



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Onbemand varen: van pilots en tests naar implementatie en duurzame business modellen

Jan Diels

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

dr. ir. Bart VANNIEUWENHUYSE



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2022
2023



Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Onbemand varen: van pilots en tests naar implementatie en duurzame business modellen

Jan Diels

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

dr. ir. Bart VANNIEUWENHUYSE

Woord vooraf

Met trots en voldoening neem ik het genoegen om een voorwoord te formuleren voor deze masterthesis die geschreven werd binnen de masteropleiding Handelswetenschappen-Supply Chain Management tot behalen van de graad Master in de Handelswetenschappen.

Deze thesis bood mij de gelegenheid om de binnenvaart onder de loep te nemen en een blik te werpen op autonoom varen of verregaande automatisatie in de binnenvaartsector. Ik werd uitgedaagd om mijn kennis te vergroten en kritisch te denken over een innovatief onderwerp. Tegelijkertijd bood deze thesis mij de gelegenheid om mijn onderzoeksvaardigheden te verfijnen, gegevens te analyseren en resultaten helder te presenteren.

Mijn oprechte dank gaat uit naar mijn promotor Dr. Ir. Bart Vannieuwenhuyse voor zijn begeleiding, steun en waardevolle inzichten. Zijn begeleiding en constructieve feedback hebben bijgedragen aan de diepgang en kwaliteit van deze thesis.

Ik wil tevens mijn naaste familie en vrienden bedanken voor de onvoorwaardelijke steun en aanmoediging gedurende mijn academische reis. Hun geloof in mijn capaciteiten heeft mij gemotiveerd om door te zetten en het beste van mezelf te geven.

Tot slot wil ik mijn waardering uiten aan Nik Delmeire (IWT), Gert Morlion (Vlaamse Waterweg), Tony Durinck (Vlaamse Waterweg), Tom Pauwels (POM Oost-Vlaanderen), Christophe Kleinmann (Seafar), Andy Bogaert (Van Moer) en Patrick Hermans (Deseo). Hun inzichten en ervaringen hebben mijn begrip vergroot en stelden mij in staat waardevolle conclusies te trekken.

Het schrijven van deze masterthesis was een inspirerende reis met uitdagingen, persoonlijke groei en voldoening. Ik hoop dat dit werk een bijdrage levert aan het vakgebied en nieuwe discussies en verdere onderzoeken zal aanmoedigen.

Samenvatting

Deze thesis werpt een blik op de opportuniteiten van onbemand varen in de binnenvaartsector. De binnenvaart geldt als een uitstekende alternatieve transportmodus, naast het wegvervoer. Met het oog op de Green Deal en het vergroenen van het goederentransport, kan de binnenvaart een belangrijke rol spelen. Vandaag kent de binnenvaart drempels en beperkingen die de modal shift tegenwerken, waaronder de problematiek om (nieuwe) kapiteins en ander binnenvaartpersoneel aan te werven. Onbemand varen zou hier soelaas kunnen bieden.

Uit een verkennend onderzoek werden de volgende onderzoeksvragen met betrekking tot de onbemande vaart geformuleerd:

- **Centrale onderzoeksvraag:** Welke factoren dragen bij aan een succesvolle implementatie van onbemand varen?
- **Deelvraag 1:** Wat zijn de drempels voor onbemand varen?
- **Deelvraag 2:** Welke kansen biedt onbemand varen voor de binnenvaart?
- **Deelvraag 3:** Welke invloed heeft onbemand varen op de organisatie van de logistiek?

Vertrekkende vanuit een uitgebreide literatuurstudie werd een SWOT-analyse voor de binnenvaart opgesteld. In deze SWOT-analyse werd nogmaals duidelijk dat de binnenvaart aan belang zou kunnen winnen ten opzicht van het wegtransport. Echter kennen de binnenvaartondernemers moeilijkheden met het aanwerven van kapiteins waardoor de continuïteit van de binnenvaartondernemingen in gedrang komt. De onbemande vaart biedt een uitstekende oplossing voor boven genoemde drempels van de conventionele binnenvaart.

Vertrekkende uit de SWOT-analyse werd een kwantitatief luik aan deze thesis toegevoegd. Dit kwantitatief luik bestaat uit drie onderdelen; een kosten-batenanalyse, een berekening van de *Total Cost of Ownership* (TCO) en tot slot een sensitiviteitsanalyse.

De kosten-batenanalyse is een overzicht van alle private en externe kostencomponenten van de conventionele binnenvaart, vergeleken met een autonome implementatie. Deze analyse heeft als doel om alle kosten en voordelen van de conventionele en geautomatiseerde binnenvaart te evalueren en te kwantificeren zodat een latere besluitvorming op een gestructureerde manier plaats kan vinden waarbij beide mogelijkheden objectief overwogen worden. Alle parameters werden door marktpartijen en bevoorrechte getuigen gevalideerd.

Na het opstellen van een kosten-batenanalyse werd een *Total Cost of Ownership* opgesteld. TCO is een benadering die gebruikt wordt om alle kosten van een investering gedurende de gehele levensduur ervan in kaart te brengen. Uit deze analyse kan geconcludeerd worden dat een autonome binnenvaart

implementatie over een levensduur van 40 jaar meer kosten met zich meebrengt dan de conventionele binnenvaart.

Tot slot bevat het kwantitatief luik een sensitiviteitsanalyse. Deze gaat gepaard met de TCO en brengt in kaart hoe het eindresultaat van de TCO zal veranderen bij een wijziging van de kostencomponenten. Voorafgaand aan de empirische studie werd geacht dat onbemand varen kostenbesparend werkt én invloed heeft op de operationele efficiëntie en performantie. Na grondig onderzoek kan er besloten worden dat de introductie van onbemand varen niet gedreven werd door de nood aan kostenbesparingen. De moeilijkheid om kapiteins aan te werven is een argument en de work-life balance gaat er op vooruit bij een autonome binnenvaart implementatie. Een behoud en eventueel verhoging van de operationele continuïteit van een binnenvaartonderneming, is het grootste voordeel van de implementatie van een autonome module die het schip vanuit een SCC bestuurt, ten opzichte van conventionele binnenvaart.

Tot slot worden de vier onderzoeksvragen beantwoord.

Centrale onderzoeksvraag: Welke factoren dragen bij aan een succesvolle implementatie van onbemand varen?

Er heerst een stijgende vraag naar goederentransport over de binnenwateren. Enerzijds om de Green Deal doelstellingen te behalen, anderzijds is er een stijgende trend in het goederentransport. De algemene vraag naar goederenvervoer zal de komende jaren nog toenemen. Bij een gelijke modal split kan dan ook geconcludeerd worden dat de vraag naar transporten over de binnenwateren gaan stijgen. Kan men evenwel de ambitie waarmaken een extra modal shift vanuit het wegvervoer te realiseren, dan zal de binnenvaart nog meer lading moeten verzetten. De binnenvaartsector kent vandaag reeds een problematiek om voldoende nieuwe kapiteins aan te werven. Een substantiële stijging in het goederentransport over de binnenwateren werkt dit probleem alleen maar meer in de hand. De introductie van een autonome implementatie die de operationele continuïteit van het schip kan vrijwaren is een uitstekende oplossing.

Deelvraag 1: Wat zijn de drempels voor onbemand varen?

In eerste instantie brengt de implementatie van onbemand varen geen kostenbesparing met zich mee. De *Total Cost of Ownership* (TCO) van een binnenschip met autonome implementatie is in ieder scenario hoger dan een conventioneel binnenschip. De binnenvaartondernemer zal tevens niet investeren in een autonome implementatie wanneer het doel is om een positieve bijdrage te leveren aan het milieu.

Deelvraag 2: Welke kansen biedt onbemand varen voor de binnenvaart?

Allereerst krijgt het beroep kapitein een nieuwe bestemming en wordt dit in de toekomst aantrekkelijker vanwege een betere work-life balance. Momenteel bedraagt de kapitein-schip ratio om een schip vanuit een SCC aan te sturen 1 op 1. Wanneer een kapitein aan wal meerdere schepen aan kan sturen, zal er een kostenbesparing optreden.

Deelvraag 3: Welke invloed heeft onbemand varen op de organisatie van de logistiek?

In dit onderdeel wordt er een onderscheid gemaakt tussen de implementatie van een autonome module in een binnenschip dat lijnvaarten presteert in vergelijking met een schip dat “wilde vaarten” uitvoert. Er kan geconcludeerd worden dat lijnvaarten makkelijker uit te voeren zijn met een autonome implementatie, al sluit een wilde vaart de mogelijkheid tot autonome implementatie niet uit.

De uitdaging bij deze thesis lag voornamelijk in het innovatieve karakter van het onderwerp. De literatuur was behoorlijk beperkt en zeker wanneer het om onbemand varen in de binnenvaart gaat. De pool om mensen te interviewen was eerder beperkt maar het uitgebereide netwerk van Dr. Ir. Bart Vannieuwenhuyse heeft mij ver gebracht. Tot slot was het een meerwaarde om een kwantitatief luik op te nemen in deze masterthesis. Dit was tevens een uitdaging aangezien de gegevens uit de verschillende testprojecten naar onbemand varen nog niet vastgesteld zijn.

Wat ik wel heb mogen vaststellen, is dat er in Vlaanderen heel wat enthousiasme is, zowel bij marktpartijen als bij de infrastructuurbeheerder, om een pioniersrol te spelen in deze innovatieve piste voor de binnenvaart. De tests en pilots wijzen uit dat er technisch al heel wat mogelijk is. Wellicht ligt de bal nu bij een aantal (binnenvaart)ondernemers die durven te springen...

Inhoudsopgave

WOORD VOORAF	1
SAMENVATTING.....	2
ONDERZOEKSPLAN	8
PRAKTIJKPROBLEEM	8
.....	8
PROBLEEMSTELLING	11
METHODOLOGIE	12
LITERATUURSTUDIE.....	14
1. BINNENVAART	14
1.1. <i>Organisatie binnenvaart</i>	14
Afbeelding 3: Organisatie binnenvaart.....	14
1.2. <i>Binnenvaart België vs Nederland</i>	15
1.2.1. <i>België</i>	15
Beheer Waterwegen.....	15
1.2.2. <i>Nederland</i>	18
Beheer waterwegen	18
2. SWOT – ANALYSE BINNENVAART	20
2.1. <i>Sterktes</i>	20
Tabel 1: Sterktes	20
2.2. <i>Valkuilen</i>	21
Tabel 2: Valkuilen.....	21
2.3. <i>Kansen</i>	22
Tabel 3: Kansen	22
2.4. <i>Bedreigingen</i>	23
Tabel 4: Bedreigingen.....	23
2.5. <i>Grafische SWOT-analyse</i>	24
Tabel 5: Grafische SWOT-analyse.....	24
2.6. <i>Concurrentiepositie binnenvaart</i>	24
2.7. <i>Smart shipping initiatieven als reactie op SWOT analyse</i>	25
2.7.1. <i>Nederland</i>	26
2.8. <i>Juridisch luik Smart Shipping</i>	26
3. BEDREIGINGEN BINNENVAART OMBUIGEN NAAR KANSEN ONBEMAND VAREN.....	27
3.1. <i>Smart Shipping</i>	27
3.2. <i>Smart Shipping Vlaanderen</i>	27
3.3. <i>Smart Shipping Nederland</i>	27
3.4. <i>Internationale samenwerking</i>	27
3.5. <i>Introductie automatisatie</i>	28
3.5.1. <i>Autonoom of onbemand</i>	28
3.6. <i>Seafar</i>	30
3.6.1. <i>Projecten Seafar</i>	31
3.6.1.1 <i>Watertrucks</i>	31
3.6.1.2. <i>Gamma</i>	31
3.6.1.3. <i>Tercofin II</i>	32
3.6.1.4. <i>Deseo</i>	32
3.6.2. <i>Potentieel Smart Shipping</i>	32
3.6.3. <i>Werkorganisatie</i>	33
4. TECHNOLOGIE ONBEMAND VAREN	33
5. DREMPELS ONBEMAND VAREN	34

6. PLATOONING	34
EMPIRISCH ONDERZOEK.....	35
KOSTEN-BATENANALYSE.....	35
Tabel 6: Kosten-batenanalyse.....	35
Tabel 7: actualiseringen.....	37
SCHEEPSINFORMATIE.....	37
KOSTEN.....	39
<i>Private kosten</i>	39
<i>Vaste kosten</i>	39
<i>Variabele kosten</i>	40
<i>Externe kosten</i>	41
Grafiek 1: externe kosten broeikasemissies in miljoen euro.....	41
BATEN	42
<i>Private baten</i>	42
<i>Externe baten</i>	43
TOTAL COST OF OWNERSHIP.....	44
Tabel 8: Total Cost of Ownership.....	44
<i>Sensitiviteitsanalyse TCO</i>	48
Tabel 9: Sensitiviteitsanalyse Conventioneel tweedehands binnenschip	48
Tabel 10: sensitiviteitsanalyse conventioneel schip.....	49
Tabel 11: Sensitiviteitsanalyse autonoom binnenschip.....	49
Tabel 12: sensitiviteitsanalyse autonome implementatie tweedehands schip.....	50
ORGANISATIE LOGISTIEK	51
VRAAGGERICHTE BINNENVAART	51
AANBODGERICHTE BINNENVAART	51
<i>De-stressing the supply chain</i>	51
AUTONOME IMPLEMENTATIE IN VRAAGGERICHTE BINNENVAART	52
AUTONOME IMPLEMENTATIE IN AANBODGERICHTE BINNENVAART.....	52
CENTRALE ONDERZOEKSVRAAG: WELKE FACTOREN DRAGEN BIJ AAN EEN SUCCESVOLLE IMPLEMENTATIE VAN ONBEMAND VAREN?.....	53
Grafiek 2: Seafar	54
DEELVRAAG: WAT ZIJN DE DREPELS VOOR ONBEMAND VAREN?	55
DEELVRAAG: WELKE KANSEN BIEDT ONBEMAND VAREN VOOR DE BINNENVAART?	55
DEELVRAAG: WELKE INVLOED HEEFT ONBEMAND VAREN OP DE ORGANISATIE VAN DE LOGISTIEK?	56
AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK	57
LITERATUURLIJST	59

Onderzoeksplan

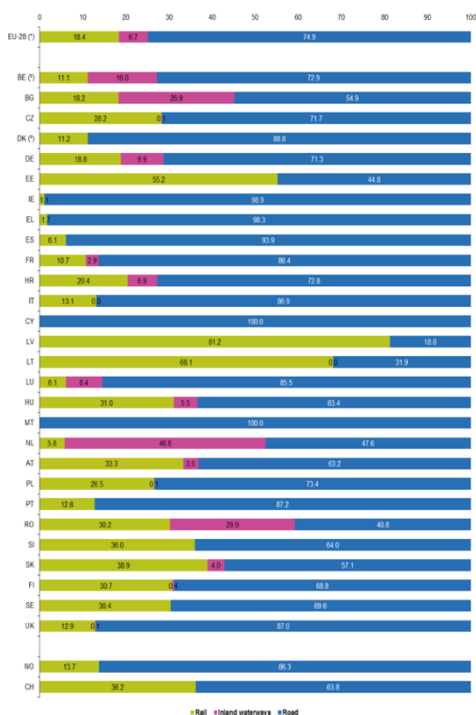
Het onderzoeksplan omvat een korte introductie van het praktijkprobleem waarna de onderzoeksvragen toegelicht worden. Tot slot wordt er een blik geworpen op de methodologische aanpak van dit onderzoek naar de onbemande scheepvaart.

Praktijkprobleem

Hoewel België en Nederland reeds meer goederen via het water vervoeren dan andere Europese landen dient de binnenvaart toch aan competitie te winnen ten opzichte van het wegtransport (Bieseman et al., 2018). Wegens de toenemende congestie op het Vlaamse wegennet biedt het uitgebreide Vlaams waterwegennet een uitstekend alternatief (POM). Toch kampt de binnenvaart met enkele uitdagingen.

De Europese Green Deal heeft betrekking op alle sectoren van de economie en stelt dat de emissies veroorzaakt door transport tegen 2050 zullen moeten dalen met 90%. Heden ten dage is het goederentransport over de weg verantwoordelijk voor 7% van de totale koolstofdioxideuitstoot ter wereld. Binnenvaart speelt een aanzienlijke rol in de vermindering van emissies (Kaack et. al, 2018). 75% Van alle goederen worden getransporteerd per wegtransport. Binnenvaart en het spoor moeten een aanzienlijk deel van die 75% voor hun rekening nemen (European inland barging innovation platform). De ambitie in de Green Deal is duidelijk de modal shift naar binnenvaart en spoor (EY & De Vlaamse Waterweg).

Afbeelding 1: Modal split



Afbeelding 1: (Rijksuniversiteit Groningen)

Aangezien er voor binnenvaart een tamelijk belangrijke rol weggelegd is in de weg naar vergroening, zal innovatie ook niet mogen uitblijven. In een onderzoek naar het transport van de toekomst wordt er gesproken over wagens, drones, vliegtuigen, hyperloops,... echter blijft transport over het water buiten schot. Door de hoge investering en daaraan gekoppelde lange investeringscycli is de vloot verouderd. Wanneer binnenvaart niet tijdig innoveert kunnen andere transportmodi, zoals autonome trucks, de binnenvaart uit de markt concurreren (EY & De Vlaamse Waterweg).

Het Federaal Planbureau verwacht een groei van de binnenvaart tegen 2030. Aan de hand van de verwachte groei, heeft het Fonds van de Binnenvaart berekend dat er ruim 3000 nieuwe arbeidsplaatsen moeten worden ingevuld. Er zullen ook 3000 personen vervangen worden. In het totaal zijn er 6000 arbeidsplaatsen in te vullen. Jaarlijks behalen slechts een 200-tal mensen hun bekwaamheidscertificaat. Aan het huidige tempo gaan de arbeidsplaatsen nooit ingevuld raken (Kenniscentrum Binnenvaart Vlaanderen, 2019). Binnenvaartondernemers waren voornamelijk zelfstandige ondernemers die hun activiteit uitoefenden in familieverband. Veel van zulke familiebedrijven zijn met uitsterven bedreigd vanwege het slechte ritme.

De noodzakelijke vergroening van het goederentransport alsmede de shift naar binnenvaart, het verbeteren van de competitieve positie van de binnenvaart aan de hand van innovatie en de moeilijkheden om het geschikte personeel te vinden zijn motieven om het huidige binnenvaartmodel onder de loep te nemen.

'Doorheen de jaren is er internationaal consensus gegroeid dat automatisering van schepen een middel kan zijn om een groot deel van bovenstaande problematiek op te lossen en het transport via de waterwegen terug te laten opbloeien. Op deze manier zal ook de grote druk die op onze wegen ligt worden afgenomen' (De Vlaamse Waterweg).

Om de binnenvaart zo veel mogelijk te ondersteunen op weg naar innovatie heeft De Vlaamse Waterweg nv het Smart Shipping programma opgesteld. Met dit programma wil De Vlaamse Waterweg nv organisaties zoveel mogelijk ondersteunen om nieuwe technologieën uit te proberen en eventueel te implementeren (De Vlaamse Waterweg). Het Smart Shipping programma richt zich concreet op 4 pijlers; slimme regelgeving, slimme infrastructuur, slimme datadeling en slim vaartuig.

De huidige regelgeving omvat regels omtrent veiligheid en beveiliging van conventionele schepen en hun bemanning. De toenemende automatisering van de binnenvaart zal leiden tot nieuwe functies voor de bemanning die steeds vaker aan wal zijn activiteit zal kunnen beoefenen. Deze disruptieve verschuiving zal de aanleiding zijn van een nieuw regelgevend kader omtrent onbemand varen. Het gebrek aan een expliciete regelgeving omtrent onbemand varen vormt een belemmering voor de invoering van autonome schepen (Nzengu et. al, 2021). Om Smart Shipping in de toekomst verder te ondersteunen zijn inspanningen van lokale en internationale wetgevende instanties vereist om het

project tot een volgend stadium te brengen waarbij de veiligheid steeds gegarandeerd blijft (De Vlaamse Waterweg nv & EY).

De huidige waterwegeninfrastructuur moet over de mogelijkheid beschikken om vanop afstand te worden bediend. Om het verkeer zo veilig mogelijk te begeleiden dient er een goede interactie te zijn tussen de infrastructuur en de vaartuigen, deze dient in het geval van autonoom varen volledig gedigitaliseerd te worden (De Vlaamse Waterweg). Wanneer het varen steeds meer autonoom zal verlopen is het ook belangrijk om een kritische blik te werpen op hoe de overslag georganiseerd kan worden (POM).

Om onder de noemer van slim varen te vallen dient een vaartuig over een minimale vorm van automatisatie te beschikken waarbij de veiligheid gelijk wordt geacht aan een regulier vaartuig (De Vlaamse Waterweg nv). Er zijn reeds enkele graden van automatisatie uitgebouwd. Geassisteerd sturen is een vorm van automatisatie waarbij een deel van de taken van de schipper overgenomen worden. Het vaartuig beschikt over software en hardware die het mogelijk maken om op een eenvoudig traject autopilot in te schakelen (POM). Hierdoor zal de schipper zijn autoriteit over het besturen kunnen laten varen, alsnog zal de schipper in staat moeten zijn om te reageren op onvoorziene omstandigheden (Rodseth et. al, 2022). In een verder stadium is het mogelijk om een vaartuig vanuit een control center te besturen (Rodseth et. al, 2022). Hierdoor kan een schipper vervangen worden door een stuurman die lager in rang is (POM). Uiteindelijk bestaat de theoretische mogelijkheid tot autonoom varen. Hier zal een schip volledig zelfstandig kunnen varen. Volledig autonoom varen zal in de toekomst mogelijk zijn, maar de focus van deze thesis ligt eerder op implementatie van automatisatie om zo de taken van het personeel aan boord over te nemen om uiteindelijk een schip vanop afstand te kunnen besturen.

Seafar is een Belgische startup wiens core business bestaat uit diensten aanbieden om onbemande en bemanningsgereduceerde schepen te helpen exploiteren en de vaartijd te verlengen (Seafar). De diensten die Seafar aanbiedt vallen onder het stadium sturen op afstand. Schepen kunnen op deze manier bestuurd worden vanuit hun shore control center in Antwerpen (De Vlaamse Waterweg).

Afbeelding 2: Shore control centre Seafar



Afbeelding 2: (Seafar)

Probleemstelling

Centrale onderzoeksvraag: Welke factoren dragen bij aan een succesvolle implementatie van onbemand varen?

Deelvraag: Wat zijn de drempels voor onbemand varen?

Deelvraag: Welke kansen biedt onbemand varen voor de binnenvaart?

Deelvraag: Welke invloed heeft onbemand varen op de organisatie van logistiek?

Centrale onderzoeksvraag: Welke factoren dragen bij aan een succesvolle implementatie van onbemand varen?

Het doel van deze masterthesis is om het huidige binnenvaart model onder de loep te nemen met een sterke focus op hoe onbemand varen of verregaande automatisatie de efficiëntie en performantie kan verhogen. Hier is het van belang om de situatie in Vlaanderen en Nederland te analyseren en een vergelijkende studie uit te voeren.

Aangezien personeelskosten en overslagkosten een groot deel uitmaken van de totale kost, wordt in deze analyse rekening gehouden met hoe onbemand varen meer kostenefficiënt kan zijn ten opzichte van de traditionele binnenvaart. Bijkomend wordt de organisatie van arbeid in het huidige binnenvaart model in vraag gesteld en schetst deze masterthesis een beeld van hoe de logistiek eruit ziet na de implementatie van onbemand varen.

Deelvraag 1 : Wat zijn de drempels voor onbemand varen?

In dit onderdeel van de masterthesis wordt een beeld geschetst van de mogelijkheden van onbemand varen. Het is belangrijk om kort de technische kant van het onbemand varen in beeld te brengen om begrip te hebben van de werking, de technologische trends en mogelijkheden. Uiteindelijk brengt deze onderzoeksvraag de drempels en moeilijkheden van onbemand varen aan het licht. De mogelijkheid stelt zich om vanuit deze drempels te vertrekken om zo nieuwe kansen te ontdekken.

Deelvraag 2: Welke kansen biedt onbemand varen voor de binnenvaart?

Deze deelvraag zal vertrekken vanuit een globale verkenning van het huidige binnenvaart model waarin een blik geworpen wordt op Vlaanderen en Nederland. Aan de hand van de ingewonnen informatie uit de verkenning, zullen de kansen en bedreigingen in kaart gebracht worden. Hierop volgt een beschrijving van iedere kans die onbemand varen biedt voor de binnenvaart waarna de bedreigingen van het huidige model kritisch benaderd worden. Waar mogelijk zal iedere bedreiging van de huidige binnenvaart getransformeerd worden naar een opportuniteit aan de hand van de kansen die onbemand varen biedt voor de binnenvaart.

Deelvraag 3: Welke invloed heeft onbemand varen op de organisatie van logistiek?

In de vorige deelvragen werd de rol van binnenvaart in de logistiek duidelijk gekaderd met een heldere kijk op de drempels en opportuniteiten in de binnenvaart. Die informatie is representatief en vormt een AS IS beeld van de binnenvaart. Met behulp van de technologie die automatisatie bevordert, zal deze masterthesis een volledig beeld vormen over de toekomstige rol van onbemand varen in de logistiek en hoe deze georganiseerd wordt. Gaande van het onbemand varen op zich tot hoe overslag georganiseerd wordt. Waarna het operationeel proces van de toekomst uitgetekend en beargumenteerd zal worden.

Methodologie

Deze thesis heeft als doel om een beeld te schetsen over hoe onbemand varen geïntroduceerd kan worden als schaalbaar businessmodel. Aan de hand van een literatuurstudie duidt deze thesis de valkuilen en opportuniteiten van het huidige binnenvaart model en werpt een oog op onbemand varen of verregaande automatisatie als sleutel naar een meer efficiënt model dat gepaard gaat met hogere performantie. Echter is in de literatuur weinig beschikbaar over succesvolle implementaties van onbemand varen in de binnenvaart waardoor verder empirisch onderzoek vereist is.

Bij aanvang van de literatuurstudie worden de bronnen kritisch geselecteerd op basis van situering in tijd. Een literatuurstudie waarin onbemand varen en automatisatie een belangrijke rol innemen, vereist recente bronnen. Hierdoor wordt de randvoorwaarde gezet op bronnen van maximaal 10 jaar oud. De ingewonnen informatie wordt onttrokken uit wetenschappelijke papers die ter beschikking worden gesteld door de universitaire bibliotheek van Hasselt, Elsevier en Google Scholar. Bijkomend zijn de websites van De Vlaamse Waterweg, Seafar, Provinciale Ontwikkelingsmaatschappij Limburg van belang in dit onderzoek. Wetenschappelijke tijdschriften met een hoge impactfactor zijn tevens relevant voor dit onderzoek aangezien deze beschikken over voldoende kwalitatieve info erkend door onderzoekers.

Deze thesis bevat ook een vergelijkende studie omtrent innovatie in de binnenvaart tussen Nederland en België waarin Vlaanderen met haar Smart Shipping programma een belangrijke rol speelt. In deze vergelijking zal de focus voornamelijk liggen op het huidige binnenvaart model, van organisatie tot technologische ontwikkelingen en implementatie.

In het algemeen ligt de focus op een kwalitatief onderzoek, toch is er een kwantitatief luik met een studie naar kostenefficiëntie. Het doel van dit kwantitatief luik is een beeld schetsen van de huidige kosten in een operationeel binnenvaart model. Hierna zal dit vergeleken worden met een onbemande vaart.

De onderzoeksvraag luidt als volgt: Welke factoren dragen bij aan een succesvolle implementatie van onbemand varen? Het uiteindelijke doel van deze masterproef ligt in het creëren van een futureproof operationeel proces met onbemand varen in de binnenvaart als hoofdrol. Hierdoor is het van belang om zowel vraag- als aanbodzijde aan het woord te laten. De vraagzijde impliceert overheidsorganisaties als

De Vlaamse Waterweg en Provinciale ontwikkelingsmaatschappij Limburg maar ook logistieke dienstverleners die ervaring hebben met binnenvaart als transportmodi. Start-up Seafar wordt in deze masterthesis onder de aanbodzijde geplaatst. Beide groepen zullen bereikt worden aan de hand van interviews waarbij de interviewer voldoende kennis heeft verworven om in debat te gaan en meningen of visies uit te wisselen met de interviewee.

In deze interviews wordt de kennis verworven uit de literatuur, getoetst aan de kennis en toekomstvisie van zowel de vraag- als aanbodzijde van de onbemande binnenvaart. De combinatie van de literatuur en de resultaten van de empirische studie, stelt de onderzoeker in staat om een schaalbaar businessmodel uit te werken. Hierin wordt het operationele proces uitgetekend dat kan leiden tot een hogere efficiëntie en performantie van de binnenvaart met een hoofdrol voor onbemand varen of verregaande automatisering.

Literatuurstudie

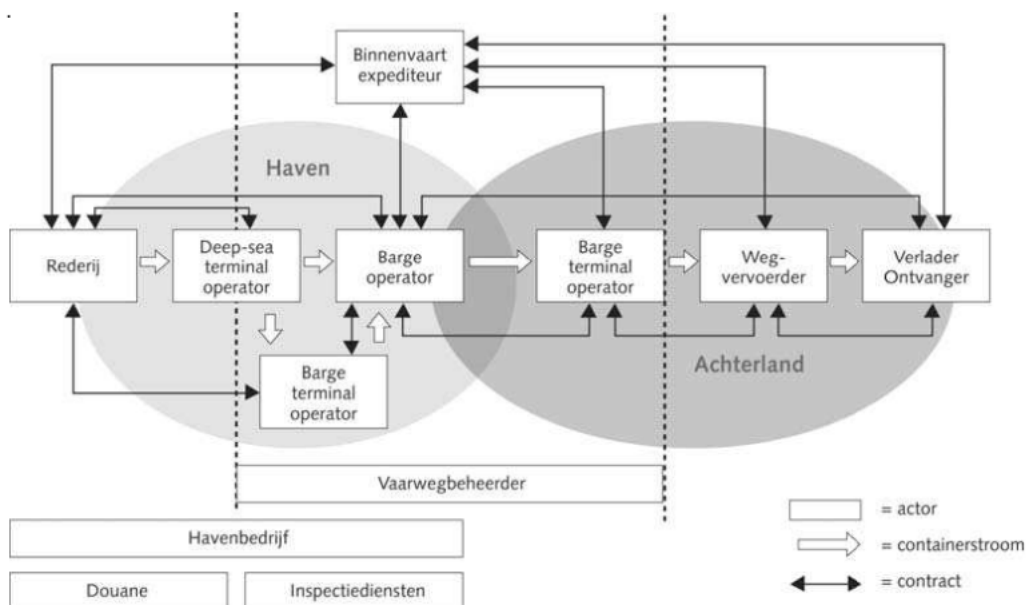
1. Binnenvaart

1.1. Organisatie binnenvaart

Binnenvaart is een transportmodus om goederen over het water te transporteren. De schepen varen niet over zee maar gebruiken het uitgebreide netwerk van stromen, rivieren en kanalen in België wat geklasseerd wordt onder de binnenwateren. Het Belgische netwerk is verbonden met landen als Nederland, Frankrijk, Duitsland, Luxemburg en Oostenrijk (Multimodaal Vlaanderen). Zo kunnen goederen getransporteerd worden vanuit de haven naar het achterland per binnenvaartschip.

De logistieke dienstverlener krijgt een aanvraag om een transport te organiseren voor een bepaalde klant. De logistieke dienstverlener zal een aanvraag doen bij een expediteur. De Expediteur organiseert het transport van deur tot deur door gebruik te maken van binnenvaart en eventueel voor-en natransport via een andere modus. De bevrachter zal op zijn beurt een binnenvaartschip huren of de vracht vercharteren om het transport van locatie A naar locatie B te voorzien. De bevrachter huurt het schip van een rederij, die eigenaar is van een binnenschip. De laatste actor in deze keten is de binnenvaartondernemer, die het schip zal besturen. De binnenvaartondernemer kan zelfstandig zijn of in dienst staan van een rederij (Multimodaal Vlaanderen).

Afbeelding 3: Organisatie binnenvaart



Afbeelding 3: Multimodaal Vlaanderen

Voor containertransport over de binnenwateren gaat het proces zoals hierboven geïllustreerd wat hieronder nader uitgelegd wordt.

De **bargeoperator** is verantwoordelijk voor de organisatie en uitvoering van het containervervoer en voorziet de informatie aan de heel keten.

De **binnenvaartoperator** heeft een contractuele relatie met verladers of ontvangers van goederen, terminals in het achterland, de expediteur en of de rederijen.

De **Schippers** worden ingehuurd door de binnenvaartoperator en voeren de binnenvaartdienst uit.

De **deepsea-terminaloperator** heeft het laden en lossen van zeeschepen als corebusiness. Zij hebben een contractuele relatie met de rederij waaraan de deepsea-terminaloperator de kosten van op- en overslag doorrekent.

De **rederij** staat in voor het vervoer van de containers tussen de verschillende havens. De rederij kan ook de binnenvaartdiensten aanbieden.

De **bargeterminaloperator** slaat de containers die in het achterland aan de terminals aankomen over naar spoor of weg (Kolkman, 2009).

1.2. Binnenvaart België vs Nederland

1.2.1. België

Beheer Waterwegen

De Vlaamse Waterweg nv is een Vlaams agentschap, meer bepaald een extern verzelfstandigd agentschap. Hierdoor heeft De Vlaamse Waterweg nv een eigen raad van bestuur en dient naast dotaties van de overheid ook te voorzien in hun eigen werkingsmiddelen. De Vlaamse Waterweg nv fungeert als één waterwegbeheerder maar splitst Vlaanderen op in drie afdelingen, deze hebben hun oorsprong vanwege de fusies (De Vlaamse Waterweg, persoonlijke communicatie, 14 december 2022).

Sinds 2018 is de Vlaamse Waterweg nv alleen beheerder van de binnenwateren in Vlaanderen. Zowel beheer als exploitatie van de binnenwateren om zo transport via binnenvaart te promoten, draagt bij tot hun core-business. Het streefdoel van de Vlaamse Waterweg is om een krachtig netwerk uit te bouwen dat bijdraagt aan de economie, welvaart en de leefbaarheid van Vlaanderen(De Vlaamse Waterweg NV).

Om de binnenvaart te promoten neemt de Vlaamse Waterweg nv enkele initiatieven. In Regio Oost beschikt de Vlaamse Waterweg nv naast het beheer van de waterwegen ook over de gronden naast de waterwegen. Op deze gronden wil de Vlaamse Waterweg nv watergebonden bedrijven aantrekken, om zo transport via de binnenwateren aan te moedigen en goederenstromen aan te trekken. Vervolgens heeft de Vlaamse Waterweg nv alle bruggen van het Albertkanaal verhoogd tot 9,1 meter waardoor binnenvaartschepen vanaf nu vier lagen containers vervoeren. Bijkomend is de diepgang van de vaarwegen enorm belangrijk waardoor de Vlaamse Waterweg nv investeert om de correcte diepgang te behouden, zo kunnen schepen op een correcte manier varen. Varen op een correcte manier impliceert ook dat schippers de politieregelgeving op het water dienen te volgen, de Vlaamse Waterweg nv heeft desbetreffende een handhavingsfunctie. Tot slot werkt de Vlaamse Waterweg nv nauw samen met

andere transportmodi zodat de transporten goed en op de juiste moment kunnen plaatsvinden. (De Vlaamse Waterweg, persoonlijke communicatie, 14 december 2022).

Afbeelding 4: Afdelingen De Vlaamse Waterweg



Afbeelding 4: (De Vlaamse Waterweg nv)

De Vlaamse Waterwegen nv beheert een uitgebreid waterwegennetwerk met 100 kades en 14 containerterminals. In het total beschikt Vlaanderen over een netwerk van meer dan 1300 kilometer die vier belangrijke zeehavens met elkaar verbinden (Multimodaal Vlaanderen). De zeehavens vallen niet onder het beheer van de Vlaamse Waterweg nv (De Vlaamse Waterweg nv, persoonlijke communicatie, 14 december 2022). Ruim 58% van de waterwegen is geschikt voor schepen van 1350 ton en meer (Waterwegen en Zeekanaal NV & NV De Scheepvaart). Iedere zeehaven heeft zijn eigen specialisatie. De Haven van Antwerpen is gelegen in de grootste cluster van de chemische industrie en richt zich na industrie ook op fruit, koffie, bulk,... . De fusie haven van Gent en Zeeland, North Sea Port, richt zich voornamelijk op de auto-industrie en staalnijverheid. Hoewel North Seaport Flanders zich richt op auto-industrie, is de Haven van Zeebrugge wereldleider in de behandeling van nieuwe wagens. Tot slot ligt er een haven in Oostende die voornamelijk focust op hernieuwbare energie en het onderhoud van de windmolenparken in de zee (Vlaanderen).

België en Vlaanderen in het specifiek, is gelocaliseerd in het centrum van Europa wat Vlaanderen een van de meest belangrijke logistieke omgevingen maakt in Europa (Verstrepen et al.,2007). In een straal van 500km rond Vlaanderen ligt een groot deel van de consumptie. Hierdoor voeren verschillende bedrijven hun Europese distributie vanuit Vlaanderen waardoor er verschillende EDC's gelegen zijn (Cushman and Wakefield, 2006). Bijna 80% van de bedrijven in Vlaanderen ligt op 10 kilometer van het Albertkanaal. Waardoor bedrijven de klanten binnen enkele uren bereiken door de goede connectie met

het achterland (Flanders state of the Art). Het kenniscentrum voor binnenvaart stelt dat meer dan 16% van de vervoerde goederen per binnenvaart richting hun eindbestemming gaat (Kenniscentrum voor binnenvaart, 2019).

De binnenvaartsector kent moeilijkheden om de arbeidsplaatsen in te vullen met de juiste personen. De sector kent voornamelijk een tekort aan Schippers. Vlaanderen telt in 2019 1070 binnenvaartondernemers (Kenniscentrum voor binnenvaart, 2019). Een binnenvaartondernemer mag één of meerdere binnenvaartschepen beheren en staat in voor het vervoer van goederen over de binnenwateren (Vlaanderen).

Afbeelding 5: Grote vaarwegen België



Afbeelding 5: (multimodaal Vlaanderen)

Het Waalse Gewest beschikt over 450 kilometer aan waterwegen geschikt voor de binnenvaart. Deze waterwegen vormen een essentieel kruispunt in het Europese netwerk, met rechtstreekse verbindingen naar de grootste zeehavens (Voies hydrauliques Wallonie). Deze thesis legt de focus op de vergelijking tussen Vlaanderen en Nederland.

1.2.2.Nederland

Beheer waterwegen

In Nederland wordt het waterwegennet beheerd door twee organisaties. Eenerzijds staat de Rijkswaterstaat in voor het beheer van grote wateren als de zee en rivieren. Onder het beheer van het waterwegennet valt zowel onderhoud van dijken, dammen, stuwen als het in ere houden van de natuur bij infrastructuuraanpassingen (Rijksoverheid). De Rijkswaterstaat beheert 5046 kilometer aan vaarwegen en bijhorende infrastructuur in Nederland (van Terwisga, 2019). Anderzijds heeft Nederland ook tal van rivieren en kanalen die geclassificeerd worden onder regionale wateren. De regionale wateren vallen onder het beheer van de Waterschappen (Rijksoverheid).

Nederland staat bekend om zijn binnenvaartsector omwille van de uitstekende ligging aan de monding van enkele belangrijke Europese rivieren zoals de Rijn, Maas en de Schelde (Bureau voorlichting binnenvaart). Hierdoor kan een schip vanuit Nederland makkelijk het Europese achterland in varen.

In het totaal telt Nederland 7923 binnenvaartschepen en vertegenwoordigde de Nederlandse binnenvaartsector 55% van de totale West-Europese binnenvaartvloot in 2018 (IVR,2018). De eigenaar van deze binnenvaartschepen is in de meeste gevallen ook de kapitein van het Nederlandse binnenvaartschip. 75% van de Nederlandse binnenvaarschepen is in bezit van een familie waarbij de kapitein ook de eigenaar van het schip is (Bureau voorlichting binnenvaart).

Afbeelding 6: Havens en belangrijke overslagpunten in Nederland



Afbeelding 6: (Bureau voorlichting binnenvaart)

2. SWOT – analyse binnenvaart

Een SWOT-analyse is een weergave van de interne sterktes en zwaktes van de binnenvaart waarna een blik geworpen wordt op de kansen en bedreigingen.

2.1. Sterktes

Tabel 1: Sterktes

Sterktes
- Milieuvriendelijk - Veilig - Flexibel - Laadvermogen - Beschikbare capaciteit

Omdat binnenvaartschepen de mogelijkheid bieden om grote ladingen te vervoeren is de uitstoot per container veel lager dan andere modi. Binnenvaart is een van de meest milieuvriendelijke transportmodi. Naast transport over het spoor stoot binnenvaart het minste CO₂ uit in vergelijking met andere transportsectoren in Europa (Grzelakowski, 2019). Naast de milieukwestie biedt transport over water een veilig alternatief. In vergelijking met andere transportmodi gebeuren er in de binnenvaart zeer weinig ongevallen (Van den Bossche et al., 2017). Het uitsluiten van ongevallen is onmogelijk maar binnenvaart weet deze aanzienlijk te beperken. Een ongeval op het water brengt meestal niet veel lichamelijke schade met zich mee. Desalniettemin kan de financiële impact veel groter zijn dan een ongeval op de weg (De Vlaamse Waterweg nv, persoonlijke communicatie, 14 december 2022). Wanneer het vervoer over de binnenwateren voldoet aan de normen van de AGN-overeenkomst vallen er zelden storingen voor. Ook dit kadert onder veiligheid en betrouwbaarheid. Uiteraard kan er geen rekening gehouden worden met onvoorziene omstandigheden zoals winterse weersomstandigheden of buitengewoon hoge vraag naar transporten (Van den Bossche et al., 2017). Binnenvaartschepen bieden de nodige flexibiliteit zowel in soorten lading als de capaciteit van de schepen. Binnenvaartschepen hebben een capaciteit van 2000 ton en kunnen een vracht vervoeren dat gelijk is aan de capaciteit van 50 treinwagons die elk een capaciteit hebben van 40 ton. Een Kempenaar kan bijvoorbeeld 18 vrachtwagens van de baan halen (De Vlaamse Waterweg nv, persoonlijke communicatie, 14 december 2022). Hierdoor kan de binnenvaartsector een zeer lage transportprijs per eenheid voorleggen (Van den Bossche et al., 2017). Op vlak van ladingen biedt de binnenvaart een oplossing voor iedere soort. Zo kan een binnenvaartschip ladingen vervoeren gaande van heel zware en grote vrachten zoals auto's en onderdelen van windturbines tot droge bulk, vloeibare ladingen, containers,... (Van den Bossche et al., 2017). Doch kampt de binnenvaart hier met enkele restricties, met name moet er rekening gehouden worden met de hoogte van de bruggen en de diepte van de vaargeul (De Vlaamse Waterweg nv, persoonlijke

communicatie, 14 december 2022). Tot slot is er een stijgende trend waar te nemen in het goederentransport over het water maar de binnenwateren hebben nog veel onbenutte capaciteit. Het goederentransport over water met name over de zee als de binnenvaart, zal de komende 40 jaar toenemen. Deze verwachting is dus geen bedreiging voor de binnenvaart aangezien er nog veel beschikbare capaciteit is (Ministerie van milieu en infrastructuur).

2.2. Valkuilen

Tabel 2: Valkuilen

Valkuilen	
- Brandstofverbruik	
- Uitstroom arbeidskrachten	van

Naast de sterktes van de binnenvaart worden ook de zwaktes aangekaart. Hier wordt voornamelijk een focus gelegd op het brandstofverbruik en de moeilijkheden om de juiste arbeidskrachten te vinden. Schepen proberen steeds hun traject zo snel mogelijk af te leggen. Varen aan hoge snelheid brengt een hoger brandstof verbruik met zich mee. Wanneer schepen uiteindelijk aan de haven of de terminal aankomen, kan het zijn dat er congestie is. Hierdoor zal het schip zijn beurt moeten afwachten en brengt dat mogelijk de planning in de war (Alop, 2019). Hiernaast wordt in Nederland een natuurlijke uitstroom van 50% van de arbeidskrachten verwacht. De reden van de uitstroom is voornamelijk de leeftijd van de schippers (SMASH). Een schipper is een binnenvaartondernemer, in Vlaanderen en Nederland zijn dat vaak familieondernemingen. Vanwege de leeftijd van de schippers en de moeilijke arbeidsomstandigheden is er geen opvolging in deze familiebedrijven. Deze trend wordt in Vlaanderen ook opgemerkt.

2.3. Kansen

Tabel 3: Kansen

Kansen
- Green Deal - Near-shoring - Stijgende trend transporten

De Green Deal spreekt de ambitie van de vergroening van de transportsector uit. Dat biedt op zijn beurt kansen voor de binnenvaartsector. Er is een duidelijke rol weggelegd voor de modalshift naar binnenvaart en spoor omwille van de kosten en vergroening. De gemiddelde totale kosten, inclusief externe kosten voor binnenvaart bedroegen in 2016 naar schatting 3,9 eurocent/tkm. De shift naar binnenvaart speelt een belangrijke rol in de vergroening van goederentransport. De huidige motorisatie van binnenvaart is momenteel nog steeds competitief met wegtransport maar alternatieve brandstoffen en nieuwe technieken worden makkelijker ontwikkeld voor wegtransport. Om die reden is het belangrijk om de motorisatie van binnenvaart te vergroenen (Mobius, 2022) Vrachtvervoer over de weg stoot 2,5 keer meer CO₂ uit dan short sea shipping of binnenvaart (SMASH). Dat is nagenoeg de helft van de kosten voor wegvervoer dat 6,6 eurocent/thm bedroeg (van Essen, 2018). Naast de huidige torenhoge transportkosten als gevolg van Covid-19 wordt er een nieuwe trend opgemerkt. De algemene opinie is dat de impact van Covid-19 zal leiden tot het feit dat veel bedrijven hun logistieke ketens gaan herzien en near-shoring toe zullen passen. Dit omwille van de stijgende prijzen van containertransport en de stijging van de loonkosten in de lage loonlanden. Hierdoor zullen bedrijven hun sourcing herbekijken (UC Group). Near-shoring biedt een kans voor de binnenvaart aangezien bedrijven hun sourcing dicht bij de productie en consumptie willen brengen waardoor er extra vraag naar transport zal zijn. Het Belgische Federaal Planbureau raamt een totale groei in goederentransport van 27% in de periode tussen 2015 en 2040. Bijgevolg zal ook de hoeveelheid goederen (tkm) vervoerd over de binnenwateren stijgen met 32% (Laine et al., 2019). Hier treed wel een discrepantie op. Goederentransport over de binnenvaart zal stijgen maar het aanbod aan binnenvaartschepen daalt. Door technologische beperkingen, een dalend aantal schippers en een stijgende arbeidskost zijn er steeds minder CEMT I of II actief (Peeters et al., 2020). CEMT is een classificatie voor de afmetingen en capaciteit van binnenvaartschepen. De afkorting staat voor Conferentie van Europese Ministers van Transport die in 1992 deze classificatie hebben opgesteld (De Vlaamse Waterweg NV, 2018).

Afbeelding 7: Overzicht CEMT klassen

Klasse	Lengte (m)	Breedte (m)	Diepgang (m)	Hoogte (m)	Laadvermogen (ton)
I	38,50	5,05	1,80-2,20	4,00	250-400
II	50-55	6,60	2,50	4,00-5,00	400-650
III	67-80	8,20	2,50	4,00-5,00	650-1000
IV	80-85	9,50	2,50	5,25-7,00	1000-1500
Va	95-110	11,40	2,50-4,50	5,25-9,10	1500-3000
Vb	172-185	11,40	2,50-4,50	5,25-9,10	3200-6000 (2-baks lang)
Via	95-110	22,80	2,50-4,50	7,00-9,10	3200-6000 (2-baks breed)
Vib	185-195	22,80	2,50-4,50	7,00-9,10	6400-12000 (4-baks)
Vic	193-200	34,20	2,50-4,50	9,10	9600-18000 (6-baks breed)
VII	195-285	34,20	2,50-4,50	9,10	14500-27000 (9-baks)

Afbeelding 7: (De Vlaamse Waterweg nv)

2.4. Bedreigingen

Tabel 4: Bedreigingen

Bedreigingen
- Te kort aan personeel - Stijgende goederentransport

Binnenvaart moet meer goederentransport aantrekken maar daar knelt het schoentje. Meer goederenstromen aantrekken gaat hand in hand met meer personeel en dat blijkt een grote uitdaging (De Vlaamse Waterweg NV, 2018). Het Federaal Planbureau verwacht een groei van de binnenvaart tegen 2030. Aan de hand van de verwachte groei, heeft het Fonds van de Binnenvaart berekend dat er ruim 3000 nieuwe arbeidsplaatsen moeten worden ingevuld. Er zullen ook 3000 personen vervangen worden. In het totaal zijn er 6000 nieuwe arbeiders nodig. Jaarlijks behalen slechts een 200-tal mensen hun bekwaamheidscertificaat. Aan het huidige tempo gaan de arbeidsplaatsen nooit ingevuld raken (Kenniscentrum Binnenvaart Vlaanderen, 2019).

2.5. Grafische SWOT-analyse

Tabel 5: Grafische SWOT-analyse

Sterktes	Valkuilen
- Milieuvriendelijk - Veilig - Flexibel - Laadvermogen - Beschikbare capaciteit	- Brandstofverbruik - Uitstroom van arbeidskrachten
Kansen	Bedreigingen
- Green Deal - Near-shoring - Stijgende trend transporten	- Te kort aan personeel - Stijgende goederentransport

2.6. Concurrentiepositie binnenvaart

De output van de binnenvaart wordt uitgedrukt in tonnage of tonkilometer en is een goede maatstaf voor de geleverde prestatie. In 2021 werd in België ongeveer 8,2 miljard tonkilometer per binnenvaart vervoerd (Statbel). Wat aanzienlijk minder is dan de 36,2 miljard tonkilometer die via de weg vervoerd werden in 2021 (Statbel). De modal shift zou dus een stap zijn naar meer goederentransport over de binnenwateren wat op zijn beurt voor een vergroening van de transportsector zorgt. Vanwege de hoge investeringskosten blijft de binnenvaart momenteel nog wat achter en dient deze aan competitie te winnen door introductie van nieuwe technologieën die de binnenvaartsector helpen.

2.7. Smart shipping initiatieven als reactie op SWOT analyse

Kansen

De binnenvaart is een zeer veilige transportmodus alsnog gebeuren er af en toe ongelukken. Uit onderzoek blijkt dat deze ongelukken voornamelijk schade aan infrastructuur impliceren én de oorzaak voornamelijk ligt bij de mens. Smart Shipping is een middel om de veiligheid te verbeteren en de ongevallen door menselijke fout te laten afnemen (SMASH).

‘Een volledig autonome scheepvaart zou ervoor kunnen zorgen dat het aantal incidenten drastisch verlaagt, omdat 80% van de maritieme ongelukken te wijten zijn aan menselijke fouten (Makelberge, 2020).’

Smart Shipping staat niet alleen voor veiligheid maar speelt ook een rol in de vergroening. Het stelt schepen in staat meer duurzaam te varen. Een schip kan makkelijker het kortste traject volgen, er is minder afwijking maar ook zal een schip in staat zijn om op het juiste moment aan een haven, brug of sluis aan te komen. Doordat de snelheid adaptief is zal een boot minder brandstof verbruiken (SMASH).

Uit de SWOT-analyse van de binnenvaart blijkt dat er een groot probleem heerst om schippers te vinden. Door natuurlijke uitstroom zijn er steeds minder schippers actief. Door de implementatie van Smart Shipping technologie zullen boten vanop afstand kunnen bestuurd worden waardoor de nood aan schippers op termijn zal afnemen. Bijkomend kan dat een operationele kostenbesparing van 35% opleveren. Het besparen op de bemanning, door met een bemanningslid minder te varen of door meer vaaruren per week te kunnen varen met dezelfde bemanning, zijn doelen voor de middellange termijn. Ook een verbetering van de duurzaamheid en de veiligheid spelen een rol bij de implementatie van smart shipping. De sociaaleconomische structuur van de binnenvaart, waarbij veel schepen worden bevaren door (veelal wat oudere) schipper-eigenaren met beperkte investeringsmogelijkheden, zijn wel een hindernis voor een spoedige brede implementatie (SMASH).’

Wanneer schepen steeds slimmer worden door implementatie van nieuwe technologieën kan ook de infrastructuur niet achterblijven. Slimme machines in de haven kunnen informatie verwerken die afkomstig is van andere havens, schepen, weerdiensten, verladers en andere bronnen, en de schepen die naar de haven gaan voortdurend informeren over hun optimale snelheid en andere zeekenmerken, zodat zij de haven precies op tijd kunnen bereiken en niet hoeven te wachten (Alop, 2019). Hierdoor zal de havencongestie flink verminderen waardoor alles meer efficiënt zal verlopen (Alop, 2019). Voor de rederijen impliceert een optimale timing van aankomst in de haven ook dat de wachttijd op de ankerplaatsen aanzienlijk gereduceerd zal worden (Alop, 2019).

Weaknesses & Treats

De implementatie van nieuwe technologieën zorgt ook voor een toename van de complexiteit van het hele systeem (Alop, 2019). Verder kan de implementatie van nieuwe technologieën zorgen voor moeilijkheden om de persoonlijke interesses van alle stakeholders te coördineren (Alop, 2019). Autonome schepen kunnen op een sceptische blik stuiten van belanghebbenden die beweren dat autonome schepen kunnen leiden tot controleverlies (Seafar, Persoonlijke communicatie, 9 december 2022). Het is uiterst moeilijk om voldoende betrouwbare en flexibele algoritmen te ontwikkelen voor een optimaal beheer van het systeem in alle mogelijke situaties (Alop, 2019). Bijkomend zijn rederijen soms terughoudend vanwege de hoge investering (Alop, 2019). Tot slot zijn deze technologieën meer kwetsbaar voor cyberaanvallen (Seafar, Persoonlijke communicatie, 9 december 2022).

2.7.1. Nederland

Nederland erkent zoals Vlaanderen de nood om de concurrentiepositie van de scheepsvaart te verbeteren. Hieruit is Smash ontstaan. Smash is het Nederlandse forum voor Smart Shipping. Smash stelt dat automatisering een middel is om de scheepsvaart meer veilig te maken. Verder zet automatisering de stap naar vergroening, meer duurzaam transport over water of op termijn zelfs emissieloos (SMASH)

Ook Nederland neemt initiatieven om de arbeidsomstandigheden in de scheepvaart te verbeteren. De implementatie van hulpsystemen en automatisatie verlicht de taken van de bemanning waardoor er minder arbeidskrachten nodig zijn. Bijkomend biedt het de mogelijkheid om arbeid vanop afstand te verrichten, zoals het besturen van een schip vanuit een shore control center (SMASH).

2.8. Juridisch luik Smart Shipping

Het juridisch kader kan in de SWOT-analyse opgenomen worden als een bedreiging of valkuil voor de implementatie van Smart Shipping. Echter is het voor deze thesis interessant om er iets dieper op in te gaan.

Het hedendaagse rechtssysteem is niet klaar voor de komst van autonome en vanop afstand bestuurd schepen. De huidige verdragen zijn gedateerd en niet opgewassen tegen de technologische ontwikkelingen in de scheepsvaart (Makelberge, 2020). Hierdoor kent de technologie moeilijkheden om een succesvolle implementatie te verwezelijken. Het is wel afhankelijk van het niveau van autonomie. Autonome schepen die operationeel zijn maar waar er toch nog bemanning aan boord is, worden makkelijker ondersteund door de bestaande regels (Bernauw, 2017).

Het grootste knelpunt in het Juridisch luik is namelijk de regelgeving van de CCR. De commissie voor de Rijnvaart telt vijf lidstaten; Duitsland, België, Frankrijk, Nederland en Zwitserland en heeft als doel de scheepsvaart op de Rijn zowel juridisch als praktisch in goede banen te leiden. De richtlijnen en

regelgeving die de Commissie opstelt worden dan ook gevolgd door de lidstaten op uitzondering van België. Aangezien de Rijn niet door België loopt, volgt België de regelgeving als een richtlijn maar mag er van de regelgeving afgeweken worden. België en Vlaanderen meer specifiek heeft een eigen regelgeving in verband met autonoom varen waardoor Vlaanderen een interessant gebied, maar ook het enige gebied, is om testen en pilotprojecten uit te voeren. Dat maakt Vlaanderen Pionier in Smart Shipping. Zo zijn de juridische valkuilen eveneens een opportuniteit voor Vlaanderen.

3. Bedreigingen binnenvaart ombuigen naar kansen onbemand varen

3.1. Smart Shipping

Smart shipping is een verzamelnaam voor de connectiviteit tussen schepen en havens. Hierbij zijn schepen en havens verbonden met één globaal systeem en werken in de meest optimale wijze door dezelfde algoritmen te gebruiken (Alop, 2019).

3.2. Smart Shipping Vlaanderen

Smart shipping is een programma van de Vlaamse waterweg met als doel innovatie op te volgen omtrent autonoom varen (De Vlaamse Waterweg & EY, 2021). De voorbije jaren is de maatschappelijke vraag naar onbemande systemen aanzienlijk gestegen. Zowel de performantie als de betrouwbaarheid van onbemande systemen worden steeds beter met als gevolg dat de mens steeds meer vervangbaar is door een onbemand systeem (Woo & Kim, 2020). Momenteel wordt onbemand varen gezien als het gebruiken van automatiseringstechnieken om de navigatie over te nemen en zo personeel te doen reduceren (De Vlaamse Waterweg & EY, 2021).

3.3. Smart Shipping Nederland

Nederland erkent zoals Vlaanderen de nood om de concurrentiepositie van de scheepsvaart te verbeteren. Hieruit is Smash ontstaan. Smash is het Nederlandse forum voor Smart Shipping. In Nederland zijn een tal van bedrijven reeds in doening met Smart Shipping maar dit ieder afzonderlijk. Het Nederlandse Forum voor Smart Shipping wil op nationale schaal samenwerken en brengt overheden en kennisinstellingen samen om regionale initiatieven meer kracht te geven en een groter bereik te genereren (SMASH).

3.4. Internationale samenwerking

PIANC staat voor Permanent International Association of Navigation Congresses en heeft als doel om nationale organisaties op internationaal niveau met elkaar te verbinden om zo kennis met elkaar te wisselen. Een schip stopt vaak niet bij een landsgrens, het is dus van belang om internationale standaarden op te zetten. Aan de hand van die standaarden worden waterwegbeheerders ondersteund in de uitbouw en onderhoud van hun infrastructuur. Rijkswaterstaat en De Vlaamse Waterweg nv leggen

de hoofden samen en richten binnen PIANC een werkgroep op met als doel de impact van Smart Shipping te onderzoeken (SMASH).

3.5. Introductie automatisatie

3.5.1. Autonoom of onbemand

Om de gradaties in autonomie te behandelen is het van belang om het onderscheid tussen onbemand en autonoom varen te duiden.

Autonoom varen: een schip kan operaties uitvoeren op zichzelf of met verminderde bemanning. Bij autonoom varen kan er nog steeds een rol weggelegd zijn voor bemanning aan boord van het schip (Rødseth, 2017).

Onbemand varen: er is geen bemanning aanwezig in de brug van het schip wat wijst dat er geen bemanning aanwezig is in de ruimte waaruit het schip bestuurd en genavigeerd wordt. Er zal nog steeds bemanning aan boord zijn om bijvoorbeeld het schip te onderhouden (Rødseth, 2017).

Doorheen de jaren evolueert de technologie steeds meer met als doel schepen veiliger, efficiënter en meer comfortabel te laten varen. Bijkomend dient de implementatie van nieuwe technologieën ook ter ondersteuning van schippers (SMASH). De implementatie van automatisatie gebeurt telkens in stappen waardoor er gradaties ontstaan in niveaus van automatisatie (Makelberge, 2020).

Afbeelding 8: Graden van automatisatie

	Niveau	Omschrijving	Besturing (manoeuvres, voortstuwijng, stuurhuis,...)	Monitoring en reactie op de vaaromgeving	Terugval- maatregelen voor de dynamische vaartaken	Afstandsbediening
DE SCHIPPER VERRICHT ALLE DYNAMISCHE VAARTAKEN OF EEN GEDEELTE VAN DEZE TAKEN	0	NIET GEAUTOMATISEERD alle aspecten van de dynamische vaartaken worden te allen tijde verricht door de schipper zelf, ook al worden deze ondersteund door waarschuwings- of interventiesystemen <i>Bv. vaart met behulp van radar</i>				Nee
	1	ONDERSTEUNING BIJ DE BESTURING de toepassing van een <u>stuurautomaat</u> binnen een specifieke context met gebruik van bepaalde informatie over de vaaromgeving waarbij ervan uitgegaan wordt dat de schipper zelf alle overige aspecten van de dynamische vaartaken verricht <i>Bv. autopiloot</i> <i>Bv. trackpilot (koerssysteem voor binnenschepen langs vooraf vastgelegde geleidelijnen)</i>				
	2	GEDEELTELIJK GEAUTOMATISEERD de toepassing van een geautomatiseerd besturingssysteem voor <u>zowel de besturing als de voortstuwijng</u> binnen een specifieke context met gebruik van bepaalde informatie over de vaaromgeving waarbij ervan uitgegaan wordt dat de schipper zelf alle overige aspecten van de dynamische vaartaken verricht				Al naar gelang de toepassing binnen een specifieke context is afstandsbediening mogelijk (besturing van het schip, monitoring van en reactie op de vaaromgeving of terugvalmaatregelen). Dit kan gevolgen hebben voor de bemanningsvereisten (aantal of kwalificatie).
HET SYSTEEM VERRICHT ALLE DYNAMISCHE VAARTAKEN (INDIEN INGESCHAKELD)	3	GEAUTOMATISEERD ONDER VOORWAARDEN de <u>ononderbroken</u> toepassing van een geautomatiseerd besturingssysteem voor <u>alle</u> dynamische vaartaken binnen een specifieke context, <u>met inbegrip van het vermijden van aanvaringen</u> , waarbij ervan uitgegaan wordt dat de schipper zelf ontvankelijk is voor verzoeken om in te grijpen en voor systeemstoringen en adequaat hierop reageert				
	4	HOOG GEAUTOMATISEERD de ononderbroken toepassing van een geautomatiseerd besturingssysteem voor alle dynamische vaartaken binnen een specifieke context, <u>met inbegrip van terugvalmaatregelen, zonder ervan uit te gaan dat een schipper zelf zal reageren op een verzoek om in te grijpen</u> <i>Bv. een schip dat tussen twee sluisen een kanaal bevaart (omgeving is goed gekend), maar het geautomatiseerd besturingssysteem is niet zodanig dat daarmee de sluisen gepasseerd kunnen worden (daarvoor is de interventie van een persoon vereist)</i>				
	5	AUTONOOM = VOLLEDIG GEAUTOMATISEERD de ononderbroken en <u>onvoorwaardelijke</u> toepassing van een geautomatiseerd besturingssysteem voor alle dynamische vaartaken, met inbegrip van terugvalmaatregelen, zonder ervan uit te gaan dat de schipper zelf zal reageren op een verzoek om in te grijpen				

Afbeelding 8: (CCR)

De introductie van een stuurautomaat of een trackpilot is een van de aller eerste soorten automatisatie die in de scheepsvaart geïmplementeerd werd. Een stuurautomaat zorgt ervoor dat het schip de juiste koers vaart aan de hand van sensoren (SMASH). Door louter de introductie van een trackpilot kan een schip ook de meest efficiënte route varen. Zeeschepen hebben sinds ettelijke jaren al de mogelijkheid om aan waypoint-varen te doen waarbij de waypoints dienen om de juiste koers te volgen (SMASH). Een belangrijke nuance is dat de Schipper zelf alle verantwoordelijkheid draagt voor besturing en voortstuwijng van het schip. Dit kadert onder niveaus 0 tot 2 (CCR).

In niveau 3 van de internationale definitie van automatiseringsniveaus hebben schepen de toestemming om te varen zonder volledige bemanning aan boord. Schepen kunnen hier eventueel op afstand bestuurd worden maar er heerst een menselijke verantwoordelijkheid die op gepaste wijze moet kunnen ingrijpen in complexe situaties (CCR). De stuurcabine van een binnenvaartschip wordt steeds vaker uitgerust met generieke processoren en modulaire systemen die bij software updates telkens slimmer worden en meer functies krijgen. In combinatie met datacommunicatie hoeven er geen installatiewerkzaamheden plaatst te vinden aan boord van het schip (SMASH).

Schepen die uitgerust zijn met systemen die het mogelijk maken om alle dynamische vaartaken van de schipper over te nemen vallen onder categorie 4 en 5. Deze schepen dienen niet uigert te zijn met een volledige bemanning en kunnen met behulp van systemen volledig vanop afstand bestuurd worden (CCR).

3.6. Seafar

Seafar is een onafhankelijke scheepsvaartmanagement organisatie die diensten aanbiedt om schepen van op afstand te besturen. Door de integratie van het Seafarbesturingssysteem en de services worden taken van de bemanning verlicht en kunnen schepen met minder bemanningsleden dezelfde diensten uitoefenen (Seafar).

De schepen worden aangestuurd vanuit een Shore control center (Seafar). Een shore control center is een traditioneel kantoor waar kapiteins en schippers vanop afstand de bediening en navigatie van een schip overnemen. De schippers en kapiteins in een shore control center hebben een traditionele maritieme opleiding genoten en beschikken over de kennis en ervaring om het schip aan te sturen (Smash).

Door de integratie van het seafarbesturingssysteem kan de operationele efficiëntie van een schip aanzienlijk verhoogd en de stilstand drastisch verlaagd worden (Seafar). Rederijen worden geconfronteerd met hoge kosten en zeer lage winstmarges, een vermindering van 500 werkuren per jaar kan de binnenvaart meer competitief maken ten opzichte van wegtransport (Seafar). Daarenboven impliceert de introductie van de nieuwe technologieën ook vooruitgang op gebied van duurzaamheid (Seafar).

Het automatisatietraject van Seafar is een gradueel proces. Ten eerste wordt het Seafar Vessel Control System geïnstalleerd dat bestaat uit een controle systeem dat relatief eenvoudig in ieder vaartuig geïnstalleerd kan worden waardoor de bediening kan worden uitbesteed aan het shore control center. Vervolgens verzorgen camera's, LIDAR's en andere sensoren in samenwerking met de software de omschakeling van lokale controle naar walcontrole. Tot slot wordt de navigatie met command en control-software ondersteund door artificiële intelligentie waardoor een schip vanuit het Shore control center bestuurd kan worden (Seafar).

Seafar schrijft verschillende AI algoritmes voor een navigatiemodel en een scheepsmodel. Hierdoor kan een schip het meest optimale traject volgen waar onveilige situaties worden vermeden. Iedere keer wanneer een autonoom vaartuig dat traject aflegt, nemen de sensoren het traject waar en leert de software steeds bij over de vaarttrajecten en eventuele omstandigheden. Het model kan door ieder autonoom vaartuig verbeterd worden omdat het opgeslagen is in een database waar ieder autonoom vaartuig toegang toe heeft (Seafar).

Camera's, LIDAR en radars zijn omgevingssensoren die aanwezig zijn aan ieder vaartuig, deze maken het mogelijk om obstakels te identificeren en classificeren waaronder vaartuigen. Seafar onderzoekt de mogelijkheden om de omgeving te modelleren om zo het vaargedrag van schepen te verbeteren (Seafar).

3.6.1. Projecten Seafar

3.6.1.1 Watertrucks

Group De Cloedt bezit enkele zeeconsessies in de Noordzee voor de Belgische en de Deense kust maar ook in de Baltische zee. Hierdoor kan Group de Cloedt zich verder richten op hun corebusiness, namelijk de verdere exploitatie, productie en commercialisering van grind, soorten zand maar ook andere bouwmaterialen (Group De Cloedt). Group De Cloedt heeft een interne logistieke dienst dat schuilt achter het bedrijf Trans Blueline. Zij hebben enkele binnenvaartschepen in het bezit maar ook 18 watertrucks.

Een Watertruck + is een Europees concept waarbij goederen vervoerd worden door binnenvaartschepen bestaande uit een duwbak, al dan niet zelf aangedreven in combinatie met een duwboot (Watertruck+).

Sinds 2019 test Seafar in opdracht van Group De Cloedt de Watertruck X, een binnenvaart schip in klasse CEMT II. De testen worden uitgevoerd in de Westhoek op de IJzer en het Passendale Nieuwpoort kanaal. Seafar werkt hiervoor in 3 fasen.

Fase 1; Gedurende de eerste weken van de tests werd de Watertruck X operationeel volledig bemand. Fase 2; De kapitein leerde het schip kennen in fase 1 en wordt in fase 2 verplaatst naar een Remote control center waarbij hij de controle over het schip over zal nemen vanop afstand. Een tweede schipper wordt aangesteld en zal de eindverantwoordelijkheid dragen aan boord (CCR). Later werden er nog twee extra watertrucks getest onder supervisie van elk een afzonderlijke schipper in het Shore Control Center. Fase 3; In deze fase wordt de bemanning aanboord gereduceerd tot er geen bemanning meer aan boord is. Tijdens iedere testvaart werd er een technische supervisor aangesteld die vanop het schip ageert maar de eindverantwoordelijkheid werd verschoven naar de schipper in het Shore Control Center (CCR).

Later heeft Seafar ook testen uitgevoerd in opdracht van Celis, gespecialiseerd in bouwmaterialen (CCR). De tests vonden plaats op het Leuven-Dijlekanaal en Seafar werkte volgens dezelfde stappen als in de Westhoek (CCR).

3.6.1.2. Gamma

Gamma is een siloschip dat voornamelijk gebruikt wordt om mineralen te vervoeren van Sibelco te Dessel via het kanaal Bocholt-Herentals met eindbestemming Etex Buildings Performance in Tisselt. Het schip Gamma kan ook varen op het Albertkanaal en eventueel de haven van Antwerpen doorkruisen

(Gitra). Gitra is eigenaar van dit schip en heeft het in samenwerking met Seafar laten ombouwen tot een semi-autonoom varend schip (Gitra).

Gamma is een Semi-autonoom schip waarbij de schipper altijd aan boord van het schip dient te zijn conform de geldende wetten en voorschriften. Wat in dit project anders verloopt dan bij Watertruck+ is dat schipper aan boord aangestuurd wordt door een Shore Control Center en toch zelf de eindverantwoordelijkheid draagt (CCR).

3.6.1.3. Tercofin II

LCT containerterminal zet sinds maart 2021 twee maal per week Tercofin II in voor de lijndienst tussen Luik en Antwerpen. Omwille van het personeelstekort is het mogelijk om Semi-autonoom te varen in samenwerking met Seafar (Schuttevaer).

Op Tercofin II is steeds bemanning aanwezig maar het schip wordt aangestuurd vanuit een Shore Control Center. Door het ondersteunen van de bemanning wordt de efficiëntie verhoogd en kan het schip met dezelfde bemanning langer operationeel zijn, zonder de vaar en rusttijden te overschrijden (CCR). Ook dit project bestaat uit twee fasen.

Fase 1; hier vindt al een eerste reductie plaats in het aantal bemanning aan boord. Normaalgezien wordt het schip bestuurd door twee schippers en twee matrozen. In dit geval wordt de bemanning gehalveerd en zal één schipper en één matroos opereren vanuit een Remote Control Center. In het totaal werken er drie schippers en twee verkeersleiders in het Remote Control Center die steeds in shiften van acht uur de controle hebben over het schip (CCR).

Fase 2; De arbeidsbezetting wordt licht aangepast. Het schip wordt in deze fase bemand door een stuurman die lager in rang is dan een schipper en twee matrozen. De schipper beoefent zijn functie vanuit het Shore Control Center en draagt de verantwoordelijkheid over het volledige schip (CCR).

3.6.1.4. Deseo

De technologie van Seafar werd reeds op het estuaire containerschip 'Deseo'. Een estuaire schip is een versterkt binnenvaartschip dat een klein stuk langst de open zee vaart. Meer specifiek langst de kustlijn tussen de monding van de Westerschelde en de haven van Zeebrugge (Port of AntwerpBruges). Dankzij de technologie kan het containerschip 'Deseo', semi-automatisch varen tussen Zeebrugge en Antwerpen (Port of AntwerpBruges).

3.6.2. Potentieel Smart Shipping

Smart shipping kan een brede waaier aan automatiseringsmogelijkheden afdekken. Het smart shipping programma van de Vlaamse Waterweg focust zich op korte termijn en wil een automatiseringsniveau

bereiken waarbij alle bemanning vervangen wordt door 1 persoon in een Remote control-center (Vlaamse waterweg). Tot op heden is het in theorie en de praktijk mogelijk om een schip vanop afstand te besturen echter zijn er nog beperkingen. Een schip dat vanuit een shore control center bestuurd wordt dient nog steeds bemand te zijn. De technologie zorgt er niet voor dat er minder bemanning aanwezig mag zijn (De Vlaamse Waterweg nv, Persoonlijke communicatie, 14 december 2022).

3.6.3. Werkorganisatie

Aangezien autonome scheepvaart leidt tot een verminderde aanwezigheid van menselijke operatoren op schepen, vereist de uitvoering ervan een beter begrip van de activiteiten die door de bemanning uitgevoerd worden (Backalov, 2020). Automatisatie leidt op zijn beurt niet tot een stijging in de werkloosheid. Automatisatie impliceert digitalisatie en IT, zo doet zich eerder een verschuiving van de jobs voor (De Vlaamse Waterweg nv, Persoonlijke communicatie, 14 december 2022). Er is een vermindering van de menselijke operatoren aan boord. Afhankelijk van de mate van menselijke betrokkenheid bij de besluitvorming, exploitatie en controle kunnen verschillende niveaus van autonoom varen onderscheiden worden (Bureau Veritas, 2017). Deze tabel beschrijft het niveau van automatisatie op basis van menselijke effort in vier verschillende fasen van scheepvaart; verwerven van informatie, analyse van verworven informatie, besluitvorming op basis van de analyse en tot slot de uitvoering van de acties.

4. Technologie onbemand varen

Onbemande vaartuigen moeten beschikken over de capaciteit om aanvaringen te voorkomen om zo schade aan het schip, infrastructuur en milieu te vermijden (Woo & Kim, 2020). De meeste ongevallen worden veroorzaakt door menselijke fouten zoals een onoplettendheid of het niet naleven van de regels (Cambell et al., 2012).

Het voorkomen van een aanvaring kan technisch beschreven worden in vier stappen. Ten eerste zal het schip moeten beschikken over de nodige technologie. Om obstakels te detecteren wordt er gebruik gemaakt van radars, LiDAR (afstandsbepaling op basis van lichtdetectie), sensoren, sonar (afstandsbepaling aan de hand van geluidsgolven) , ... (Almeida et al., 2009). Die eerste stap wordt in het proces beschreven als sensing. Vervolgens kan het schip door middel van de verkregen informatie uit de vorige stap, beslissen of een actie noodzakelijk is. Wanneer het noodzakelijk is om in te grijpen, start de volgende fase (Woo & Kim). De '*path planning*' fase wordt opgedeeld in twee categorieën. '*Global path planning*' kan botsingen voorkomen met behulp van een kaart waarop de obstakels gelocaliseerd zijn. '*Local path planning*' genereert een route op basis van gegevens verkregen van sensoren (Woo & Kim, 2020). De combinatie van de drie voorgaande stappen moet leiden tot controle zoals beschreven in stap vier.

Binnenvaartschepen bevinden zich in een meer complexe omgeving om in te navigeren en ze worden niet bijgestaan door sleepboten (Liu et al., 2015).

5. Drempels onbemand varen

De centrale commissie voor Rijnvaart, het Europees Comité voor de opstelling van standaarden voor de binnenvaart en de Europese economische commissie van de Verenigde Naties zijn de belangrijkste spelers die betrokken zijn in het standaardiseringsproces van de binnenvaart in Europa. Deze instanties erkennen de problematiek in verband met de invoering van autonome schepen in het achterland (Backalov, 2020).

Binnenvaartschepen bevinden zich in een meer complexe omgeving om in te navigeren en ze worden niet bijgestaan door sleepboten (Liu et al., 2015).

6. Platooning

Vanwege de moeilijkheden om de juiste personen te vinden om binnenvaart te organiseren, speelt automatisatie een rol. Meerbepaald door de implementatie van automatisatie kunnen de taken van de kapitein overgenomen worden en kan een boot vanop afstand bestuurd worden. Om de modal shift naar de binnenvaart aan te moedigen en te bereiken moet het huidige model anders bekeken worden.

Platooning in de binnenvaart wordt onderzocht. Platooning is met andere woorden een trein aan boten die bestaat uit één leider die volledig bemand is en enkele schepen die volgen. Het biedt een oplossing voor de moeilijkheden om bemanning te vinden en de productiviteit te verhogen (Colling et. Al, 2021).

De kosten van een volledig bemand binnenvaartschip bestaan voor 70% uit personeelskosten. Wanneer binnenvaartschepen aan platooning doen, zullen de volgers minder personeelskosten moeten betalen en creëert dat een inkomensbron voor het leidend binnenvaartschip waardoor de operationele kosten van het leidend schip en de volledige Vessel train gedekt worden (Colling et. Al, 2021).

Uit de case van Colling, Hekkenberg en Van Hassel blijkt dat platooning een besparing in personeelskost en een verhoging van productiviteit met zich meebrengt.

Empirisch onderzoek

In het empirisch onderzoek wordt een vergelijking gemaakt tussen de literatuur en de praktijk ondersteund door kwantitatieve gegevens. In eerste instantie wordt een kosten-batenanalyse opgesteld gevolgd door een Total Cost of Ownership berekening. Tot slot wordt er in een sensitiviteitsanalyse rekening gehouden met de variatie van de verschillende kostencomponenten.

Kosten-batenanalyse

Om de implementatie van onbemand varen te beoordelen en te staven is het belangrijk om de voor- en nadelen te beoordelen. Ieder voor- of nadeel van onbemand varen in de binnenvaart heeft een zekere financiële impact. In dit onderzoek zal een kosten-batenanalyse gebruikt worden om de businesscase te beoordelen.

De kosten-batenanalyse bevat een vergelijking in kosten en baten die gepaard gaan met de conventionele of gewone binnenvaart en de geautomatiseerde binnenvaart. Ieder kostenelement is reeds gekwantificeerd. Baten zijn moeilijker te kwantificeren waardoor er gekozen wordt om deze te beschrijven. Op basis van aannames en kostenkentallen tracht deze kosten-batenanalyse een vergelijking aan te tonen tussen de conventionele binnenvaart en de geautomatiseerde binnenvaart.

Tabel 6: Kosten-batenanalyse

Kostenelementen binnenvaart 2015

	<u>Conventionele binnenvaart</u>	<u>Autonome implementatie</u>
Kapitaalwaarde	2.000.000	5.900.000
Levensduur	40 jaar	
Hefboomwerking (70%)	1.400.000	4.130.000
Duurtijd lening	15 jaar	
Aantal bemanning (personen)	4	/
Maximale belading (ton)	3.000	3.300

KOSTEN

Private kosten		
<u>Vaste private kosten</u>	<u>481159</u>	<u>602106</u>
Financiële kost	130.359	384.560
Personeelskost		

Lonen bemanning	272.800	
SCC-service	/	190.960
Verzekeringskost	28.000	67.850
Kosten herstelling en onderhoud	50.000	26.586
<u>Variabele private kosten</u>	<u>182470</u>	
Brandstof	164.316	134.082
Communicatie en administratie	3.000	300
Havengelden & Vaartrechten	15.154	19.002
Externe kosten		
Effect congestie wegennet	Hoog	Hoog
Emissie	Laag	Laag
BATEN		
Private baten		
Aanwerving personeel	Moeilijk	Geen uitdaging meer
Work-life balance kapitein	Niet goed	Goed
Operationele continuïteit	Moeilijk	Geen uitdaging meer
Steunmaatregelen overheid	Geen	Geen
Externe baten		
Veiligheid	Goed	Beter
Milieuvriendelijkheid	Goed	Goed

(Samengesteld aan de hand van Verberght & Van Hassel, 2019)

Tabel 7: actualiseringen

ACTUALISERINGSTABEL		
	2015 Basisjaar=100	2022
Inflatie	100	121,45
Arbeidskosten	100	124,73
Brandstofkosten	100	215,12
Onderhoudskosten	100	138,62
Verzekeringskosten	100	122,78
Overige kosten	100	127,55
Rentestand	2,5%	2,0%

(Samengesteld aan de hand van kostenkentallen Panteia, 2022)

Bijhorende informatie:

- Inflatie: Het algemeen prijspeil gestegen met 21,45% ten opzichte van 2015.
- Arbeidskosten zijn gestegen met 24,73% ten opzichte van 2015.
- Brandstofkosten zijn gestegen met 115,12% ten opzichte van 2015.
- Onderhoudskosten zijn gestegen met 38,62% ten opzichte van 2015.
- Verzekeringskosten zijn gestegen met 22,78% ten opzichte van 2015.
- Overige kosten zijn gestegen met 27,55%.
- De renten op leningen zijn gedaald van 2,5% in 2015 naar 2% in 2022.

Scheepsinformatie

Kapitaalwaarde

De binnenvaartsector is een enorm kapitaal intensieve sector (Kimnet, 2011). In 2015 bedroeg de aanschaf van een binnenvaartschip met een capaciteit van 300 ton 2.000.000 euro. Een autonoomschip in diezelfde grootorde is gebudgetteerd vanaf 5.900.000 euro. Rekeninghoudend met een stijging van het algemeen prijspeil moet er ongetwijfeld al 1/5 bij de aanschafwaarde van 2015 geteld worden. Deze assumptie wordt gemaakt zonder het in rekening brengen van prijsstijgingen op specifieke onderdelen die ervoor zorgen dat de bouw van een schip meer kost. Tegenwoordig bedraagt de aankoop prijs van een binnenvaartschip om en bij de 6.000.000 euro (Patrick Hermans, Persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Vanwege de lange investeringscycli en de problematiek om personeel aan te werven, neemt de vraag naar nieuwbouwschepen aanzienlijk af (SEAFAR, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). Met de modal split en verwachte stijging van het goederentransport in het achterhoofd, worden steeds meer schepen op de tweedehandsmarkt gekocht en omgebouwd (SEAFAR, persoonlijke communicatie, 17 april

2023). Tweedehands schepen zijn beterkoop dan een nieuw binnenvaartschip. De prijzen variëren tegenwoordig tussen 2.000.000 en 4.000.000 euro. Deze schepen zijn minder milieuvriendelijk en beschikken niet over de capaciteit om vanuit een SCC bestuurd te worden.

De module van Seafar biedt binnenvaartondernemers de mogelijkheid om schepen vanop afstand te laten besturen. De installatie van de module bedraagt ongeveer 140.000 euro, dit kan oplopen naarmate het gebruik van materialen om de module aan te sluiten. In bovenstaande kosten-batenanalyse is een enorm verschil op te merken in de aanschafwaarde van een conventioneel schip met een schip met autonome implementatie.

Levensduur

De levensduur van een binnenvaartschip is de periode waarin het schip goederentransporten uit zal voeren van punt A naar punt B. Gemiddeld kunnen binnenvaartschepen 40 jaar hun transportopdrachten uitvoeren alvorens ze een andere bestemming krijgen (Verberght & Van Hassel, 2019).

Hefboomwerking

In beide scenario's zullen de financiële kosten 70% van de kapitaalwaarde bedragen waarop een rentevoet van 4,5% van toepassing is over een periode van 15 jaar. In dit model werd geen rekening gehouden met eventuele subsidies (Verberght & Van Hassel, 2019). De kosten met betrekking tot de installatie van een module in een bestaand binnenvaartschip of in een nieuwbouw schip om het schip vanop afstand te besturen, worden gedragen door de binnenvaartondernemer. In het geval van Estuair schip Deseo werd de kost gedragen door de Vlaamse Waterweg omwille van een testproject (Patrick Hermans, Persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Terugverdientijd

De binnenvaartondernemer zal voor beide schepen een lening aangaan van 15 jaar. Het varieert van kredietinstelling hoe vlot de binnenvaartondernemer een extra lening aan kan gaan om een module in te laten bouwen zodat het schip bestuurd kan worden vanuit een SCC.

Bemanning

Bij een vaartraject van een conventioneel schip dienen er twee schippers, 1 stuurman en 1 matroos aanwezig te zijn op het schip (Verberght & Van Hassel, 2019). Een schip met een autonome implementatie heeft de capaciteit om vanop afstand bestuurd te worden waardoor een schipper vervangen kan worden door een kapitein aan wal (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). In de toekomst wordt verwacht dat een schip zonder bemanning zal mogen varen, in de praktijk is het al mogelijk maar de wetgeving steekt hier een stokje voor.

Maximale belading

Het conventioneel schip heeft een laadcapaciteit van 3000 ton, dit is minder in vergelijking met het schip met autonome implementatie. Een schip met autonome implementatie kan in deze case 300 ton meer vervoeren. Een nieuwbouwschip, gebouwd om te besturen vanuit een SCC wordt anders ingedeeld. Er is minder plaats nodig voor de bemanning en bijkomend kan de stuurhut verkleind worden. Een uitstekend voorbeeld hiervan is de 'River Drone 1' van Naval Barging. De River Drone werd zo ontworpen om over een zo hoog mogelijke laadcapaciteit te beschikken. Bijkomend beschikt de River Drone ook over de Seafar technologie.

Kosten

Private kosten

Private kosten zijn kosten die ontstaan tijdens de exploitatie van een onderneming, zonder de impact op de maatschappij in rekening te brengen.

Vaste kosten

Financiële kost

Financiële kosten vloeien voort uit intenties om geld te verdienen. Bedrijven gaan geld lenen bij de bank voor investeringen in schepen, nieuwe infrastructuur en hardware. De renten voor leningen alsmede transactiekosten en winstbelasting vallen ook onder deze kostenpost. Vanuit het oogpunt dat een investering in een schip dat autonoom kan varen hoger ligt dan een conventioneelschip, zijn de financiële kosten bijna drie maal zo hoog. Het betreft kosten waargenomen in 2015. Zowel inflatie als de evolutie van de renten werden niet in rekening gebracht.

Deze financiële kost kan in mindering gebracht worden door de aankoop van een conventioneel binnenschip waarin Seafar zijn installatie van 140.000 euro implementeert. Zo wordt een conventioneel schip ook een schip met autonome implementatie.

Personeelskost

Een assumptie die gemaakt wordt is dat een schip, bestuurd vanuit een SCC een reductie van de personeelskost met zich meebrengt. Deze assumptie is tevens tegenstrijdig met het doel van Seafar. Seafar komt met deze module op de markt om het personeelstekort in de binnenvaart aan te pakken en de operationele continuïteit van het schip te bevorderen. Seafar bouwt de module in en kan de schepen vanop afstand besturen met eigen kapiteins aan wal waardoor de kostenopbouw deels verschilt met de traditionele vaart.

In eerste instantie dient de binnenvaartondernemer te investeren in de Seafar module wat een kost van 140.000 euro met zich meebrengt. Wanneer het schip over de module beschikt dient de binnenvaartondernemer een maandelijkse servicekost te betalen. Dit is een soort abonnement ten laste van de binnenvaartondernemer waardoor het schip via 5G in connectie staat met het shore control center van Seafar (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). Eens de module geïnstalleerd en de

connectiviteit tussen Seafar en het binnenschip in orde is, kan het schip bestuurd worden door een kapitein aan wal. Deze kapitein aan wal staat in loondienst van Seafar maar Seafar rekent een uurvergoeding door aan de binnenvaartondernemer (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Kortom de personeelskost zal mogelijks dalen omwille van het te kort aan geschikt personeel. Seafar kan dit personeelstekort opvangen met hun module en de diensten om een schip vanop afstand te besturen maar rekent deze kosten ook door. Op het einde van de rit zullen de personeelskosten aangevuld worden door bovengenoemde kosten waardoor de totale kost nagenoeg onveranderd blijft (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). Een reductie in de personeelskost is geen incentive om de module van Seafar aan te schaffen (Patrick Hermans, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Momenteel bedraagt de kapitein-schip ratio 1 op 1. Seafar zal in de toekomst wel meer willen inspelen op het reduceren van de personeelskost aangezien zij willen evolueren naar één kapitein die drie schepen kan besturen (Waterschoot A., 2022).

Verzekeringskost

Vanwege een hoger aanschafwaarde van een schip met autonome implementatie neemt de verzekeringskost toe omdat de verzekeringsmaatschappij een hogere waarde dient te verzekeren. In het algemeen wordt de implementatie nieuwe technologieën aangemoedigd toch is de verzekeringpremie hoger. Een verzekering dekt ook de menselijke fouten van een schipper op de binnenvaartkanalen. De installatie van een module om een schip vanop afstand te besturen reduceert de mogelijkheid op menselijke fouten. Hierdoor neemt de verzekeringskost af op termijn (Patrick Hermans, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Onderhoudskost

Naarmate een schip meer autonoom kan varen nemen de onderhoudskosten af ten opzichte van een conventioneel schip. De module van Seafar maakt ondermeer gebruik van artificiële intelligentie waardoor het schip in staat is om consistentere te varen. De kapitein in het SCC is in staat om telkens exact hetzelfde traject te varen tegen een constante snelheid waardoor er minder slijtage en ongevalschade voor kan vallen (De Vlaamse Waterweg, persoonlijke communicatie, 14 december 2022).

Variabele kosten

Brandstofkost

De brandstofkost van een conventioneel schip ligt aanzienlijk hoger dan die van een schip met autonome implementatie. Enerzijds ligt artificiële intelligentie aan de basis van deze kosten reductie. Een schip bestuurd vanuit een SCC kan in theorie het meest juiste traject varen. Het meest juist verwijst naar de kortste afstand maar ook rekeninghoudend met de diepgang en de krachten van het water (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). Anderzijds dienen schippers in een SCC juist hun shift van acht uur te presteren. Ongeacht of het traject voldaan is worden zij na acht uur afgelost door een nieuwe

kapitein aan wal. In een conventioneel schip zal de binnenschipper zijn op het einde van de dag zo snel mogelijk proberen varen om zo snel mogelijk te kunnen rusten. Omwille van dit gegeven liggen de brandstofkosten van een conventioneel schip hoger dan van een schip met autonome implementatie (Patrick Hermans, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Communicatie en administratie

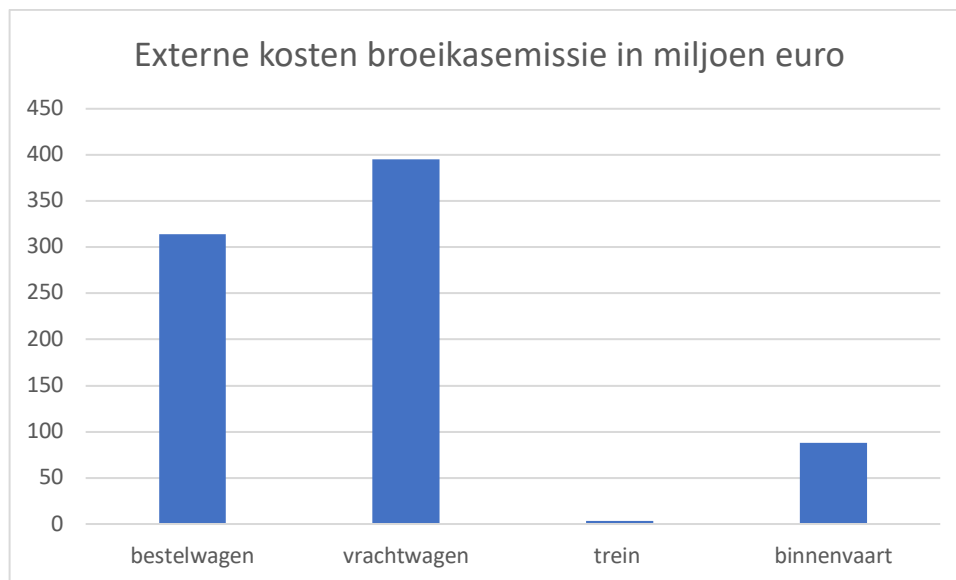
De communicatie en administratie kosten van een conventioneel schip zijn aanzienlijk hoger dan die van een autonoom schip. De communicatie met het SCC en andere actoren zijn reeds opgenomen in de service kosten van het SCC waar de binnenvaartondernemer maandelijks voor betaalt (Verberght & Vanhassel, 2019).

Externe kosten

Een maatschappelijke last die niet opgenomen is in de kostprijs van het goed of dienst.

Emissies

Grafiek 1: externe kosten broeikasemissies in miljoen euro



(Schroten A., et al., 2010)

De Europese Green Deal heeft betrekking op alle sectoren van de economie en stelt dat de emissies veroorzaakt door transport tegen 2050 zullen moeten dalen met 90%. Tegenwoordig is het goederentransport over de weg verantwoordelijk voor 7% van de totale koolstofdioxideuitstoot ter wereld. Binnenvaart speelt een aanzienlijke rol in de vermindering van emissies (Kaack et. al, 2018). 75% Van alle goederen worden getransporteerd per wegtransport. Binnenvaart en het spoor moeten een aanzienlijk deel van die 75% voor hun rekening nemen (European inland barging innovation

platform). De ambitie in de Green Deal is dus duidelijk de modal shift naar binnenvaart en spoor (EY & De Vlaamse Waterweg).

De Europese Unie spoort aan om meer goederentransporten naar de binnenvaart te trekken, maar kan de sector dat aan? Enerzijds hebben de waterwegen wel de capaciteit om meer goederen te vervoeren. Anderzijds kampen de binnenvaartondernemers met de problematiek om schippers aan te werven. Deze problematiek tracht Seafar aan banden te leggen met de implementatie van hun module (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

In eerste instantie zal een autonome implementatie louter de arbeidsproblematiek aanpakken. Uiteraard levert deze module ook kleine voordelen voor op voor het milieu. Schepen varen juister en verbruiken minder brandstof wat bijgevolg ook de emissies laat dalen. In een latere fase zullen modules voor schepen te besturen vanuit een SCC herontwikkeld worden om meer bij te dragen aan het milieu (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). Om te besluiten brengt hoofdzakelijk de shift van goederentransporten naar binnenvaart een emissiereductie met zich mee en niet de implementatie van module om een schip aan te sturen vanuit een SCC.

Effect congestie

In de kosten-batenanalyse wordt gesproken van een groot effect op de congestie op de weg. Hier wordt wederom verwezen naar de modalshift waar de binnenvaart meer goederentransporten uit zal moeten voeren. Andermaal zal de autonoom varen geen direct effect hebben op het verminderen van de congestie op de Vlaamse wegen maar stelt het de binnenvaartsector in staat om de continuïteit te bewaren (Patrick Hermans, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Baten

Private baten

Private baten wijzen op de voordelen die de binnenvaartondernemer ervaart bij autonoom varen ten opzichte van de conventionele binnenvaart.

Aanwerving personeel

In het conventioneel scenario ervaart iedere binnenvaartondernemer de moeilijkheid om schippers op te leiden en aan te werven. Omwille van die nood worden de mogelijkheden naar autonoom varen onderzocht en ontwikkeld. Een module om schepen aan te sturen met een kapitein aan wal zoals de module van Seafar biedt twee grote voordelen.

Binnenvaartondernemers kampen met een tekort aan schippers. De module van Seafar stelt een binnenvaart ondernemer in staat om een vaaropdracht uit te laten voeren door een kapitein aan wal. De binnenvaartondernemer communiceert wanneer er nood is aan een schipper en Seafar zal dan

desbetreffende opdracht uitvoeren vanuit hun SCC (Patrick Hermans, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). Een autonome implementatie in een schip maakt de werkomstandigheden meer aangenaam (Andy bogaerts Van Moer, persoonlijk communicatie, 12 mei 2023).

Een schip aansturen vanuit een SCC gebeurt door een schipper die beschikt over dezelfde kwalificaties als een traditionele schipper. De verdere implementatie van modules om schepen te besturen vanuit een SCC biedt andere carrièremogelijkheden voor een traditionele schipper die de work-life balance ten goede komen. Na een carrière als kapitein op een binnenvaartschip wordt de mogelijkheid gecreëerd om na ettelijke tijd kapitein aan wal te worden. Schepen aansturen vanuit een SCC biedt een schipper een nieuwe professionele bestemming (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Operationele continuïteit

Wederom ligt de problematiek om schippers aan te werven aan de basis van de problemen met de operationele continuïteit van een conventioneel schip. Dit is het voornaamste motief om te investeren in een autonome implementatie waardoor het schip bestuurd kan worden vanuit een SCC (Patrick Hermans, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Aan de hand van deze module kan de kapitein aan wal het schip varen. De binnenvaartondernemer geeft een opdracht door aan het SCC en de kapitein in het SCC zal deze vanop afstand uitvoeren (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Steunmaatregelen overheid

Momenteel kunnen binnenvaartondernemers die een autonome implementatie willen aanschaffen niet rekenen op overheidssteun (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2017).

Enkele testprojecten waaronder het testproject met Deseo en Seafar konden wel rekenen op steun van de Vlaamse Waterweg nv. Deseo is een estuair schip dat telkens op een vasttraject vaart op de Westerschelde, Van Zeebrugge naar Antwerpen en in de omgekeerde richting. Het traject van Deseo was een uitstekende test voor de module van Seafar omdat het steeds om een vast traject gaat. De module leert het traject steeds beter kennen en AI doet steeds beter zijn werk (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Externe baten

Voordelen voor de maatschappij en de sector die niet vergoed worden door de kostprijs.

Veiligheid

De binnenvaart is een enorm veilige transportmodus. In vergelijking met andere transportmodi gebeuren er in de binnenvaart zeer weinig ongevallen (Van den Bossche et al., 2017). Een ongeval in de binnenvaart heeft wel een hogere financiële impact dan een ongeval op de weg.

De veiligheid van een conventioneel schip is reeds meer dan behoorlijk. Met behulp van een autonome implementatie wordt de veiligheid als maar bevorderd. Camera's, sensoren, AI,... bevorderen het voorkomen van fouten door de kapitein aan wal (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2017).

Milieuvriendelijkheid

Een conventioneel schip is in eerste instantie even milieuvriendelijk als een schip met autonome implementatie.

Total cost of Ownership

De TCO kwantificeert alle kosten die verband houden met het aankoopproces van een binnenvaartschip door een binnenvaartondernemer. De kosten van de aanschaf en het latere gebruik van een aan te schaffen artikel of dienst worden bepaald. De aanpak gaat verder dan de prijs en houdt rekening met alle kosten gedurende de gehele levensduur van het artikel, zoals de service, kwaliteit, levering, administratie, etc. (Degraeve et. Al, 2000).

Deze berekening van de total cost of ownership is een sommatie van alle kosten uit de kosten-batenanalyse over de hele levensduur van een schip inclusief de aanschaf. Aan de hand van deze berekening worden kosten met betrekking tot de conventionele binnenvaart vergeleken met een binnenschip met autonome implementatie.

Tabel 8: Total Cost of Ownership

Total Cost of Ownership (TCO)

In euro	Conventioneel binnenvaartschip tweedehands	Conventioneel binnenvaartschip nieuwbouw	Tweedehands schip autonome implementatie	Nieuwbouw schip autonome implementatie
Levensduur	40 jaar	40 jaar	40 jaar	40 jaar
Aanschafwaarde schip	4.000.000	6.000.000	4.000.000	6.000.000
Afschrijving	100.000	150.000	100.000	150.000
Financiële kost	260.718	391.078	260.718	391.078
Personeelskost	340.263	340.263	85.065	85.065
SCC module	Nvt	Nvt	140.000	140.000
SCC service	Nvt	Nvt	238.184	238.184
Verzekeringskosten	68.756	103.135	56.478	84.718
Herstellingen en onderhoud	69.310	69.310	36.854	36.854
Brandstofkosten	353.477	353.477	288.437	288.437
Communicatie	3.630	3.630	363	363

Havengelden	18.405	18.405	23.078	23.078
TCO per jaar	1.214.559	1.428.298	1.229.177	1.437.777

In bovenstaande TCO wordt een vergelijking gemaakt tussen vier scenario's. Enerzijds worden de kosten met betrekking tot de exploitatie van een nieuwbouw en tweedehands conventioneel binnenvaartschip in acht genomen. Anderzijds worden de kosten in beschouwing genomen met betrekking tot de exploitatie van een schip met autonome implementatie. In laatst genoemde scenario wordt een onderscheid gemaakt tussen een tweedehands schip waar de module achteraf ingebouwd wordt of een nieuwbouw binnenvaartschip met autonome implementatie. Beide schepen kunnen vanuit een SCC bestuurd worden.

Levensduur

De levensduur van een conventioneelschip als een schip met autonome implementatie, tweedehands als nieuwbouw bedraagt 40 jaar. In deze TCO berekening zullen dus alle kosten met betrekking tot de exploitatie van de scenario's in acht genomen worden en geactualiseerd worden aan de hand van de indexen van Panteia en informatie uit de interviews.

Aanschafwaarde

De aanschafwaarde van een nieuwbouw binnenschip bedraagt 6.000.000 euro (Patrick Hermans, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). Tegenwoordig worden vele schepen tweedehands gekocht vanwege een lagere aankoopprijs. Wederom wordt er uitgegaan van een levensduur van 40 jaar. 4.000.000 euro wordt afgeschreven over 40 jaar. Houd in acht dat een ouder binnenvaartschip meer verbruikt maar ook meer onderhoud en herstellingen met zich mee zal brengen.

Financiële kost

De financiële kost is een geëxtrapoleerde waarde uit de kosten-batenanalyse en bedraagt 260.718 euro voor een tweedehands schip en 391.078 euro voor een nieuwbouwschip. De financiële kost is afhankelijk van de aanschafwaarde van het schip en staat los van het conventioneel varen of varen met autonome implementatie.

Personeelskost

De personeelskost uit de kosten-batenanalyse wordt in de TCO berekening geactualiseerd. Ten opzichte van 2015 is de personeelskost gestegen met 24,73% waardoor de personeelskost van de conventionele binnenvaart 340.263 euro bedraagt. Schepen met autonome implementatie dienen een servicekost te betalen aan een SCC waardoor een deel van de personeelskost onder een andere kostenpost valt. Een schip met autonome implementatie is in staat om ongeveer 80% autonoom te varen met een kapitein aan wal. De overige 20% zullen door een traditionele kapitein gevaren worden waardoor steeds 20% van de personeelskosten over blijven (Patrick Hermans, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

SCC module

De kost van de module om een schip vanuit een SCC aan te sturen bedraagt 140.000 euro (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). In de kosten-batenanalyse wordt 140.000 euro opgenomen per jaar vanwege de jaarlijkse connectiekost en eventuele onderhoudskosten aan de module.

SCC servicekost

Schepen met autonome implementatie kunnen vanuit een SCC bestuurd worden door een kapitein aan wal. Deze kapiteins loon komt overeen met het loon van een traditionele kapitein (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023). In 2015 bedroegen deze kosten 190.960 euro. Aangezien de lonen van kapitein aan wal en een traditionele kapitein overeenkomen, wordt er rekening gehouden met de stijging van de personeelskost met 24,73% ten opzichte van 2015.

Verzekeringskost

De verzekeringskost is een moeilijkheid om correct te bepalen omdat deze van verschillende factoren afhankelijk is, aanschafwaarde, ouderdom, veiligheid,... Deze TCO zal de verzekeringskosten uit de kosten-batenanalyse van Verberghet en Van Hassel extrapoleren en actualiseren aan de hand van de indexen van Panteia. Hieruit blijkt dat de verzekeringskost voor een schip met autonome implementatie lager ligt omdat de mogelijkheid op menselijke fouten afneemt (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Onderhoudskosten

De onderhoudskosten in de TCO berekening komen voort uit de kosten-batenanalyse, geactualiseerd aan de indexen van Panteia.

Brandstofkosten

De onderhoudskosten in de TCO berekening komen voort uit de kosten-batenanalyse, geactualiseerd aan de indexen van Panteia. Er wordt geen rekening gehouden met de ouderdom van het schip, louter een verschil tussen autonoom varen en conventioneel varen.

Communicatie en administratieve kosten

In de TCO berekening wordt verder gegaan op de kosten-batenanalyse mits rekening te houden met de stijging van het algemeen prijspeil.

Havengelden

In de TCO berekening wordt verder gegaan op de kosten-batenanalyse mits rekening te houden met de stijging van het algemeen prijspeil.

Conclusie TCO

Met bovenstaande berekening van de Total Cost of Ownership toont deze thesis aan dat een binnenvaartschip met autonome implementatie op jaarbasis duurder is dan een conventioneel binnenvaartschip. Deze conclusie komt overeen met de visie van Seafar. Seafar stelt dat autonoom varen de arbeidsproblematiek aan banden kan leggen maar er wordt niet gefocust op de operationele of financiële winsten. Autonoom varen door middel van een autonome implementatie waardoor het binnenvaartschip bestuurd kan worden vanuit een SCC door een kapitein aan wal verzekert de continuïteit van de binnenvaartondernemer.

De autonome implementatie is momenteel duurder dan de conventionele binnenvaart maar biedt perspectief voor de toekomst. De uitstroom van de kapiteins en de moeilijkheden om nieuwe kapiteins aan te werven kan in de toekomst een fikse stijging van de tarieven met zich meebrengen. Tijdens de energiecrisis in Duitsland zijn veel binnenvaartschepen verhuist naar Duitsland. Er was veel vraag naar transport over de binnenwateren waardoor binnenvaartondernemingen een opportuniteit zagen om in Duitsland arbeid te verrichten tegen een tarief tot drie maal hoger dan in België. Anderzijds heeft dit voorval ook de algemene kost van de binnenvaart met 25% doen stijgen ten opzichte van afgelopen jaar (Andy Bogaerts, Persoonlijke communicatie, 12 mei 2023).

Sensitiviteitsanalyse TCO

Een sensitiviteitsanalyse wordt uitgevoerd om inzicht te krijgen in hoe veranderingen in bepaalde variabelen of parameters de uitkomst van de Total Cost of Ownership kunnen beïnvloeden. Een sensitiviteitsanalyse biedt inzichten in de afhankelijkheden van variabelen bij het nemen van beslissingen. Het risico kan op deze manier ook in kaart gebracht worden.

Tabel 9: Sensitiviteitsanalyse Conventioneel tweedehands binnenschip

Conventioneel schip tweedehands										
	-10%	-5%	Basis	5%	10%	-10%	-5%	Basis	5%	10%
Afschrijving	90.000	95.000	100.000	105.000	110.000	-0,823%	-0,412%	0%	0,412%	0,823%
Financiële kost	234.646,2	247.682,1	260.718	273.753,9	286.789,8	-2,147%	-1,073%	0%	1,07%	2,147%
Personeelskost	306.236,7	323.249,85	323.249,85	357.276,15	374.289,3	-2,802%	-1,401%	0%	1,4%	2,802%
SCC module	/	/	/	/	/	/	/	0%	/	/
SCC service	/	/	/	/	/	/	/	0%	/	/
Verzekeringskost	61.880,4	65.318,2	68.756	72.193,8	75.631,6	-0,566%	-0,283%	0%	0,566	0,283
Herstelling en onderhoud	62.379	65.844,5	69.310	72.775,5	76.241	-0,571%	-0,285%	0%	0,285	0,571%
Brandstofkost	318.129,3	335.803,15	335.803,15	371.150,85	388.824,7	-2,910%	-1,455%	0%	1,455%	2,91%
Communicatie	3.267	3.448,5	3.448,5	3.811,5	3.993	-0,03%	-0,015%	0%	0,015%	0,03%
Havengelden	16.564,5	17.484,75	18.405	19.325,25	20.245,5	-0,152%	-0,076%	0%	0,152%	0,076%

Tabel 10: sensitiviteitsanalyse conventioneel schip

Conventioneel schip										
	-10%	-5%	Basis	5%	10%	-10%	-5%	Basis	5%	10%
Afschrijving	135.000	142.500	150.000	157.500	165.000	-0,980%	-0,455%	0%	0,595%	1,120%
Financiële kost	351.970,2	371.524,1	391.078	410.631,9	430.185,8	-2,668%	-1,299%	0%	1,439%	2,808%
Personeelskost	306.236,7	323.249,85	340.263	357.276,15	374.289,3	-2,312%	-1,121%	0%	1,261%	2,452%
SCC module	/	/	/	/	/			0%		
SCC service	/	/	/	/	/			0%		
Verzekeringskost	92.821,5	97.978,25	103.135	108.291,75	113.448,5	-0,652%	-0,291%	0%	0,431%	0,792%
Herstelling en onderhoud	62.379	65.844,5	69.310	72775,5	76.241	-0,415%	-0,173%	0%	0,313%	0,555%
Brandstofkost	318.129,3	335.803,15	35.3477	371.150,85	388.824,7	-2,405%	-1,167%	0%	1,307%	2,545%
Communicatie	3.267	3.448,5	3.630	3.811,5	3.993	0,045%	0,057%	0%	0,083%	0,095%
Havengelden	16.564,5	17.484,75	18.405	19.325,25	20.245,5	-0,059%	0,006%	0%	0,134%	0,199%

Tabel 11: Sensitiviteitsanalyse autonoom binnenschip

Autonoom binnenschip										
	-10%	-5%	Basis	5%	10%	-10%	-5%	Basis	5%	10%
Afschrijving	135000	142500	150000	157500	165000	-1,043%	-0,522%	0%	0,522%	1,043%
Financiële kost	351970,2	371524,1	391078	410631,9	430185,8	-2,720%	-1,360%	0%	1,360%	2,720%
Personeelskost	76558,5	80811,75	85065	89318,25	93571,5	-0,592%	-0,296%	0%	0,296%	0,592%
SCC module	126000	133000	140000	147000	154000	-0,974%	-0,487%	0%	0,487%	0,974%
SCC service	214365,6	226274,8	238184	250093,2	262002,4	-1,657%	-0,828%	0%	0,828%	1,657%
Verzekeringskost	76246,2	80482,1	84718	88953,9	93189,8	-0,589%	-0,295%	0%	0,295%	0,589%
Herstelling en onderhoud	33168,6	35011,3	36854	38696,7	40539,4	-0,256%	-0,128%	0%	0,128%	0,256%
Brandstofkost	259593,3	274015,15	288437	302858,85	317280,7	-2,006%	-1,003%	0%	1,003%	2,006%
Communicatie	326,7	344,85	363	381,15	399,3	-0,025%	-0,025%	0%	0,001%	0,003%
Havengelden	20770,2	21924,1	23078	24231,9	25385,8	-0,161%	-0,080%	0%	0,080%	0,161%

Tabel 12: sensitiviteitsanalyse autonome implementatie tweedehands schip

Autonome implementatie tweedehands schip										
	-10%	-5%	Basis	5%	10%	-10%	-5%	Basis	5%	10%
Afschrijving	90.000	95.000	100.000	105.000	110.000	-0,814%	-0,407%	0%	0,407%	0,814%
Financiële kost	234.646,2	247.682,1	260.718	273.753,9	286.789,8	-2,121%	-1,061%	0%	1,061%	2,121%
Personeelskost	76.558,5	80.811,75	85.065	89.318,25	93.571,5	-0,692%	-0,346%	0%	0,346%	0,692%
SCC module	126.000	133.000	140.000	147.000	154.000	-1,139%	-0,569%	0%	0,569%	1,139%
SCC service	214.365,6	226.274,8	238184	250093,2	262002,4	-1,938%	-0,969%	0%	0,969%	1,938%
Verzekeringskost	50.830,2	53.654,1	56.478	59.301,9	62.125,8	-0,459%	-0,230%	0%	0,230%	0,230%
Herstelling en onderhoud	33.168,6	35.011,3	36.854	38.696,7	40.539,4	-0,300%	-0,150%	0%	0,150%	0,300%
Brandstofkost	259.593,3	274.015,15	288.437	302.858,85	317.280,7	-2,347%	-1,173%	0%	1,173%	2,347%
Communicatie	326,7	344,85	363	381,15	399,3	-0,003%	-0,001%	0%	0,001%	0,003%
Havengelden	20.770,2	21.924,1	23.078	24.231,9	25.385,8	-0,188%	-0,094%	0%	0,094%	0,188%

Conclusie sensitiviteitsanalyse

Deze sensitiviteitsanalyse schept een beeld in welke mate het eindresultaat zal wijzigen wanneer er een kostencomponent wijzigt.

In de toekomst is het mogelijk dat de personeelskost zal dalen omdat kapiteins aan wal meerdere schepen mogen besturen waardoor de kost gespreid kan worden over meerder schepen. De tabellen geven aan in welke mate het eindresultaat wijzigt naarmate de personeelskost daalt. Zo geven de tabellen weer hoe fel het eindresultaat zal veranderen wanneer de kostencomponenten veranderen.

Organisatie logistiek

Naast het economische aspect van autonoom varen richt deze thesis een blik op de adaptatie in de logistiek. Uit de economische analyse kan besloten worden dat er vandaag geen financiële en operationele winsten voortvloeien uit autonoom varen. Autonoom varen is een oplossing om de arbeidsproblematiek aan banden te leggen zodat de binnenvaartondernemer de continuïteit van zijn onderneming kan vrijwaren. Het is wel belangrijk om in acht te nemen dat een schaarste aan kapiteins kan zorgen voor een enorme prijsstijging van de binnenvaart. Afgelopen jaar heerste er een energiecrisis in Duitsland waardoor er verschillende binnenvaartondernemers diensten in Duitsland zijn gaan aanbieden. Vanwege de hoge vraag aan binnenschepen konden de binnenvaartondernemers tot drie maal zoveel aanrekenen (Andy Bogaert Van Moer, persoonlijke communicatie 9 mei 2023).

Om te onderzoeken op welke manier autonoom varen het meest succesvol geïmplementeerd kan worden moet er een blik geworpen worden op de organisatie van de binnenvaart.

Vraaggerichte binnenvaart

Een vraaggerichte binnenvaart impliceert dat de schepen varen waar er lading te vinden is. De verscheper, een bedrijf die een lading wenst te vervoeren, is vragende partij om goederen te vervoeren zonder enige regelmaat. Er is geen repetitief karakter (evofenedex). In casu wordt dit een wilde vaart genoemd.

Er zijn verschillende mogelijkheden om een wilde vaart te organiseren. Een verscheper kan een schip charteren. Dat kan enerzijds voor een reis van A naar B, een voyage charter. Anderzijds kan een verscheper ook een schip voor bepaalde tijd huren. In beide gevallen varieert de reis van waar de goederen zich bevinden en wordt niet steeds datzelfde traject gevaren (evofenedex).

Aanbodgerichte binnenvaart

Lijnvaarten is een vorm van aanbodgerichte binnenvaart waarbij binnenvaartschepen op regelmatige basis een bepaald traject afleggen. De afvaarten worden op regelmatige basis gepubliceerd via tijdsschema's en bijhorende bestemmingen. Lijnvaartrederijen groeperen zich in allianties om zo een gezamenlijke lijndienst te kunnen onderhouden op een bepaald vaargebied (evofenedex).

De-stressing the supply chain

Omwille van de korte lead times, toenemende complexiteit en kwetsbaarheid van de supply chain, de drang naar verbetering van prestaties en kwaliteit van het goederentransport, wordt er een enorme druk gecreëerd op de supply chain. Om die druk te reduceren is het belangrijk om het effect van *slow steaming* op de supply chain te onderzoeken.

Slow steaming van de supply chain wijst op het ontlasten van de supply chain om zowel economisch als ecologisch progressie te maken. Het biedt een groot potentieel om de exploitatiekosten van een lijnvaartonderneming te verminderen. Een beperkte snelheidsvermindering kan leiden tot bijna een halvering van de kosten van bunkerbrandstof en van de milieueffecten. Zowel synchromodaliteit als "slow steaming" zal de logistiek in staat stellen duurzamer, tegen lagere kosten en met een hogere kwaliteit te werken. Dit zal het intermodaal vrachtvervoer ten goede komen doordat de efficiëntie van de vrachtoverdracht aanzienlijk zal verbeteren en zo bij zal dragen tot de vervanging van uitsluitend wegvervoer door andere vervoerswijzen met minder negatieve externe effecten, alsmede tot een beter benutting van de bestaande infrastructuur om aan de verwachte toenemende vraag te voldoen (EU Commissie).

In deze verduurzaming en het bevorderen van synchromodaliteit speelt de aanbodgericht binnenvaart als in lijnvaarten een grote rol. Aan de hand van lijnvaarten kunnen ladingen geconsolideerd worden op bepaalde punten, rekening houdend met de vaste afvaarten en regelmatigheid van de lijndienst. De logistiek wordt dan minder ad hoc georganiseerd waardoor de flexibiliteit afneemt. Goederen kunnen als maar beter geconsolideerd worden en stimuleren vergroening.

Autonome implementatie in vraaggerichte binnenvaart

Binnenvaartschepen die wilde vaarten uitvoeren, vervoeren goederen van punt A waar de goederen gelocaliseerd zijn naar punt B zonder repetitief karakter. Alvorens een autonome implementatie in een binnenvaartschip operationeel is, gaat er een heel leer en studie traject aan vooraf (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Een schip dat een vast traject zal varen is meer geschikt voor een autonome implementatie maar schepen die langst de terminals van Van Moer richting de haven varen zouden geen problemen mogen ervaren met een autonome implementatie aangezien er op het traject weinig obstakels zijn (Andy Bogaert Van Moer, persoonlijke communicatie, 12 mei 2023). Desalniettemin zal er steeds een leertraject aan te pas komen.

Autonome implementatie in aanbodgerichte binnenvaart

Lijnvaarten voeren repetitief een vast traject uit. Aangezien de installatie van een autonome implementatie samenhangt met een leer en studieproces alvorens operationeel te zijn, lijkt deze toepassing meer succesvol in een aanbodgerichte binnenvaart. Deseo, een schip dat estuair vaart van de Haven van Antwerpen naar de Haven van Zeebrugge maakte deel uit van een testproject. Uit dit testproject bleek dat dit vaste traject voor 80% uitgevoerd kan worden door een kapitein aan wal. Door dit traject vervolgens meer te varen zal het binnenschip door artificiële intelligentie steeds juister varen (Seafar, persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

Centrale onderzoeksvraag: Welke factoren dragen bij aan een succesvolle implementatie van onbemand varen?

Allereerst is het enorm belangrijk om te begrijpen waarom de binnenvaartsector snakt naar de onbemande vaart alvorens te formuleren welke factoren bijdragen aan de succesvolle implementatie. Om de doelstellingen van de Greendeal te halen, moet er ingespeeld worden op de modal shift van wegvervoer naar trein of binnenvaart. Daarenboven wordt de introductie van nieuwe binnenvaartschepen aangemoedigd vanwege de stijgende trend van goederentransporten, wat nieuwe jobs creëert. De creatie van nieuwe jobs en de natuurlijke uitstroom van kapiteins in de binnenvaartsector is de grootste drijfveer voor de autonome implementaties in binnenvaartschepen vanwege de moeilijkheid om nieuwe kapiteins te vinden.

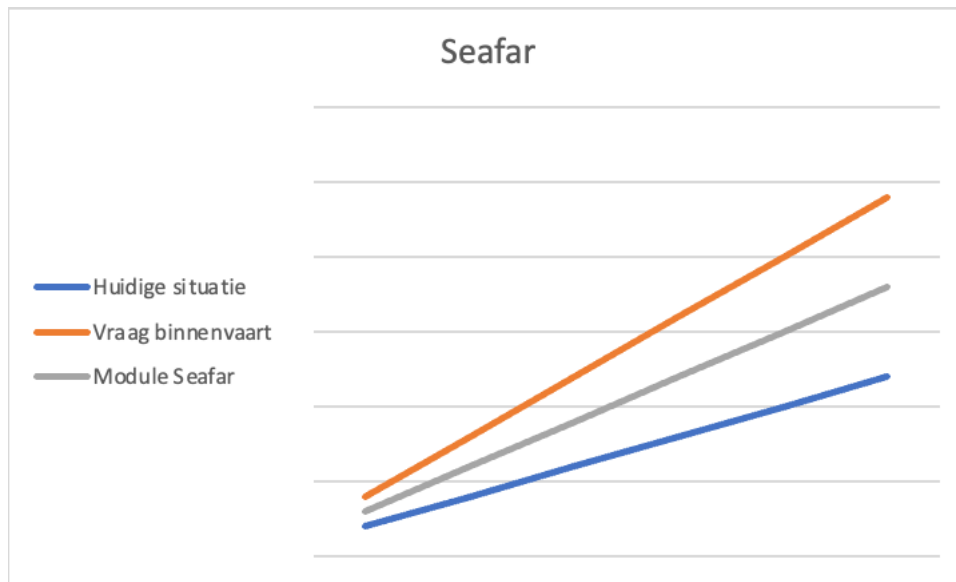
De factoren die bijdragen aan een succesvolle implementatie van onbemand varen dienen benaderd te worden vanuit het aanbod van binnenvaarttransporten, vanuit de milieuproblematiek en het aanbod van een module om schepen vanuit een SCC te besturen.

Ten eerste ervaren binnenvaartondernemers problemen om geschikte, gekwalificeerde kapiteins aan te werven. De natuurlijke uitstroom van kapiteins en de stijgende vraag naar intermodaal transport weerspiegelt in 6000 in te vullen vacatures. Autonome implementaties nemen de druk bij de kapiteins weg wat zorgt dat de job enerzijds een nieuwe bestemming krijgt aan wal en anderzijds weer meer aantrekkelijk wordt (Andy Bogaert Van Moer, persoonlijke communicatie 9 mei 2023).

Ten tweede heeft de Europese Green Deal betrekking op alle sectoren van de economie en stelt dat de emissies veroorzaakt door transport tegen 2050 zullen moeten dalen met 90%. Heden ten dage is het goederenvervoer over de weg verantwoordelijk voor 7% van de totale koolstofdioxideuitstoot ter wereld. Binnenvaart speelt een aanzienlijke rol in de vermindering van emissies (Kaack et. al, 2018). 75% Van alle goederen worden getransporteerd per wegtransport. Binnenvaart en het spoor moeten een aanzienlijk deel van die 75% voor hun rekening nemen (European inland barging innovation platform). De ambitie in de Green Deal is dus duidelijk, de modal shift naar binnenvaart en spoor (EY & De Vlaamse Waterweg). De transitie naar binnenvaarttransport is essentieel in het behalen van de Green Deal doelstellingen maar impliceert tevens een hogere vraag naar binnenvaarttransporten waardoor de sector nogmaals geconfronteerd wordt met de arbeidsproblematiek.

Tot slot leiden bovenstaande factoren tot het doel van Seafar. Grafiek 2 is een synthese van bovenstaande factoren die tevens leiden tot het doel van Seafar hieronder beschreven.

Grafiek 2: Seafar



De blauwe rechte weerspiegelt de huidige prestatie van de binnenvaartsector onder andere het aantal vaarten en de vereiste kapiteins. De oranje rechte geeft de situatie weer waar de sector naar moet evolueren wat meer schepen en schippers vereist. Er ontstaat een gap tussen de blauwe rechte en de oranje rechte, deze weerspiegelt de nood aan binnenvaartschippers. Seafar tracht dit verschil te minimaliseren met een module om schepen te besturen met een kapitein aan wal waardoor de grijze rechte ontstaat.

Er zijn slechts drie hoofdfactoren die een succesvolle implementatie van onbemand varen mogelijk maken. Ten eerste de nood aan binnenvaartschippers. Ten tweede de Green Deal en ten derde de module van Seafar om schepen vanuit een SCC aan te sturen.

Deelvraag: Wat zijn de drempels voor onbemand varen?

Ten eerste brengt de implementatie van een module om een schip vanuit een SCC te besturen geen financiële winsten met zich mee. De Total Cost of Ownership van een schip met autonome implementatie ligt per jaar in ieder scenario tussen de 10.000 euro en 15.000 euro hoger. In vergelijking met de aanschafwaarde van een binnenvaartschip is dit echter maar een kleine investering.

Ten tweede brengt een autonome implementatie geen operationele winsten met zich mee. De module dient louter om schepen vanuit een SCC te kunnen besturen onder leiding van een kapitein aan wal. Binnenvaartondernemers zullen deze module aanschaffen omdat er geen kapiteins gevonden worden op de arbeidsmarkt en gaan dus louter de continuïteit van hun onderneming in stand houden.

Ten derde biedt een autonome implementatie geen winsten voor het milieu. Het maakt de modal shift mede mogelijk én zorgt er ook voor dat schepen juist varen waardoor er minder brandstof verbruikt wordt. Toch staat een autonome implementatie niet meteen in verband met vergroening van de schepen.

Ten vierde mogen schepen slechts bestuurd worden door een kapitein aan wal als er een kapitein aanwezig is op het binnenschip. De aanwezigheid van een kapitein is voldoende, deze moet niet bezig zijn met de besturing van het schip.

Tot slot mag een kapitein aan wal slechts één binnenvaartschip besturen vanuit een SCC waardoor deze dienst even duur blijft als een traditionele kapitein. Op termijn is het de bedoeling om meerder schepen te kunnen besturen per kapitein aan wal.

Deelvraag: Welke kansen biedt onbemand varen voor de binnenvaart?

Onbemand varen brengt een nieuwe wind in het beroep van kapitein. Voorheen was het duidelijk dat een kapitein zijn hele loopbaan op een schip zou spenderen. Een autonome implementatie stelt een kapitein in staat om na ettelijke jaren ervaring op zee een ommekeer te maken en kapitein aan wal te worden in een SCC. Wat uiteindelijk in verband staat met de arbeidsproblematiek. Zo zullen binnenvaartondernemers de continuïteit van hun organisatie kunnen behouden (Seafar, Persoonlijke communicatie, 17 april 2023).

In de toekomst wordt verwacht dat een kapitein aan wal meerdere schepen aan zal kunnen sturen waardoor de SCC service kost zal dalen. Hierdoor zullen er ook kostenbesparingen voor de binnenvaartondernemer optreden.

Wanneer de loonkosten en de totale kosten om goederen te transporteren via binnenvaart onverwacht toenemen, biedt een autonome implementatie eveneens een uitstekend alternatief om deze trend tegen

te gaan. Het schip zal zijn traject kunnen varen tegen lagere kostprijs met een kapitein aan wal (Andy Bogaert Van Moer, persoonlijke communicatie 9 mei 2023).

Deelvraag: Welke invloed heeft onbemand varen op de organisatie van de logistiek?

Over het algemeen kan er besloten worden dat onbemand varen makkelijker toepasbaar is in lijnvaarten dan in wilde vaarten. Lijnvaarten bewegen zich voort tussen specifieke terminals op voorspelbare routes. Wilde vaarten zijn voornamelijk chartervaarten die zich voortbewegen tussen de plaats waar de goederen gelocaliseerd zijn en waar ze worden gevraagd. Bij lijndiensten zijn er minder uitdagingen op gebied van navigatie en vermijding van obstakels omdat de artificiële intelligentie het traject steeds beter uit zal voeren. Daarnaast is de bemanning bij lijnvaarten meestal bekend met de routes en havens en hebben ze een goed beeld van de lokale omstandigheden, wat de veiligheid van autonome systemen ten goede kan komen.

Het model kan door ieder autonoom vaartuig verbeterd worden omdat het opgeslagen is in een database waar ieder autonoom vaartuig toegang toe heeft (Seafar). Zo kunnen lijnvaarten steeds efficiënter varen maar kunnen ook wilde vaarten deze toepassingen gebruiken. Deze zijn wel minder voor de hand liggend.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

Deze masterthesis stelt dat autonome implementaties in de binnenvaart de operationele continuïteit van een binnenvaartonderneming in stand kunnen houden. Wanneer er over onbemand varen gesproken wordt, is onbemande overslag een nieuwe onderzoeksonderwerp. Op welke manier kan de logistiek zodanig georganiseerd worden dat er in eerste instantie geen kapiteins meer vereist zijn aan boord van een schip en vervolgens de overslag ook onbemand kan uitgevoerd worden.

Verder onderzoek is vereist naar de veiligheid van onbemand varen in een hybride vorm van de binnenvaart. Wanneer een bepaald aantal schepen wel onbemand kunnen varen en de overblijvende schepen varen met een conventioneel binnenschip. Kan de veiligheid dan gegarandeerd blijven?

Literatuurlijst

- Alop, A. (2019). The main challenges and barriers to the successful "smart shipping". *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 13(3).
- Binnenvaartschepen knooppunten Scheldegebied, P. werkgroep Binnenvaart VNSC.
- Bureau voorlichting binnenvaart. <https://www.bureauvoorlichtingbinnenvaart.nl>
- Colling, A., Hekkenberg, R., & van Hassel, E. (2021). A Viability Study of Waterborne Platooning on the Lower Rhine. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 21(2), 71-94. <https://doi.org/10.18757/ejtir.2021.21.2.5469>
- Forum for Autonomous Ships, NFAS
- Gitrashing. <https://gitrashing.be/blog/semi-autonoom-schip-gitra/>
- Grzelakowski, A. S. (2019). Assessment of the current state of the EU inland shipping development and its perspectives from the policy and transport market point of view. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie*.
- InCom, W. G. (2022). Smart shipping on inland waterways. *PIANC Report*.
- Jović, M., Tijan, E., Žgaljić, D., & Karanikić, P. (2020). SWOT analysis of selected digital technologies in transport economics. In *2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)* (pp. 1361-1366). IEEE.
- Koens, A. R. (2017). *De binnenvaart: Wie staat er aan het roer? Doorwerking van binnenvaartbeleid op Europees, nationaal en provinciaal schaalniveau: een analyse van verschillen en overeenkomsten* (Doctoral dissertation).
- Makelberge, R. De aansprakelijkheid en regelgeving aan boord van autonome schepen.
- Marivoet, S., Dewickere, D. (2022). Begeleiding bij het ontwerp en de lancering van de Green Deal Binnenvaart.
- Multimodaal Vlaanderen. <https://multimodaal.vlaanderen/transportmodi/binnenvaart/>
- Rødseth, Ø. J. (2017). Definitions for Autonomous Merchant Ships. Norwegian
- Schuttevaer. (2021) Personeelsnood dwingt Luikse terminal semi autonoom te varen. <https://www.schuttevaer.nl/nieuws/actueel/2021/06/08/personeelsnood-dwingt-luikse-terminal-semi-autonoom-te-varen/>
- Seafar. <https://seafar.eu>
- SMASH Nederland. <https://smashnederland.nl/cases/onbemand-afmeren-dynamic-positioning-schepen-in-havens/>
- Strategische adviesraad Vlaanderen. https://www.fdfa.be/sites/default/files/2022-01/1015_Advies%20van%20de%20Strategische%20Adviesraad%20internationaal%20Vlaanderen.pdf
- Sys, C., Van de Voorde, E., Vanelslander, T., & Van Hassel, E. (2017). De binnenvaart: Traditionele modus, innovatieve toekomst?.
- UC group. <https://www.ucgroup.nl/risicosnemeninsupplychain/>
- Van de CO, S. O., & PM10-emissies, N. E. Naar een duurzame zee-en binnenvaart in 2050.

- Van den Bossche, M., Maes, J., Vanelslander, T., Macario, R. & Reis, V. (2017) *The use of environmental- ly friendly freight vehicles*. Technical report. Non-binding guidance documents on urban logistics. Final Report 5/6, EC 2017, ECORYS, TPR Antwerp University, University of Lisbon, TECHNICO.
- van den Broek, H. (2018). Smart shipping: ontwikkelingen en slimme infrastructuur.
- van Hassel, E., Sys, C., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2012). Ontwikkeling van een klein bakkenconcept om de kleine waterwegen te reactiveren.
- van Meijeren, J. C. (2014). Innovaties in de binnenvaart.
- van Terwisga, W. (2019). Exploring potential implications of automated inland shipping on the Dutch waterway infrastructure: A scenario analysis. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:913b8c19-5774-4984-9a38-a4db1459e9e9>
- Verstrepen, S., Cruijssen, F., De Brito, M. P., & Dullaert, W. (2007). An exploratory analysis of reverse logistics in Flanders. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 7(4).
- Voies hydrauliques Wallonie. <http://voies-hydrauliques.wallonie.be/opencms/opencms/fr>
- Watertruck. <https://watertruckplus.eu/nl>
- Woo, J., & Kim, N. (2020). Collision avoidance for an unmanned surface vehicle using deep reinforcement learning. *Ocean Engineering*, 199, 107001.
- Xiao, Y., & Li, T. (Eds.). (2022). *Smart Ships*. CRC Press.
- Zaman, I., Pazouki, K., Norman, R., Younessi, S., & Coleman, S. (2017). Challenges and opportunities of big data analytics for upcoming regulations and future transformation of the shipping industry. *Procedia engineering*, 194, 537-544.
- CNR study on financing the energy transition towards a zero-emission european iwt sector, 2021.
- Rijkswaterstaat.<https://www.rwseconomie.nl/kengetallen/documenten/publicaties/2016/februari/kostenbarometer-en-binnenvaarttool/binnenvaarttool>
- van de CO, S. O., & PM10-emissies, N. E. Naar een duurzame zee-en binnenvaart in 2050. https://scholar.google.com/scholar?hl=nl&as_sdt=0%2C5&q=binnenvaart+kapitaalintensief&btnG=#d=gs_cit&t=1681995494232&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AfBv6WwMfuBEJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D2%26hl%3Dnl
- Schroten, A. A., van Essen, H. H., Aarnink, S. S., Verhoef, E. E., & Knockaert, J. J. (2014). *Externe en infrastructuur-kosten van verkeer*. Delft: CE Delft. https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/04/CE_Delft_4485_Externe_en_infrastructuurkosten_verkeer_DEF_1403272867.pdf
- Degraeve, Z., Labro, E., & Roodhooft, F. (2000). An evaluation of vendor selection models from a total cost of ownership perspective. *European journal of operational research*, 125(1), 34-58
- Némethy, S. A., Ternell, A., Bornmalm, L., Lagerqvist, B., & Szemethy, L. (2022). Environmental Viability Analysis of Connected European Inland–Marine Waterways and Their Services in View of Climate Change. *Atmosphere*, 13(6), 951.

- Evofedenex. <https://www.evofenedex.nl/kennis/internationaal-ondernemen/logistiek-en-transport-bij-export/zeevaart-binnenvaart>
- Cordis. https://cordis.europa.eu/programme/id/H2020_MG-6.2-2014

