

Het reduceren van de huurkosten van offshore gesloten vuilcontainers

Bacheloropdracht



Irene van Dam

*Dr. ir. J.M.J. Schutten
Dr. ir. L.L.M. van der Wegen*

29 augustus, 2016



UNIVERSITEIT TWENTE.

NEDERLANDSE AARDOLIE MAATSCHAPPIJ

Schepersmaat 2

9405 TA Assen

Nederland

0592 -369111

nam-communicatie@shell.com

NAM.com



NAM

Titel

Het reduceren van de huurkosten van offshore Gesloten Vuilcontainers

Onderzoeksvraag

“Op welke manier kan een aanpassing van het aantal gehuurde GVC’s en een verandering van de contractvorm bijdragen aan de vermindering van de kosten voor NAM, waarbij werknemers het offshore huisvuil altijd in GVC’s kunnen opslaan?”

Universiteit

Universiteit Twente

Auteur

Irene Eva van Dam

Datum, Plaats

11 juli 2016, Assen

NAM

1^e begeleider

Hanneke van der Horst,
Management analyst
NAM, Shell

2^e begeleider

Ruud Nijst,
Teamlead Logistic Excellence
NAM, Shell

Universiteit Twente

1^e begeleider

Dr.ir. J.M.J. Schutten
Industrial Engineering and Business Information
Systems
Universiteit Twente

2^e begeleider

Dr. ir. L.L.M. van der Wegen
School of Management and Governance
Universiteit Twente



UNIVERSITEIT TWENTE.

De kosten in dit rapport zijn omwille geheimhouding aangepast. Verschillende aantallen zijn veranderd in **XX**.

Managementsamenvatting

Het bedrijf NAM focust op de winning van aardgas en aardolie. De winning van aardgas vindt op het land en in de zee (offshore) plaats. NAM heeft verschillende platformen in de Noordzee om vanaf daar het gas op te boren en vervolgens naar Den Helder te vervoeren. Werknemers op de platformen genereren huisvuil dat NAM opslaat in Gesloten Vuilcontainers (GVC's). Schepen voeren deze GVC's af en aan vanaf Den Helder naar de platformen. In Den Helder staan GVC's opgeslagen totdat ze nodig zijn op een platform. Naar aanleiding van besparingen bij NAM en de noodzaak om in elk proces kosten te reduceren, het vermoeden dat er te veel GVC's in opslag staan bij de leverancier en de onwetendheid of er andere contractvormen zijn voor het huren van GVC's is dit bacheloronderzoek opgesteld.

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt:

“Op welke manier kan een aanpassing van het aantal gehuurde GVC's en een verandering van de contractvorm bijdragen aan de vermindering van de kosten voor NAM, waarbij werknemers het offshore huisvuil altijd in GVC's kunnen opslaan?”

Het hoofddoel bestaat uit het reduceren van de huurkosten van GVC's. In de huidige situatie huurt NAM alle GVC's voltijd. Aan het begin van het jaar bepalen ze hoeveel GVC's ze huren dat komende jaar. Na een half jaar is er nog de mogelijkheid om het aantal GVC's voltijd in huur bij te stellen. We hebben twee mogelijkheden onderzocht om de kosten te verminderen. Ten eerste hebben we onderzocht of het mogelijk is om het aantal te huren GVC's te verminderen, waarbij NAM wel altijd aan de vraag van GVC's kan voldoen. Een lager aantal GVC's huren resulteert in lagere kosten. Ten tweede hebben we verschillende huuropties onderzocht. De opties bestaan uit combinaties tussen het voltijd en deeltijd huren van GVC's. Het is mogelijk dat een andere huuroptie dan de huidige voordeliger is.

Het onderzoek naar de mogelijkheid om het aantal GVC's voltijd in huur te verminderen hebben we als volgt aangepakt. Allereerst hebben we het gebruik van GVC's in kaart gebracht. Een GVC is in gebruik wanneer het niet in opslag staat en dus op transport is naar of van een platform of op een platform staat. Uit de analyse van het gebruik van GVC's lijkt het is gebleken dat de variabelen trend, seizoen en het aantal personen op een platform (PoB) mogelijk een invloed hebben op het gebruik van GVC's.

Vervolgens zijn verschillende modellen in de theorie onderzocht. Het 'Classical Decomposition' model, het 'Simple Exponential Smoothing' model, het Holt's model, het Winter's model en het Enkelvoudig Lineair Regressiemodel zijn uitgebreid toegelicht. Ook zijn betrouwbaarheidstesten weergegeven. Een betrouwbaarheidstest geeft informatie over het verschil tussen de voorspelling en de werkelijke observaties. Na het maken van een voorselectie waarbij het SES niet van toepassing bleek omdat het geen trend en seizoen bevatte en er geen verband bleek tussen het Enkelvoudig Lineair Regressiemodel hebben we de overgebleven modellen getest op mate van betrouwbaarheid. Uit de test blijkt dat het Holt's model het betrouwbaarste model is om voorspellingen mee te doen. We voorspellen het toekomstige gebruik per maand. We houden ook rekening met de variatie die in de maand plaatsvindt door een aanname te maken. We voegen de seizoensinvloed per dag toe via het Winter's model. De volgende stap is het bepalen van het aantal containerdagen (1 containerdag is één container dat één dag in gebruik is) dat een GVC niet beschikbaar is bij een gestelde waarde voor het aantal GVC's voltijd in huur. Hieruit hebben we het aantal GVC's bepaald dat nodig is om altijd aan de vraag te voldoen.

De tweede verbetermogelijkheid bestaat uit het veranderen van de contractvorm. De verandering bestaat uit het combineren van voltijd huren en deeltijd huren van GVC's. De verschillende contractvormen die we hebben geanalyseerd zijn: Het alleen voltijd huren van GVC's, het voor een deel voltijd huren en voor een deel GVC's in deeltijd huren. Hierbij is er geen garantie dat er extra GVC's beschikbaar zijn. Ook bestaat een contractvorm uit het voor een deel voltijd huren van GVC's en voor een deel GVC's in deeltijd huren, waarbij de leverancier altijd **XX** GVC's beschikbaar heeft voor gebruik van NAM. De vierde contractvorm bestaat uit het alleen deeltijd huren van GVC's waarbij de leverancier altijd GVC's beschikbaar heeft voor NAM. Voor elke contractvorm hebben we de kosten berekend voor verschillende waarden van aantallen GVC's voltijd in huur.

We hebben geconstateerd dat het aantal GVC's dat NAM momenteel voltijd huurt te reduceren is tot **XX** GVC's. Dit is een vermindering van **XX** GVC's ten opzichte van 2015. Daarnaast is het voordeliger om van contractvorm te veranderen. Dit is de contractvorm waarbij het naast het voltijd huren van GVC's ook mogelijk om deeltijd GVC's te huren wanneer er geen voltijd GVC's beschikbaar zijn. De leverancier houdt bij deze contractvorm **XX** GVC's beschikbaar voor NAM om deeltijd te huren. De besparing levert een bedrag van €132.950,- op ten opzichte van 2015, wat gelijk is aan **XX** %.

Voorwoord

Graag introduceer ik u mijn Bacheloropdracht 'Het reduceren van de huurkosten van offshore gesloten vuilcontainers'. Het onderzoek richt zich op het inzichtelijk maken van het gebruik van Gesloten Vuilcontainers en welke contractvormen mogelijk zijn om de containers te huren. Deze Bacheloropdracht is geschreven in het kader van mijn afronden van mijn bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit van Twente. Het onderzoek heeft plaatsgevonden bij de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) op de logistieke afdeling. Van april 2016 tot juli 2016 ben ik bezig geweest met het onderzoek.

Ik heb veel geleerd tijdens het onderzoek. Buiten de nieuw vergaarde kennis over het gebruiken van Excel, VBA, verschillende voorraadvoorspellingsmodellen en het schrijven van een onderzoeksrapport heeft het veel bijgedragen om de opdracht bij NAM te hebben uitgevoerd. We werksfeer, het ritme, de verschillende soorten werknemers en de grootte van het bedrijf hebben mij een goed beeld gegeven van de praktijk in een productiebedrijf. Zonder een aantal personen was het mij niet gelukt om mijn onderzoek tot een goed einde te brengen.

Allereerst wil ik graag mijn begeleiders bij NAM bedanken. Hanneke van der Horst heeft naast het helpen met het opzetten van het onderzoek ook tijdens het onderzoek veel feedback kunnen geven. Ook werd ik direct warm ontvangen op de afdeling door haar initiatief. Daarnaast heeft Ruud Nijst mij erg geholpen om het proces van een afstand te kunnen bekijken en nieuwe inzichten en mogelijkheden mee te nemen in het onderzoek. Ook dank aan de andere werknemers bij NAM op de logistieke afdeling, de goede sfeer en openheid heeft voor een goede motivatie gezorgd.

Ten tweede bedank ik mijn begeleiders op de universiteit. Tijdens de feedbackgesprekken kreeg ik de juiste feedback en ook voornamelijk inhoudelijk adviezen waar verbeteringen nodig waren. Ik ben erg blij met de scherpheid en kritische blik op mijn schrijfwijze. Hierdoor heb ik het beschrijven van het onderzoek erg kunnen verbeteren.

Als laatste bedank ik graag mijn familie en vrienden die erg geïnteresseerd waren tijdens het onderzoek naar de voortgang. Dit heeft gezorgd voor een grote motivatie van het goed afronden van het Bacheloronderzoek.

Veel leesplezier!

Irene van Dam

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	iv
Voorwoord	vii
Inhoudsopgave	ix
Lijst met figuren.....	xi
Lijst met tabellen.....	xi
Begrippen- en afkortingenlijst.....	xi
1. Inleiding.....	1
1.1 Bedrijfsbeschrijving NAM	1
1.2 Aanleiding.....	1
1.3 Probleemidentificatie	2
1.4 Onderzoeksdoel.....	3
1.5 Hoofdvraag & Onderzoeksvragen	4
1.6 Plan van Aanpak	4
1.7 Afbakening.....	5
2. Het Huidige Offshore Huisvuilverwerkingsproces.....	7
2.1 Procesbeschrijving van de huisvuilverwerking.....	7
2.1.1 Belanghebbenden.....	7
2.1.2 Het aanvragen van een GVC.....	9
2.1.3 Supply chain huisvuilverwerkingsproces.....	9
2.1.4 Verschillende soorten platformen.....	11
2.1.5 Kosten van GVC's en verschillende contractvormen.....	11
2.1.6 Voorspelling van het aantal GVC's	13
2.2 Het Gebruik van GVC's	13
2.2.1 Definitie van het gebruik van GVC's	13
2.2.2 Analyse van het gebruik van GVC's	14
2.3 Conclusie	19
3. Theoretisch Kader.....	21
3.1 Vraagvoorspellingsmodellen	21
3.1.1 Time Series modellen	21
3.1.2 Cause-and-Effect modellen	28
3.2 Betrouwbaarheidstesten.....	30
3.3 Conclusie	31
4. Het voorspellen van het benodigde aantal GVC's	33
4.1 Keuze vraagvoorspellingsmodel.....	33

4.1.1	Voorselectie.....	34
4.1.2	Betrouwbaarheidstest.....	36
4.1.3	Dagelijkse variatie.....	38
4.2	Het aantal GVC's voltijd en deeltijd in huur.....	41
4.3	Het benodigde aantal GVC's voltijd in huur voor 2016.....	41
4.3.1	Kosten berekening per optie.....	41
4.3.2	Aantal voltijd te huren GVC's en beste contractvorm.....	43
4.4	Conclusie.....	43
5.	Conclusie & Aanbevelingen.....	45
5.1	Conclusie & Aanbevelingen.....	45
5.2	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek.....	46
I.	Bronvermelding.....	47
II.	Het gebruik van GVC's berekenen.....	49
A.	Totale kosten.....	49
B.	Methode verkrijgen data van het gebruik van GVC's.....	49
C.	Analyse invloed PoB op het gebruik van GVC's.....	51
D.	Analyse invloed WoW op het gebruik van GVC's.....	52
III.	Voorbeelden en extra toelichting theorie.....	53
A.	Voorbeeld III.1.....	53
B.	Voorbeeld III.2.....	53
C.	Voorbeeld III.3.....	54
D.	Voorbeeld III.4.....	54
E.	Verdieping werking dynamische modellen.....	55
F.	Voorbeeld III.5.....	56
G.	Voorbeeld III.6.....	56
H.	Berekening van de constanten α en β	57
IV.	Voorspelling van het gebruik en berekening toekomstige kosten.....	58
A.	Lineaire Regressie significantietest.....	58
B.	Verdieping eenvoudige lineaire regressie.....	59
C.	Resultaten kosten.....	60

Lijst met figuren

Figuur 2.1: Aanvraagproces	9
Figuur 2.2: Supply chain	9
Figuur 2.3: De Lediging van GVC's	10
Figuur 2.4: De Paleiskade	10
Figuur 2.5: Overzicht platformen NAM	11
Figuur 2.6: Het gemiddelde aantal GVC's in gebruik per dag	14
Figuur 2.7: Gemiddeld aantal GVC's per locatie	15
Figuur 2.8: Gebruik van GVC's per platform soort	15
Figuur 2.9: Aantal GVC's niet leverbaar bij aantal GVC's voltijd in huur	16
Figuur 2.10: Vergelijking tussen de voorspelling van 2015 en het werkelijke gebruik van GVC's	17
Figuur 2.11: Relatie tussen het gebruik van GVC's op bemande platformen en PoB	17
Figuur 2.12: Variatie in het gebruik van GVC's gedurende het jaar	18
Figuur 3.1: Data en grafiek van het gebruik van GVC's - voorbeeld	23
Figuur 3.2: Voorspelling met Holt's model	26
Figuur 3.3: Voorspelling met Winter's model	27
Figuur 4.1: Winter en Holt's model	38
Figuur 4.2: Van maandvoorspelling naar dagvoorspelling	39
Figuur 4.3: Vergelijking verdeling variatie	40
Figuur 4.4: Voorspelling 2016	41
Figuur 4.5: Het aantal containerdagen dat GVC's niet leverbaar zijn	41

Lijst met tabellen

Tabel 2.1: Huurkosten GVC	12
Tabel 2.2: Kosten per contractvorm	13
Tabel 4.1: Aanwezigheid systematische variabelen	35
Tabel 4.2: Resultaten betrouwbaarheidstest	38
Tabel 4.3: overzicht veiligheidsvoorraad en kosten per optie	43
Tabel 4.4: Overzicht goedkoopste waarde voor optie	43

Begrippen- en afkortingenlijst

Woord	Uitleg
Afhankelijke variabele	De variabele die men probeert te verklaren aan de hand van andere (verklarende / onafhankelijke) variabelen.
Betrouwbaarheid van een voorspellingsmodel	Een model is betrouwbaar wanneer deze de toekomst kan voorspellen met een kleine afwijking van de werkelijkheid.
Contractvorm	De wijze van inrichting van een betaling, waarbij tussen opdrachtgever en opdrachtnemer afspraken worden vastgelegd.
Deeltijd huren GVC	Het huren van GVC alleen voor de tijd dat deze in gebruik is.
Enkelvoudige Lineaire Regressie	Een voorspellingsmodel om de toekomstige waardes te voorspellen aan de hand van verklarende variabelen.
Error	Afwijking tussen de verspelde waardes en de geobserveerde waardes.

Gebruik van GVC's	Een GVC is in gebruik wanneer deze niet in opslag staat en dus op transport is van of naar een platform, of op een platform staat.
GVC – Gesloten vuilcontainer	Container die het huisvuil opslaat.
Holt's model	Holt's model voorspelt toekomstige waardes aan de hand van historische gegevens en hier het level en de trend uithaalt.
Logistic Excellence team	Het team van NAM op de logistieke afdeling dat zich bezighoudt met het optimaliseren van logistieke processen.
Matco - Materialencommissie	Onderdeel van het aanvraagproces van de GVC, waarbij de commissie zich bezighoudt om de materialen aanvraag van platformen te verwerken en te volbrengen.
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
Noordzee exploitant	Alle organisaties die ook in de Noordzee olie/gas platformen hebben.
Offshore	Operaties van NAM die in de zee plaatsvinden.
Onshore	Operaties van NAM die op het land plaatsvinden.
Opslag van de GVC	Een GVC staat in opslag wanneer deze niet in gebruik is.
Paleiskade	De kade in Den Helder waar alle producten van en naar platformen verzameld en verscheept worden.
Peterson	Bedrijf dat het vervoer en productaangifte van de leverancier naar de platformen regelt.
SES	Simple Exponential Smoothing – Een voorspellingsmodel dat toekomstige waardes voorspelt aan de hand van historische gegevens en hier het level uithaalt.
Toegewijd contract	Een contract waarbij producten voor een bepaalde periode gehuurd worden, ongeacht of ze gebruikt worden of niet.
Transport van de GVC	Een GVC is op transport wanneer het van of naar een platform op weg is. Dit bestaat uit vervoer per vrachtwagen van de leverancier naar de Paleiskade en van Paleiskade naar het platform per schip.
Van Gansewinkel	Leverancier en opslagplaats van de GVC.
Verklarende variabelen	Variabelen die bekend zijn en een invloed hebben op de te voorspellen variabele (afhankelijke variabele).
Voltijd huren van GVC	Het huren van de GVC voor een bepaalde periode, ongeacht of deze in gebruik is of niet.
Waste Contracthouder	De werknemer die verantwoordelijk is voor het bekostigen en nakomen van de contracten die gaan over afval.
Waste Coördinator	De werknemer die verantwoordelijk is voor de uitvoer van alle handelingen die gaan over het verwerken van afval.
Winter's model	Holt's model voorspelt toekomstige waardes aan de hand van historische gegevens en haalt hier het level, de trend en de seizoensinvloed uit.

1. Inleiding

In dit Bachelorrapport staat het optimaliseren van een logistiek proces voor NAM centraal. Allereerst beschrijft paragraaf 1.1 informatie over het bedrijf NAM. Vervolgens beschrijft paragraaf 1.2 de aanleiding van het onderzoek en welke processen een rol spelen in het onderzoek. Paragraaf 1.3 beschrijft de probleemanalyse. Aansluitend op de problemen geeft paragraaf 1.4 onderzoeksdoelen op om het proces te optimaliseren. Paragraaf 1.5 geeft de hoofdvraag en onderzoeksvragen weer. Paragraaf 1.6 beschrijft in het plan van aanpak welke hoofdstukken de verschillende onderzoeksvragen beantwoorden. Ten slotte licht paragraaf 1.7 toe waar de grenzen van het onderzoek liggen en aan welke voorwaarden het onderzoek moet voldoen.

1.1 Bedrijfsbeschrijving NAM

NAM (Nederlandse Aardolie Maatschappij) zet zich in om aardolie en aardgas te winnen in Nederland (Nederlandse Aardolie Maatschappij, 2016). Shell en ExxonMobil zijn beide voor 50 procent aandeelhouder van het bedrijf. Vanaf de oprichting in 1947 richtte NAM zich voornamelijk op de aardolieproductie. Echter, nadat er in 1959 gas is gevonden in de Nederlandse bodem, ligt de focus op de winning van aardgas. NAM wint aardgas op het land (onshore) in Noordoost Nederland en voor een klein gedeelte in West Nederland. Daarnaast vindt aardgaswinning plaats op zee (offshore).

De offshore aardgaswinning realiseert NAM vanaf platformen in de Nederlandse Noordzee. De pijpleidingen verbinden de platformen met de gasfabriek in Den Helder. De gasfabriek verwerkt al het gewonnen gas. De benodigde materialen voor de platformen vertrekken per schip vanaf de Paleiskade in Den Helder naar de platformen. Het overbrengen van werknemers gaat via helikopters.

NAM heeft meerdere kantoren in Nederland. Het hoofdkantoor bevindt zich in Assen, waar ook de logistieke afdeling is gesitueerd. De logistieke afdeling valt onder de divisie Production Services. Binnen de logistieke afdeling ondersteunen vier teams elk een verschillend onderdeel. De teams zijn: Land Logistics – Delivery Team, Land Logistics – Functional Team, Offshore Logistics en Logistic Excellence. De twee Land Logistic teams zijn het controlerende team en het uitvoerende team. Het Delivery Team voor logistieke processen op het land onderhoudt en controleert de contracten met leveranciers. Het Onshore Functionele Team is verantwoordelijk voor de uitvoering van de logistieke processen op het land. De offshore logistieke processen bestaan voornamelijk uit het realiseren van vervoer door schepen en helikopters naar platformen. Het Excellence Team is verantwoordelijk voor de optimalisatie van logistieke processen, zowel on- als offshore.

1.2 Aanleiding

NAM heeft besloten om de offshore aardgasproductie te verminderen in verband met besparingen. Dit heeft als gevolg dat het gebruik van de platformen in de Noordzee verandert. Het is voor de NAM van belang om de logistieke processen hierop aan te passen. Daarnaast onderzoekt NAM mogelijkheden tot kostenreductie. De logistieke afdeling analyseert processen op verbeteringsmogelijkheden en implementeert deze wanneer het een verbetering oplevert.

Tijdens de aardgaswinning ontstaat er naast afval afkomstig van de aardgaswinning op de offshore platformen ook afval wanneer werknemers onderhoud verrichten op het platform. Drie verschillende containertypes slaan dit afval op. Er ontstaat afval bestemd voor chemische containers, groot afval bestemd voor open vuilcontainers en huisafval bestemd voor gesloten vuilcontainers. Werknemers deponeren het huisafval in containerzakken in de gesloten vuilcontainers.

De gesloten vuilcontainers (vanaf nu GVC's) zijn altijd aanwezig op platformen, omdat het onhygiënisch is om de vuilniszakken los op het platform te laten staan. Daarnaast staan ze in de weg, kunnen ze kapot gaan en kost het extra tijd om de zakken terug naar land te vervoeren als ze niet in een GVC zitten.

Eén van de logistieke processen bestaat uit het vervoeren van GVC's van Den Helder naar offshore platformen en weer terug. De GVC's staan opgeslagen bij de leverancier. Wanneer een GVC nodig is, brengen transporteurs de GVC naar de kade en verschepen ze de container vervolgens naar het platform. De GVC blijft op het platform staan, totdat deze gevuld is. Vervolgens gaat de gevulde GVC met de volgende vaart mee terug naar Den Helder. De GVC is niet altijd helemaal vol, voordat hij met het schip mee terug vaart. Ook halfvolle GVC's gaan terug naar de kade in verband met het bederven van het huisvuil. De GVC gaat per vrachtwagentransport naar de leverancier, daar vindt de lediging plaats en als laatste zet de leverancier de GVC weer in opslag. Ondanks dat het huisvuil op de offshore platformen vrijkomt, valt alles wat over afval gaat onder de onshore logistieke processen. De verantwoordelijke personen in dit proces vallen ook onder de onshore logistieke teams.

GVC's zijn in gebruik wanneer ze op transport zijn van of naar een platform en wanneer ze op een platform staan. Anders staan ze in opslag bij de leverancier en is de GVC beschikbaar voor gebruik. Er dienen genoeg GVC's in opslag te staan, zodat NAM altijd aan een aanvraag van een platform kan voldoen.

Per jaar besluit NAM hoeveel GVC's ze het jaar huren. Dit aantal staat vast voor een jaar. Dit houdt in dat NAM altijd de GVC's betaalt, ongeacht of ze in gebruik zijn of niet. De contractvorm is een toegewijd contract, NAM huurt de GVC's allemaal voltijd. Het is belangrijk om een zo goed mogelijke inschatting te maken voor het aantal GVC's dat nodig is gedurende een jaar. Enerzijds mag het niet voorkomen dat er geen GVC's op voorraad staan, wanneer deze wel nodig zijn. Anderzijds levert een overschot aan GVC's extra kosten op.

Naar aanleiding van de terugnemende aardgaswinning vindt er in de toekomst minder onderhoud op de platformen plaats. Hierdoor verwachten we een vermindering van de hoeveelheid huisvuil. Dit resulteert vervolgens in een vermindering van het benodigde aantal te huren GVC's. De verantwoordelijke persoon voor het vaststellen van het aantal GVC's dat NAM voltijd huurt, de Waste Coördinator, houdt momenteel een grote voorraad van GVC's aan, zodat er meer zekerheid is om niet uit voorraad te raken. De Waste Coördinator heeft minder noodzaak om de kosten voor de overbodige GVC's te verminderen.

In opdracht van de logistieke afdeling van NAM onderzoeken we het gebruik van GVC's en de kosten voor het huren van de GVC's.

1.3 Probleemidentificatie

Het bepalen van het aantal te huren GVC's is één van de logistieke processen die in aanmerking komt voor het onderzoeken naar verbeteringsmogelijkheden. De aanleiding van dit onderzoek komt voort uit het volgende hoofdprobleem.

'De huurkosten van GVC's zijn te hoog.'

Hieronder bespreken we de oorzaken van de hoge kosten van de GVC's.

Het aantal GVC's dat NAM per jaar huurt, stelt NAM vast aan de hand van een voorspelling van het gebruik van GVC's voor het komende jaar. De voorspelling maakt ze op basis van ervaring en kennis en niet op basis van kwantitatieve gegevens.

In de huidige situatie beslist NAM voor het aantal GVC's gemaakt zonder het bekijken van data over voorgaande periodes. De voorspelling maakt NAM op basis van ervaring.

NAM heeft geen inzicht over het aantal GVC's dat tegelijk in gebruik is.

Een gedeelte van het aantal gehuurde GVC's staat in opslag en een deel is in gebruik. Er ontbreken gegevens over deze verhouding gedurende het jaar. Hierdoor ontbreekt tevens het inzicht in het gemiddelde aantal GVC's dat in gebruik is en zijn er geen gegevens over het maximaal aantal GVC's dat in gebruik is.

De relevantie om minder GVC's voltijd te huren is in mindere mate aanwezig.

De verantwoording van de aanwezigheid van GVC's ligt bij de Waste Coördinator. De kosten van de GVC's horen niet bij deze verantwoordelijkheid. Hierdoor neemt de Waste Coördinator de noodzaak om kosten te reduceren door minder GVC's te huren minder waar.

Het inzicht in de kosten wanneer NAM via een andere contractvorm betalingen verricht ontbreekt.

Het contract stelt vast dat NAM het hele jaar een vast aantal GVC's huurt. Alternatieve huurvormen bestaan uit een combinatie tussen GVC's voltijd en flexibel (deels) huren of het poolen van GVC's met andere bedrijven.

De beschikbaarheid van GVC's is cruciaal.

Het mag niet voorkomen dat er op een platform geen lege GVC beschikbaar zijn. De Waste Coördinator heeft een probleem wanneer er GVC's nodig zijn, maar er geen in opslag staan. NAM heeft geen zekerheid dat er een GVC van een andere partij beschikbaar is. Wanneer NAM een GVC van een andere partij mag huren, zijn er extra kosten om rekening mee te houden.

De focus ligt op het eerste, tweede en vierde probleem. Het laatste probleem vormt de restrictie van het onderzoek.

1.4 Onderzoeksdoel

Het onderzoeksdoel bestaat uit een hoofddoel en subdoelen.

Hoofddoel:

Het reduceren van de kosten van GVC's door het benodigde aantal GVC's in kaart te brengen en de kosten van andere contractvormen te inventariseren.

Subdoelen:

1. Inzicht hebben in het benodigde aantal GVC's.
2. Aan de hand van een model kunnen voorspellen hoeveel GVC's er nodig zijn in het komende jaar.
3. Inzicht hebben in de kosten van verschillende contractvormen.

1.5 Hoofdvraag & Onderzoeksvragen

De beantwoording van verschillende onderzoeksvragen vormt het antwoord op de hoofdvraag.

De hoofdvraag is als volgt.

“Op welke manier kan een aanpassing van het aantal gehuurde GVC’s en een verandering van de contractvorm bijdragen aan de vermindering van de kosten voor NAM, waarbij werknemers het offshore huisvuil altijd in GVC’s kunnen opslaan?”

De aanpassing van het aantal GVC’s bestaat uit het berekenen hoeveel GVC’s er daadwerkelijk nodig zijn. Een vermindering van het aantal GVC’s kan alleen plaatsvinden, wanneer NAM altijd GVC’s kan leveren wanneer deze nodig zijn. Het aanpassen van de contractvorm is een optie om de kosten te reduceren wanneer de kosten van een andere contractvorm goedkoper is. Wanneer NAM het aantal GVC’s aanpast of de contractvorm verandert, is het belangrijk dat werknemers altijd het huisvuil in GVC’s kunnen opslaan.

De hoofdstukken geven antwoord op de volgende onderzoeksvragen.

Hoofdstuk 2: *Hoe ziet het huidige offshore huisvuilverwerkingsproces van GVC’s eruit?
Hoe varieert het gebruik van GVC’s?*

Hoofdstuk 3: *Welke theorie is geschikt voor het opstellen van een voorspellingsmodel
voor het aantal GVC’s?*

Hoofdstuk 4: *Met welk voorspellingsmodel kan NAM het beste het gebruik van GVC’s voorspellen?
Hoeveel GVC’s moet NAM huren om de kosten te reduceren en welke contractvorm
sluit hier het beste op aan?*

1.6 Plan van Aanpak

Het plan van aanpak licht de hoofdstukindeling hieronder toe. Elk hoofdstuk verwijst naar één of meerdere onderzoeksvragen.

Hoofdstuk 1. Inleiding

Dit hoofdstuk geeft de probleemstelling en de aanpak weer.

Hoofdstuk 2. Het huidige offshore huisvuilverwerkingsproces

Dit hoofdstuk bestaat uit twee verschillende onderdelen. Eerst beschrijft het hoofdstuk het proces en vervolgens geeft het een analyse over het huidige gebruik van de GVC’s. Het proces geeft de belanghebbenden en de verschillende stappen in het huisvuilverwerkingsproces. De analyse geeft het aantal GVC’s in gebruik door middel van grafieken weer. Daarnaast geeft het hoofdstuk een overzicht van verschillende factoren die mogelijk van invloed zijn op het gebruik.

Hoofdstuk 3. Theoretisch Kader

Het theoretische onderzoek beschrijft welke voorspellingsmodellen van toepassing zijn om de vraag, het aantal GVC’s in gebruik, te voorspellen. Vervolgens bespreekt het hoofdstuk betrouwbaarheidstesten die de kwaliteit van een voorspelling aantonen.

Hoofdstuk 4. Het toekomstige gebruik van GVC’s en de contractvorm.

De voorspellingsmodellen die hoofdstuk 3 heeft besproken, analyseren we in hoofdstuk 4. Dit hoofdstuk beschrijft de keuze van het voorspellingsmodel. Vervolgens geeft het de resultaten van de voorspelling. Voor verschillende contractvormen berekenen we de kosten. Hieruit leiden we af welk contractvorm NAM het beste kan afsluiten en hoeveel GVC’s ze moeten huren.

Hoofdstuk 5. Conclusie & Aanbevelingen

Hoofdstuk 5 geeft de conclusies van het onderzoek. De verbeteringsmogelijkheden komen in de aanbevelingen terug. We noemen in de aanbevelingen tevens hoe NAM het vraagvoorspellingsmodel kan gebruiken. Het hoofdstuk geeft mogelijke vervolgonderzoeken, zodat NAM verder kan gaan met het reduceren van de kosten.

1.7 Afbakening

Deze paragraaf licht de keuzes over de richtlijnen van het onderzoek toe, evenals de voorwaarden waar het onderzoek aan dient te voldoen.

De looptijd van het onderzoek is drie maanden. Hierdoor hebben we verschillende keuzes gemaakt. De focus ligt op het onderzoeken van oplossingen en het geven van aanbevelingen en niet op het daadwerkelijk implementeren van de oplossing. Het onderzoek focust op twee mogelijkheden om de kosten van GVC's te verminderen, namelijk het aantal GVC's voltijd in huur verminderen en de huurvorm aanpassen. Paragraaf 1.2 noemt eerder dat er drie afvalstromen zijn het onderhoud van platformen. Het onderzoek behandelt één soort afval, namelijk huisafval bestemd voor GVC's. NAM kan eventueel later het voorspellingsmodel uitbreiden, zodat ze het ook voor de andere afvalstromen kunnen inzetten. De oplossingen moeten aan één voorwaarde voldoen: NAM dient altijd GVC's in te kunnen zetten wanneer een platform deze heeft aangevraagd.

2. Het Huidige Offshore Huisvuilverwerkingsproces

In dit hoofdstuk komt het huidige proces van de offshore huisvuilverwerking van GVC's aan bod. Voordat we verbeteringsmogelijkheden onderzoeken is het belangrijk om eerst de huidige situatie in beeld te brengen. Paragraaf 2.1 beschrijft hoe het offshore huisvuilverwerkingsproces eruit ziet. Vervolgens licht paragraaf 2.2 het huidige gebruik van GVC's door middel van analyses toe. Paragraaf 2.3 sluit het hoofdstuk af met de conclusie.

2.1 Procesbeschrijving van de huisvuilverwerking

De procesbeschrijving geeft antwoord op de volgende onderzoeksvraag:

“Hoe ziet het huidige offshore huisvuilverwerkingsproces eruit?”

Het doel van deze paragraaf is inzicht geven in het huidige huisvuilverwerkingsproces. Inzicht in het huidige proces en de belanghebbenden geeft duidelijkheid over waar de veranderingen plaats kunnen vinden.

Elk offshore platform moet voorzien zijn van GVC's om het huisvuil te verwerken. Er zijn verschillende partijen die samenwerken om dit te bewerkstelligen. Paragraaf 2.1.1 licht de belanghebbenden toe. De aanvraag van een GVC start bij een werknemer op een platform. Uiteindelijk komt de aanvraag bij de leverancier van GVC's terecht. Paragraaf 2.1.2 beschrijft het aanvraagproces van een GVC. Wanneer de leverancier de aanvraag ontvangen heeft, begint de levering van de GVC. Paragraaf 2.1.3 licht de supply chain van de GVC toe. Er zijn verschillende soorten platformen waar NAM de GVC gebruikt. Paragraaf 2.1.4 geeft deze verschillende soorten platformen. Paragraaf 2.1.5 geeft de kosten voor het huren en ledigen van de GVC's. Daarnaast geeft het de opties van de contractvormen voor het huren van GVC's. Een voorspelling bepaalt het aantal te huren GVC's. Paragraaf 2.1.6 geeft de huidige voorspellingsmethode weer.

2.1.1 Belanghebbenden

De Waste Coördinator en Waste Contracthouder op de onshore logistieke afdeling van NAM zijn verantwoordelijk voor het afvalverwerkingsproces. Andere belanghebbenden hebben een rol in het aanvraagproces of in de supply chain. Verder bezitten andere olie- en gasbedrijven ook platformen in de Noordzee. NAM werkt samen met deze Noordzee exploitanten.

Waste Coördinator

De Waste Coördinator is verantwoordelijk voor de uitvoering van de verwerking van het afval. Zijn doel bestaat uit het altijd kunnen opslaan en verwerken van afval. Hieronder valt ook de verantwoordelijkheid over de beschikbaarheid van GVC's die het offshore huisvuil opslaan. Wanneer platformen aangevraagde GVC's niet geleverd krijgen, is het de fout van de Waste Coördinator. De Waste Coördinator stelt het aantal voltijd te huren GVC's liever te hoog dan te laag vast.

Waste Contracthouder

De Waste Contracthouder is verantwoordelijk voor het opstellen van het contract, het betalen van de gemaakte kosten volgens dit contract en het managen van het contract. Het managen bestaat uit het controleren of NAM en de leverancier het contract correct uitvoeren. Dit gebeurt in overleg met de Waste Coördinator. De Waste Contracthouder is budgethouder. Dit houdt in dat hij de kosten goedkeurt en waar mogelijk reduceert.

Werknemers op offshore platformen

Wanneer productie of onderhoud op de platformen plaatsvindt, zijn er werknemers op de platformen aanwezig. Op elk platform dient één persoon de aanvraag voor materialen door te geven. De GVC's vallen hier ook onder. De hoeveelheid werknemers op een platform verschilt erg per platform. Paragraaf 2.1.4 beschrijft de verschillen tussen de soorten platformen.

Materialencoördinator (Matco) en transport, Peterson

Het bedrijf Peterson coördineert en vervoert alle materialen van en naar de platformen. Na de binnenkomst van een aanvraag plant de Matco alle materialen in op vrachtwagens en schepen. Daarnaast spreekt Peterson met de leveranciers af wanneer zij de materialen met vrachtwagens komen ophalen, zodat de materialen op tijd bij het schip aankomen. Vervolgens vaart een schip met de materialen naar de platformen.

Leverancier, Van Gansewinkel

Van Gansewinkel is de leverancier van on- en offshore afvalcontainers voor NAM. NAM en Van Gansewinkel hebben een contract opgesteld voor de kosten van alle afvalcontainers. Dit contract stelt ook de huurkosten voor de offshore GVC's vast. Van Gansewinkel Den Helder is verantwoordelijk voor het leveren, opslaan, ledigen en onderhouden van de GVC's. Van Gansewinkel heeft ook GVC's van andere Noordzee exploitanten in opslag. Elke exploitant heeft zijn eigen GVC's in huur. De Matco geeft een aanvraag voor de GVC door aan Van Gansewinkel. Van Gansewinkel zorgt vervolgens dat het aantal aangevraagde GVC's klaar staat op de afgesproken tijd en datum.

Afvalverwerker, Bek & Verburg

Bek & Verburg is de verzamelaar en sorteerder van scheepsafval. Hier valt ook het huisvuil afkomstig uit de GVC's onder. Van Gansewinkel huurt een stuk grond voor de opslag van containers bij Bek & Verburg. Ook leegt Van Gansewinkel de GVC's bij Bek & Verburg. Bek & Verburg is vervolgens verantwoordelijk voor de afvalverwerking.

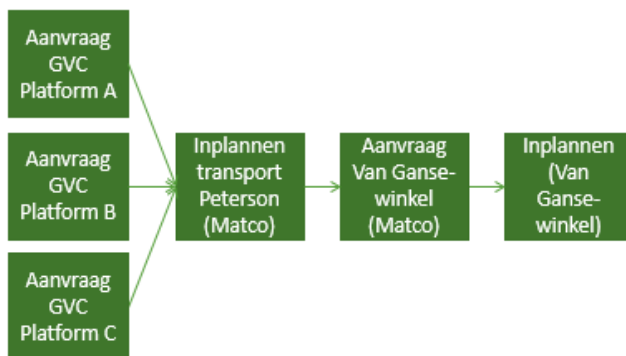
Exploitanten in de Noordzee

Er zijn ook andere bedrijven die aardgas of aardolie winnen in de Nederlandse Noordzee: exploitanten. NAM deelt samen met de exploitanten het boottransport, de Paleiskade, de leverancier van afvalcontainers en de afvalverwerker. Op de Paleiskade verzamelt Peterson alle containers, totdat ze op het schip kunnen. De andere exploitanten zijn onder andere Total, Gaz de France SVEZ, Wintershall en Chevron (Vantage: Alexander, July, 2014). Momenteel zijn de GVC's niet gedeeld met de exploitanten, wellicht is dit in de toekomst een mogelijkheid.

2.1.2 Het aanvragen van een GVC

Het aanvraagproces is weergegeven in Figuur 2.1. Het huisvuilverwerkingsproces begint bij een aanvraag van een GVC door een medewerker op een platform. De medewerker geeft aan de Matco van Peterson door hoeveel GVC's nodig zijn. Het verschilt per platform hoe vaak een schip langs een platform vaart. Peterson legt dit aan het begin van het jaar vast in een planning. Hierin staat op welke dag een schip vertrekt en langs welke platformen deze vaart. De werknemers op de platformen dienen uiterlijk drie dagen voor het vertrek van het schip de materiaal aangifte door te geven.

De Matco zorgt ervoor dat de GVC's op tijd op de kade aanwezig zijn voor het vertrek van het schip naar de platformen. De Matco geeft de aanvraag door aan Van Gansewinkel en zorgt dat het vrachtwagentransport is ingepland. Van Gansewinkel plant vervolgens in dat ze de GVC's op tijd klaar staan, zodat het vrachtwagentransport deze direct mee kan nemen naar de kade.



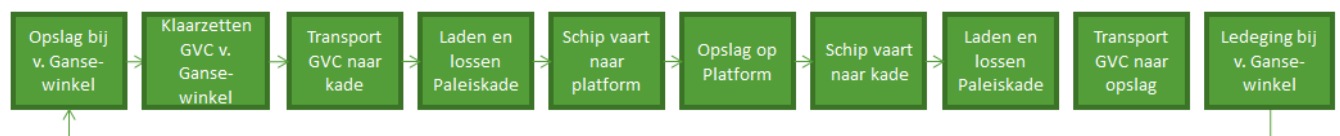
Figuur 2.1: Aanvraagproces

2.1.3 Supply chain huisvuilverwerkingsproces

De supply chain van het huisvuilverwerkingsproces bestaat uit verschillende stappen. Deze paragraaf licht dit proces eerst algemeen toe. Vervolgens gaat het dieper in op de lediging van de GVC's. Als laatste geeft het meer uitleg over de Paleiskade.

Algemeen

De supply chain begint en eindigt bij Van Gansewinkel, zie Figuur 2.2.



Figuur 2.2: Supply chain

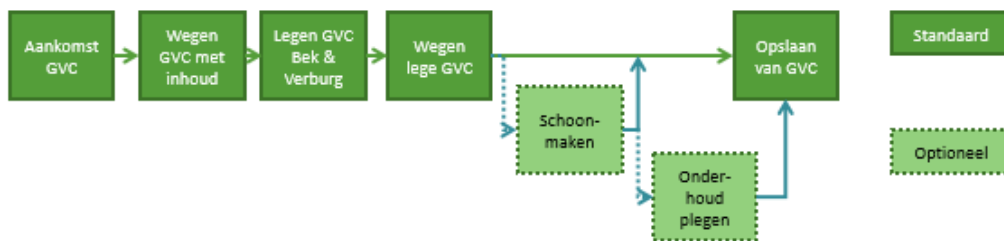
Een geleedigde GVC staat opgeslagen bij Van Gansewinkel. Wanneer een GVC aangevraagd is, zet Van Gansewinkel deze klaar voor transport. Peterson brengt de GVC met een vrachtwagen naar de Paleiskade. Hier staat alle vracht voor dezelfde vaart klaar. Peterson laadt de GVC op het schip en vaart langs de verschillende platformen via een vaststaande route. De medewerkers van het platform laden de GVC op het platform. Op het platform vullen de werknemers de GVC met huisvuil. Een platformmedewerker vraagt voor de volgende vaart nieuwe GVC's aan. Vanwege de geplande boottochten kunnen de werknemers van platformen één keer per week of één keer per twee weken hun materiaal aangifte doorgeven. Wanneer de lege GVC's van de nieuwe aanvraag bij het platform arriveren, laden de medewerkers de lege GVC's op het platform en de gevulde GVC's op het schip. De volle GVC's varen mee terug met het schip naar de Paleiskade. Als de GVC weer op de kade staat,

brengt Peterson de GVC per vrachtwagen terug naar Van Gansewinkel. Een transportschip vaart in een ronde langs verschillende platformen.

Er zijn verschillende routes waarbij de platformen vaststaan. Van te voren ligt vast welke route het transportschip vaart. Gemiddeld vaart het schip in drie dagen langs de verschillende platformen. Echter, wanneer de golven te hoog zijn door weersomstandigheden is het niet veilig om de GVC's over te laden. Het schip wacht bij het platform of in de haven totdat de golven afnemen. Dit zorgt ervoor dat de GVC's een langere tijd onderweg zijn en niet opnieuw voor een aanvraag beschikbaar zijn.

Lediging GVC

Van Gansewinkel is verantwoordelijk voor de opslag, lediging en onderhoud van de GVC's. De GVC doorloopt verschillende stappen. Figuur 2.3 geeft de verschillende stappen weer.

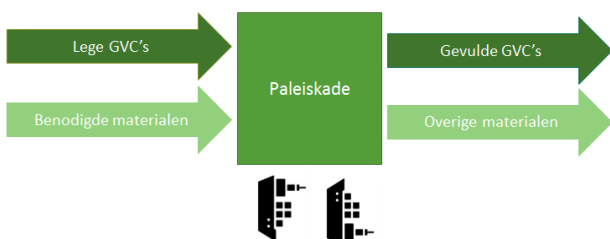


Figuur 2.3: De Lediging van GVC's

Peterson levert de GVC's bij Van Gansewinkel af. Door middel van een heftruck plaatst Van Gansewinkel de GVC op een weegschaal. Vervolgens legen ze het huisvuil in de loods bij Bek & Verburg. Daarna weegt Van Gansewinkel de GVC weer om de hoeveelheid geloosd huisvuil te bepalen. Van Gansewinkel controleert of ze de GVC dienen schoon te maken. Van Gansewinkel noteert de staat van de GVC. Wanneer de GVC erg beschadigd is, zal er onderhoud plaatsvinden. Wanneer dit het geval is, vervangt Van Gansewinkel de GVC tijdelijk door een eigen GVC. Als Van Gansewinkel de GVC goedkeurt, zet ze de GVC in opslag.

Paleiskade

Peterson verscheept alle containers van de exploitanten van de Paleiskade naar de platformen en weer terug. Door het gebrek aan ruimte op de kade is het van belang dat leveranciers van materialen niet eerder dan één dag voor vertrek leveren. Daarnaast dienen de exploitanten alle terugkomende materialen binnen 24 uur op te halen. Er zijn verschillende partijen die containers naar de kade brengen. Ook zijn er verschillende producten die terug komen van de platformen. Figuur 2.4 geeft het proces weer dat op de Paleiskade plaatsvindt. Peterson brengt de GVC's naar de kade en haalt ze weer op wanneer het schip ze heeft teruggebracht. Andere exploitanten brengen ook materialen aangeleverd in containers naar de kade, deze gaan met dezelfde vaart mee. De benodigde materialen bestaan uit onderhoudsmaterialen, voedsel voor bemanning en gereedschap. De overige materialen die terug komen zijn voornamelijk gereedschap, verpakkingen en ander afval.



Figuur 2.4: De Paleiskade

2.1.4 Verschillende soorten platformen

Op elk platform slaan GVC's het huisvuil op. Afhankelijk van de hoeveelheid huisvuil die vrijkomt tussen twee scheepvaarten in, vragen platformmedewerkers een aantal GVC's aan. We maken onderscheid tussen de platformen in verband met de hoeveelheid GVC's die platformen gemiddeld aanvragen. De verschillende platformen, waar NAM huisvuil opslaat, zijn:

- Bemandede platformen
- Satellieten
- Schepen & Onderhoudsplatformen.

Op bemandede platformen zijn altijd werknemers aanwezig. Daarnaast hebben ze overnachtingsplekken voor deze bemanning. Deze platformen zijn de grootste platformen. Wanneer er onderhoud plaatsvindt, is het aantal werknemers nog hoger. De vierkantjes in Figuur 2.5 geven de bemandede platformen weer.

Vervolgens zijn er onbemandede platformen. Deze platformen zijn zelfvoorzienend. Een andere woord voor onbemand platform is satelliet. Er staat één GVC op het platform als er geen onderhoud plaatsvindt. De schepen varen minder vaak langs de satellieten, ongeveer één keer in de zes weken. De cirkels in Figuur 2.5 geven de satellieten weer.

Als laatste zijn er schepen & onderhoudsplatformen die NAM gebruikt. De Kroonborg is een schip dat door middel van technologieën altijd GVC's van en naar platformen kan laden. Het schip pleegt onderhoud op de satelliet platformen. Dit schip is langer op zee, vandaar dat er meerdere GVC's op het schip staan. De bemanning van de Kroonborg deponeert hun huisvuil ook in GVC's. De Ensco-122 en de Swift zijn onderhoudsplatformen. Dit betekent dat NAM deze onderhoudsplatformen verplaatst naar andere platformen wanneer NAM onderhoud pleegt op de platformen. Een voorbeeld is het boren of juist dichten van een boorput. De onderhoudsplatformen maken veel gebruik van de GVC's. In Figuur 2.5 en in verdere analyse duidt 'schip' op de Kroonborg en op de onderhoudsplatformen.



Figuur 2.5: Overzicht platformen NAM

2.1.5 Kosten van GVC's en verschillende contractvormen

Deze paragraaf geeft eerst de huidige contractvorm en de daarbij horende kosten weer. Vervolgens geven we verschillende contractvormen waar NAM in de toekomst op over zou kunnen gaan.

De Waste Contracthouder heeft in het contract met Van Gansewinkel de huurkosten van de GVC's vastgelegd. Het contract is een toegewijd contract. Dit houdt in dat NAM het hele jaar hetzelfde aantal GVC's huurt. NAM betaalt ook wanneer de GVC's in opslag staan. De kosten voor de opslag

van de GVC zitten in de huurkosten inbegrepen. Naast het huurbedrag betaalt NAM per lediging een bedrag. Dit ledigingsbedrag bestaat uit de eindverwerkingskosten en de belasting op het afval.

Tabel 2.1 geeft de huurkosten van de GVC in 2015 weer. In *bijlage II.A* zijn de ledigingskosten en de totale kosten van de GVC weergegeven. De ledigingskosten zijn voor het onderzoek niet van belang.

Huur GVC	Huur GVC per dag	Huur GVC per jaar	Aantal in 2015	Huurkosten GVC 2015
GVC	€ 15,50	€ 5657,50	85	€ 480.890,-

Tabel 2.1: Huurkosten GVC

Het onderzoek wil naast een eventuele vermindering in het voltijd huren van GVC's kijken of er andere contractvormen voordeliger zijn. NAM heeft in overleg met Van Gansewinkel 4 verschillende contractopties voor het huren van de GVC's besproken. De contractopties bestaan uit een combinatie van het toegewijd (voltijd) huren van de GVC's en het flexibel (deeltijd) huren van GVC's. De opties zijn alleen nog besproken, er zijn geen concrete afspraken over gemaakt. Ook heeft Van Gansewinkel een prijsindicatie per optie gegeven van de dagelijkse huurkosten van een GVC.

De mogelijke combinaties tussen voltijd huren en deeltijd huren zijn:

1. GVC's altijd voltijd huren (huidige contractvorm).
2. Een deel van de GVC's voltijd huren en wanneer er niet genoeg GVC's zijn extra GVC's deeltijd huren bij van Gansewinkel. Van Gansewinkel heeft hierbij geen verantwoordelijkheid dat er altijd extra GVC's op voorraad staan.
3. Een deel van de GVC's voltijd huren en aanvullend GVC's deeltijds huren met een levergarantie van Van Gansewinkel.
4. GVC's altijd flexibel huren bij Van Gansewinkel met een levergarantie van Van Gansewinkel.

De eerste contractvorm is de vorm die NAM nu hanteert. NAM bepaalt zelf het aantal GVC's dat ze huren en houdt ook rekening met een veiligheidsvoorraad voor wanneer er onverwacht veel GVC's tegelijk nodig zijn.

Een tweede contractvorm bestaat uit de combinatie van vol- en deeltijd huren. Het deeltijd huren van GVC's is op aanvraag. NAM kan een onbeperkt aantal GVC's voor een aantal dagen huren. Er is echter geen verantwoordelijkheid van Van Gansewinkel dat deze GVC's ook beschikbaar zijn. De kans is groot dat er wel een paar GVC's te huur zijn, maar dit geeft geen garantie. De prijs van het deeltijd huren van GVC's per dag is iets hoger dan de kosten van het altijd voltijd huren van een GVC.

De derde contractvorm bestaat ook uit een combinatie van vol- en deeltijd huren. Het verschil met optie twee is dat Van Gansewinkel altijd een afgesproken aantal achter de hand houdt. NAM heeft altijd beschikking tot deze GVC's. Ze betalen voor het gebruik van de deeltijd gehuurde GVC's alleen wanneer ze deze gebruiken. De kosten zijn hoger dan de kosten voor het flexibel huren, omdat er een hogere leverbetrouwbaarheid is.

Een vierde contractvorm is het alleen parttime huren van GVC's. De leverancier levert aan alle exploitanten in de Noordzee GVC's. Van Gansewinkel onderzoekt momenteel de mogelijkheid om één grote GVC poule te maken. Alle exploitanten huren in dit geval altijd in deeltijd. De leverancier is verantwoordelijk voor de beschikbaarheid van GVC's. Naar inschatting van NAM en Van Gansewinkel liggen de huurkosten op dezelfde hoogte als het flexibel huren bij optie twee. De lever verantwoordelijkheid bij Van Gansewinkel ligt. Normaliter zou hierdoor de prijs hoger zijn. Echter kan Van Gansewinkel deze contractvorm ook met andere exploitanten vastleggen. Hierdoor kunnen de kosten verminderen.

Tabel 2.2 geeft de kosten van de verschillende opties om GVC's te huren weer.

Contractvorm	1	2	3	4
Kosten GVC voltijd huren per dag	€15,50	€15,50	€15,50	
Kosten GVC deeltijd huren per dag		€20,-	€25,-	€20,-

Tabel 2.2: Kosten per contractvorm

2.1.6 Voorspelling van het aantal GVC's

De Waste Coördinator stelt het te huren aantal GVC's vast. De Waste Coördinator maakt een voorspelling voor het volgende jaar en probeert hierbij het aantal benodigde GVC's zo goed mogelijk in te schatten. De Waste Coördinator heeft geen beschikking over data van het gebruik van GVC's. Het belangrijkste voor de Waste Coördinator is om nooit zonder voorraad te zijn wanneer de GVC's nodig zijn. De Waste Coördinator voorspelt momenteel het aantal GVC's op de volgende manier.

Elk platform heeft gemiddeld over het jaar een aantal GVC's in gebruik. Dit aantal is afhankelijk van de hoeveelheid te verwerken huisvuil en de levertijd. De levertijd bestaat uit de tijd tussen het moment dat de GVC is aangevraagd en het moment dat de GVC bij het platform aankomt. De Waste Coördinator telt de gemiddeldes van de platformen bij elkaar op. Daarnaast voegt hij er een veiligheidsvoorraad toe. Op basis van bestellingen van platformen schat de Waste Coördinator de gemiddeldes van de platformen en de veiligheidsvoorraad in.

2.2 Het Gebruik van GVC's

Deze paragraaf geeft antwoord op de volgende onderzoeksvraag.

“Hoe varieert het gebruik van GVC's?”

Het doel van deze paragraaf is het gebruik van GVC's in kaart te brengen, zodat we vervolgens de factoren die van invloed zijn op het aantal GVC's in hoofdstuk 4 kunnen testen. De analyses zijn gebaseerd op data afkomstig van januari 2013 tot en met juni 2016. Allereerst beschrijft paragraaf 2.2.1 begrippen over de locatie van de GVC. Vervolgens geeft paragraaf 2.2.2 het huidige gebruik weer.

2.2.1 Definitie van het gebruik van GVC's

Het rapport noemt al eerder een aantal begrippen over de locatie van de GVC. Ter verduidelijking van de volgende analyses herhaalt deze paragraaf de begrippen.

- In opslag: De GVC staat opgeslagen bij Van Gansewinkel en is beschikbaar wanneer er een GVC nodig is.
- Transport heen: Peterson vervoert de GVC naar het platform. Het vervoeren bestaat uit het transport van de GVC van Van Gansewinkel naar de Paleiskade en uit het verschepen van de GVC van de Paleiskade naar het platform.
- Op het platform: De GVC staat op het platform waar het opslaan van huisvuil plaatsvindt.
- Transport terug: Peterson verscheept de GVC eerst van het platform naar de Paleiskade en transporteert de GVC vervolgens naar Van Gansewinkel.
- Transport: De GVC is op transport heen of op transport terug.
- In gebruik: De GVC is op transport of op een platform. Hij staat niet in opslag bij Van Gansewinkel en is daarom niet beschikbaar om naar een platform te vervoeren.

2.2.2 Analyse van het gebruik van GVC's

Deze paragraaf geeft verschillende analyses weer, zodat we een beeld kunnen vormen over het gebruik van GVC's. Eerst geeft deze paragraaf een analyse over het gebruik van GVC's in de periode van januari 2013 tot en met juni 2016. Vervolgens geeft de analyse specifiekere informatie over het gebruik van GVC's in 2015. Een vergelijking tussen de voorspelling voor het aantal voltijd te huren GVC's beschreven in paragraaf 2.1.6 en het werkelijke gebruik van GVC's volgt. NAM heeft aangegeven dat er een paar factoren mogelijk van invloed zijn op de variatie van het gebruik van GVC's. Een aantal grafieken toont de relatie tussen deze factoren en het gebruik van GVC's.

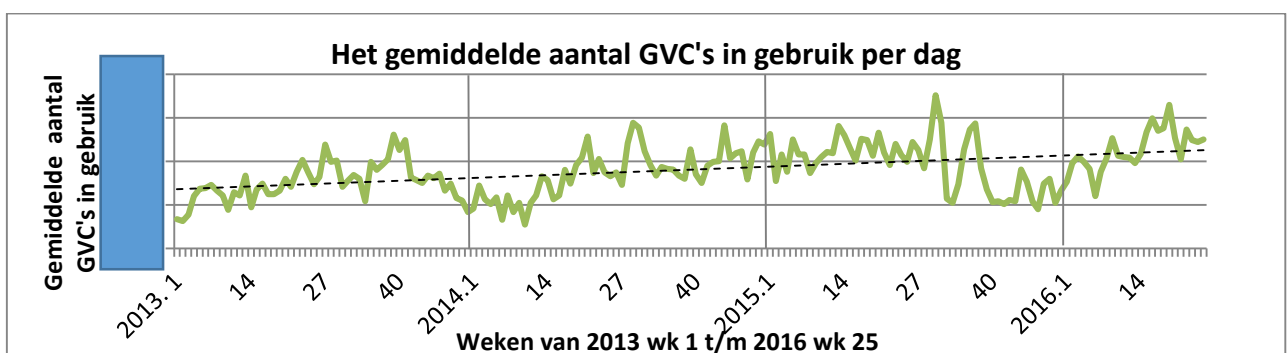
NAM heeft geen directe informatie beschikbaar over het gebruik van GVC's. Deze gegevens hebben we uit andere beschikbare data verkregen. De data die NAM wel heeft zijn de begin- en einddatum dat een GVC op een schip van de Paleiskade naar een bepaald platform vaart (outbound) en de begin- en einddatum dat een schip van een bepaald platform naar de Paleiskade terug vaart (inbound). Elke GVC heeft een containernummer. We hebben alle data gebruikt van 1-1-2013 tot en met 22-06-2016. Via een paar stappen is het gebruik van GVC's verkregen uit de inbound en outbound data. *Bijlage II.B* beschrijft de totstandkoming van het gebruik van GVC's uit de outbound- en inbounddata.

Het gemiddelde gebruik van GVC's per dag is ook berekent per gemiddelde per week, per maand of per kwartaal. Het gemiddelde gebruik per week bestaat bijvoorbeeld uit het gemiddelde van de 7 dagen van die week.

Algemeen gebruik van GVC's

Figuur 2.6 geeft het gemiddelde gebruik van GVC's per dag weer voor de periode van 2013 week 1 tot en met 2016 week 25. Voor elke week is het gemiddelde gebruik per dag in die week weergegeven. Per jaar verschilt de planning van de platformen in de productiehoeveelheid en in de planning van onderhoudsbeurten. Bij een onderhoudsbeurt stopt de productie van een platform. Dit verschil tussen productiehoeveelheid van een platform en de planning van onderhoudsbeurten op een platform zorgt voor een verschil in het gebruik van GVC's. Hoofdstuk 4 geeft meer uitleg over de variatie in het gebruik van GVC's.

De grafiek toont een variatie in gemiddelde gebruik van GVC's per dag tussen 35 en 65 GVC's. Het gebruik in Figuur 2.6 bevat wellicht een trend. Een trend bestaat uit een vaste helling of daling over de tijd. De stippellijn in de grafiek geeft een mogelijke trend weer. Hoofdstuk 4 geeft berekeningen over de invloed van trend.



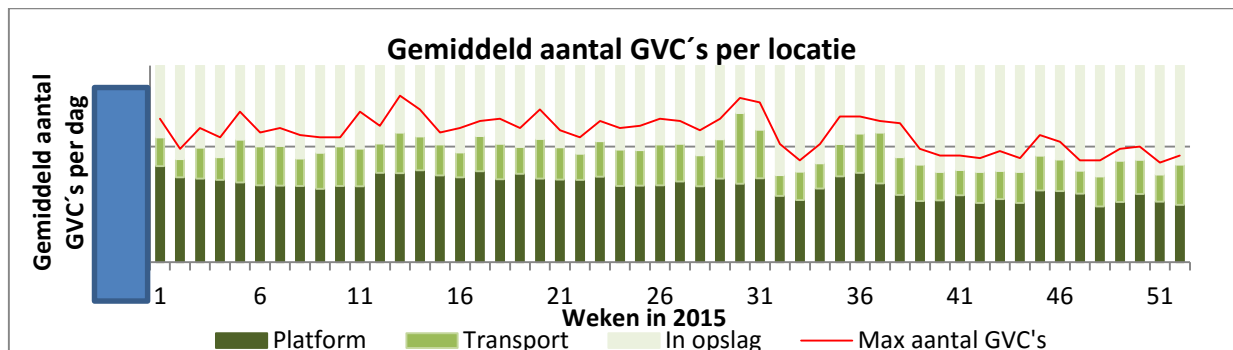
Figuur 2.6: Het gemiddelde aantal GVC's in gebruik per dag

Specifieke informatie over het gebruik van GVC's in 2015

We analyseren het gebruik van GVC's in 2015 op drie aspecten, zodat we een volledig beeld krijgen over het gebruik van GVC's. We analyseren het gebruik per locatie, per platform en met hoeveel GVC's er vorig jaar minimaal voltijd gehuurd hadden moeten zijn.

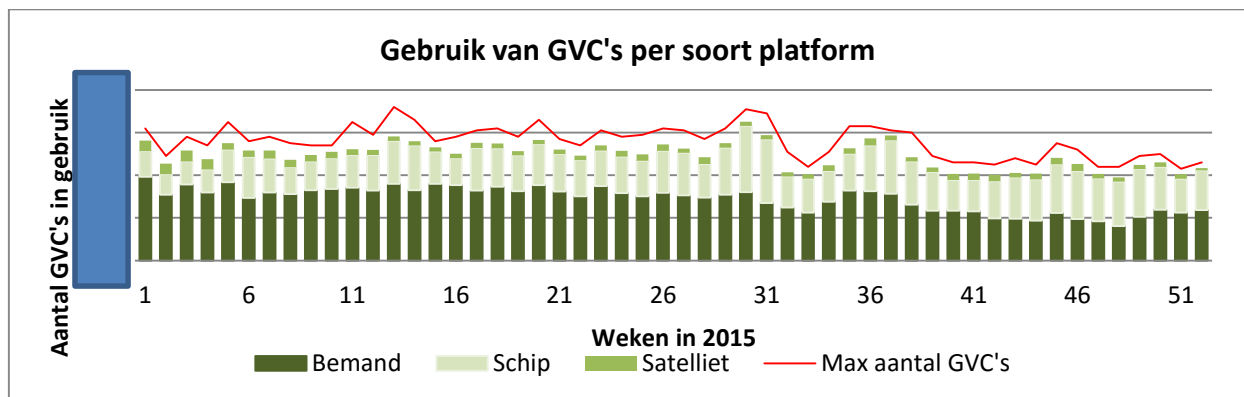
Figuur 2.7 geeft het gemiddelde aantal GVC's per locatie weer. In deze berekening hebben we ook voor elke week het gemiddelde gebruik per dag in die week berekend. Wanneer een GVC één dag van week 1 op transport is en twee dagen in week 2, dan telt deze voor 1/7 in week 1 mee en voor 2/7 in week twee mee. De GVC is op transport, hij staat op een platform of hij staat in opslag bij Van Gansewinkel. De rode lijn geeft het gebruik van de GVC weer op de dag in de week met het hoogste aantal GVC's in gebruik. Deze aantallen zijn belangrijk om rekening mee te houden. Ze geven namelijk de variatie ten opzichte van het gemiddelde weer. Wanneer we alleen uit gaan van het gemiddelde zal NAM vaak niet kunnen leveren in verband met de variatie, omdat de werkelijke aanvraag hoger dan het gemiddelde ligt.

In de warmere weken (week 13 tot en met 38) zijn er meer GVC's in gebruik. We kunnen dit verklaren omdat er in de zomer minder gas nodig is en NAM meer platformen voor onderhoud stil legt. Tijdens het onderhoud zijn er meer werknemers op een platform dan normaal en zal er meer huisvuil zijn. In week 32 zijn er gemiddeld **XX** GVC's per dag in gebruik. Dit is het minimale aantal GVC's in gebruik. Het maximaal aantal GVC's in gebruik is **XX** in week 30.



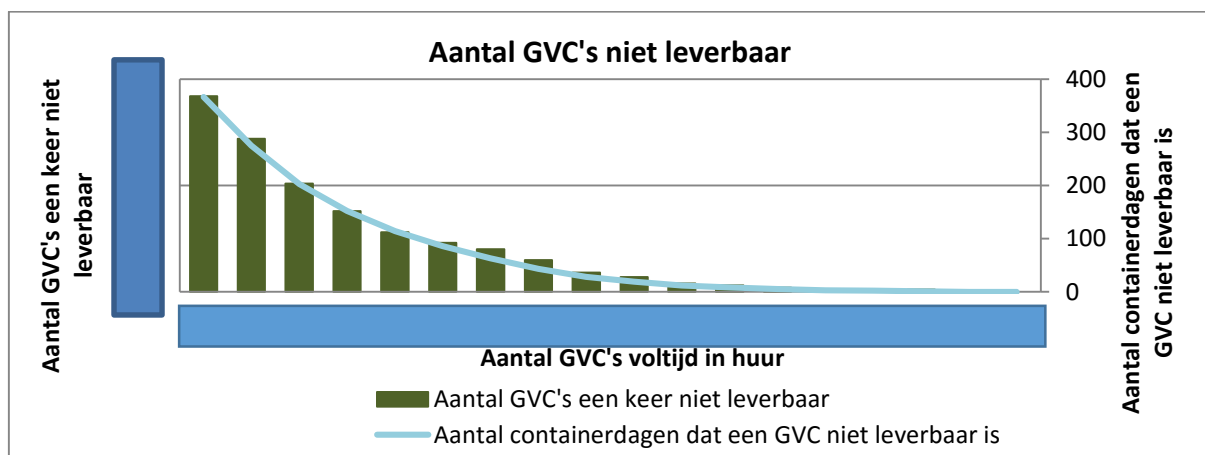
Figuur 2.7: Gemiddeld aantal GVC's per locatie

Vervolgens toont Figuur 2.8 een vergelijkbare analyse als Figuur 2.7, maar met het verschil dat hij het gebruik van GVC's geeft van de verschillende soorten platformen. De rode lijn geeft wederom het maximale gebruik van GVC's per dag in de week weer. De grafiek toont dat de bemande platformen voor het grootste gedeelte het meeste GVC's in gebruik hebben. De satellieten gebruiken GVC's voor een erg klein gedeelte ten opzichte van het geheel.



Figuur 2.8: Gebruik van GVC's per platform soort

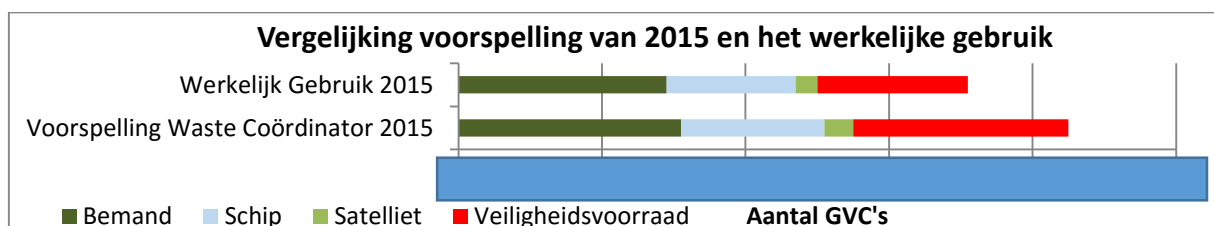
Stel dat NAM in 2015 minder dan **XX** GVC's voltijd had gehuurd, hoe had de situatie er dan uit gezien? Figuur 2.9 geeft het aantal GVC's dat NAM niet had kunnen leveren in 2015 bij een hypothetisch gestelde waarde van het aantal voltijd gehuurde GVC's. De x-as geeft het hypothetische aantal GVC's dat NAM voltijd in huur had. Beide y-assen geven informatie over het tekort van GVC's bij het aantal GVC's voltijd in huur. Op de linker y-as staat het aantal GVC's weergegeven dat een keer niet beschikbaar was en dat NAM mogelijk extern had moeten huren. De groene balken geven deze waarden aan. Stel dat NAM **XX** GVC's voltijd in huur had in 2015, dan was het 20 keer voorgekomen dat ze voor een periode een GVC extern moesten huren. De rechter y-as geeft het aantal dagen dat een GVC niet beschikbaar was, ook wel containerdagen. Met containerdagen bedoelen we het aantal containers dat een dag niet leverbaar was. Wanneer er **XX** containerdagen geen GVC beschikbaar is, betekent dit bijvoorbeeld dat er op één dag **XX** GVC's niet beschikbaar waren of dat er 4 GVC's 20 dagen lang niet beschikbaar waren. De blauwe lijn in Figuur 2.9 geeft dit aantal. Wanneer NAM in 2015 61 GVC's voltijd gehuurd had, waren er **XX** containerdagen geen GVC beschikbaar.



Figuur 2.9: Aantal GVC's niet leverbaar bij aantal GVC's voltijd in huur

Vergelijking voorspelling voor 2015 met het werkelijke gebruik van GVC's

Paragraaf 2.1.6 geeft de huidige beslissingsmethode van de Waste Coördinator. De Waste Coördinator heeft zelf een voorspelling gemaakt. De aantallen staan weergegeven in Figuur 2.10 de onderste balk. We hebben onderscheid gemaakt tussen bemande platformen, schepen en satellieten. Daarnaast hebben we ook de geschatte veiligheidsvoorraad weergegeven. De bovenste balk geeft het werkelijke gebruik van GVC's weer. De veiligheidsvoorraad vult het gebruik tot 71 aan, aangezien dit het maximale aantal is dat een keer voorkomt. De voorspelling komt redelijk overeen met de werkelijkheid. Het verschil is dat de voorspelling overal wat meer voorspelt. De veiligheidsvoorraad is ook aanzienlijk groter bij de voorspelling dan bij het werkelijk gebruik van GVC's in 2015. Dit betekent dat er te veel GVC's gehuurd waren in 2015.



Figuur 2.10: Vergelijking tussen de voorspelling van 2015 en het werkelijke gebruik van GVC's

Mogelijke factoren die in relatie staan met de variatie van het gebruik van GVC's

Om voor 2016 te bepalen hoeveel GVC's NAM voltijd moet huren om aan de aanvragen te kunnen voldoen, onderzoeken we de relatie met andere factoren die mogelijk invloed hebben op het gebruik van GVC's. Hoofdstuk 4 vergelijkt voorspellingsmodellen om het gebruik van GVC's te voorspellen. Deze voorspellingsmodellen baseren de voorspellingen op basis van invloedhebbende factoren. In deze paragraaf analyseren we verschillende soorten factoren die mogelijk een invloed hebben op het gebruik van GVC's, zodat we de bijbehorende voorspellingsmodellen niet hoeven mee te nemen wanneer er uit de analyse al blijkt dat er geen verband is.

In overleg met NAM hebben we de volgende drie factoren vastgesteld:

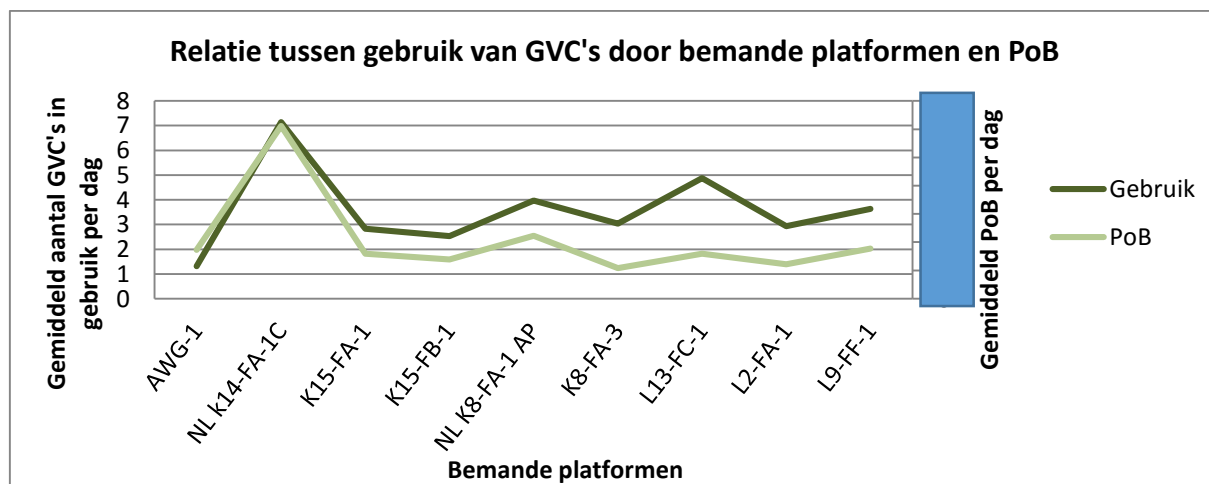
- Het aantal personen aan boord (PoB)
- De vertraging veroorzaakt door weersomstandigheden (WoW)
- De invloed van het seizoen

PoB

PoB staat voor het aantal personen aan boord van een platform (Persons on Board). We verwachten dat het aantal personen op een platform invloed heeft op de hoeveelheid huisvuil gegenereerd door de werknemers. Dit heeft weer invloed op het aantal GVC's dat de werknemers op de platformen aanvraagt. Uit de analyse concluderen we dat er mogelijk een verband is tussen het gebruik van GVC's en het aantal personen op een platform. Elk platformsoort hebben we geanalyseerd. Figuur 2.11 geeft de relatie weer aan de hand van een grafiek voor bemande platformen. De relatie tussen satellieten en schepen is weergegeven in *bijlage II.C*.

Figuur 2.11 geeft op de x-as de platformen. Op de linker y-as staat het gemiddelde gebruik per dag weergegeven van de dagen in 2013 tot en met 2015. Op de rechter y-as staat het gemiddelde aantal personen aan boord per dag in de periode van 2013 tot en met 2015.

Figuur 2.11 lijkt een verband aan te tonen tussen het gebruik en de PoB. Echter is het nog niet zeker dat er een significant verband is. In de grafiek kunnen we alleen zien het platform met een hoog gebruik (K14-FA-1C) ook een hoge PoB waarde aangeeft. K8-FA-3 en L2-FA-1 gebruiken minder GVC's en daar hoort ook een lagere PoB waarde bij. Daarentegen heeft L13-FC-1 wel een relatief hoog gebruik van GVC's, maar juist een lage waarde van PoB. Hieruit concluderen we blijkt dat er mogelijk een verband is tussen het gebruik van GVC's en de PoB. Hoofdstuk 4 onderzoekt dit verder.



Figuur 2.11: Relatie tussen het gebruik van GVC's op bemane platformen en PoB

WoW

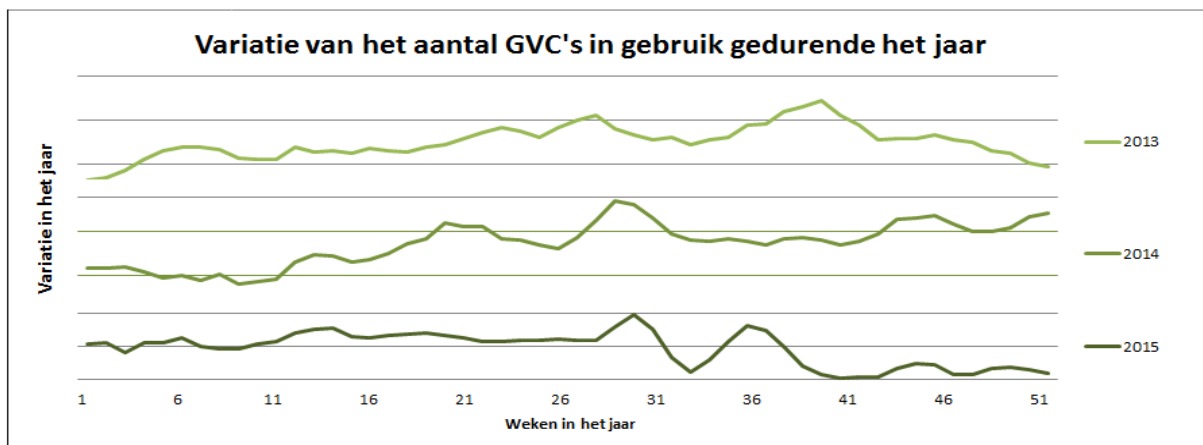
WoW geeft de vertraging veroorzaakt door slechte weersomstandigheden (Waiting on Weather). Bij slechte weersomstandigheden kan NAM de GVC's niet van of naar een platform verplaatsen. Dit levert mogelijk een vergroting van het gebruik op. We kunnen mogelijk ook een verhoging van het aantal GVC's in transport verwachten, aangezien de GVC's langer op het schip blijven.

Uit de analyse beschreven in *bijlage II.D* concluderen we dat er geen zichtbaar verband is tussen het gebruik van GVC's en WoW. Daarom gaan we in hoofdstuk 4 gaat niet verder met het onderzoeken naar het verband tussen het gebruik van GVC's en de vertraging veroorzaakt door slechte weersomstandigheden.

Seizoenen

De invloed van het seizoen kan een rol spelen. In de zomer is er minder vraag naar gas, omdat kachels minder aan staan. Dit zorgt ervoor dat er minder platformen nodig zijn voor productie. NAM kan platformen tijdelijk stilleggen, zodat ze hier onderhoud kunnen plegen.

Figuur 2.12 geeft de variatie in het gebruik van GVC's in de jaren 2013, 2014 en 2015. De y-as geeft het gebruik in GVC's weer. De grafieken zijn boven elkaar zijn weergegeven, zodat de variatie van het gebruik van GVC's gedurende het jaar zichtbaar is. Daarom zijn er geen waardes op de y-as weergegeven. Het jaar 2013 laat duidelijk een stijging aan het begin van het jaar en daling aan het eind van het jaar zien. Het jaar 2014 laat een stijging zien van het gebruik van GVC's aan het begin. Er is een piek rond de weken 28-30. Na deze piek blijft er een stijging van het gebruik van GVC's. Het jaar 2015 begint met een relatief hoog aantal GVC's in gebruik. In de weken 28 tot en met 38 ligt het gebruik iets hoger waarna het gebruik van GVC's daalt. Uit de grafiek kunnen we concluderen dat het gebruik van GVC's varieert. De variatie is mogelijk verbonden aan invloed van seizoenen. Hoofdstuk 4 onderzoekt of er daadwerkelijk sprake is van een seizoensinvloed.



Figuur 2.12: Variatie in het gebruik van GVC's gedurende het jaar

2.3 Conclusie

De belanghebbenden van het huisvuilverwerkingsproces zijn de Waste Contracthouder, de Waste Coördinator, de offshore platformmedewerkers, het transportbedrijf Peterson, de leverancier Van Gansewinkel, de afvalverwerker Bek & Verburg en de andere exploitanten in de Noordzee. Het huisvuilverwerkingsproces bestaat uit het transport, het vullen van de GVC, het ledigen van de GVC en het opslaan van de GVC. De verschillende platformen zijn bemande platformen, satellieten en schepen. De huurkosten voor 2015 bedragen **XX**. De huidige voorspelling voor het benodigde aantal GVC's maakt de Waste Coördinator door het schatten van het gemiddelde gebruik per platform op basis van ervaring.

Uit de analyses kunnen we concluderen dat er variatie is in het gebruik van GVC's gedurende de tijd. En nemen we aan dat er variatie is in de verhouding GVC's op transport en op een platform. Daarnaast gebruiken de bemande platformen en schepen voornamelijk GVC's en hebben de satellieten weinig GVC's in gebruik. Het verschil tussen de voorspelling van het gebruik van GVC's in 2015 en het werkelijke gebruik verschilt voornamelijk in de grootte van de veiligheidsvoorraad. NAM had in 2015 genoeg aan **XX** GVC's in voltijd huur om altijd aan aanvragen te kunnen voldoen. Factoren die een invloed kunnen hebben op de variatie in het gebruik van GVC's zijn de trend, het aantal werknemers aan boord en invloed door het seizoen. De invloed van de vertraging veroorzaakt door weer toont geen verband met het gebruik van GVC's.

Het huisvuilverwerkingsproces is inzichtelijk en door middel van de analyses over het gebruik van GVC's weten we welke factoren mogelijk een invloed hebben op het gebruik van GVC's. Hoofdstuk 3 analyseert verschillende voorspellingsmodellen die we vervolgens in hoofdstuk 4 testen.

3. Theoretisch Kader

Hoofdstuk 2 beschrijft het proces van de huisvuilverwerking en het gebruik van de GVC. Dit hoofdstuk vervolgt het onderzoek naar modellen om de verwachte vraag te voorspellen, zodat we het beschreven proces uit hoofdstuk 2 kunnen verbeteren. Hoofdstuk 4 zal op basis van de gegeven voor- en nadelen, restricties en resultaten een keuze maken welk vraagvoorspellingsmodel we gaan gebruiken. De volgende onderzoeksvraag staat centraal in dit hoofdstuk.

“Welke theorie is beschikbaar over het opstellen van een voorspellingsmodel voor het aantal te huren GVC’s?”

Allereerst geeft paragraaf 3.1 informatie over bruikbare modellen die de verwachte vraag voorspellen. Vervolgens beschrijft paragraaf 3.2 verschillende modellen om de betrouwbaarheid aan te tonen. Ten slotte sluit paragraaf 3.3 het hoofdstuk af met een conclusie.

3.1 Vraagvoorspellingsmodellen

Tsaur (2010) definieert ‘voorspellen’ als het doen van een uitspraak over gebeurtenissen die nog niet hebben plaatsgevonden. De voorspelling schat toekomstige waarden van tijd specifieke informatie. Het voorspellen van de vraag kan op meerdere manieren. Volgens Armstrong (2001) zijn er twee soorten kwantitatieve voorspellingsmodellen, te noemen: ‘Time Series’ modellen en ‘Cause-and-Effect’ modellen. Een ‘Time Series’ model richt zich alleen op historische data van de te voorspellen variabelen en leidt dit tot het herkennen van verbanden. Een ‘Cause-and-Effect’ model richt zich op verklarende variabelen die een relatie hebben met de te voorspellen data. De variabele die we voorspellen is in dit geval de afhankelijke variabele. Zoals hoofdstuk 2 noemt, zou het aantal personen op een platform een verklarende variabele kunnen zijn voor het gebruik van GVC’s.

NAM stelt twee voorwaardes aan het voorraadmodel. Allereerst dient het model betrouwbaar te zijn. Betrouwbaar betekent in dit geval dat de voorspelling van het gebruik van GVC’s niet veel verschilt van het geobserveerde gebruik. Daarnaast vindt NAM het belangrijk dat het model eenvoudig is om te gebruiken. De uitvoering van de voorspelling mag niet te veel rekenstappen bevatten en de gebruikte formules moeten te begrijpen zijn zonder achtergrondkennis. ‘Cause-and-Effect’ modellen geven volgens de theorie betrouwbaardere voorspellingen van ‘Time Series’ modellen. Echter is er een sterke relatie tussen de afhankelijke variabele en één of meerdere verklarende variabelen voor nodig. Wanneer dit ontbreekt, gebruikt men ‘Time Series’ modellen (Wang, 2011), (Liu, 2010).

De keuze voor het te gebruiken voorspellingsmodel hangt af van de eenvoud en de betrouwbaarheid van het model. Het komt ook vaak voor dat men modellen combineert voor een hogere betrouwbaarheid (Chopra & Meindl, 2007). De paragrafen 3.1.1 en 3.1.2 geven de verschillende soorten modellen weer. Paragraaf 3.1.1 legt de ‘Time Series’ modellen uit. Paragraaf 3.1.2 geeft meer uitleg over de ‘Cause-and-Effect’ modellen.

3.1.1 Time Series modellen

‘Time Series’ modellen baseren zich op tijdreeksen. Een tijdreeks bestaat uit een geordende sequentie van geobserveerde waarden. De tijdsreeks ontstaat door een variabele te koppelen aan gelijk verdeelde tijdsintervallen. De variabele hangt af van historische data. ‘Time Series’ modellen zijn gemakkelijk toe te passen en vergen minder rekenstappen dan ‘Cause-and-Effect’ modellen. De simpele toepassing zorgt ervoor dat bedrijven met veel verschillende producten gebruik maken van dit voorspellingsmodel (Gosasang, 2011).

Het voorspellen van de vraag is mogelijk door de geobserveerde waarnemingen te verklaren. Dit is voor een deel mogelijk. Het overige deel is het random element, dat niet te verklaren is. Vergelijking [3.1] geeft de verdeling van de geobserveerde waarde.

$$\text{Geobserveerde waarneming} = \text{systematisch component} + \text{random component} \quad [3.1]$$

De systematische component meet de te verwachten waardes van de vraag. Deze verwachte waardes bestaan uit een combinatie van de variabelen level, trend en invloed van seizoen. Het level geeft de gemiddelde waarde van de huidige vraag. De trend geeft de daling of stijging van de vraag per periode. De invloed van het seizoen geeft een factor die de variatie gedurende het jaar meeneemt.

De random component is het deel dat niet te verklaren is door het systematische deel. Het doel van een voorspellingsmodel is het grootste gedeelte van de vraag te voorspellen aan de hand van de variabelen en dus de random component te verkleinen. Het model heeft een hogere betrouwbaarheid wanneer de systematische component groot is de random component klein is.

Meerdere modellen vallen onder het 'Time Series' model. De modellen variëren in eenvoud en ze verschillen in het gebruik van de systematische variabelen level, trend en seizoensinvloed. Daarnaast is er onderscheid in de 'Time Series' modellen tussen statische modellen en dynamische modellen. Een statisch 'Time Series' model bepaalt aan de hand van geobserveerde waardes de systematische variabelen. Deze variabelen gebruiken we om de voorspellende waardes te berekenen. Een dynamisch 'Time Series' model past de systematische variabelen aan na elke geobserveerde waarde. Deze paragraaf licht het statische 'Classical Decomposition' model toe. Ook geeft het de berekening van de volgende dynamische modellen: het 'Simple Exponential Smoothing' model (SES model), het SES model met invloed van trend (Holt's model) en het SES model met invloed van trend en seizoen (Winter's model). In verschillende situaties zijn verschillende modellen betrouwbaarder dan andere modellen. Door middel van het uitvoeren van de modellen en het testen van de betrouwbaarheid kunnen we bepalen welk model het beste werkt (Chopra & Meindl, 2007).

Statisch model

Classical Decomposition

Chopra & Meindl (2007) geven de berekening van het 'Classical Decomposition' model. Deze berekening is één van de eenvoudigste berekeningen om uit te voeren binnen de 'Time Series' modellen (Peng, 2009). Het model berekent de systematische variabelen level, trend en invloed van het seizoen aan de hand van de geobserveerde waardes. Wanneer de variabelen bepaald zijn, berekent het model de waardes in de toekomst door dezelfde variabelen te gebruiken. Het model vereist data van minstens drie periodes om de seizoensfactor te kunnen berekenen.

De variabelen die terugkomen in het model zijn de volgende:

L = schatting van het level op moment $t=0$. Dit is de vraag zonder de seizoensfactor.

T = schatting van de trend. Dit is de daling of stijging per periode.

S_t = schatting van de seizoensfactor. Dit is de factor die de invloed van het seizoen aangeeft in periode t .

D_t = Werkelijk geobserveerde vraag in periode t .

F_t = voorspelling van de vraag in periode t .

De systematische component bepalen we aan de hand van vergelijking [3.2]

$$\text{Systematisch component} = (L + T) \times S_t \quad [3.2]$$

De tijd is t . De periodes in het verleden zijn gegeven door: $0, 1, \dots, t - 1, t$. Voorspelde periodes in de toekomst zijn gegeven door $t + l$. l Geeft een waarde in de toekomst aan en bestaat uit: $0, 1, \dots, n - 1, n$. De variabele n duidt op de te voorspellen waarde het verst in de toekomst. Het aantal periodes in één jaar geven we waarde p . Wanneer het tijdsinterval in maanden is, geeft dit $p = 12$.

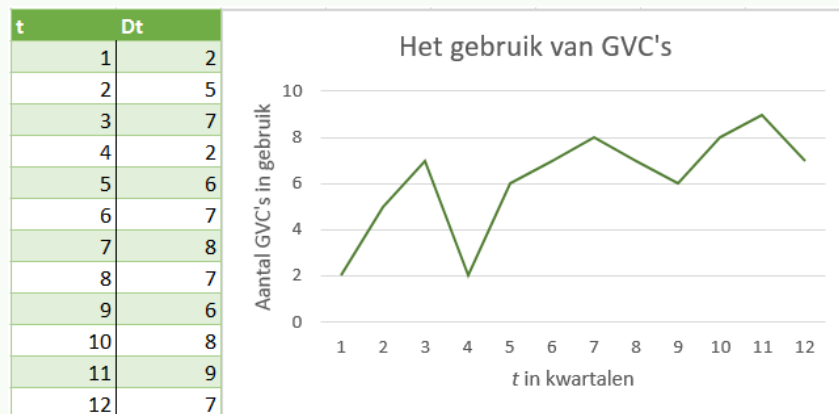
Vergelijking [3.3] geeft de vergelijking voor de voorspelling van toekomstige periodes. De voorspelling voor een waarde in de toekomst hangt af van de berekende waarde voor het level, de waarde van de trend en van de invloed door het seizoen voor de specifieke waarde in de toekomst.

$$F_l = [L + (l \times T)] \times S_{t+l} \quad [3.3]$$

De uitleg van de berekeningen in dit hoofdstuk volgen met een voorbeeld. Voorbeeld 3.1 geeft de introductie van het voorbeeld.

Voorbeeld 3.1. Introductie

Voor de uitleg van de modellen maken we gebruik van een voorbeeld. De afgelopen drie jaar is het gemiddelde gebruik van GVC's gegeven per kwartaal. Het aantal periodes per jaar, p is 4. Figuur 3.1 geeft de geobserveerde waardes van 2013 tot 2015 en de waardes in een grafiek. Deze waardes zijn fictief.



Figuur 3.1: Data en grafiek van het gebruik van GVC's - voorbeeld

De schatting voor de drie parameters L , T en S berekenen Chopra & Meindl (2007) als volgt.

De eerste stap is het berekenen van de geobserveerde waarde zonder invloed van het seizoen, zodat de we de trend en het level kunnen bepalen, zie vergelijking [3.4]. De waarde D_t geeft de geobserveerde waarde op moment t en \bar{D}_t geeft de geobserveerde waarde zonder invloed van het seizoen op moment t . De geobserveerde waardes zonder seizoensinvloed zijn te bepalen door het voortschrijdend gemiddelde van de geobserveerde waarde te berekenen. Het berekenen van de data zonder seizoensinvloed verschilt voor even en oneven waardes van p .

$$\bar{D}_t = \begin{cases} \frac{D_{t-\frac{p}{2}} + D_{t+\frac{p}{2}} + \sum_{i=t+1-\frac{p}{2}}^{t-1+\frac{p}{2}} 2D_i}{2p} & \text{voor } p \text{ even} \\ \sum_{i=t-\frac{p}{2}}^{t+\frac{p}{2}} D_i / p & \text{voor } p \text{ oneven} \end{cases} \quad [3.4]$$

Bijlage III.A geeft de berekening van de geobserveerde waarde zonder seizoensinvloed.

Na het berekenen van de geobserveerde waarden zonder seizoensinvloed kunnen we de trend en het level berekenen. Vergelijking [3.5] geeft de opbouw van de geobserveerde waarde. Door het toepassen van regressie kunnen we het level en de trend bepalen. De trend bepalen we door de gemiddelde helling van opeenvolgende periodes te nemen. Het level is het startpunt van de helling. Met behulp van Excel is de waarde voor de trend en level eenvoudig te bepalen. Via "Data" en bij "Data analysis" te kiezen voor de optie "Regression" geeft Excel de waarden van de trend en level. De input bestaat uit de waarden berekend voor \bar{D}_t en de bijbehorende waarden t .

$$\bar{D}_t = L + t \times T_t \quad [3.5]$$

Bijlage III.B geeft de berekening van de level en trend weer.

Omdat de waarden van de trend en de geobserveerde waarde, D_t bekend zijn kunnen we de seizoensinvloed per periode, \bar{S}_t bepalen. Vergelijking [3.6] geeft de seizoensinvloed weer.

$$\bar{S}_t = \frac{D_t}{\bar{D}_t} \quad [3.6]$$

De volgende stap betreft het berekenen van de gemiddelde seizoensfactor, S_i . Vergelijking [3.7] geeft de berekening weer. Hierin geeft r het aantal herhalingen van jaarcycli weer. r is het aantal observaties gedeeld door p .

$$S_i = \frac{\sum_{j=0}^{r-1} S_{jp+i}}{r} \quad [3.7]$$

in *bijlage III.C* geeft de berekening van de seizoensfactor.

Wanneer de variabelen L , T en S_i berekend zijn, kunnen we toekomstige waarden, F_{t+l} voorspellen aan de hand van eerdergenoemde vergelijking [3.3]. *Bijlage III.D* geeft de voorspelde waarden voor de kwartalen van het volgende jaar.

Dynamische modellen

Het dynamische model heeft een uitgebreidere berekening voor het bepalen van de systematische variabelen; level, trend en seizoensfactor. Waar het statische model éénmalig deze variabelen bepaalt, past het dynamische model de systematische variabelen bij elke geobserveerde waarde aan. *Bijlage III.E* geeft een verdieping van de werking van dynamische modellen.

De volgende variabelen komen in de berekeningen terug.

L_t = Schatting van het level aan het eind van periode t .

T_t = Schatting van de trend aan het eind van periode t .

S_t = Schatting van de seizoensfactor in periode t .

D_t = Werkelijk geobserveerde vraag in periode t .

F_t = Voorspelling van de vraag in periode t (in periode $t - 1$ of eerder).

t, l, n en p hebben dezelfde betekenis als eerder bij het dynamische model gegeven is.

'Simple Exponential Smoothing' model

Het 'Simple Exponential Smoothing' model (SES model) is te gebruiken wanneer er geen trend en seizoensinvloed te observeren zijn. De systematische component bestaat alleen uit het level. Vergelijking [3.8] geeft de berekening van het level voor $t = 0$ (L_0). Het berekent het gemiddelde van alle geobserveerde waarden, D_t .

$$L_0 = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t D_i \quad [3.8]$$

De voorspelling voor alle toekomstige waardes is gelijk aan het level voor tijd = t . Vergelijking [3.9] geeft dit weer.

$$F_{t+1} = F_{\dots} = F_{t+n} = L_t \quad [3.9]$$

Na het observeren van de vraag voor een volgende periode stellen we het level bij. Vergelijking [3.10] geeft deze berekening weer. Zoals eerder in genoemd is, bepalen we L_{t+1} aan de hand van de geobserveerde waarde en het level van de voorgaande periode. De constante α is een waarde tussen 0 en 1. Deze geeft de weer in hoeverre de geobserveerde waarde meetelt in verhouding tot het level. Wanneer α dicht bij 1 ligt, weegt de geobserveerde waarde zwaarder mee. Wanneer α 0 nadert, telt voornamelijk het level mee. Dit betekent ook dat het voorspellingsmodel meer rekening houdt met waardes verder terug in het verleden.

$$L_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)L_t \quad [3.10]$$

De constante α bepalen we door een voorspelling te maken van het laatste jaar waarbij wel de geobserveerde waardes bekend zijn. Vervolgens berekenen we de waarde van de error. De error is de som van de afwijking tussen de voorspelde- en de geobserveerde waardes. We kiezen de waarde van α door eerst alle waardes van α te testen en vervolgens de waarde van α te nemen met de laagste error. De invloed van α op de voorspelling is weergegeven in *bijlage III.F*.

Wanneer we de α bepaald hebben, kunnen we alle toekomstige waardes voorspellen door eerdergenoemde vergelijking [3.9] toe te passen. in *bijlage III.G* geeft de toepassing van de voorspelling via 'Simple Exponential Smoothing'.

Holt's model

Het Holt's model is te gebruiken wanneer er een geobserveerde trend aanwezig is. Het is een uitbreiding op het SES model. De systematische component bestaat uit het level en de trend. De voorspelling voor alle toekomstige waardes van F is weergegeven in vergelijking [3.11].

$$F_{t+1} = F_{\dots} = F_{t+n} = L_t + l \times T_t \quad [3.11]$$

De eerste stap is het bepalen van L_0 en T_0 . Dit gaat op dezelfde manier als voor het statische 'Classical Decomposition' model. Door toepassing van regressie via Excel zijn de waardes eenvoudig te bepalen. Vervolgens bepalen we F_1 aan de hand van vergelijking [3.11]. De volgende stap is het bijstellen van de systematische variabelen aan de hand van vergelijking [3.12] en vergelijking [3.13]. Het level bestaat uit de geobserveerde waarde uit de vorige periode en de voorspelling van de huidige periode. De voorspelling geeft namelijk de waardes van trend en level van de voorgaande periode. De verhouding tussen de geobserveerde waarde en de voorspelling is net zoals bij het SES model weergegeven door de constante α met een waarde tussen 0 en 1. De trend hangt af van het verschil tussen het level van de huidige en voorgaande periode en van de trend bepaald in de vorige periode. De constante β is een waarde tussen 0 en 1 en geeft de verhouding tussen de twee bepalende factoren voor T_{t+1} . De constante van α en β bepalen we, net zoals α , waar de waarde van de error zo klein mogelijk is. Het is belangrijk dat de combinatie van α en β samen de kleinste error geeft. Dit is te berekenen door een matrix te vormen met elke waarde voor α en β van 0,01 tot en met 0,99. *Bijlage III.H* geeft de uitleg voor het berekenen van α en β weer.

$$L_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)(L_t + T_t) \quad [3.12]$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t \quad [3.13]$$

Wanneer we het level en trend van de waarden hebben berekend kunnen we hieruit de nieuwe voorspelde waarde berekenen door eerdergenoemde vergelijking [3.11] toe te passen. Voorbeeld 3.2 geeft de berekening van de voorspelling via het model van Holt weer.

Voorbeeld 3.2: Toepassing Holt's model

Het level en de trend op $t = 0$ bepalen we op dezelfde methode als voor het 'Classical Decomposition' model. De waarden zijn:

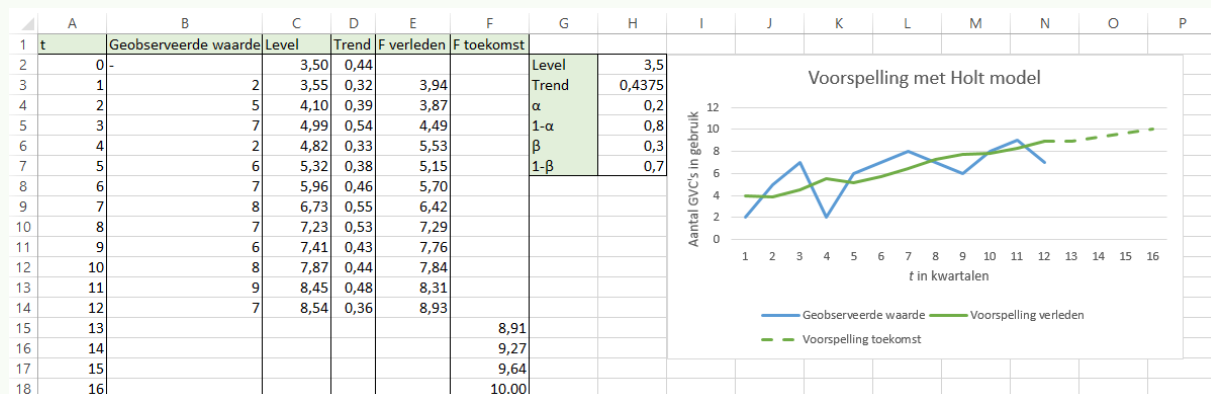
$$L_0 = 3,5, \quad T_0 = 0,4345$$

De berekening is in Excel uitgevoerd. Figuur 3.2 geeft de resultaten van de berekening en een grafiek die de voorspelling van waarden in de toekomst toont.

Vervolgens berekenen we F_1 door L_0 en T_0 bij elkaar op te tellen. $F_1 = 3,5 + 0,4345 = 3,94$. Daarna berekenen we L_1 door vergelijking [3.13] toe te passen. $L_1 = \alpha \times D_1 + (1 - \alpha) \times F_1 = 0,2 \times 2 + 0,8 \times 3,94 = 3,55$. Vervolgens berekenen we T_1 aan de hand van vergelijking [3.14].

$T_1 = \beta(L_1 - L_0) + (1 - \beta)T_0 = 0,3(3,55 - 3,5) + 0,7 \times 0,44 = 0,32$. F_2 volgt uit het optellen van L_1 en T_1 . De vergelijkingen blijven hetzelfde voor het level, de trend en de voorspelling van waarden kleiner en gelijk aan $t = 12$. Vervolgens vindt de voorspelling van toekomstige waarden plaats. Voor deze berekening nemen we de waarden van $t = 12$ voor het level en de trend en vullen deze in vergelijking [3.12] in. $F_{14} = L_{12} + (14 - 12) \times T_{12} = 8,54 + 2 \times 0,36 = 9,27$.

De waarden van α en β hebben we vastgezet op $\alpha = 0,2$ en $\beta = 0,3$. Deze waarden geven de minste afwijking tussen de geobserveerde waarden en de voorspelde waarden van $t = 9, \dots, 12$.



Figuur 3.2: Voorspelling met Holt's model

In de grafiek in Figuur 3.2 in Voorbeeld 3.2 is te zien dat de trend van de geobserveerde waarden niet in één rechte lijn doorloopt, maar per waarde verandert. Door het bijstellen van de trend is de trend minder groot dan in de eerste voorspelling. Dit geeft waarschijnlijk een meer representatieve voorspelling dan bij het 'Classical Decomposition' model.

Winter's model

Het Winter's model neemt naast het level en de trend ook een seizoensfactor S_t mee in de voorspelling. Vergelijking [3.14] geeft de berekening voor de voorspelling van alle waarden in de toekomst.

$$F_{t+1} = F_{t+n} = F_{t+n} = (L_t + l \times T_t)S_{t+l} \tag{3.14}$$

De eerste stap bestaat uit het voorspellen van L_0 , T_0 en de seizoensfactor S_i . Met waarden van i van $1, \dots, p$. Deze berekening is dezelfde als voor het 'Classical Decomposition' model. Met deze waarden

kunnen we F_{t+1} berekenen door vergelijking [3.14] toe te passen. Vervolgens berekenen we de L_{t+1} , T_{t+1} aan de hand van vergelijking [3.15] en vergelijking [3.16]. De seizoenfactoren na één jaar, S_{t+p+1} , bepalen we aan de hand van vergelijking [3.17]. De constanten α , β en γ geven de verhouding weer tussen de eerder berekende waarde voor diezelfde variabele en de geobserveerde variabele.

$$L_{t+1} = \alpha(D_{t+1}/S_{t+1}) + (1 - \alpha)(L_t + T_t) \quad [3.15]$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t \quad [3.16]$$

$$S_{t+p+1} = \gamma(D_{t+1}/L_{t+1}) + (1 - \gamma)S_{t+1} \quad [3.17]$$

Na het bijstellen van de systematische variabelen na elke geobserveerde waarde kunnen we de voorspelling van waarden in de toekomst berekenen aan de hand van eerdergenoemde vergelijking [3.15].

Voorbeeld 3.3 geeft de berekening van de voorspelling aan de hand van het Winter's model.

Voorbeeld 3.3: Toepassing van het Winter's model

Het bepalen van L_0 , T_0 en S_i is de eerste stap in de berekening. Deze is hetzelfde als van het 'Classical Decomposition' model. Het geeft de volgende waarden.

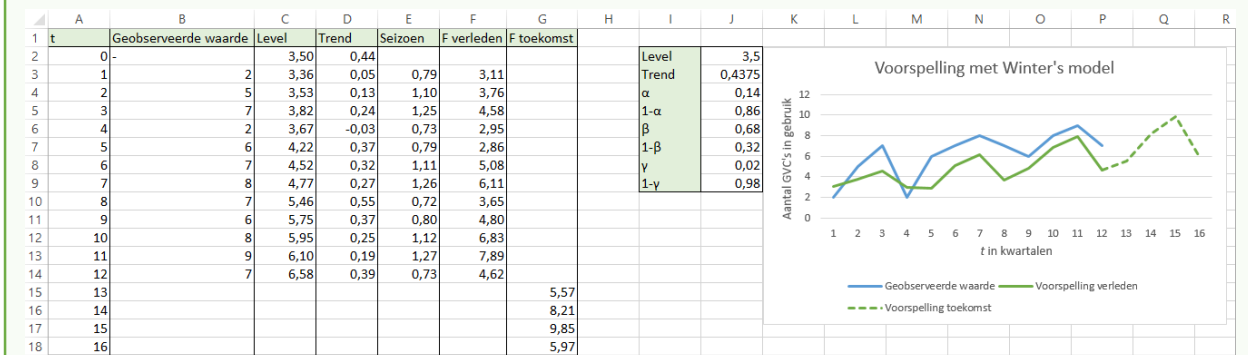
Met $L_0 = 3,5$, $T_0 = 0,4345$, $S_1 = 0,97$, $S_2 = 1,101$, $S_3 = 1,252$, $S_4 = 0,727$

Figuur 3.3 geeft de resultaten van de berekening in Excel. Ook geeft het een grafiek van de geobserveerde waarde en de voorspelling.

Vervolgens berekenen we de voorspelling voor $t = 1$ door het toepassen van vergelijking [3.14]. Daarna stellen we de systematische variabelen bij aan de hand van vergelijking [3.15], [3.16] en [3.17].

De seizoensinvloed voor S_5 bepalen we door de geobserveerde trend (D_1/L_1) te vermenigvuldigen met γ en door de seizoensfactor van vorige periode, (S_1) te vermenigvuldigen met $1 - \gamma$.
 $S_5 = \gamma(D_1/L_1) + (1 - \gamma)S_1 = 0,02(2/3,36) + 0,98 \times 0,79 = 0,79$

Na het doorrekenen van alle geobserveerde waarden voorspellen we de toekomstige waarden aan de hand van vergelijking [3.14]. De waarden van α , β en γ zijn respectievelijk 0,14, 0,68 en 0,02.



Figuur 3.3: Voorspelling met Winter's model

In de grafiek in Figuur 3.3 in

Voorbeeld 3.3 kunnen we zien dat voor het eerste en tweede jaar de voorspellingen niet helemaal aansluiten op de geobserveerde waardes. Voor het derde jaar komen de waardes meer overeen. Dit komt onder andere doordat de voorspelling op meer gegevens berust. De verwachting is dat de voorspelling voor het volgende jaar nog beter aansluit, omdat we steeds meer historische gegevens gebruiken voor de voorspelling.

3.1.2 Cause-and-Effect modellen

Een Cause-and-Effect model voorspelt de vraag door het aantonen van een relatie met één of meerdere verklarende variabelen. Lineaire Regressie en 'Neural Networks' zijn beide vormen van Cause-and-Effect modellen (Gosasang, 2011). Lineaire Regressie is een statistische techniek voor het onderzoeken en vaststellen van de relatie tussen variabelen (Montgomery, 2015). In verschillende velden maakt men gebruik van regressie applicaties, onder andere in de techniek, natuurwetenschappen en ook in de economie. Een 'Neural Networks' model gaat uit van een model dat zichzelf verbetert aan de hand van geobserveerde waardes. 'Neural Networks' modellen gebruikt men voor het berekenen van wisselkoersen, weersvoorspellingen en voor het voorspellen van het verwachte aantal toeristen in een gebied (Wang, 2011). Omdat het model veel rekenstappen en achtergrondkennis vereist, achten we het 'Neural Networks' niet geschikt voor NAM.

Lineaire Regressie is te onderscheiden in Enkelvoudige Lineaire Regressie en Meervoudige Lineaire Regressie. Het verschil bestaat uit het aantal verklarende variabelen dat de afhankelijke variabele beschrijft. Verklarende variabelen zijn de factoren die invloed hebben op de te voorspellen variabele, ofwel afhankelijke variabele. Enkelvoudige lineaire Regressie is eenvoudig om toe te passen en vergt niet veel rekenstappen. Meervoudige Lineaire Regressie is ingewikkelder en bestaat ook uit meer rekenstappen. Het is mogelijk om een hulpprogramma te gebruiken zoals SPSS, echter heeft NAM geen beschikking over dit soort programma's. Voor NAM is het alleen mogelijk om Enkelvoudige Lineaire Regressie toe te passen. Dit model leggen we hieronder uit.

Enkelvoudige lineaire Regressie

Enkelvoudige Lineaire Regressie bestaat uit een model met één enkele verklarende variabele (x) dat een lineaire relatie heeft met afhankelijke variabele (y) (Montgomery, 2015). Vergelijking [3.18] geeft de relatie tussen de variabelen weer. β_0 geeft de asafsnede van de y -as en β_1 geeft de hellingsfactor. Beide parameters zijn onbekende constanten. De variabele ε geeft de onregelmatige afwijking weer.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad [3.18]$$

De berekening van (Montgomery, 2015) is tweedelig. De eerste stap bestaat uit het berekenen van de variabelen β_0 en β_1 . De tweede stap bestaat uit het toepassen van een hypothese toets om zeker te zijn dat de verklarende variabele (x) en de afhankelijke variabele (y) een significant verband hebben. Hieronder volgen de berekeningsstappen.

Allereerst toont vergelijking [3.19] de formule om de constante β_1 te bepalen. Vergelijking [3.20] en vergelijking [3.21] geven de berekeningen voor de waardes van S_{xy} en S_{xx} . S geeft aan dat het om de somming van de berekening gaat. De x in S_{xy} en S_{xx} staat hier voor $(x_i - \bar{x})$ en de y staat voor de berekening van $(y_i - \bar{y})$. De x_i en y_i zijn de waargenomen waardes voor respectievelijk de verklarende variabele en de afhankelijke variabele. De variabele i geeft het nummer van de waarneming weer met $i = 1, \dots, n$. De \bar{x} en \bar{y} zijn de gemiddelde waardes van alle waarnemingen van

die variabele. S_{xy} en S_{xx} berekenen de totale afwijking tussen de waarde van het gemiddelde en de waarde van de waarneming i .

$$\beta_1 = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad [3.19]$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x}) \quad [3.20]$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad [3.21]$$

Vervolgens geeft vergelijking [3.22] de berekening voor β_0 , waar \bar{y} de gemiddelde waarde van alle waarden van y_i geeft.

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \quad [3.22]$$

Vergelijking [3.23] toont de schatting voor \hat{y}_i door middel van de berekende waarden van β_0 en β_1 .

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x \quad [3.23]$$

De volgende stap bestaat uit het uitvoeren van een hypothese toets om regressie aan te tonen. Wanneer $\beta_1 = 0$, is er geen regressie. Wanneer $\beta_1 \neq 0$ geeft dit aan dat er wel regressie is. Vergelijking [3.24] geeft de hypothesevergelijkingen.

$$H_0: \beta_1 = 0, \quad H_1: \beta_1 \neq 0 \quad [3.24]$$

Het doel is het verwerpen van H_0 , zodat we H_1 aan kunnen nemen op basis van statistische significantie. Het uitvoeren van een t toets test of $H_0: \beta_1 = 0$ significant is. H_0 kunnen we testen door $|t_0|$ te vergelijken met $t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$. De waarde t_0 geeft de waarde van β_1 ten opzichte van de standaardafwijking van β_1 . De waarde $t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$ is af te lezen in een t-tabel. Hier is bij verschillende waarden voor α en bij een verschillend aantal waarnemingen, n de waarde voor t af te lezen. De waarde α staat voor het gekozen significantieniveau dat we willen aantonen. Het is gebruikelijk om $\alpha=0,05$ te nemen (Chopra & Meindl, 2007). Dit geeft een betrouwbaarheidsniveau van 95%. $n - 2$ geeft het aantal vrijheidsgraden aan. Het aantal vrijheidsgraden geeft het aantal onafhankelijke waarnemingen weer. De waarde n geeft het aantal geteste waarden. Wanneer $|t_0| \leq t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$ kunnen we H_0 aannemen. Wanneer $|t_0| > 2$ · betekent dit dat we H_0 kunnen verwerpen en dat $H_1: \beta_1 \neq 0$. Hierdoor kunnen we stellen dat met een betrouwbaarheid van 95% een regressie aanwezig is.

De berekening voor t_0 volgt in vergelijking [3.25] tot en met [3.29].

Vergelijking [3.25] geeft de berekening van de ‘Sum of total Squares’, SS_T . Dit is de som van de totale afwijking tussen y_i en het gemiddelde van y : \bar{y} .

$$SS_T = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad [3.25]$$

Vergelijking [3.26] geeft de vergelijking om \cdot te berekenen. SS_{res} geeft de som van de onvoorspelbare afwijking.

$$SS_{res} = SS_T - \beta_1 S_{xy} \quad [3.26]$$

De verwachte variantie, $\hat{\sigma}^2$ of ook wel de ‘Residual Mean Square’ \cdot , volgt door vergelijking [3.27] toe te passen. Dit is het gemiddelde van de som van de onregelmatige afwijking.

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{SS_{res}}{n-2} = MS_{res} \quad [3.27]$$

Vergelijking [3.28] geeft de standaardafwijking, $se(\beta_1)$, van β_1 .

$$se(\beta_1) = \sqrt{\frac{MS_{res}}{S_{xx}}} \quad [3.28]$$

Montgomery (2015) bepaalt t_0 aan de hand van vergelijking [3.29]

$$t_0 = \frac{\beta_1}{se(\beta_1)} \quad [3.29]$$

Vervolgens vergelijkt hij t_0 met $t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$. De waarde van $t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$ met α het betrouwbaarheidsniveau en $n-2$ het aantal vrijheidsgraden, is in een t-tabel te vinden. Wanneer $|t_0| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$ nemen we H_1 aan en is er een significant verband tussen de afhankelijke en verklarende variabelen.

3.2 Betrouwbaarheidstesten

De theorie vergelijkt de voorspelde data met werkelijke data door middel van het toepassen van verschillende betrouwbaarheidstesten. Diaz (2011) geeft 'Mean Standard Error' (MSE), 'Mean Absolute Deviation' (MAD), 'Mean Absolute Percentage Error' (MAPE) en Bias als meest voorkomende statistische berekeningen om modellen te evalueren. De theorie gebruikt meerdere verschillende betrouwbaarheidstesten om een representatiever beeld te vormen over het beste voorspellingsmodel.

In de testen geeft ε_t , de afwijking voor het verschil tussen de werkelijke vraag en de voorspelde vraag, zie vergelijking [3.30].

$$\varepsilon_t = (y_t - \hat{y}_t) \quad [3.30]$$

MSE geeft de variantie van de voorspelling.

$$MSE_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2$$

MAD gebruikt de absolute afwijking in periode t als schatter. A_t Geeft de absolute waarde van de afwijking, $A_t = |\varepsilon_t|$. Vergelijking [3.31] geeft de formule voor de berekening voor MAD artikelen die voorspellingsmodellen vergelijken gebruiken MAD ook om de standaardafwijking te berekenen, wanneer deze normaal verdeeld is.

$$MAD_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\varepsilon_t| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n A_t \quad [3.31]$$

Vergelijking [3.32] geeft de berekening voor MAPE weer. Diaz (2011) geeft MAPE als deze absolute afwijking als een percentage van de vraag.

$$MAPE_n = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{\varepsilon_t}{y_t} \right| * 100}{n} \quad [3.32]$$

Vergelijking [3.33] berekent of de gemiddelde afwijking tussen de voorspelde waarde en de geobserveerde waarde een positieve of negatieve afwijking heeft. Wanneer een voorspelling constant een bepaalde waarde afwijkt, is dit nog in de voorspelling aan te passen.

$$Bias_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t \quad [3.33]$$

3.3 Conclusie

Dit hoofdstuk beschrijft de berekening, de voordelen, nadelen en restricties van verschillende vraagvoorspellingsmodellen. Allereerst maakt Armstrong (2001) onderscheid tussen twee voorspellingsmodellen, het 'Time Series' model en het 'Cause-and-Effect' model.

De 'Time Series' modellen voorspellen waarden aan de hand van geobserveerde waarden. En onderscheiden de variabelen level, trend en seizoensinvloed. Onder de 'Time Series' modellen is er onderscheid tussen statische modellen en dynamische modellen. Een statisch model voorspelt de variabelen eenmalig en past direct de voorspelling toe. Het 'Classical Decomposition' model is een statisch model. Het 'Classical Decomposition' model gaat uit van de systematische variabelen level, trend en seizoensinvloed. Dynamische modellen stellen de variabelen vast voor de eerste voorspelling en passen de waarden na elke observatie aan. De dynamische modellen zijn 'Simple Exponential Smoothing' (SES), waarbij alleen het level een systematische variabele vormt. Een uitbreiding hierop waarbij ook de trend deel uit maakt van de systematische variabelen is het Holt model. Winter's heeft een laatste uitbreiding hierop waarbij ook de seizoensinvloed is meegenomen in de berekening.

Cause-and-Effect modellen splitsen zich in Lineaire Regressie en 'Neural Networks' modellen. De toepassing van 'Neural Networks' vereist veel achtergrondkennis. 'Lineaire Regressie' berekent de verhouding tussen de verklarende variabele en de voorspellende (afhankelijke) variabele, waarbij de verklarende variabele een invloed heeft op de voorspellende variabele. Het aantal verklarende variabelen onderscheidt Enkelvoudige Lineaire Regressie van Meervoudige lineaire regressie. De berekening voor meervoudige regressie geeft meer berekeningsstappen, maar kan een hogere betrouwbaarheid opleveren.

Betrouwbaarheidstesten geven de betrouwbaarheid van de modellen om zo modellen met elkaar te vergelijken. (Diaz, 2011) beschrijft MSE, MAD MAPE en Bias als de meest gebruikte betrouwbaarheidstesten. MSE geeft de variantie. MAD berekent de absolute fout. MAPE houdt rekening met de grootte van de verklarende waarden. Bias berekent of de gemiddelde afwijking een positieve of negatieve afwijking heeft.

4. Het voorspellen van het benodigde aantal GVC's

Eerder is in hoofdstuk 3 een overzicht gegeven van verschillende voorspellingsmethodes en testen waarmee men voorspellingsmethodes kan testen. Dit hoofdstuk beschrijft de keuze voor één van deze voorspellingsmodellen. Daarnaast geeft dit hoofdstuk de berekening en het advies hoeveel GVC's NAM moet inhuren om de kosten zo laag mogelijk te houden, waarbij NAM altijd GVC's kan leveren.

De volgende onderzoeksvraag staat in dit hoofdstuk centraal.

Hoeveel GVC's moet NAM voltijd huren en met welk contractvorm, zodat de kosten zo laag mogelijk zijn?

We doorlopen verschillende stappen voor de beantwoording van de onderzoeksvraag. Deze stappen staan hieronder weergegeven:

1. We kiezen een eenvoudig en betrouwbaar vraagvoorspellingsmodel;
2. We berekenen het aantal GVC's dat een dag deeltijd gehuurd moet worden bij verschillende aantallen voltijd gehuurde GVC's;
3. We berekenen wat de kosten zijn van verschillende contractvormen bij verschillende aantallen voltijd gehuurde GVC's;
4. We kiezen de goedkoopste contractvorm en het daarbij horende aantal GVC's dat NAM voltijd dient te huren.

Allereerst beargumenteren we welk vraagvoorspellingsmodel NAM het beste kan gebruiken in paragraaf 4.1. Vervolgens beschrijven we in paragraaf 4.2 de berekening voor het aantal benodigde GVC's deeltijd in huur bij verschillende aantallen voltijd gehuurde GVC's. Paragraaf 4.3 geeft de kosten van verschillende contractvormen bij verschillende aantallen voltijd gehuurde GVC's. In deze paragraaf geven we ook het advies welk contractvorm voor NAM het voordeligst is en hoeveel GVC's ze voltijd dienen te huren. Als laatste sluit paragraaf 4.4 het hoofdstuk af met de conclusie.

4.1 Keuze vraagvoorspellingsmodel

In deze paragraaf staat de volgende onderzoeksvraag centraal.

Welk voorspellingsmodel kan NAM het beste gebruiken voor het voorspellen van het gebruik van GVC's?

NAM heeft, zoals hoofdstuk 3 eerder noemt, aangegeven dat het vraagvoorspellingsmodel aan twee voorwaarden moet voldoen; het model moet eenvoudig en betrouwbaar zijn. Op basis van deze twee voorwaarden bepalen we de stappen die we volgen voor het kiezen van het model. De twee voorwaarden zijn hieronder toegelicht.

Eenvoudig

Het vraagvoorspellingsmodel dient om de volgende twee redenen eenvoudig te zijn:

- Meerdere werknemers van NAM moeten het model kunnen begrijpen, zonder veel achtergrond kennis;
- NAM moet het model zelf kunnen toepassen en aanpassen. Daardoor kunnen ze het model in de toekomst blijven gebruiken. Daarnaast kunnen ze het ook voor andere (vuil)containers gebruiken.

In de keuze voor het vraagvoorspellingsmodel beoordelen we eerst of deze eenvoudig genoeg is voor het gebruik van NAM. Wanneer dit niet het geval is, valt het vraagvoorspellingsmodel af.

Betrouwbaar

Het model dient zo betrouwbaar mogelijk te zijn, zodat de voorspelling zo goed mogelijk aansluit op de werkelijkheid. Hierdoor kan NAM berekenen wat de goedkoopste contractvorm is en een juiste beslissing nemen over het aantal voltijd te huren GVC's. We kunnen de betrouwbaarheid verhogen door er op de volgende drie manieren rekening mee te houden:

- Een voorspellingsmodel te kiezen dat hoog scoort op meerdere betrouwbaarheidstesten. Het is belangrijk om een model te gebruiken dat een zo goed mogelijke voorspelling geeft voor het gebruik van GVC's, omdat NAM anders een verkeerde inschatting maakt voor het aanschaffen van voltijd gehuurde GVC's. Dit leidt mogelijk tot extra kosten;
- Een voorspellingsmodel te kiezen dat een voorspelling maakt met waardes in de toekomst van een juiste periode grootte. Het kiezen van de periodegrootte is belangrijk, omdat de betrouwbaarheid verschilt per grootte;
- Het model neemt de dagelijkse variatie mee. In de vervolgstap berekenen we hoeveel GVC's NAM een dag deeltijd moet huren. Dit varieert per dag. Wanneer we alleen uitgaan van een gemiddelde, valt het aantal deeltijd te huren GVC's kleiner uit. Dit heeft impact op de keuze voor de contractvorm en het aantal GVC's dat NAM voltijd dient te huren.

Het kiezen van het beste model hebben we in verschillende stappen verdeeld:

1. Voorselectie;
2. Betrouwbaarheidstest;
3. Dagelijkse variatie toevoegen.

In paragraaf 4.1.1 reduceren we het aantal vraagvoorspellingsmodellen die we eerder in hoofdstuk 3 hebben toegelicht. Dit met de reden dat we in paragraaf 4.1.2 de beste vraagvoorspellingsmodellen aan de hand van een betrouwbaarheidstest kunnen vergelijken. In deze paragraaf maken we een keuze voor het model en met welke periode grootte we het beste een voorspelling kunnen maken. Vervolgens bepalen we in paragraaf 4.1.3 hoe we de dagelijkse variatie het best in het model mee kunnen nemen.

4.1.1 Voorselectie

Hoofdstuk 3 geeft informatie over verschillende vraagvoorspellingsmodellen. De modellen verschillen in het gebruik van het aantal variabelen die de voorspelling berekenen. Daarnaast verschillen ze in de vereiste achtergrondkennis en in het aantal stappen om de voorspelling te berekenen. Een model met meer berekeningsmodellen kan nauwkeuriger zijn, maar dit geeft geen garantie. In de voorselectie kiezen we welke modellen we testen door middel van de volgende stappen:

1. Eenvoud van een model;
2. Van invloed hebbende factoren uit de analyse;
3. Specifieke restricties van de modellen afkomstig uit de theorie.

Eenvoud van het model

NAM vindt het belangrijk dat het model eenvoudig toe te passen is. Meerdere werknemers zullen met het model gaan werken. Daarnaast heeft NAM ook andere containers of tanks waar ze een voorspelling voor willen maken. In hoofdstuk 3 zijn het 'Neural Network' model en het meervoudige regressie model eerder genoemd. Deze modellen zijn niet direct te begrijpen zonder achtergrondkennis. Daarom vallen deze modellen af. Hieronder zijn de modellen die mogelijk bruikbaar zijn weergegeven.

- 'Classical Decomposition' model
- 'Simple Exponential Smoothing' model (SES model)
- Holt's model
- Winter's model
- Enkelvoudig Lineair Regressiemodel

Van invloed zijnde factoren uit de analyse

We kunnen de selectie verkleinen door het gebruik van systematische variabelen in de 'Time Series' modellen met elkaar te vergelijken. De systematische variabelen uit het level, de trend en de seizoensinvloed. Tabel 4.1 geeft de aanwezigheid van de systematische variabelen per model weer. Hoofdstuk 2 noemt eerder de mogelijkheid dat er een trend en seizoen in het model aanwezig is. We stellen dan ook als voorwaarde dat het 'Time Series' model in ieder geval één van deze twee variabelen moet bevatten. Het SES model is alleen van toepassing wanneer trend en seizoensinvloed ontbreken. Daarom testen we het SES model niet verder. Het 'Classical Decomposition' model, het Holt's model, het Winter's model en het Enkelvoudig Lineair Regressie model zijn nog steeds van toepassing.

Model	Level	Trend	Seizoen
'Classical Decomposition'	X	X	X
SES	X		
Holt's	X	X	
Winter's	X	X	X

Tabel 4.1: Aanwezigheid systematische variabelen

Model specifieke restricties

De theorie noemt twee restricties voor het gebruik van specifieke modellen. Allereerst is er een restrictie voor het berekenen van modellen met een seizoensfactor. Daarnaast is er ook een restrictie genoemd voor het toepassen van Lineaire Regressie modellen. Deze zijn hieronder verder toegelicht.

Seizoen berekening restrictie

Hoofdstuk 3 noemt een restrictie voor modellen waar de seizoensfactor een rol speelt. Zoals Tabel 4.1 eerder laat zien bevatten het 'Classical Decomposition' model en het Winter's model een variabele die de seizoensinvloed meeneemt. Volgens Chopra (2007) vereisen de modellen data van minstens drie jaar terug. De beschikbare data van NAM lopen van 1-1-2013 tot 22-6-2016 en voldoet aan de restrictie. De modellen met seizoensfactor blijven geschikt voor de voorspelling.

Lineaire Regressie restrictie

Hoofdstuk 3 geeft als voorwaarde voor het gebruik van een lineair regressie model dat er tussen de verklarende variabele en de afhankelijke variabele een significant verband aantoonbaar moet zijn. Voordat we volgens het 'Enkelvoudig lineair regressie' model een voorspelling doen, zullen we testen

of er een significant verband is tussen de verklarende variabele en de vraag. Wanneer dat verband ontbreekt, kunnen we het model niet gebruiken.

Hoofdstuk 3 geeft de berekening om te testen of regressie significant aanwezig is tussen een verklarende variabele en een afhankelijke variabele. De afhankelijke variabele geeft het aantal GVC's in gebruik. NAM verwacht dat het aantal personen op een platform een verklarende factor is voor het aantal GVC's in gebruik. De medewerkers op het platform genereren het huisvuil bestemd voor GVC's. Wanneer er meer werknemers op het platform zijn, veroorzaakt dit hoogstwaarschijnlijk meer huisvuil en ook meer vraag naar GVC's.

NAM heeft gegevens beschikbaar over het aantal 'Persons on Board' (PoB) per maand per platform. De historische gegevens gaan terug tot 2011. Ook heeft NAM een planning voor het aantal PoB voor 2016. We voeren verschillende regressie testen uit: Voor elk platform, de verschillende platformsoorten bij elkaar en alle platformen bij elkaar. *Bijlage IV.A* geeft de significantie per test en de methode hoe we tot deze waardes gekomen zijn. Uit de test komt dat er alleen voor twee bemande platformen en voor twee schepen een significant verband is. We achten dit niet voldoende om Enkelvoudige Lineaire Regressie toe te passen met PoB als verklarende waarde.

We vinden het onwaarschijnlijk dat er geen verband is tussen het gebruik van GVC's en het aantal personen aan boord. In overleg met NAM hebben we drie mogelijke oorzaken opgesteld, te noemen gewenning, het wel of niet inspelen op verandering van PoB en hogere vulratio's bij een hoger PoB waarde. De drie mogelijke oorzaken zijn besproken. Echter volgt er uit de drie opties geen verhelderde verklaring dat er geen verband is tussen het gebruik van GVC's en de PoB. De uitleg van de mogelijke oorzaken en een visualisatie hiervan is gegeven in *bijlage IV.B*.

De modellen die na de drie onderdelen van de voorselectie in aanmerking voor het uitvoeren van de betrouwbaarheidstesten zijn:

- 'Classical Decomposition' model
- Holt's model
- Winter's model

4.1.2 Betrouwbaarheidstest

Deze paragraaf geeft de uitvoering van de betrouwbaarheidstest. Eerst geven we de testvarianten, en vervolgens geven we de keuze van het vraagvoorspellingsmodel.

Testvarianten

Het vergelijken van vraagvoorspellingsmodellen aan de hand van betrouwbaarheidstesten kan op verschillende manieren:

1. Verschil in de grote van de tijdperiode;
2. Een test met 2015 en 2016;
3. Een verschil in het soort betrouwbaarheidstest.

Door de modellen aan verschillende criteria te testen is er meer vergelijkingsmateriaal en kunnen we een duidelijker beeld genereren welk voorspellingsmodel NAM het beste kan gebruiken. De uitleg van de verschillende combinaties volgt hieronder.

Verschillende tijdsperiodes

De voorspelling van het gebruik van GVC's kan met verschillende groottes van tijdsperiodes. Het is belangrijk dat de voorspelling op genoeg data is gebaseerd. Ook is het belangrijk dat de test

nauwkeurig is. We hebben gekozen voor periodes van een week, maand en kwartaal. De tijdsperiode van een jaar is niet van toepassing aangezien dit maar drie datapunten geeft. De tijdsperiode van een dag is niet te gebruiken aangezien het te veel waardes in de toekomst moet voorspellen. Daarnaast is het nooit betrouwbaar om met 'time series' modellen op dag niveau een voorspelling te maken. De periodes week, maand en kwartaal zijn wel nauwkeurig genoeg en we beschikken over genoeg data.

2015 en 2016

De data van het gebruik van GVC's lopen van 1-1-2013 tot en met 22-06-2016. Om zeker te zijn dat het model goed functioneert, maken we met data van 1-1-2013 – 30-6-2015 een voorspelling van 01-07-2015. Daarnaast maken we met data van 1-1-2013 tot en met 31-12-2015 een voorspelling voor 1-1-2016 tot en met 22-6-2016. Voor de voorspellingen nemen we voor het vaststellen van de constanten α , β en γ de waarde waarbij de afwijking van de voorspelde en de geobserveerde waarde het kleinst is. We nemen de som van de afwijking van de tijdsperiode een half jaar voor de voorspelling tot aan de voorspelling.

Soort betrouwbaarheidstest

In de theorie zijn vier betrouwbaarheidstesten uitgelegd, te weten MSE, MAD, MAPE en Bias. De vraagvoorspellingsmodellen hebben we op al deze vier testen getest.

In totaal testen we elk vraagvoorspellingsmodel op 3 tijdsperiodes, vergelijken we het met data uit 2 verschillende jaren en gebruiken we 4 verschillende soorten betrouwbaarheidstesten.

Keuze vraagvoorspellingsmodel

Voor het 'Classical Decomposition' model, Holt's model en Winter's model zijn de voorspellingen uitgevoerd. De rekenstappen voor het uitvoeren van het toekomstige gebruik van 2015 en 2016 zijn in hoofdstuk 3 weergegeven. De voorspellingen zijn gegeven per week, maand en kwartaal.

Nadat we de voorspellingen hebben bepaald vergelijken we deze met de werkelijke waardes van dezelfde periode. Tabel 4.2 geeft de uitkomsten van de testen weer. De gekleurde vakken in de tabel geeft de beste score (laagste afwijking) tussen de drie verschillende vraagvoorspellingsmodellen weer. De keuze tussen de modellen maken we op basis van twee stappen:

1. We kiezen het model dat het vaakst het beste scoort.
2. We kiezen de tijdsperiode waarvan de tijdsperiode de beste betrouwbaarheid heeft.

Uit de tabel concluderen we dat het Holt model het best scoort (15 keer van de 24). Dit is een meerderheid. Het zwakke punt van dit model is dat het relatief slecht scoort op de Bias betrouwbaarheidstest. Dit behandelen we in de vervolgstap, waarbij we de variatie per dag in het model opnemen.

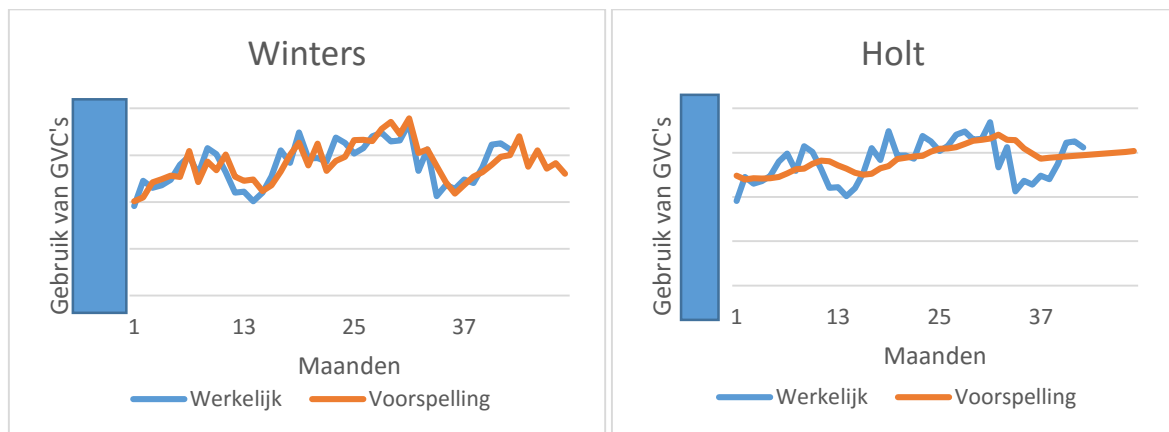
Voor elke betrouwbaarheidstest van het Holt model hebben we de cel die het beste scoort dik omrand. Hieruit blijkt dat de voorspelling per maand 3 van de 4 keer het beste scoort. Bij de MAD betrouwbaarheidstest scoort deze net iets lager dan het kwartaal, maar dit is een klein verschil.

		MSE			MAD			MAPE			Bias		
		CD	Holt	Winters	CD	Holt	Winters	CD	Holt	Winters	CD	Holt	Winters
Week	2015	60,60	27,48	53,88	6,80	4,01	6,34	14,04	7,99	13,13	-0,37	-0,11	-0,07
	2016	70,02	15,12	22,42	7,03	3,32	3,77	15,58	7,06	8,09	6,71	0,09	-0,05
Maand	2015	41,77	13,54	32,95	5,68	3,25	4,62	11,58	6,53	9,89	-1,55	-0,43	0,82
	2016	40,67	10,62	22,42	6,16	3,06	3,77	12,89	6,40	3,97	6,16	0,36	-0,05
Kwartaal	2015	40,09	39,23	33,37	5,57	3,92	5,06	11,67	8,84	10,61	0,00	3,33	-0,01
	2016	32,72	18,14	1,91	5,62	3,02	27,55	11,71	6,63	2,81	5,62	3,01	26,52

Tabel 4.2: Resultaten betrouwbaarheidstest

Na vergelijking van de betrouwbaarheidstesten stellen we het Holt model met een tijdsperiode van een maand als beste voorraadvoorspellingsmodel. Dit model gebruiken we in de verdere berekeningen.

Ter controle vergelijken we het Holt en Winter's model met een tijdsperiode van een maand in een grafiek. In Figuur 4.1 lijkt het wellicht dat het Winter's model nauwkeuriger is. Echter kunnen we ook zien dat de voorspelling "achter loopt" en daarom minder betrouwbaar is. Het Holt model heeft geen grote extremen, maar blijft wel de extremen die voorkomen in de werkelijkheid volgen. We kunnen na deze vergelijking nog steeds het Holt model als beste voorspellingsmodel hanteren.



Figuur 4.1: Winter en Holt's model

4.1.3 Dagelijkse variatie

Zoals eerder in dit hoofdstuk vermeldt, is het belangrijk om de variatie per dag in het model mee te nemen. Uit de voorgaande paragraaf is gekomen dat de voorspelling via het Holt's model per maand het beste model is om het aantal GVC's in gebruik te voorspellen. Het doel van het voorspellen is om het aantal GVC's te bepalen dat NAM per dag nodig heeft. Hiermee berekenen we hoe vaak bepaalde hoeveelheden in gebruik zijn door NAM en hoeveel GVC's NAM dient te huren. De variatie in het gebruik wisselt per dag en daarom is het belangrijk om te bepalen wat de beste manier is om de maandvoorspelling naar een dagvoorspelling om te rekenen. Hierdoor is de voorspelling een aanname van het gebruik in de maand.

We hebben drie methodes opgesteld die van een maandvoorspelling een dagvoorspelling kunnen maken. We lichten de methodes eerst toe, vervolgens geven we de resultaten en de conclusie.

Methodes

De methodes die we hebben opgesteld zijn de volgende:

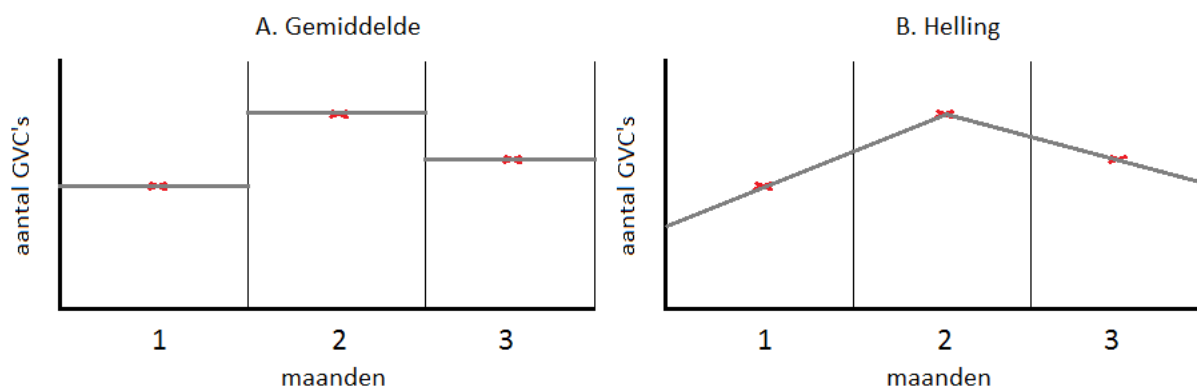
1. Uitbreiden;
2. Standaarddeviatie per maand vergelijken;
3. Seizoensvariatie per jaar vergelijken.

De eerste methode is de eenvoudigste oplossing. Wanneer methode 2 en 3 geen duidelijk resultaat geven, nemen we methode 1 aan.

Uitbreiden

Het uitbreiden bestaat uit het geven van een waarde aan een dag in de toekomst. Voor elke maand zijn er waarden bekend. Er zijn twee mogelijkheden.

- Elke dag in de voorspelde maand krijgt hetzelfde voorspelde aantal als in die maand. Stel in één maand is er een gebruik van 50 GVC's voorspeld. Elke dag in deze maand heeft nu ook als voorspelling 50 GVC's. Zie Figuur 4.2, afbeelding A.
- De helling tussen de verschillende waarden in de maanden blijft behouden. De helling tussen maand 1 en maand 2 verdelen we in het aantal stappen van dagen in de maand, zodat de helling gelijk blijft en alle dagen een verschillende waarde hebben. Zie Figuur 4.2, afbeelding B.



Figuur 4.2: Van maandvoorspelling naar dagvoorspelling

De methode kunnen we testen door de afwijking tussen de voorspelde waarden en de werkelijke waarden te vergelijken. Daarnaast kunnen we de verdeling van de variatie per maand vergelijken met de werkelijke variatie per maand.

Standaardafwijking per maand vergelijken

Het kan per maand verschillen hoe de waarden verschillen ten opzichte van het gemiddelde van de maand. Wanneer er in specifieke maanden meer variatie plaatsvindt en dus de standaarddeviatie hoger is, kunnen we dit verwerken in het voorspelde gebruik van GVC's. In plaats van het gemiddelde per maand ook voor de dag te gebruiken, zijn de waarden een aantal keren lager en een aantal keren hoger dan het gemiddelde.

Variatie verdeling per maand vergelijken

Naast het Holt model, dat als betrouwbaarste model uit de test is gekomen, scoorde het Winters model ook goed. In verband met de verwachtingen van NAM dat het seizoen een rol speelt in de variatie van het gebruik van GVC's, onderzoeken we of er sprake is van variatie in het gebruik tussen de maanden. We hebben twee methodes opgesteld om een eventueel verband te herkennen.

- De seizoensvariatie kunnen we meten door een voorspelling te maken van de afwijking van 2016, door het gemiddelde van de jaren van 2013-2015 te berekenen. Deze voorspelling vergelijken we met de werkelijke variatie. We vergelijken per maand of een maand voornamelijk boven of onder het gemiddelde van dat jaar scoort. Dit kunnen we vergelijken met de werkelijke variatie van 2016.

- We kunnen ook via het Winter's model de seizoensinvloed per dag berekenen. Eerder hebben we aangegeven dat het niet betrouwbaar is om een voorspelling op dagniveau te maken, aangezien de voorspelling niet specifiek genoeg is. De voorspelling is niet betrouwbaar om een voorspelling te maken voor erg veel waardes in de toekomst. Echter, de voorspelling neemt de variatie, veroorzaakt door de seizoensinvloed, mee. We kunnen de verdeling van de voorspelling met seizoensinvloed vergelijken met de verdeling van het werkelijk gebruik. Wanneer deze overeenkomt, kunnen we vervolgens de voorspelling van Holt gebruiken per maand en de seizoensinvloed per dag via het Winter's model toevoegen.

Wanneer één methode erg overeenkomt met de verdeling van 2016 kunnen we deze aannemen.

Resultaten

De berekening en de resultaten zijn weergegeven in *bijlage IV.C*. De conclusie per onderdeel volgen hieronder.

Uitbreiden

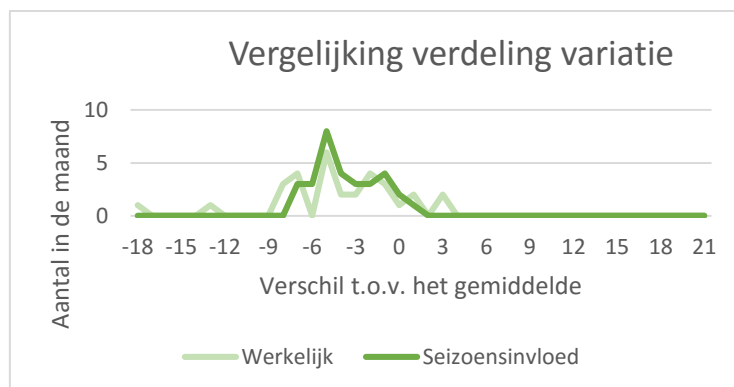
We kunnen concluderen dat we het omrekenen van de waardes per maand het beste om kunnen zetten naar waardes per dag via de methode waarbij we rekening met de helling houden.

Standaardafwijking per maand vergelijken

Er is waarschijnlijk wel een verband, maar welk verband is niet erg duidelijk. Vanwege het onduidelijke verband gaan we deze methode niet gebruiken.

Variatie verdeling per maand vergelijken

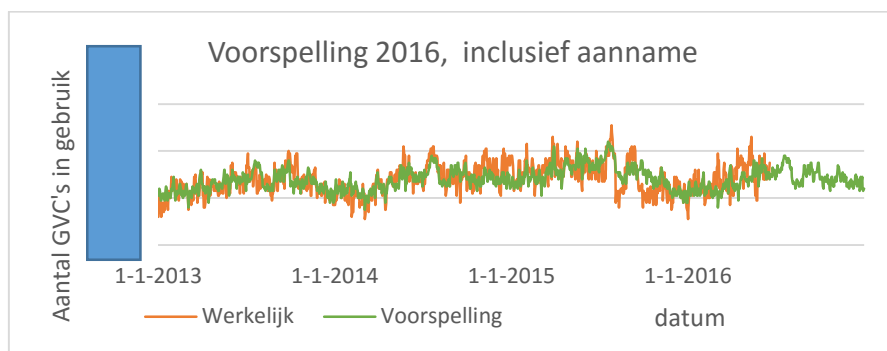
Uit de vergelijking kunnen we concluderen dat het toevoegen van de seizoensinvloed de variatie per dag mee kan nemen. Om zeker te zijn dat deze methode beter is dan de basismethode 1, is via grafieken de verdeling vergeleken. De vergelijking tussen de werkelijke verdeling en de verdeling met behulp van de seizoensinvloed per dag van de maand januari is in Figuur 4.3 weergegeven.



Figuur 4.3: Vergelijking verdeling variatie

Het beste voorspellingsmodel bestaat uit een voorspelling via Holt's model en vervolgens de seizoensinvloed berekenen per dag via het Winter's model. Dit geeft de variatie aan en is een aanname voor de variatie in de maand.

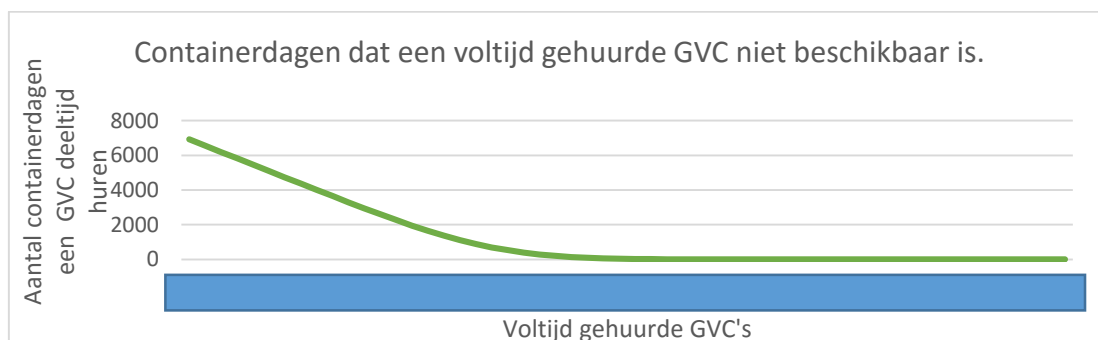
Het verloop van de toekomstige waarden van de voorspelling, inclusief aanname is weergegeven in Figuur 4.4.



Figuur 4.4: Voorspelling 2016

4.2 Het aantal GVC's voltijd en deeltijd in huur

We bepalen bij verschillende waarden van het aantal GVC's voltijd in huur hoeveel containerdagen NAM een GVC deeltijds bij moet huren. Hierbij tellen we voor elke dag het aantal GVC's bij elkaar op dat boven het voltijd gehuurde aantal GVC's komt. Figuur 4.5 geeft het aantal containerdagen bij een bepaald aantal GVC's voltijd in huur. Op de x-as staat het aantal GVC's dat voltijd in huur is voor 2016. Op de y-as staat het aantal containerdagen dat een GVC niet leverbaar is.



Figuur 4.5: Het aantal containerdagen dat GVC's niet leverbaar zijn

4.3 Het benodigde aantal GVC's voltijd in huur voor 2016

Deze paragraaf geeft het aantal GVC's dat NAM in 2016 voltijd dient te huren. Daarnaast geeft het ook welk contractvorm NAM het beste met Van Gansewinkel moet vastleggen. Eerst geeft paragraaf 4.1.3 de berekening van de kosten per optie. Vervolgens geeft paragraaf 4.3.2 de berekening van het aantal GVC's dat NAM deeltijd dient te huren per contractvorm. Hieruit volgt ook welke contractvorm het goedkoopst is.

4.3.1 Kosten berekening per optie

De kosten per contractvorm berekenen we aan de hand van verschillende vergelijkingen. Deze leggen we in deze paragraaf uit. De verschillende mogelijke combinaties tussen het voltijd en deeltijd huren van GVC's zijn eerder in paragraaf 2.1.5 toegelicht en hieronder herhaalt.

De mogelijke combinaties tussen voltijd huren en deeltijd huren zijn:

1. GVC's altijd voltijd huren;
2. Een deel van de GVC's voltijd huren en wanneer er niet genoeg GVC's zijn extra GVC's bij huren bij van Gansewinkel. Van Gansewinkel heeft hierbij geen verantwoordelijkheid dat er altijd extra GVC's op voorraad staan;
3. Een deel van de GVC's voltijd huren en een deel flexibel huren met een levergarantie van Van Gansewinkel;
4. GVC's altijd flexibel huren bij Van Gansewinkel met een levergarantie van Van Gansewinkel.

De vergelijkingen [4.1] – [4.5] om de opties te berekenen hebben we als volgt opgesteld.

$$\text{veiligheidsvoorraad} = z \times \sigma \quad [4.1]$$

$$\text{Kosten optie 1} = (\mu + z(0,99) \times \sigma) * k_1 * 365 \quad [4.2]$$

$$\text{Kosten optie 2} = (V_2 + z(0,98) \times \sigma) * k_1 * 365 + D_2 * k_2 \quad [4.3]$$

$$\text{Kosten optie 3} = (V_3 + z(0,95) \times \sigma) * k_1 * 365 + D_3 * k_3 \quad [4.4]$$

$$\text{Kosten optie 4} = D_4 * k_4 \quad [4.5]$$

De variabelen gebruikt in de vergelijkingen zijn hieronder toegelicht.

μ =	Gemiddelde gebruik van GVC's in 2016
σ =	Standaarddeviatie van het gebruik van GVC's in 2016
$z(\text{servicelevel})$ =	Factor om de betrouwbaarheid van de veiligheidsfactor met te bepalen. Het servicelevel vullen we in en verschilt per optie.
k =	Kosten vastgesteld per optie
V =	Aantal GVC's voltijd in huur
D =	Aantal containerdagen dat NAM een GVC deeltijd huurt

Vergelijking [4.1] geeft de formule van de veiligheidsvoorraad. Deze veiligheidsvoorraad is in de berekening van optie 1,2 en 3 opgenomen, omdat hier sprake is van een onzekerheid van de beschikbaarheid van de GVC's voltijd in huur. De veiligheidsvoorraad bestaat uit de z-factor en de standaarddeviatie.

Optie 1 berekenen we door vergelijking [4.2] toe te passen. De kosten bestaan alleen uit voltijd gehuurde GVC's die NAM het hele jaar huurt. Het aantal bepalen we door het gemiddelde en de veiligheidsvoorraad bij elkaar op te tellen en dit te vermenigvuldigen met de kosten per GVC. Daarnaast huurt NAM deze 365 dagen per jaar. Het servicelevel is hoog (99%), omdat NAM altijd aan de aanvraag moet kunnen voldoen.

Optie 2 en optie 3 berekenen we aan de hand van vergelijking [4.3] en [4.4]. Voor elke waarde van een voltijd gehuurde GVC is in de vorige stap een aantal GVC's bepaald dat NAM deeltijd moet huren. Het aantal voltijd gehuurde GVC's vermeerderen we met een veiligheidsfactor, omdat er een mogelijkheid is dat de GVC's niet aanwezig zijn. De voltijd gehuurde GVC's zijn even duur als bij contractvorm 1. De deeltijd gehuurde GVC's hebben hogere kosten (k_2 en k_3). We stellen het servicelevel van optie 2 op 98%. De kans is groot dat Van Gansewinkel GVC's beschikbaar heeft voor deeltijd gebruik, echter dit is niet zeker. Daarom is het noodzakelijk dat NAM een veiligheidsvoorraad met een hoog servicelevel toepast, zodat het zeker is dat NAM altijd GVC's kan leveren. Het servicelevel van optie 3 op 95%. Van Gansewinkel houdt 10 GVC's voor NAM achter om deeltijds te gebruiken, om te zorgen dat er niet meer nodig zijn stellen we wel een veiligheidsvoorraad op.

Optie 4 berekenen we door vergelijking [4.5] toe te passen. Alle GVC's huurt NAM deeltijds. Er is geen veiligheidsvoorraad toegevoegd, aangezien Van Gansewinkel altijd GVC's beschikbaar heeft voor gebruik.

De berekende voorraad voor optie 1 en veiligheidsvoorraad voor optie 2 en 3, door invulling van σ en $z(\text{servicelevel})$, is weergegeven in Tabel 4.3. Tevens staan hier de kosten vermeld.

	Optie1	Optie2	Optie3	Optie4
Service Level	0,99	0,98	0,95	-
(Veiligheid)voorraad	63	12	10	
Kosten (k)	€15,50	€20,-	€25,-	€20,-

Tabel 4.3: overzicht veiligheidsvoorraad en kosten per optie

4.3.2 Aantal voltijd te huren GVC's en beste contractvorm

Per contractvorm bepalen we bij welk aantal voltijd gehuurde GVC's de kosten het laagst zijn. Hierna kunnen we de kosten per contractvorm met elkaar vergelijken en de goedkoopste contractvorm kiezen.

Berekening hoeveel GVC's voltijd nodig zijn per contractvorm

We berekenen voor elke contractvorm per aantal voltijd gehuurde GVC's wat de kosten zijn. Omdat de verdeling tussen het aantal voltijd gehuurde GVC's en dagen dat NAM een GVC deeltijd huurt verschilt, verschillen de kosten voor optie 2 en 3. Voor optie 1 en 4 staan de kosten vast, omdat hier sprake is van alleen voltijd of alleen deeltijd huren.

De resultaten van de kosten per contractvorm staan weergegeven in *bijlage IV.D*. Per contractvorm is de goedkoopste combinatie tussen voltijd en deeltijd huren van GVC's weergegeven in Tabel 4.4. De kosten per contractvorm zijn ook weergegeven.

We concluderen uit Tabel 4.4 dat contractvorm 2 de goedkoopste contractvorm is. NAM dient 58 GVC's voltijd te huren, waarbij van Gansewinkel 10 GVC's voor NAM beschikbaar houdt voor deeltijd gebruik. De verwachte kosten bedragen €34.227,-.

	1	2	3	4
Voltijd te huren aantal GVC's				
Verwachting aantal keer een dag een GVC deeltijd huren	-			
Kosten	€352270,-	€347940,-	€355330,-	€357420,-

Tabel 4.4: Overzicht goedkoopste waarde voor optie

De kosten van het huren van de GVC's in 2015 waren €480.890,-. Het verschil tussen de kosten van 2015 en de verwachte kosten voor 2016 is €132.950,-. Dit is een reductie van 27,6% van de kosten.

4.4 Conclusie

We hebben de keuze voor het vraag voorspellingsmodel gekozen door het model te kiezen dat in de testen het vaakst de hoogste betrouwbaarheid heeft. Uit de test is gekomen dat het vraagvoorspellingsmodel van Holt de hoogste betrouwbaarheid heeft. Hierbij is de voorspelling per maand gemaakt. De variatie per dag is meegenomen in de voorspelling door de seizoensinvloed per dag van het Winter's model te integreren. Met de voorspelling hebben we berekend hoeveel containerdagen een GVC's niet leverbaar zou zijn wanneer NAM een bepaald aantal GVC's zou huren. Voor het huren van de GVC's zijn er vier verschillende opties mogelijk waarbij een combinatie tussen voltijd en deeltijd is gemaakt. De voordeligste contractvorm is de contractvorm waarbij NAM **XX** GVC's voltijd huurt en GVC's deeltijd huurt wanneer de voltijd GVC's in gebruik zijn. Bij deze

contractvorm houdt Van Gansewinkel altijd **XX** GVC's achter de hand voor NAM. De verwachte kosten voor 2016 bedragen €34.227, -. In vergelijking met 2015 is dit een reducering van de kosten van **XX** %.

5. Conclusie & Aanbevelingen

Dit hoofdstuk bestaat uit twee paragrafen. Allereerst geeft paragraaf 5.1 antwoord op de hoofdvraag en advies over de vervolgstappen voor NAM zijn om direct kosten te reduceren. Vervolgens geeft paragraaf 5.2 aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

De hoofdvraag van dit bacheloronderzoek luidt:

“Op welke manier kan een aanpassing van het aantal gehuurde GVC’s en een verandering van de contractvorm bijdragen aan de vermindering van de kosten voor NAM, waarbij werknemers het offshore huisvuil altijd in GVC’s kunnen opslaan?”

5.1 Conclusie & Aanbevelingen

De inschatting voor het te reduceren aantal GVC’s voltijd in huur hebben we gebaseerd op een voorspelling van het gebruik van GVC’s voor de periodes van 1-1-2013 tot en met 23-06-2016. Het voorspellingsmodel bestaat uit een voorspelling per maand via het Holt model en is uitgebreid met een seizoensvoorspelling per dag via het Winter’s model. Deze uitbreiding is om de variatie per dag in het model te verwerken.

Het onderzoek naar het reduceren van de huurkosten is tweeledig. Allereerst blijkt uit hoofdstuk 4 dat het aantal GVC’s dat NAM momenteel voltijd huurt te reduceren is tot **XX** GVC’s. Dit is een vermindering van **XX** GVC’s ten opzichte van 2015.

Daarnaast is het voordeliger om van contractvorm te veranderen. In de nieuwe contractvorm is het naast het voltijd huren van GVC’s ook mogelijk om deeltijd GVC’s te huren wanneer er geen voltijd GVC’s beschikbaar zijn. De leverancier houdt bij deze contractvorm **XX** GVC’s beschikbaar voor NAM om deeltijd te huren. De besparingen leveren een bedrag van €132.950,- op. Dit is gelijk aan een besparing van **XX** % van de kosten.

Met deze resultaten van dit onderzoek is het advies om:

- De contractvorm aanpassen;
- Het aantal GVC’s voltijd in huur te verminderen;
- De voorspelling elk half jaar te herhalen;
- De voorspelling baseren op meer data.

De eerste stap is het vastleggen van de aanpassing van de contractvorm met de leverancier Van Gansewinkel. Hierin zal NAM de afgesproken kosten voor het deeltijd huren van GVC’s vast moeten leggen. Daarnaast zal Van Gansewinkel moeten toestemmen dat zij altijd 10 GVC’s beschikbaar hebben wanneer NAM geen voltijd gehuurde GVC’s beschikbaar heeft.

Vervolgens kan het aantal GVC’s voltijd in huur gereduceerd worden tot 58 GVC’s. Dit aantal zal NAM moeten doorgeven aan Van Gansewinkel.

Daarnaast is het aan te raden om elk half jaar een voorspelling te maken voor het aantal GVC’s in gebruik voor het komende half jaar. Wanneer er veranderingen zijn in het gebruik van GVC’s kan NAM daar het aantal GVC’s voltijd in huur op aanpassen. NAM kan maximaal één keer per half jaar een wijziging in het aantal GVC’s voltijd in huur aanvragen.

Ten slotte raden we aan om de voorspelling te baseren op meer data. In de huidige situatie gebruiken we data van 2013-2016. Wanneer NAM data voor 2013 ook mee neemt in de berekening zal de betrouwbaarheid hoger zijn.

5.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

In het onderzoek zijn verschillende aspecten naar voren gekomen waar NAM vervolgonderzoek naar moet doen.

We adviseren om een vervolgonderzoek te doen naar de volgende punten:

- Onderzoek doen naar de reductie van andere offshore vuilcontainers;
- Het verbeteren van de huidige data;
- Verder onderzoek naar een verband tussen het aantal personen / platformen en het gebruik van GVC's;
- Verbeteringen onderzoeken bij de aanvraag van platformen.

Allereerst kan NAM de methode om te bepalen hoeveel GVC's NAM voltijd dient te huren en met welk contractvorm dit het goedkoopst is ook voor andere offshore vuilcontainers gebruiken. De stappen in het proces gelden ook voor de Open Vuilcontainer en de Chemische Vuilcontainer.

Ten tweede heeft NAM baadt bij het verbeteren en inzichtelijk maken van het gebruik van GVC's. De beschikbare data is niet volledig correct (4%) en vergt dit nog extra berekeningsstappen om de data te corrigeren. Wanneer NAM de data beter bijhoudt geeft dit de mogelijkheid om een beter inzicht te hebben in het gebruik van GVC's. Dit resulteert in het sneller inspelen op de mogelijkheden om meer of minder GVC's te huren naar gebruik. Dit zorgt ervoor dat NAM niet te veel GVC's in opslag heeft en het voorkomt dat GVC's niet leverbaar zijn.

Ten derde blijkt uit het onderzoek dat er geen verband is tussen het aantal werknemers op een platform en het gebruik van GVC's. Dit is erg vreemd, omdat het huisvuil bestemd voor de GVC's van de werknemers afkomstig is. Verder onderzoek zou kunnen leiden tot het vinden van een verband, bijvoorbeeld tussen de hoeveelheid afval en het aantal containers. Wanneer dit gevonden is, kan NAM via Lineaire Regressie voorspellingen maken. Dit kan leiden tot een hogere betrouwbaarheid van de voorspelling en tot een vermindering van het houden van een veiligheidsvoorraad. Dit geeft de mogelijkheid om het aantal GVC's voltijd in huur te verminderen.

Als laatste zijn er nog verbeteringen mogelijk wanneer NAM verder onderzoek doet naar het aantal GVC's dat een platform aanvraagt. Het is nu niet bekend op basis van welke gegevens de platformen een inschatting maken. Het is mogelijk dat de werknemers op de platformen nog een betere inschatting kunnen maken voor het aantal GVC's dat ze aanvragen ten opzichte van het werkelijke aantal dat ze nodig hebben. Wanneer er een betere inschatting gemaakt kan worden, leidt dit in sommige gevallen tot een lager gebruik van GVC's en tot een vermindering in het benodigde aantal GVC's voor voltijd huur.

I. Bronvermelding

- Armstrong, J. (2001). *A Handbook for Researchers and Practitioners*. Kluwer Academic Publishers.
- Berthouex, P. M. (1996). Time series models for forecasting wastewater treatment plant performance. *Water Research*, 30(8), 1865-1875.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). Demand forecasting in a supply chain. In *Supply chain management, strategy, planning, and operation* (pp. 700-748). New Jersey: Upper Saddle River.
- Diaz, R. T. (2011). Forecasting empty container volumes. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 27(2), 217-236.
- Golden, B. A. (1984). The fleet size and mix vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 11.1, 49-66.
- Gosasang, V. C. (2011). A comparison of traditional and neural networks forecasting techniques for container throughput at Bangkok port. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 27(3), 463-482.
- Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International journal of forecasting*, 20(1), 5-10.
- Lau, H. C. (2013). A demand forecast model using a combination of surrogate data analysis and optimal neural network approach. *Decision Support Systems*, 54(3), 1404-1416.
- Liu, S. &. (2010). *Grey systems: theory and applications*. Springer.
- Minner, P. D. (2015). *Logistics & Supply Chain Management*. München: TUM School of Management.
- Montgomery, D. C. (2015). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons.
- Nederlandse Aardolie Maatschappij. (2016). Opgehaald van NAM: <http://www.nam.nl/nl/about-nam.html>
- Peng, W. Y. (2009). A comparison of univariate methods for forecasting container throughput volumes. *Mathematical and Computer Modelling*, 50(7), 1045-1057.
- Reynolds, D. R. (2013). Econometric modeling of the US restaurant industry. *International Journal of Hospitality Management*, 34, 317-323.
- Salmeron, J. L. (2016). Dynamic optimization of fuzzy cognitive maps for time series forecasting. *Knowledge-Based Systems*, 105, 29-37.
- Sirok, B. B. (2008). Mineral wool: production and properties. *Elsevier*, 19-27.
- Theodosiou, M. (2011). Forecasting monthly and quarterly time series using STL decomposition. *International Journal of Forecasting*, 27(4), 1178-1195.
- Tsaur, R. C. (2010). The development of an interval grey regression model for limited time series forecasting. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1200-1206.
- Vantage: Alexander, N. (July, 2014). *Overall offshore overview*. Shell. Opgehaald van Vantage (updated and complemented where appropriate).
- Wang, S. J. (2011). Improving inventory effectiveness in RFID-enabled global supply chain with Grey forecasting model. *The Journal of Strategic Information Systems*, 20(3), 307-322.

- Winston, W. L. (2004). Deterministic EOQ Inventory Models. In W. L. Winston, *Operations Research: Applications and Algorithms* (pp. 846-879). Brooks/Cole: Curt Hinrichs.
- Winston, W. L. (2004). The EOQ with Uncertain Demand: The Service Level Approach to Determining Safety Stock Level. In *Operations Research: Applications and Algorithms* (pp. 898-907). Curt Hinrichs.

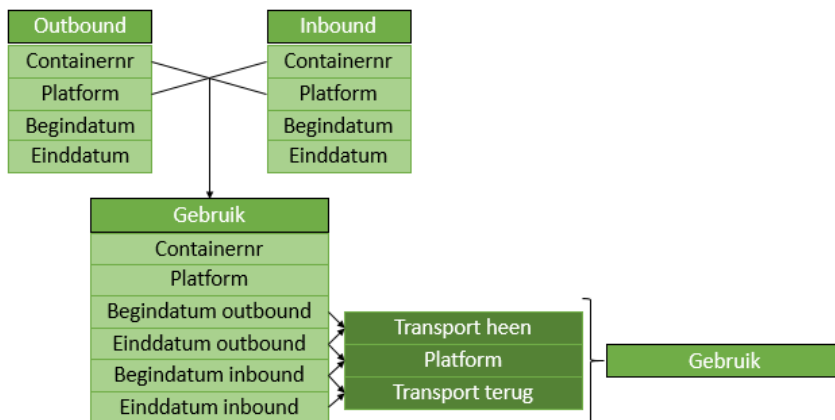
II. Het gebruik van GVC's berekenen

A. Totale kosten

Niet beschikbaar

B. Methode verkrijgen data van het gebruik van GVC's

Figuur II.1 geeft deze handelingen schematisch weer. Eerst hebben we de outbound met de inbound gematched, zodat we weten wanneer de vertrekdatum van een GVC is en wanneer hij weer terug komt bij de kade. Het platform waar de GVC naar toe gaat linken we ook aan de outbounddata en de inbounddata. De volgende stap is het bepalen op welke dag de GVC's zich waar bevinden: op transport, op een platform of in opslag bij Van Gansewinkel. Voor elke dag tellen we het aantal GVC's per platform dat op die dag onderweg is naar dat platform en dat op die dag op dat platform staat. Dit herhaalt zich voor alle dagen van 2013 tot 2016. Het aantal op transport van en naar een platform en het aantal GVC's op een platform vormen samen het gebruik van de GVC's. Door het gebruik van alle platformen bij elkaar op te tellen is het totale gebruik van de GVC's bekend. Het aantal GVC's in opslag per dag berekenen we door het aantal voltijd gehuurde GVC's te verminderen met het gebruik van GVC's per dag.



Figuur II.1: Van data naar het gebruik

Matchen van outbound en inbound

1. Bij het matchen van outbound en inbound plaatsen we eerst alle gegevens van inbound en outbound in één tabel. Hierbij houden we de containernummer, platform naam, begindatum en einddatum als kolommen aan.
2. We sorteren de tabel eerst op startdatum, vervolgens op platform en daarna op containernr.
3. We kunnen twee opeenvolgende rijen met elkaar matchen, wanneer de eerste outbound is en de rij eronder inbound is en de data elkaar niet overlapt. We bepalen eerst welke rijen een match zijn en welke rijen niet helemaal kloppen.
4. Vervolgens bepalen we van de niet matchende rijen, waarom deze niet matched. Het kan zijn dat het een rij helemaal aan het begin van de container is en alleen een inbound rij heeft. Het kan ook zijn dat een container wel naar een platform is getransporteerd, maar nog niet terug is. Er mist dan inbounddata. Het komt ook voor dat er een vracht van inbound of outbound niet goed geregistreerd en dat er een rij naar verwachting aangemaakt moet worden.

5. Bij de niet matchende rijen wordt een extra rij aangemaakt, zodat elke rij een matchende rij heeft. Wanneer er een inbound of outbound rij niet was geregistreerd, is er één toegevoegd aan de hand van een berekening van het gemiddelde van de kloppende matches.
6. De nu kloppende matches worden bij elkaar in één tabel samengebracht.

Figuur II.2 geeft in de roze vlakken weer wat de verkregen data is. In de kolom klopt bepalen we of de data een match heeft. Vervolgens bepalen we in de kolom "klopt niet" waarom er geen match is. De blauwe kolom geeft de gemiddelde tijd per platform hoelang een GVC gemiddeld onderweg is. In de paarse kolom worden de mathes samengevoegd.

Container.nr	Platform	Inbound/outbound	Startnr	Endnr	Klopt	Kloptni	Gebruik	Cnr	PF	Start.O	End.Ou	Start.In	End.In	
GNW4-17132EU	Kroonborg	outbound	1116	1117			1	19	GNW4-171	Kroonborg	1116	1117	1129	1130
GNW4-17132EU	Kroonborg	outbound	1130	1131			1	19	GNW4-171	Kroonborg	1130	1131	1140	1140

Figuur II.2: Visualisatie berekening matches

Van match naar gebruik

Nu de matches bekend zijn, weten we wanneer een GVC in gebruik is, en dus ook wanneer hij in opslag staat. Via een macro tellen we voor elke dag hoeveel GVC's er op dat moment op een platform zijn, op transport heen of op transport terug zijn. Wanneer we de gegevens van de platformen optellen, weten we hoeveel GVC's er op elke dag in gebruik zijn, en hoeveel er in opslag staan. Figuur II.3 geeft een gedeelte weer van een bestand gemaakt voor NAM, zodat alleen de macro uitgevoerd dient te worden.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1									A'WG-1	ENSCO	K14-FA-1	K14-FA-1	K14-FB-1	K15-FA-1	K15-FB-1
2	PF	Start.Out	End.Out	Start.In	End.In				Trheen	Trheen	Trheen	Trheen	Trheen	Trheen	Trheen
3	Kroonborg	1116	1117	1129	1130			1							
4	Kroonborg	1130	1131	1140	1140			2							
5	K14-FA-1C	1141	1141	1153	1155			3							
6	L13-FC-1	1162	1163	1179	1179			4							
7	Kroonborg	1186	1187	1200	1200			5							
8	K15-FA-1	1204	1205	1218	1219			6							
9	Kroonborg	1228	1229	1235	1236			7							
10	K8-FA-1	1250	1252	1267	1267			8							
11	ENSCO 122	1	1	1101	1101			9							
12	K15-FA-1	1120	1121	1136	1137			10							
13	Kroonborg	1144	1145	1162	1160			11							

Figuur II.3: Sheetvoorbeeld van match naar gebruik

De volgende macro is gebruikt, met de sheetopzet van Figuur II.3.

Sub transportheenperplatform()

Dim gebruik As Worksheet

Dim Z As Integer

Dim LR As Long

Set gebruik = ThisWorkbook.Sheets("2A.Transportheen")

LR = gebruik.Cells(Rows.Count, "C").End(xlUp).Row

For x = 3 To LR

For Z = 9 To 34

For y = 1 To 1500

If gebruik.Cells(1, Z) = gebruik.Cells(x, 1) And gebruik.Cells(y, 8) >= gebruik.Cells(x, 2) And

gebruik.Cells(y, 8) < gebruik.Cells(x, 3) Then

gebruik.Cells(y, Z) = gebruik.Cells(y, Z) + 1

i = 1

```

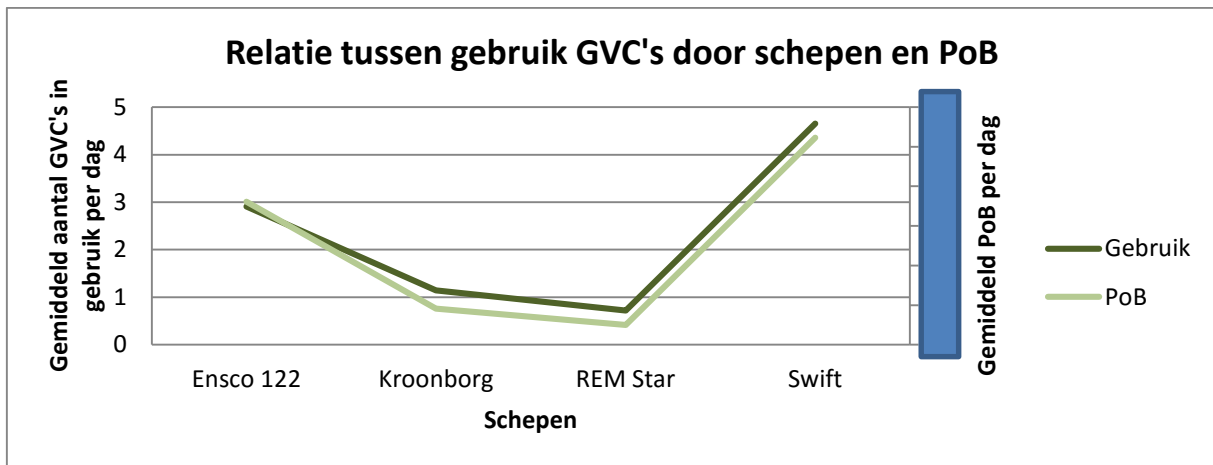
End If
Next y
If i = 1 Then Exit For
Next Z
i = 0
Next x

```

End Sub

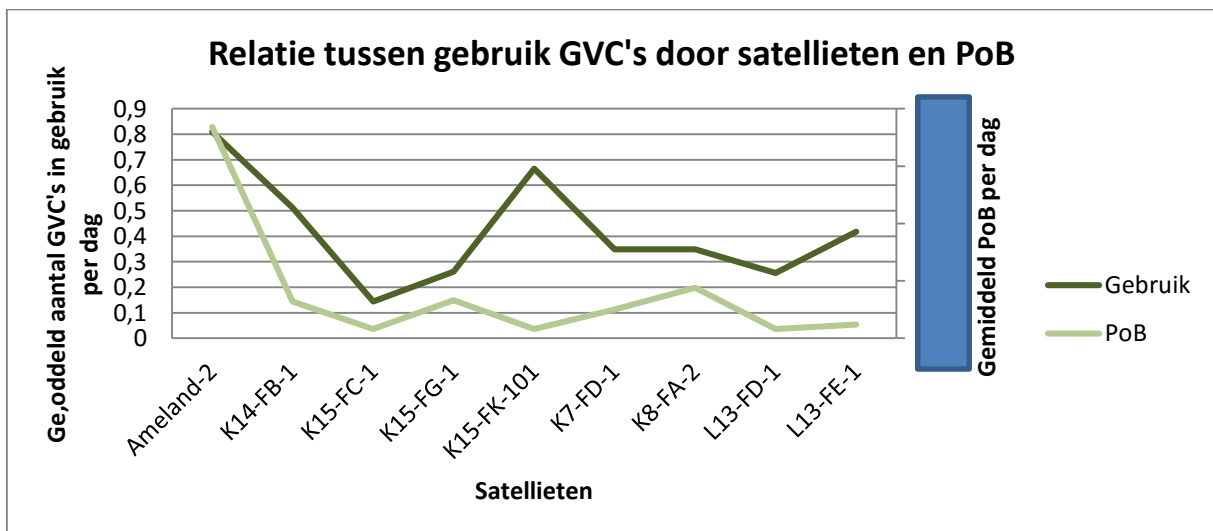
C. Analyse invloed PoB op het gebruik van GVC's

Figuur II.4 geeft de relatie tussen de schepen en het gebruik van GVC's weer. We kunnen hier ook een verband in herkennen. Voor de Ensko-122 ligt de PoB lijn boven de lijn voor het gebruik van GVC's. Bij de andere drie schepen ligt de lijn voor de PoB onder de lijn voor het gebruik.



Figuur II.4: Relatie tussen het gebruik van GVC's op schepen en PoB

Figuur II.5 geeft de relatie weer tussen het gebruik van GVC's door satellieten en PoB. Hier kunnen we niet direct een verband herkennen. Voor de Ameland-2 zijn beide waarden hoog. Daarentegen geeft K15-FK-101 een relatief hoog gebruik ten opzichte van de andere satellieten en ligt de PoB waarde hier juist relatief laag.

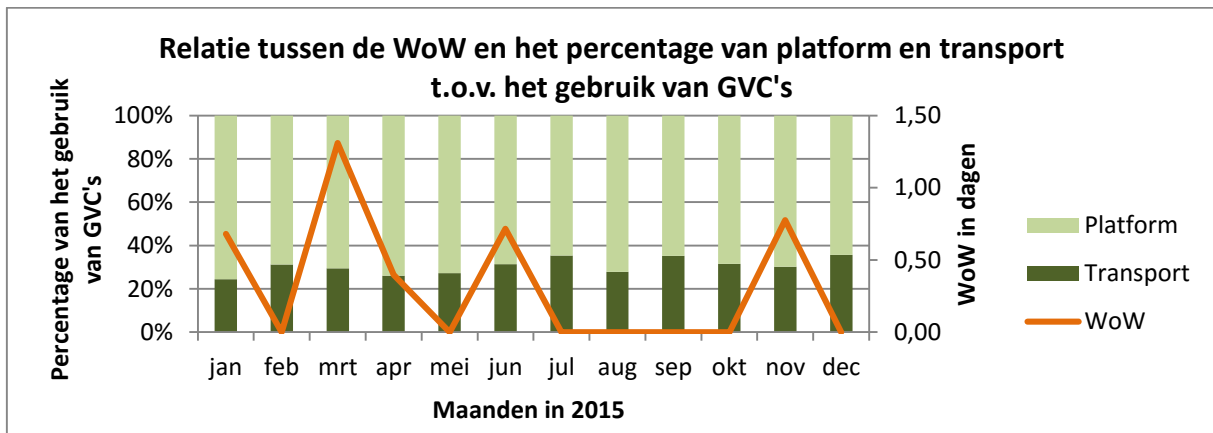


Figuur II.5: Relatie tussen het gebruik van GVC's op satellieten en PoB

D. Analyse invloed WoW op het gebruik van GVC's

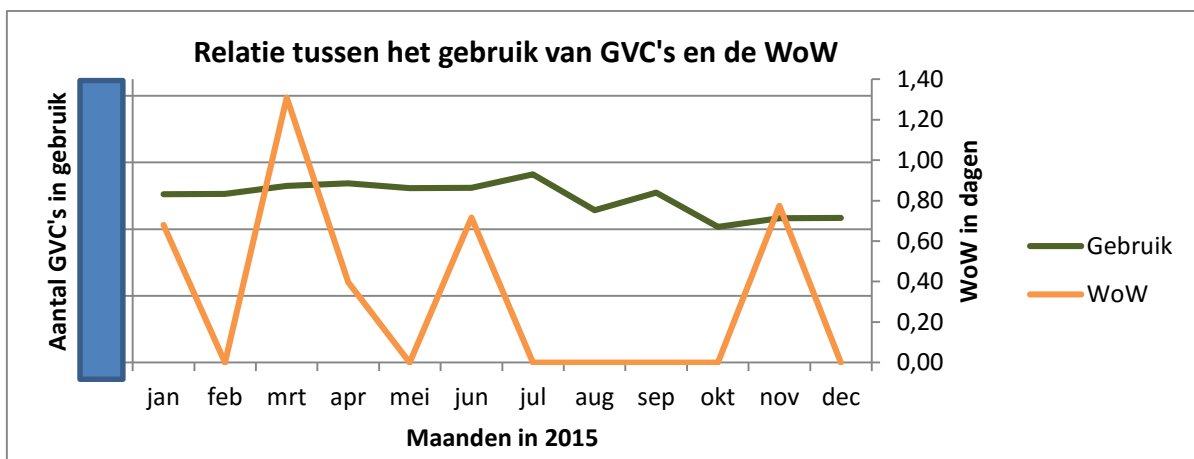
WoW geeft de vertraging veroorzaakt door slechte weersomstandigheden (Waiting on Weather). Bij slechte weersomstandigheden kan NAM de GVC's niet van of naar een platform verplaatsen. Dit levert mogelijk een vergroting van het gebruik van GVC's op. We kunnen mogelijk ook een verhoging van het aantal GVC's in transport verwachten, aangezien de GVC's langer op het schip blijven. Figuur II.6 en Figuur II.7 geven de relatie weer tussen het gebruik van GVC's en de WoW.

Figuur II.6 toont op de x-as de maanden in 2015. Op de linker y-as is het percentage van het gebruik van GVC's gegeven. Het percentage van het aantal GVC's op het platform en het aantal GVC's op transport vormen samen het gebruik. De staven tonen het percentage op een platform en het percentage op transport. De rechter y-as geeft de vertraging door weersomstandigheden in dagen weer. We kunnen zien dat maart een hoog WoW waarde heeft. Echter geeft deze maand niet een extra hoge waarde voor het transport. Hetzelfde geldt voor de andere pieken in juni en in november.



Figuur II.6: Relatie tussen WoW en het percentage op transport en op een platform

Figuur II.7 geeft de relatie tussen WoW en het gemiddelde gebruik van GVC's. Ook in deze grafiek kunnen we niet direct een verband herkennen tussen beide lijnen.



Figuur II.7: Relatie tussen WoW en het gebruik van GVC's

Uit Figuur II.6 en Figuur II.7 concluderen we dat er geen zichtbaar verband is tussen het gebruik van GVC's en WoW. Daarom gaan we in hoofdstuk 4 niet verder met het onderzoeken naar het verband tussen het gebruik van GVC's en de vertraging veroorzaakt door slechte weersomstandigheden.

III. Voorbeelden en extra toelichting theorie

A. Voorbeeld III.1

Voorbeeld III.1: Berekening observatie zonder seizoenscorrectie

De berekening voor \bar{D}_3 , de vraag zonder seizoensinvloed voor $t = 3$, berekenen we als volgt. De waarde van $p = 4$ en dus een even waarde. We passen vergelijking [3.4] toe. Deze middelt de waarden van periode $t=1$ tot en met $t=5$

$$\bar{D}_3 = \frac{\left[D_{3-\left(\frac{4}{2}\right)} + D_{3+\left(\frac{4}{2}\right)} + \sum_{i=3+1-\left(\frac{4}{2}\right)}^{3-1+\left(\frac{4}{2}\right)} 2D_i \right]}{2 \times 4} = \frac{[D_1 + D_5 + \sum_{i=2}^4 2D_i]}{8} = \frac{[2+6+2 \times (5+7+2)]}{8} = \frac{36}{8} = 4,5$$

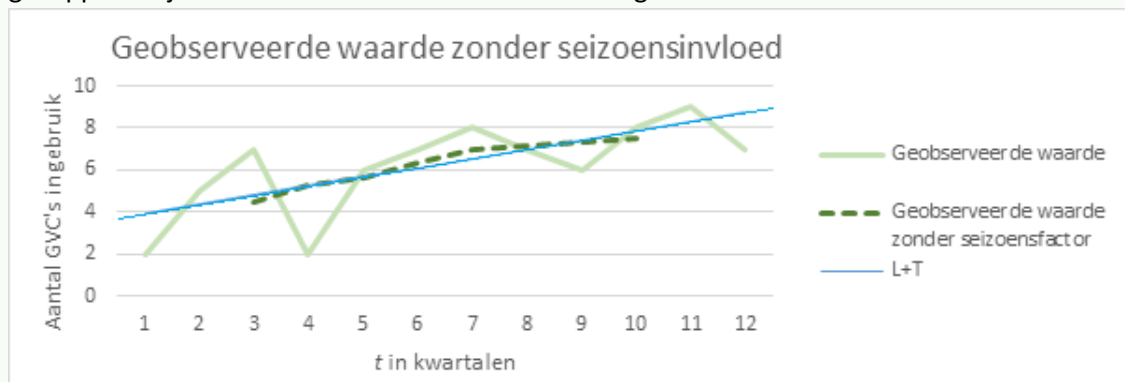
B. Voorbeeld III.2

Voorbeeld III.2: berekening waardes level en trend

De trend en level voor het gebruik van de GVC's uit het voorbeeld zijn:

$$L = 3,5 \quad T = 0,4345$$

Figuur III.1 geeft de geobserveerde waardes zonder invloed van het seizoen weer met een gestippelde lijn. Van deze waardes is het level en de gemiddelde trend berekent.



Figuur III.1: Geobserveerde waarde zonder seizoensinvloed

C. Voorbeeld III.3

Voorbeeld III.3: Berekenen seizoensfactor

Eerst hebben we vergelijking [3.7] toegepast voor alle waarden van t . Tabel III.1 geeft de waarden van de seizoensinvloed.

t	D_t	\bar{D}_t	\bar{S}_t
1	2	3,938	0,508
2	5	4,375	1,143
3	7	4,813	1,455
4	2	5,250	0,381
5	6	5,688	1,055
6	7	6,125	1,143
7	8	6,563	1,219
8	7	7,000	1,000
9	6	7,438	0,807
10	8	7,875	1,016
11	9	8,313	1,083
12	7	8,750	0,800

Tabel III.1: Seizoensinvloed

De seizoensfactor per periode in p bepalen we door het gemiddelde te berekenen van de waarden van dezelfde kwartalen in elk jaar. Het voorbeeld geeft 12 observaties en $p = 4$. We gaan dus uit van $r = \frac{12}{4} = 3$. De berekening voor S_1, S_2, S_3 en S_4 volgt hieronder.

$$S_1 = \frac{\sum_{j=0}^2 S_{j4+1}}{3} = \frac{\bar{S}_1 + \bar{S}_5 + \bar{S}_9}{3} = \frac{0,508 + 1,055 + 0,807}{3} = 0,79$$

$$S_2 = \frac{\sum_{j=0}^2 S_{j4+2}}{3} = \frac{\bar{S}_2 + \bar{S}_6 + \bar{S}_{10}}{3} = \frac{1,143 + 1,143 + 1,016}{3} = 1,101$$

$$S_3 = \frac{\sum_{j=0}^2 S_{j4+3}}{3} = \frac{\bar{S}_3 + \bar{S}_7 + \bar{S}_{11}}{3} = \frac{1,455 + 1,219 + 1,083}{3} = 1,252$$

$$S_4 = \frac{\sum_{j=0}^2 S_{j4+4}}{3} = \frac{\bar{S}_4 + \bar{S}_8 + \bar{S}_{12}}{3} = \frac{0,381 + 1 + 0,8}{3} = 0,727$$

D. Voorbeeld III.4

Voorbeeld III.4: Voorspellen waarden

Met $L_0 = 3,5$, $T_0 = 0,4345$, $S_1 = 0,97$, $S_2 = 1,101$, $S_3 = 1,252$, $S_4 = 0,727$ berekenen we de waarden voor F_{13}, F_{14}, F_{15} en F_{16} .

$$F_{13} = [L + 13 \times T] \times S_{t+1} = [3,5 + 13 \times 0,4345] \times 0,97 = 7,27$$

$$F_{14} = [3,5 + 14 \times 0,4345] \times 1,101 = 10,59$$

$$F_{15} = [3,5 + 15 \times 0,4345] \times 1,252 = 12,60$$

$$F_{16} = [3,5 + 16 \times 0,4345] \times 0,727 = 7,63$$

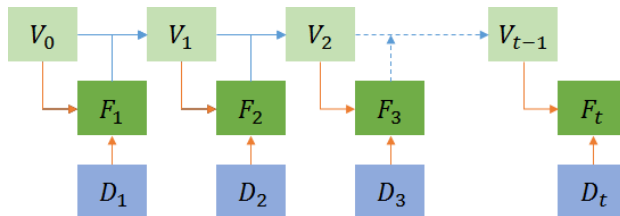
Figuur III.2 geeft de voorspelling weer in een grafiek.



Figuur III.2: Voorspellen gebruik van GVC's

E. Verdieping werking dynamische modellen

Figuur III.3 is opgesteld ter verduidelijking van het bepalen van de voorspelde waardes (F_t) aan de hand van systematische variabelen (V_t) en de geobserveerde waardes (D_t). De precieze berekeningen lichten we bij de verschillende modellen toe. De eerste stap is het berekenen van V_0 . Vervolgens kunnen we door middel van de geobserveerde waarde, D_1 en de systematische variabelen, V_0 een voorspelde waarde berekenen voor F_1 . De systematische variabelen stellen we bij door ook de voorspelling van F_1 mee te nemen in de berekening. V_1 Bepalen we door V_0 en F_1 te combineren. Hierna berekenen we F_2 door de geobserveerde waarde D_2 met de bijgestelde systematische variabele V_1 te combineren. Vervolgens kunnen we V_2 bijstellen, waardoor F_3 te berekenen is. Dit gaat door, totdat we alle waardes van het verleden tot tijd = t berekend hebben. Hierna volgt de voorspelling op dezelfde manier als in het statische model.



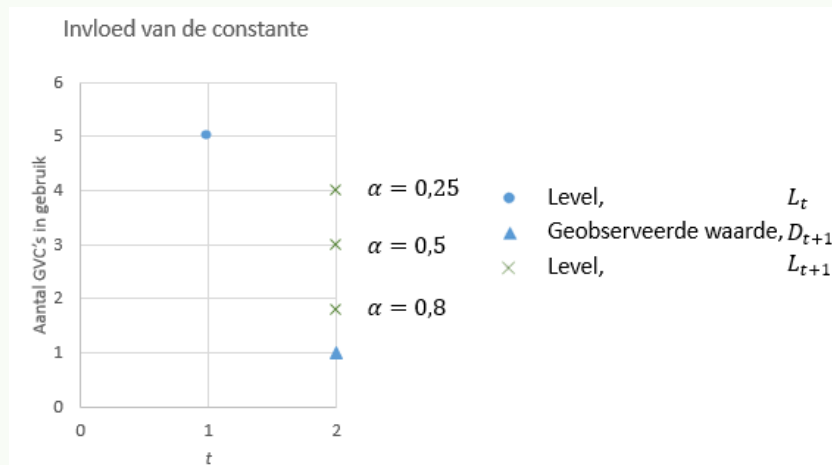
Figuur III.3: Dynamisch model

Een constante variabele (C) geeft de verhouding tussen de geobserveerde vraag en de systematische variabelen weer. Deze waarde ligt tussen 0 en 1. De precieze waarde van de constante is te bepalen door de waarde van C aan te nemen waarbij het verschil tussen de geobserveerde waarde en de voorspelde waarde zo klein mogelijk is.

F. Voorbeeld III.5

Voorbeeld III.5: Invloed van de constante α

Figuur III.4 geeft een weergave van de berekening van het level voor $t + 1$. Door de geobserveerde waarde te vermenigvuldigen met α en het level uit periode t te vermenigvuldigen met $1 - \alpha$ krijgen we de bijgestelde waarden voor L_{t+1} , weergegeven met een kruisje. Voor verschillende waarden van α zijn de waarden voor L_{t+1} gegeven. Zoals Figuur III.4 laat zien ligt L_{t+1} dicht bij L_t bij een waarde van α dicht bij 0. Bij een waarde van α dicht bij 1 ligt L_{t+1} dicht bij de geobserveerde waarde.



Figuur III.4: Voorbeeld invloed van de constante

G. Voorbeeld III.6

Voorbeeld III.6: Toepassing SES

De berekening voor de in het voorbeeld genoemde waarden gaat als volgt. Eerst berekenen we het gemiddelde van de geobserveerde waarden. Hieruit volgt L_0 . Het gemiddelde van de waarden geeft $L_0 = 6,1$.

Vervolgens berekenen we de waarden van L aan de hand van vergelijking [3.11]. Hierbij nemen we de waarde van $\alpha = 0,69$. De waarde van α geeft de kleinste afwijking tussen de voorspelde waarden en de geobserveerde waarden van het laatste jaar $t = 9, \dots, 12$.

De voorspelde waarde voor $t = 13$ is gelijk aan het level van $t = 12$, zie vergelijking [3.10]. De waarde van $L_{12} = 8,53$. Dit geeft:

$$F_{13} = L_{12} = 8,53 = F_{14} = F_{15} = F_{16}$$

H. Berekening van de constanten α en β

De berekening van α en β voeren we uit door het toepassen van een macro. Deze macro berekent de standaardafwijking van alle mogelijke combinaties van 0,01 – 0,99 van α en β .

Figuur III.5 geeft een opzet van een Excel sheet waarbij we de combinatie van de laagst scorende error berekenen. Hierbij staat in kolom L de mogelijke waardes van β . En in rij 5 zijn de mogelijke waardes van α weergegeven. De error is de MAPE berekent voor 2016, deze verandert wanneer α en β veranderen.

K	L	M	N	O	P	Q	R
	α	0,18	$1-\alpha$	0,82			
	β	0,01	$1-\beta$	0,99			
	Error	10,808					
		0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
	0,01	19,21381	19,18632	19,04407	18,75616	18,31992	17,75126
	0,02	19,2503	19,30172	19,24817	19,0389	18,66065	18,12562
	0,03	19,29134	19,43088	19,47548	19,35187	19,03495	18,53299
	0,04	19,33685	19,57343	19,72503	19,69319	19,43966	18,96873
	0,05	19,38678	19,72902	19,99594	20,06102	19,8716	19,42813
	0,06	19,44106	19,89734	20,28731	20,45346	20,32752	19,90642
	0,07	19,49962	20,07808	20,59826	20,86863	20,80409	20,39877
	0,08	19,56242	20,27094	20,92791	21,30454	21,29793	20,90031

Figuur III.5: Excelsheet constanten berekenen

We gebruiken de volgende macro om de waardes in de matrix in te vullen.

Sub Constantesberekenen()

Dim sht As Worksheet

Set sht = ThisWorkbook.Sheets("Constantes")

For x = 6 To 104

For y = 13 To 111

sht.Cells(1, 13) = sht.Cells(5, y)

sht.Cells(2, 13) = sht.Cells(x, 12)

sht.Cells(x, y) = sht.Cells(3, 13)

Next y

Next x

End Sub

IV. Voorspelling van het gebruik en berekening toekomstige kosten

A. Lineaire Regressie significantietest

Uitkomsten significantie

Figuur IV.1 geeft de regressietesten voor elk bemand platform en schip los. En geeft een regressie test voor alle bemande platformen bij elkaar, voor alle schepen bij elkaar en voor de satellieten bij elkaar. Als laatste test het ook de waarde van alle platformen bij elkaar.

Platform naam	T0	Significant
Bemand		
AWG-1	3,66	significant
K14-FA-1C	0,34	niet significant
K15-FA-1	0,50	niet significant
K15-FB-1	-0,36	niet significant
K8-FA-1	0,80	niet significant
K8-FA-3	-22,87	negatief significant
L13-FC-1	-0,41	niet significant
L2-FA-1	4,07	significant
L9-FF-1	-1,92	niet significant
Totaal Bemand	-0,72	niet significant
Schepen		
EnSCO-122	16,46	significant
Kroonborg	3,80	significant
Swift	1,17	niet significant
Totaal Schepen	0,08	niet significant
Satellieten		
Totaal Satellieten	-1,09	niet significant
Alle platformen		
Totaal alle platformen	0,26	niet significant

Figuur IV.1: Uitkomst significantietest

Methode

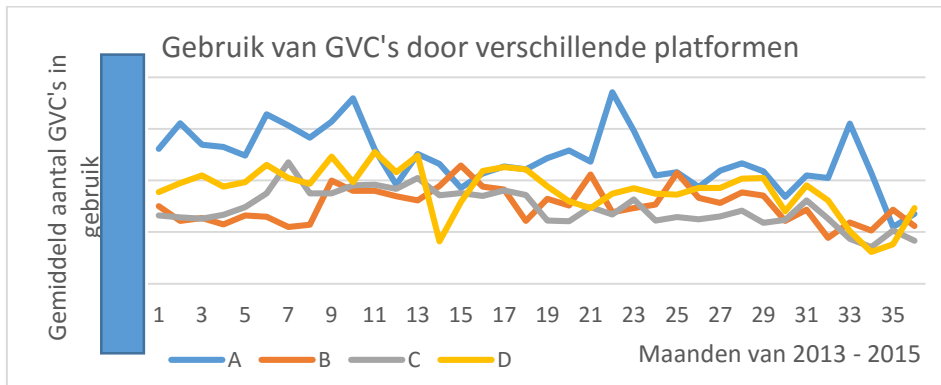
Zoals hoofdstuk 3 noemt testen we of $|t_0| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$. Wanneer dit klopt toont dit aan dat er een significant verband is tussen de PoB en het gebruik van GVC's. Voor α nemen we 0,05, zodat de test voor 95% betrouwbaar is. De waarde n geeft het aantal waarnemingen, dit is 36. Het opzoeken van $t_{0,025; 32}$ deze waarde op te zoeken in de t tabel vinden we 1,984. Wanneer $|t_0|$ groter is dan 1,984 kunnen we met een betrouwbaarheid van 95% stellen dat er een significant verband is. Voor elk platform is t_0 weergegeven. Zoals te zien is zijn er voornamelijk geen significante verbanden. Voor twee bemande platformen en voor twee schepen is er een significant verband. We achten dit niet voldoende om Enkelvoudige Lineaire Regressie toe te passen met PoB als verklarende waarde.

B. Verdieping eenvoudige lineaire regressie

Mogelijke oorzaken voor het ontbreken van een significant verband tussen het gebruik van GVC's en het aantal personen aan boord hebben we hieronder toegelicht.

Gewenning

Platformmedewerkers zijn gewend om eenzelfde aantal GVC's aan te vragen. Er zijn ook verschillende werknemers die de GVC's aanvragen. Dit kan zorgen dat ze een onverklaarbaar verschil in aantal GVC's aanvragen. Figuur IV.2 geeft van een paar verschillende platformen het gebruik van GVC's. Hierin is niet een gewenningspatroon te herkennen. Het gebruik varieert namelijk per maand.

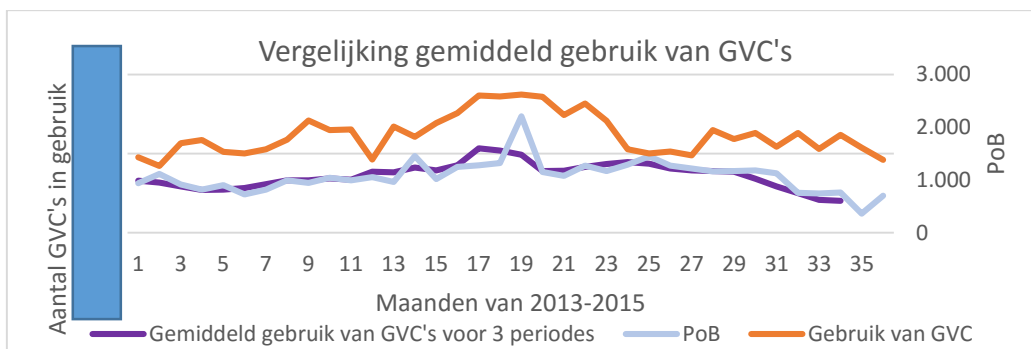


Figuur IV.2: Gebruik van GVC's door verschillende platformen

Inspelen of achteraf handelen

Een andere oorzaak zou te maken kunnen hebben dat werknemers een verandering van de PoB van tevoren zien aankomen of pas later op anticiperen. Wanneer de platformmedewerkers de ene keer vooraf meer GVC's bestellen en een andere keer pas wanneer de nood hoog is een extra GVC bijvragen zou het verband niet direct per waarneming te meten zijn. We zouden dan wel een verband moeten kunnen waarnemen als we het gebruik van GVC's van één periode middelen met de voorgaande waarneming en de waarneming na die periode. De platformen zijn opnieuw getest door de waarden van de GVC's te middelen. Vooralsnog geven alle platformen waar geen significantie van is aangetoond, "niet significant".

Figuur IV.3 geeft voor het schip de Ensco-122 de relatie tussen het gebruik van GVC's op de linker y-as en de PoB op de rechter y-as. Door het berekenen van het gemiddelde voor de waarde van het aantal GVC's komt de vergelijking met de PoB wel dichterbij. Echter is er een groot verschil te zien tussen bijvoorbeeld maand 31 en 33 waar het aantal GVC's sterk daalt en de PoB hetzelfde is. Er is nog steeds geen sprake van een significant verband.

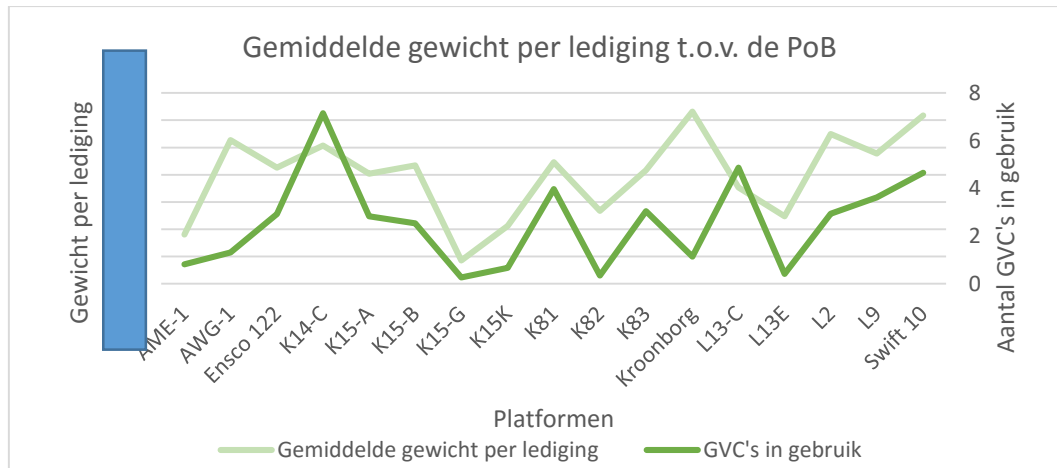


Figuur IV.3: Vergelijking gemiddelde van GVC's

Hogere vulratio van de GVC's

Het zou kunnen dat de GVC's voller terugkomen bij Van Gansewinkel wanneer de PoB hoog is. Dit zou betekenen dat men geen extra GVC's aanvraagt maar ze beter vult.

Figuur IV.4 geeft het gemiddelde gewicht aan huisvuil per lediging op de y-as en het aantal GVC's per platform op de rechter y-as. Op de x-as staan een aantal platformen weergegeven. De figuur laat niet een duidelijk verband zien tussen het gemiddelde gewicht en het gebruik van GVC's. Een dergelijk verband kan NAM nader onderzoeken. Voor het voorspellen van het model gaan we hier niet mee verder.



Figuur IV.4: Gemiddelde gewicht per lediging t.o.v. de PoB

C. Resultaten toevoegen variatie

Uitbreiden

De voorspelling van de tweede helft van 2016 geeft een kleine stijging. De stijging is echter erg klein en het verschil bij het toepassen van de hellingsmethode zorgt niet voor een groot verschil in uitkomsten. De berekening is gemaakt en hieruit blijkt dat de standaardafwijking kleiner is wanneer we gebruik maken van methode B met de toevoeging van de helling.

Tabel IV.1 geeft de resultaten van de berekening weer. We kunnen concluderen dat we het omrekenen van de waardes per maand het beste om kunnen zetten naar waardes per dag via de methode waarbij we rekening met de helling houden.

Gemiddeld	Helling
34,82	34,77
5,90	5,89

Tabel IV.1: Test uitbreiding

Standaardafwijking per maand vergelijken

De standaardafwijking hebben we voor 2013-2015 per maand berekend. Vervolgens hebben we het gemiddelde berekend en deze vergeleken met de werkelijke standaardafwijking van 2016. Tabel IV.2 geeft de resultaten voor de eerste zes maanden weer.

Maanden	2013	2014	2015		Gem.		2016
1	3,96	3,17	4,98	3	4,03	3	4,38
2	2,10	3,92	4,44	2	3,49	2	4,20
3	4,40	5,20	5,29	6	4,96	5	5,41
4	3,97	4,14	4,08	4	4,07	4	4,79
5	3,28	4,60	4,85	5	4,25	6	6,58
6	2,89	2,83	3,76	1	3,16	1	2,92

Tabel IV.2: Resultaat vergelijking standaardafwijking

Wanneer we de gemiddelde standaardvergelijkingen gebruiken voor de voorspelling van de standaardafwijking van de maanden in 2016, komen deze niet echt overeen met de werkelijke waardes. Wat wel opvalt is dat wanneer we de waardes van de eerste zes maanden van de voorspelling en van de werkelijkheid in volgorde zetten van klein naar groot, de volgorde bijna helemaal overeenkomt. Dit betekent dat er waarschijnlijk wel een verband in zit, maar welk verband is niet erg duidelijk. Daarentegen liggen de periodes met een hoge standaarddeviatie en een lage standaarddeviatie dicht bij elkaar. Er is geen verklaring waarom er in maand 5 (mei) bij de werkelijke waardes een hoge standaarddeviatie heeft en maand 6 (juni) een lage standaarddeviatie. Vanwege het onduidelijke verband gaan we deze methode niet gebruiken.

Variatie verdeling per maand vergelijken

Tabel IV. 1 geeft de uitkomsten van de Biastest weer. De methode waarbij we de seizoensinvloed hebben berekend komt meer overeen met de werkelijke biasverdeling. Deze methode heeft namelijk dezelfde positieve en negatieve verdeling. De bias waardes liggen over het algemeen iets lager dan de werkelijke biasverdeling, dit verklaren we doordat de voorspelling van de seizoensinvloed geen extreme uitkomsten geeft. De methode op basis van het gemiddelde van voorgaande jaren geeft niet consequent een overeenkomst.

Maanden 2016	Bias werkelijk	Bias gemiddelde	Bias Seizoensinvloed
1	-130	-127	-113
2	-144	-72,6667	-57
3	-44	-50,6667	-34
4	98	-2	12
5	109	49	66
6	37	54,66667	44

Tabel IV. 1 Vergelijking variatie verdeling per maand

Uit de vergelijking kunnen we concluderen dat het toevoegen van de seizoensinvloed de variatie per dag mee kan nemen.

D. Resultaten kosten

Niet beschikbaar.