

De juiste trim, maakt het verschil

De optimale trim voor de MV Fivelborg

Onderzoeksrapport



Auteur: R. den Hollander, 00065659

Rederij: Royal Wagenborg Shipping

Course: afstudeerscriptie

Opleiding/groep: M4

Studiejaar/semester: 2017-2018, semester 2

Instelling: HZ University of Applied Sciences

Begeleidend docent: M.C. Meerburg

Plaats van uitgave: Arnhem

Datum: 27-05-2018

Versie: 2.0

De juiste trim, maakt het verschil

De optimale trim voor de MV Fivelborg

Onderzoeksrapport

Afbeelding omslag: (Coster, 2013)

Auteur: R. den Hollander, 00065659

Rederij: Royal Wagenborg Shipping

Course: afstudeerscriptie

Opleiding/groep: M4

Studiejaar/semester: 2017-2018, semester 2

Instelling: HZ University of Applied Sciences

Begeleidend docent: M.C. Meerburg

Plaats van uitgave: Arnhem

Datum: 27-05-2018

Versie: 2.0

Samenvatting

“De internationale zeescheepvaart levert een hoge bijdrage aan de wereldwijde luchtvervuiling” stellen de milieuclubs in dit land. Zij maken zich druk om de hoeveelheid bevuilding van de binnensteden door de uitstoot van schepen (Ravage Webzine, 2016). Door brandstof te besparen zal de uitstoot van vervuilende stoffen afnemen. Ook zullen de kosten voor de rederij afnemen wanneer brandstof bespaart wordt (Milieu centraal, 2017).

Het doel van dit onderzoek is het vinden van een optimale trim voor de MV Fivelborg waarbij het brandstofverbruik zo laag mogelijk is. De resultaten uit dit onderzoek kunnen gebruikt worden om de uitstoot te beperken en de kosten voor de rederij te minimaliseren.

Door vier praktische deelvragen te beantwoorden is de centrale vraag van het onderzoek beantwoord. In het onderzoek stond de volgende vraag centraal:

“Wat is de meest optimale trimsituatie voor de MV Fivelborg waarbij het brandstofverbruik van de voortstuwingmotor het laagst is?”

Ten behoeve van de beantwoording van de probleemstelling worden praktische deelvragen behandeld. Deze luiden als volgt:

1. Wat is het gemiddeld brandstofverbruik van de voortstuwingmotor bij verschillende deplacements?
2. Wat is het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting van de voortstuwingmotor bij dienstnelheid?
3. Wat is het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties?
4. Wat is het verschil in vaart bij verschillende trimsituaties?

Tijdens het onderzoek werd gekeken naar verschillende trimsituaties, de bijbehorende diepgangen en het brandstofverbruik. De metingen worden uitgevoerd bij verschillende trimsituaties. De trimsituaties zijn -20 cm, 0 cm, +20 cm, +40 cm +60 cm, +80 cm en +100 cm. Hierbij is een negatieve trim, een trimsituatie voorover en een positieve trim, een trimsituatie achterover.

Uit de resultaten van het onderzoek is geconcludeerd dat aan boord van de MV Fivelborg de optimale trimsituatie voor een zo laag mogelijk brandstofverbruik van de voortstuwingmotor de volgende is:

- Tv	: 6,52 / 6,36 m	- Ta	: 6,72 / 6,76 m
- Trim	: +0,20 / +0,40 m	- Displacement	: ± 14183 ton
- Belasting hoofdmotor	: 72 %	- Pitch	: ± 74,4 %

Wat resulteert in een brandstofverbruik van 519,4 kg per uur. In dit uur legt de MV Fivelborg een afstand van 10,6 nM af. Dit resulteert in een brandstofverbruik van 49,0 kg per nautische mijl.

Om zo nauwkeurig mogelijk onderzoek te doen, worden de onderzoeksmethodes zo goed mogelijk nageleefd. Ondanks dit bevatten de metingen fouten waardoor de nauwkeurigheid van het onderzoek beïnvloed wordt.

De conclusies die zijn getrokken gelden maar voor één bepaald deplacement en bepaalde diepgangen. Om meer ideale trimsituaties te verkrijgen, moeten meer metingen uitgevoerd worden.

Abstract

“International shipping provides an extremely high contribution to the global air pollution” think the environmental clubs of our country. They concern about the amount of pollution in the inner cities cause the emissions of ships (Ravage Webzine, 2016). By fuel saving the emissions of pollutant will decrease. Also, the costs for the shipping company will reduce when fuel is being saved. (Milieu centraal, 2017).

The purpose of this research is to find an optimal trim situation for the MV Fivelborg at which the fuel consumption is as low as possible. The results can be used to decrease the emissions of the main engine and reduce the costs for the shipping company.

By answering four sub-questions the main research question will be answered. The main research question was the following:

“What is the most optimal trim situation aboard the MV Fivelborg when the fuel consumption is the lowest?”

For the purpose of responding the problem be practical sub-questions will be discussed. These are as follows:

1. What is the average fuel consumption of the main engine at different displacements?
2. What is the average fuel consumption and average load of the main engine at service speed?
3. What is the different in fuel consumption at different trim situations?
4. What is the different in speed at different trim situations?

During the research different trim situations, draughts and fuel consumption are researched. The measurements are done at different trim situations. The trim situations are -20 cm, 0 cm, +20 cm, +40 cm +60 cm, +80 cm and +100 cm. A negative trim situation means a trim by bow and a positive trim situation means a trim astern.

The results of the research concluded in an optimal trim situation which is the following:

- Tv	: 6,52 / 6,36 m	- Ta	: 6,72 / 6,76 m
- Trim	: 0,20 - 0,40 m	- Displacement	: ± 14183 ton
- Load main engine	: 72 %	- Pitch	: ± 74,4 %

The fuel consumption of the main engine in this situation is 519,4 kg an hour. In this hour the MV Fivelborg sails 10,6 nautical miles. This results in a fuel consumption of 49,0 kg per nautical mile.

To do this research as accurate as possible the methods to do this research are used. Despite the measurements still contain faults that results in less accuracy.

The conclusions of this research are only for one displacement and certain draughts. To obtain more ideal trim situations more measurements should be made.

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksverslag waarin onderzoek wordt gedaan naar de optimale trimsituatie waarbij het brandstofverbruik het laagst is. Het onderzoek is uitgevoerd op de MV Fivelborg varende onder de rederij Royal Wagenborg. Dit onderzoek betreft het sluitstuk van de stageperiode van de opleiding "Maritiem Officier" aan de HZ University of Applied Sciences, te Vlissingen.

Tot slot wil ik mijn dank uitspreken naar mijn stagedocent dhr. Meerburg en de volledige bemanning voor hun support in mijn stageperiode.

Ik wens u veel lees plezier.

Ricardo den Hollander

Arnemuiden, 27-05-2018

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
1.1 Aanleiding.....	1
1.2 Doelstelling.....	1
1.3 Probleemstelling	1
1.4 Leeswijzer	2
2. Theoretisch kader	3
2.1 Scheepsgegevens MV Fivelborg	3
2.2 De trimsituatie van een schip.....	4
2.2.1 Trim	4
2.2.2 Het bepalen van de trim	4
2.3 De elektromagnetisch log.....	5
2.4 Bepalen brandstofverbruik.....	6
2.4.1 Tankpeilingen	6
2.4.2 Flowmeter	6
2.5 Squat	7
2.6 Weerstand.....	7
2.6.1 Totale weerstand	8
2.6.2 Wrijvingsweerstand	8
2.6.3 Restweerstand	9
2.7 Bestaande onderzoeken.....	10
2.8 Begrippen en definities	11
3. Methode	12
3.1 Soort onderzoeksmethode.....	12
3.2 Meetpunten	12
3.3 Duur van een meting	12
3.4 Meetgegevens	13
3.4.1 Nautische gegevens	13
3.4.2 Technische gegevens	13
3.4.3 Meteorologische gegevens	13
3.5 Bepalen huidige trim	14
3.6 Bepalen brandstofverbruik.....	14

4. Resultaten	15
4.1 Het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende deplacements	15
4.2 Het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting bij dienstsnelheid	16
4.3 Het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties	18
4.4 Het verschil in vaart bij verschillende trimsituaties	19
4.5 Het verschil in brandstofverbruik in kg per nautische mijl bij verschillende trimsituaties	20
5. Discussie	21
5.1 Meetpunten	21
5.2 Nauwkeurigheid van de metingen	21
5.2.1 Bepalen huidige trim	21
5.2.2 Invloed van buitenaf	21
5.2.3 Duur van een meting	22
5.3 Absolute nauwkeurigheid van de metingen	22
5.4 Toepasbaarheid onderzoek in de praktijk	22
6. Conclusies	23
6.1 Het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende deplacements	23
6.2 Het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting bij dienstsnelheid	23
6.3 Het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties	23
6.4 Het verschil in vaart bij verschillende trimsituaties	23
6.5 De optimale trimsituatie	24
Bibliografie	25
Bijlage 1: Excel sheet meetgegevens	26
Bijlage 2: Excel sheet brandstofverbruik per zeemijl	28
Bijlage 3: Meetgegevens bij trimsituatie -0,20 m	29
Bijlage 4: Meetgegevens bij trimsituatie 0,00 m	31
Bijlage 5: Meetgegevens bij trimsituatie +0,20 m	33
Bijlage 6: Meetgegevens bij trimsituatie +0,40 m	35
Bijlage 7: Meetgegevens bij trimsituatie +0,60 m	37
Bijlage 8: Meetgegevens bij trimsituatie +0,80 m	39
Bijlage 9: Meetgegevens bij trimsituatie +1,00 m	41
Bijlage 10: Eindbeoordeling verwerving onderzoekscompetentie	43

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

“De internationale zeescheepvaart levert een hoge bijdrage aan de wereldwijde luchtvervuiling” stellen de milieuclubs in dit land. Zij maken zich druk om de hoeveelheid vervuiling van de binnensteden door de uitstoot van schepen. Neem als voorbeeld de zestien grootste containerschepen van de wereld, alleen deze stoten tezamen meer vervuilende stoffen uit dan alle auto’s wereldwijd. Uit onderzoek van “Pearce” blijkt dat ieder jaar duizenden mensen sterven als gevolg van de giftige dampen. Schepen gebruiken namelijk brandstof die bestaat uit vuile resten van geraffineerde olie. Het grootste probleem om de scheepsbrandstof schoner te maken zijn de kosten (Ravage Webzine, 2016). Door brandstof te besparen zal de uitstoot van vervuilende stoffen afnemen. Ook zullen de kosten voor de rederij afnemen wanneer brandstof bespaart wordt (Milieu centraal, 2017).

1.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het vinden van een optimale trim voor de MV Fivelborg waarbij het brandstofverbruik zo laag mogelijk is. De resultaten uit dit onderzoek kunnen gebruikt worden om de uitstoot van de voortstuwingsmotor te beperken en de kosten voor de rederij te minimaliseren.

1.3 Probleemstelling

Vier praktische deelvragen beantwoorden de centrale vraag van het onderzoek. In het onderzoek staat de volgende vraag centraal:

“Wat is de meest optimale trimsituatie voor de MV Fivelborg waarbij het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor het laagst is?”

Ten behoeve van de beantwoording van de probleemstelling worden praktische deelvragen behandeld. Deze luiden als volgt:

1. Wat is het gemiddeld brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende deplacementen?
2. Wat is het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting van de voortstuwingsmotor bij dienstsnelheid?
3. Wat is het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties?
4. Wat is het verschil in vaart bij verschillende trimsituaties?

De eerste deelvraag van het onderzoek geeft inzicht in de verandering van het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende deplacementen. De tweede deelvraag toont een duidelijk verschil aan tussen het gemiddeld brandstofverbruik zonder trimverandering. De derde deelvraag geeft inzicht in het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende trimsituaties. De vierde deelvraag geeft tot slot inzicht in het verschil in vaart bij verschillende trimsituaties om zo het brandstofverbruik per mijl te meten.

1.4 Leeswijzer

In dit hoofdstuk is de aanleiding voor de probleemanalyse, de doelstelling en de centrale vraag vastgelegd. Het volgende hoofdstuk betreft het theoretisch kader. In het theoretisch kader wordt informatie vermeld die relevant is voor het onderzoek en de kadering van het onderzoek. Het hoofdstuk wat daarop volgt is "Methode". Hierin worden de onderzoeksmethodes beschreven. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de resultaten van het onderzoek uiteengezet. Daaropvolgend bevat hoofdstuk 5 de discussie. In hoofdstuk 6 worden de deel- en hoofdvragen beantwoord. Het slot bevat de literatuurlijst en bijlages.

2. Theoretisch kader

2.1 Scheepsgegevens MV Fivelborg

Tabel 1: Scheepsgegevens MV Fivelborg (Royal Wagenborg Shipping, 2014)

Algemeen	
Callsign	P.C.E.L.
IMO nummer	9419307
Bouwjaar	2010
Scheepswerf	Ferus Smit Leer GmbH
Classificatiebureau	Bureau Veritas
Ice class	Finnish / Swedish 1A
Haven van registratie	Delfzijl
Vlag	Nederlands

Hoofdgegevens	
DWCC (summer)	13.500 ton
Length over all	154,60 m
Breadth over all	17,2 m
Zomerdiepgang	8,190 m
Tropische diepgang	8,360 m
Winterdiepgang	8,020 m
Gross Tonnage	8.911
Netto Tonnage	4.419

Ruiminhoud	
Ruim 1	50,4 m x 14,34 m x 11,47 m
Ruim 2	61,6 m x 14,34 m x 11,47 m

Tankcapaciteit	
HFO	973,3 m ³
MGO	70,1 m ³
Ballastwater	6.059,8 m ³
Drinkwater	60,2 m ³

Brandstof specificatie	
HFO	ISO 8217: 2010 RMG 380
MGO	ISO 8217: 2010 DMA

2.2 De trimsituatie van een schip

2.2.1 Trim

De ligging van het zwaartepunt G bepaalt zowel de helling van een schip als de trim van een schip. In de langsscheepse zin wordt de helling niet in graden uitgedrukt maar in diepgangsverschil, dit wordt de trim genoemd. Bij het bepalen van de trim gaat het om het verschil in diepgang op de deskresearch (All) en de diepgang op de voorloodlijn (Vll) (Metzlar, 2003). Figuur 1 geeft hier een duidelijk beeld van. De formule voor de trim luidt als volgt:

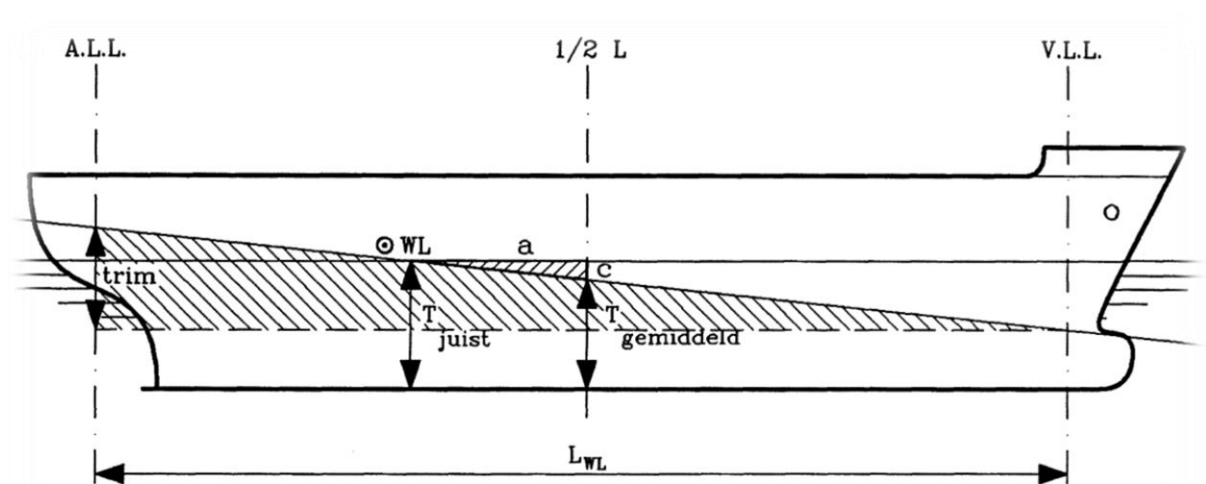
$$tt = T_A - T_V$$

Waarin:

tt = totale trim
 T_A = Diepgang achter
 T_V = Diepgang voor

$T_A > T_V \rightarrow tt = -$

$T_A < T_V \rightarrow tt = +$



Figuur 1: weergave diepgangen en trim (Metzlar, 2003)

2.2.2 Het bepalen van de trim

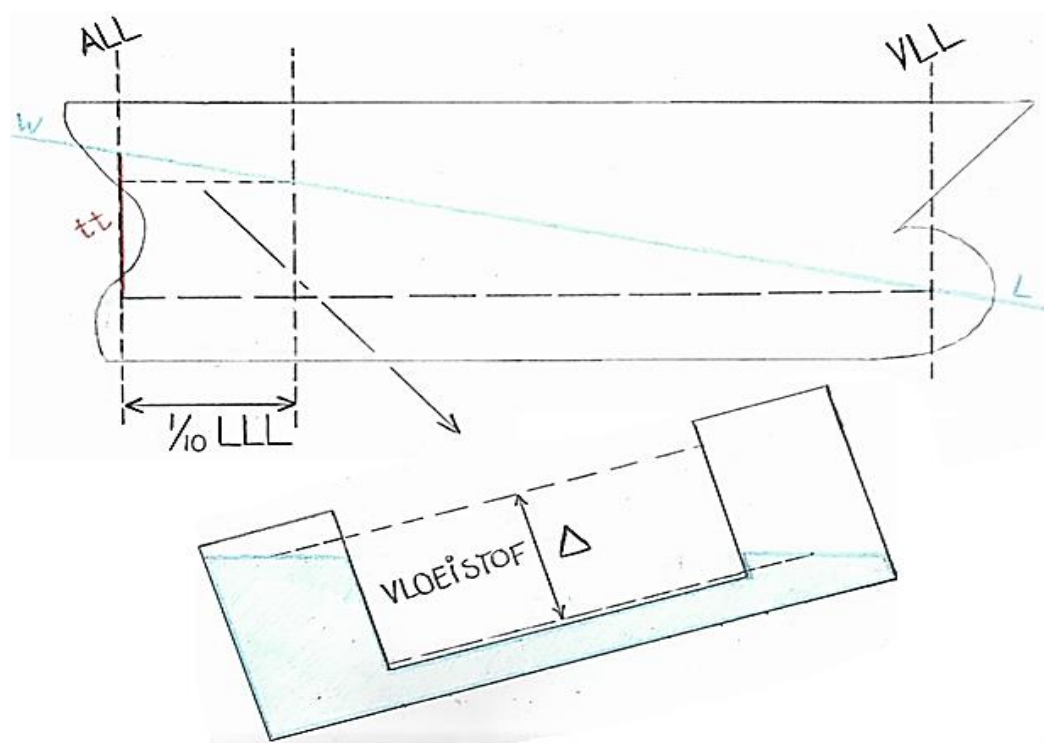
De trim van het schip wordt in eerste instantie aan de hand van de stabiliteitscomputer bepaald. Wanneer de juiste trimsituatie behaald is, wordt deze gecorrigeerd voor de trim die veroorzaakt wordt door de vaart van het schip. In hoofdstuk 2.5 "Squat" staat uitgelegd waardoor het schip vertrimt ten gevolge van de vaart. Om te bepalen hoeveel centimeter gecorrigeerd moet worden om de juiste trimsituatie te veroorzaken, wordt gebruik gemaakt van een meetmechanisme aan dek van het schip. Hier volgt een korte uitleg over het meetmechanisme aan dek van het schip.

2.2.2.1 Het meetmechanisme

Zoals eerder staat vermeld gaat het bij de trim om de diepgang op de All en de diepgang op de Vll. Om de huidige trim te bepalen wordt gebruik gemaakt van "de wet van communicerende vaten". De wet van communicerende vaten luidt als volgt: "vaten zijn zo verbonden dat vloeistoffen van het ene vat naar het andere vat kunnen stromen. De vloeistofniveaus liggen alle op hetzelfde horizontale niveau" (Techna, 2014).

Het mechanisme bestaat uit een slang of ander materiaal waardoor een vloeistof kan stromen. Deze wordt neergelegd over een afstand van een tiende van de lengte tussen de loodlijnen. Wanneer het schip gaat vertrimmen zal de vloeistof over gaan lopen die in het mechanisme aanwezig is. Het vloeistof niveau verschil aan het begin en aan het eind van de slang zal ook een 10^e deel zijn van de volledige trim. Door dit vloeistofverschil te vermenigvuldigen met 10, wordt de huidige trim bepaald.

Figuur 2 bevat een tekening van de principewerking van het mechanisme.



Figuur 2: werking meetmechanisme (Hollander)

Waarin:	ALL	= Achterloodlijn
	VLL	= Voorloodlijn
	LLL	= Lengte loodlijnen
	tt	= totale trim
	WL	= Waterlijn
	Vloeistof Δ	= Vloeistofverschil

2.3 De elektromagnetisch log

Tijdens het onderzoek is het van belang om de afgelegde afstand te kunnen meten. De elektromagnetisch log is een log dat de vaart meet op basis van de lorentzkracht (Rheenen, 1991). De elektromagnetisch log meet de vaart door het water. Dit is met betrekking tot het onderzoek een groot voordeel. De vaart door het water geeft een duidelijk beeld aan wat de trim voor invloed heeft op de vaart van het schip. Het verschil tussen de vaart door het water en de vaart over de grond is de stroom. Stroom kan een grote invloed hebben op de vaart van het schip. Het gaat tijdens het onderzoek dus niet om de vaart over de grond maar de vaart door het water (Mulders, 2013).

2.4 Bepalen brandstofverbruik

Om het brandstofverbruik te meten kunnen vier verschillende methodes toegepast worden. Deze methodes zijn:

- Tankpeilingen
- Flowmeter
- Bunker afleveringsbonnen
- Uitlaatgassen monitoring

Uit onderzoek van “CE Delft” blijkt dat het doen van tankpeilingen en de bunker afleveringsbonnen de minste kosten met zich meebrengen. Ondanks dat de tankpeilingen tegenwoordig automatisch gedaan worden, kosten deze systemen meer dan brandstof flowmeters of uitlaatgassen monitoring. Aan boord van de MV Fivelborg is het nodige apparatuur niet aanwezig om emissies te meten. Met betrekking op het onderzoek worden de tankpeilingen en de flowmeter verder toegelicht (Nelissen, 2013).

2.4.1 Tankpeilingen

De meeste schepen hebben een systeem aan boord waarbij het niveau van de tank af te lezen is. De nauwkeurigheid van tanken peilen wordt geschat op 2% tot 5%. De grootste oorzaak voor het afnemen van de nauwkeurigheid is het overnemen van waardes. Ook de vaart van het schip kan een negatieve invloed zijn op de meting van de tankpeiling (Nelissen, 2013).

2.4.2 Flowmeter

De brandstof flowmeters hebben de grootste nauwkeurigheid ten opzichte van de andere methodes. Afhankelijk van het type flowmeter kan er een fout tot 2% aanwezig zijn (Nelissen, 2013). Aangezien deze methode de grootste nauwkeurigheid heeft, wordt tijdens het onderzoek gebruik gemaakt van deze manier.

2.5 Squat

Squat is het verlies van ruimte onder de kiel ten gevolge van het vaart lopen van een schip. Het is een effect waarbij het schip inzinkt en vertrimt. Wanneer een vaarwater smal en ondiep is, neemt het effect snel toe. De hoeveelheid squat verhoudt zich kwadratisch met de vaart door het water. Door squat kunnen ook de manoeuvreereigenschappen afnemen wat de veiligheid aan boord van het schip vermindert. De oorzaak van squat ontstaat door de drukverschillen doordat het water rondom het water wordt weggedrongen, terwijl het bij het achterschip opvult. Het principe berust op “de wet van Bernoulli” (Visser, 2016). De wet van Bernoulli luidt als volgt:

$$\frac{1}{2} \rho * v^2 + \rho * g * h + p = Constant$$

Waarin:	ρ	= de (massa) dichtheid in kg/m^3
	v	= de snelheid in m/s
	g	= de valversnelling in m/s^2
	h	= het hoogteverschil in m
	p	= de druk in Pascal

Zodra de snelheid van het schip stijgt, stijgt de hydronamische druk, zodat de hydrostatische druk moet dalen om de vergelijking weer constant te krijgen. Hierdoor zinkt het schip in. Afhankelijk van de blokcoëfficiënt van het schip en de verhouding lengte/breedte vertrimt het schip voor- of achterover. Andere factoren die squat beïnvloeden zijn de snelheid, de waterdiepte ten opzichte van de diepgang van het schip en de breedte van het vaarwater ten opzichte van de breedte van het schip (Briggs, 2006).

2.6 Weerstand

Tijdens het onderzoek gaat het om de relatie tussen verschillende trimsituaties en het brandstofverbruik. De voortstuwingsmotor zorgt voor het vermogen wat overgebracht wordt op de schroefas. Aan de schroefas zijn de schroefbladen bevestigd. Afhankelijk van de stand van de schroefbladen zal een kracht vooruit of achteruit op het schip gaan werken. Wanneer deze kracht groter is dan de weerstand van het schip zal het schip vaart gaan lopen. De weerstand van schepen wordt onderverdeeld in twee weerstanden:

- Onderwaterweerstand
 - Wrijvingsweerstand
 - Restweerstand
- Bovenwaterweerstand
 - Luchtweerstand (Kuiper, Resistance and Propulsion of Ships, 1994)

2.6.1 Totale weerstand

De totale weerstand van een schip kan op verschillende manieren worden uitgerekend. De formule voor de totale weerstand luidt als volgt:

$$R_T = R_{Wrijving} + R_{Golf} + R_{Wind}$$

Waarin: $R_{Wrijving}$ = de wrijvingsweerstand van de scheepshuid onder de waterlijn
 R_{Golf} = de gecombineerde weerstand van golven gegenereerd door externe condities en de golven geproduceerd door het schip zelf
 R_{Wind} = de weerstand veroorzaakt door de wind op het scheepsgedeelte boven de waterlijn

Ook kan de totale weerstand van een schip bepaald worden door een model te slepen in een tank en dit te verscalen naar het echte schip (Pétursson, 2009).

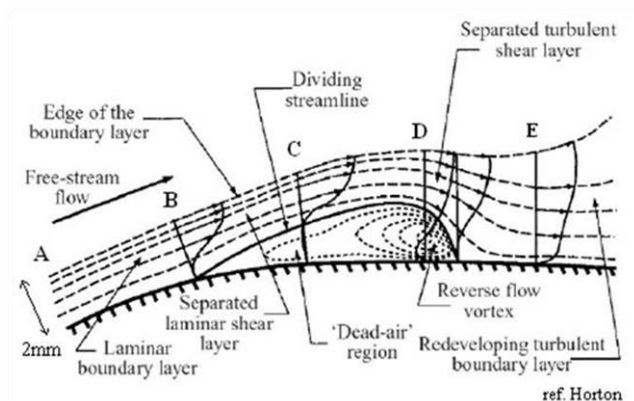
Of de totale weerstand van een schip wordt bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$R_T = C_e * \rho^{1/3} * \Delta^{2/3} * V^2 \text{ [kN]}$$

Waarin: C_e = de specifieke constante voor een schip
 ρ = soortelijk gewicht (zee)water
 Δ = displacement in tonnen
 V = snelheid in m/s

2.6.2 Wrijvingsweerstand

Ten gevolge van de wrijving van waterdeeltjes langs de huid treedt weerstand op. Dit speelt zich af in een dun laagje water langs de huid, de zogenaamde boundary layer. De snelheid van de waterdeeltjes tegen de scheepshuid is gelijk aan de schepsnelheid. In de boundary layer neemt de snelheid af van V_{schip} tot nul. Waar de snelheid nul is wordt de grenslaag genoemd. Figuur 3 bevat een afbeelding van de grenslaag (Termaat, 2011).



Figuur 3: grenslaag (Termaat, 2011)

Om de wrijvingsweerstand uit te rekenen heeft Froude een formule opgezet. Froude heeft niet gerekend maar gemeten met behulp van platen in een waterbak. De formule voor de wrijvingsweerstand luidt als volgt:

$$R_{\text{Wrijving}} = A * v^{1,825} * \rho * f \text{ [kgf]}$$

Waarin: A = natoppervlak
 v = snelheid in m/s
 ρ = dichtheid buitenboordwater
 f = factor afhankelijk van de lengte en ruwheid (Bertram, 2000)

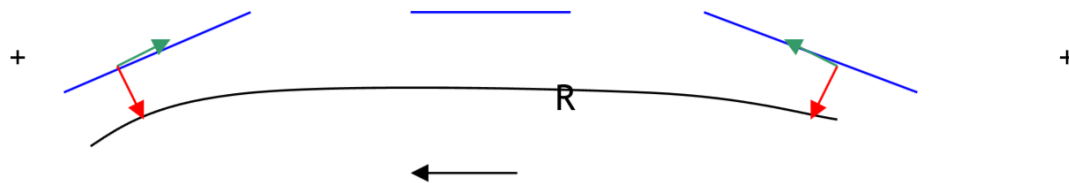
2.6.3 Restweerstand

De restweerstand wordt onderverdeeld in:

- Drukweerstand R_p
- Golfmakende weerstand R_{WM}

2.6.3.1 De drukweerstand

De drukweerstand komt voort uit de theorie van Daniel Bernoulli. Bij het afnemen van de diameter van de doorsnede neemt de snelheid van de vloeistof toe en neemt de druk af. Doordat een verschil in druk en dus in weerstand ontstaat, zorgt dit voor een achterwaartse beweging van het schip. Figuur 4 laat dit effect duidelijk zien. Hierin is R de drukweerstand



Figuur 4: drukweerstand ten gevolge van drukverschil (Meerburg, 2016)

Langs een stroomlijn geldt:

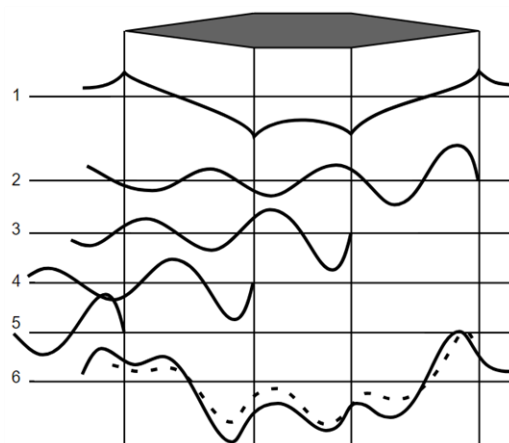
$$\frac{1}{2} \rho * v^2 + \rho * g * h + p = \text{constant}$$

Waarin: ρ = de (massa) dichtheid in kg/m³
 v = de snelheid in m/s
 g = de valversnelling in m/s²
 h = het hoogteverschil in m
 p = de druk in Pascal (Meerburg, 2016)

2.6.3.2 De golfmakende weerstand

De golfmakende weerstand ontstaat als secundair golfsysteem uit de drukweerstand wanneer het voorwerp zich door het water beweegt met een snelheid die groter is dan 0,5 knopen. Bij de boeg ontstaat een positiefdrukpuntsysteem, bij het hek een negatiedrukpuntsysteem. Dit systeem veroorzaakt de golfweerstand. Het systeem is herkenbaar aan de boeggolf gevolgd door een dal. Bij het hek zit altijd een golfdal ter hoogte van de achterschouder. Figuur 5 geeft het Wigley's golfsysteem voor een eenvoudig lichaam weer.

Waarin:	1	= symmetrische verstoring wateroppervlak
	2	= boeggolf
	3	= voorschoudergolf
	4	= achterschoudergolf
	5	= hekgolf
	6	= samengesteld golfprofiel
	-----	= berekend
	————	= gemeten



Figuur 5: Wigley's golfsysteem (Kuiper, Golfsysteem, 2015)

2.7 Bestaande onderzoeken

Bestaande onderzoeken van trimoptimalisatie zijn onder andere:

- Het onderzoek op de MV Azoresborg
- Het onderzoek op de MV Jumbo Kinetic

MV Azoresborg

Uit onderzoek is gebleken dat voor het A-type schip van de rederij Wagenvorg de meest ideale trim plaatsvindt bij een trim tussen 0,75 m 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 (Laere, 2017).

MV Jumbo Kinetic

Uit onderzoek is gebleken dat voor de MV Jumbo Kinetic van de rederij Jumbo de meest ideale trim plaatsvindt bij een trim van 0,20 m voorover. Bij deze trimsituatie verbruikt het schip het minste brandstof per afgelegde mijl door het water (Asten, 2015).

2.8 Begrippen en definities

Blokcoëfficiënt = de blokcoëfficiënt geeft de verhouding weer tussen het volume van de carène en die van de balk waarin het onderwaterschip precies past. Een schip met een kleine blokcoëfficiënt is een slank schip. De formule voor de blokcoëfficiënt luidt als volgt:

$$C_b = \frac{V}{L * B * d}$$

Waarin:

C_b	= blokcoëfficiënt
V	= Volume van carène
L	= Lengte van de omschreven balk
B	= Breedte van de omschreven balk
d	= Diepgang van het schip en tevens de hoogte van de omschreven balk (Dokkum, 2003)

Displacement = het displacement is het gewicht van het door het schip verplaatste water. Het displacement wordt uitgedrukt in ton (t). De waterverplaatsing wordt meestal met de hoofdletter V aangegeven en het displacement met de Griekse letter Δ , uitgesproken als delta. Doordat het gewicht van een zekere hoeveelheid water gelijk is aan het volume van dat water, vermenigvuldigd met de soortelijke massa daarvan, is het verband tussen displacement en waterverplaatsing als volgt aan te geven:

$$\Delta = V \times \rho$$

Waarin:

Δ	= displacement in ton
V	= waterverplaatsing in m^3
ρ	= soortelijke massa in ton per m^3 (Metzlar, 2003)

3. Methode

Vier praktische deelvragen beantwoorden de centrale vraag van het onderzoek. In het onderzoek staat de volgende vraag centraal:

“Wat is de meest optimale trimsituatie voor de MV Fivelborg waarbij het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor het laagst is?”

Ten behoeve van de beantwoording van de probleemstelling worden vier praktische deelvragen behandeld. Deze luiden als volgt:

1. Wat is het gemiddeld brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende displacements?
2. Wat is het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting van de voortstuwingsmotor bij dienstsnelheid?
3. Wat is het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties?
4. Wat is het verschil in vaart bij verschillende trimsituaties?

3.1 Soort onderzoeksmethode

Er kan gekozen worden voor twee onderzoeksmethoden, namelijk kwalitatief onderzoek of kwantitatief. Bij kwalitatief onderzoek zullen de uitkomsten niet in getallen uitgedrukt worden maar in woorden. Bij kwantitatief onderzoek worden metingen gedaan (Baarda, 2009).

Tijdens het onderzoek wordt gekeken naar verschillende trimsituaties, de bijbehorende diepgangen en het brandstofverbruik. Er wordt derhalve kwalitatief onderzoek gedaan met gebruik van deskresearch om deelvragen 1 en 2 te beantwoorden. Doormiddel van kwantitatief onderzoek wordt een conclusie gegeven op basis van cijfers die uit de metingen voortkomen. Hiermee worden deelvragen 3 en 4 beantwoord.

3.2 Meetpunten

De metingen worden uitgevoerd bij verschillende trimsituaties. De trimsituaties zijn -20 cm, 0 cm, +20 cm, +40 cm +60 cm, +80 cm en +100 cm. Hierbij is een negatieve trim, een trimsituatie voorover en een positieve trim, een trimsituatie achterover. Door een interval van 20 cm te kiezen, wordt een duidelijk verschil in resultaat aangetoond.

3.3 Duur van een meting

De metingen worden uitgevoerd bij verschillende trimsituaties. Per trimsituatie wordt een meting uitgevoerd van 60 minuten. Om een nieuwe trimsituatie te veroorzaken, wordt ballastwater uit of in de tanken gepompt. Om de situatie te stabiliseren, wordt de benodigde tijd gereserveerd. Aangezien een meting bij een bepaalde trimsituatie 60 minuten duurt, kunnen meerdere trimsituaties gemeten worden op één dag.

3.4 Meetgegevens

Om een zo duidelijk mogelijk beeld te creëren van het brandstofverbruik bij de verschillende trimsituaties, worden vele waardes genoteerd. Om de meetgegevens te verzamelen, wordt gebruik gemaakt van een Excel sheet. Deze is toegevoegd in bijlage 1. De variabelen worden genoteerd met een interval van 6 minuten.

De waardes welke genoteerd zijn, zijn verdeeld in nautische, technische en meteorologische gegevens die in de volgende paragrafen worden weergegeven.

3.4.1 Nautische gegevens

- Datum	dd-mm-jjjj
- Starttijd meting	uu : mm
- Stoptijd meting	uu : mm
- Startpositie meting	lengte ; breedte
- Stoppositie meting	lengte ; breedte
- Displacement	ton
- Voordiepgang	meter
- Achterdiepgang	meter
- Trim	meter
- V water	knopen
- V grond	knopen
- Logstand start meting	nautische zeemijlen
- Logstand stop meting	nautische zeemijlen
- Totaal gevaren afstand	nautische zeemijlen

3.4.2 Technische gegevens

- Vermogen as-generator	kilowattuur
- Belasting voortstuwingsmotor	procenten
- Snelheid schroefas	rotaties per minuut
- Pitch schroef	procenten

3.4.3 Meteorologische gegevens

- Windrichting ten opzichte van het eigen schip	graden
- Windsnelheid	knopen
- Stroomrichting ten opzichte van het eigen schip	graden
- Stroomsnelheid	meter
- Zee conditie	-
- Deining	-

3.5 Bepalen huidige trim

Om de verschillende trimsituaties te creëren wordt gebruik gemaakt van de beladingscomputer. Door een bepaalde hoeveelheid ballastwater in of uit het schip te pompen, wordt trim veroorzaakt. Aan de hand van een mechanisme aan dek (2.2.2) wordt de actuele trim bepaald. Vervolgens wordt het verschil in trim, tussen de vereiste trimsituatie en de actuele trimsituatie, gecorrigeerd aan de hand van de stabiliteitsgegevens om zo in de juiste trimsituatie terecht te komen.

3.6 Bepalen brandstofverbruik

De flowmeter geeft het verbruik in kubieke meters weer. Om de 6 minuten wordt de waarde, welke vermeldt wordt op de brandstofflowmeter, genoteerd worden. Er zullen dus 11 waardes genoteerd worden (00:00, 00:06, 00:12 etc.). Door het gemiddeld verbruik van iedere zes minuten te vermenigvuldigen met 10 wordt het gemiddeld verbruik per uur bepaald.

Wanneer de hoeveelheid verbruikte brandstof in liters bepaald is, wordt deze omgezet naar kg per uur. Deze berekening gaat aan de hand van de dichtheid. Aangezien de dichtheid vermeld wordt bij een temperatuur van 15°C, wordt deze gecorrigeerd voor de temperatuur van de brandstof voordat deze de flowmeter bereikt. Met behulp van de volgende correctie wordt dit gedaan:

$$\rho = sg * (1 - (temp\ voor\ meter - 15) * 0.00064)$$

ρ = de dichtheid van de brandstof in ton per kubieke meter

sg = dichtheid van de brandstof in ton per kubieke meter bij een temperatuur van 15°C (verkregen uit de bunkergegevens)

temp voor meter = de temperatuur van de brandstof voor de flowmeter

0.00064 = correctie factor (Maanen, 2000)

Wanneer de juiste dichtheid is berekend, zal deze vermenigvuldigd worden met het aantal liters. Hierdoor wordt het brandstofverbruik in kilogrammen verkregen. Vervolgens wordt deze gedeeld door de afgelegde afstand door het water. Bijlage 2 bevat een Excel sheet waarmee het brandstofverbruik in kilogrammen per zeemijl berekend wordt.

4. Resultaten

Aan de hand van de gestelde deelvragen kan de hoofdvraag “Wat is de meest optimale trimsituatie voor de MV Fivelborg waarbij het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor het laagst is?” worden beantwoord. De deelvragen zijn beantwoord doormiddel van deskresearch en metingen.

4.1 Het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende deplacements

Om te onderzoeken bij welke trimsituatie het brandstofverbruik het laagst is, is het belangrijk te weten bij welk deplacement de voortstuwingsmotor het minste brandstof verbruikt. Om dit aan te tonen is gebruik gemaakt van gegevens uit de database van de MV Fivelborg. In de reisvoorbereidingen van vorige jaren wordt onderzoek gedaan naar reizen waarbij vele mijlen werden afgelegd. Hierdoor kan het gemiddeld brandstofverbruik over een langere periode berekend worden en zijn de waardes nauwkeuriger. Aan de hand van het stabiliteitsprogramma wordt onderzoek gedaan naar de deplacements bij vertrek van iedere haven. Ten slotte is aan de hand van de bunkerformulieren het gemiddeld brandstofverbruik per dag voor iedere reis bepaald. Een volgeladen schip moet in vergelijking met een schip in ballast conditie meer brandstof verbranden om dezelfde snelheid door het water te bereiken. Hierdoor zijn alleen de waardes gebruikt bij een motorbelasting tussen de 70 % tot 80 %.

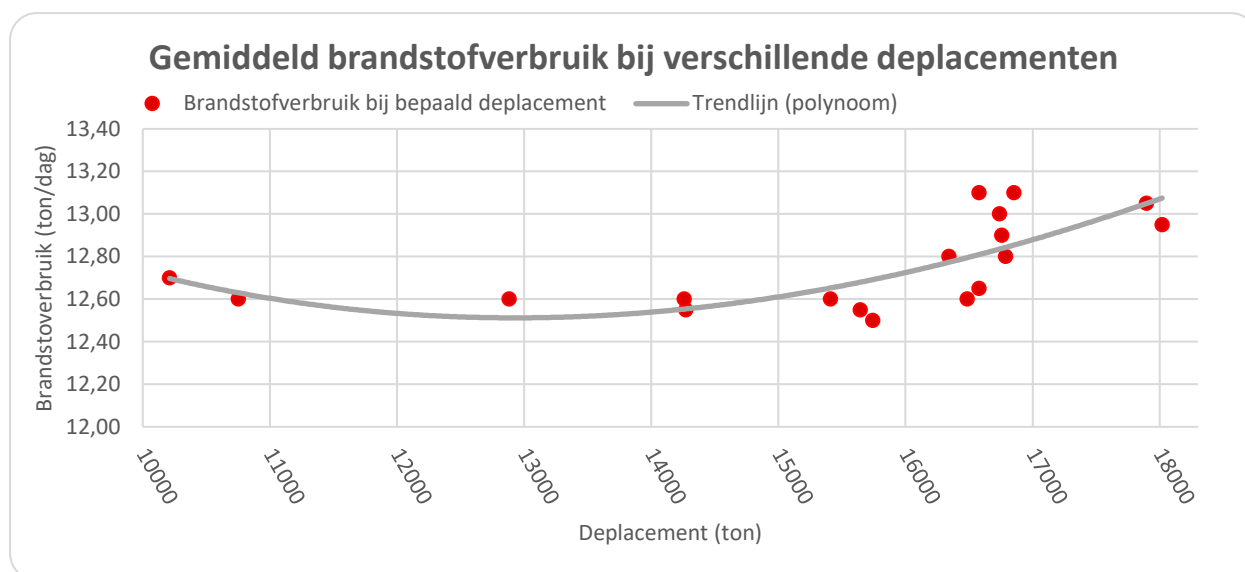
Tabel 2 en grafiek 1 bevatten de resultaten ter beantwoording op de eerste deelvraag.

Tabel 2: Gemiddeld brandstofverbruik per dag per reis bij verschillende deplacements

Reis haven tot haven	Hoeveelheid lading ton	Deplacement ton	Afstand mijlen	Brandstofverbruik ton / dag
Antwerp naar Kemi	Ballast	10211	1514,1	12,7
Belledune naar Tilbury	10361	16853	2769,3	13,1
Immingham naar Three Rivers	10680	15741	3184,1	12,4
Belledune naar Tilbury	10984	16342	2941,3	12,8
Aughinish naar Kubikenborg	13230	17896	2051,7	13,1
Kemi naar Philadelphia	11135	16578	4942,5	12,5
Savannah naar Rotterdam	11000	15410	4001,0	12,6
Kemi naar Philadelphia	11000	16578	4942,5	13,1
Itea naar Dunkirk	12054	16757	2718,0	12,9
Kemi naar Philadelphia	8640	14272	5155,3	12,6
Darrow naar San Ciprian	8000	12882	4547,0	12,6
Ghent naar Gemlik	13500	18019	3245,2	13,0
Varna naar Pori	10034	14260	4534,0	12,6
Sorel naar Hartlepool	12051	16738	3205,7	13,0
Loviisa naar Bizerte	12784	16788	3337,0	12,8
Immingham naar Three Rivers	11000	16484	3215,2	12,6
Duluth naar Greenore	10450	15645	2741,0	12,4
Philadelphia naar Hamilton	Ballast	10752	2067,7	12,6

(AG, 2005-2012) (Royal Wagenborg Shipping, 2012-2016) (Royal Wagenborg Shipping, 2012-2016)

Aan de hand van een trendlijn (polynoom) wordt een duidelijk beeld gecreëerd van het brandstofverbruik bij een bepaald displacement.



Grafiek 1: Brandstofverbruik bij verschillende displacements

4.2 Het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting bij diensnelheid

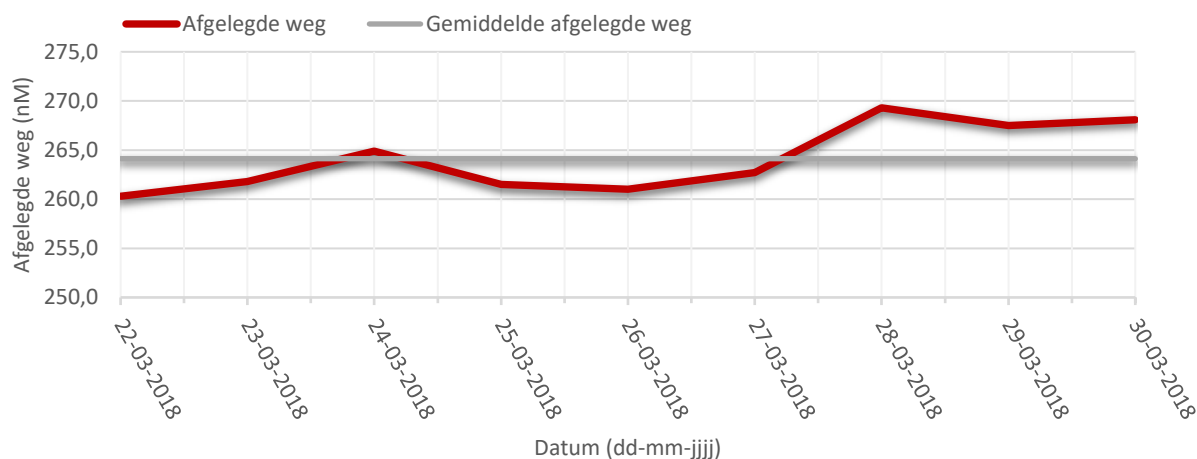
Tijdens het onderzoek moest een duidelijk verschil aangetoond worden tussen het gemiddeld brandstofverbruik zonder trimverandering en met trimverandering. Om dit aan te tonen wordt gebruik gemaakt van gegevens uit het machinekamer logboek en het nautisch logboek. Aan de hand van de gegevens uit tabel 2 is het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting van de voortstuwingmotor berekend. Deze dagen was de trim nagenoeg gelijk. De weersomstandigheden waren deze dagen zodanig rustig waardoor de invloed van buitenaf gering was op het brandstofverbruik van de voortstuwingmotor. Bij de metingen die plaats vinden tijdens het onderzoek is uitgegaan van een snelheid door het water. In het nautisch logboek wordt de verheid vermeld in mijlen over de grond. In vergelijking met de gegevens uit de metingen, wordt met het verschil in afstand rekening gehouden. De metingen worden namelijk uitgevoerd in een situatie waarbij het verschil in afstand gering is.

Tabel 3 en grafieken 2, 3 en 4 bevatten de resultaten ter beantwoording op de tweede deelvraag.

Tabel 3: Gebruikte gegevens voor het bepalen van het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting van de voortstuwingmotor

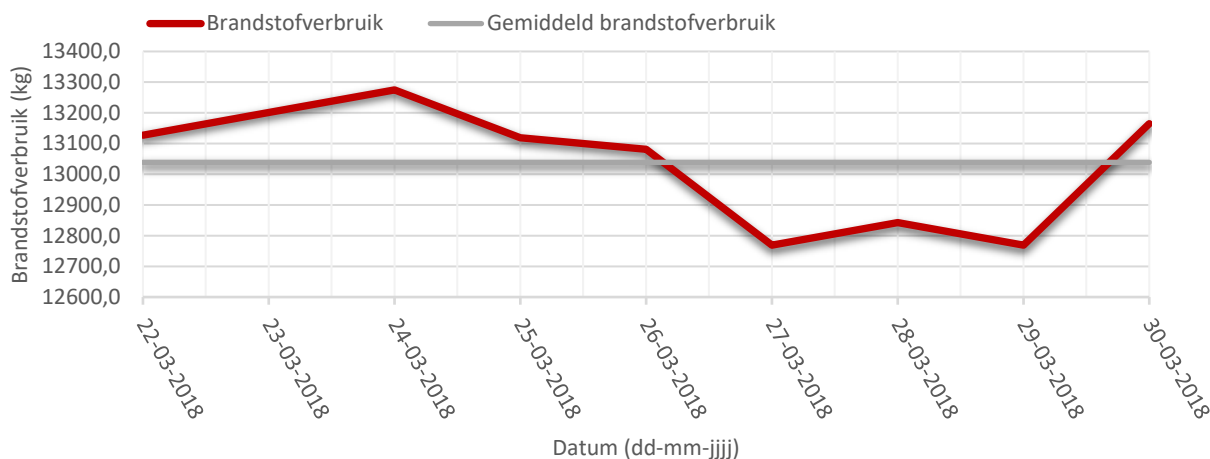
Datum	Afgelegde weg (nM)	Wind	Deining	Zee conditie	Belasting hoofdmotor (%)	Brandstofverbruik (m³)	Brandstofverbruik (kg)	Brandstofverbruik (kg/nM)
22-3-2018	260,3	SE 3	Laag	Kalm	72,0	14,28	13127,6	50,4
23-3-2018	261,8	E 2-3	Laag	Kalm	73,0	14,36	13201,1	50,4
24-3-2018	264,9	E 3	Laag	Kalm	76,0	14,44	13274,7	50,1
25-3-2018	261,5	SE 3	Laag	Kalm	75,0	14,27	13118,4	50,2
26-3-2018	261,0	S 2	Laag	Kalm	74,0	14,23	13081,6	50,1
27-3-2018	262,7	S 3	Laag	Kalm	72,0	13,89	12769,1	48,6
28-3-2018	269,3	SW 2-3	Laag	Kalm	73,0	13,97	12842,6	47,7
29-3-2018	267,5	SW 3	Laag	Kalm	72,0	13,89	12769,1	47,7
30-3-2018	268,1	SW 3	Laag	Kalm	75,0	14,32	13164,4	49,1
Gemiddeld	264.1				73.6	14.18	13038.7	49.4

Afgelegde weg over de grond in nautische mijlen



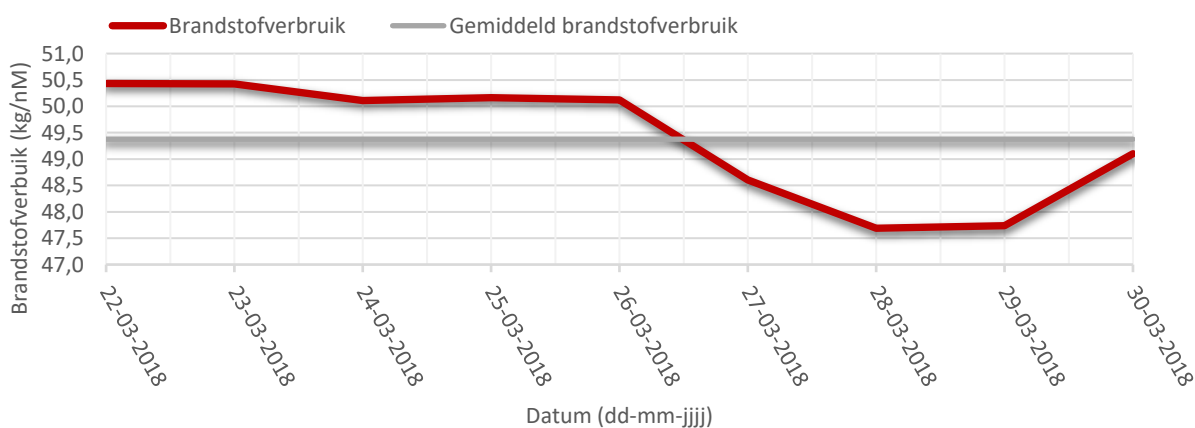
Grafiek 2: afgelegde afstand in nM per datum

Brandstofverbruik in kg



Grafiek 3: brandstofverbruik in kg per datum

Brandstofverbruik in kg/nM



Grafiek 4: brandstofverbruik in kg/nM per datum

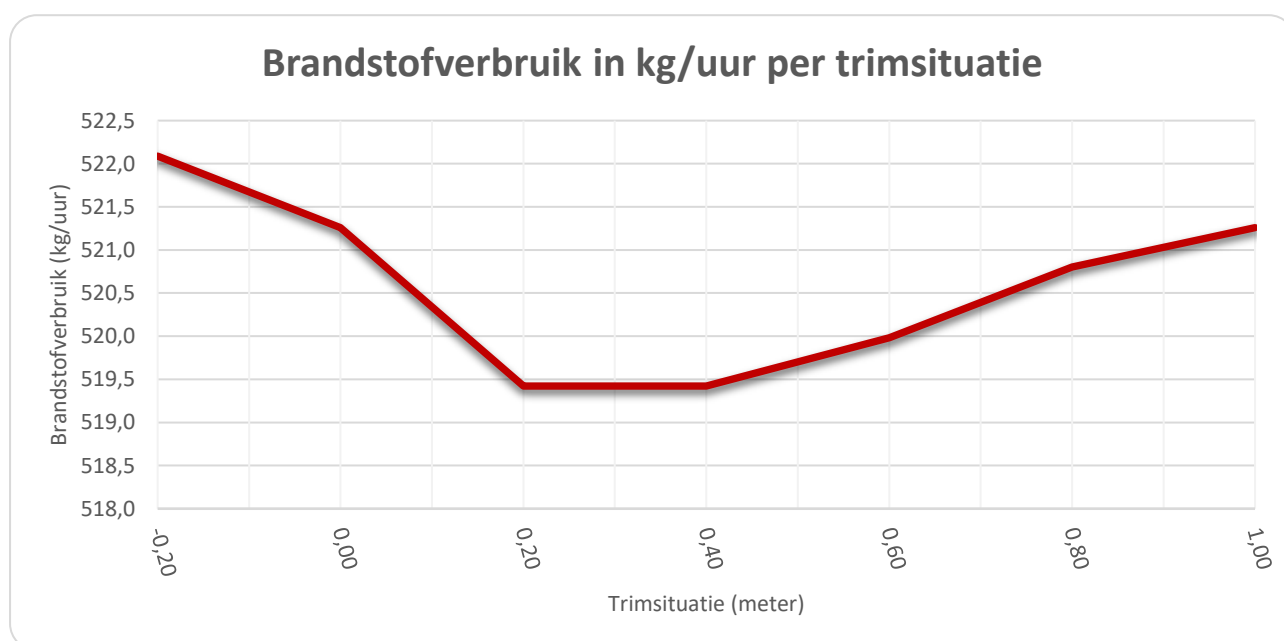
4.3 Het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties

Tijdens het onderzoek is het van belang om te weten hoeveel brandstof de voortstuwingsmotor verbruikt in verschillende trimsituaties. Om het brandstofverbruik bij de verschillende trimsituaties te bepalen is gebruik gemaakt van de metingen die beschreven staan in hoofdstuk 3 “De methode”. Bijlages 3 t/m 9 bevatten de meetgegevens bij iedere trimsituatie.

Tabel 4 en grafiek 5 bevatten de resultaten ter beantwoording op de derde deelvraag.

Tabel 4: Gebruikte gegevens voor het bepalen van het brandstofverbruik in kg/uur per trimsituatie (incl. weersomstandigheden)

Datum	Trimsituatie (meter)	Windrichting t.o.v. schip (°)	Wind snelheid (knopen)	Stroomrichting t.o.v. schip (°)	Stroom snelheid (knopen)	Deining	Zee conditie	Brandstofverbruik (kg/uur)
31-03-18	-0,20	124	6	273	0,8	Laag	Kalm	522,1
31-03-18	0,00	119	6	263	1	Laag	Kalm	521,3
31-03-18	0,20	126	6	267	1,2	Laag	Kalm	519,4
31-03-18	0,40	134	5	271	0,8	Laag	Kalm	519,4
31-03-18	0,60	143	6	276	0,7	Laag	Kalm	520,0
31-03-18	0,80	152	9	267	0,8	Laag	Kalm	520,8
31-03-18	1,00	163	8	268	0,6	Laag	Kalm	521,3



Grafiek 5: brandstofverbruik in kg/uur per trimsituatie

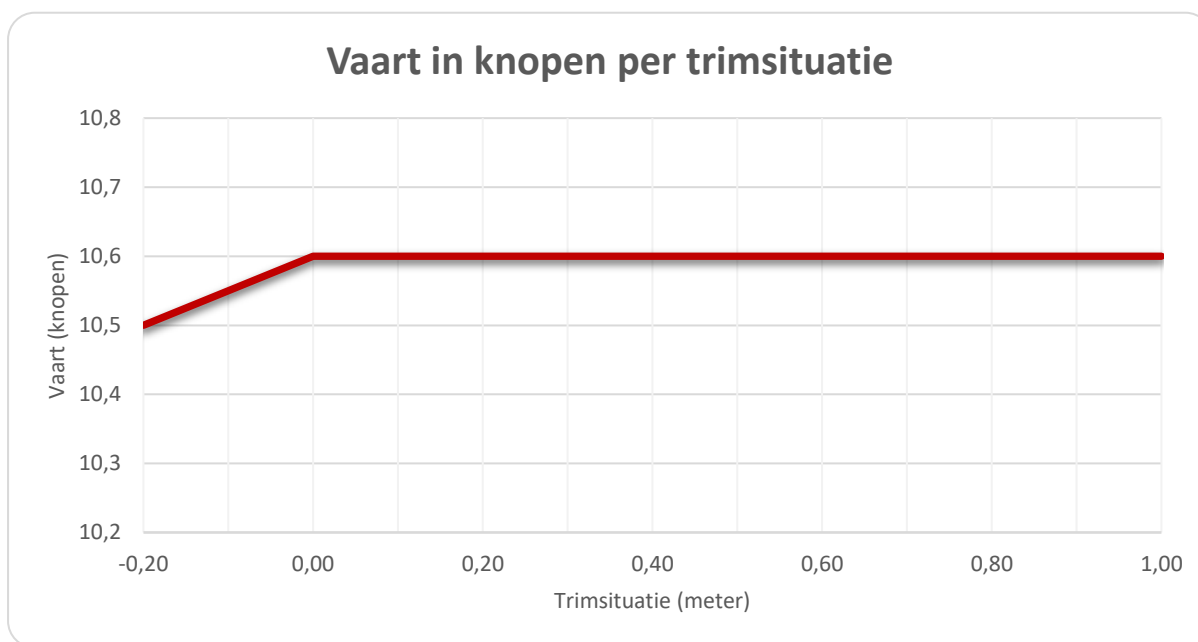
4.4 Het verschil in vaart bij verschillende trimsituaties

Om het brandstofverbruik per mijl te kunnen bepalen, is de vaart door het water van het schip in verschillende trimsituaties een variabele die belangrijk is tijdens het onderzoek. Om de vaart bij de verschillende trimsituaties te bepalen is gebruik gemaakt van de metingen die beschreven staan in hoofdstuk 3 "De methode". Bijlages 3 t/m 9 bevatten de meetgegevens bij iedere trimsituatie.

Tabel 5 en grafiek 6 bevatten de resultaten ter beantwoording op de vierde deelvraag.

Tabel 5: Gebruikte gegevens voor het bepalen van de vaart in knopen per trimsituatie (incl. weersomstandigheden)

Datum	Trimsituatie (meter)	Windrichting t.o.v. schip (°)	Wind snelheid (knopen)	Stroomrichting t.o.v. schip (°)	Stroom snelheid (knopen)	Deining	Zee conditie	Vaart door het water (knopen)
31-03-18	-0,20	124	6	273	0,8	Laag	Kalm	10,5
31-03-18	0,00	119	6	263	1	Laag	Kalm	10,6
31-03-18	0,20	126	6	267	1,2	Laag	Kalm	10,6
31-03-18	0,40	134	5	271	0,8	Laag	Kalm	10,6
31-03-18	0,60	143	6	276	0,7	Laag	Kalm	10,6
31-03-18	0,80	152	9	267	0,8	Laag	Kalm	10,6
31-03-18	1,00	163	8	268	0,6	Laag	Kalm	10,6



Grafiek 6: vaart in knopen per trimsituatie

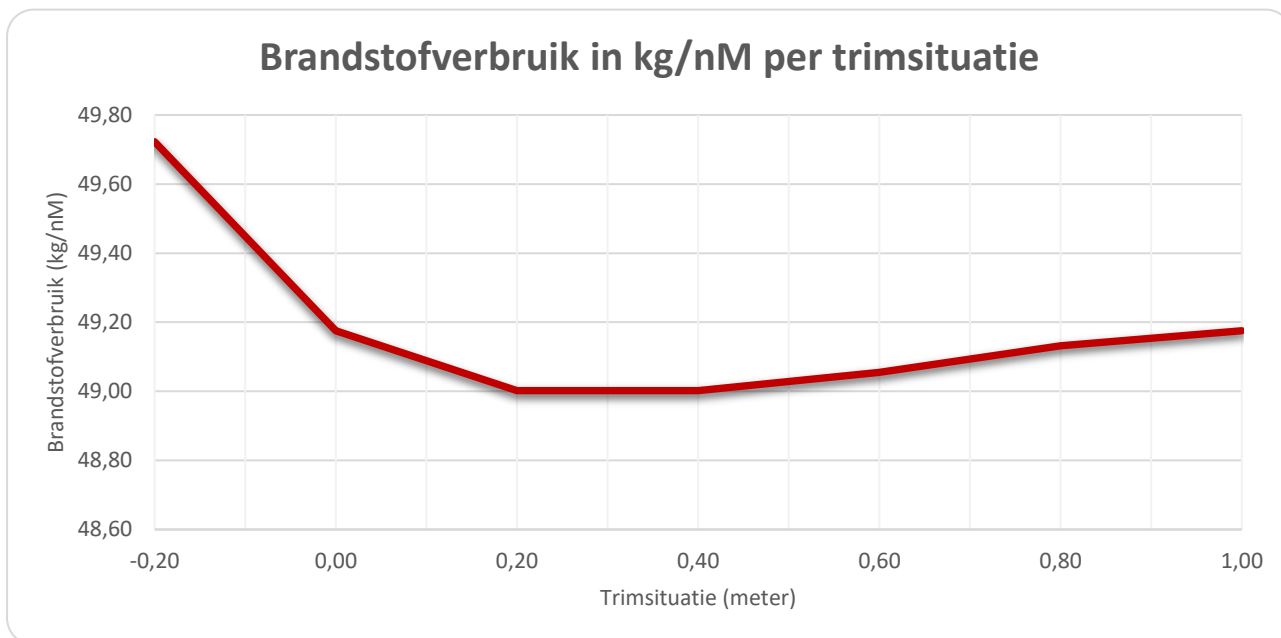
4.5 Het verschil in brandstofverbruik in kg per nautische mijl bij verschillende trimsituaties

Een combinatie van de resultaten die in de vorige hoofdstukken beschreven staan, zorgen voor het antwoord op de hoofdvraag.

Tabel 6 en grafiek 7 bevatten de resultaten ter beantwoording op de hoofdvraag.

Tabel 6: Gebruikte gegevens voor het bepalen van het brandstofverbruik kg/nM per trimsituatie

Datum	Trimsituatie (meter)	Brandstofverbruik (kg/uur)	Vaart door het water (knopen)	Brandstofverbruik (kg/nM)
31-03-18	-0,20	522,1	10,5	49,72
31-03-18	0,00	521,3	10,6	49,18
31-03-18	0,20	519,4	10,6	49,00
31-03-18	0,40	519,4	10,6	49,00
31-03-18	0,60	520,0	10,6	49,05
31-03-18	0,80	520,8	10,6	49,13
31-03-18	1,00	521,3	10,6	49,18



Grafiek 7: brandstofverbruik in kg/nM per trimsituatie

5. Discussie

In dit hoofdstuk wordt kritisch gekeken naar de uitvoering van het onderzoek, de nauwkeurigheid van de metingen en de toepasbaarheid van het onderzoek.

5.1 Meetpunten

Om een duidelijk verschil in brandstofverbruik per trimsituatie te tonen, was het de bedoeling metingen te doen bij trimsituaties van -0,80 m tot +1,00 m. Door het veroorzaken van een negatieve trim, werd het schip zodanig beïnvloed dat dit tot negatieve gevolgen leed. Door deze beperkingen was het niet mogelijk om metingen uit te voeren op de intervallen -0,80 m, -0,60 m en -0,40 m. Een aantal factoren die hier een rol speelden, waren de aanzuiging van de brandstof uit de tanks, de locaties van de bilgeputten en de constructie van de boeg van het schip.

5.2 Nauwkeurigheid van de metingen

Tijdens het onderzoek werd gekeken naar verschillende trimsituaties, bijhorende diepgangen en brandstofverbruik. Diepgaande informatie is verkregen om conclusie te geven op de eerste en tweede deelvraag. Door cijfers die uit de metingen voortkwamen, zijn conclusies gegeven op de derde en laatste deelvraag. Een combinatie van kwalitatief en kwantitatief onderzoek heeft er toe geleid dat de nodige resultaten zijn verkregen. Aan de hand van beantwoording van de deelvragen werd de centrale vraag van het onderzoek beantwoord.

Om de nauwkeurigheid van het onderzoek te waarborgen, zijn deze onderzoeksmethodes zo goed mogelijk nageleefd. Ondanks dit bevat het onderzoek fouten met betrekking op de gegevens die uit de metingen voort zijn gekomen.

5.2.1 Bepalen huidige trim

Om de exacte trim te bepalen, is uiteindelijk geen gebruik gemaakt van het meetmechanisme wat beschreven staat in hoofdstuk 2.2.2.1 *“Het meetmechanisme”*. De nauwkeurigheid van het meetmechanisme vermindert zodra het schip door invloed van buitenaf gaat slingeren en stampen. Het schip heeft zich tijdens het onderzoek niet in een situatie verkeerd dat er optimaal gebruik gemaakt kon worden van het mechanisme. Door het lastig bepalen van het vloeistofverschil in het mechanisme is gekozen deze methode buiten beschouwing te laten. Ook wordt de waarde beïnvloedt door het buigen van het schip. Oftewel het meetmechanisme zou de nauwkeurigheid van het onderzoek doen verminderen.

5.2.2 Invloed van buitenaf

De weersomstandigheden beïnvloeden de vaart van het schip en dus ook het brandstofverbruik per afgelegde mijl. Doordat de weersomstandigheden tijdens de metingen nagenoeg gelijk waren, was de invloed van buitenaf erg klein op de meetgegevens in de verschillende trimsituaties. De metingen zijn uitgevoerd op de noord Atlantische Oceaan tijdens de reis vanuit Darrow, USA naar Mosjoen, Noorwegen. De optimale weersomstandigheden zijn windstil, geen stroming, geen deining, geen golven etc. Deze situatie komt zelden tot niet voor.

5.2.3 Duur van een meting

Door een meting te doen van 60 minuten werd gedacht een juist beeld te creëren van het brandstofverbruik en de vaart in de verschillende trimsituaties. Tijdens de metingen werd om de 6 minuten de waarde van de flowmeter genoteerd. Om een nauwkeuriger beeld te vormen van het brandstofverbruik in een bepaalde trimsituatie, had het verbruik over een langere periode gemeten moeten worden. Hierdoor konden meerdere methodes, voor het bepalen van het brandstofverbruik, toegepast worden.

5.3 Absolute nauwkeurigheid van de metingen

Zoals staat vermeld in het hoofdstuk 2.4.2 “Flowmeter” heeft een flowmeter een fout tot 2% afhankelijk van het soort flowmeter. Volgens de handleiding bevat de flowmeter, welke gebruikt werd tijdens de metingen, een gemiddelde fout van 0,3% (Wolfard & Wessels Eefting Engineering B.V., 2010).

De hoofdwerktuigkundige was er van overtuigd dat de flowmeter een grotere fout bevatte dan beschreven staat in de handleiding. De flowmeter is van verschillende factoren afhankelijk waardoor de waarde niet meer accuraat is. Deze factoren zijn de volgende: soort brandstof, brandstoftemperatuur, brandstofdruk en brandstofviscositeit. De flowmeter is beperkt in het tonen van de exacte waarde doordat de flowmeter zich aan deze factoren niet kan aanpassen.

Om de fout van de flowmeter te bepalen, zijn extra metingen uitgevoerd. In een bepaalde trimsituatie werden gedurende de hele dag tankpeilingen uitgevoerd en werd de waarde van de flowmeter genoteerd. Aan de hand van het verschil uit deze metingen is de nauwkeurigheid bepaald. Hieruit is gebleken dat de flowmeter een fout bevat van ongeveer 4,3 %.

Aangezien de metingen uitgevoerd zijn met dezelfde brandstof, brandstoftemperatuur, brandstofdruk en brandstofviscositeit zijn de waardes uit de metingen nauwkeurig genoeg om het verschil in brandstofverbruik aan te tonen. Het brandstofverbruik in kg/uur zal in werkelijkheid 3% tot 5% meer bedragen dan de hoeveelheid die berekend is aan de hand van de flowmeter. Deze fout beïnvloedt dus de absolute nauwkeurigheid van de metingen.

5.4 Toepasbaarheid onderzoek in de praktijk

Het antwoord op de hoofdvraag berust op een vast displacement, een vaste belasting van de voortstuwingsmotor en bepaalde weersomstandigheden. De conclusies die zijn getrokken gelden dus voor één bepaalde situatie. Of een trim voorover op iedere beladingsconditie van een F-type van Wagenborg een nadelig gevolg heeft voor het brandstofverbruik is niet bekend. Om dit te onderzoeken kan eventueel een vervolgonderzoek gedaan worden.

De kans dat in de toekomst een zelfde beladingsconditie en trimsituatie voor zal komen, is erg klein. Om meer ideale trimsituaties te verkrijgen moeten er meer metingen uitgevoerd worden. Ook is het van belang om de metingen over een langere periode uit te voeren waardoor de metingen nauwkeuriger worden. Ook kan met een veelvoud van cijfers het brandstofverbruik beter bepaald worden dan een meting van één uur uit te voeren per trimsituatie.

6. Conclusies

Het doel van het onderzoek was het beantwoorden van de centrale vraag *“Wat is de meest optimale trimsituatie voor de MV Fivelborg waarbij het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor het laagst is?”*.

6.1 Het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende deplacements

Uit het onderzoek is gebleken dat het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende deplacements vrij constant is. Wanneer gevaren wordt in een ballastconditie verschilt het brandstofverbruik per dag niet veel met een volgeladen schip. Uit de resultaten is te zien dat een afname in brandstofverbruik plaatsvindt bij een deplacement stijging van 10000 ton tot 13000 ton. Wanneer gevaren wordt met een deplacement van 13000 ton of hoger zal het brandstofverbruik toenemen.

6.2 Het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting bij dienstsnelheid

Uit het onderzoek is gebleken dat het gemiddeld brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij dienstsnelheid 49,4 kg per nautische mijl bedraagt. De gemiddelde belasting van de voortstuwingsmotor bedraagt 73,6 %. Het gemiddeld brandstofverbruik en de gemiddelde belasting is bepaald bij een beladingsconditie waarbij de trimsituatie nagenoeg hetzelfde gebleven is.

6.3 Het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties

Uit het onderzoek is gebleken dat het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij verschillende trimsituaties de volgende is:

-	- 0,20 m	= 522,1 kg/uur	-	+ 0,60 m	= 520,0 kg/uur
-	0,00 m	= 521,3 kg/uur	-	+ 0,80 m	= 520,8 kg/uur
-	+ 0,20 m	= 519,4 kg/uur	-	+ 1,00 m	= 521,3 kg/uur
-	+ 0,40 m	= 519,4 kg/uur			

Hieruit kan geconcludeerd worden dat bij een trimsituatie tussen de 0,20 m en 0,40 m het brandstofverbruik in kg/uur het laagst is. Bij een trimsituatie van -0,20 m is het brandstofverbruik in kg/uur het hoogst.

6.4 Het verschil in vaart bij verschillende trimsituaties

Uit het onderzoek is gebleken dat de vaart door het water bij verschillende trimsituaties nagenoeg hetzelfde is. De verschillende trimsituaties hebben weinig tot geen invloed op de vaart door het water van het schip. Een reden voor de vaartvermindering bij trim voorover zou de weerstand van het voorschip kunnen zijn. Het voorschip komt dieper te liggen waardoor de wrijvingsweerstand en golfweerstand zal stijgen. Ook zal het tegeneffect van de bulb verminderen waardoor het zijn functie kan verliezen.

6.5 De optimale trimsituatie

Uit de resultaten van het onderzoek is geconcludeerd dat aan boord van de MV Fivelborg de optimale trimsituatie voor een zo laag mogelijk brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor de volgende is:

- Tv	:	6,52 / 6,36 m	- Ta	:	6,72 / 6,76 m
- Trim	:	0,20 - 0,40 m	- Displacement	:	± 14183 ton
- Belasting hoofdmotor	:	72 %	- Pitch	:	± 74,4 %

Wat resulteert in een brandstofverbruik van 519,4 kg per uur. In dit uur legt de MV Fivelborg een afstand van 10,6 nM af. Dit resulteert in een brandstofverbruik van 49,0 kg per nautische mijl.

Uit de resultaten is gebleken dat het verschil tussen het brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor in de verschillende trimsituaties verschrikkelijk klein is. Deze kleine winsten gaan vaak al verloren wanneer het schip terecht komt in slecht weer of om andere redenen die de kosten van het schip doen stijgen.

Uit de resultaten kan ook geconcludeerd worden dat in deze beladingsconditie een trimsituatie voorover ongunstig is voor het brandstofverbruik van de hoofdmotor. Wat de oorzaak hiervoor is, is niet bekend.

Bibliografie

- AG, I. m. (2005-2012). Seacos MACS3 Net 1.1.
- Asten, J. v. (2015). *Brandstofbesparing door trimoptimalisatie*. Vlissingen: J.S. van Asten.
- Baarda, B. (2009). *Dit is Onderzoek!* Groningen: Noordhoff.
- Bertram, V. (2000). *Practical Ship Hydrodynamics*. Butterworth-Heinemann.
- Briggs, M. J. (2006, Augustus). *Ship squat predictions for ship/tow simulator*. Opgehaald van US Army Corps of Engineers: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Squat_\(scheepvaart\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Squat_(scheepvaart))
- Coster, R. (2013, Augustus 2). *Ship Spotting*. Opgehaald van Ship Spotting: <http://www.shipspotting.com/photos/middle/0/8/9/1850980.jpg>
- Dokkum, K. v. (2003). *Ship Knowledge*. Enkhuizen: Dokmar.
- Hollander, R. d. (sd). Werking meetmechanisme. *Meetmechanisme*. HZ University of Applied Sciences, Arnhem.
- HZ University of Applied Sciences. (2016). *Studentenhandleiding Afstuderen De Ruyter Academie MAROF*. Vlissingen: Reproservice HZ.
- Kuiper, G. (1994). *Resistance and Propulsion of Ships*. Delft: Technische Universiteit Delft.
- Kuiper, G. (2015, September 10). *Golfsysteem*. Opgehaald van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Golfweerstand>
- Laere, L. d. (2017). *Kleine hoek, grote invloed*. Vlissingen: L. de Laere.
- Maanen, P. v. (2000). Scheepsdieselmotoren. In P. v. Maanen, *Scheepsdieselmotoren* (p. 660). Harfsen: Nautech.
- Meerburg, M. (2016, Februari 2). Weerstand van schepen. Vlissingen. Opgehaald van My HZ.
- Metzlar, K. (2003). *Stabiliteit van schepen*. Delfzijl: Smit en Wytzes.
- Milieu centraal. (2017, November 5). *Alles over energie en milieu in het dagelijks leven*. Opgehaald van Milieu centraal: <https://www.milieucentraal.nl/duurzaam-vervoer/autokeuze-en-gebruik/zuinig-rijden/>
- Mulders, Y. D. (2013, Maart 18). *Elektromagnetisch log*. Opgehaald van Wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisch_log
- Nelissen, J. F. (2013, Maart). *Monitoring of bunker fuel consumption*. Opgehaald van CE Delft: http://www.ce.nl/publicatie/monitoring_of_bunker_fuel_consumption/1353
- Pétursson, S. (2009). *Predicting Optimal Trim Configuration of Marine Vessels with respect to Fuel Usage*. Reykjavik, Iceland: School of Engineering and Natural Sciences.
- Ravage Webzine. (2016, Januari 30). Opgehaald van Ravage Webzine: <https://www.ravage-webzine.nl/2016/01/30/vervuiling-scheepvaart-blijft-blinde-vlek/>
- Rheenen, G. v. (1991). *Navigatie instrumenten*. Luttelgeest: Smit & Wytzes.
- Royal Wagenborg Shipping. (2012-2016). Bunker forms. Delfzijl, Groningen, Nederland.
- Royal Wagenborg Shipping. (2012-2016). Voyage planning. Delfzijl, Groningen, Nederland.
- Royal Wagenborg Shipping. (2014, Februari 4). *Royal Wagenborg fleetlist*. Opgehaald van Royal Wagenborg : <https://www.wagenborg.com/our-equipment/fleetlist/fivelborg>
- Senge, P. (1992). *De vijfde discipline*. Schiedam: Scriptum Books.
- Techna. (2014, April 23). *Communicerende vaten*. Opgehaald van Techna: <http://www.techna.nl/Begrippen/communicerende%20vaten/communicerende%20vaten.htm>
- Termaat, K. (2011, Februari 12). *De grenslaag bij moderne profielen met flaps*. Opgehaald van Luisteren naar turbulenties: <http://home.wxs.nl/~kpt9/Grenslaag.htm>
- Visser, P. (2016, December 28). *Wet van Bernoulli*. Opgehaald van Wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Wet_van_Bernoulli
- Wolfard & Wessels Eefting Engineering B.V. (2010). Fuel oil consumption meter & indication. In W. & B.V., *Project FS393 Boosterunit*. Kolham: Wolfard & Wessels Eefting Engineering B.V.

Bijlage 1: Excel sheet meetgegevens

Nautical data:		
Date		dd-mm-yyyy
Start time measurement		hh:mm
Stop time measurement		hh:mm
Start position measurement		length:breath
Stop position measurement		length:breath
Displacement		ton
Tv		meter
Ta		meter
Trim		meter
Exact trim		meter
V water		knots
V ground		knots
Log start measurement		nM
Log stop measurement		nM
Total distance		nM

Time hh:mm	Flowmeter m ³	Fuel consumption l/h
00:00		
00:06		
00:12		
00:18		
00:24		
00:30		
00:36		
00:42		
00:48		
00:54		
01:00		
Average		

Technical data:		
Power shaft generator		kW
Load ME		%
Speed ME		rpm
Pitch		%

Meteorological data:		
Wind direction relative to vessel		degrees
Wind speed		knots
Current direction relative to vessel		degrees
Current speed		knots
Sea condition		
Swell height		

Bijlage 2: Excel sheet brandstofverbruik per zeemijl

Fuel consumption in kg per nautical mile:		
Density fuel 15°C		kg/m ³
Fuel temperature before meter		°C
Density fuel ...°C		kg/m ³
Fuel consumption		m ³
Fuel consumption		kg
Total distance		nM
Fuel consumption		kg/nM

Bijlage 3: Meetgegevens bij trimsituatie -0,20 m

Nautical data:		
Date	31-3-2018	dd-mm-yyyy
Start time measurement	06:00	uu:mm
Stop time measurement	07:00	uu:mm
Start position measurement	30°30,7' N ; 072°49,5' W	length:breath
Stop position measurement	30°36,2' N ; 072°39,6' W	length:breath
Displacement	± 14011	ton
Tv	6,55	meter
Ta	6,35	meter
Exact trim	-0,20	meter
V water	10,4	knots
V ground	10,5	knots
Log start measurement	69236,8	nM
Log stop measurement	69247,3	nM
Total distance	10,5	nM

Time hh:mm	Flowmeter m ³	Fuel consumption l/h	
00:00	116505,1	580	
00:06	116510,9		
00:12	116516,5	560	560
00:18	116522,1		
00:24	116527,8	560	570
00:30	116533,4		
00:36	116539,1	570	570
00:42	116544,8		
00:48	116550,5	570	570
00:54	116556,2		
01:00	116561,9		570
Average		568,0	

Technical data:		
Power shaft generator	100	kW
Load ME	72	%
Speed ME	742	rpm
Pitch	74,3	%

Meteorological data:		
Wind direction relative to vessel	124	degrees
Wind speed	6	knots
Current direction relative to vessel	273	degrees
Current speed	0,8	knots
Sea condition	slight	
Swell height	low	

Fuel consumption in kg per nautical mile:		
Density fuel 15°C	991,0	kg/m ³
Fuel temperature before meter	128	°C
Density fuel 128°C	919,3	kg/m ³
Fuel consumption	567,9	m ³
Fuel consumption	522,1	kg
Total distance	10,5	nM
Fuel consumption	49,72	kg/nM

Bijlage 4: Meetgegevens bij trimsituatie 0,00 m

Nautical data:		
Date	31-3-2018	dd-mm-yyyy
Start time measurement	07:30	uu:mm
Stop time measurement	08:30	uu:mm
Start position measurement	30°39,4' N ; 072°34,2' W	length:breath
Stop position measurement	30°45,6' N ; 072°23,6' W	length:breath
Displacement	± 14085	ton
Tv	6,48	meter
Ta	6,48	meter
Exact trim	0,00	meter
V water	10,6	knots
V ground	10,8	knots
Log start measurement	69251,8	nM
Log stop measurement	69262,4	nM
Total distance	10,6	nM

Time hh:mm	Flowmeter m ³	Fuel consumption l/h	
00:00	116590,0	570,0	
00:06	116595,7		570,0
00:12	116601,4	560,0	
00:18	116607,0		560,0
00:24	116612,6	570,0	
00:30	116618,3		560,0
00:36	116623,9	560,0	
00:42	116629,5		570,0
00:48	116635,2	570,0	
00:54	116640,9		580,0
01:00	116646,7		
Average		567,0	

Technical data:		
Power shaft generator	100	kW
Load ME	72	%
Speed ME	742	rpm
Pitch	74,1	%

Meteorological data:		
Wind direction relative to vessel	119	degrees
Wind speed	6	knots
Current direction relative to vessel	263	degrees
Current speed	1,0	knots
Sea condition	slight	
Swell height	low	

Fuel consumption in kg per nautical mile:		
Density fuel 15°C	991,0	kg/m ³
Fuel temperature before meter	128	°C
Density fuel 128°C	919,3	kg/m ³
Fuel consumption	567,0	m ³
Fuel consumption	521,3	kg
Total distance	10,6	nM
Fuel consumption	49,18	kg/nM

Bijlage 5: Meetgegevens bij trimsituatie +0,20 m

Nautical data:		
Date	31-3-2018	dd-mm-yyyy
Start time measurement	09:00	uu:mm
Stop time measurement	10:00	uu:mm
Start position measurement	30°48,6' N ; 072°18,4' W	length:breath
Stop position measurement	30°55,1' N ; 072°07,5' W	length:breath
Displacement	± 14153	ton
Tv	6,52	meter
Ta	6,72	meter
Exact trim	0,20	meter
V water	10,7	knots
V ground	11,1	knots
Log start measurement	69267,1	nM
Log stop measurement	69277,6	nM
Total distance	10,6	nM

Time hh:mm	Flowmeter m ³	Fuel consumption l/h	
00:00	116674,9	560,0	
00:06	116680,5		
00:12	116686,3	570,0	580,0
00:18	116692,0		
00:24	116697,6	570,0	560,0
00:30	116703,3		
00:36	116708,9	560,0	560,0
00:42	116714,5		
00:48	116720,2	560,0	570,0
00:54	116725,9		
01:00	116731,5		560,0
Average		565,0	

Technical data:		
Power shaft generator	100	kW
Load ME	72	%
Speed ME	742	rpm
Pitch	74,2	%

Meteorological data:		
Wind direction relative to vessel	126	degrees
Wind speed	6	knots
Current direction relative to vessel	267	degrees
Current speed	1,2	knots
Sea condition	slight	
Swell height	low	

Fuel consumption in kg per nautical mile:		
Density fuel 15°C	991,0	kg/m ³
Fuel temperature before meter	128	°C
Density fuel 128°C	919,3	kg/m ³
Fuel consumption	565,0	m ³
Fuel consumption	519,4	kg
Total distance	10,6	nM
Fuel consumption	49,00	kg/nM

Bijlage 6: Meetgegevens bij trimsituatie +0,40 m

Nautical data:		
Date	31-3-2018	dd-mm-yyyy
Start time measurement	10:30	uu:mm
Stop time measurement	11:30	uu:mm
Start position measurement	30°58,5' N ; 072°02,0' W	length:breath
Stop position measurement	31°05,0' N ; 071°52,1' W	length:breath
Displacement	± 14213	ton
Tv	6,36	meter
Ta	6,76	meter
Exact trim	0,40	meter
V water	10,5	knots
V ground	11,2	knots
Log start measurement	69298,3	nM
Log stop measurement	69308,9	nM
Total distance	10,6	nM

Time hh:mm	Flowmeter m ³	Fuel consumption l/h	
00:00	116760,1	580,0	
00:06	116765,9		560,0
00:12	116771,5	560,0	
00:18	116777,1		570,0
00:24	116782,8	560,0	
00:30	116788,4		560,0
00:36	116794,0	570,0	
00:42	116799,7		560,0
00:48	116805,3	560,0	
00:54	116810,9		570,0
01:00	116816,6		
Average		565,0	

Technical data:		
Power shaft generator	100	kW
Load ME	72	%
Speed ME	742	rpm
Pitch	74,6	%

Meteorological data:		
Wind direction relative to vessel	134	degrees
Wind speed	5	knots
Current direction relative to vessel	271	degrees
Current speed	0,8	knots
Sea condition	slight	
Swell height	low	

Fuel consumption in kg per nautical mile:		
Density fuel 15°C	991,0	kg/m ³
Fuel temperature before meter	128	°C
Density fuel 128°C	919,3	kg/m ³
Fuel consumption	565,0	m ³
Fuel consumption	519,4	kg
Total distance	10,6	nM
Fuel consumption	49,00	kg/nM

Bijlage 7: Meetgegevens bij trimsituatie +0,60 m

Nautical data:		
Date	31-3-2018	dd-mm-yyyy
Start time measurement	13:00	uu:mm
Stop time measurement	14:00	uu:mm
Start position measurement	31°15,4' N ; 071°36,1' W	length:breath
Stop position measurement	31°21,1' N ; 071°25,8' W	length:breath
Displacement	± 14304	ton
Tv	6,27	meter
Ta	6,87	meter
Exact trim	0,60	meter
V water	10,4	knots
V ground	11,0	knots
Log start measurement	69308,9	nM
Log stop measurement	69319,5	nM
Total distance	10,6	nM

Time hh:mm	Flowmeter m ³	Fuel consumption l/h	
00:00	116901,5	560,0	
00:06	116907,1		560,0
00:12	116912,7	570,0	
00:18	116918,4		560,0
00:24	116924,0	570,0	
00:30	116929,7		570,0
00:36	116935,4	580,0	
00:42	116941,2		570,0
00:48	116946,9	560,0	
00:54	116952,6		560,0
01:00	116958,2		
Average		566,0	

Technical data:		
Power shaft generator	100	kW
Load ME	72	%
Speed ME	742	rpm
Pitch	74,4	%

Meteorological data:		
Wind direction relative to vessel	143	degrees
Wind speed	6	knots
Current direction relative to vessel	276	degrees
Current speed	0,7	knots
Sea condition	slight	
Swell height	low	

Fuel consumption in kg per nautical mile:		
Density fuel 15°C	991,0	kg/m ³
Fuel temperature before meter	129	°C
Density fuel 128°C	918,7	kg/m ³
Fuel consumption	566,0	m ³
Fuel consumption	520,0	kg
Total distance	10,6	nM
Fuel consumption	49,05	kg/nM

Bijlage 8: Meetgegevens bij trimsituatie +0,80 m

Nautical data:		
Date	31-3-2018	dd-mm-yyyy
Start time measurement	14:30	uu:mm
Stop time measurement	15:30	uu:mm
Start position measurement	31°23,9' N ; 071°20,6' W	length:breath
Stop position measurement	31°29,7' N ; 071°10,6' W	length:breath
Displacement	± 14381	ton
Tv	6,21	meter
Ta	7,01	meter
Exact trim	0,80	meter
V water	10,3	knots
V ground	10,7	knots
Log start measurement	69324,8	nM
Log stop measurement	69335,4	nM
Total distance	10,6	nM

Time hh:mm	Flowmeter m ³	Fuel consumption l/h	
00:00	116987,2	560,0	
00:06	116992,8		
00:12	116998,6	580,0	580,0
00:18	117004,4		
00:24	117010,0	570,0	560,0
00:30	117015,7		
00:36	117021,3	560,0	560,0
00:42	117026,9		
00:48	117032,6	570,0	570,0
00:54	117038,3		
01:00	117043,9		560,0
Average		567,0	

Technical data:		
Power shaft generator	100	kW
Load ME	72	%
Speed ME	742	rpm
Pitch	74,5	%

Meteorological data:		
Wind direction relative to vessel	152	degrees
Wind speed	9	knots
Current direction relative to vessel	267	degrees
Current speed	0,8	knots
Sea condition	slight	
Swell height	low	

Fuel consumption in kg per nautical mile:		
Density fuel 15°C	991,0	kg/m ³
Fuel temperature before meter	128	°C
Density fuel 128°C	919,3	kg/m ³
Fuel consumption	567,0	m ³
Fuel consumption	520,8	kg
Total distance	10,6	nM
Fuel consumption	49,13	kg/nM

Bijlage 9: Meetgegevens bij trimsituatie +1,00 m

Nautical data:		
Date	31-3-2018	dd-mm-yyyy
Start time measurement	16:00	uu:mm
Stop time measurement	17:00	uu:mm
Start position measurement	31°32,1' N ; 071°05,7' W	length:breath
Stop position measurement	31°38,3' N ; 070°55,7' W	length:breath
Displacement	± 14456	ton
Tv	6,17	meter
Ta	7,17	meter
Exact trim	1,00	meter
V water	10,2	knots
V ground	10,5	knots
Log start measurement	69340,9	nM
Log stop measurement	69351,5	nM
Total distance	10,6	nM

Time hh:mm	Flowmeter m ³	Fuel consumption l/h	
00:00	117072,0	580,0	
00:06	117077,8		
00:12	117083,5	570,0	570,0
00:18	117089,2		
00:24	117094,8	560,0	560,0
00:30	117100,4		
00:36	117106,1	570,0	570,0
00:42	117111,8		
00:48	117117,5	560,0	570,0
00:54	117123,2		
01:00	117128,8		560,0
Average		567	

Technical data:		
Power shaft generator	100	kW
Load ME	72	%
Speed ME	742	rpm
Pitch	74,6	%

Meteorological data:		
Wind direction relative to vessel	163	degrees
Wind speed	8	knots
Current direction relative to vessel	268	degrees
Current speed	0,6	knots
Sea condition	slight	
Swell height	low	

Fuel consumption in kg per nautical mile:		
Density fuel 15°C	991,0	kg/m ³
Fuel temperature before meter	128	°C
Density fuel 128°C	919,3	kg/m ³
Fuel consumption	567,0	m ³
Fuel consumption	521,3	kg
Total distance	10,6	nM
Fuel consumption	49,18	kg/nM

Bijlage 10: Eindbeoordeling verwerving onderzoekscompetentie

Fase 3 Afrondingsfase

Student(e): _____ 1^e examiner: _____
 2^e examiner: _____ Bedrijfsbegeleider: _____
 Externe deskundige: _____ **Handtekeningen voor akkoord:**
 Datum beoordeling: _____ 1^e examiner: _____
 Cijfer*: _____ 2^e examiner: _____

0 Rapport

Oordeel: OV / V / G / ZG**

Toelichting:

- 1 De omvang en structuur is conform de afspraken;
- 2 De schrijfstijl is objectief, precies, logisch, zorgvuldig en helder;
- 3 Taalgebruik is correct, begrijpelijk, aantrekkelijk en aanvaardbaar;
- 4 Bevat correcte literatuurlijst en bronvermelding volgens internationale standaarden.

1 Probleemstelling (Inleiding)

Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 5 Geeft uitleg over kennisgebied, thema, inhoudelijke keuzes en doelstelling;
- 6 Is afgebakend en betreft een nog niet opgeloste probleemsituatie in de beroepspraktijk;
- 7 Bevat hoofdvraag en is waar nodig uitgewerkt in deelvragen.

2 Bronnenonderzoek/Theoretisch kader

Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 8 Bronnen komen deels uit de wetenschappelijke literatuur van het kennisdomein;
- 9 Beschrijft context, onderbouwt kennisgebied, thematiek, inhoudelijke keuzes, en vooronderstellingen;
- 10 Verduidelijkt de belangrijkste concepten uit de probleemstelling en hun samenhang.

3 Onderzoeksontwerp/Methode

Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 11 Beschrijft en onderbouwt de gekozen onderzoeksstrategie;
- 12 Is sluitend, stappen leiden systematisch naar beoogd antwoord op de vragen;
- 13 Operationaliseert begrippen en beschrijft meetinstrumenten en analysemethode.

4 Uitvoering (Resultaten)

Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 14 Is effectief, efficiënt en toelaatbaar;
- 15 Bestaat uit correct uitgevoerde dataverweringsmethoden;
- 16 Is reproduceerbaar. Gegevens zijn compleet, gedetailleerd en overzichtelijk vermeld.

5 Analyse en interpretatie (Conclusies)

Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 17 Is correct uitgevoerd met kwalitatieve en/of kwantitatieve analysetechnieken;
- 18 Is valide (ten aanzien van gebruikte concepten, verklaringsregels, en generaliseringsregels);
- 19 Is vrij van redeneerfouten, onzakelijke argumenten, en gegoochel met betekenissen;
- 20 Bevat vergelijking met ander onderzoek en theorie en voorstellen voor verder onderzoek.

6 Beroepsproducten en aanbevelingen (Praktijk)

Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 21 Volgen logisch uit het onderzoek (met betrekking tot inhoudelijke keuzes en vooronderstellingen);
- 22 Worden geaccepteerd in probleemcontext, zijn acceptabel in het praktijkdomein;
- 23 Leveren een daadwerkelijke oplossing, zijn duurzaam en toelaatbaar;
- 24 Zijn te realiseren gegeven de omgeving, uitvoerenden, beschikbare tijd en budget.

7 Presentatie

Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 25 Is geen herhaling van rapport, getuigt van beheersing onderwerp en kennis publiek;
- 26 Is professioneel (houding, hulpmiddelen, spreektechniek, timing);
- 27 Overtuigend, weloverwogen en kundige verdediging.

8 Gedragsnormen (prof. onderzoekersgedrag)

Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 28 Blijken uit kennis van rol onderzoek binnen beroepenveld, en eigen rol daarbinnen;
29 Zijn onderdeel reflectie op eigen gedrag (individu/werknemer), proces en resultaat;
30 Blijken uit respectvol en integer gedrag (geen plagiaat!), kritische en analytische houding.
-

Toelichting eindcijfer:**** De beoordelingsschaal bestaat uit vier punten:**

- OV onvoldoende: resultaat voldoet niet aan de standaard
- V voldoende: resultaat voldoet niet op alle punten aan de standaard maar wel in voldoende mate
- G goed: resultaat voldoet op alle punten aan de standaard
- ZG zeer goed: resultaat overtreft de standaard

*** Beslisregel voor het cijfer:**

- Eén van de dimensies OV -> cijfer onder de 5,5
- Alle dimensies V -> cijfer 5,5
- Dimensies V en G -> cijfer tussen 5,5 en 8,0
- Dimensies G en ZG -> cijfer tussen 8,0 en 9,0
- Alle dimensies ZG -> cijfer > 9,0

(HZ University of Applied Sciences, 2016)