

De toekomst van de Arctische zeeroute.

Scenarioanalyse met betrekking tot de concurrentiekracht van trans-Arctische
containerscheepvaart in vergelijking met de Suezroute

Kevin Van de Maele

Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van
master in het maritiem en logistiek management

Promotor

Prof. dr. Thierry Vanellander



Abstract

Het hoofddoel van deze masterproef is het beoordelen van de concurrentiekracht van trans-Arctische containerscheepvaart onder verschillende omstandigheden door middel van deze route te vergelijken met de Suezroute. Op basis van klimatologische, economische en een politiek-economische variabele worden er scenario's opgesteld. Onder de klimatologische factoren onderscheidt men de ijscondities, ijsdikte, ijsklasse en het aantal bevaarbare dagen van de Noordelijke Zeeroute. De economische factoren worden gepresenteerd door de brandstofkost, de kost omtrent ijsbrekerbegeleiding en de kapitaalkost van het schip. De politiek-economische variabele stelt een verlaging van de ijsbrekertarieven voor. Uit de vele mogelijkheden aan scenario's worden er tien geselecteerd aan de hand van de TOPSIS-methode. Deze tien scenario's met betrekking tot transitvaart langs de Noordelijke Zeeroute worden vervolgens vergeleken met het Suezscenario op drie aspecten, zijnde de lengte van de transportroute, de duur van het maritieme transport en de totale kosten van één enkele scheepsreis (Shanghai – Antwerpen). Uit analyse blijkt dat de lengte van de Noordelijke Zeeroute 13 tot 20% korter is in vergelijking met de Suezroute. Deze kortere afstand resulteert echter niet altijd in kortere transporttijden. Er wordt besloten dat de totale duur van het maritieme transport enkel korter is langs de NSR wanneer in situaties die zich in de zomer/herfstperiode afspelen omdat de ijsdikte dan voldoende laag is om de Arctische route aan een hoge snelheid te doorkruisen. In verband met de kosten, kan men concluderen dat het gebruik van ijsbrekerondersteuning in de winter/herfstperiode niet interessant is omwille van de zeer hoge kost. In de zomer/herfstperiode kan NSR-transport mogelijk wel goedkoper zijn wanneer men een conventioneel schip laat begeleiden onder geringere ijscondities. De scenario's in de zomer/herfstperiode zijn allemaal voordeliger dan de Suezroute.

Executive summary

Due to climate change, the navigable days of the Northern Sea Route are becoming longer each year. This is attracting the attention of shipping stakeholders because the route could save both time and costs compared to the traditional shipping route through the Suez Canal. Therefore, the main objective of this master thesis is to assess the economic attractiveness of trans-Arctic container shipping under different conditions by comparing this route with the Suez route.

Statistics during the 2014-2020 period shows that the number of ship voyages along the NSR is increasing year by year with a percentage increase of 70% in 2020 compared to 2016, as well as a fourfold increase in the transported cargo volume in this time frame. It is mainly the Asian shipping companies that are showing interest in international transit shipping on the NSR. Not only the Chinese shipping companies, but also the Chinese government, despite the fact that it has no territorial sovereignty over the Arctic, wants to develop strategies regarding the increasing shipping opportunities in the Arctic.

The most influencing factors regarding navigation along the Northern Sea Route can be divided into climatic, economic and political factors. Among the climatic factors are the variables; ice conditions, ice thickness, ice class and the number of navigable days. This last variable refers to the navigation season of the NRS, which distinguishes two periods. One is the summer/fall season, usually from July to November, and the other is the winter/spring season which consists of the remaining months. These enumerated variables seem to have the greatest impact on the use of the NSR, as they show a direct relationship with the speed, construction cost, accessibility and fuel level of the vessel, as well as the tariff level of the icebreaker escort.

The economic factors involve the fuel cost, icebreaker rates and the capital cost. The political factors are mainly the policy actions of the Russian government to make the route more attractive. In this research, a reduction in icebreaker support rates is considered as a political-economic variable.

The combination of all the different chosen values of the variables obtained 72 combinations, of which 10 were selected. The selection procedure was carried out by means of the TOPSIS method. This is a technique for order preference by similarity to ideal solution. TOPSIS is thus a way of assigning a ranking to a variety of alternatives, or in this case scenarios, based on weights on the one hand and the impact of the given variables on the other.

Those 10 scenarios, involving the Northern Sea Route, were analysed and compared to the traditional Suez Route in terms of three different quantitative criteria, namely the length, duration and cost of a single destination trip from Shanghai to Antwerp.

One generally distinguishes two possible options when sailing along the Northern Sea Route. The coastal route is the southern shipping route that is generally considered safer because of its proximity to ports. This route also features more favourable ice conditions, but has a 13.0 meter draft limit. The transit route is more northerly and therefore also shorter than the coastal route. The route has no draught limitations, but is associated with much more severe ice conditions, which makes the accessibility of the route dependent on ice class rather than vessel size. The estimates in this study regarding the length of the NSR conclude that the maritime distance for the Shanghai - Antwerp route using the coastal route is 13% shorter compared to the Suez route. Using the transit route will even shorten the distance of that same route by almost 20%.

When comparing the transit route with the coastal route, one concludes a difference of 675 nautical miles, which makes the transit route almost 20% shorter than the coastal route. One could then assume that the transit route would have a shorter transport duration, but this is not always the case because the transit route usually has more severe ice conditions, which will reduce the vessel speed and most likely increase the fuel cost due to more resistance of the ice.

The next quantitative factor on which the different scenarios were compared, was therefore the duration of the entire maritime transport. This study concluded that only the scenarios situated in the summer/autumn period were faster than the route via the Suez Canal because of the very favourable ice conditions, which resulted in a high vessel speed. It can also be seen that the scenarios with a relatively thick ice cover, in which consequently an icebreaker was used, are always faster than independently navigating the NSR with an ice-resistant vessel. However, those scenarios always had a longer duration in comparison with the Suez Route.

Finally, the cost per vessel trip along the NSR was also estimated and compared with the cost of a vessel trip along the Suez Canal under the same conditions. The biggest conclusion one can draw from this research' results is that icebreaker fees are currently making the NSR passage unfeasible. 80% of the cases involving an icebreaker were found to have a greater cost compared to the Suez Route. Even a futuristic reduction of 50% in those icebreaker tariffs still resulted in a higher total cost. Only one scenario, involving icebreaker support, seems to have a smaller cost per trip, namely an escorted conventional vessel at the ending of the summer/autumn period. This is due to the lower

capital costs and a lower fuel consumption of those vessels. An ice-class vessel is namely concluded to be more expensive because of the additional costs of the strengthened hull. The strengthened hull also leads to a heavier vessel, what results in a higher fuel consumption. However, it is important to mention that this scenario also included that 50% reduction in icebreaking tariffs.

One can also draw the conclusion that vessels sailing along the NSR during the peak of summer temperatures and the trough of ice thicknesses (typically August - September) also contain a lower total cost. This is true for both ice-strengthened vessels and conventional vessels. The reasons for the lower cost for a conventional ship have already been mentioned, being lower capital cost and lower fuel consumption. For the ice-class vessels, one can also conclude a lower fuel consumption because there is little to no resistance from ice, which not only leads to lower fuel consumption, but can also guarantee a constant, high vessel speed.

Finally, one also concludes that an ice-class vessel sailing in thicker ice conditions, but still able to sail independently, would also be cheaper in some cases compared to the Suez route because of the higher Suez rates to access through the canal. In this case, however, the total transport time would be longer.

The final conclusion is mainly that sailing along the NSR during the summer/autumn period, when ice conditions are at their lowest, seems to be a formidable competitor for the Suez Route. However, this seasonality creates a lot of uncertainty and distrust towards the NSR. Container shipping typifies liner shipping, which means that fixed schedules and times are present. As a result of the seasonality, it seems almost impossible to establish a fixed liner trade along the NSR. One could, however, opt to use the Northern Sea Route during the few months when it is more advantageous and sail through the Suez Canal during the remaining months, but this quickly leads to additional logistical challenges. In addition, it would also not be economically viable to use an ice-resistant vessel to enter the Suez route for the remaining months, as this would involve a higher capital cost and fuel consumption, when it is not necessary.

Navigation during the winter/spring period seems out of the question due to excessively high icebreaking rates.

Lijst van grafieken

Grafiek 1: voorstelling aantal scheepsreizen (Northern Sea Route Information Office, 2021)	22
Grafiek 2: brandstofverbruik (PAME, 2019).....	44
Grafiek 3 aantal schepen met brandstoftypes (PAME, 2019).....	44
Grafiek 4: Aantal open dagen NSR (Nikkei Asia, z.d.)	58
Grafiek 5: Verschil in transportkosten (eigen werk)	123
Grafiek 6: Totale transportkost per TEU (eigen werk)	124

Lijst van tabellen

Tabel 1: Conclusie toegankelijkheid zeestraten NSR	76
Tabel 2: Mogelijkheden voor scenariovorming met betrekking tot de klimatologische en economische variabelen (eigen werk)	85
Tabel 3: Gewichten van de variabelen (eigen werk)	87
Tabel 4: Selectie scenario's (eigen werk)	89
Tabel 5: Vergelijking tussen de twee geselecteerde schepen (eigen werk gebaseerd op gegevens van Aker Arctic, 2021 & Marinetraffic, 2022)	92
Tabel 6: Conclusie afstand (eigen werk)	99
Tabel 7: Samenvatting afstanden bij geselecteerde scenario's (eigen werk)	100
Tabel 8: Conclusie totale duur van de scheepsreis voor de geselecteerde scenario's (eigen werk)	108
Tabel 9: Afschrijving voor één single destination trip beschreven in scenario (eigen werk)	113
Tabel 10: Totale OPEX per scenario (eigen werk)	117
Tabel 11: Brandstofkosten per scenario (eigen werk)	119
Tabel 12: Havenrechten per haven (eigen werk gebaseerd op gegevens Rosmorport en het Port Model)	120
Tabel 13: Ijsbrekervergoedingen per scenario (eigen werk gebaseerd op calculatietool NSRA)	120
Tabel 14: Samenvatting totale VOYEX per scenario (eigen werk)	121
Tabel 15: Conclusie totale kosten per scenario (eigen werk)	122
Tabel 16: Resultaten per scenario (eigen werk)	125
Tabel 17 de verschillende scenario's (eigen werk)	144
Tabel 18 volledige rangschikking scenario's (eigen werk)	146

Lijst van figuren

Figuur 1: Geografische weergave van de Arctische scheepvaartroutes (CRM, 2020)	20
Figuur: 2 voorstelling NSR (Pame,2021)	21
Figuur: 3 Scheepsactiviteiten tussen 2016 en 2019 (Gunnarsson, 2021)	23
Figuur 4: Verdeling van rederijen, schepen en reizen (Gunnarsson, 2021).....	24
Figuur 5: Verdeling tussen binnenlandse-, bestemmings-, en internationale transit (Gunnarsson, 2021)	24
Figuur 6: Internationaal transitverkeer op de NSR (Oxford Institute for Energy Studies, 2021)	25
Figuur 7: Transportroutes LNG (NGW, 2021)	26
Figuur 8: Verdeling cargo volume tussen 2014 en 2020 (The Oxford Institute for Energy Studies, 2021).....	26
Figuur 9: De verdeling van de totale zendingen via NSR tussen Europa en Azië in 2020 (Oxford Institute for Energy Studies, 2021)	27
Figuur 10: Verdeling scheepstypes 2020 (Northern Sea Route Information Office, 2021)	28
Figuur 11 LNGC (NGW, 2021)	29
Figuur 12: LNG-scheepsreizen met bestemmingslanden (Northern Sea Route Administration Office, 2021).....	30
Figuur 13: maandelijkse verdeling LNG-schepen met bestemming Azië (Oxford Institute for Energy Studies, 2021).....	31
Figuur 14: Toekomstige voorstelling van de Arctic LNG 2 infrastructuur (Nilsen, 2021).....	32
Figuur 15: Geografische voorstelling Yamal-LNG en Arctic LNG 2 (TotalEnergies, 2021).....	32
Figuur 16: Voorstelling transportproces van olie (Gazprom, 2021).....	34
Figuur 17: Uitstoot van broeikasgassen van verschillende LNG-projecten (Arctic2050, 2021)	35
Figuur 18: Ijsbedekking september NSR (Oxford Institute of Energy Studies, 2021)	36
Figuur 19: Vergelijking Suezroute met Noordelijke Zeeroute (Bekkers et al., 2017).....	38
Figuur 20: Verdeling van de verschillende brandstoftypes (Arctic Council, 2020)	43
Figuur 21: Voorstelling van olie impact en gedrag in de zee (Nuka Research, 2018)	46
Figuur 22: Voorstelling grenzen UNCLOS (Wikipedia bijdragers, z.d.).....	47
Figuur 23: Weergave van kritische punten op de NSR (WarOnTheRocks, 2019)	48
Figuur 24: Arctische corridor (Chinadaily, 2018)	52
Figuur 25: De 28 zones van NSR (High North News, 2018).....	59
Figuur 26: Navigatietabel NSR geldig van 1 juli tot 15 november (NSRA, 2020)	60
Figuur 27: Navigatietabel NSR (NSRA, 2020)	60
Figuur 28: Navigatietabel NSR geldig van 1 december tot 30 juni (NSRA, 2020)	60
Figuur 29: Geografische voorstelling van de 7 ijsmassieven aan de NSR (NAADSN, 2021)	62
Figuur 30: Verbanden tussen verschillende factoren (Sibul & Jin, 2021)	65
Figuur 31: Waargenomen en voorspelde afname van Arctisch zee-ijs (European Environment Information and Observation Network, 2021)	67
Figuur 32: Voorspellingen over de gemiddelde dikte van het Arctische zee-ijs in september (Wei et al., 2021) ..	68
Figuur 33 formule ijsnummer (Wei et al., 2021).....	69
Figuur 34: Illustratie ijsbedekking (Transport Canada, 2018)	69
Figuur 35: Ice multipliers voor verschillende scheepstypes (Transport Canada, 2018)	70
Figuur 36: Voorbeelden IN (Transport Canada, 2018)	70
Figuur 37: Septembervoorspelling van IN's voor een OW-schip bij SSP5-8.5 (Chen et al., 2021)	71
Figuur 38: Verschillende ijsklassen gelinkt aan de ijsdikte (Amarineblog, 2019)	72
Figuur 39: Voorspellingen toegankelijkheid Straat van Vilkitski (Chen et al., 2020)	73
Figuur 40: Voorspellingen toegankelijkheid Straat van Dmitri Laptev (Chen et al., 2020)	74
Figuur 41: Voorspellingen toegankelijkheid Sannikov-Straat (Chen et al., 2020).....	75
Figuur 42: Totaal navigatiepercentage op basis van connectiviteit van gridcellen onder verschillende scenario's (Chen et al., 2021).....	77
Figuur 43: Voorspellingen van de uitbreidingen van het vaarvenster onder 3 IPCC-scenario's (Wei et al., 2020)77	77
Figuur 44: Tarifieringszones ijsbrekerbegeleiding (Sibul & Jin, 2021)	79
Figuur 45: Verschillende vormen van ijsbrekerondersteuning (Goerlandt et al., 2017)	80
Figuur 46: Premies voor de bouwkosten en brandstofverbruik van een ijsbestendig schip (Sibul & Jin, 2021) ...	82

Figuur 47: Meest belangrijke variabelen betreffende Arctische scheepvaart en hun gewicht (Tseng & Cullinane, 2018).....	87
Figuur 48: Aker Arctic containerschip (Aker Arctic, z.d.)	93
figuur 49: OOCL-London (Vesselfinder, 2022)	93
Figuur 50: Visuele voorstelling variaties binnen de NSR (Arctis Economics, 2008)	94
Figuur 51: Voorstelling kust- en transitroute via IBCAO deel 1 (Pastusiak, 2016)	97
Figuur 52: Voorstelling kust- en transitroute via IBCAO deel 2 (Pastusiak, 2016)	98
Figuur 53: Voorstelling Suezroute (ShipmentLink, z.d.)	99
Figuur 54 link tussen ijsdikte en snelheid + link tussen brandstofverbruik en snelheid (Cariou et al., 2019)	102
Figuur 55: De wachttijden voor een ijsbreker weergegeven in termen van voortstuwingsvermogen en met het aantal ijsbrekers als parameter (Riska, 2009)	107
Figuur 56: Kostencomponenten van scheepvaart (Furuichi & Otsuka, 2013)	110
Figuur 57: Verdeling kostencomponenten in CAPEX, OPEX en VOYEX (Lambert et al., 2021)	111
Figuur 58: Formule kostenberekening (Sibul & Jin, 2021)	111
Figuur 59 overeenkomsten tussen de verschillende ijsbrekers (Amarineblog, 2019)	143
Figuur 60 overeenstemming tussen Russische benamingen en de ABS-benaming voor ijsbestendige schepen (ABS, 2014).....	144

Inhoud

Abstract.....	2
Executive summary.....	3
Lijst van grafieken.....	7
Lijst van tabellen.....	8
Lijst van figuren.....	9
Lijst van afkortingen.....	13
Voorwoord.....	16
Inleiding.....	17
1 Literatuuronderzoek.....	19
1.1 Geografische situering.....	19
1.1.1 De Noordwestelijke Doorvaart.....	19
1.1.2 De Transpolaire Zeeroute.....	19
1.1.3 De Noordoostelijke Doorvaart.....	19
1.2 Statistieken.....	21
1.2.1 Scheepsreizen (2016-2020).....	22
1.2.2 Havens/bewegingen (2016-2019).....	23
1.2.3 Cargo volume (2014-2020).....	26
1.2.4 Scheepstypes (2020).....	28
1.3 Grootste huidige spelers in de Arctische regio.....	28
1.3.1 Novatek.....	28
1.3.2 Rosatom.....	32
1.3.3 Gazprom.....	33
1.4 Klimaatverandering.....	34
1.4.1 Smelten van zee-ijs.....	35
1.4.2 Standpunten van de rederijen.....	36
1.5 Korte SWOT-analyse.....	38
1.5.1 Sterktes.....	38
1.5.2 Zwaktes.....	40
1.5.3 Kansen.....	43
1.5.4 Bedreigingen.....	45
1.6 Huidig beleid.....	48
1.6.1 Positie van Rusland.....	49
1.6.2 Positie van China.....	51
1.6.3 Positie van Europa.....	53
1.6.4 Positie van België.....	53
2 Methodologie.....	55
3 Mogelijke toekomstige scenario's.....	57

3.1	Het vaarseizoen op de Noordelijke Zeeroute	57
3.1.1	Specifieke condities van de Russische zeeën	58
3.2	Factoren die invloed uitoefenen op het gebruik van de NSR	64
3.2.1	Klimatologische factoren	65
3.2.2	Economische factoren	78
3.2.3	Politieke factoren	82
3.3	Uiteenzetting scenario's	83
3.3.1	Methode	86
3.4	Selectie scenario's	88
4	Analyse omtrent de concurrentiekracht	91
4.1	Assumpties en data	91
4.2	Lengte	93
4.2.1	Kustroute	94
4.2.2	Transitroute	96
4.2.3	Suezroute	99
4.3	Conclusie	99
4.4	Duur	101
4.4.1	Vaarsnelheid	101
4.4.2	Andere beïnvloedende factoren van de totale duur van de scheepsreis	106
4.5	Conclusie	108
4.6	Kosten	110
4.6.1	CAPEX	111
4.6.2	OPEX	114
4.6.3	VOYEX	117
4.7	Conclusie	122
5	Resultaten	125
6	Synopsis	126
7	Discussie	130
8	Bibliografie	132
9	Bijlagen	143

Lijst van afkortingen

Afkorting	Betekenis
ABS	American Bureau of Shipping
BC	Black Carbon
CAPEX	Capital Expenditures
CEO	Chief Executive Officer
CH ₄	Methaan
CLCS	UN Commission on the Limits of the Continental Shelf
CMA-CGM	Compagnie Maritime d’Affrètement – Compagnie Générale Maritime
CNPC	China National Petroleum Corporation
CO ₂	Koolstofdioxide
COSCO	China Ocean Shipping (Group) Company
DWT	Deadweight
EEZ	Exclusieve Economische Zone
H&M	Hull and Machinery
HFO	Heavy Fuel Oil
IACS	International Association of Classification Societies
IBCAO	The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KM	Kilometer
LNG	Liquefied Natural Gas
LNGC	LNG-carrier

MDO	Marine Diesel Oil
MGO	Marine Gas Oil
MSC	Mediterranean Shipping Company
NEP	Northeast Passage
NM	Nautische Mijlen
NSR	Northern Sea Route
NSRA	Northern Sea Route Administration
NWP	Northwest Passage
OOCL	Orient Overseas Container Line
OPEC	Organisatie van olie-exporterende landen
OPEX	Operating Expenditures
P&I	Protection and Indemnity
PAME	Protection of the Arctic Marine Environment
PC	Polar Class
PC	Polar Class
PIOMAS	Pan-Arctic Ice-Ocean Modeling and Assimilation System
PM	Particulate Matter (fijnstof)
RMB	Chinese Renminbi
RS	Russian maritime register of shipping
RUR	Roebels
SCR	Suez Canal Route
SOx	Sulphur Oxides (zwaveloxiden)
SSR	Suez Sea Route

SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
TEU	Twenty Equivalent Unit
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea
USD	US Dollar
USD	Amerikaanse Dollar
VLSFO	Very Low Sulphur Fuel Oil
VOYEX	Voyage Expenses

Voorwoord

Voor u ligt mijn masterproef met als doel de concurrentiekracht te analyseren tussen de Noordelijke Zeeroute en de Suezroute. Door middel van deze masterthesis wens ik mijn masterjaar in de richting Maritiem en Logistiek Management te vervolledigen.

Allereerst wil ik mijn promotor Prof. dr. Thierry Vanellander bedanken om een eigen voorstel omtrent het onderwerp goed te keuren en me doorheen het jaar bij te staan bij de uitwerking van deze thesis. Daarnaast wil ik ook Prof. Dr. Edwin Van Hassel bedanken om mijn vragen omtrent de werking van het Port Model te beantwoorden. Net zoals Daan Komen, Advocaat/Partner bij Caland Advocaten en gastlector aan de Universiteit Antwerpen, die mijn vragen omtrent sleepactiviteiten wist op te lossen.

Daarnaast wens ik ook Martin Bergström en Miao Yu te bedanken voor het doormailen van hun academische bijdrage betreffende de Noordelijke Zeeroute. Deze bronnen waren nuttig om een eerste beeld te geven over de variabelen die het gebruik van Arctische routes beïnvloeden. Ook Matthias Hooft wil ik bedanken voor zijn wiskundige uitleg en bijdrage omtrent het extrapoleren van datagegevens.

Tot slot wil ik ook Annelies Van Havermaet bedanken om mijn geschreven werk na te lezen en me bijgevolg op alle schoonheidsfoutjes te wijzen.

Ik wens u alvast veel leesplezier toe.

Kevin Van de Maele

Dendermonde, 23/05/2022

Inleiding

De opwarming van de aarde is nergens zo duidelijk zichtbaar als in het Noordpoolgebied. De klimaatverandering heeft de Noordelijke IJszee reeds sterk beïnvloed. Prognoses voorspellen dat het smelten van de poolkappen zal blijven toenemen, wat door menig mens als negatief beschouwd zal worden, maar voor de koopvaardij opportuniteiten met zich meebrengt. Zo zullen de Arctische scheepvaartroutes steeds toegankelijker worden voor schepen, waardoor de rederijen omwille van de kortere vaarafstand tijd kunnen besparen in vergelijking met de traditionele zeeroute door het Suezkanaal. Bovendien zorgt een korte scheepvaartroute ook voor een reductie van emissies. Deze zeeroutes hebben echter ook een nadelige kant, namelijk de onvoorspelbaarheid (omwille van zee-ijs) en een moeilijke raming van de kostenstructuur, want de kortere vaarafstand heeft niet per se een lagere kost tot gevolg.

Deze masterproef zal laatstgenoemde twee punten aan elkaar trachten te koppelen en te analyseren. Deze thesis onderzoekt namelijk de concurrentiekracht van het gebruik van de Noordelijke Zeeroute toegepast op verschillende toekomstige scenario's. Deze scenario's zijn gebaseerd op factoren die een impact zullen uitoefenen op de toename (of mogelijks afname) van de Arctische scheepvaart.

De masterproef bestaat uit drie grote delen.

Het eerste deel stelt een situatieschets voor. Dit is bedoeld om de lezer vertrouwd te maken met het onderwerp. Eerst wordt de geografische situering van de drie verschillende Arctische routes weergegeven. Vervolgens volgen enkele statistieken over het reilen en zeilen van de Noordelijke Zeeroute, waar de focus doorheen deze masterproef op ligt. Daarnaast worden de drie grootste huidige spelers langs het Arctische kustgebied beschreven. De klimaatverandering op zich komt dan ook aan bod. Nadien wordt een korte SWOT-analyse gegeven, waarbij de sterktes, zwaktes, kansen en bedreigingen worden toegelicht. Tot slot resteert het huidige beleid, waar de focus zal liggen op de positie van Rusland, China en de reactie van Europa en België.

Na het literatuuronderzoek volgt de methodologie, waarin de werkwijze van het onderzoeksopzet wordt verklaard.

Het tweede deel bestaat uit de mogelijke scenario's. Eerst worden het vaarseizoen op de Noordelijke Zeeroute en enkele specificaties van de Russische zeeën besproken. Dit wordt gevolgd door een beschrijving van de variabelen die van toepassing zijn in elk scenario. Deze variabelen worden onderscheiden in drie verschillende factoren, zijnde klimatologische-, economische- en politieke factoren. Op basis van deze factoren en de verschillende waarden die eraan gekoppeld worden, ontstaan er enkele tientallen scenario's, waardoor er een selectieprocedure volgt om de meest potentiële scenario's te selecteren. De methode omtrent deze selectie wordt verklaard. Een uiteenzetting van de geselecteerde scenario's sluit dit hoofdstuk af.

Het derde deel is de daadwerkelijke analyse omtrent de concurrentiekracht van de Noordelijke Zeeroute. Eerst worden de assumpties en data beschreven, wat voornamelijk de specificering van de gebruikte schepen in de analyse inhoudt. Vervolgens volgt een vergelijking tussen de Arctische route en de Suezroute op basis van drie criteria, zijnde de lengte, de duur en de kosten van een scheepsreis met gelijke oorsprong en bestemming. Op het einde van ieder geanalyseerd criterium bevindt zich

ook steeds een korte conclusie met betrekking tot dat criterium. Hoofdstuk 5 zal dan de resultaten weergeven. Dit houdt in dat de drie criteria in een tabel samengevoegd worden, waardoor de concurrentiekracht van elk scenario op ieder geanalyseerd criterium zichtbaar wordt.

Hierna volgen de eindconclusie, discussie en beleidsaanbevelingen. Tot slot worden de geraadpleegde bronnen vermeld, gevolgd door enkele bijlagen en de verklaring op woord van eer.

1 Literatuuronderzoek

1.1 Geografische situering

Wanneer er gesproken wordt over Arctische routes bedoelt men de scheepvaartroutes gelegen in het Noordpoolgebied. Dit Noordpoolgebied bestaat, in tegenstelling tot het Zuidpoolgebied (Antarctica), uit een bevroren ijszee omringd door land. Men onderscheidt doorgaans drie Arctische zeevaartroutes, namelijk de Noordwestelijke Doorvaart, de Transpolaire Zeeroute en de Noordoostelijke Doorvaart.

1.1.1 De Noordwestelijke Doorvaart

De Noordwestelijke Doorvaart, in het Engels *the Northwest Passage* (NWP) genoemd, is een Arctische scheepvaartroute die de Stille Oceaan verbindt met de Atlantische Oceaan via de waterwegen van de Canadese Arctische Archipel, die bestaat uit enkele eilanden ten noorden van Canada. Deze route doorkruist overigens ook de Beaufortzee (Arctische Oceaan) en de Baffinbaai die gelegen is tussen de Atlantische Oceaan en de Arctische Oceaan. Niet enkel het zee-ijs, maar ook de vele Canadese eilanden met hun ondiepe water vormen een beperking voor het efficiënt bevaren van deze route (History.com Editors, 2021).

1.1.2 De Transpolaire Zeeroute

De Transpolaire Zeeroute, ook wel de Trans-Arctische Zeeroute genoemd, is de kortste Arctische zeeroute en doorkruist geen territoriale wateren. Net zoals de Noordwestelijke Doorvaart verbindt deze route de Atlantische Oceaan met de Stille Oceaan, maar deze loopt recht door het Geografische Noordpoolgebied van Spitsbergen naar de Beringstraat. Hierdoor is deze route momenteel enkel bevaarbaar door zeer sterke ijsbrekers en duikboten. Men verwacht echter dat deze route in de toekomst meer beschikbaar zal worden omwille van het smelten van zee-ijs (Bennet et al., 2020).

1.1.3 De Noordoostelijke Doorvaart

De Noordoostelijke Doorvaart, in het Engels *the Northeast Passage* (NEP) genoemd, is een Arctische scheepvaartroute tussen de Atlantische Oceaan en de Stille Oceaan langs de Noordkust van Rusland. Deze route doorkruist de Barentszee, Karazee, Laptevzee, Oost-Siberische Zee, Tsjoecksjenzee en de Beringzee. Deze scheepvaartroute staat garant voor de verbinding tussen Azië en Europa. De Noordoostelijke Doorvaart omvat ook de Noordelijke Zeeroute. Aangezien de Noordoostelijke Doorvaart voor 90% uit de Noordelijke Zeeroute (NSR) bestaat, worden beide benamingen nogal

vaak door elkaar gebruikt. Er is echter wel een verschil. De Noordelijke Zeeroute verbindt enkel de Karische Poort met de Beringzee. De route omvat de Barentszee niet en is dus geen verbinding tussen de Atlantische en de Grote Oceaan terwijl dit wel het geval is bij de Noordoostelijke Doorvaart. Hierdoor omvat de NEP de grootste Russische Arctische haven, de haven van Moermansk, waardoor de NEP economisch gezien veel interessanter is. Wanneer men van de haven van Moermansk naar de Canadese haven van Churchill wil varen, spreekt men van *the Arctic bridge* (Østreng, z.d.).



Figuur 1: Geografische weergave van de Arctische scheepvaartroutes (CRM, 2020)

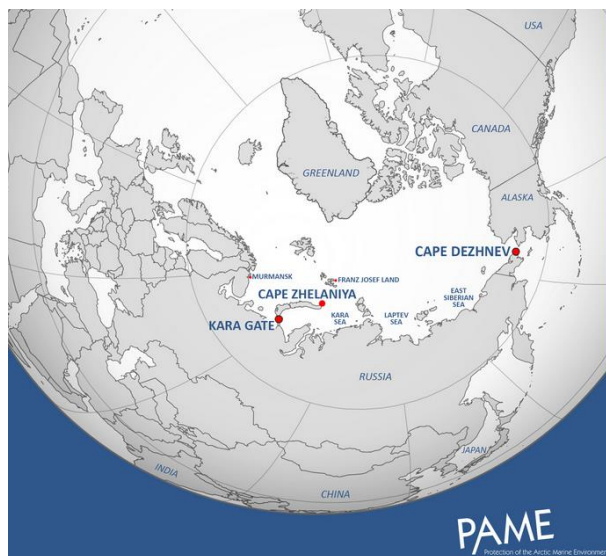
In deze masterproef zal de focus voornamelijk op de Noordoostelijke Doorvaart/Noordelijke Zeeroute liggen, gezien zijn Europese belang. Ook is het belangrijk om te vermelden dat bovenstaande beschreven routes niet uit slechts één mogelijke weg bestaan, maar verschillende mogelijkheden die leiden tot eenzelfde plaats van aankomst. De gekozen route zal zeer sterk afhangen van de ijsbedekking in bepaalde gebieden op dat moment.

1.2 Statistieken

De volgende gegevens werden vrijgegeven door The Northern Sea Route Information Office. Deze instelling verzamelt jaarlijks statistieken omtrent de Noordelijke Zeeroute. Zoals reeds vermeld bestaan de Arctische routes eigenlijk uit verschillende mogelijkheden om éénzelfde eindstation te bereiken. In dit geval wordt de Noordelijke Zeeroute (NSR) dan ook gedefinieerd als de scheepvaart binnen de gebieden tussen Kaap Dezhnev en de Karische Poort of Kaap Zjelania (of de zeestraat tussen deze kaap en Frans Jozefland). De scheepvaartafstand tussen

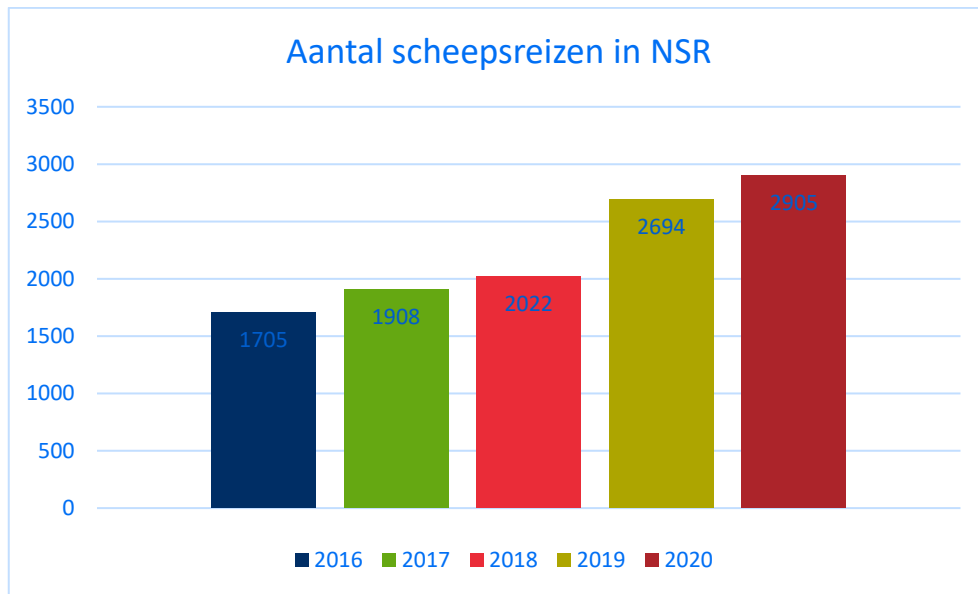
Kaap Dezhnev en Kaap Zjelania bedraagt ongeveer 2380 nautische mijlen, wat neerkomt op ongeveer 4000 kilometer, wanneer er door de Karazee, Laptevzee en de Oost-Siberische Zee wordt gevaren.

Figuur 2 en een navigatievoorbeeld zal deze definitie vergemakkelijken. Wanneer men bijvoorbeeld van de Russische haven Moermansk naar China wenst te varen, kan het schip ofwel gebruik maken van de Karische Poort of de zeestraat tussen Kaap Zjelania en Frans Jozefeiland. Vervolgens vaart het schip door de Karazee naar de Laptevzee. Dit kan zowel ten noorden van de eilanden of door de zeestraat aan de kust. Het schip zal dan zijn weg voortzetten in de Oost-Siberische Zee. Tot slot kan het schip alweer ten noorden van de eilandengroep varen of toch dichterbij de kust alvorens het Kaap Dezhnev bereikt. De navigatie is meestal geen vrije keuze en hangt sterk af van de actuele ijscondities en vele andere factoren (Pame, 2021).



Figuur: 2 voorstelling NSR (Pame,2021)

1.2.1 Scheepsreizen (2016-2020)



Grafiek 1: voorstelling aantal scheepsreizen (Northern Sea Route Information Office, 2021)

Bovenstaande grafiek geeft het aantal scheepsreizen weer die gebruik hebben gemaakt van de Noordelijke Zeeroute. Scheepsreizen kunnen worden omschreven als de verplaatsing van een schip van een haven of watergebied naar een andere haven of watergebied. Wanneer men het jaar 2020 vergelijkt met het jaar 2016, besluit men dat het aantal scheepsreizen met net iets meer dan 70% is toegenomen.

1.2.2 Havens/bewegingen (2016-2019)

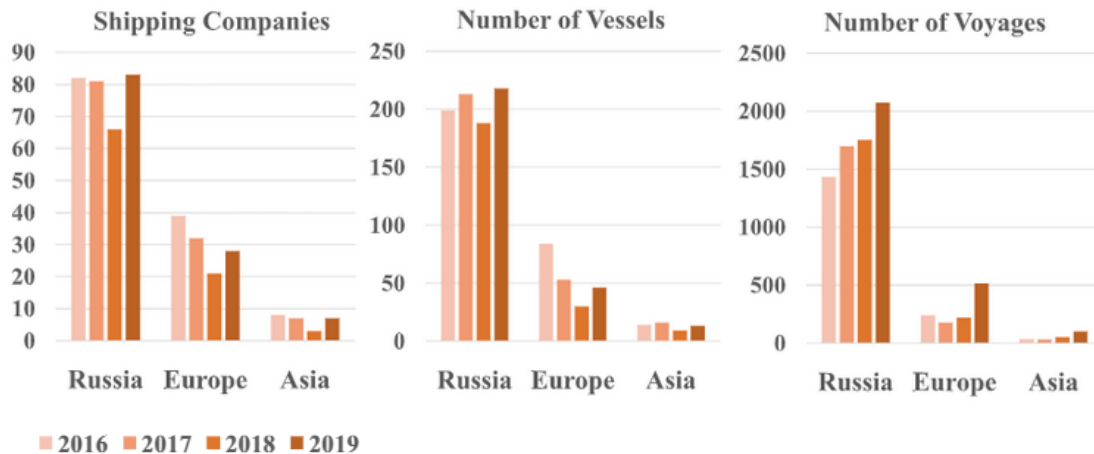
Departure and arrival destinations	2016	2017	2018	2019
From NSR to Russian ports	599	591	564	646
From western Russian ports to NSR	576	537	537	609
From eastern Russian ports to NSR	46	30	33	44
Between NSR ports	263	580	563	736
From NSR to European ports	78	62	144	287
From European ports to NSR	65	63	137	272
From NSR to NE Asian ports	15	4	4	21
From NE Asian ports to NSR	36	9	10	25
Transits via NSR (total)	18	28	27	37
Domestic transits ^a	5	12	8	15
Destination transits ^b	5	4	2	8
International transits	8	12	17	14
Other departure/arrival destinations	9	4	3	17
Total number of voyages	1705	1908	2022	2694
Total number of different vessels	297	283	227	278
Total number of shipping companies	129	121	90	119
Total number of sailing permits (NSRA)	718	644	792	799

Figuur: 3 Scheepsactiviteiten tussen 2016 en 2019 (Gunnarsson, 2021)

In totaal vonden er, tussen 2016 en 2019, 8.329 scheepsreizen plaats op de Noordelijke Zeeroute. De toename van het aantal scheepsreizen is toe te schrijven aan het toegenomen interne verkeer, door voornamelijk bevoorradingsschepen en ijsbrekers, alsook de toename van de scheepvaart tussen de Karazee en de Europese havens. Dit wordt ook nog eens benadrukt in Figuur 4 die de verdeling van de rederijen, aantal schepen en aantal scheepsreizen tussen Rusland, Europa en Azië weergeeft. Wanneer men kijkt naar het internationale verkeer valt het op dat er veel meer Europese rederijen actief zijn op de Noordelijke Zeeroute in vergelijking met de Aziatische rederijen. Bijgevolg vinden er ook meer scheepsreizen plaats tussen de NSR en Europese havens (Bye, 2021).

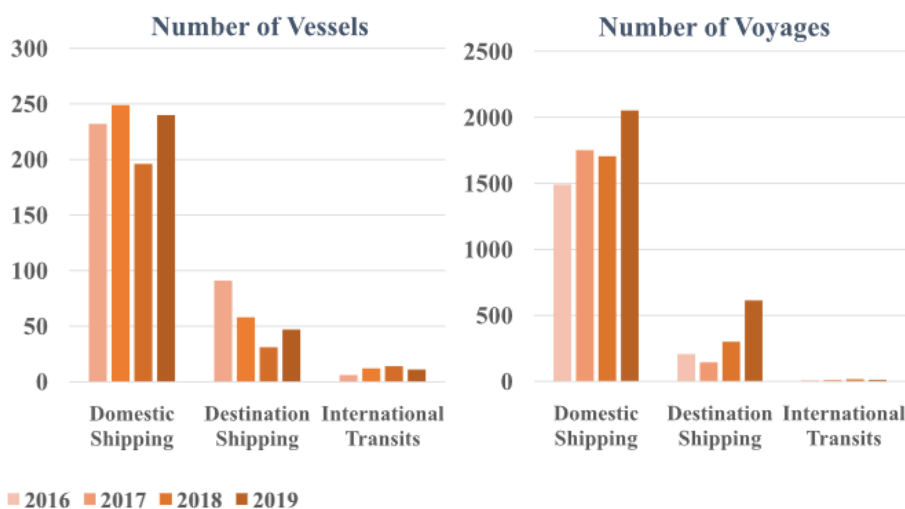
Volgens Björn Gunnarsson, universitair hoofddocent en onderzoeker op vlak van scheepsverkeer op de NSR, hebben de Aziatische rederijen (voornamelijk COSCO Shipping) vooral belangstelling getoond voor internationale transitvaart op de NSR. Internationale transitvaart betekent in dit geval een scheepsreis tussen twee niet-Russische havens terwijl er gebruik wordt gemaakt van de Noordelijke Zeeroute. Daarentegen waren Europese rederijen meer betrokken bij de binnenlandse scheepvaart

op de NSR. De meeste van deze scheepsreizen vonden plaats tussen Moermansk en Sabetta en locaties offshore in de KaraZee en in de Ob Baai. De bedrijven en havens die gevestigd zijn in Noordwest-Europa hebben echter wel een logistiek voordeel ten opzichte van de Aziatische bedrijven omwille van de kortere reisafstand naar de Obboezem. Wanneer men kijkt naar het totale plaatje zijn de Russische binnenlandse scheepvaartactiviteiten op de NSR echter de grootste in termen van aantal rederijen, schepen en reizen (Gunnarsson, 2021).

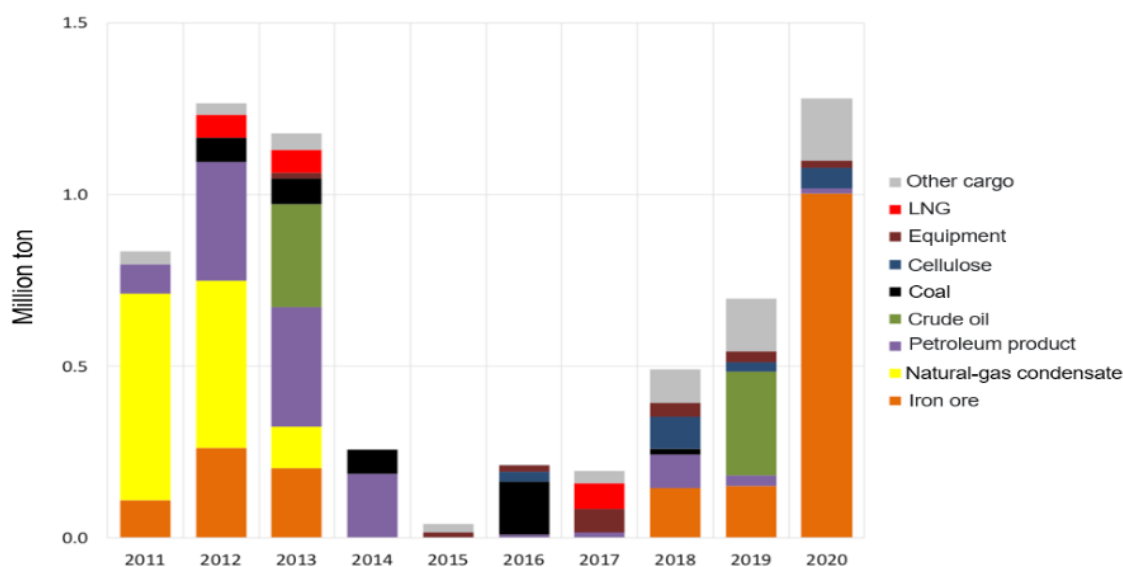


Figuur 4: Verdeling van rederijen, schepen en reizen (Gunnarsson, 2021)

Figuur 5 geeft de verdeling van binnenlandse-, bestemmings-, en internationale transitvaart van 2016 tot 2019 weer. Binnenlandse transit betekent scheepsreizen op de NSR tussen twee Russische havens. Bestemmingstransit verwijst naar alle reizen tussen een Russische haven en een niet-Russische haven. Tot slot betekent internationale transit dat het schip van een niet-Russische haven naar een andere niet-Russische haven zal varen, gebruik makend van de Noordelijk Zeeroute (Gunnarsson, 2021).



Figuur 5: Verdeling tussen binnenlandse-, bestemmings-, en internationale transit (Gunnarsson, 2021)

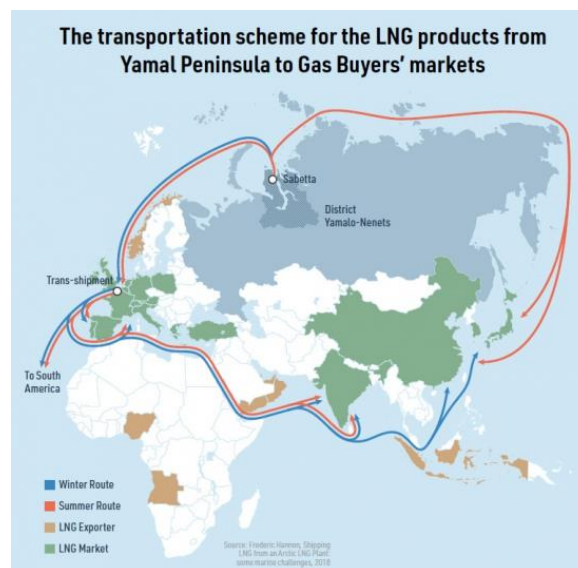


Figuur 6: Internationaal transitverkeer op de NSR (Oxford Institute for Energy Studies, 2021)

De beschikbare statistieken tonen aan dat de transit via de NSR in 2012 en 2013 sterk was gestegen ten opzichte van 2011, gevolgd door een zeer sterke daling in 2014 en 2015. Dit was waarschijnlijk het gevolg van de bezorgdheid omtrent internationale sancties tegen Rusland. In 2020 kende de internationale transit dan weer een piek met 1,3 miljoen ton. Figuur 7 geeft ook de samenstelling van NSR-transitvracht weer van 2011 tot 2020. Een groot deel bestaat uit ijzererts en energieproducten, vooral voor zendingen die oostwaarts richting Azië gaan. De westwaartse zendingen omvatten voornamelijk petroleumgeraffineerde producten, steenkool, algemene vracht, en bevroren visproducten (Yermakov & Yermakova, 2021).

Tussen 2016 en 2019 waren er in totaal 1.232 geregistreerde bestemmingstransitvaarten, waarvan 1.108 tussen een NSR-haven en Europa en 124 tussen een NSR-haven en Azië. De NSR-haven van oorsprong/bestemming was bijna steeds de haven van Sabetta omwille van het Yamal-LNG project. In 2013 werd in Jamalië namelijk gestart met de bouw van een installatie voor het maken van vloeibaar aardgas en LNG. Dit kreeg de benaming “het Yamal-LNG project”. In 2016 en 2017 waren de meeste heavy lift carriers en stukgoedschepen richting Sabetta bedoeld voor het vervoer van geprefabriceerde LNG-modules en andere om de bouw van het project te ondersteunen. Ondanks dat deze LNG-modules aanvankelijk werden verscheept vanuit verschillende bouwerven van China en Indonesië, werden deze transporten uitgevoerd door Europese rederijen die gebruik maakten van de Suez-route. Enkele modules maakten zelfs een tussenstop in de haven van Zeebrugge alvorens ze werden vervoerd naar Sabetta (Gunnarsson, 2021).

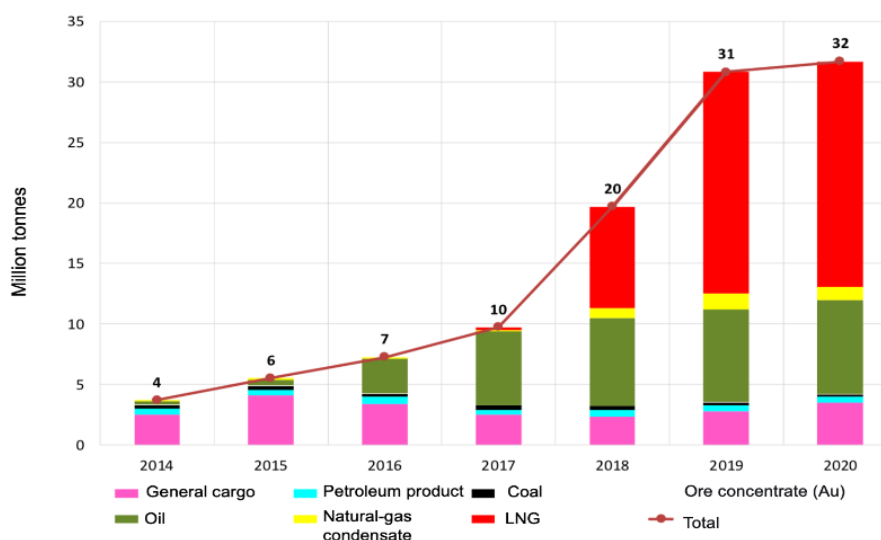
In Figuur 3 is er vanaf 2018 een sterke stijging te zien in het transport richting Europese havens en omgekeerd. Dit is het gevolg van de verschepingen van LNG en aardgascondensaat van de haven van Sabetta naar West-Europese havens voor het lossen of overladen van LNG. Er is ook een stijging te zien in het transport van Europa naar de NSR-haven omwille van de retourvracht naar Sabetta. In tegenstelling tot het vervoer van ruwe olie van Kaap Kamenniy naar de haven van Moermansk, wat steeds



Figuur 7: Transportroutes LNG (NGW, 2021)

uitgevoerd wordt door Russische rederijen, worden de transporten van LNG en aardgascondensaat bijna uitsluitend uitgevoerd door niet-Russische reders op basis van lange-termijn-chartercontracten. De rederijen die instaan voor het vervoer van LNG komen uit Griekenland (Dynagas), het Verenigd Koninkrijk (Teekay Shipping) en Japan (Mitsui O.S.K. Lines). Het vervoer van gascondensaat van Sabetta naar de Europese markt wordt verzorgd door ondernemingen uit Griekenland en Duitsland (Gunnarsson, 2021).

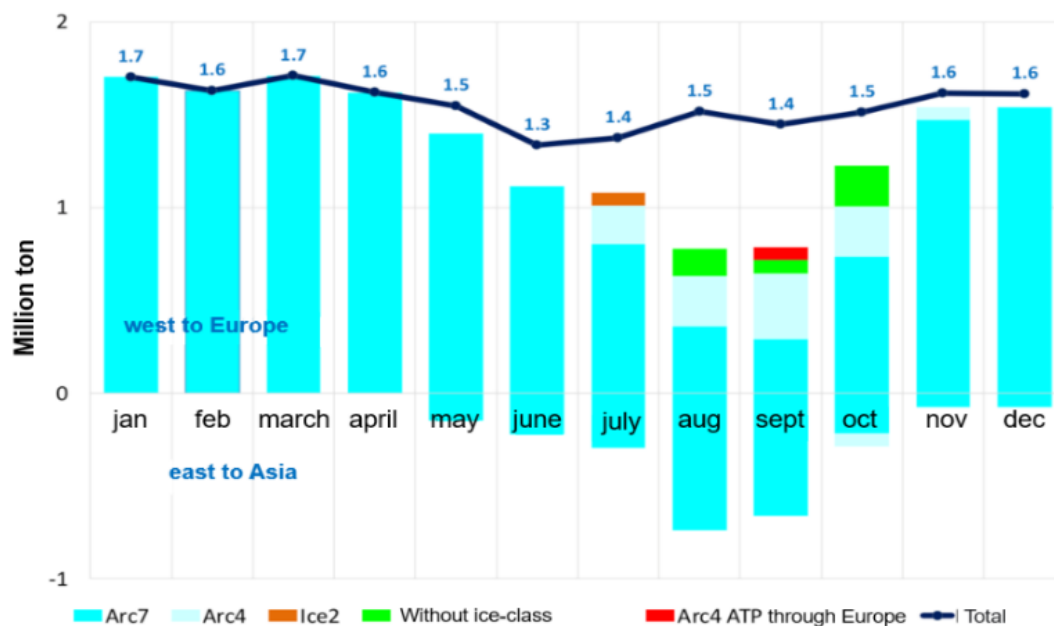
1.2.3 Cargo volume (2014-2020)



Figuur 8: Verdeling cargo volume tussen 2014 en 2020 (The Oxford Institute for Energy Studies, 2021)

Wanneer men in figuur 8 enkel kijkt naar de jaren 2016 tot en met 2020, ziet men een verviervoudiging van het vrachtvolume. Het grootste deel van de lading bestond uit LNG en aardgascondensaat en was bestemd voor export naar de Europese markten. In 2019 werden 254 zendingen LNG vanuit de haven van Sabetta door 23 LNG-tankers naar buitenlandse markten gebracht en 41 zendingen gascondensaat door 6 tankers. Het is belangrijk te vermelden dat het grootste deel van de transporten via NSR wordt uitgevoerd door schepen van hoge ijsklasse, die in staat zijn om zelfstandig door relatief dik ijs te varen. President Putin verwacht tegen het jaar 2024 het vrachtvolume te kunnen opkrikken tot 80 miljoen ton per jaar. Die schepen zullen voornamelijk vloeibaar aardgas, olie en steenkool vervoeren (Gunnarsson, 2021).

Figuur 9 toont aan dat verscheping naar het Oosten richting Azië slechts een zeer beperkt aandeel vormt van het totale verhandelde volume via de NSR in 2020. Zo waren de westwaartse verschepingen naar Europa de belangrijkste bestemming voor de uitvoer van LNG en aardgascondensaat. Beperkte volumes werden dan in Europa overgeslagen om vanuit de Europese havens via het Suezkanaal naar Azië te varen. De scheepsreizen richting Azië waren in 2020 voornamelijk proefzendingen van verschillende spelers die het gebruik van de Noordelijke Zeeroute wilden testen. Verder maakt onderstaande grafiek ook nog een onderscheid tussen het gebruik van ijsbrekers van verschillende ijsklassen (Yermakov & Yermakova, 2021).



Figuur 9: De verdeling van de totale zendingen via NSR tussen Europa en Azië in 2020 (Oxford Institute for Energy Studies, 2021)

1.2.4 Scheepstypes (2020)

Desondanks de tankers op een tweede plaats staan qua aantal schepen die de Noordelijke Zeeroute bevaren hebben, leveren de tankers wel de meeste scheepsreizen op. Het merendeel (419 van de 750 scheepsreizen) betreffen uitvoer van olieproducten van de offshore terminal van Kaap Kamenniy. De tweede plaats, wanneer men naar aantal scheepsreizen kijkt, is weggelegd voor de *general cargo*-schepen. Op de derde plaats komen de LNG-tankers voor de uitvoer van LNG uit de haven van Sabetta. In 2020 werden er in totaal 254 reizen uitgevoerd door 24 LNG tankers in 38 verschillende richtingen. Figuur 10 vermeldt echter dubbel zoveel scheepsreizen omdat de retourvracht geteld wordt als een aparte reis (Northern Sea Route Information Office, 2021).

VesselType	N Ships	N Voyages
General cargo	89	710
Tanker	49	750
Tug	32	108
Supply	29	154
Research	26	114
LNG Tanker	24	510
Bulk	18	49
Icebreaker	18	220
Dredger	14	33
SAR	9	26
Fishing	9	27
Container	8	171
Hopper	4	7
Drill rig	3	6
Heavy Load	3	5
Reefer	2	2
Drilling	1	2
Passenger	1	1
Pilot	1	7
Sailing	1	3
Total	340	2905

Figuur 10: Verdeling
scheepstypes 2020 (Northern Sea
Route Information Office, 2021)

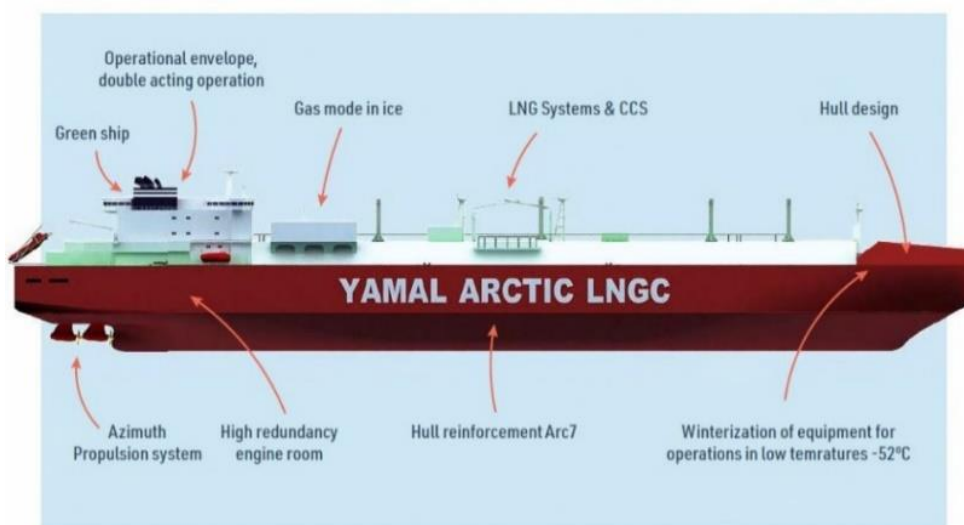
1.3 Grootste huidige spelers in de Arctische regio

1.3.1 Novatek

Het Russische bedrijf Novatek is de op één na grootste producent van aardgas in Rusland. Novatek is de operator en grootste aandeelhouder (50,1%) van het Yamal-LNG project in het noordoosten van het Jamal-schiereiland. De andere aandeelhouders zijn het Franse Total S.A. en het Chinese CNPC, grootste olieproducent van China, met ieder een belang van 20%. De overige 9,9% zijn in handen van

het Chinese *Silk Road Fund*. Novatek heeft voornamelijk een aandeel op de Russische markten aangezien hun grootste concurrent Gazprom de enige aardgasleverancier is die gas mag exporteren. Deze beperking geldt niet bij aardgascondensaat. Echter, voor het project Yamal-LNG heeft Novatek wel een exportvergunning weten te bemachtigen. De bouw van de LNG-installatie startte in 2013 en in december 2017, na een vertraging van 2 jaar, ging de productie officieel van start (Novatek, 2020).

Door het inzetten van LNG-carriers (LNGC) kan de Noordoostelijke Doorvaart gebruikt worden voor de verscheping van LNG. Yamal-LNG maakt gebruik van 11 conventionele LNG-tankers en 15 LNGC's met een ijsklasse Arc 7 en een tankinhoud van 172.600 m³. De schepen zijn 300 meter lang, varen bij temperaturen tot min 52 °C en zijn in staat om door ijsoppervlakken met een dikte van 2,1 meter te snijden. De romp van het schip is gemaakt van staal met een hoge sterkte. Hierdoor blijft het totale gewicht laag en bedraagt de diepgang bij volledige belading 12 meter. Aan het voorsteven bevindt zich een verkleinde ijsbrekerboeg, waardoor het schip efficiënt door open water en zelfs door licht ijs tot 1,5 m kan varen. Als de ijscondities te zwaar zijn, is het schip in staat om achteruit te varen en de zware ijsbreker aan het achtersteven aan het werk te zetten. Er wordt turbulentie gecreëerd waardoor de wrijving tussen het schip en het ijs vermindert. Het ijs dat door de boeg en het achtersteven wordt gebroken wordt naar de zijden van het schip geduwd (NGW, 2021).



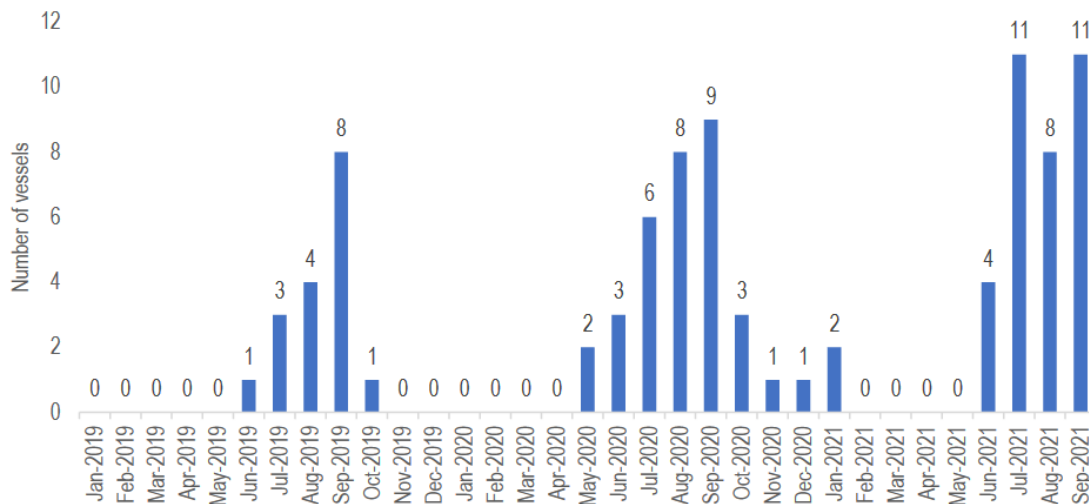
Figuur 11 LNGC (NGW, 2021)

Momenteel domineren de LNG-vrachten over de Noordelijke Zeeroute, zoals in Figuur 8 reeds te zien was. Op dit moment is de scheepvaart vanuit Jamalië richting Europa het grootste deel van het jaar mogelijk omwille van milde ijsomstandigheden in de Karazee. Daarentegen is het vervoer in oostelijke richting (naar Azië) meer gelimiteerd, aangezien dit momenteel slechts een zestal maanden per jaar mogelijk is. Daarom is het voor dit LNG-project zeer belangrijk dat het in de wintermaanden het vloeibaar gas westwaarts kan vervoeren (Yermakov & Yermakova, 2021). Zo werd er in 2014 een langetermijnovereenkomst gesloten tussen Yamal-LNG en Fluxys LNG, onafhankelijke Belgische gasinfrastructuurgroep, omtrent de overslag van LNG in de haven van Zeebrugge (Portofzeebrugge, 2014). In de zomermaanden, wanneer de Noordelijke Zeeroute het best bevaarbaar is, zal het bedrijf LNG naar de Aziatische markt vervoeren met ijsbrekers/gastankers. In de wintermaanden is deze route te onbetrouwbaar en zullen de ladingen LNG getransporteerd worden naar de haven van Zeebrugge. Hier staat Fluxys LNG in voor de overslag van het gas naar conventionele LNG-schepen. Op 2 mei 2018 arriveerde de eerste LNG-ijsbreker aan de LNG-terminal van Zeebrugge. De conventionele LNG-schepen varen dan via het Suezkanaal richting de Aziatische bestemmingsmarkt (Fluxys, z.d.). Figuur 12 geeft dan ook weer dat België het allergrootste bestemmingsland is van deze LNG-tankers.

Voyages of LNG and Gas Condensate carriers from Sabetta by arrival countries in 2020		
Country	LNG	Gas Condensate
Belgium	62	
China	25	
Denmark	3	7
France	58	
Germany		3
Japan	4	
Netherlands	26	8
Norway	10	1
Portugal	6	
Russia	2	
South Korea	2	
Spain	30	
Taiwan	4	
UK	22	5
Total:	254	24

Figuur 12: LNG-scheepsreizen met bestemmingslanden (Northern Sea Route Administration Office, 2021)

Onderstaande figuur toont de maandelijkse verdeling van LNG-schepen met als bestemming Azië. Uit de grafiek valt af te leiden dat de mogelijkheden om de Noordelijke Zeeroute te gebruiken voor de verscheping van LNG zijn vergroot. Niet enkel omdat het aantal schepen is gestegen in het vaarseizoen 2020-2021, maar ook omdat men er is in geslaagd om al vroeg in mei richting Azië te kunnen varen met de Arc-7 LNG-schepen (Yermakov & Yermakova, 2021).

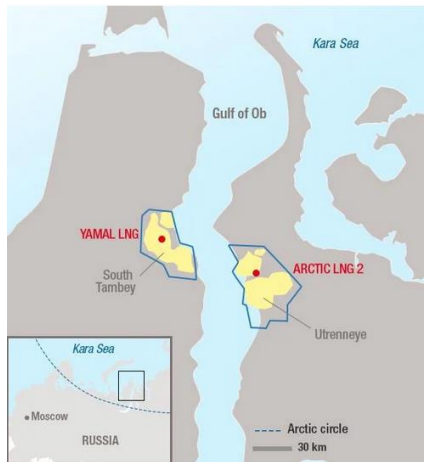


Figuur 13: maandelijkse verdeling LNG-schepen met bestemming Azië (Oxford Institute for Energy Studies, 2021)

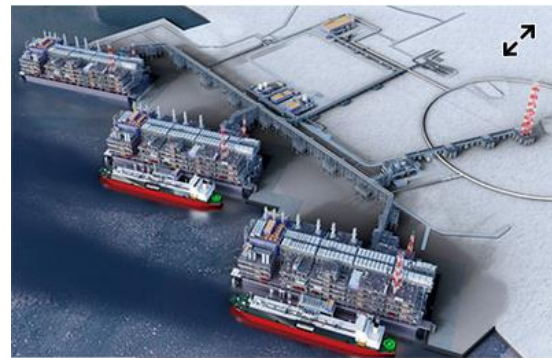
In mei 2020 heeft de Arc-7 LNG-tanker genaamd “Christophe de Margerie” met succes het met ijs bedekte, oostelijke deel van de route afgelegd en in slechts 12 dagen de Beringstraat bereikt. Volgens het jaarrapport van Novatek is dit een tijdsreductie van 40% in vergelijking met de Suezroute en ook een vermindering van de kosten door lagere vrachtprijzen. De Christophe de Margerie doorkruiste de Obboezem en een deel van de Karazee zonder ijsbrekerondersteuning. In het meest oostelijke met ijs bedekte deel kreeg het schip de hulp van de ijsbreker “Yamal” van Rosatom. Het was uiterst opmerkelijk dat deze scheepsreis reeds in mei en dus voor de traditionele start van het navigatieseizoen gebeurde. Novatek pronkte hier dus ook mee in het jaarverslag van 2020 aangezien dit één van de moeilijkste maanden is voor de Arctische scheepvaart (Yermakov & Yermakova, 2021).

Ondertussen is Novatek reeds enkele jaren bezig met de opvolger van het Yamal-LNG project, namelijk Arctic LNG 2. Dit project situeert zich op het schiereiland Gyda en ligt aan de oevers van de Obboezem, tegenover de LNG-locatie van Yamal. Dit project zal bestaan uit drie verschillende infrastructuren. De finalisering van de eerste infrastructuur is gepland in 2023, de tweede een jaar later en de derde in 2025. In tegenstelling tot Yamal-LNG zal dit project bestaan uit drijvende infrastructuren zoals te zien is op Figuur 15. Er zullen ook nog 15 Arc-7 LNG-schepen toegevoegd worden aan de vloot. Deze schepen zullen gebouwd worden op een Russisch scheepsbouwbedrijf. Er zullen er ook zes door een Koreaans bedrijf worden gebouwd. Deze nieuwbouwschepen zullen

beschikken over een nog sterkere boeg, waardoor deze in staat zal zijn om nog beter door ijsmassa te kunnen navigeren en zelfs ijs van 2 meter dik te breken (TotalEnergies, 2021).



Figuur 15: Geografische voorstelling Yamal-LNG en Arctic LNG 2 (TotalEnergies, 2021)



Figuur 14: Toekomstige voorstelling van de Arctic LNG 2 infrastructuur (Nilsen, 2021)

1.3.2 Rosatom

Rosatom is een Russisch bedrijf dat instaat voor het beheer en onderhoud van de vloot nucleair aangedreven ijsbrekers. De voornaamste activiteit van Rosatom is ijsbreekondersteuning om schepen te helpen navigeren. Enerzijds op de Noordelijke Zeeroute, anderzijds aan de bevroren havens van de Russische federatie. De kerndoelstelling is om te zorgen voor veilige scheepvaart op de Noordelijke Zeeroute gedurende het hele jaar. Tussen december 2020 en juni 2021 hebben 553 ijsbrekers van Rosatom scheepsaanlopen begeleid, waarvan 479 aanlopen bij Yamal-LNG en Arctic LNG 2 en 74 schepen op weg naar de Arctic gate terminal bij Kaap Kamenniy. In deze periode bedroeg de brutotonnage van geëscorteerde schepen in totaal 40,13 miljoen ton. Dit is een toename tegenover diezelfde periode in 2019-2020. Toen waren er 462 scheepsaanlopen en 31,67 miljoen ton (PortNews, 2021).

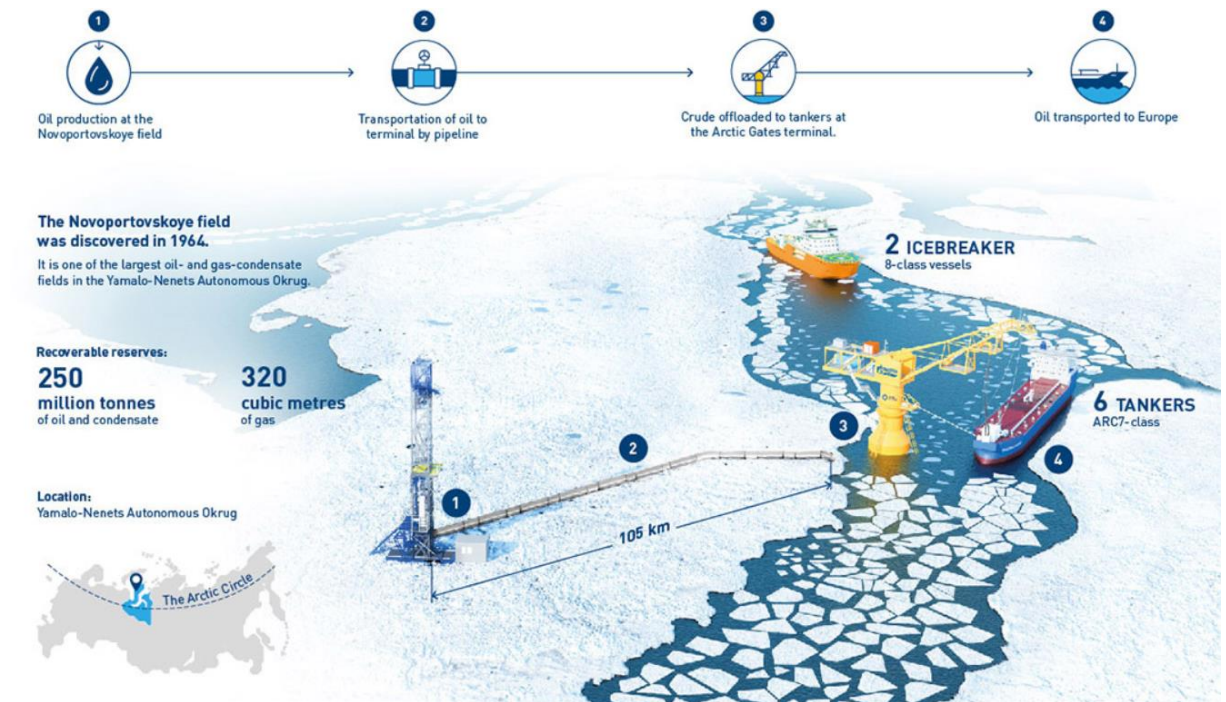
In 2020 werd er gebruik gemaakt van 18 verschillende ijsbrekers om een veilige doorgang op de Noordelijke Zeeroute te verzekeren. Deze ijsbrekers konden worden onderverdeeld in drie categorieën. Er waren namelijk 5 nucleaire ijsbrekers, 10 dieselijsbrekers en 3 rivierijsbrekers. Deze laatsten worden ingezet aan de riviermondingen aangrenzend aan de zeeroutes en op hun toegangswegen, alsook in baaien en kustgebieden in het oostelijke deel van de NSR. De rivierijsbrekers hebben een lage ijsklasse gaande van Ice-1 tot Arc-4. Hierdoor zijn deze schepen geschikt voor het breken van kleine ijsoppervlaktes en worden deze schepen enkel ingezet in de zomerperiode. De nucleaire ijsbrekers zijn - in normale omstandigheden - enkel nodig gedurende de wintermaanden. Deze ijsbrekers waren voornamelijk actief op de scheepvaartroutes van de NSR in

de oostelijke zeeën. De dieselijsbrekers werden in 2020 het hele jaar ingezet. In de zomerperiode verrichtten zij het meeste werk in de Karazee op de toegangswegen van de Obboezem. In de winter waren deze ijsbrekers dan vooral actief in de havens van Sabetta en Dudinka, alsook aan de Arctic gate terminal bij Kaap Kamenniy (Northern Sea Route Information Office, 2021).

1.3.3 Gazprom

Net zoals Novatek is Gazprom een Russische aardgasproducent. Met een aandeel van 12% wereldwijd en 71% in Rusland is het zelfs het grootste aardgasbedrijf ter wereld en in Rusland. Gazprom is de beheerder van het grootste olieveld op het Yamal schiereiland, namelijk het Novoportovskoye olieveld. In 2020 noteerde men er een olieproductie van 14,55 miljoen ton. Eind 2015 opende Gazprom een olieterminal aan Kaap Kamenniy, vlakbij de Obboezem. Deze terminal staat bekend als de Arctic Gate terminal. De olie wordt naar Kaap Kamenniy getransporteerd via pijpleidingen, waardoor dit vervolgens overgeslagen kan worden naar olietankers. Deze tankers varen dan via de Obboezem en vervolgens via het westelijke deel van de Noordelijke Zeeroute naar de haven van Moermansk of verder richting Europa (Gazprom-Neft, 2016). De ruwe olie is namelijk licht en heeft een laag zwavelgehalte. Hiermee voldoet het aan de eisen van de Europese raffinaderijen (Yermakov & Yermakova, 2021).

In 2020 waren er 219 scheepsreizen, uitgevoerd door tankers met verschillende ijsklasseringen, met als bestemming de haven van Moermansk. Het grootste deel van deze scheepsreizen (205 van de 219) werden uitgevoerd door zeven tankers met een ijsklasse Arc-7 die speciaal voor dit project van Gazprom werden ontworpen (Northern Sea Route Information Office, 2021). Deze tankers hebben een laadvermogen van 42 000 ton en een maximale diepgang van 9,5 meter omwille van de ondiepe wateren van de Obboezem. Later in deze masterproef zal ook nog aan bod komen dat Rusland dit probleem door middel van baggerwerken wenst op te lossen tegen 2035 (Yermakov & Yermakova, 2021). De overige 14 reizen werden gemaakt door schepen met ijsklasse Arc-4 en Arc-5 (Northern Sea Route Information Office, 2021). Figuur 16 toont het transportproces van olie komende van het Novoportovskoye olieveld. Dit staat bekend als het Novy Port project.

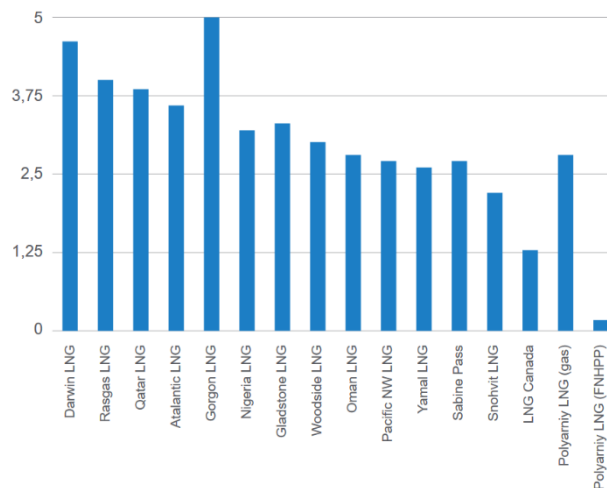


Figuur 16: Voorstelling transportproces van olie (Gazprom, 2021)

1.4 Klimaatverandering

Het klimaat verandert in een snel tempo. De opwarming van de aarde is het gevolg van verschillende factoren: activiteit van de zon, vulkaanuitbarstingen, meteorietinslagen, toename van broeikasgassen in de lucht, ... Vooral die laatste factor is belangrijk. Broeikasgassen zorgen er namelijk voor dat warmte wordt vastgehouden waardoor de temperatuur stijgt op de aarde. Wetenschappers hebben bewezen dat de twee belangrijkste broeikasgassen koolstofdioxide (CO₂) en methaan (CH₄) zijn. De toename van deze broeikasgassen is het gevolg van menselijke activiteiten. Zo is de toename van CO₂ te wijten aan de verbranding van aardolie, aardgas en steenkool (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2020). De toename van methaan is dan weer het gevolg van de landbouw (in rijstvelden, door darmgisting bij herkauwers, het gebruik van mesthopen en drijfmest) en de behandeling van huishoudelijk afval (Dienst Klimaatverandering, z.d.). Menselijke activiteiten hebben naar schatting gezorgd voor een toename van 1,0 °C boven het pre-industriële niveau. De opwarming in de buurt van de polen gaat zelfs nog sneller (Belostotskaya et al., 2021). De temperatuurstijging in het Noordpoolgebied is in de voorbije twintig jaar meer dan twee keer zo groot geweest als de stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde. De temperaturen rondom de omgeving van de NSR worden sinds de jaren 50 consequent opgevolgd. Volgens de Russische meteorologische dienst, Roshydromet, zijn zowel de gemiddelde winter- als zomertemperaturen sinds 2010 significant gestegen. De gemiddelde wintertemperaturen schommelden de voorbije 10 jaar rond -20 °C. In de periode 1970-2000 was dit -24°C. Wanneer men dan naar de gemiddelde

zomertemperatuur kijkt, besluit men dat deze gestegen zijn van ongeveer 3°C in de periode 1970-2000 tot ongeveer 4,5°C het voorbije decennium (Yermakov & Yermakova, 2021). Het jaar 2020 was zelfs het op één na warmste jaar ooit gemeten in het Noordpoolgebied. Uit warmtekaarten blijkt dat in een gebied aan de kust van Tajmyr de gemiddelde temperatuur in 2020 tot 7 °C hoger lag dan normaal. De opwarming is het zichtbaarst langs delen van de Noord-Siberische kust, en vooral rond de schiereilanden Tajmyr en Yamal (Staalesen, 2021). Dit is geen verrassing aangezien de Yamal-LNG installatie en de haven van Sabetta vlakbij het schiereiland Yamal te vinden is. Echter, Figuur 17 toont wel aan dat de uitstoot van het Yamal-LNG wel nog binnen de perken blijft wanneer men dit vergelijkt met de andere LNG-projecten op de wereld. Zo is af te lezen dat de LNG-projecten in de Verenigde Staten en Australië zorgen voor een grotere uitstoot van de broeikasgassen (Belostotskaya et al., 2021).

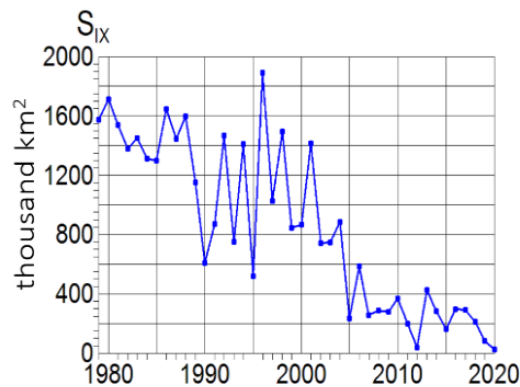


Figuur 17: Uitstoot van broeikasgassen van verschillende LNG-projecten (Arctic2050, 2021)

1.4.1 Smelten van zee-ijs

De gevolgen van die temperatuurstijgingen voor het Arctische milieu zijn dramatisch. Een onmiddellijk gevolg is het smelten van zee-ijs in een drastisch tempo. In 1979, tevens het jaar waarin de eerste satellietbeelden van het Noordpoolgebied werden gemaakt, was de minimale ijsbedekking in het NSR-gebied in september ongeveer 1,6 miljoen km². Wanneer men dit vergelijkt met de oppervlakte in dezelfde periode in 2010, merkt men een daling met 0,4 miljoen km² (Yermakov & Yermakova, 2021). Volgens metingen die werden verricht in september 2020 besloeg het zee-ijs op de Noordelijke Zeeroute een oppervlakte van slechts 26 000 km². Dat is het laagste ijsniveau ooit gemeten in de maand september (Staalesen, 2021). Het smelten van zee-ijs op de Noordpool kan verklaard worden aan de hand van het Albedo-effect. Dat kan aanschouwd worden als een maatstaf die bepaalt hoe goed een oppervlak, sneeuw of ijs, zonlicht kan terugkaatsen. Door de vermindering van ijsbedekking kan er een groter aandeel van zonlicht geabsorbeerd worden in het blootgestelde

open water. Vervolgens verwarmt dergelijke absorptie op haar beurt het oceanoppervlak en leidt dit tot een versnelling in het smelten van het resterende zee-ijs (Reich, 2019).



Figuur 18: Ijsbedekking september NSR (Oxford Institute of Energy Studies, 2021)

1.4.2 Standpunten van de rederijen

Bepaalde rederijen hebben de Arctische scheepvaartroutes reeds uitgetest om voordeel te kunnen halen uit het smeltende zee-ijs ten gevolge van de opwarming van de aarde. Dit onderdeel zal kort aankaarten welke rederijen gebruik wensen te maken van de scheepvaartroutes in het Noordpoolgebied, alsook hun motivatie hieromtrent. De vijf grootste rederijen op dit moment, zijnde MSC, Maersk, COSCO, CMA-CGM en Hapag-Lloyd, zullen besproken worden.

1.4.2.1 MSC (Mediterranean Shipping Company)

MSC heeft in 2019 besloten om geen gebruik te maken van de Noordelijke Zeeroute doorheen het Noordpoolgebied. De rederij wenst zich in plaats daarvan eerder te richten op het verlagen van hun uitstoot op de huidige, wereldwijde scheepvaartroutes. MSC is er namelijk van overtuigd dat zij de 21 miljoen containers, die zij jaarlijks verschepen, naar hun eindklanten kunnen vervoeren zonder daarbij gebruik te maken van de Arctisch maritieme corridor. Diego Aponte, CEO van de MSC Group, vindt de verdwijning van het arctische zee-ijs uiterst verontrustend. Elke druppel in de oceaan is kostbaar en daarom zou een ethisch verantwoord bedrijf zoals MSC zijn verantwoordelijkheid moeten nemen en inspanningen verrichten op het beperken van de milieu-uitstoot en het beschermen van het mariene milieu via de bestaande handelsroutes, aldus Aponte. Een toename van het containertransport in de Noordelijke IJszee kan de luchtkwaliteit en biodiversiteit aantasten. Dat is een risico dat MSC niet bereid is om te nemen (MSC, 2019).

1.4.2.2 Shipping group A.P. Moller-Maersk

In 2019 verklaarde Maersk dat de Noordelijke Zeeroute op commercieel vlak niet interessant zou zijn vanwege zijn beperkte bevaarbaarheid en navigatieseizoen. De Deense rederij verkent echter wel de

mogelijkheid om een dienst aan te bieden onder begeleiding van de nucleair gedreven ijsbrekers van Rosatom. Hun motivatie luidt dat ze een toename in de vraag naar goederenvervoer van het Verre Oosten richting West-Rusland verwachten (Jacobsen & Gronholt-Pedersen, 2019).

1.4.2.3 COSCO Shipping Lines

COSCO Shipping Lines, een Chinese rederij, is gretig om gebruik te maken van de zeeroute. Zo begonnen ze in 2013 al schepen langs de Noordelijke Zeeroute te sturen. In de daaropvolgende jaren verhoogde de rederij haar scheepvaartactiviteiten met twee transitvaarten in 2015, zes in 2016, vijf in 2017 en acht die de doorvaart maakten in 2018. In 2019 werd dit dan verdubbeld tot 14 transitvaarten die plaatsvonden in het zomerseizoen van de NSR. Zes scheepvaartreizen van Azië naar Europa en acht in de tegenovergestelde richting. Ondanks dat deskundigen over het algemeen vrij sceptisch blijven over de economische levensvatbaarheid van deze routes, is COSCO er dus wel in geslaagd om jaar na jaar zijn betrokkenheid en productiviteit op de Noordelijke Zeeroute te verhogen. Dit toont aan dat de Chinese regering, via de rederij die tevens een staatsbedrijf is, de intentie heeft om voordeel te halen uit de toenemende Arctische scheevaartroutes (Humpert, 2019).

1.4.2.4 CMA-CGM

Net zoals MSC heeft CMA-CGM besloten om geen gebruik te maken van de Noordelijke Zeeroute. Rodolphe Saadé, CEO van CMA-CGM, heeft aangegeven dat ondanks het grote concurrentievoordeel dat gepaard gaat met deze route, de Franse rederij de keuze heeft gemaakt om het milieu en de biodiversiteit van de planeet te beschermen. Bovendien zou de rederij ook prioriteit stellen aan LNG-aandrijving voor alle toekomstige schepen van CMA-CGM. Zo zal de rederij in 2022 kunnen beschikken over 20 LNG-aangedreven schepen. Volgens de rederij zal het gebruik van de NSR een aanzienlijk gevaar betekenen voor het ecosysteem van het Noordpoolgebied, voornamelijk als gevolg van ongevallen, oliepollutie en aanvaringen met zeedieren (World Maritime News, 2019).

1.4.2.5 Hapag-Lloyd

Ook de Duitse reder Hapag Lloyd zal het gebruik van dergelijke Arctische scheepvaartroutes op dit moment niet toepassen. Jörg Erdmann, Senior Director Sustainability, zei dat er ook geen plannen zijn om dit in de toekomst wel te gaan doen. Daarnaast verklaarde Erdman ook dat de deeltjes die worden geproduceerd omwille van verbranding van fossiele brandstoffen bijdragen tot de opwarming van de aarde, wat op zijn beurt het ecosysteem kan beschadigen. Hapag-Lloyd wenst hier niet aan te participeren. Zolang er geen garanties zijn dat het gebruik van de Arctische routes kan

zonder het milieu negatief te beïnvloeden, is het gebruik ervan uitgesloten (World Maritime News, 2019).

1.5 Korte SWOT-analyse

Dit onderdeel geeft een korte analyse weer van de sterktes, zwaktes, kansen en bedreigingen bij het gebruik van de Arctische scheepvaartroutes.

1.5.1 Sterktes

Wanneer men goederen van Azië naar Europa wil verschepen, maken de rederijen in de meeste gevallen gebruik van het Suezkanaal (SSR). De opening van dit kanaal, in 1869, heeft ervoor gezorgd dat de schepen niet meer dienden te varen langs Kaap De Goede Hoop om Europa te bereiken. Dit resulteerde in een reductie van ongeveer twee weken vaartijd. Dit is 's werelds belangrijkste strategische vaarweg aangezien 12% van de wereldhandel dit kanaal doorvaart (Vermeulen, 2021).

Omwille van de opwarming van de aarde heeft er zich doorheen de jaren een nieuwe scheepvaartroute geopend, namelijk de Noordelijke Zeeroute en bij uitbreiding de Noordoostelijke Doorvaart (Vermeulen, 2021).

From:	To:	Great-circle formula (km)	SSR (km)	NSR (km)	NSR against SSR % change
China	Netherlands	7,831	19,942	15,436	-23%
China	Belgium	7,971	19,914	15,477	-22%
China	Germany	7,363	20,478	15,942	-22%
China	United Kingdom	8,151	19,799	14,898	-25%
Japan	Netherlands	9,303	20,996	13,172	-37%
Japan	Belgium	9,464	20,976	13,345	-36%
Japan	Germany	8,928	21,536	13,083	-39%
Japan	United Kingdom	9,574	20,779	13,182	-37%
South Korea	Netherlands	8,573	20,479	14,200	-31%
South Korea	Belgium	8,722	20,458	14,373	-30%
South Korea	Germany	8,140	21,019	14,110	-33%
South Korea	United Kingdom	8,875	20,262	14,210	-30%
Taiwan	Netherlands	9,457	18,822	15,601	-17%
Taiwan	Belgium	9,587	18,801	15,774	-16%
Taiwan	Germany	8,959	19,362	15,511	-20%
Taiwan	United Kingdom	9,790	18,605	15,611	-16%

Figuur 19: Vergelijking Suezroute met Noordelijke Zeeroute (Bekkers et al., 2017)

Bovenstaande figuur geeft een weergave van de reducties in afstand wanneer men gebruik zou maken van de Noordelijke Zeeroute. Het is belangrijk om op te merken dat de transportafstand bij gebruik van de NSR enkel korter is voor landen in Oost-Azië. De Aziatische landen die dichterbij of onder de evenaar gelegen zijn, hebben met de huidige Suezroute reeds de kortst mogelijke scheepvaartroute. Dit blijkt ook uit bovenstaande cijfers. Wanneer een schip van Taiwan naar België zou varen, gebruikmakend van de NSR, zal dit slechts een afstandsreductie van 16% opleveren. Dit staat in contrast met de andere routes die een afstandsvermindering tussen de 22% en 36% opleveren (Bekkers et al., 2017).

De Noordwestelijke Doorvaart zou dan weer een alternatief kunnen zijn voor het zeetransport van Azië naar de Oostkust van Noord-Amerika. Deze route is ook korter in vergelijking met de scheepvaartroute doorheen het Panamakanaal. Dit zal niet enkel tot snellere transporten leiden, maar ook tot de distributie van goedkopere producten (Panetta, 2020).

Kortere afstanden zorgen voor snellere reizen en resulteren ook in kostenbesparingen. De rederijen kunnen van deze kostenbesparing genieten door een vermindering van het aantal dagen op zee, waardoor het schip binnen een bepaalde periode kan worden ingezet om meer terugvaarten te realiseren en mogelijks nieuwe *supply chains* creëren in bepaalde sectoren. Dit zal automatisch leiden tot hogere inkomsten met daaropvolgend een potentieel hogere winstmarge. Een ander voordeel zou een verbetering van de energie-efficiëntie door mogelijk lagere vaarsnelheden kunnen zijn. Deze kortere vaarafstanden kunnen ook zorgen voor een reductie in brandstofgebruik, wat weliswaar alweer resulteert in een lager kostenplaatje. Echter, de rederijen zouden er ook voor kunnen opteren om trager te varen in plaats van tijdswinst te bekomen. Het schip zou zijn vaarsnelheid kunnen verminderen met 40% en het zou nog steeds gelijk aankomen met een schip dat het Suezkanaal zal gebruiken. Dit zou resulteren in een respectabele vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (Humpert & Raspotnik, 2012).

De Arctische routes kunnen ook gebruikt worden indien er zich een probleem zou voordoen bij de gebruikelijke waterwegen (Suezkanaal, Panamakanaal, Straat Van Malakka, ...). Zo veroorzaakte één van de grootste containerschepen ter wereld, de Ever Given van rederij Evergreen, op 24 maart 2020 een blokkade aan het Suezkanaal die bijna een week de handel belemmerde. Een Russisch staatsbedrijf voor kernenergie speelde onmiddellijk in op deze ramp door op twitter te verwijzen naar de Russische ijsbrekers die klaarstaan om de Noordelijke IJsee open te houden voor scheepvaart (Het Parool, 2021).

De strategische positie van Rusland en de uitbreiding van hun ijsbrekervloot komt later in dit onderdeel nog aan bod.

Daarnaast zullen de schepen in de Noordpoolregio minder lijden onder piraterij, zoals men nu soms wel kan ondervinden rondom West-Afrika. Dit kan ook leiden tot een kostenreductie betreffend de verzekering van het zeeschip. Hoewel men mogelijks een nog hogere verzekering dient te betalen om de gevaren van de NSR volledig te dekken (zie paragraaf 1.5.2 Zwaktes). Bovendien zou een kortere route ook betekenen dat er minder brandstof verbruikt zal worden, waardoor de uitstoot van het schip weer daalt (Vermeulen, 2021). Maar de daling in uitstoot vanwege de kortere vaarafstanden, zou dan hoogstwaarschijnlijk teniet worden gedaan door een stijging van het algemene scheepvaartverkeer in het Noordpoolgebied (Bekkers et al., 2017).

Een stijging in de scheepvaart in en rond het Noordpoolgebied zou zelfs kunnen zorgen tot een mogelijke vertraging van de opwarming van de aarde. Dit bleek uit een onderzoek van de universiteit van Connecticut (Amerika). Een schip zou namelijk op twee manieren een invloed kunnen uitoefenen op het klimaat. Enerzijds betekent meer scheepvaart ook meer uitstoot waardoor er meer roetdeeltjes vrijkomen in de lucht. Deze roetdeeltjes dalen vervolgens neer op het ijsoppervlak waardoor die zonlicht gaan absorberen en een gebied opwarmt. Anderzijds stoot een schip ook aerosolen uit waar watermoleculen zich vastbinden en er wolken ontstaan. Deze wolken houden het zonlicht dan weer tegen waardoor een gebied geleidelijk aan kan afkoelen. Uit de resultaten bleek dat het verkoelende effect van de scheepvaart groter was dan het opwarmende effect. De studie benadrukt wel het feit dat dit de klimaatverandering op het einde van deze eeuw zou kunnen afremmen en dus niet stoppen (Kraaijvanger, 2018).

1.5.2 Zwaktes

Naast voordelen zijn er ook heel wat nadelen verbonden aan een stijging in het gebruik van deze routes. Eén van de grootste nadelen is de manier waarop deze routes doorheen de jaren beter bevaarbaar zijn geworden. Zoals reeds aangehaald hebben voornamelijk menselijke activiteiten gezorgd voor het smelten van het zee-ijs in het Noordpoolgebied. Dit heeft dan geleid tot de opening van een kortere scheepvaartroute. Maar is dat het wel waard? Is de economische impact groter/belangrijker dan de impact op milieu? Een grote verschuiving van de handel richting de Arctische route betekent enigszins een aanzienlijke druk op een ecosysteem dat al jaren onder druk staat.

Voorlopig zijn er wel nog steeds grote ijsmassieven aanwezig, waardoor de scheepvaart langsheen de NSR niet altijd even eenvoudig is. Eén van de belangrijkste factoren van lijnvaart is

regelmaat/frequentie. Zeker als er grote internationale havens worden aangedaan. Omwille van ijscondities is de hele route eigenlijk slechts enkele dagen per jaar eenvoudig te bevaren zonder ijsbrekerassistentie. Voor de scheepvaart blijft de hoge onvoorspelbaarheid van de route een groot struikelblok. In 2020 werd de route 88 dagen lang als open en ijsvrij verklaard. Indien men de route wenst aan te doen buiten deze periode om, dan dient men hoogstwaarschijnlijk gebruik te maken van ijsbrekers. Dat leidt tot het volgende nadeel: het gebruik van Russische ijsbrekers.

Rusland beschikt op dit moment over het grootste aantal ijsbrekers. Hierdoor kunnen zij de rederijen een ijsbreker aanbieden als een Arctische route gebruikt zal worden. Er is echter wel een grote onzekerheid met betrekking tot de beschikbaarheid van deze ijsbrekers, alsook de kosten ervan. De Russische vloot van nucleaire ijsbrekers is een staatsmonopolie. Dit heeft als gevolg dat de tarieven voor het gebruik van de ijsbrekers vastgesteld worden door de Russische regelgevende instanties. De NSRA, Russische administratie betreffende de NSR, heeft wel een online calculator om deze kosten te ramen. Zo betaalt een LNG-tanker met een inhoud van 170 000 ton die in de winter 6 à 7 zones wil doorkruisen met behulp van een ijsbreker al gauw 1,57 miljoen USD of omgerekend 9,20 USD per ton LNG. Het is bijgevolg geen verrassing dat Novatek beschikt over een eigen vloot die door dikke massa's ijs kan varen om de kosten van het gebruik van ijsbrekers te beperken (Yermakov & Yermakova, 2021). Deze kosten komen bovenop de hogere verzekeringspremies die de verladers zouden moeten betalen voor hun lading vanwege het gevaarlijke karakter van de passage, maar dit komt later nog aan bod (Kuperman, 2014).

De klimatologische omstandigheden in het Arctische gebied zijn zeer variabel. Zo kan men de NSR eigenlijk verdelen in drie klimaatgebieden: Atlantic area, Siberian area en Pacific area. Het Atlantische gebied bestaat uit de Barentszee en het westelijke deel van de Karazee. Dit gebied kent regelmatig stormen in de winterperiode en grauw weer met veel mist in de zomerperiode. Vervolgens beslaat het Siberische gebied het resterende oostelijke deel van de Karazee, de Laptevzee en het westelijke deel van de Oost-Siberische Zee. In de winter zijn de luchttemperaturen in dit gebied meestal lager dan in de omringende gebieden. In de zomer zijn de temperaturen nabij de continentale kust net hoger in vergelijking met de omringende gebieden. Hoewel de noordelijke delen koel blijven zelfs tijdens de zomerperiode. Tot slot bestaat het gebied rondom de Stille Oceaan uit het oostelijke deel van de Oost-Siberische Zee en de Tsjoeektsjenzee. Dit gebied wordt gekenmerkt door een hogere luchttemperatuur, grotere windsterke en grotere hoeveel neerslag in de winter. De zomer kan stormachtig zijn met grote temperatuurschommelingen en perioden van dichte mist (ABS, 2014).

Ook de diepte van sommige zeestraten kan problemen met zich meebrengen. Zo is de diepte van de Straat van Dmitri Laptev slechts tussen de 8 en 10 meter, wat deze zeestraat beperkt tot schepen met een maximale diepgang van 6,7 meter (ABS, 2014).

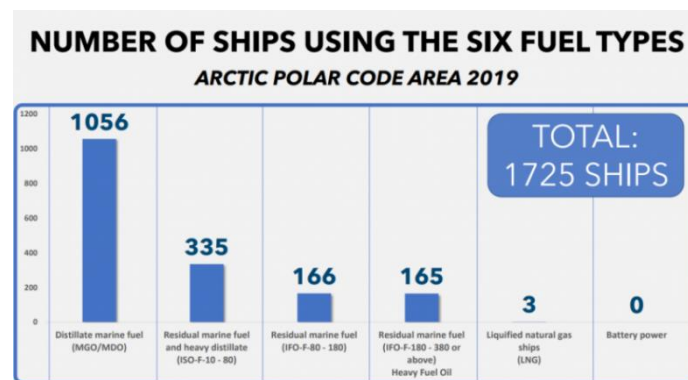
Men kan dus besluiten dat het bevaren van deze route gepaard gaat met moeilijke omstandigheden en risico's. Daarom is het afsluiten van een goede transportverzekering altijd belangrijk. Verzekering is een belangrijke, maar moeilijk te kwantificeren kostenfactor voor de scheepvaart rond het Noordpoolgebied. Scheepvaartmaatschappijen proberen te achterhalen of de handelsmogelijkheden, die zich in het Arctische gebied zouden voordoen, al dan niet rendabel zullen zijn. Hierdoor ontvangen verzekeringsmaatschappijen steeds meer verzoeken omtrent deze Arctische routes en de bijhorende zeeverzekering. De scheepvaart in het Noordpoolgebied zal niet duurzaam kunnen zijn zonder de beschikbaarheid van een zeeverzekering tegen een aanvaardbaar tarief. Een reeks ongelukken heeft geleid tot voortdurende reflectie over de wijze waarop de aansprakelijkheid op zee moet worden beoordeeld en de risico's met betrekking tot de scheepvaart in het Noordpoolgebied moeten worden beheerd. De ongevallen die reeds hebben plaatsgevonden, bewijzen nog maar eens hoe gevaarlijk dit soort routes zijn (Sarrabezoles et al., 2014).

Hoewel de meeste risico's van de scheepvaart bekend zijn en begrepen worden door zowel verzekeraars als de rederijen, zijn de risico's van deze Arctische zeeroutes nog steeds moeilijk in te schatten. Vergeleken met de risico's van de conventionele scheepvaart zijn de risico's van de polaire scheepvaart minder duidelijk. Arctische routes zijn slecht in kaart gebracht en veranderen voortdurend door het smeltende zee-ijs. De kosten van ongevallen in afgelegen gebieden zijn niet geraamd en de kans op redding is onbekend. Als gevolg daarvan wordt de verzekering voor de scheepvaart in het Noordpoolgebied meestal per geval geregeld en is deze duur, met aanvullende seizoenpremies. De beschikbaarheid en de kosten van dit soort zeeverzekeringen vormen dan ook een belangrijke beperking voor de Arctische zeescheepvaart. De risicobeoordelingen van de classificatiebureaus zullen waarschijnlijk een cruciale factor zijn voor de economische levensvatbaarheid van de gehele Arctische zeescheepvaart. Enkele rederijen hebben reeds ervaring opgedaan in het dekken van bepaalde, seizoensgebonden met ijs bedekte scheepvaartroutes, zoals in de Oostzee of Noord-Japan. De geleidelijke toename van de scheepvaart in het Noordpoolgebied en de groeiende belangstelling van scheepvaartondernemingen die proberen de rentabiliteit van hun toetreding tot de Arctische markt te beoordelen, zetten de verzekeringsondernemingen echter onder druk om normen vast te stellen in plaats van deze van geval tot geval te beoordelen (Sarrabezoles et al., 2014).

1.5.3 Kansen

Op 1 januari 2017 ging de *Polar Code* van kracht. Dit is een internationale code voor schepen die in polaire wateren varen en omvat bepalingen omtrent het ontwerp, de constructie, de uitrusting met betrekking tot het schip. Daarnaast zijn er ook bepalingen betreffende de opleiding van de bemanning, zoek- en reddingsacties en milieubescherming (IMO, z.d.).

Deze milieumaatregelen zijn echter vooral van kracht op de Zuidpool en nog niet in het noordpoolgebied. Zo is het gebruik van Heavy Fuel Oil (HFO) reeds verboden in Antarctica. In de Noordelijke IJsee is dit nog niet het geval. De Polar Code raadt het gebruik van HFO wel af, maar dit type scheepsbrandstof is momenteel nog steeds toegelaten. Volgens cijfers van The Arctic Council waren er in 2019 nog 165 schepen die HFO als scheepsbrandstof gebruikten (zie Figuur 20). Dit resulteert in een totaal van bijna 10% van het totale aantal schepen die de Arctische wateren bevoeren. Daar zou in 2024 weliswaar verandering in moeten komen, aangezien de Verenigde Naties beslist hebben om het gebruik van HFO ook te verbieden in de Noordelijke IJsee vanaf 1 juli 2024 (IMO, z.d.).



Figuur 20: Verdeling van de verschillende brandstoftypes (Arctic Council, 2020)

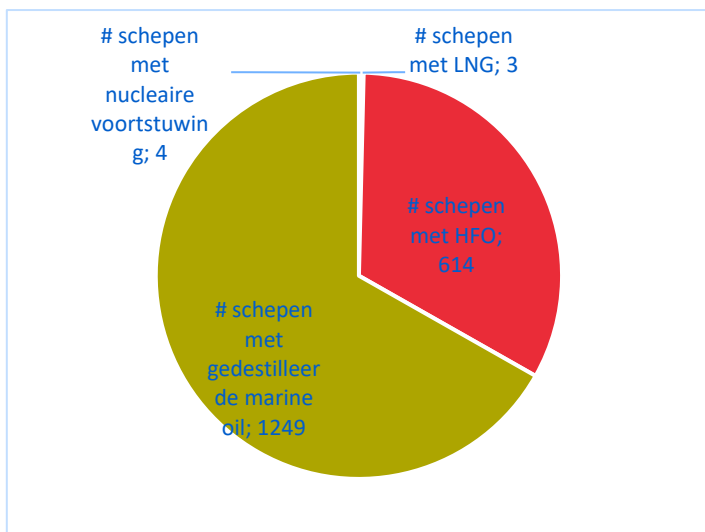
Heavy Fuel Oil, of in het Nederlands beter bekend als zware stookolie, is één van de meest vervuilende brandstoffen ter wereld omdat dit soort brandstof een hogere concentratie aan lucht- en klimaatvervuilende stoffen bevat in vergelijking met andere scheepsbrandstoffen. Een bijkomend nadeel is dat deze brandstof nauwelijks te verwijderen valt na een olieramp. Dit wordt echter specifiek aangehaald bij het volgende onderdeel over de mogelijke bedreigingen (Clean Arctic Alliance, 2018).

De komst van het verbod van HFO-brandstof in de Arctische wateren vanaf 2024 zou mogelijk een ommekeer en een kans kunnen zijn voor de rederijen om misschien sneller als gepland over te schakelen naar alternatieve scheepsbrandstoffen die minder schadelijk zijn voor het milieu, namelijk gedistilleerde brandstoffen.

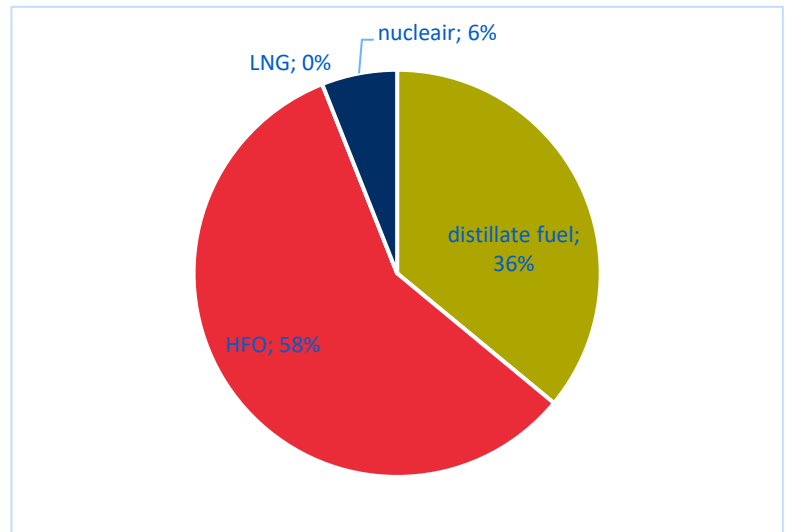
Hieronder kunnen we de brandstoftypes MDO en MGO plaatsen. MDO is een mengsel van gasolie en een kleine hoeveelheid HFO. Dit soort brandstof wordt voornamelijk gebruikt voor korte afstanden. MGO is een 100% gedistilleerd product met een zwavelgehalte van maximaal 0,1% (Jochemsens-Verstraeten et al., 2016). Er zijn twee redenen waarom de gedistilleerde brandstoffen beter zijn voor het milieu tegenover HFO: enerzijds hun impact in het water bij een mogelijks olielek, anderzijds een lagere uitstoot bij verbranding van de brandstof (PAME, 2019).

De uitstoot van HFO bevat namelijk hoge concentraties aan SOx-, PM- en BC-emissies. SOx-emissies zijn de zwaveloxiden die worden uitgestoten, PM-emissie is de uitstoot van fijn stof en BC-emissies is de uitstoot van roetdeeltjes zoals zwarte koolstof (Bakker & Broekman, 2016). Het zijn vooral de BC-emissies waar men rekening mee dient te houden in het noordpoolgebied. Roetdeeltjes die op het ijs- of sneeuwoppervlak terecht komen zorgen er namelijk voor een mindere reflectiviteit van het oppervlak, wat het smeltproces versnelt. Een vermindering van de BC-uitstoot door schepen zou een onmiddellijk effect hebben op de algemene effecten van de scheepvaart op de opwarming van de aarde (PAME, 2019).

Een derde milieuvriendelijkere optie is het gebruik van LNG. Dit wordt geproduceerd door aardgas af te koelen en te condenseren bij een temperatuur van -162°C (Jochemsens-Verstraeten et al., 2016). LNG heeft het laagste koolstofgehalte waardoor de CO2-uitstoot potentieel met 26% verminderd kan worden ten opzichte van HFO.



Grafiek 3 aantal schepen met brandstoftypes (PAME, 2019)



Grafiek 2: brandstofverbruik (PAME, 2019)

Grafiek 3 geeft de verdeling weer tussen vier brandstoftypes: HFO, distillate marine fuels, LNG en nucleaire scheepsvoorstuwing. Vervolgens geeft Grafiek 2 een voorstelling van het

brandstofverbruik. Men kan opmerken dat de schepen die op Heavy Fuel Oil rondvaren in de minderheid zijn ten opzichte van de schepen die gedestilleerde marine oil gebruiken. Wanneer men echter grafiek 9 bekijkt, kan geconcludeerd worden dat het brandstofverbruik bij HFO-schepen het grootst is, ondanks dat deze schepen in de minderheid zijn. Deze cijfers dateren uit 2017 en tonen ook aan dat een schip op LNG toen de uitzondering was. Ondertussen is dit aantal reeds geëvolueerd naar 144 schepen die op LNG voeren in 2019 en 139 bevestigde orders voor LNG-schepen die tussen 2019 en 2024 gebouwd zullen worden (PAME, 2019).

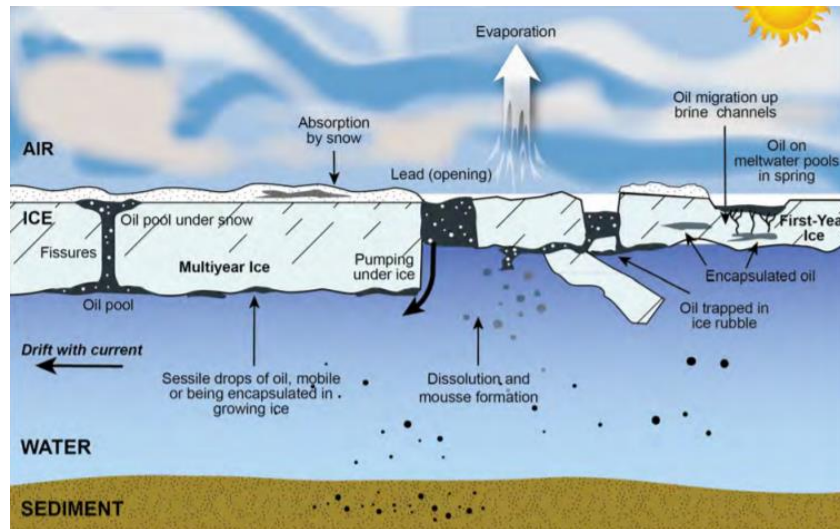
LNG-aangedreven schepen zijn momenteel de best haalbare oplossing om de milieufdruk van zeevaartactiviteiten te verkleinen. Het gebruik van LNG vermindert de uitstoot van zwavel en fijne deeltjes met 99%, de uitstoot van stikstofoxiden met 85% en de uitstoot van koolstofdioxide met maximaal 20% (World Maritime News, 2019).

1.5.4 Bedreigingen

De eerste mogelijke bedreiging is een olie lekkage in de Noordelijke IJsee. Dit zou drastische gevolgen hebben voor de arctische fauna en het mariene milieu. Daarnaast kan ook de voedselzekerheid van bepaalde arctische gemeenschappen in gevaar komen (PAME, 2019). Olie heeft een kleinere massadichtheid dan water, dus in geval van een lekkage zal de olie naar boven migreren en drijven op het wateroppervlak. Een lekkage in het noordpoolgebied kan beschouwd worden als een drastisch probleem aangezien de gelekte olie zal worden opgesloten onder het zee-ijs. Hierdoor kan de gelekte olie nog grotere afstanden afleggen (Sciences World, z.d.).

Het opruimen van een HFO-lek is een grotere uitdaging en schadelijker voor het milieu dan een lekkage van een brandstofdistillaat. Residu-olie wordt op een natuurlijke manier langzaam afgebroken en is moeilijker op te ruimen dan destillaten vanwege de dikkere viscositeit. Als de gelekte olie niet binnen de 72 uur wordt opgekuist, zal de olie waarschijnlijk de kust reeds hebben bereikt waar dit teerachtig residu vervolgens kan opgekuist worden. Zoals reeds vermeld bij het onderdeel “kansen” is een groot voordeel van de distillaatbrandstoffen hun reactie met water. Bij een lekkage van distillaatbrandstof zal, in tegenstelling tot een HFO-lek, een groot percentage verdampen of zich verspreiden in de waterkolom binnen de eerste uren van het lek. De olievlek zal zich enkel verspreiden in open water. Het lek zal even schadelijk zijn voor het milieu, maar valt wel gemakkelijker op te ruimen. De gelekte olie kan namelijk worden afgeroomd als het voldoende dik is.

Hiervoor dient men wel snel te handelen. Naarmate de olie zich verspreidt, is het moeilijker deze te ruimen (Decola et al., 2018).

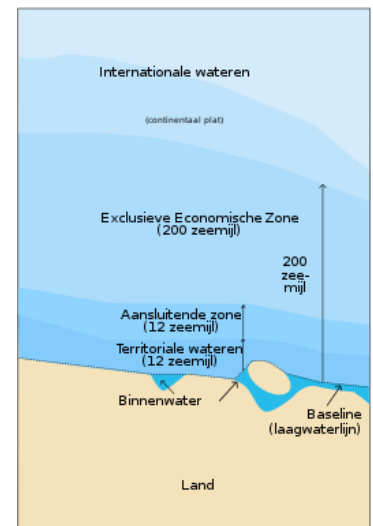


Figuur 21: Voorstelling van olie impact en gedrag in de zee (Nuka Research, 2018)

Een bijkomende bedreiging is het geopolitieke schaakspeel dat de afgelopen jaren is ontstaan tussen de Arctische staten omtrent de vraag: van wie is de Noordpool? Tot de Arctische staten behoren: Rusland, Canada, de Verenigde Staten, Noorwegen, Denemarken/Groenland, IJsland, Zweden en Finland. De vijf eerstgenoemde landen kunnen beschouwd worden als Arctische kuststaten aangezien zij territoriale wateren hebben in de Noordelijke IJszee (Centrum voor Internationaal Recht, z.d.).

Ondanks dat Rusland in 2007 een titanium vlag op de zeebodem van de Noordpool heeft geplaatst, behoort het Noordpoolgebied tot geen enkel land. Er is geen integrale verdragsregeling hieromtrent. Daardoor heeft geen enkel land soevereiniteit over de Noordpool of over delen binnen de Arctische Oceaan die buiten territoriale wateren vallen. In de Noordelijke IJszee is het UNCLOS-verdrag van toepassing. Dit verdrag verklaart onder andere de grenzen van de territoriale wateren waardoor de Arctische kuststaten soevereine rechten in maritieme zones van het Noordpoolgebied verkrijgen (Centrum voor Internationaal Recht, z.d.).

De Conventie besluit dat de grens van territoriale wateren op 12 zeemijl (22,22 kilometer) van de basislijn ligt. In dit gebied is de kuststaat vrij inzake wetgeving, zeevaartgebruik en hulpbronnen. Schepen verkrijgen het recht van “onschuldige passage” door alle territoriale wateren. Dit betekent dat elk schip mag gebruik maken van een snelle passage waarbij het schip geen bedreiging mag vormen voor de kuststaat of zijn soevereiniteit. De volgende 12 zeemijl wordt de aansluitende zone genoemd. In dit gebied kan het land wetten afdwingen omtrent smokkel en immigratie. Vervolgens is er de EEZ, exclusieve economische zone. Deze zone is begrensd tot 200 zeemijl van de kust. De kuststaat heeft bevoegdheid over alle economische middelen in de EEZ (bijvoorbeeld visrechten en oliewinning). Tot slot resteert nog het continentaal plat en de internationale wateren die niet onder de rechtsmacht van een land vallen (eur-lex, z.d.). Figuur 22 geeft een visuele weergave van de grenzen weer.



Figuur 22: Voorstelling grenzen UNCLOS (Wikipedia bijdragers, z.d.)

Doorheen de jaren hebben de Arctische kuststaten wel wat nationale claims geïntroduceerd omtrent de mogelijke uitbreiding van hun EEZ; in sommige gevallen bestaat er zelfs een overlapping van claims tussen verschillende landen over hetzelfde zeegebied (Pillen, 2021).

Zo zijn Canada en de VS al sinds de jaren 60 in een geschil verwickeld over het recht om de Noordwestelijke Doorvaart voor internationale scheepvaart te gebruiken. Canada beweert dat de wateren aan de Canadese Archipel moeten beschouwd worden als binnenwateren, waar bijgevolg buitenlandse schepen geen recht hebben op de “onschuldige passage” die reeds uitgelegd werd. Canada wil dat er toestemming verleend dient te worden indien buitenlandse schepen deze wateren wensen te bevaren. De Verenigde Staten stellen echter dat de Noordwestelijke Doorvaart een internationale zeestraat is waar schepen zonder toestemming steeds van gebruik mogen maken (Folkegård, 2020).

Ook de Noordoostelijke Doorvaart is niet vrij van geschillen en claims. Zo heeft Rusland de soevereiniteit van de NSR opgeëist aangezien een groot deel van deze scheepvaartroute langs de Russische kustlijn en bijgevolg in de Russische EEZ ligt. Deze claim stelt Rusland in staat om controle uit te oefenen op de doorvaart van buitenlandse schepen. Zij baseren zich hierbij op artikel 234 van het UNCLOS-verdrag:

“Kuststaten hebben het recht non-discriminatoire wetten en voorschriften aan te nemen en te handhaven ter voorkoming, vermindering en bestrijding van mariene verontreiniging door schepen in met ijs bedekte gebieden binnen de grenzen van de exclusieve economische zone, waar bijzonder moeilijke klimatologische omstandigheden en de aanwezigheid van ijs, dat zodanige gebieden voor het grootste deel van het jaar bedekt, belemmeringen of uitzonderlijke gevaren voor de scheepvaart doen ontstaan en waar verontreiniging van het mariene milieu grote schade of een onherstelbare verstoring van het ecologisch evenwicht zou kunnen veroorzaken. In zulke wetten en voorschriften dient terdege rekening te worden gehouden met de scheepvaart en de bescherming en het behoud van het mariene milieu, op basis van de beste wetenschappelijke gegevens waarover men beschikt.” (Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, 1998).

Dit wil zeggen dat buitenlandse schepen die de NSR willen bevaren de nodige vergunningen en goedkeuring zullen moeten aanvragen bij de NSRA, Russische administratie betreffende de NSR. Dit stelt Rusland in staat om een vergoeding te vragen bij gebruik van deze route (Barltrop & Rasmusson, 2019). Op deze manier zal Rusland ook in staat zijn om controle uit te oefenen op welke schepen de NSR gebruiken en welke niet. Figuur 23 geeft een weergave van de punten waar Rusland internationaal scheepvaartverkeer zou kunnen vertragen of in het slechtste geval tegenhouden als het dat wil. Dit zijn gebieden waar het kanaal tussen twee stukken Russisch grondgebied stroomt, zo niet binnen hun 12-mijls territoriale wateren (Mason, 2019).

Bovenstaande bewering omtrent de NSR die volledig in handen van Rusland zou moeten zijn, heeft een geschil met de VS en EU tot gevolg. De VS beweert namelijk dat de route beschouwd moet worden als een route doorheen internationale wateren die niet onderworpen kan worden aan



Figuur 23: Weergave van kritische punten op de NSR (WarOnTheRocks, 2019)

Zoals bovenstaand reeds vermeld zorgen economische en geopolitieke belangen al tientallen jaren voor geschillen en problematieken in de Arctische regio. Tijdens de Koude Oorlog werd dit gebied bekeken als een militaire regio waar er voortdurend duikbootmanoeuvres plaatsvonden onder het ijsoppervlak. Na de Koude Oorlog nam die strategische belangstelling alsmat af, maar de afgelopen

jaren hebben territoriale eisen of betwistingen over de afbakening van de maritieme grenzen gezorgd voor een heropleving van de spanningen tussen de Arctische staten. Daarom werd in 1996, onder invloed van Canada, de Arctische Raad opgericht. Deze intergouvernementele organisatie heeft als doel om de samenwerking, coördinatie en interactie tussen de Arctische staten te bevorderen. Ondanks dat militair en geopolitieke kwesties buiten het mandaat vallen, kan hierdoor wel een militaire escalatie hoogstwaarschijnlijk vermeden worden. Sterker nog: in 2008 hebben de vijf Arctische kustlanden in de Verklaring van Ilulissat de nadruk gelegd op een vreedzame oplossing bij mogelijke geschillen (Belgisch Militair Tijdschrift, 2016).

In volgende onderdelen worden de posities van bepaalde landen (en Europa) besproken. Echter, zal er enkel gefocust worden op de strategieën met betrekking tot de scheepvaartroutes of op zaken die hier onrechtstreeks invloed op uitoefenen. Klimaatstrategieën, oliewinning, visserij en dergelijke worden buiten beschouwing gelaten.

1.6.1 Positie van Rusland

Rusland is al sinds het begin van de 21e eeuw nadrukkelijk aanwezig in het Arctische zeegebied. Ze zijn ondertussen dan ook uiterst voorbereid op de barre omstandigheden zoals lage temperaturen, harde wind, hoge golven en lange winternachten. In 2008 tekende de Russische federatie onder leiding van president Medvedev een beleid uit met betrekking tot de Noordelijke IJszee. Dit beleid bestond uit verschillende fases tot en met 2020. De twee kerndoelen bestonden op dat moment uit de exploitatie van natuurlijke hulpbronnen (vis, olie en gas) en de uitbouw van de Noordelijke Zeeroute. In de eerste fase, 2008 – 2010, zou er onderzoek verricht worden naar een mogelijke uitbreiding van de Russische EEZ. Volgens artikel 76 van het UNCLOS-verdrag zou het mogelijk zijn om de EEZ van een lidstaat uit te breiden van 200 naar 350 zeemijlen indien er bewezen kan worden dat de continentale plaat verder doorloopt. Volgens de Russen is de Lomonosovrug onderdeel van hun continentaal plat en daarom claimen ze 1,19 miljoen km² extra. Dergelijke territoriale claims worden gecontroleerd en beoordeeld door de *UN Commission on the Limits of the Continental Shelf* (CLCS). Rusland diende in 2001 al eens een aanvraag in bij de CLCS, maar deze werd niet geaccepteerd. De claim werd weliswaar ook niet verworpen. De tweede fase, 2011 – 2015, bestond uit het aanleggen van een infrastructuur om scheepvaart via de NSR toegankelijker te maken. Ook werd toen aandacht besteed aan internationale erkenning van de Russische Arctische zone zodat olie-, gas- en visvoorraden geëxploiteerd konden worden. In de derde en laatste fase, 2016 – 2020, zou Rusland economisch, politiek en militair gezien een leidende rol moeten spelen in de Arctische zone (Donkers et al., 2018).

Ondertussen kan men besluiten dat de doelen, die toen opgesteld waren, niet gehaald werden aan het einde van 2020. Ondanks dat Rusland in 2015 en 2016 nieuwe bewijzen leverde voor de uitbreiding van hun EEZ, is er tot op vandaag nog geen internationale overeenstemming hieromtrent. Er is wel fors geïnvesteerd in haveninfrastructuur en spoorlijnen. Rusland heeft, tot grote spijt van de VS, wel een leidende militaire rol verkregen in de Arctische regio. Zo hebben de Russen hun militaire aanwezigheid versterkt door onder andere basissen uit de Koude Oorlog te moderniseren (Donkers et al., 2018).

Op 5 maart 2020 werd het nieuwe beleid voorgesteld door president Putin waarin economische ontwikkeling centraal staat. Deze Russische strategie zal opnieuw uitgevoerd worden in drie verschillende fasen reikend tot 2035. De eerste fase is nu reeds aan de gang en zal duren tot 2024. Dit omvat de aanleg van nieuwe terminals langs de Noordelijke Zeeroute en de bouw van vier extra ijsbrekers. Ondanks dat de aanvraag voor de uitbreiding van de EEZ nog steeds op tafel ligt bij de CLCS, zullen de Russen hierover ook trachten een “update” te geven. Er wordt niet verwacht dat ze met nieuw bewijsmateriaal zullen komen om hun beweringen te staven (zoals in 2015 en 2016), maar dat ze eerder willen onderhandelen met Canada en Denemarken om tegen 2024 een baanbrekend, internationaal akkoord te kunnen ondertekenen (Buchanan, 2021).

De tweede fase van de Russische ontwikkelingsstrategie is gepland voor 2025 tot 2030. Deze fase focust zich voornamelijk op het vergroten van de concurrentiepositie omwille van het aanbieden van een scheepvaartroute langs de NSR die doorheen het hele jaar gebruikt zal kunnen worden. Om dit te realiseren, rekent men voornamelijk op de ijsbrekers die tegen 2024 gebouwd zouden worden. Vanaf 2025 wil men aan een nieuwe generatie van ijsbrekers beginnen, namelijk de nucleair gedreven ijsbrekers. Men heeft dit project gedoopt als *the leader project*. Over slechts vier jaar wil Rusland beginnen met de uitbouw van een logistiek HUB-systeem in hun Arctische zone voor de beleving van trans-Arctische zendingen. Vervolgens zullen ze zich ook toespitsen op de bouw van een onderzoekersvloot om de *Changing Arctic Oceans* projecten te ondersteunen (Buchanan, 2021).

De derde en laatste fase zal plaatsvinden van 2031 tot 2035 en beschrijft de uitbreiding van alle lopende projecten met betrekking tot LNG en oliewinning. Zo zal de haven van Moermansk uitgebreid worden met nieuwe terminals waar er kan gewerkt worden aan de snelle ontwikkeling en de bouw van grote offshore structuren voor de productie, de opslag en het vervoer van LNG. Daarnaast zal men in Jamalië, Russisch deelgebied ten zuiden van de Karazee, de focus leggen op de ontwikkeling van de haven van Sabetta en het uitbaggeren van een scheepvaartkanaal naar de Obboezem (Buchanan, 2021).

Tegen 2035 wordt verwacht dat de NSR beschouwd zal worden als een wereldwijde, concurrerende scheepvaartroute. Ook de nucleaire ijsbrekers van *the leader project* zullen dan ingezet kunnen worden en de onderzoeksvloot zal naar alle verwachtingen ook al kunnen opereren. Of deze doelstellingen daadwerkelijk allemaal gerealiseerd zullen worden, is momenteel nog een beetje koffiedik kijken. De mondiale olieprijsen, COVID-19 en de invasie in Oekraïne hebben alleszins gezorgd voor een toenemende druk (Buchanan, 2021).

1.6.2 Positie van China

In tegenstelling tot de Arctische staten heeft China geen territoriale soevereiniteit in de Noordelijke IJszee. Als niet-Arctische staat zijn de rechten van China zeer beperkt. Het land wil daarom strategieën uitwerken om de groeiende belangen van het Noordpoolgebied niet aan zich voorbij te laten gaan. In 2013 verklaarde China zichzelf als bijna-Arctische staat omdat ze beweerden dat ook China beïnvloed zal worden omwille van de veranderende Arctische omgeving. Yin Zhuo, Chinese schout-bij-nacht, zei: *“The Arctic belongs to all the people around the world, as no nation has sovereignty over it ... China must play an indispensable role in Arctic exploration as we have one-fifth of the world’s population”*. Zo verkreeg het land ook een zitje als waarnemer in de Arctische Raad. Dit werd gevolgd door de eerste Chinese, commerciële vaart langs de NSR. Het betrof een schip van de Chinese rederij COSCO dat voer van Dalian tot Rotterdam (Grieger, 2018).

Naast de reizen van COSCO Shipping Lines zijn Chinese bedrijven ook mede-eigenaar en exploitant van 9 van de 15 Arc-7-LNGC’s van Novatek, die reeds in paragraaf 1.3.1 vermeld werden. Dit maakt China, in 2019, veruit de grootste buitenlandse scheepsoperator langsheen de Noordelijke Zeeroute. COSCO wil ook een belangrijke partner worden op het gebied van LNG-transport op deze route. Daarvoor ondertekende de Chinese reder een overeenkomst met Novatek met betrekking tot de oprichting van de *Maritime Arctic Transport LLC*. Deze samenwerking heeft een partnerschap op lange termijn betreffende het maritiem transport van koolwaterstoffen op de route en de organisatie van transitdoorvaarten tot stand gebracht (Humpert, 2019).

Op 26 januari 2018 bracht China zijn eerste *white paper* met betrekking tot de Arctische doelstellingen en ambities uit. China erkende hierin voor het eerst dat de Chinese interesse verder reikt dan enkel wetenschappelijk onderzoek. China heeft de commerciële activiteiten omtrent zijn Nieuwe Zijderoute-initiatief uitgebreid met de Polaire Zijderoute die Azië met Europa linkt via de Noordelijke Zeeroute. Wanneer men de conventionele scheepvaartroute vergelijkt met de NSR, zou de reistijd tussen de havens in het noorden van China en de haven in het noorden van Europa gereduceerd worden met minstens 40%. Daarnaast zou dit China een veilige scheepvaartroute

moeten bieden voor de invoer van grondstoffen en de uitvoer van Chinese producten te garanderen. De huidige routes door het Suezkanaal en de Straat van Malakka zijn niet altijd even betrouwbaar omwille van piraterij en scheepvaartcongestie. Bovendien staat deze scheepvaartroute niet onder controle van de *United States Navy*. Gezien de aanhoudende handelsoorlog tussen China en de VS is dit dus een bijkomend voordeel (Lim, 2018). Tot slot beweerde China op het einde van 2020 ook dat het in 2022 een satelliet zal lanceren om de Arctische scheepvaart beter te kunnen beheren en ze een beter zicht krijgen op de snel veranderende omgeving (Reuters, 2021).

Omwille van het feit dat China niet tot de Arctische staten behoort en bijgevolg weinig rechten heeft in het gebied, besloot China eerder om voorafgaand aan de publicatie van haar *white paper* verschillende vormen van samenwerking aan te gaan met de Arctische landen. Op deze manier verliest China de betrokkenheid met de Arctische regio niet.

Zo ondersteunt China het Russische Yamal-LNG-project op het schiereiland van Jamalië (bij de haven van Sabetta). Aangezien Rusland tot één van de grootste energie-exporteurs ter wereld behoort en daartegenover China de grootste energie-importeur is, zal het gas van de haven van Sabetta naar China worden vervoerd. China heeft dan ook, omwille van het staatsbedrijf China National Petroleum Corporation en het Chinese *Silk Road funds* een belang van bijna 30% in dit project. China zal ook instaan voor de medefinanciering voor de uitbreiding van het LNG-project op het schiereiland van Jamalië, nabij de haven van Sabetta, en de bijhorende olieterminals (zoals reeds vermeld in paragraaf 1.6.1. Positie van Rusland) die het transport naar Azië dienen te vereenvoudigen (Lim, 2018).

Daarnaast hebben Finland en Noorwegen ook plannen onthuld voor een Arctische corridor, waarbij het Finse en Noorse spoorwegsysteem wordt uitgebreid naar het Noordpoolgebied en een ondergrondse tunnel zorgt voor de verbinding tussen Helsinki (hoofdstad van Finland) en Tallinn (hoofdstad van Estland). Figuur 24 geeft deze plannen ook weer. De geplande route zal Rovaniemi, een Finse stad gelegen pal op de Noordpoolcirkel, verbinden met Kirkenes in Noorwegen, waardoor de connectiviteit van Europa naar de havens van de Noordelijke IJszee en bijgevolg de Noordelijke Zeeroute mogelijk wordt. De totale kosten van dit project worden geraamd op 18 miljard euro, waarbij drie miljard euro gespendeerd zal worden aan de uitbreiding van de spoorwegen en de overige 15 miljard aan het aanleggen van de ondergrondse



Figuur 24: Arctische corridor (Chinadaily, 2018)

tunnel. Deze twee projecten vallen ook onder de *One Belt One Road Initiative*, ofwel de Nieuwe Zijderoute genaamd, en worden dus ook gesponsord door de Chinese overheid (Lim, 2018).

De vele Chinese investeringen in de infrastructuurprojecten langs de Polaire Zijderoute leiden echter ook tot kritiek en tegenstand vanwege het gebrek aan transparantie. Deze investeringen worden namelijk vooral gefinancierd via dochterondernemingen om de identiteit van het door het bedrijf of de staat gefinancierde investeringsproject te verbergen. De aard van de investeringen zou verdraaid worden door verkeerde voorstellingen en verschillen in de geïnvesteerde waarde die aan de buitenlandse media worden gecommuniceerd. Dit gebeurt waarschijnlijk om buitenlandse concurrentie te vermijden en China capabel te maken om zijn investeringen geopolitiek te manoeuvreren (Lim, 2018). Daarnaast wordt er ook beweerd dat China zich bezighoudt met een *debt-trap-policy*. Dit betekent dat China de schuldenpost van ontwikkelingslanden zou aanwakkeren om later, als die bepaalde landen niet in staat zijn om hun schulden aan de Chinese staatschuldeisers af te betalen, onder druk te worden gezet om China's geostrategische belangen te ondersteunen (Van Der Meer, 2019).

1.6.3 Positie van Europa

De Europese Commissie heeft in 2021 de uitbreiding van de havens van Luleå, Kemi, Oulu, Narvik en Hammerfest goedgekeurd in het kader van de *Connecting Europe Facility 2021-2027*, met als doel vracht uit het noordpoolgebied over land en eventueel via de Noordelijke Zeeroute te vervoeren (Europese Commissie, 2021).

De goedkeuring van deze havenuitbreidingen en het vernoemen van het gebruik van de Noordelijke Zeeroute toont dat de Europese Commissie toch wel wat belangstelling toont, maar verder is er geen specifiek scheepvaartbeleid omtrent de Noordelijke Zeeroute.

1.6.4 Positie van België

Het feit dat de Arctische route steeds langer bevaarbare toestanden aantoont, heeft tot op vandaag amper tot geen impact op de Vlaamse havens. Op korte termijn worden er ook geen grote veranderingen verwacht omwille van de hoge kosten om de route bevaarbaar te houden en het gegeven dat lijnvaart onmogelijk lijkt ten gevolge van de tijdelijke bevaarbaarheid. North Sea Port verwacht in de toekomst dat de impact steeds klein zal blijven, aangezien de goederstromen vanuit Azië eerder beperkt zijn. Desondanks de meeste rederijen tot heden geen voorstander van de Noordelijke Zeeroute zijn, dient deze ontwikkeling wel opgevolgd te worden volgens Lydia Peeters,

Vlaams minister van mobiliteit en openbare werken. Een mogelijke verdere ontwikkeling van de vaarroutes via de Noordelijke IJsee kan immers consequenties hebben voor de competitieve positie van de Belgische havens. De FOD Buitenlandse Zaken werkt momenteel wel aan een “Arctische strategie”. Na een interne denkoefening binnen de FOD worden nu de eerste stappen gezet voor een bredere discussie met andere overheden en de privésector (Peeters, 2022).

2 Methodologie

Deze thesis onderzoekt de toekomstige concurrentiekracht van trans-Arctische scheepvaart van de haven van Azië (Shanghai) naar Europa (Antwerpen) via de Noordelijke Zeeroute in vergelijking met de conventionele route doorheen het Suezkanaal. Deze studie betreft een kwantitatieve studie, aangezien de resultaten gebaseerd zijn op drie kwantitatieve elementen, zijnde lengte, duur en kosten.

Deze drie kwantitatieve elementen worden steeds berekend per mogelijk toekomstig scenario. De scenario's zijn gebaseerd op informatie uit voorgaande studies. De variabelen waaruit de scenario's zijn opgebouwd, kunnen onderverdeeld worden in 3 verschillende categorieën, namelijk klimatologische, economische en politieke factoren. De data met betrekking tot het klimatologische aspect worden gebaseerd op het actuele zesde rapport van de Intergouvernementele Werkgroep inzake Klimaatverandering (IPCC) en uitgebreid naar verschillende academische studies die een soortgelijke analyse maakten. Vervolgens zijn de economische variabelen, waaronder de brandstofkost, beschreven op basis van het verleden en huidige gebeurtenissen. Tot slot wordt het politieke aspect gebaseerd op de Russische, Arctische strategie 2035 en de toekomstige beleidsmaatregelen die hieraan geconnecteerd worden. Deze masterproef is dus opgebouwd rond empirisch onderzoek ondersteund door literatuurstudie.

Aangezien elke waarde in een variabele gekoppeld wordt aan elke andere waarde van de andere variabelen, ontstaan er enkele tientallen scenario's. Deze kunnen niet allemaal besproken en geanalyseerd worden. Om dit dus werkbaar te maken, zullen scenario's geselecteerd worden aan de hand van de TOPSIS-methode. Dit is een *order preference technique* die de scenario's rangschikt volgens potentieel. Aan elke variabele zal een graad van belang gekoppeld worden, alsook de impact, zijnde positief of negatief.

De analyse wordt gecalculeerd op basis van één enkele scheepsreis van oorsprong naar bestemming. Deze analyse zal, zoals reeds vermeld, gebaseerd zijn op drie aspecten, met name lengte, duur en kosten per scheepsreis. De lengte van de routes wordt berekend op een IBCAO (International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean), een rapport met betrekking tot de afstanden tussen havens en Google Earth voor de ontbrekende waarden. De duur van de totale scheepsreis wordt berekend via de snelheid in knopen die volgens literatuurstudie gelinkt wordt met een bepaalde ijsdikte. De bijkomende tijdsindicatoren worden ook op andere academische bijdragen gebaseerd.

Tot slot zullen de kosten manueel berekend worden. De nodige data worden verkregen door gelijkaardige studies en gegevens uit het Port Model gecreëerd door Prof. dr. Edwin Van Hassel en Prof. dr. Thierry Vanellander. Data die niet beschikbaar zijn, worden geëxtrapoleerd aan de hand van de reeds beschikbare gegevens.

3 Mogelijke toekomstige scenario's

Alvorens de variabelen die invloed hebben op het gebruik van de Noordelijke Zeeroute beschreven en bijgevolg dus ook de scenario's uiteengezet kunnen worden, zal eerst het vaarseizoen op de NSR en enkele specificaties van de Russische zeeën besproken worden.

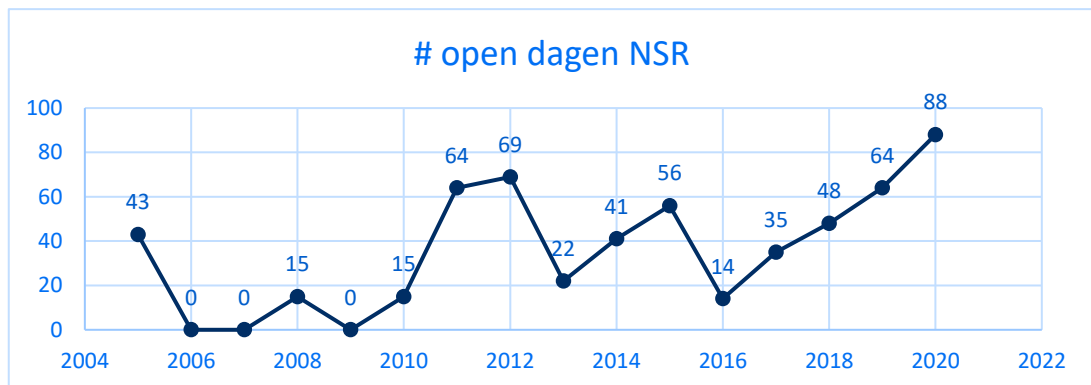
3.1 Het vaarseizoen op de Noordelijke Zeeroute

De Noordelijke Zeeroute (NSR) is een met ijs bedekte scheepvaartroute langs de Russische kusten. Omwille van deze ijsbedekking is de scheepvaartroute niet altijd even toegankelijk, maar de verwachte afname van het zee-ijs (omwille van de opwarming van de aarde) zal de toegang geleidelijk aan verbeteren. Het vaarseizoen wordt vaak gedefinieerd als het aantal dagen per jaar met bevaarbare omstandigheden. Dit verwijst naar dagen met minder dan 50% zee-ijsbedekking. De hoeveelheid ijs varieert meestal meer in de oostelijke dan in de westelijke sectoren. De kans is reëel dat in sommige zomers de Noordoostelijke Doorvaart praktisch ijsvrij is en de Noordwestelijke Doorvaart onbevaarbaar wordt bevonden (en vice versa). De grote onvoorspelbaarheid als gevolg van de natuurlijke omstandigheden blijft voor de scheepvaart het grootste probleem met betrekking tot het commerciële gebruik van deze Arctische routes (Kronbak & Liu, 2010).

De jaarlijkse scheepvaart op de Noordelijke Zeeroute kent twee seizoenen. Enerzijds het zomer/herfstseizoen, meestal van juli tot november, en anderzijds het winter/lenteseizoen dat bestaat uit de resterende maanden. Tijdens de zomerperiode worden de scheepvaartroutes op de NSR bepaald door de positie van ijsmassieven en de aanwezigheid van drijfijis in open water. Tijdens de winterperiode, wanneer de kuststroken en eilanden geblokkeerd zijn door ijs verbonden met het vasteland, wordt de ligging van de routes bepaald door de kenmerken van het ijs en het vermogen van de ijsbrekers om een doorgang te creëren op belangrijke trajecten van de Noordelijke Zeeroute (ABS, 2014).

Volgens Weathernews was de Noordelijke Zeeroute in 2020 voor een recordaantal dagen helemaal open/bevaarbaar. Het Noordpoolgebied wordt beschouwd als "ijsvrij" wanneer het zee-ijsoppervlak minder dan 1 miljoen km² bedraagt (Chen et al., 2021). Dit was het gevolg van een sneller smeltproces van zee-ijs in de Laptevzee en de Oost-Siberische Zee. De NSR opende zijn figuurlijke deuren al op 2 augustus 2020. Nog nooit was het al zo vroeg mogelijk om de route zonder problemen aan te doen. De meteorologische satellieten van Weathernews bevestigden dat er geen pakijis meer aanwezig was in de Straat Vilkitski, verbindingstraat tussen Karazee en Laptevzee. De scheepvaartroute bleef geopend tot 28 november, wat zorgde voor een totaal van 88 dagen. De

Noordwestelijke Doorvaart, daarentegen, werd in 2020 niet als volledig open verklaard. Dit omwille van te grote stukken resterend ijs in de Canadese Archipel (Weathernews, 2020). De dagen dat de NSR als ijsvrij beschouwd werd, kunnen afgelezen worden op onderstaande grafiek.

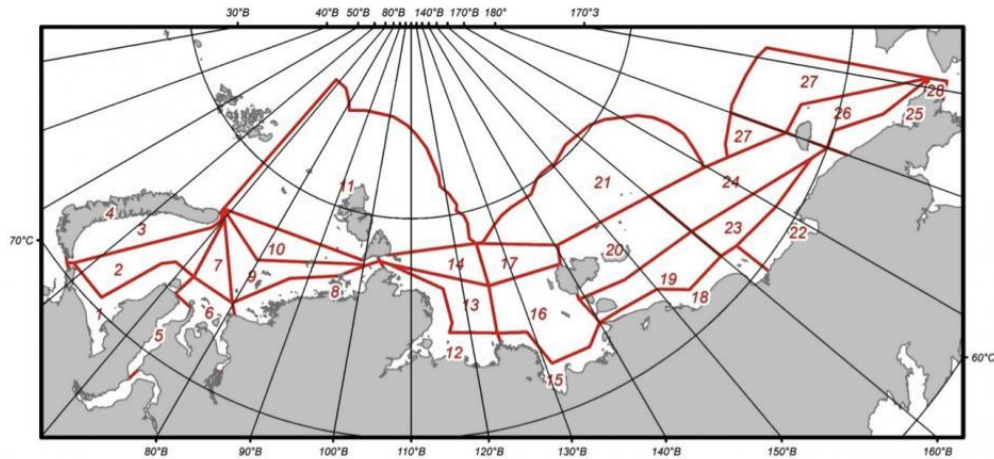


Grafiek 4: Aantal open dagen NSR (Nikkei Asia, z.d.)

3.1.1 Specifieke condities van de Russische zeeën

De ijsomstandigheden langs de NSR zijn zeer dynamisch. Dit leidt niet enkel tot jaarlijkse en seizoensgebonden omstandigheden, maar ook tot regionale verschillen. Verschillende delen van de Noordelijke Zeeroute worden al vele jaren tussen juli en november gebruikt voor Russisch en internationaal vrachtvervoer langs de Russische kusten. In de winter zijn de vaarroutes bedekt met dikke lagen ijs, maar zelfs in de zomer zijn bepaalde delen met ijs bedekt. Dit is voornamelijk het geval in de Laptevzee en de Oost-Siberische Zee. Deze omstandigheden sluiten vaak de kortste route tussen twee punten uit en kunnen leiden tot het gebruik van ijsbrekers (Eger, 2010).

Volgens de laatste versie met betrekking tot de wetgeving voor navigatie op de Noordelijke Zeeroute die door de Russische regering in 2020 werd vastgesteld, zijn er 28 verschillende zones binnen de NSR-grenzen. De mogelijke NSR-routes bestaan meestal uit een doorvaart door verschillende van deze zones. Elke zone heeft specifieke scheepseisen gebaseerd op de graad van navigatie en de ijsomstandigheden. De zones die bijvoorbeeld dichterbij de kust staan bekend om mildere ijsomstandigheden, maar tegelijkertijd meer beperkingen omtrent de diepte (Yermakov & Yermakova, 2021). Figuur 25 geeft een voorstelling van deze 28 zones.



Figuur 25: De 28 zones van NSR (High North News, 2018)

Figuren 26 tot 28 geven een verduidelijking wanneer, waar en met welk type ijsbreker de Russische zeeën van de NSR toegankelijk zijn in de zomerperiode van (juli tot november) en de winterperiode (december tot juni).

De eerste kolom geeft de ijsklasse van het schip weer. Daarnaast toont de tweede kolom steeds twee opties, namelijk "IN" (*independent navigation*) en "NI" (*navigation under ice breaker assistance*). Hier wordt bekeken of het schip zelfstandig of onder begeleiding van een ijsbreker vaart. De volgende kolommen geven een overzicht van de 28 zones. Deze gebieden worden dan vervolgens opnieuw onderverdeeld in *heavy ice conditions* (H), *medium ice conditions* (M), *low ice conditions* (L) en clean water (C). Deze ijscondities zijn in overeenstemming met de officiële informatie van Roshydromet, de Russische meteorologische dienst (NSRA, 2020). Lichte ijscondities bestaan uit jong, dun ijs met een dikte tot 0,7 meter, waarbij maximaal 25% van het ijsoppervlak wordt aanschouwd als medium ijscondities. Ijscondities die medium zijn, worden voorgesteld door eerstejaarsijs met een maximale dikte tot 1,2 meter en waarbij maximum 25% van het ijsoppervlak wordt aanzien als *heavy conditions*. Tot slot worden hevige ijscondities gekoppeld aan dik eenjarig of meerjarig ijs met een dikte van minimum 1,2 meter (Sibul & Jin, 2021). Indien er een plusteken staat, betekent dit dat er toegang mogelijk is. Een minteken betekent dan het tegenovergestelde: de toegang is verboden/gesloten. Een asterisk (*) betekent dat zelfstandig varen toegestaan is vanaf 1 juli tot en met 30 november (NSRA, 2020).

Ice class of the ship	Ice navigation method	Water area of the Northern Sea Route ²						
		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	8, 9, 10, 11	12, 13, 14	15, 16, 17	18, 19, 20, 21	22, 23, 24, 27	25, 26, 28
		HMLC	HMLC	HMLC	HMLC	HMLC	HMLC	HMLC
Without ice class	IN	- - - +	- - - +	- - - +	- - - +	- - - +	- - - +	- - - +
	NI	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +
Ice1	IN	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +
	NI	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +
Ice2	IN	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +
	NI	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +
Ice3	IN	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +
	NI	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +

Figuur 26: Navigatietabel NSR geldig van 1 juli tot 15 november (NSRA, 2020)

Voor schepen zonder ijssklasse en met ijssklassen Ice1 - Ice3 is het varen in het watergebied van de Noordzeeroute van 16 november tot en met 31 december en van januari tot juni verboden (NSRA, 2020).

Ice class of the ship	Ice navigation method	Water area of the Northern Sea Route ²						
		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	8, 9, 10, 11	12, 13, 14	15, 16, 17	18, 19, 20, 21	22, 23, 24, 27	25, 26, 28
		HMLC	HMLC	HMLC	HMLC	HMLC	HMLC	HMLC
Arc4	IN	- * + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- * + +
	NI	+ + + +	+ + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +
Arc5	IN	- * + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- * + +
	NI	+ + + +	+ + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +
Arc6	IN	* + + +	- * + +	- * + +	- * + +	- * + +	- * + +	- * + +
	NI	+ + + +	+ + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +
Arc7	IN	+ + + +	* + + +	* + + +	* + + +	* + + +	* + + +	* + + +
	NI	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +
Arc8	IN	+ + + +	+ + + +	* + + +	* + + +	* + + +	* + + +	+ + + +
	NI	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +
Arc9	IN	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +
	NI	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +

Figuur 27: Navigatietabel NSR (NSRA, 2020)

Ice class of the ship ⁴	Ice navigation method	Water area of the Northern Sea Route ²						
		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	8, 9, 10, 11	12, 13, 14	15, 16, 17	18, 19, 20, 21	22, 23, 24, 27	25, 26, 28
		HMLC	HMLC	HMLC	HMLC	HMLC	HMLC	HMLC
Icebreaker6	IN	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +	- - + +
	NI	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +
Icebreaker7	IN	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +	- + + +
	NI	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +

Figuur 28: Navigatietabel NSR geldig van 1 december tot 30 juni (NSRA, 2020)

Voor ijsbrekers met ijssklasse Icebreaker6 en Icebreaker7 is tijdens de vaarperiode van 1 juli tot 30 november zelfstandig varen toegestaan. Ijsbrekers met klasse Icebreaker8 en Icebreaker9 hebben geen beperkingen en worden bijgevolg ook niet vermeld in bovenstaande tabel (NSRA, 2020).

3.1.1.1 De Barentszee

De Barentszee is technisch gezien geen onderdeel van de Noordelijke Zeeroute. Zoals in het begin van deze theses reeds vermeld werd, is de Noordelijke Zeeroute enkel een verbinding tussen de Karische Poort en de Beringzee. De Barentszee hoort echter wel bij de Noordoostelijke Doorvaart (Østreng, z.d.). Wanneer men het heeft over de ijsomstandigheden van de Barentszee is het belangrijkste kenmerk dat zij, in tegenstelling tot de Karazee en andere zeeën, nooit volledig bedekt is met ijs. In de winter beslaat het ijsoppervlak in de Barentszee gewoonlijk 55-60% van het totale zeeoppervlak (Eger, 2010).

3.1.1.2 De Karazee

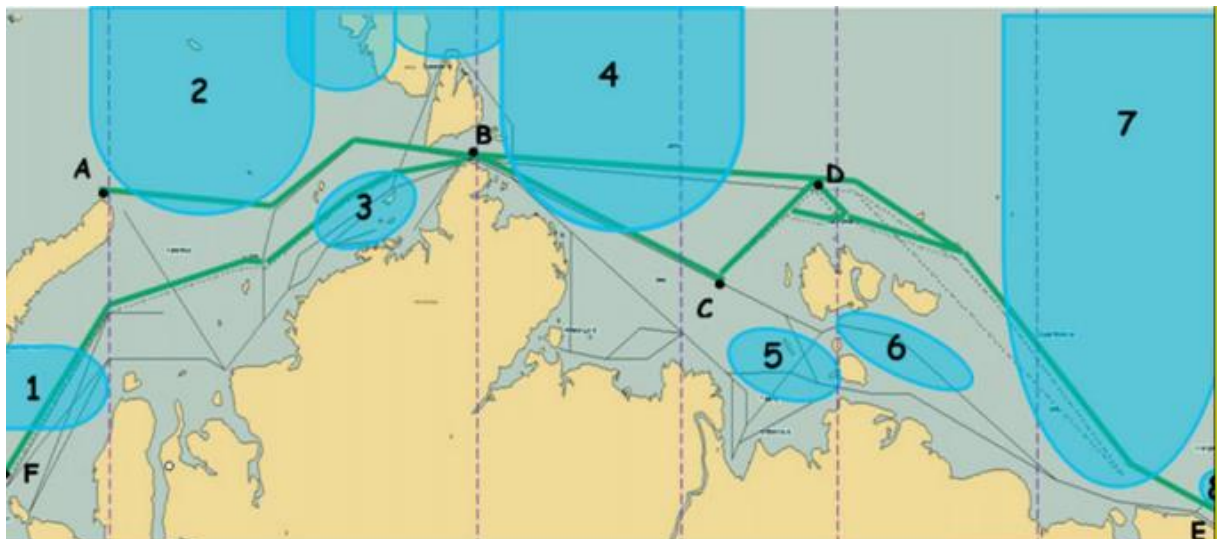
De Karazee wordt volgens geografische ligging en natuurlijke omstandigheden verdeeld in twee gebieden: het Noordoostelijke deel en het Zuidwestelijke deel. De ijsomstandigheden in deze twee gebieden zijn zeer verschillend. In de winterperiode is de hele Karazee bedekt met dicht drijfij, waarbij ijs verbonden met het vasteland grote delen van de kustgebieden in beslag neemt. Het Zuidoostelijke deel is gedurende 8 tot 10 maanden per jaar volledig bedekt met ijs met een dikte tot 1,5 meter. Tijdens de zomer is dit gedeelte dan weer praktisch volledig ijsvrij. De bevroering van het Zuidwestelijke deel vindt gewoonlijk plaats in oktober. Het Noordoostelijke deel is, in tegenstelling tot het Zuidwestelijke deel, meestal niet ijsvrij in de zomer omwille van de hoeveelheid drijfij. In het Noordwestelijke deel vormt zich rond september nieuw jong ijs tussen de resterende ijsoppervlakten (Eger, 2010).

De Karische Poort is de belangrijkste scheepvaartroute tussen de Barentszee en de Karazee. Deze zeestraat verbindt namelijk het westelijke deel van de Noordoostelijke Doorvaart met de Noordelijke Zeeroute. De Karische Poort heeft een lengte van 18 zeemijl (ongeveer 33 kilometer), een minimumdiepte van 21 meter en de scheepvaart maakt er gebruik van een vastgesteld verkeersscheidingsstelsel (Eger, 2010). Dit is een door de IMO (Internationale Maritieme Organisatie) ingesteld routesysteem. Dit systeem wordt gebruikt om bij knelpunten en kapen het scheepsverkeer in goede banen te leiden en een zo homogeen mogelijke verkeerstream te realiseren, wat de kans op aanvaringen zal verminderen (IMO, z.d.). In juli en augustus is er een slechte zichtbaarheid vanwege hevige mist. In de winter is de Karische Poort dan weer bedekt met drijfij. De duur van het vaarseizoen zonder ijsbrekerassistentie is er meestal 3 à 3,5 maanden (Eger, 2010).

De straat van Joegor is een zeestraat, langs het eiland Vajgatsj, die de Barentszee en de Karazee ook verbindt. Deze is 21 zeemijl lang, 5,5 zeemijl breed op zijn smalst en heeft dieptes variërend van 13-

15 meter in het westen tot 16-30 meter in het oosten. Deze zeestraat is de Zuidelijkste verbindingsweg tussen de twee zeeën en is dus dichtgelegen bij de kust. Hierdoor heeft deze zeestraat, naast de ijscondities, nog een beperking: de aanwezigheid van zandbanken in het midden en het oosten. Het ijs is dan weer aanwezig van november tot juli (de typische winter/lenteperiode). De duur van de navigatie zonder ijsbrekerondersteuning bedraagt wederom tussen 3 en 3,5 maanden (Eger, 2010).

In het westelijke deel van de Noordelijke Zeeroute bevinden zich twee ijsmassieven, het Novozemelsky- en Severozemelsky-ijsmassief. Daartegenover zijn er vijf in het Oostelijke deel van de scheepvaartroute te vinden. Een ijsmassief is een hoge concentratie aan zee-ijs, meestal enkele vierkante kilometers groot, dat steeds in dezelfde regio te vinden is. Figuur 29 geeft een geografische voorstelling van de zeven ijsmassieven langs de NSR weer. De grootste hindernissen voor een veilige scheepvaart zijn: Novozemelsky (1), Noord-Kara (2), Severozemelsky (3), Tajmir (4), Yansky (5), Novosibirsk (6) en het Aion-ijsmassief (7). Gewoonlijk beslaat het Novozemelsky-ijsmassief eind juni ongeveer 80% van het zuidwestelijke deel van de Karazee. Rond half augustus zijn de oppervlakten van dit ijsmassief en het dichte ijs minder dan 20%. In september daalt dit zelfs tot minder dan 10%. Severozemelsky-ijsmassieven worden vastgesteld in het noordoostelijke deel van de Karazee langs de kust van Tajmyr en Noordland, archipel tussen de Karazee en de Laptevzee nabij het schiereiland Tajmyr (Eger, 2010).



Figuur 29: Geografische voorstelling van de 7 ijsmassieven aan de NSR (NAADSN, 2021)

3.1.1.3 De Laptevzee

De Laptevzee heeft van januari tot juni één van de grootste ijsgebieden verbonden met het vasteland ter wereld. Dit soort ijs bereikt gewoonlijk een dikte van om en bij de 2 meter als gevolg van de

gemiddelde midwinterluchttemperatuur van -30 °C. In strenge winters kan de dikte van dit ijs zelfs aangroeien tot 2,5 meter. De concentratie van meerjarig zee-ijs in de Laptevzee is beperkt als gevolg van windrichtingen en oceaanstromingen. Hierdoor hebben ijsbrekers weinig moeite om een weg vrij te maken door dit pakij. Aangezien er voornamelijk eenjarig zee-ijs aanwezig is in de Laptevzee, is de totale oppervlakte van het smeltwater bijzonder groot in de zomer. In het westelijke deel is de richting van het drijfijs zuidwaarts gericht en worden grote ijsmassa's afgezet langs de kust van Noordland. In combinatie met de oostwaartse afzetting van de Karazee vormen de Straat Vilkitski en de kust van Tajmyr het hele jaar door een ernstige uitdaging voor de scheepvaart. De zeestraat van Vilkitski vormt een belangrijke verbinding tussen de Karazee en de Laptevzee langs de NSR. Deze zeestraat heeft een diepte van minstens 32 meter en maximum 200 meter. Hierdoor kunnen schepen met elke diepgang gebruik maken van deze route. De toegangswegen tot de Vilkitski Zeestraat kunnen echter beperkt zijn omwille van ijsvelden. Afhankelijk van de windrichting zou het gebruik van ijsbrekerassistentie in dit gebied wel eens niet zo eenvoudig kunnen zijn. Ijs dat in verbinding staat met het vasteland kan zelfs tot augustus aanwezig zijn (Eger, 2010).

De Straat Sjukalski is een tweede verbindingstraat tussen de Karazee en de Laptevzee binnen de archipel Noordland. De zeestraat van 80 zeemijl (106 kilometer) heeft een minimumdiepte van 37 meter en de diepte zal voor geen enkel schip een beperkende factor zijn. Toch wordt de Vilkitski Straat het meest gebruikt omdat de ijsomstandigheden over het algemeen als gunstiger worden beschouwd (Eger, 2010).

3.1.1.4 De Oost-Siberische Zee

De Oost-Siberische Zee is de ondiepste van de Euraziatische zeeën. Omwille van de brede continentale plaat kan ijs verbonden met het vasteland zich tot 500 kilometer buiten de kust uitstrekken. Dit ijs heeft dan een gemiddelde dikte tussen de 1,70 meter en 2 meter. In de winter komt de overheersende windrichting uit het zuiden: dit zorgt voor zwakke ijscondities en maakt het gebruik van scheepvaartroutes aan de buitenrand van het ijs mogelijk (Eger, 2010).

De Oost-Siberische Zee heeft het grootste oppervlak oud ijs en het Aion-ijsmassief bestaat voor meer dan 60% uit dit oud ijs. In de zomer draait de wind naar het noorden, waardoor de oceaanstroming de aanvoer van ijs uit het noorden bevordert. Hierdoor blijft het Aion-ijsmassief zelfs in de zomer bestaan. De gemiddelde dikte kan in de winterperiode oplopen tot 2,50 meter. Het oosten van deze zee is minder ijsvrij in vergelijking met de resterende delen van de Oost-Siberische Zee (Eger, 2010).

De Straat van Dmitri Laptev is de zeestraat die de Laptevzee en de Oost-Siberische zee met elkaar verbindt. Deze zeestraat is 155 kilometer lang en 55 kilometer breed. De oostelijke aanloop heeft een diepte van 10 meter en soms zelfs minder. Hierdoor wordt er enkel toegang verleend aan schepen met minder dan 6,7 meter diepgang (Eger, 2010).

De Sannikov-Straat verbindt de Laptevzee ook met de Oost-Siberische zee en is daardoor de tegenhanger van de Straat van Dmitri Laptev. Met een diepte van 24 meter is de Sannikov-Straat een betere verbindingsweg voor de grotere schepen (Eger, 2010).

3.1.1.5 De Tsjoecksjenzee

De meest oostelijke zee van de Noordelijke Zeeroute is de Tsjoecksjenzee. Deze zee is eerder ijsvrij dan andere gebieden/zeeën van de NSR. Wanneer men kijkt naar de ijscondities, zijn de seizoenschommelingen in deze regio het meest zichtbaar. In deze zee smelt tijdens de zomer ongeveer 80% van het ijs dat tijdens de winter aanwezig was. Door advection, horizontale bewegingsstroom van het water, van relatief warm water van de Beringzee smelt gemiddeld al tot 10% van het ijs in het zuidwestelijk gebied eind mei. De Tsjoecksjenzee is van begin december tot half mei vrijwel geheel bedekt met ijs. Als gevolg van oceaanstromingen en wind wordt oud ijs soms onder grote druk naar Straat De Long vervoerd. Indien dit gebeurt kan dit ook wel een obstakel vormen op de scheepvaartroute (Eger, 2010).

Straat De Long is een zeestraat die de Oost-Siberische Zee connecteert met de Tsjoecksjenzee. De doorgang is met 75 zeemijl tamelijk breed, waardoor er twee scheepvaartroutes door deze zeestraat mogelijk zijn. Een zuidelijke route die 120 zeemijl lang is met een minimumdiepte van 20 meter en een noordelijke route met een lengte van 160 zeemijl en een diepte van 33 meter. De diepgang in deze zeestraat vormt geen problemen voor de schepen zolang deze ruim uit de kust van het vasteland en het Wrangel-eilandreservaat blijven. In de winter breidt het ijs zich snel uit. Er kunnen gevaarlijke ijsgangsomstandigheden voor de scheepvaart ontstaan wanneer oud ijs en ijsmassieven naar het zeestrategiegebied worden verplaatst (Eger, 2010).

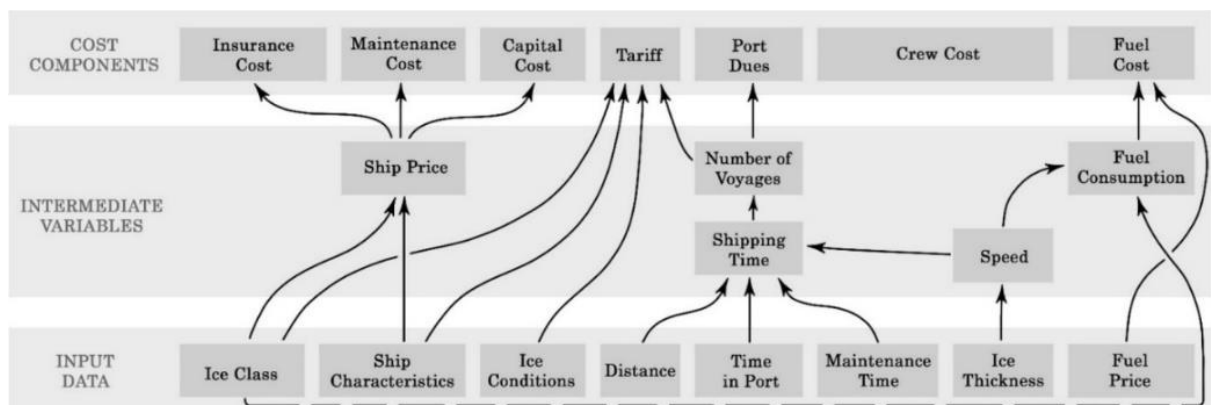
3.2 Factoren die invloed uitoefenen op het gebruik van de NSR

Om mogelijke toekomstige scenario's op te stellen, worden volgende beschreven factoren beschouwd als variabelen die een impact zullen uitoefenen op het toekomstig gebruik van de Noordelijke Zeeroute.

3.2.1 Klimatologische factoren

Het Noordpoolgebied wordt voornamelijk aanschouwd als een regio met moeilijk te voorspellen weers- en ijsomstandigheden. Zee-ijs wordt algemeen beschouwd als één van de meest kritieke gevaren die de opening en commerciële exploitatie van scheepvaartroutes in het Noordpoolgebied kunnen belemmeren. In de zomer van 2020 schetste het IPCC vijf toekomstige scenario's met betrekking tot de opwarming van het klimaat en daarbij horend het Noordpoolgebied. Het IPCC is een intergouvernementele organisatie van de Verenigde Naties die zich focust op de evaluatie van klimaatverandering. Het doel van deze organisatie is om regeringen op alle niveaus te voorzien van wetenschappelijke informatie die zij vervolgens kunnen hanteren bij het opstellen van een klimaatbeleid en het opstellen van klimaatdoelstellingen. De IPCC-rapporten zijn hierbij een belangrijke inbreng in internationale onderhandelingen (IPCC, z.d.). De informatie in de volgende secties met betrekking tot ijscondities en ijsdikte zijn reeds resultaten van het zesde IPCC-rapport dat gefinaliseerd zal worden tegen september 2022.

In dit onderdeel zullen drie parameters met betrekking tot bevaarbaarheid van de NSR worden opgesomd: ijscondities, ijsdikte en ijsklasse. Deze parameters werden gekozen omdat zij de toegankelijkheid van een schip in het Arctische gebied aanzienlijk beïnvloeden. Ze vertonen een rechtstreeks verband met de snelheid, de bouwkosten, de toegankelijkheid en het brandstofniveau van het schip, alsook het tariefniveau van de ijsbrekerbegeleiding (indien dit nodig zou zijn) (Sibul & Jin, 2021). Dit wordt op onderstaande afbeelding geïllustreerd. De variabelen in Figuur 30 zullen echter niet allemaal besproken worden in de volgende secties. Enkel diegene die invloed uitoefenen op het samenstellen van mogelijke toekomstige scenario's zullen verder worden toegelicht. Echter zullen deze kostencomponenten wel allemaal van toepassing zijn in de uiteindelijke concurrentiekrachtanalyse per scenario, wat behandeld zal worden in hoofdstuk 4 van deze thesis.



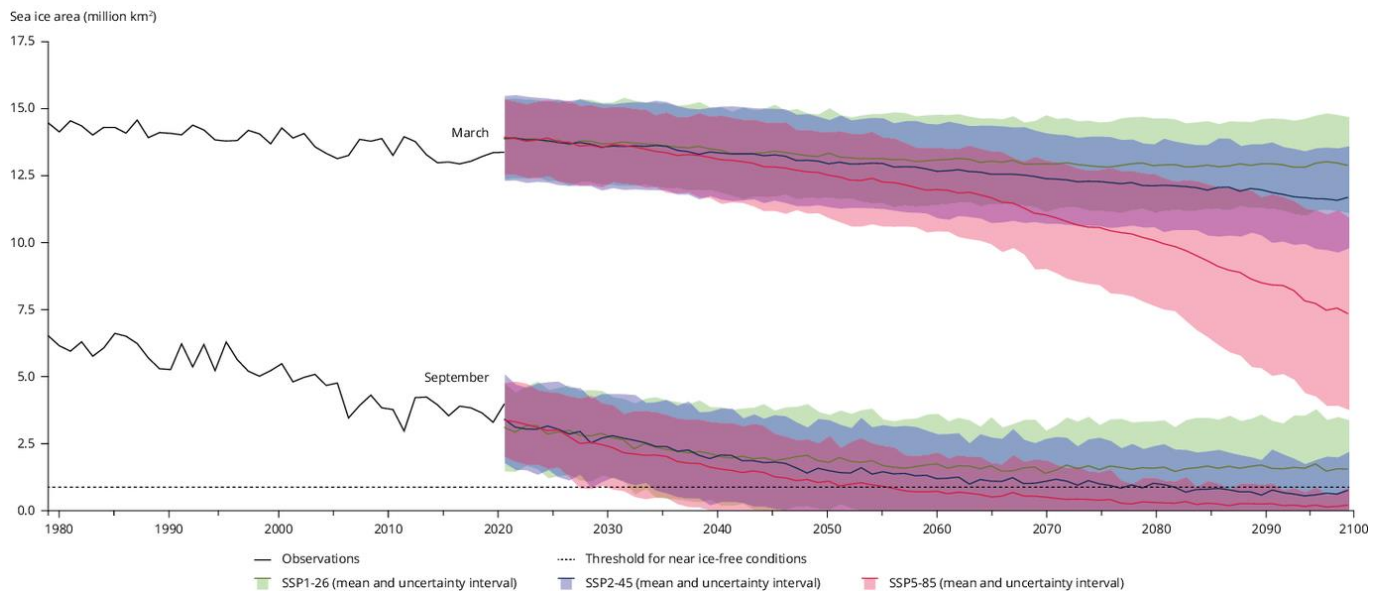
Figuur 30: Verbanden tussen verschillende factoren (Sibul & Jin, 2021)

3.2.1.1 Ijscondities

In de periode 1979 tot 2021 is het zee-ijsoppervlak in het Noordpoolgebied in de winter jaarlijks met 32 000 km² afgenomen. In de zomer was dit telkens 76 000 km² per jaar. Dit wordt op onderstaande grafiek voorgesteld door de zwarte lijn. De winterdata worden steeds gemeten in maart omdat deze maand gemiddeld gezien de strengste ijscondities oplevert. De zomerdata worden vervolgens steeds in september gemeten aangezien deze maand gemiddeld gezien de mildste ijscondities vertegenwoordigt. Bijgevolg bedraagt de afname van zee-ijs in de zomer per decennium meer dan 13%. Dit ijs wordt ook alsmaar jonger en dunner omdat steeds minder zee-ijs de zomer overleeft om uit te groeien tot dikkere, meerjarige ijsschotsen. Zee-ijs met een leeftijd van vier jaar was halverwege de jaren 80 nog prominent aanwezig, maar sinds 2011 is het aandeel van meerjarig ijs gedaald tot ongeveer 5%. Dit is mede veroorzaakt door antropogene (door de mens veroorzaakte) broeikasgasemissies. Alle simulatiemodellen van het IPCC zijn het erover eens dat de omvang van het zee-ijs zal blijven krimpen in de toekomst. Dit is ook te zien op figuur 32 die de afname van het Arctische zee-ijs gedurende de 21^e eeuw toont voor drie van de vijf IPCC-scenario's (European Environment Information and Observation Network, 2021).

Deze IPCC-scenario's zijn gebaseerd op complexe berekeningen die afhankelijk zijn van de snelheid waarmee de mens de uitstoot van broeikasgassen kan inperken. De berekeningen trachten ook rekening te houden met sociaaleconomische veranderingen op het gebied van: bevolking, stedelijke dichtheid, onderwijs, het gebruik van land en welvaart. Er wordt bijvoorbeeld geïmpliceerd dat een bevolkingstoename zal leiden tot een grotere vraag naar fossiele brandstoffen. Onderwijs kan ook een invloed uitoefenen op de snelheid van technologische en bijgevolg milieuvriendelijkere innovaties. Tot slot zullen emissies ook toenemen wanneer land wordt omgezet in landbouwgrond omwille van toename in methaan (Januta, 2021).

Het zee-ijs in de regio zal niet enkel krimpen, maar ook nog eens dunner worden. Dit komt echter later nog aan bod (European Environment Information and Observation Network, 2021).



Figuur 31: Waargenomen en voorspelde afname van Arctisch zee-ijs (European Environment Information and Observation Network, 2021)

Volgens het klimaatakkoord van Parijs (2015) zou er een transitie moeten gebeuren naar een koolstofarme maatschappij die de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen laat pieken om daarna snel te laten afnemen om in de tweede helft van de 21e eeuw een evenwicht te bereiken tussen de antropogene uitstoot en de absorptie van broeikasgassen. Concreet betekent dit een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen tegen 2050 met 80 tot 95% t.o.v. 1990. De temperatuurstijging zou ook ruim onder de 2° C moeten blijven en idealiter zou dit beperkt worden tot een stijging van 1,5 ° C (Dienst Klimaatverandering, z.d.).

Het eerste scenario krijgt de naam SSP1-2.6 en representeert een *low emission scenario*. Dit vertegenwoordigt klimaatsgewijs het meest optimistische scenario van de drie. Dit toekomstbeeld verwacht namelijk dat het doel omtrent vermindering van de uitstoot na 2050 zal plaatsvinden. De temperatuur op aarde zou dan met gemiddeld 1,8° C stijgen, waarmee de vooropgestelde drempel van 2° C niet overschreden zal worden (ANP/Redactie, 2021).

Het tweede scenario wordt SSP2-4.5 genoemd. Dit is een *medium emission scenario*. Het gedrag van de mens en de maatschappij zal hier de komende decennia niet drastisch veranderen, waardoor er geen daling van de uitstoot tot halverwege de 21^e eeuw zal worden vastgesteld. Daarna zal er wel een daling plaatsvinden, maar tegen het jaar 2100 zal de uitstoot nog steeds niet gereduceerd zijn tot 0%. In dit toekomstbeeld zou de gemiddelde temperatuur stijgen met 2,7° C (ANP/Redactie,

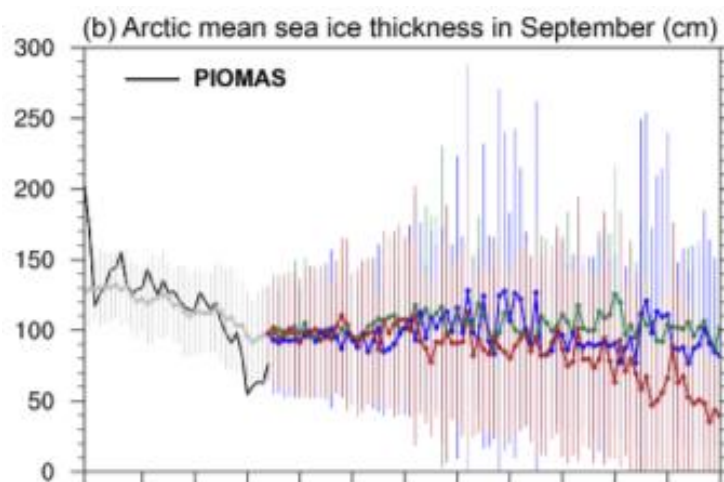
2021). In dit scenario gaat men ervan uit dat de zomers vanaf 2076 praktisch ijsvrij zouden moeten zijn (Wei et al., 2020).

Het laatste scenario, SSP5-8.5, is een *high emission* toekomst die klimaatsgewijs koste wat kost vermeden dient te worden. In dit rampscenario zal de gemiddelde temperatuur stijgen met 4,4° C. De CO₂-uitstoot zal tegen het jaar 2050 zelfs verdubbelen (ANP/Redactie, 2021). In dit scenario zouden de zomers reeds vanaf 2055 praktisch ijsvrij kunnen zijn (Wei et al., 2020).

Het is belangrijk om te vermelden dat de voorspelde data van het zesde klimaatrapport van de IPCC niets kunnen vertellen over de probabiteit van een bepaald scenario. Dit hangt voornamelijk af van overheidsbeleid en de gedragsaanpassingen van de maatschappij. Dit rapport toont eerder hoe de keuzes die vandaag gemaakt worden de toekomst klimatologisch gezien (op een negatieve manier) kunnen beïnvloeden. In elk scenario zal de opwarming van de aarde minstens enkele decennia aanhouden, waardoor het Noordpoolgebied de komende 30 jaar minstens één periode praktisch ijsvrij zal zijn (Januta, 2021).

3.2.1.2 Ijsdikte

Hoe dunner het ijs, hoe minder weerstand de schepen zullen ervaren waardoor ze sneller kunnen varen en er minder kans zal zijn dat er ijsbrekerassistentie vereist is (Sibul & Jin, 2021). Figuur 32 toont de reeds geobserveerde en voorspelde gemiddelde ijsdikte van het Arctische zee-ijs in september. De groene lijn stelt scenario SSP1-2.6 voor, de blauwe is scenario SSP5-4.5 en tot slot representeert de rode lijn het klimatologische doemscenario SSP5-8.5. De grafiek toont een bescheiden dalende trend tijdens de 21^e eeuw voor SSP5-8.5, terwijl er geen duidelijke langetermijntrend wordt waargenomen voor de overige 2 scenario's. De verwachte snelle



Figuur 32: Voorspellingen over de gemiddelde dikte van het Arctische zee-ijs in september (Wei et al., 2021)

verdunding en verdwijning van het zee-ijs zal de geografische beperkingen doorbreken en de maritieme toegankelijkheid vergroten (Wei et al., 2021).

Op basis van zee-ijsdiktes kunnen zeven verschillende soorten ijsschotsen onderscheiden worden: *new ice* (<10 cm), *grey ice* (10-15 cm), *grey-white ice* (15-30 cm), *thin first-year first stage ice* (30-50 cm), *thin first-year second stage ice* (50-70 cm), *medium first-year ice* (70-120 cm) en *thick first-year ice* (>120 cm) (Wei et al., 2021). Daarnaast definieert men *second-year ice* als ijs dat reeds een smeltseizoen heeft overleefd en *multi-year ice* als ijs dat al meerdere smeltseizoenen heeft overleefd (Transport Canada, 2018). De mogelijkheid dat een bepaald type schip in staat zal zijn om bepaalde ijsdiktes te trotseren, is afhankelijk van het ijsnummer (IN) (Wei et al., 2021). Onderstaand wordt de formule weergegeven om dit ijsnummer te berekenen.

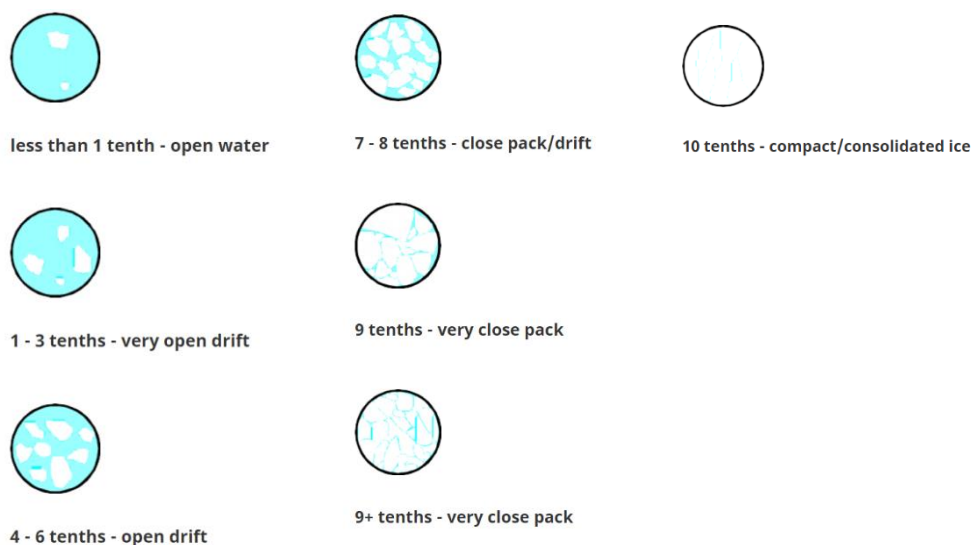
$$IN = \sum_{i=1}^n (C_i \times IM_i)$$

Figuur 33 formule ijsnummer (Wei et al., 2021)

C_i = de concentratie van ijsbedekking

IM_i = *ice multiplier* van ijstype i

De ijsbedekking in een gebied wordt bepaald door de totale concentratie, uitgedrukt in "tienden". Onderstaande illustratie verduidelijkt wat men bedoelt met de concentratie van ijsbedekking (Transport Canada, 2018).



Figuur 34: Illustratie ijsbedekking (Transport Canada, 2018)

Ice Multipliers (IM) zijn gewogen factoren die worden gebruikt om de ernst van elk ijstype voor het vaartuig aan te geven. Deze getallen kunnen positief of negatief zijn. Positieve getallen betekenen minder risico voor het schip. Anderzijds geven negatieve getallen aan dat het ijs schadelijker is voor het schip. De Canadese regelgeving kent aan elke scheepsklasse een unieke set *ice multipliers* toe (Transport Canada, 2018). Deze getallen zijn per scheepstype en ijstype terug te vinden in Figuur 35.

Ice Types	Type Vessels					CAC	
	E	D	C	B	A	4	3
MY Multi-Year Ice	-4	-4	-4	-4	-4	-3	-1
SY Second Year Ice	-4	-4	-4	-4	-3	-2	1
TFY Thick First Year Ice > 120 cm	-3	-3	-3	-2	-1	1	2
MFY Medium First Year Ice 70 -120 cm	-2	-2	-2	-1	1	2	2
FY Thin First Year Ice							
stage 2 50 -70 cm	-1	-1	-1	1	2	2	2
stage 1 30 -50 cm	-1	-1	1	1	2	2	2
GW Grey-White Ice 15 -30 cm	-1	1	1	1	2	2	2
G Grey Ice 10 -15 cm	1	2	2	2	2	2	2
NI Nilas, Ice Rind < 10 cm	2	2	2	2	2	2	2
N New Ice < 10 cm	"	"	"	"	"	"	"
Brash (ice fragments)	"	"	"	"	"	"	"
Bergy Water	"	"	"	"	"	"	"
Open Water	"	"	"	"	"	"	"

Figuur 35: Ice multipliers voor verschillende scheepstypes (Transport Canada, 2018)

De waarde van het ijsnummer wordt gebruikt om te bepalen of een vaartuig het ijsregime mag binnenvaren. Als het ijsnummer nul of positief is, mag het vaartuig verder varen. Als het ijsnummer negatief is, mag het vaartuig niet verder varen en moet een alternatieve route worden gevonden (Transport Canada, 2018).

Onderstaand worden twee voorbeelden gegeven om de formule te verduidelijken. Het gebruikte scheepstype in beide voorbeelden is type E, wat gelijk staat aan een *open water vessel*.



3/10 MFY, 7/10 OW

IN = +8 ✓

$$\begin{aligned}
 IN &= [C_{MFY} \times IM_{MFY}] + [C_{OW} \times IM_{OW}] \\
 &= [3 \times -2] + [7 \times 2] \\
 &= +8
 \end{aligned}$$



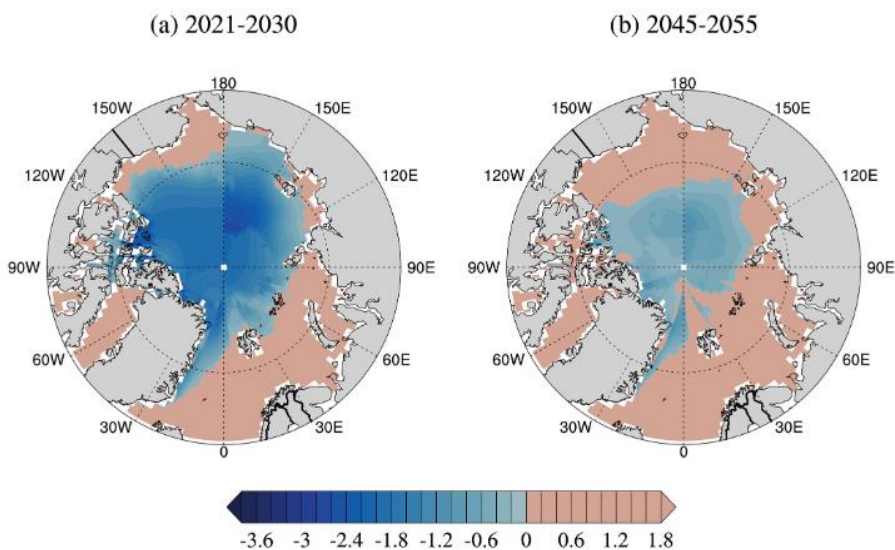
4/10 TFY, 1/10 MFY, 5/10 OW

IN = -4 ✗

$$\begin{aligned}
 IN &= [C_{TFY} \times IM_{TFY}] + [C_{MFY} \times IM_{MFY}] + [C_{OW} \times IM_{OW}] \\
 &= [4 \times -3] + [1 \times -2] + [5 \times 2] \\
 &= -4
 \end{aligned}$$

Figuur 36: Voorbeelden IN (Transport Canada, 2018)

Volgens onderzoek van Chen et al. (2021), omtrent toekomstige veranderingen in het Noordpoolgebied en de daarbij overeenkomstige Arctische bevaarbaarheid, is de waarschijnlijkheid van het bevaren van de NSR laag in de komende 10 jaar (2021-2030). Dit wordt weergegeven door Figuur 37. Deze illustratie geeft een voorspelling van de IN's in het Noordpoolgebied. De onbevaarbare delen zouden zich voornamelijk bevinden in de Oost-Siberische Zee en het Noordwestelijke deel van de Laptevzee. De kustwateren zouden echter bevaarbaar kunnen zijn door schepen met een geringe diepgang. De Noordelijke Zeeroute telt vier cruciale zeestraten: de straat Vilkitsky, straat Sjukalski, de straat van Dmitri Laptev en de Sannikov-Straat. Deze zeestraten zullen tegen het midden van deze eeuw in september toegankelijk zijn voor *open water* schepen (Chen et al., 2021). Een uitgebreidere uitleg over de bevaarbaarheid van de zeestraten en bijhorende grafieken komt later in sectie 2.3.1.4 nog aan bod.



Figuur 37: Septembervoorspelling van IN's voor een OW-schip bij SSP5-8.5 (Chen et al., 2021)

3.2.1.3 Ijssklasse

Figuur 31 gaf al aan dat de ijssklasse van een schip invloed heeft op de bouwkosten en het brandstofverbruik van een schip. Volgens de NSRA kunnen schepen met een bepaalde ijssklasse onafhankelijk (zonder ijsbrekerbegeleiding) de Noordelijke Zeeroute bevaren. Hoe dunner het ijs, hoe lager de ijssklasse dient te zijn om onafhankelijke toelating op de NSR te verkrijgen (Sibul & Jin,

2021). Figuur 39 toont de verscheidene ijsbestendige schepen¹ van twee verschillende classificatiemaatschappijen (IACS en RS) en hun maximale ijsdikte waarin ze kunnen opereren.

Anderen hebben verplichte begeleiding van een ijsbreker nodig. Dit hangt af van de ijsklasse, de navigatiezone, het vaarseizoen (winter/lente of zomer/herfst) en de ijsgang (Sibul & Jin, 2021). Dit werd reeds weergegeven in Figuren 26 tot 28.

IACS Pt.5 Ch.1 Sec.8	PC-1	Year-round operation in all Polar waters	3.0m	
	PC-2	Year-round operation in moderate multi-year ice conditions	3.0m	
	PC-3	Year-round operation in second-year ice which may contain old ice inclusions	2.5m	
	PC-4	Year round operation in thick first-year ice, which may include old ice inclusions	1.2m	
	PC-5	Year-round operation in medium first-year ice, which may contain old ice inclusions	0.7 - 1.2m	
	PC-6	Summer/autumn operation in medium first-year ice, which may include old ice inclusions	0.7 - 1.2m	
	PC-7	Summer/autumn operation in thin first-year ice, which may include old ice inclusions	0.7m	
RS Pt.1 2.2.3.1	Arc9	Multi-year ice	3.5m	4.0m
	Arc8	Multi-year ice	2.1m	3.0m
	Arc7	Second year ice	1.4m	1.7m
	Arc6	Thick first-year ice	1.1m	1.3m
	Arc5	Medium first-year ice	0.8m	1.0m
	Arc4	Thin first-year ice	0.6m	0.8m
	Ice3	Non-arctic ships. Independent navigation in open pack ice at a speed of 5 knots	0.7m	
	Ice2		0.55m	
	Ice1		0.4m	

Figuur 38: Verschillende ijsklassen gelinkt aan de ijsdikte (Amarineblog, 2019)

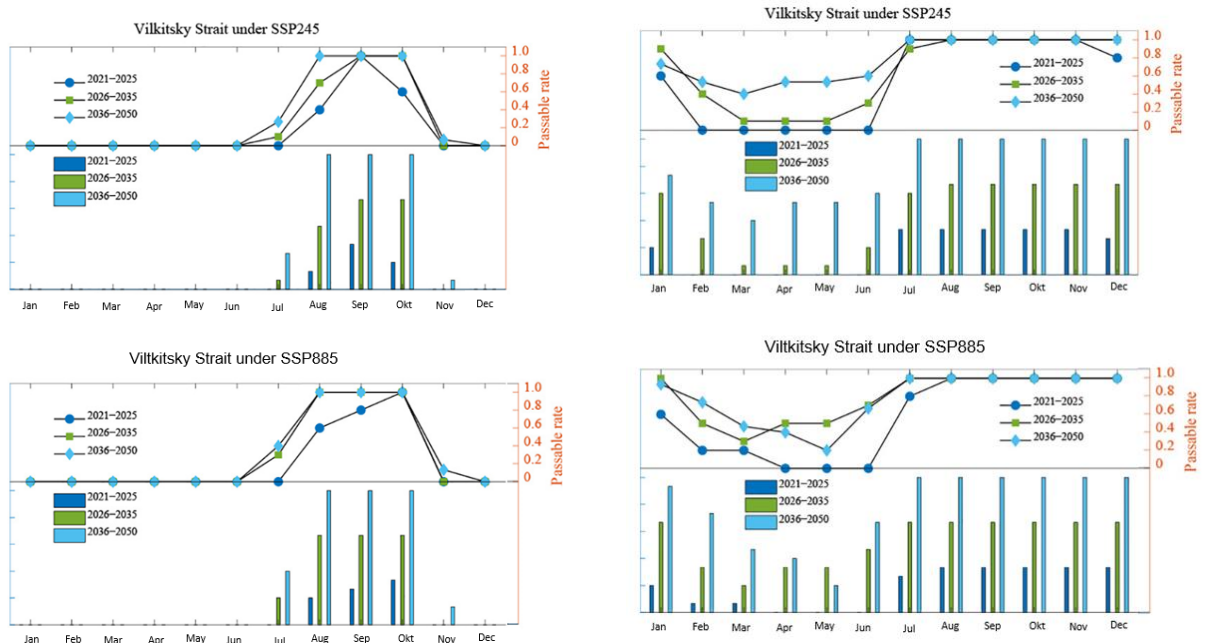
3.2.1.4 De bevaarbaarheid van de meest cruciale zeestraten

Het feit of de zeestraten ijstoegankelijk zijn, is niet onmiddellijk een variabele die werd weergegeven in figuur 31, maar wel een belangrijke bevinding die in het achterhoofd dient gehouden te worden. De toegankelijkheid van de zeestraten is van cruciaal belang voor de bevaarbaarheid van de NSR. De temperatuur van het zeewater in de oostelijke en westelijke regio's van de NSR (Beringzee Tsjoektsjenzee, Barentszee en Karazee) is hoger dan die van het interne gedeelte van de NSR (Oost-Siberische Zee en Laptevzee). Dit heeft te maken met de beïnvloeding door de warme zeestromen van de aangrenzende zeegebieden. Dit leidt tot een ongelijke verdeling van zee-ijs, waardoor de onzekerheid van Arctische scheepvaart toeneemt (Wang et al., 2021). Hierdoor worden in dit onderdeel de vier belangrijkste zeestraten in de Oost-Siberische- en Laptevzee besproken: de Straat van Vilkitski en de Straat Sjukalski (verbinding tussen de Karazee in het westen en de Laptevzee in

¹ De verschillende classificatiemaatschappijen hebben telkens andere naamgevingen voor ijsbestendige schepen. Gezien deze thesis is gebaseerd op verschillende studies, zal het gebruik van dergelijke ijsbrekers door elkaar gebruikt worden. Daarom geeft bijlage 1 aan welke ijsbrekers equivalent zijn aan elkaar.

het oosten) en de Straat van Dmitri Laptev en de Sannikov-Straat (verbinding tussen de Laptevzee en de Oost-Siberische Zee) (Chen et al., 2020).

Onderstaande figuren tonen het probabiliteitspercentage van toegankelijkheid voor *open water vessels* (linkse grafieken) en PC6-schip (rechtse grafieken). Met *open water vessels* bedoelt men de gewone zeeschepen zonder ijsversterking en met een PC6-schip refereert men naar een matig ijsbestendig schip dat in de zomer/herfst kan varen in eerstejaarsijs (Stephenson et al., 2013). De grafieken geven telkens voorspellingen over de Straat van Vilkitski, rekening houdend met IPCC-scenario's SSP2-4.5 (*medium emission*) en SSP5-8.5 (*high emission*).



Figuur 39: Voorspellingen toegankelijkheid Straat van Vilkitski (Chen et al., 2020)

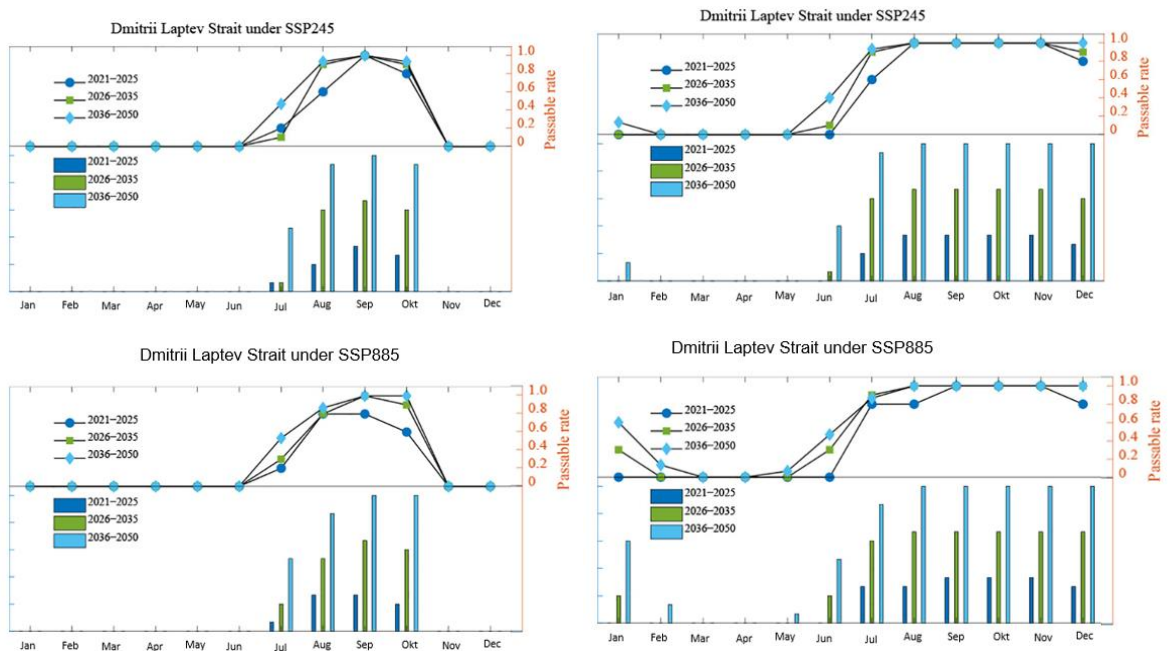
Volgens voorspellingen is de Straat van Vilkitski van 2021 tot 2025 in september toegankelijk voor *open water vessels* onder het SSP2-4.5 scenario. De bevaarbaarheid onder SSP5-8.5 is gegarandeerd in oktober en zeer waarschijnlijk in september. Voor de jaren 2026 tot 2050 tonen beide IPCC-scenario's vergelijkbare voorspellingen: de zeestraat zal toegankelijk zijn van augustus tot oktober (Chen et al., 2020).

Ijsbestendige schepen met een *polar class 6* hebben een langere periode die toegankelijk is. In de periode 2021 tot 2036 is de zeestraat praktisch onbereikbaar gedurende februari tot juni onder het scenario SSP2-4.5. Van 2036 tot 2050 lijkt enkel de maand maart een kleinere kans dan 50% te hebben bij dit scenario. Wanneer men dan kijkt naar het klimatologisch doemscenario (SSP5-8.5),

dan merkt men dat er van 2026 tot 2050 weinig tot geen problemen worden verwacht in de maanden juni tot januari (Chen et al., 2020).

De Straat van Sjukalski is een alternatief om van de Karazee naar de Laptevzee (of omgekeerd) te varen, maar heeft in het algemeen minder bevaarbare omstandigheden omwille van ijsvorming. Daardoor zou deze zeestraat een veel lager doorvaartpotentieel hebben in vergelijking met de Straat van Vilkitski (Chen et al., 2020). Hierdoor wordt er niet verder ingegaan op deze zeestraat.

De Straat van Dmitri Laptev en de Sannikov-Straat zijn twee andere cruciale gebieden langs de NSR. Onderstaande figuren tonen de voorspellingen van de toegankelijkheid van de Straat van Dmitri Laptev voor gewone zeeschepen (linkse grafieken) en PC6-schepen (rechtse grafieken), rekening houdend met scenario's SSP2.4-5 en SSP5-8.5.

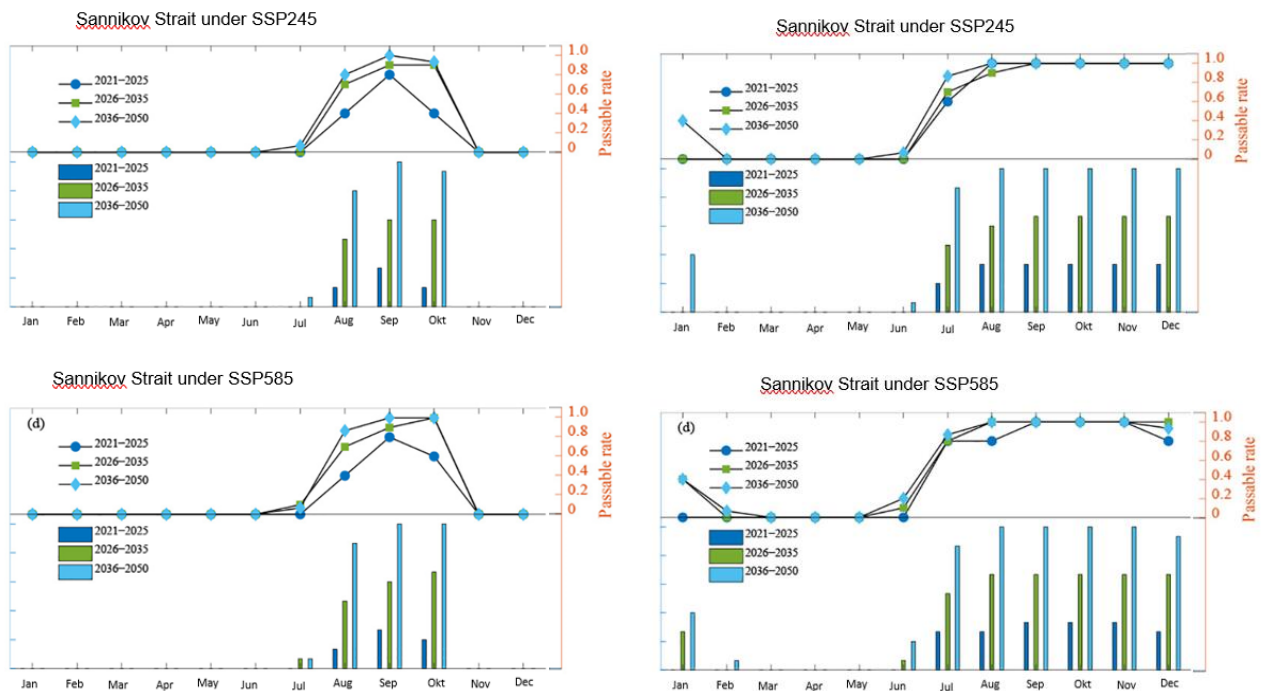


Figuur 40: Voorspellingen toegankelijkheid Straat van Dmitri Laptev (Chen et al., 2020)

In de periode 2021-2025 zou september de enige maand zijn waarin de Straat van Dmitri Laptev met zekerheid toegankelijk zou moeten zijn voor gewone zeeschepen onder het scenario SSP2-4.5. Augustus tot oktober hebben ook een aanzienlijke kans in de periode 2026-2050, evenals oktober in de periode 2021-2025. Bij het andere IPCC-scenario lijken augustus en september gedurende 2021-2025 met 80% de grootste kans te hebben om bevaarbaar te zijn. Vanaf 2026 lijkt er een uitbreiding naar de maand oktober aan te komen (Chen et al., 2020).

Wanneer men diezelfde zeestraat zou bevaren met een PC6-schip, kan men met zekerheid besluiten dat de periode van toegankelijkheid wordt uitgebreid. Onder beide IPCC-scenario's kan men concluderen dat de zeestraat bevaarbaar zal worden van juli tot december (Chen et al., 2020).

Onderstaande figuren geven een grafisch beeld over de voorspellingen van de bevaarbaarheid van de Sannikov-Straat met zowel een gewoon zeeschip (linkse grafieken) als een PC6-schip (rechtse grafieken), rekening houdend met de analyses van het IPCC (scenario SSP2-4.5 en SSP5-8.5).



Figuur 41: Voorspellingen toegankelijkheid Sannikov-Straat (Chen et al., 2020)

In vergelijking met de Straat van Dmitri Laptev is de bevaarbaarheid van de Sannikov-Straat in het algemeen zwakker omwille van strengere ijscondities. De reden waarom deze zeestraat vermeldingswaardig is, is omdat de Straat van Dmitri Laptev beperkt wordt door zijn lage diepte (10 meter). Hierdoor wordt er enkel toegang verleend aan schepen met minder dan 6,7 meter diepgang (Eger, 2010). Dus ondanks het feit dat de Sannikov-Straat moeilijker te bevaren is, zal deze straat meer doorvaartpotentieel bevatten omwille van zijn diepte van 13 meter (Chen et al., 2020).

Onder het scenario SSP2-4.5 zou de zeestraat enkel toegankelijk zijn in september gedurende 2021-2025. De periode 2026-2035 en 2036-2050 ziet er vrij gelijkaardig gelijkaardig uit: toegang voor *open water vessels* van augustus tot oktober. Wanneer men naar de toegang voor gewone zeeschepen onder SSP5-8.5 kijkt, ziet men eigenlijk een gelijkaardige vaststelling. Enkel de probabibiliteit van navigatie in oktober ligt wel net iets hoger (Chen et al., 2020).

Voor PC6-schepen zijn de toegankelijkheidsperiodes alweer iets langer. Onder SSP2-4.5 kan men concluderen dat de periode van toegang van 2021 tot 2050 praktisch hetzelfde zal blijven, namelijk van juli tot en met december. Deze waarneming lijkt doorgetrokken te kunnen worden voor het scenario SSP5-8.5 (Chen et al., 2020).

Tabel 1 concludeert de periodes waarin de besproken zeestraten toegankelijk zijn.

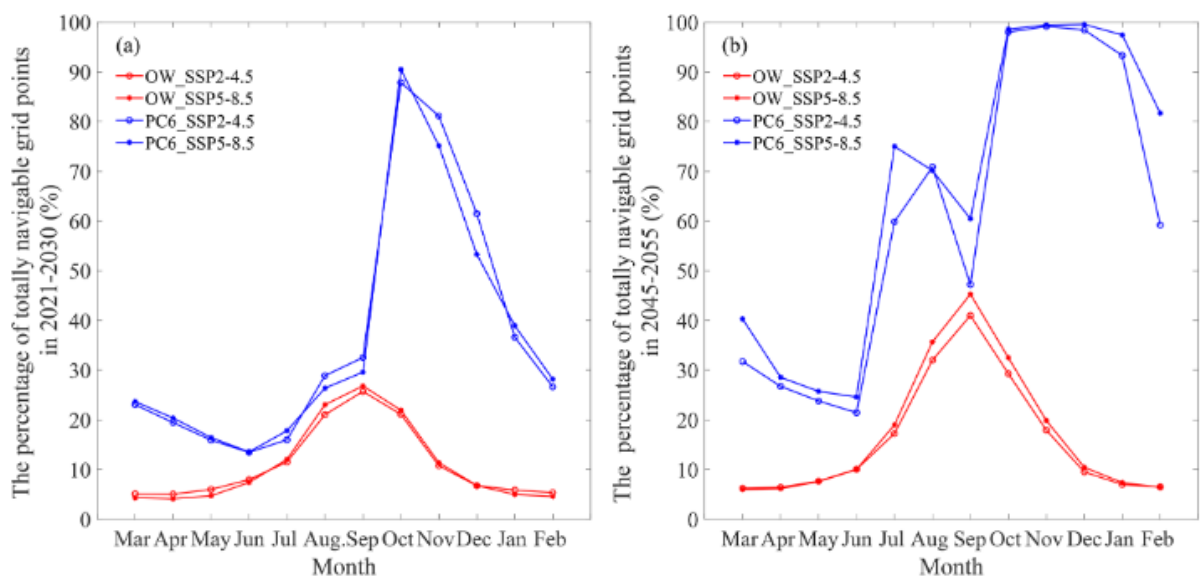
Tabel 1: Conclusie toegankelijkheid zeestraten NSR

	Straat van Vilkitski		Straat van Dmitri Laptev		Sannikov-Straat	
	Open water vessel	PC6-schip	Open water vessel	PC6-schip	Open water vessel	PC6-schip
SSP2-4.5	2021-2025: September en oktober 2026-2050: Augustus tot oktober	2021-2025: Juli tot december 2026-2050: Juli tot januari	2021-2025: September en oktober 2026-2050: Augustus tot oktober	2021-2050: Juli tot december	2021-2025: September 2026-2050: Augustus tot oktober	2021-2050: Juli tot december
SSP-5-8.5	2021-2025: Augustus tot oktober 2026-2050: Augustus tot oktober	2021-2025: Juli tot december 2026-2050: Juni tot januari	2021-2025: Augustus en september 2026-2050: Augustus tot oktober	2021-2050: Juli tot december	2021-2025: September 2026-2050: Augustus tot oktober	2021-2050: Juli tot december

3.2.1.5 Lengte van het vaarseizoen

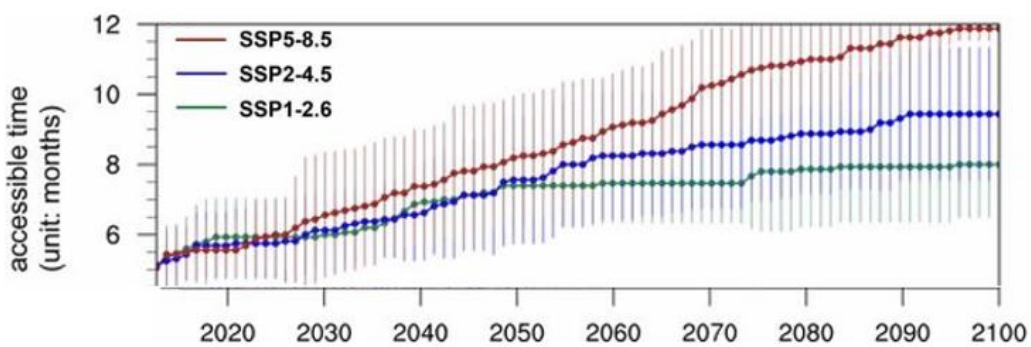
De opening van Arctische doorgangen hangt voornamelijk af van de verbindingen tussen de gridcellen, waarbij de bevaarbaarheid van een bepaalde regio wordt gemeten aan de hand van het percentage toegankelijke gridcellen ten opzichte van het totale aantal (Chen et al., 2021). Het is met andere woorden het percentage van het aantal gridcellen met een positieve IN (zie sectie 3.2.1.2 voor voorbeelden). Figuur 42 toont dit percentage onder twee verschillende scenario's telkens voor twee scheepstypes. Het totaal bevaarbare percentage voor OW-schepen wordt in beide

tijdperiodes weergegeven als een unimodale curve, met een piek in september en een dal in april en maart. Met betrekking tot PC6-schepen vertoont de grafiek een onregelmatige curve met een minimumwaarde in juni. In de periode 2021-2030 vertoont de grafiek een maximumwaarde voor de maand oktober. In de periode 2045-2055 vertonen de maanden oktober tot januari een connectiviteit van praktisch 100%. In feite zou het Noordpoolgebied in de verre toekomst van oktober tot januari zonder enige moeite bevaarbaar moeten zijn voor PC6-schepen. Het is zeer vreemd dat zich in 2045-2055 een abnormale daling voordoet in september. Dit kan door de auteur zelf ook niet verklaard worden. Er mag echter vanuit gegaan worden dat ook de maand september een uiterst hoge kans op bevaarbaarheid zal vertonen (Chen et al., 2021).



Figuur 42: Totaal navigatiepercentage op basis van connectiviteit van gridcellen onder verschillende scenario's (Chen et al., 2021)

Figuur 43 geeft ook mee dat het vaarseizoen naargelang het toekomstig klimatologisch scenario zal uitbreiden naar 7,5 tot wel 9 maanden (Wei et al., 2020).



Figuur 43: Voorspellingen van de uitbreidingen van het vaarvenster onder 3 IPCC-scenario's (Wei et al., 2020)

3.2.2 Economische factoren

Deze hebben betrekking op de directe kosten- en tijdsproblemen waarmee scheepvaartmaatschappijen rekening moeten houden wanneer zij het gebruik van de Noordelijke scheepvaartroute evalueren.

3.2.2.1 Brandstofkost

Brandstofkosten vormen een essentieel onderdeel van de totale scheepvaartkosten en hebben een aandeel van 30% tot soms wel 50%. Ondanks dat de NSR een kortere scheepvaartroute biedt in tegenstelling tot de traditionele Suez-route (de aantallen variëren afhankelijk van de vertrek- en bestemmingshavens), resulteert dit niet per se in lagere brandstofkosten. Gezien de extreme weers- en ijscondities, wat zorgt voor meer weerstand tijdens het varen, kan het brandstofgebruik in het Arctische gebied aanzienlijk oplopen. Ook de toename in het gewicht omwille van het ijsbestendige staal van het schip zal ervoor zorgen dat het uitgangsvermogen van de hoofdmotor en de hulpmachine veel groter is, wat op zijn beurt een hoger brandstofverbruik tot gevolg heeft (Wan et al., 2021).

Vanaf 1 juli 2024 zou het verboden zijn om in het Arctische gebied nog zware stookolie te gebruiken als brandstoftype voor de schepen (IMO, z.d.). Dit zal resulteren in hogere brandstofkosten, aangezien enkel het gebruik van brandstof met een laag zwavelgehalte zal worden toegestaan. Een dergelijke stijging van de commerciële kosten kan ervoor zorgen dat rederijen de economische haalbaarheid van het gebruik van de NSR opnieuw zullen bekijken (Wan et al., 2021). Momenteel mogen schepen die in *HFO-banned* gebieden varen wel nog steeds gebruik maken van zware stookolie als ze een *scrubber* hebben geïnstalleerd. Dit is een reinigingssysteem dat de zwaveloxiden opvangt en schoonmaakt. Dit systeem zorgt weldegelijk voor schonere lucht, maar is in feite extra vervuilend voor het water en het ecosysteem (Sys, 2021). Omwille van dit laatste gegeven wordt de assumptie gemaakt dat het gebruik van *scrubbers* in de toekomst ook beperkt of verboden zal worden. Zeker in de heel gevoelige ecosystemen, zoals het Noordpoolgebied. De scenario's zullen dus geen rekening houden met het mogelijke gebruik van *scrubbers*. Daarnaast zal ook het gebruik van *dual fuel engines* om de scenario's werkbaarder te maken.

De olieprijs en bijgevolg ook de brandstofkosten zijn uiterst volatiel en hangen nauw samen met globale veranderingen of besluiten, waaronder politieke situaties, besluiten van de organisatie van olie-exporterende landen (OPEC), besluiten van de IMO (zoals een *HFO-ban*), pandemieën (COVID-19), oorlogssituaties (zoals de actuele invasie van Rusland in Oekraïne) en dergelijke (Sibul & Jin,

2021). Daarom werd besloten om drie mogelijke bunkerprijzen te hanteren. Deze bunkerprijzen worden gebaseerd op huidige en verleden gebeurtenissen.

De eerste bunkerprijs representeert een relatief lage brandstofprijs van 530 dollar per ton VLSFO. Volgens het magazine Flows was dit de bunker kost in de haven van Fujairah (Verenigde Arabische Emiraten) ongeveer een jaar geleden. Als tweede bunkerprijs wordt gemikt op 780 dollar per ton VLSFO. Dit was de bunkerprijs de dag voor de Russische inval in Oekraïne en representeert daarmee de middelmatige brandstofkost. Als hoogste bunkerprijs wordt er 1050 dollar per ton gehanteerd. Deze hoge bunkerprijs is het gevolg van de Russische invasie. Het is de eerste keer in de geschiedenis dat de bunkerprijzen van zwavelarme scheepsbrandstof de kaap van 1000 dollar per ton bereikt (Desmet, 2022). Deze hoge bunkerprijs dient dan ook de hoge brandstofkosten bij toekomstige wereldgebeurtenissen/crissen te weerspiegelen. Men gaat er echter wel vanuit dat een hogere brandstofprijs de concurrentiekracht van de NSR tegenover de conventionele Suez route vergroot, aangezien de Noordelijke zeeroute een kortere vaarafstand garandeert (Milaković et al., 2018).

3.2.2.2 Ijsbrekerbegeleiding

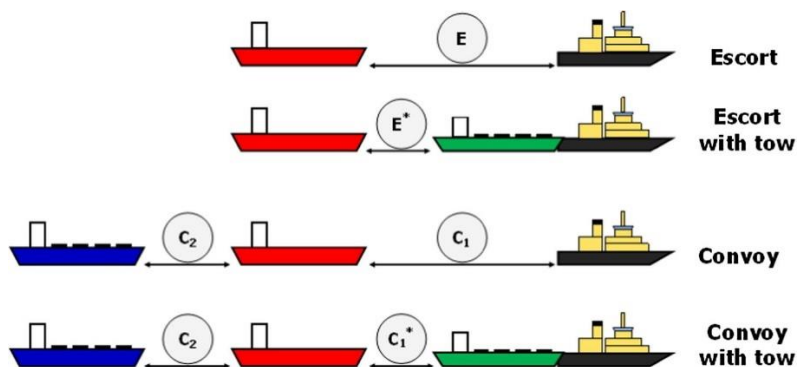
Bepaalde scheepsreizen via de NSR dienen geassisteerd te worden door ijsbrekers. Het feit of al dan niet dergelijke assistentie vereist is, hangt af van de ijsbestendigheid van het schip (*Polar Class*) en het navigatieseeizoen met bijhorende ijsomstandigheden. De tarieven voor de begeleiding worden bepaald aan de hand van de tonnage, de ijsklasse van het schip en de sectoren die doorkruist zullen worden. Met betrekking tot de tarifiering wordt de NSR dus in zeven zones ingedeeld: zuidwestelijk deel van de Kara Zee, noordoostelijk deel van de Kara Zee, westelijk deel van de Laptevzee, oostelijk deel van de Laptevzee, zuidwestelijk deel van de Oost-Siberische Zee, noordoostelijk deel van de Oost-Siberische Zee en de Tsjoktsjenzee. Deze zones worden van 1 tot 7 aangeduid op onderstaande kaart (Sibul & Jin, 2021).



Figuur 44: Tarifieringszones ijsbrekerbegeleiding (Sibul & Jin, 2021)

Echter, als de *Polar Class* van het schip voldoende is, dient er dus geen gebruik gemaakt te worden van ijsbrekerbegeleiding en mag het desbetreffende schip dus gratis gebruik maken van de NSR (Milaković et al., 2018).

Een studie van Goerlandt et al. (2017) onderscheidt verschillende vormen van ijsbrekerondersteuning. Zo heeft men het concept 'slepen', waar het begeleide vaartuig zich vlak achter de ijsbreker met dezelfde snelheid en koers bevindt. Het slepen wordt voorafgegaan en gevolgd door een periode waarin de schepen stilliggen voor het aan- en afkoppelen van de sleep. Van deze vorm wordt meestal gebruik gemaakt wanneer het ondersteunde vaartuig de ijsbreker niet kan volgen omdat de vaargeul door de ijsdruk te snel dichtgroeit, of omdat er te veel smeltijs in de vaargeul is. Ten tweede heeft men het over het concept 'escort'. De ijsbreker begeleidt dan één vaartuig, zonder rekening te houden met een eventueel gesleept vaartuig, dat het spoor van de ijsbreker binnen een afstand van 2 NM volgt. Tot slot onderscheidt men een konvooi van de vorige twee vormen met betrekking tot ijsbrekerondersteuning. Hierbij assisteert een ijsbreker twee of meerdere vaartuigen binnen een volgfstand van 2NM. Een derde en/of vierde schip zou zich wel buiten deze volgfstand kunnen bevinden (Goerlandt et al., 2017).



Figuur 45: Verschillende vormen van ijsbrekerondersteuning (Goerlandt et al., 2017)

De tarifiering van de ijsbrekerassistentie kampt nog met vele beperkingen. Zo is het voor een rederij bijna onmogelijk om een scheepsreis enkele maanden op voorhand in te plannen, aangezien de kosten van de ijsbrekerbegeleiding moeilijk in te schatten zijn. Dit komt mede door de grote onvoorspelbaarheid betreffende de toekomstige ijsgang in de verschillende NSR-zones (Milaković et al., 2018). Dit terwijl het volgens de NSRA verplicht is om vier maanden op voorhand een aanvraag met betrekking tot het bevaren van de NSR in te dienen (Liu & Kronbak, 2010). Daarnaast geldt er ook een monopolie voor het Russische ijsbrekersbedrijf Rosatom. De begeleiding mag dus enkel plaatsvinden door één van de aangewezen ijsbrekers van Rosatom. Op dit moment zijn er ook nog vraagtekens over de beschikbaarheid van dergelijke ijsbrekers. De meeste ijsbrekers zijn hedendaags

bezig met het assisteren van Russisch energietransport van bijvoorbeeld het Yamal-LNG-project (Milaković et al., 2018). In de toekomst verwacht men echter dat de transitreizen sterk zullen toenemen, mede dankzij de komst van extra ijsbrekers (*the leader project*, waar in 1.6.1. al naar verwezen werd), maar ook omwille van de opkomende overeenkomst tussen DP World en Rosatom. Naar verluidt omvat de overeenkomst de ambitie om jaarlijks tot 30 miljoen ton vracht door te voeren tussen Europa en Azië via de NSR. De twee bedrijven zullen samen de bouw van een vloot ijsbrekende (nucleaire) containerschepen mogelijk maken (Staalesen, 2021). Tot slot zijn de ijsbrekerkosten ook sterk gerelateerd aan de conversie tussen USD en RUR, aangezien Rosatom een vergoeding uitbetaald in roebels verwacht. Dit geeft nog een extra gevoel van onzekerheid voor de rederijen (Milaković et al., 2018).

Mogelijks zou Rosatom in de toekomst gesubsidieerd kunnen worden door de Russische overheid, waardoor zij in staat zullen zijn om lagere tarieven toe te passen en bijgevolg de Noordelijke Zeeroute aantrekkelijker te maken voor Aziatisch-Europese transporten (Milaković et al., 2018). Dit gegeven zal zich ook in de toekomstige scenario's vertalen.

3.2.2.3 Kapitaalkost

Vrachtschepen die ijswateren bevaren, moeten aan extra eisen voldoen, zoals een versterkte romp en extra motorvermogen. Ijs zal de romp van een niet-ijsbestendig schip namelijk makkelijk doorboren. Ijsbestendige schepen bevatten een dubbele romp met een tussenruimte. Deze tussenruimte kan gevuld worden met ballastwater of met lucht. Als de buitenste romp beschadigd wordt, zou de binnenste romp de schade moeten kunnen opvangen. De romp heeft ook een platte vorm met een afgeronde boeg in plaats van een spitse boeg zoals bij conventionele schepen. Er zijn ook speciale voorzieningen voor motorkoeling, opdat de inlaat voor water dat aan boord wordt gebracht om de motor te koelen niet verstopt raakt door ijs. Verder beschikt het schip nog over dikker staal, bescherming aan de roer en de schroef van het schip en krachtige boeg- en hekschroeven om goed te kunnen manoeuvreren in het ijs (Cool Antarctica, z.d.). Deze aanpassingen ten opzichte van een conventioneel, niet-ijsbestendig schip zorgen voor een bepaalde meerkost. Figuur 46 geeft de procentuele meerkost weer bij de bouwkosten van ijsbestendige schepen gerangschikt per ijsklasse. Daarnaast toont deze figuur ook nog eens de meerkost qua brandstofverbruik en de maximale bevaarbare ijsdikte per ijsklasse.

Russian Ice Class	Building Cost Premium, %	Consumption Rate Premium, %	Maximum Sailable Ice Thickness, m	Passable Ice Type
No	0.0	0.0	0.00	–
Ice1	1.2	1.0*	0.40	shallow
Ice2	4.8	2.5	0.55	first-year thin ice
Ice3	10.8	3.4	0.70	
Arc 4	19.2	5.1	0.80	sparse
Arc5	30.0	6.3	1.00	first-year ice
Arc6	43.2	7.6*	1.30	
Arc7	–	–	1.70	cohesive first-year ice
Arc8	–	–	3.00	cohesive second-year ice
Arc9	–	–	4.00	very cohesive perennial ice

Figuur 46: Premies voor de bouwkosten en brandstofverbruik van een ijsbestendig schip (Sibul & Jin, 2021)

3.2.3 Politieke factoren

De meeste staten die grenzen aan de Arctische regio's en enkele niet-Arctische staten zoals China hebben ambitieuze plannen voor de ontwikkeling van het Noordpoolgebied (Bergström et al., 2020). Enkele voorbeelden hiervan werden reeds gegeven in het vorige hoofdstuk (1.6.1. en 1.6.2.). De Russische regering heeft bij verschillende gelegenheden actief benadrukt dat zij de NSR wil ontwikkelen en moderniseren voor internationale scheepvaartdoeleinden om er "een belangrijke commerciële route van mondiaal belang" van te maken. Het toekomstige Russische beleid omtrent de regelgeving, administratieve processen, infrastructuurwerken, tarieven voor ijsbrekerbegeleiding en andere toekomstige doorvoertarieven hebben een enorme impact op de toekomstige aantrekkelijkheid van de Noordelijke Zeeroute (Bergström et al., 2020).

3.2.3.1 Subsidies

Volgens minister van Aleksej Tsjekunkov is het trans-Arctische containervervoer van cruciaal belang voor de succesvolle ontwikkeling van de Noordelijke Zeeroute en moeten er bijgevolg actieve maatregelen worden genomen deze route te promoten. Hij beweert dat subsidies in de beginfase nodig zijn omdat rederijen op dit moment weinig vertrouwen hebben in de route, alsook de dure

ijsbrekertarieven schrikken hen af. Er wordt gemikt op gesubsidieerde containertransporten langs de NSR, beginnend vanaf 2022 (Staalesen, 2021).

Om dit gegeven in de scenario's in te calculeren zal er verondersteld worden dat de dure ijsbrekerstarieven zullen dalen door middel van subsidies.

3.3 Uiteenzetting scenario's

Tabel 2 geeft een overzicht van de mogelijkheden om verschillende scenario's op te stellen. De tweede kolom geeft een weergave van de klimatologische variabelen, zijnde ijscondities, ijsklasse, vaarvenster, ijsdikte en ijsbrekerbegeleiding. Met de term ijscondities wordt verwezen naar de mogelijke IPCC-scenario's. Eén van de twee vooropgestelde IPCC-scenario's (SSP2-4.5 en SSP5-8.5) zal dus gebruikt worden om een weergave te schetsen van de toekomst met betrekking tot de opwarming van de aarde en bijgevolg ook het Noordpoolgebied.

Vervolgens geeft de ijsklasse weer of het schip al dan niet ijsversterkt zal zijn of niet. In dit onderzoek wordt er geopteerd voor het gebruik van een niet-ijsbestendig conventioneel schip of een schip dat over een ijsklasse PC6 beschikt. Het vaarvenster zal gerelateerd worden aan de ijsklasse. Zoals paragraaf 3.2.1.4 *De bevaarbaarheid van de meest cruciale zeestraten* reeds aantoonde, zal een ijsbestendig schip steeds een langere toegang hebben op de Noordelijke Zeeroute. Daarom werd geopteerd voor een vaarvenster van 90 dagen voor een conventioneel schip bij scenario SSP2-4.5 en 180 dagen voor een ijsbestendig schip bij datzelfde IPCC-scenario. Bij SSP5-8.5 wordt er gewerkt met een vaarvenster van enerzijds 120 dagen en anderzijds 240 dagen. De keuze voor de grootte van het vaarvenster werd geïnspireerd door het onderzoek van Chen et al. (2021), wat ook reeds in paragraaf 3.2.1.5 *Lengte van het vaarseizoen* werd aangehaald, en de studie van Liu & Kronbak (2010).

De ijsdikte is afhankelijk van de ijsklasse, alsook de ijscondities. Volgens de huidige wetgeving mag een conventioneel schip zonder ijsbrekerbegeleiding de NSR bevaren als deze praktisch als ijsvrij wordt beschouwd en de maximale ijsdikte die het schip zou kunnen tegenkomen maximaal 15 cm is. Dit is zichtbaar in Figuur 35, waar de IN wordt weergegeven bij een schip van type E (*open water vessel*). Ook Figuur 26 omtrent de navigatie van de NSR tussen 1 juli en 15 november ondersteunt deze gedachte. Laatstgenoemde figuur toont ook aan dat het bevaren van de NSR nog steeds mogelijk is bij dikker ijs, mits begeleiding van een ijsbreker die kanalen in het pakijz zal maken, waardoor het niet-ijsbestendige schip vrijere toegang heeft. Daarom wordt ook geopteerd voor een ijsdikte van 40 cm, waar het nog steeds mogelijk zal zijn om met een conventioneel schip de Arctische route aan te doen met behulp van ijsbrekers vooraan. Bij een PC6-schip werd er gekozen

voor dezelfde waardes qua ijsdikte als bij een conventioneel schip, plus nog twee grotere ijsdiktes die de waarden van november tot januari zouden moeten voorstellen, zijnde 70/120 dagen voor SSP2-4.5 en 50/100 dagen voor SSP5-8.5. SSP5-8.5 vertoont kleinere ijsdiktes omwille van de link tussen ijsdikte en ijscondities die eerder in deze alinea reeds werd aangehaald. Aangezien SSP5-8.5 het IPCC-scenario voorstelt dat de grootste gevolgen zal hebben voor de opwarming van de aarde, zullen de ijsdiktes in het Noordpoolgebied hieronder lijden en bijgevolg dunner zijn.

Tot slot wordt in de laatste kolom van de klimatologische variabelen de nood aan ijsbrekerbegeleiding aangegeven. Zoals reeds vermeld, wordt dit niet nodig geacht bij een ijsdikte van 15 en 10 cm bij de *open water vessels*. Volgens de huidige NSRA-wetgeving omtrent navigatie (te bekijken in Figuur 27) mag een PC6-schip, dat volgens bijlage twee overeenstemt met een ARC4, alle zones van de NSR onafhankelijk van ijsbrekerondersteuning bevaren gedurende *clean water* en *low ice conditions*. Even recapituleren: lichte ijscondities bestaan uit jong, dun ijs met een dikte tot 0,7 meter, dus er zal geen ijsbrekerbegeleiding vereist zijn bij ijsdiktes onder de 70 cm. Bij de hogere waardes (75, 100 en 115 cm) is er wel ijsbrekerondersteuning nodig.

Vervolgens volgt er een economische variabele en een economisch/politiek variabele, namelijk de brandstofprijs en de tarifiering van de ijsbrekers. De keuze voor de bunkerprijzen (530, 780 en 1050 \$/ton) werd reeds uitgelegd in paragraaf 3.2.2.1 *Brandstofkost*. De politieke variabele houdt een mogelijke reductie in van de ijsbrekervergoedingen van 50% met betrekking tot het aantrekkelijker maken van de trans Arctische route door de Russische overheid.

Tabel 2: Mogelijkheden voor scenariovorming met betrekking tot de klimatologische en economische variabelen (eigen werk)

Mogelijkheden	Klimatologische variabelen					Economische variabele	Economisch-politieke variabele
	IJscondities	Ijssklasse	Vaarvenster	Ijssdikte (cm)	Ijsbrekerbegeleiding		
1	SSP2-4.5	- Geen	- 90 dagen	- 15	- Neen	- 530 - 780 - 1050	- Huidige tarieven - 50% reductie
				- 40	- Ja		
		- PC6	- 180 dagen	- 15	- Neen		
				- 40 - 75 - 115	- Ja		
2	SSP5-8.5	- Geen	- 120 dagen	- 10	- Neen	- 530 - 780 - 1050	- Huidige tarieven - 50% reductie
				- 35	- Ja		
		- PC6	- 240 dagen	- 10	- Neen		
				- 35 - 50 - 100	- Ja		

3.3.1 Methode

De verschillende mogelijkheden in Tabel 2 geven uiteindelijk 72 mogelijke combinaties/scenario's (raadpleegbaar in bijlage 3). Om een selectie te maken uit deze vele scenario's wordt er gebruik gemaakt van de TOPSIS-methode.

De TOPSIS-methode, *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*, is een techniek ontworpen in de jaren 80 als een multicriteria-analyse, waarbij het alternatief met de kortste euclidische afstand tot de ideale oplossing en de grootste afstand tot de negatieve ideale oplossing steeds vooropgesteld wordt. TOPSIS is dus een manier om een rangschikking toe te kennen aan allerlei alternatieven, of in dit geval scenario's, op basis van gewichten enerzijds en de impact van de gegeven variabelen anderzijds (GeeksforGeeks, 2021).

De gewichten van een variabele geven aan hoe belangrijk een variabele wordt ingeschat tot het volbrengen van een vooropgesteld doel. Hoe hoger dit getal, hoe meer de variabele in aanmerking zal komen en beslissend voor de keuze zal zijn. De impact van een variabele wordt als positief of negatief beschouwd (GeeksforGeeks, 2021).

3.3.1.1 Gewichten

De gewichten die gekoppeld werden aan de verschillende variabelen werden gebaseerd op een kwalitatieve studie (2018) van Po-Hsing Tseng, *Department of Transportation Technology and Management* aan de *Feng Chia University* in Taiwan, en Kevin Cullinane, *Logistics & Transport Research Group* aan de *University of Gothenburg*. Het doel van hun onderzoek was namelijk het identificeren van de belangrijkste criteria die van invloed zijn op de besluiten van scheepvaartondernemers met betrekking tot het gebruik van scheepvaartroutes in het Noordpoolgebied. Figuur 47 geeft de resultaten van dit onderzoek weer.



Factor	Local weights	Consistency ratio (CR)	Attributes	Local weights	Global weights	Rank
Economic	0.3045	0.01724	Fuel costs	0.2374	0.0723	3
			Crew costs	0.1897	0.0578	12
			Insurance	0.2007	0.0611	7
			Other transit costs	0.1991	0.0606	8
Technical	0.2174	0.06897	Sailing Time	0.1730	0.0527	14
			Ice breaker	0.2583	0.0562	13
			Ship construction	0.2298	0.0500	16
			Navigation	0.2400	0.0522	15
			Communication	0.2719	0.0591	11
Political Climate	0.1887	0.00172	Right of navigation	0.3608	0.0681	5
			Maritime conventions	0.3190	0.0602	10
			Stakeholder concerns	0.3201	0.0604	9
Safety	0.2894	0.08621	Weather and geographic complexity	0.2522	0.0730	2
			Risk of crew health and safety	0.2798	0.0810	1
			Search and rescue	0.2309	0.0668	6
			Environmental concerns	0.2372	0.0686	4

Figuur 47: Meest belangrijke variabelen betreffende Arctische scheepvaart en hun gewicht (Tseng & Cullinane, 2018)

De gewichten van de variabelen omtrent brandstofkosten, andere transitkosten, vaartijd, scheepsconstructie en navigatie werden in deze masterproef gebruikt.

Brandstofkosten omvatten bunkers, diesel en smeerolie. De variabele ‘andere transitkosten’ heeft te maken met de ijsbrekerbegeleiding, onderhoudskosten, afschrijvingen van de schepen, administratiekosten, etc. In dit geval wordt dit toegekend aan de ijsbrekertarieven (Tseng & Cullinane, 2018). Volgens onderzoek van Sibul & Jin (2021) is de ijsdikte gerelateerd aan de vaarsnelheid, aangezien dikker ijs zal zorgen voor meer weerstand en bijgevolg een lagere vaarsnelheid. Daarom wordt in dit onderzoek de vaartijd ook gelinkt aan de ijsdikte omwille van de aanname dat de snelheid van een schip, met als gevolg dus ook de duur van de scheepsreis, beïnvloed zal worden door de ijsdikte.

De variabele omtrent het scheepstype (conventioneel schip of PC6-schip) wordt in figuur 49 benoemd als ‘scheepsconstructie’. Tot slot kan de factor ‘navigatie’ gekoppeld worden aan de variabele ‘vaarvenster’ in dit onderzoek, aangezien beiden de navigatieperiodes betrekken (Tseng & Cullinane, 2018). Tabel 3 geeft de gewichten voor de vijf verschillende variabelen weer.

Tabel 3: Gewichten van de variabelen (eigen werk)

Variabelen	IJsklasse	Vaarvenster	Ijsdikte	Brandstofprijs	Ijsbrekertarifiering
Gewicht	0,17373	0,18138	0,18311	0,25122	0,21056

Men kan opmerken dat deze gewichten niet overeenkomen met de waarden die in Figuur 47 weergegeven worden. Dit heeft te maken met het feit dat het onderzoek van Tseng & Cullinane

(2018) resulteerde in 16 beïnvloedende factoren. In deze masterproef wordt er echter ‘slechts’ rekening gehouden met vijf variabelen, waardoor de gewichten uit het onderzoek opnieuw genormeerd moesten worden naar één.

Tabel 3 geeft ook aan dat de economische factoren, zijnde de brandstofprijs en de prijs van de ijsbrekerbegeleiding, zwaarder doorwegen in de keuze om de NSR als zeeroute te gebruiken in vergelijking met het klimatologische/technische aspect.

3.3.1.2 Impact

De impact van de variabele ‘ijsklasse’ wordt als positief beschouwd bij een PC6-schip en negatief bij een conventioneel schip. Dit kan enerzijds verklaard worden aan de hand van de langere toegankelijkheid en anderzijds door het gegeven dat deze ijsbestendige schepen een kleinere kans zullen hebben op onvoorziene omstandigheden en ongevallen, wat positief is voor de scheepsreis en de crew aan boord van het schip. Daarnaast krijgt het vaarvenster een positieve impact omwille van het feit dat een langere toegankelijkheid beschouwd zal worden als positief voor de trans-Arctische scheepvaart. De ijsdikte, daarentegen, wordt aanzien als een negatieve impact. Dit betekent dus dat een lagere waarde als ijsdikte als zijnde positief wordt beoordeeld. Vervolgens zorgt de variabele met betrekking tot de brandstofprijzen voor een positieve impact omdat de assumptie wordt gemaakt dat hogere brandstofprijzen de Noordelijke Zeeroute aantrekkelijker zullen maken omwille van de kortere afstand in vergelijking met de Suez-route. Tot slot zal een korting op de ijsbrekertarieven ook positief worden aanzien omwille van het feit dat een kostenverlaging één van de grootste aantrekkingskrachten kan zijn.

3.4 Selectie scenario's

Na het uitvoeren van de TOPSIS-methode op de 72 mogelijke scenario's werden 10 scenario's geselecteerd om geanalyseerd te worden. Initieel was het de bedoeling om bij de uiteindelijke rangschikking de top 10 te selecteren, maar deze scenario's zijn zeer vergelijkbaar aan elkaar. Zo bestaat de top 10 uitsluitend uit scenario's betreffende een PC6-schip, waarbij de ijsdikte voldoende laag is om onafhankelijk van ijsbrekerondersteuning te varen. Daarom worden ook lager geklasseerde scenario's geselecteerd om voor meer variatie te zorgen. Zo wordt bijvoorbeeld ook geopteerd voor scenario's met een grotere ijsdikte zodat dit de maanden november tot februari zou kunnen voorstellen. Bij deze scenario's werd er echter wel nog steeds voor de hoogst mogelijke klassering gekozen. Daarnaast worden ook de drie hoogst geklasseerde scenario's met betrekking tot een conventioneel schip geselecteerd. Bijlage 4 geeft een volledig overzicht van de classificering van

de 72 mogelijke scenario's. Tabel 4 geeft een weergave van de geselecteerde scenario's, alsook hun potentieel.

Tabel 4: Selectie scenario's (eigen werk)

Scenario	IJscondities	Ijssklasse	Vaarvenster (dagen)	Ijsdikte (cm)	Ijsbreker- begeleiding	Brandstof prijs (\$/ton)	Ijsbreker -tarieven	Potentieel
54	SSP5-8.5	PC6	240	10	Neen	1050	50% reductie (nvt)	100%
18	SSP2-4.5	PC6	180	15	Neen	1050	50% reductie (nvt)	86,97%
66	SSP5-8.5	PC6	240	50	Neen	1050	50% reductie (nvt)	72,64%
42	SSP5-8.5	Geen	120	10	Neen	1050	50% reductie (nvt)	72,18%
6	SSP2-4.5	Geen	120	15	Neen	1050	50% reductie (nvt)	68,34%
48	SSP5-8.5	Geen	120	35	Ja	1050	50% reductie	65,68%
71	SSP5-8.5	PC6	240	100	Ja	780	50 reductie	44,08%
69	SSP5-8.5	PC6	240	100	Ja	1050	Huidige tarieven	43,15%

26	SSP2-4.5	PC6	180	75	Ja	780	Huidige tarieven	42,78%
36	SSP2-4.5	PC6	180	115	Ja	1050	50% reductie	41,57%
Suezroute	Nvt	Geen	360	Nvt	Nvt	1050	Nvt	Nvt
						780		

De eerste twee scenario's in de rangschikking lijken situaties te zijn die zich in de zomer/herfstperiode afspelen omwille van de ijsdikte. Scenario 42 en scenario 6 lijken ook in deze periode te zijn, maar gebruik makende van een conventioneel schip in plaats van een ijsversterkt schip. Scenario 48 lijkt net buiten de zomer/herfstperiode te vallen, gezien de ijsdikte van 35 centimeter en het feit dat er enkel toegang tot de NSR kan verleend worden onder ijsbrekerbegeleiding. Ook scenario 66 lijkt zich net buiten de zomer/herfstperiode af te spelen, maar in tegenstelling tot scenario 48 zal er in dit geval geopteerd worden voor een PC6-schip zonder ijsbrekerondersteuning. De overige scenario's lijken niet meer in het huidige traditionele vaarvenster plaats te vinden, maar eerder in december, januari of misschien zelfs februari (afhankelijk van het IPPC-scenario).

Het is belangrijk om te vermelden dat deze scenario's slechts momentopnames voorstellen. De variabele 'vaarvenster' indiceert niet dat die bepaalde ijsdikte of de nood aan ijsbrekerbegeleiding dat hele vaarvenster zal tellen, maar slechts een beperkte periode van enkele dagen of mogelijk zelfs maanden binnen dat vaarvenster.

4 Analyse omtrent de concurrentiekracht

In dit onderdeel worden de verschillende scenario's, die geselecteerd werden door middel van de TOPSIS-methode, geanalyseerd en vergeleken met het basisscenario, zijnde de route van Azië naar Europa gebruik makende van het Suezkanaal. De analyse gebeurt op basis van drie kwantitatieve criteria, namelijk de lengte van de zeeroute, de duur van de zeeroute en tot slot de kosten.

4.1 Assumpties en data

Alvorens een analyse kan plaatsvinden, is het nodig om eerst het type schip waarmee de scheepsreis zal aangevat worden te specificeren, alsook de assumpties die verondersteld worden om een analyse te garanderen. Deze veronderstellingen zijn belangrijk, aangezien de basis van elke vergelijkende analyse gemeenschappelijke veronderstellingen en vergelijkbare gegevens zijn (Srinath, 2010).

Er zal een analyse gemaakt worden over een hypothetisch containertransport van de haven van Shanghai (China) naar de haven van Antwerpen-Brugge (België). Wanneer men kijkt naar de huidige cargoschepen die de transitroute bevaren hebben in 2020 concludeert men dat de route momenteel voornamelijk wordt aangedaan door general cargo-schepen en tankers (zie 1.2.4 *Scheepstypes (2020)*). Echter, aangezien dit onderzoek de focus legt op het transport tussen China en België en het meest dominante cargosegment *containersshipping* betreft, zal deze masterproef zich focussen op de concurrentiekracht van de Noordelijke Zeeroute ten opzichte van de Suezroute voor containerschepen tussen Shanghai en Antwerpen.

Voor de NSR-scenario's werd gekozen voor een containerschip van een toekomstig project van Aker Arctic, een Fins ingenieursbedrijf dat zich specialiseert in ontwikkeling, ontwerp, engineering, advies- en testdiensten voor ijsvaartuigen, ijsbrekers en offshore mariene structuren. Dit bedrijf heeft namelijk een ijsbestendig schip ontworpen van 8.000 TEU met een diepgang van 13,0 meter (Aker Arctic, z.d.). Het merendeel van de andere studies onderzochten de economische haalbaarheid van de NSR voor containerschepen tussen de 4.000 en 5.300 TEU. Dit onderzoek richt zich op een containerschip dat bijna dubbel zo groot is, aangezien deze studie wil inspelen op de tendens van de almaar groter wordende containerschepen. Er wordt ook verondersteld dat een schip van 4.000 in de toekomst niet zal kunnen opboksen tegen de grote containergiganten. Daarnaast wordt ook de economische redenering gemaakt dat de kost per TEU daalt bij een groter schip, wat ook invloed kan hebben op de concurrentiekracht.

De scheepsgrootte is een belangrijke factor die gemeenschappelijk moet zijn tussen het basisscenario en het NSR-scenario om een eerlijke vergelijking te maken. Een vergelijkbare scheepsgrootte geeft gelijke schaalvoordelen op alle routes. In deze masterproef wordt de scheepsgrootte voornamelijk bepaald door de diepgang van bepaalde delen op de NSR. Het basisscenario kent geen beperkingen met betrekking tot diepgang omwille van het 24,0 meter diepe Suezkanaal. De kleinste diepgang langs de Arctische route bevindt zich in de Straat van Dmitri Laptev (6,7 meter), maar deze zeestraat wordt hierdoor uitgesloten. Er zal namelijk gebruik worden gemaakt van de Sannikov-Straat die schepen met een maximale diepgang van 13,0 meter toelaat, wat betekent dat het geselecteerde containerschip van Aker Arctic toegang heeft tot dit segment.

Aangezien de scheepsgrootte een belangrijke rol speelt, wordt er gekozen voor een conventioneel containerschip van 8063 TEU, genaamd OOCL-London, om zowel de Suezroute als de NSR-scenario's met een *open water vessel* aan te doen. Tabel 5 geeft een vergelijking van beide schepen.

Tabel 5: Vergelijking tussen de twee geselecteerde schepen (eigen werk gebaseerd op gegevens van Aker Arctic, 2021 & Marinetraffic, 2022)

	Aker Arctic	OOCL London
Lengte	300 meter	322,97 meter
Breedte	46 meter	42,8 meter
Diepgang	13 meter	10,2 meter
Ijssklasse	PC7	Geen
Containercapaciteit	8.000 TEU	8.063 TEU
Jaartal	Enkel <i>outline design</i> is reeds gebeurd	2010
Maximumsnelheid	Onbekend	20,9 knopen
DWT	Onbekend	105.505
Brutoregister tonnage	90.021 ton	90.021 ton
Kostprijs	104,78 miljoen USD	87,9 miljoen USD

Niet alle gegevens werden door een gebrek aan transparantie gevonden, waardoor er enkele veronderstellingen en aannames werden gemaakt. Tabel 5 toont dat de Aker Arctic over een ijsklasse PC7 beschikt. In deze studie wordt er echter van uitgegaan dat dit schip over een ijsklasse PC6 zal beschikken. De OOCL-London heeft volgens MarineTraffic een brutoregister tonnage van 90021 ton. Het andere vaartuig wordt verondersteld een even groot brutoregister tonnage te hebben.

Daarnaast wordt de kostprijs van een conventioneel containerschip met een capaciteit van 8.000 TEU vastgelegd op 87,9 miljoen USD (Furuichi & Otsuka, 2013). Volgens Figuur 46: *Premies voor de bouwkosten en brandstofverbruik van een ijsbestendig schip (Sibul & Jin, 2021)* kan de bouw van een schip met ijsklasse PC6 een meerkost van 19,2% hebben, wat resulteert in een totale kost van 104,78 miljoen USD voor het aankopen van een PC6-schip. Deze gedachte lijkt ook ondersteund te worden in de studie van Furuichi & Otsuka (2013), aangezien de kost van een PC6-schip in hun studie slechts 100.000 USD meer bedraagt.



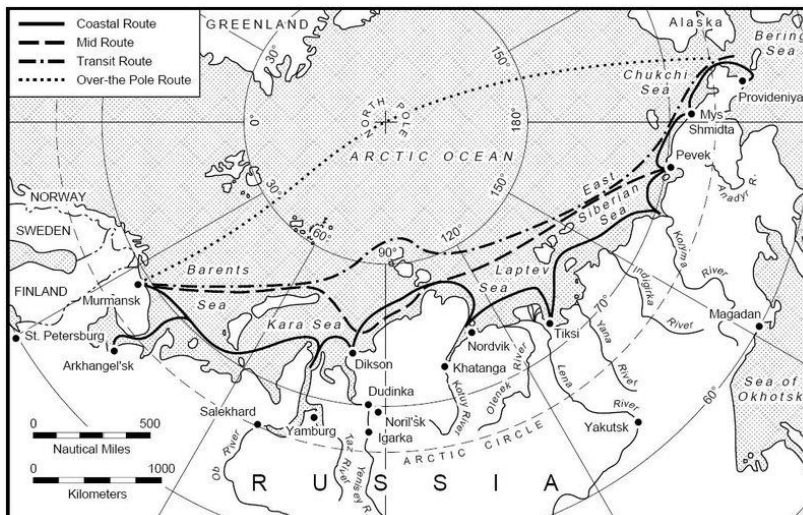
Figuur 48: Aker Arctic containerschip (Aker Arctic, z.d.)



figuur 49: OOCL-London (Vesselfinder, 2022)

4.2 Lengte

Zoals in het begin van deze masterproef reeds werd aangehaald, bestaat de Noordelijke Zeeroute niet uit één vast traject, maar uit verschillende mogelijke combinaties die leiden tot éénzelfde punt van aankomst. De gekozen route binnen de NSR zal sterk afhangen van de ijsbedekking op een bepaald moment, de ijsklasse, de diepgang van het schip en het navigatiesizoen. Men onderscheidt doorgaans twee verschillende variaties binnen de NSR; de kustroute en de transitroute (Sibul & Jin, 2021). De variaties binnen de NSR worden weergegeven op Figuur 50.



Figuur 50: Visuele voorstelling variaties binnen de NSR (Arctis Economics, 2008)

Figuur 50 geeft nog twee extra routes weer, met name de *mid route* en de transpolaire zeeroute. Wegens onvoldoende academische bronnen zal de *mid route* buiten beschouwing worden gelaten. De transpolaire route wordt ook niet meegenomen in dit onderzoek omdat deze scheepvaartroute wordt onderscheiden van de Noordelijke Zeeroute, net zoals de Noordoostelijke- en Noordwestelijke Doorvaart (zie paragraaf 1.1 Geografische situering).

De afstanden met betrekking tot de kustroute en de transitroute langsheen de NSR, die in sectie 4.2.1 en 4.2.2 verder zullen worden uitgediept, werden gevonden door gebruik te maken van de routesegmenten gebaseerd op het IBCAO van Jakobsson et al. (2012). Het IBCAO-project had één hoofddoelstelling: het verzamelen van alle beschikbare bathymetrische gegevens voor de compilatie van de meest up-to-date bathymetrische illustratie van de Noordelijke IJszee (Jakobsson et al., 2012). Ook de afstandsmetingen van Google Earth en een rapport van National Geospatial-Intelligence Agency (2001) met betrekking tot afstanden tussen havens waren hulpmiddelen om de lengtes van de scheepvaartroutes te bepalen.

4.2.1 Kustroute

De kustroute is de meest zuidelijk gelegen scheepvaartroute langsheen de Russische kusten. Deze route is over het algemeen veiliger omwille van de nabijheid van havens die over ijsbrekers beschikken, waardoor het desbetreffende schip sneller geholpen kan worden in tijden van nood. Daarnaast heeft deze route over het algemeen ook gunstigere ijscondities, met name een mildere ijsdikte (Sibul & Jin, 2021). Deze route kent echter ook enkele nadelen, zoals een langere afstand in vergelijking met de routes die verder van de kust gelegen zijn. Vervolgens kent deze route ook

beperkingen omtrent diepgang, aangezien de Sannikov-Straat slechts toegankelijk is voor schepen met een maximale diepgang van 13 meter (Pastusiak, 2016).

Bij het scheepstraject tussen de haven van Shanghai en de haven van Antwerpen-Brugge, gebruik makende van de Noordelijke Zeeroute, dient men vanuit Shanghai koers te zetten richting de haven van Provideniya. Deze Russische haven is dan ook het beginpunt van de Noordelijke Zeeroute voor schepen die westwaarts varen. Het traject Shanghai – Provideniya heeft een lengte van 3616,88 NM (6698,49 km) en werd gevonden door middel van een afstandsschatting via Google Earth en een rapport gepubliceerd door National Geospatial-Intelligence Agency (2001) omtrent afstanden tussen havens.

Voor het scheepstraject langs de Noordelijke Zeeroute werd gebruik gemaakt van het IBCAO. De voorstelling van de kustroute wordt weergegeven op Figuur 51 en Figuur 52 door de rode route. Keuzepunt 132 op Figuur 51 stelt de haven van Provideniya en bijgevolg het beginpunt van de NSR voor. Vervolgens volgt de route zo dicht mogelijk bij de kustlijn tot keuzepunt 113, waar het schip Straat De Long zal doorvaren (aangegeven door de gele cirkel met nummer 6). Het schip blijft relatief dicht bij de Russische kust en gaat vervolgens door de Sannikov-Straat (nummer 5) in plaats van de Straat van Dmitri Laptev (nummer 4). De Sannikov-Straat wordt beperkt door een diepgang van 13 meter, maar is op het gebied van dieptegang toegankelijker in vergelijking met de diepgang van 6,7 meter van de Straat van Dmitri Laptev.

Het schip vaart verder richting keuzepunt 61. Vanaf dit punt dient men de route verder te volgen op Figuur 52. Het schip zal ook de Straat Vilkitski (nummer 2) doorvaren en vervolgens weer relatief dicht bij de Russische kust varen. Tot slot zal het schip ook gebruik maken van de Karische Poort (nummer 1), waarna het schip de laatste kilometer (of nautische mijlen) vaart richting keuzepunt 1, wat de haven van Moermansk markeert en tevens ook het eindpunt van de Noordelijke Zeeroute inhoudt. Dit Arctische traject heeft, volgens de IBCAO van Jakobsson et al. (2012), een totale lengte van 3414,6 NM (6323,84 km).

Het laatste traject betreft de scheepsroute tussen de haven van Moermansk en de uiteindelijke bestemming, zijnde de haven van Antwerpen-Brugge, te zijn. Dit geeft een lengte van 2089 NM (3868,83 km). Wanneer deze drie segmenten bij elkaar worden opgeteld, geeft dit een totale lengte van ongeveer 9120,48 NM, wat neerkomt op een traject van 16891,16 kilometer.

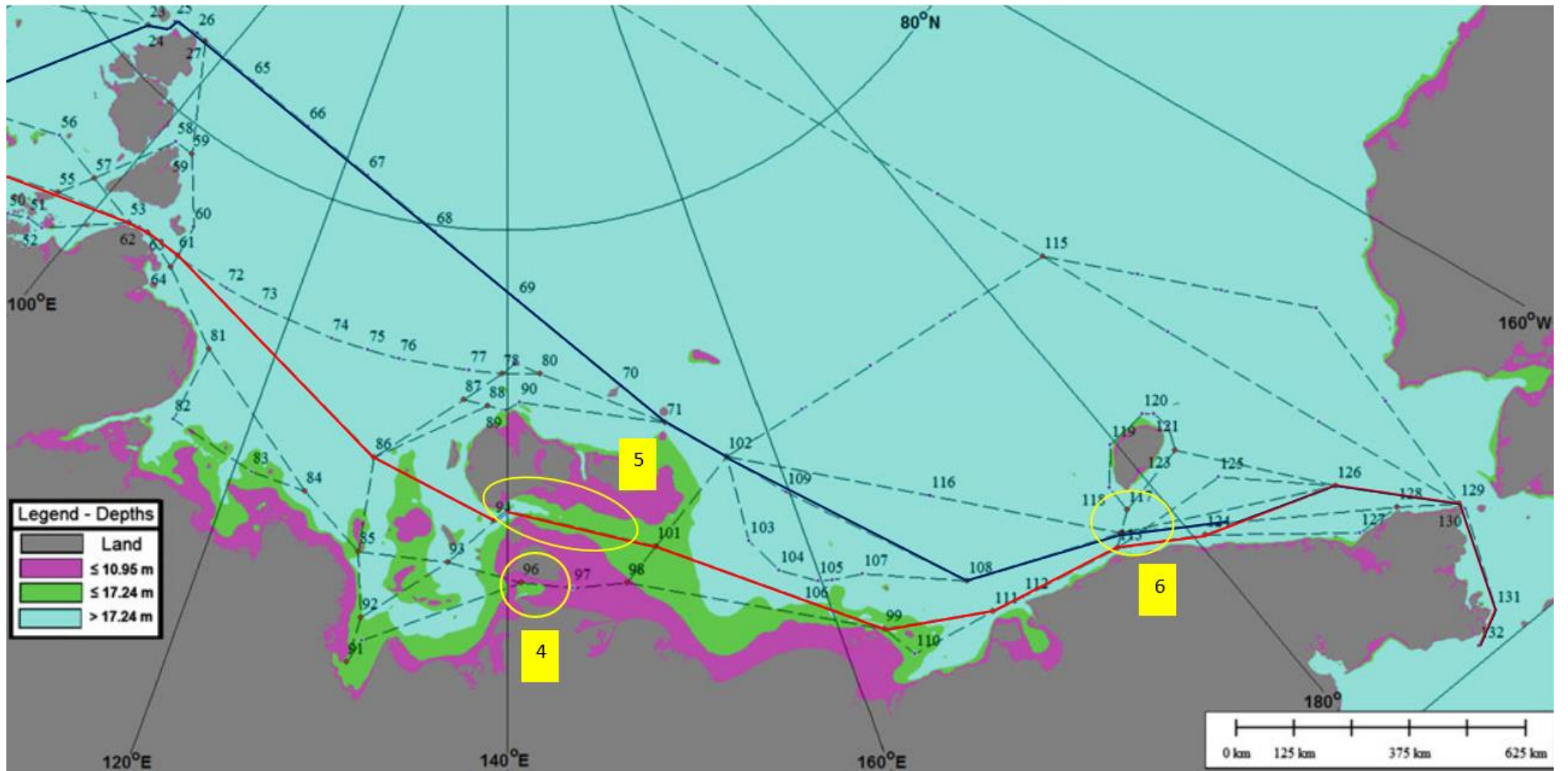
4.2.2 Transitroute

De transitroute van de NSR bevindt zich meer in de noordelijke richting in vergelijking met de kustroute, waardoor deze route korter zou moeten zijn. Deze scheepvaartroute gaat echter wel gepaard met veel strengere ijscondities, zijnde veel dikker pakijswat doorbroken dient te worden. De transitroute kent wel geen beperkingen omtrent de diepgang, waardoor ook de grootste schepen er kunnen varen. De toegankelijkheid zal eerder afhangen van de ijsklasse van het schip dan de grootte van het schip (Pastusiak, 2016).

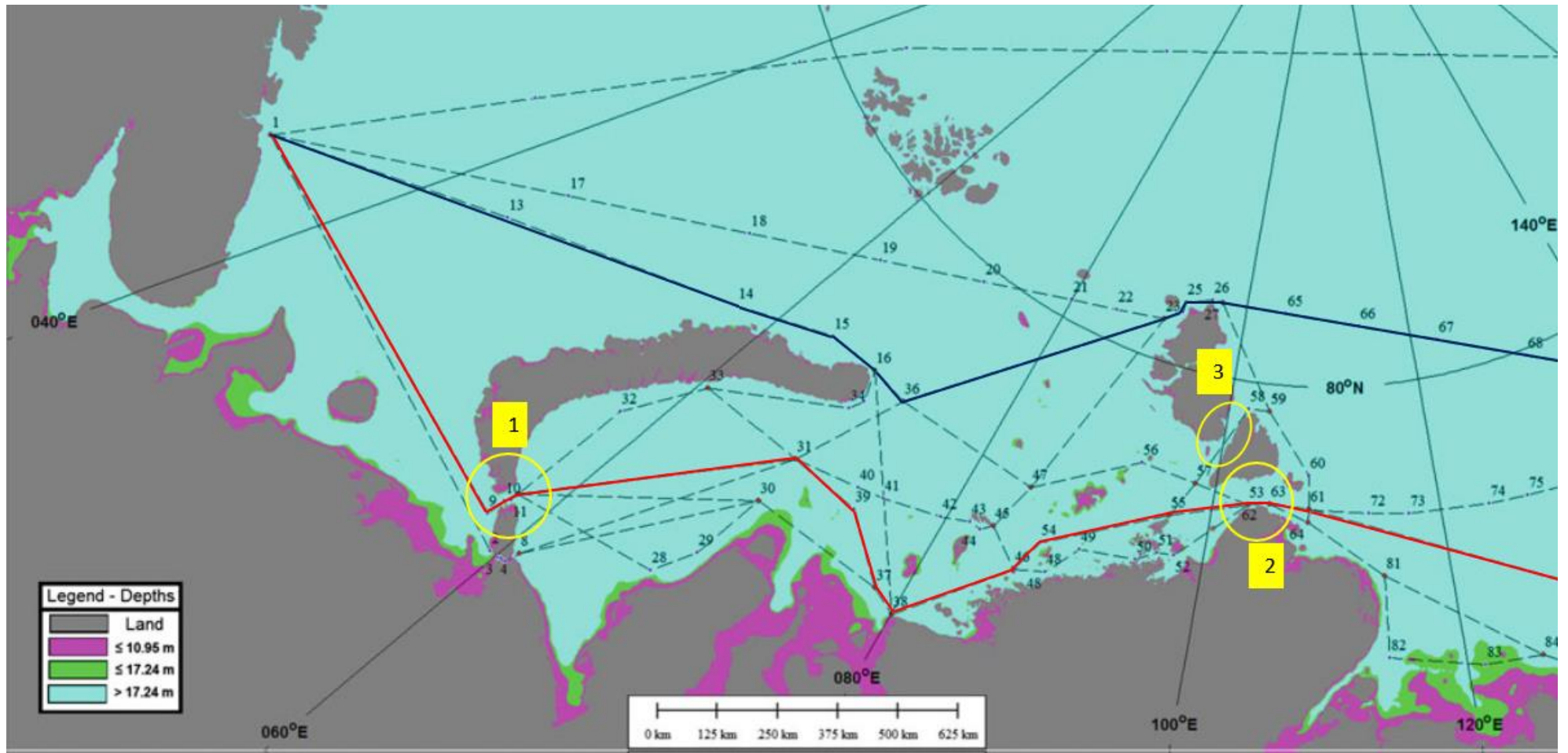
Net zoals in paragraaf 4.2.1 *Kustroute* reeds werd aangehaald, zal het eerste traject bestaan uit Shanghai – Provideniya, wat een afstand geeft van 3616,88 NM (6698,49 km). Figuur 51 en 52 geven de transitroute weer door middel van een donkerblauwe lijn. Het startpunt voor westwaartse schepen op de Noordelijke Zeeroute is wederom keuzepunt 132, met name de haven van Provideniya. In het begin volgt de transitroute een gelijkaardige weg met de kustroute. Het schip zal ook gebruik maken van Straat De Long (nummer 6), maar zal na deze zeestraat steeds verder weg van de Russische kust beginnen te varen. De transitroute maakt hierdoor geen gebruik van de Sannikov-Straat, maar vaart rondom de Anzjoe eilanden. Bovendien vervolgt het schip zijn route door nog noordelijker te gaan varen richting keuzepunt 26.

Vanaf het voorbijvaren van keuzepunt 26 bevindt het schip zich op Figuur 52. In tegenstelling tot een schip dat de kustroute gebruikt, zal er geen gebruik worden gemaakt van Straat Vilkitski, waardoor het rond Noordland zal varen, waarna het terug noordelijker zal varen en op deze manier het eiland Nova Zembla zal omvaren. Een schip gebruikmakend van de transitroute zal dus ook geen gebruik maken van de Karische Poort. Eens aangekomen aan keuzepunt 1, de haven van Moermansk, is de Arctische route voltooid. De transitroute op de NSR heeft een lengte van 2739,4 NM (5073,37 km), wat ongeveer 675 NM (1250 km) korter is in vergelijking met de kustroute.

Het traject tussen de haven van Moermansk en de haven van Antwerpen-Brugge is net zoals bij de kustroute gelijk aan 2089 NM (3868,83 km). Dit geeft een totale lengte van 8445,28 NM (15640,69 km).



Figuur 51: Voorstelling kust- en transitroute via IBCAO deel 1 (Pastusiak, 2016)



Figuur 52: Voorstelling kust- en transitroute via IBCAO deel 2 (Pastusiak, 2016)

4.2.3 Suezroute

Het traject Shanghai – Antwerpen is volgens een online *sea distance calculator* gelijk aan 10530 NM (19500 km). Dit is de scheepvaartroute die momenteel het meest gebruikt wordt om goederen van Azië naar Europa te transporteren. Andere huidige mogelijkheden zijn het gebruik van het Panama Kanaal in plaats van de Suezkanaal of omvaren via Kaap De Goede Hoop. Deze routes zijn echter langer, waardoor er in de praktijk bijna altijd geopteerd zal worden voor de route via het Suezkanaal. Figuur 53 geeft de route via het Suezkanaal weer.



Figuur 53: Voorstelling Suezroute (ShipmentLink, z.d.)

4.3 Conclusie

Tabel 6 concludeert dat de Noordelijke Zeeroute met betrekking tot de lengte van het maritieme traject korter is dan de huidige Suezroute. Wanneer men gebruik maakt van de kustroute langsheen de NSR, is deze net iets meer dan 13% korter in vergelijking met de conventionele route. Wanneer men gebruik zal maken van de transitroute merkt men dat deze zelfs nog korter is, zijnde met net geen 20%.

Tabel 6: Conclusie afstand (eigen werk)

Route	Suezroute	Kustroute (NSR)	Transitroute (NSR)
Afstand	10530 NM (19500 km)	9120,48 NM (16891,16 km)	8445,28 NM (15640,69 km)



Het is wel belangrijk om op te merken dat de kustroute gelimiteerd wordt door de diepgang van het schip, aangezien deze route gebruik maakt van de Sannikov-Straat en deze enkel schepen met een maximale diepgang van 13 meter toelaat. De transitroute wordt dan weer beperkt door strengere ijscondities, aangezien deze route noordelijker en dus verder van de Russische kust gelegen is. Hierdoor wordt de assumptie gemaakt dat conventionele schepen (zonder ijsklasse) niet toegelaten zullen worden op de transitroute en dus steeds de kustroute zullen moeten aandoen. Men gaat er ook vanuit dat conventionele schepen een route dicht bij de kust prefereren omwille van het feit dat deze schepen sneller geholpen kunnen worden indien zij toch vast komen te zitten in het ijs. Dit betekent dat in scenario's 42, 6 en 48 de kustroute toegepast zal worden. Ook scenario's 54 en 18 worden verondersteld de kustroute te hanteren, aangezien het zeer onwaarschijnlijk lijkt (zelfs bij IPCC-scenario SSP5-8.5) dat de gegeven ijsdiktes, zijnde 10 of 15 centimeter, de maximale ijsdiktewaarden zullen zijn dat het schip zal tegenkomen op de noordelijker gelegen transitroute. De overige geselecteerde scenario's (71, 69, 26 en 36) zullen wel gebruik maken van de transitroute, aangezien deze scenario's qua ijsdikte beter stroken met de realiteit. Ook scenario 66 zal gebruik maken van de transitroute: dit is een scenario dat op het einde van de zomer/herfst periode neigt plaats te vinden, waardoor de ijsdikte reeds hoger is, maar het schip toch nog steeds in staat zal zijn om de route zonder ijsbrekerassistentie te bevaren.

Tabel 7 is een samenvattende tabel van de afstanden met betrekking tot de geselecteerde scenario's.

Tabel 7: Samenvatting afstanden bij geselecteerde scenario's (eigen werk)

Scenario	Afstand
Basisscenario (Suezroute)	10530 NM (19500 km)
54	9120,48 NM (16891,16 km)
18	9120,48 NM (16891,16 km)
66	8445,28 NM (15640,69 km)
42	9120,48 NM (16891,16 km)
6	9120,48 NM (16891,16 km)
48	9120,48 NM (16891,16 km)
71	8445,28 NM (15640,69 km)

69	8445,28 NM (15640,69 km)
26	8445,28 NM (15640,69 km)
36	8445,28 NM (15640,69 km)

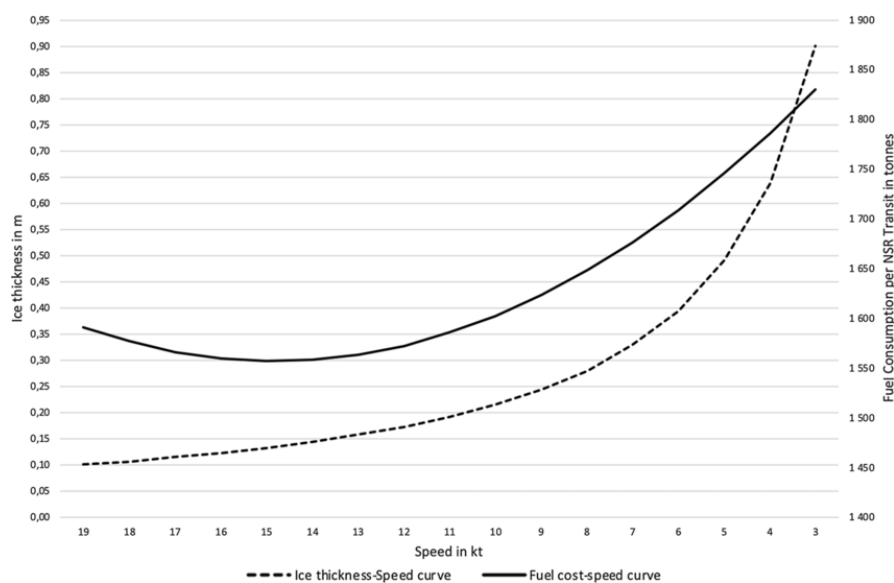
4.4 Duur

Tabel 6 *Conclusie afstand (eigen werk)* toont ook aan dat de transitroute in totale afstand voordeliger is in vergelijking met de kustroute. De transitroute is namelijk 675 NM korter, wat neerkomt op een afstandsreductie van bijna 20%. Je zou dus kunnen veronderstellen dat de transitroute dan ook automatisch een tijds- en kostenvoordeel zal opleveren, maar dit is niet per se het geval. De totale vaartijd op het gedeelte langs de NSR zou wel eens gelijk aan elkaar kunnen zijn, aangezien de transitroute gepaard gaat met een hogere ijsdikte en bijgevolg ook een tragere snelheid. Daarom zal dit onderdeel de snelheden van de schepen en daardoor ook de totale duur van het zeetransport van de geselecteerde scenario's met elkaar aftoetsen.

4.4.1 Vaarsnelheid

De ijsdikte is de meest beïnvloedende variabele met betrekking tot de operationele snelheid van een schip langs de Noordelijke Zeeroute. Het onderzoek van Sibul & Jin (2021) definieert drie verschillende mogelijkheden. De eerste mogelijkheid geeft de vaaromstandigheden in praktisch ijsvrij water (tussenkost van een ijsdikte van maximaal 10 centimeter) aan, waar de technische kenmerken van het schip de snelheid bepalen. Vervolgens is er ook een optie waar het schip met ijsklasse ijzige waters trotseert en hierdoor de snelheid moet verminderen omwille van de weerstand van het ijs. Tot slot is het ook mogelijk dat een schip (al dan niet met ijsklasse) ook ijzige wateren zal bevaren, maar onder begeleiding van een ijsbreker die een kanaal vrijmaakt. In dit geval zal de snelheid beperkt worden tot de dikte van het ijs en het technische proces van de ijsbreker om het ijs te breken.

De stippellijn op Figuur 54 geeft de relatie tussen ijsdikte en vaarsnelheid weer. Men kan bijvoorbeeld afleiden dat een ijsdikte van 10 cm zal leiden tot weinig beperking omtrent vaarsnelheid. Het schip zal op designsnelheid kunnen varen, wat optie één van de drie mogelijke opties typeert. Een dikte van 50 cm zal de snelheid dan weer drastisch verlagen tot 5 knopen. De volle lijn geeft de link tussen brandstofverbruik en snelheid weer, maar is minder relevant voor dit onderdeel.



Figuur 54 link tussen ijsdikte en snelheid + link tussen brandstofverbruik en snelheid (Cariou et al., 2019)

4.4.1.1 Gemeenschappelijke trajecten

Er zijn twee trajecten die beide schepen zullen afleggen. Enerzijds de route vanaf de haven van Shanghai tot aan de haven van Provideniya, wat als startpunt van de NSR voor westwaartse bewegingen wordt aangegeven en anderzijds vanaf de haven van Moermansk (einde van de NSR) tot aan de eindbestemming, zijnde de haven van Antwerpen-Brugge. Zowel het ijsbestendige schip als het conventionele schip zal dit traject bevaren, aangezien de NSR ook door *open water vessels* bevaren zal worden.

Het traject Shanghai – Provideniya heeft een lengte van 3616,88 NM. Deze afstand wordt bevaren aan een snelheid van 19 knopen, wat neerkomt op een reistijd van net geen 7 dagen en 22 uur.

Het traject Moermansk – Antwerpen heeft een lengte van 2089 NM. Deze afstand wordt ook bevaren aan de maximale snelheid, wat zorgt voor een reistijd van net geen 4 dagen en 14 uur.

Het is belangrijk om te vermelden dat er geen rekening wordt gehouden met het concept *slow steaming* omdat dit gegeven een analyse over de tijdsduur bemoeilijkt. Daarom wordt ervan uitgegaan dat elk schip steeds de maximaal (toelaatbare) snelheid zal varen.

4.4.1.2 Het traject langs de NSR

Bij de gemeenschappelijke trajecten werd reeds de duur van het maritieme transport gegeven voor de trajecten Shanghai – Provideniya en Moermansk – Antwerpen. In dit onderdeel zal de duur van het tussenliggende Arctische traject beschreven worden. Men onderscheidt hierin twee onderdelen.

Eenzijds de scenario's zonder ijsbrekerbegeleiding en anderzijds diegene met ijsbrekerondersteuning. Dit onderscheid wordt weergegeven omdat de opvatting om de transporttijd te berekenen verschilt van elkaar.

4.4.1.2.1 Scenario's zonder ijsbrekerbegeleiding

Er zijn twee geselecteerde scenario's die een ijsdikte bevatten van maximaal 10 cm, zijnde scenario's 54 en 42. In scenario 54 zal er gebruik worden gemaakt van een PC6-schip, terwijl in het andere scenario de NSR bevaren zal worden door een conventioneel containerschip. Beide schepen zullen volgens Figuur 54 aan 19 knopen kunnen varen over een afstand van 3414,6 NM (kustroute). Dit geeft een reistijd van 7 dagen en 12 uur voor beide scenario's.

Vervolgens zijn er ook twee scenario's met een ijsdikte van maximaal 15 cm, met name scenario's 18 en 6. Net zoals bij de twee reeds besproken scenario's zal het ene scenario (18) de Arctische route volbrengen met een PC6-schip, terwijl het andere scenario (6) het gebruik van een conventioneel containerschip inhoudt. Beide scenario's zullen varen langs de kustroute, wat ook een nautische afstand van 3414,6 NM geeft. Echter, dient de snelheid in deze twee gevallen verlaagd te worden naar 14 knopen in vergelijking met scenario 54 en 42. Dit geeft een reistijd van 10 dagen en 4 uur op de NSR voor scenario's 18 en 6.

Scenario 66 houdt een maximale ijsdikte van 50 cm in. De transitroute zal dan onafhankelijk van ijsbrekerassistentie bevaren worden door een PC6-schip. Zoals reeds beschreven werd in paragraaf 4.2.2 *Transitroute* hebben de transitroute en de kustroute een gemeenschappelijk en een quasi gemeenschappelijk traject. Figuur 51 toont aan dat keuzepunt 132 (Provideniya) tot keuzepunt 124 worden aangedaan door zowel schepen op de kustroute als schepen op de transitroute. Aangezien het een beetje kort door de bocht zou zijn om te veronderstellen dat de hele Arctische route een ijsdikte van 50 cm zou bevatten, wordt de assumptie gemaakt dat het traject van keuzepunt 132 tot 124 een geringere ijsdikte van 30 cm zal vertonen omwille van de zuidelijkere ligging. Ook de afstand tussen keuzepunt 124 en 108 zal worden aanzien met iets gunstigere condities (ijsdikte van 30 cm). Vanaf keuzepunt 108 zal worden verondersteld dat de dikte 50 cm zal zijn omwille van de noordelijkere ligging van de resterende route. Deze veronderstelling wordt ook ondersteund door Pastusiak in zijn simulatie beschreven in het boek *The Northern Sea Route as a Shipping Lane*. De route met een ijsdikte van 30 cm heeft een lengte van 910 NM (1685,32 km) en zal worden bevaren met een snelheid van 8 knopen. Het resterende deel van de Arctische route zal aan een snelheid van 5 knopen worden aangedaan. Dit geeft een reistijd op de NSR van 19 dagen en 23 uur voor scenario 66.

4.4.1.2.2 Scenario's met ijsbrekerbegeleiding

Omwille van een gebrek aan academisch materiaal omtrent de snelheden van door ijsbreker geëscorteerde schepen, zal de veronderstelling gemaakt worden dat men het begeleide schip zal slepen. Zoals reeds uitgelegd in 3.2.2.2 *Ijsbrekerbegeleiding* worden er doorgaans drie vormen van ijsbrekerondersteuning onderscheiden. Bij het slepen van een vaartuig wordt geacht dat het vaartuig zich op korte afstand bevindt van de ijsbreker. Dit kan ook niet anders, aangezien de 2 vaartuigen aan elkaar gekoppeld worden met een sleeplijn. Hierdoor zal de snelheid en de koers van het begeleide vaartuig gelijk zijn aan dat van de ijsbreker.

Men dient wel op te merken dat het slepen van een vaartuig een hoger risico inhoudt met betrekking tot scheepsincidenten, aangezien het gesleepte vaartuig enkel snelheid kan verminderen door middel van putsen. Ondanks het hogere risico merkt een Fins/Zweedse studie van Heinonen & Immonen, beide onderzoekers bij Aker Arctic Technology, (2017) op dat er wordt aangenomen dat het slepen van vaartuigen in het Noordpoolgebied in de toekomst zal toenemen ten opzichte van de andere vormen omwille van het gedacht dat het motorvermogen van koopvaardij schepen zal afnemen ten gevolge van emissievoorschriften (Heinonen & Immonen, 2017). Het nadeel van de sleeptechniek is het feit dat het slepen wordt voorafgegaan en gevolgd door een periode waarin de schepen stilliggen voor het aan- en afkoppelen van de sleep (Goerlandt et al., 2017). Dit heeft dan wel weer een negatieve impact op de totale duur van de scheepsreis voor de scenario's betreffende ijsbrekerbegeleiding (wat in paragraaf 4.4.2 *Andere beïnvloedende factoren van de totale duur van de scheepsreis* aangehaald zal worden).

Volgens historische data is de gemiddelde snelheid van een ijsbreker bij ijsdiktes tussen 20 en 80 cm gelijk aan 10 knopen. Tussen 80 en 150 cm daalt de snelheid naar 8 knopen (Riska, 2014). Op het eerste gezicht lijkt dit een tamelijk hoge snelheid te zijn waarop de ijsbreker het ijs zal breken en een kanaal zal vrijmaken, maar als een ijsbreker met lage snelheid door het ijs vaart, zullen de ijsschotsen langs de romp glijden en intact blijven. Bij hoge snelheid worden de ijsschotsen in vele stukken gebroken. De ijsbreker zal daarom met een zodanige snelheid varen dat de ijsschotsen in zoveel mogelijk stukken breken, waardoor de kans op schade aan het schip dat in het spoor wordt gesleept, wordt verkleind (Canadian Coast Guard, 2012).

Het is belangrijk om te vermelden dat de aanname wordt gemaakt dat er in elk scenario waarin een ijsbreker van toepassing is, er geen sprake is van een reeds vrijgemaakt kanaal doorheen het pakij van een begeleide scheepsreis van de dag ervoor. Er zal steeds een nieuw kanaal opengeboren worden, wat zorgt voor uniformiteit voor alle scenario's.

Scenario 48 bevat een maximale ijsdikte van 35 cm en stelt hierdoor een periode op het einde van het zomer/herfstvaarseizoen of het begin van het winter/lentevaarseizoen voor. De kustroute zal bevaren worden door een conventioneel schip met assistentie van een ijsbreker. Aangezien het een maximale ijsdikte van 35 cm betreft, gaat men ervan uit dat de ijsbreker een kanaal kan losbreken aan een snelheid van 10 knopen. Het gesleepte conventionele schip zal bijgevolg dus ook een snelheid van 10 knopen aanhouden, wat leidt tot een reistijd langs de NSR van 14 dagen en 11 uur voor scenario 48.

Scenario 26 houdt een maximale ijsdikte van 75 cm in en maakt gebruik van de transitroute. Net zoals bij scenario 66 wordt verondersteld dat het gemeenschappelijke traject tussen kust- en transitroute (keuzepunt 132 tot 108 op Figuur 51) iets gunstigere ijscondities zal bevatten, waardoor de ijsdikte van dit traject vastligt op 50 cm. Vanaf keuzepunt 108 tot aan het einde van de NSR zal wel de hogere ijsdikte van 75 cm aangenomen worden. De eerste 910 NM worden onafhankelijk door een PC6-schip bevaren worden, aangezien deze geringere ijsdikte dit nog net toelaat. Volgens Figuur 54 zal het schip in dit traject een snelheid van 5 knopen aanhouden. Vanaf keuzepunt 108 zal het schip geassisteerd moeten worden door een ijsbreker, wat de snelheid zal verhogen tot 10 knopen. Dit resulteert in een reistijd op de NSR van 15 dagen en 5 uur voor dit scenario.

Scenario 69 en 71 verschillen onderling enkel in brandstofprijzen en de ijsbrekertarieven. De ijsdikte is in beide gevallen 100 cm. Net zoals bij het vorige scenario dat besproken werd, zal terug verondersteld worden dat keuzepunt 132 tot 108, zijnde 910 NM van de 2739,4 NM van de transitroute, lichter zijn qua ijscondities. Het eerste gedeelte zal over een ijsdikte van 70 cm beschikken, waardoor de ijsbreker in deze twee scenario's verschillende snelheden zal aanhouden. De eerste 910 NM zal een snelheid aangehouden worden van 10 knopen, terwijl het resterende deel van de NSR bevaren zal worden aan de gereduceerde snelheid van 8 knopen. Dit geeft voor beide scenario's een vaartijd van 13 dagen en 8 uur op de NSR.

Het laatste NSR-scenario (36) bevat een ijsdikte van 115 cm en maakt gebruik van de transitroute. Dit wordt verondersteld een situatie in de maand januari of februari te zijn, waarbij zelfs de kustroute nu een ijsdikte zal vertonen van minstens 100 cm. Dit betekent dat het PC6-schip de hele transitroute dezelfde snelheid zal aanhouden, namelijk de snelheid van 8 knopen die de ijsbreker ook vaart. Dit resulteert in een reistijd van 14 dagen en 6 uur op de Arctische route voor dit scenario.

4.4.1.3 Suezroute

De reistijd van een schip langs de Suezroute valt eenvoudiger te bepalen, gezien er geen rekening gehouden moeten worden met variabele ijsdiktes en ijsbrekers. Net zoals bij de NSR-scenario's wordt hier ook gewerkt met een constante maximale snelheid van 19 knopen. Er geldt echter wel een maximumsnelheid van 14 knopen gedurende de transit in het 193 kilometer lange Suezkanaal (Suez Canal Authority, 2015). Ook in de Straat van Malacca zal een verminderde snelheid van 15 knopen aangehouden worden. Dit komt neer op een totale reistijd in het Suezkanaal van 11 uur, mits beloodsing in het kanaal (zonder wachttijden) (Rusinov et al., 2021). Het resterende gedeelte duurt 22 dagen en 20 uur, wat samen een totale reistijd van 23 dagen en 22 uur geeft.

4.4.2 Andere beïnvloedende factoren van de totale duur van de scheepsreis

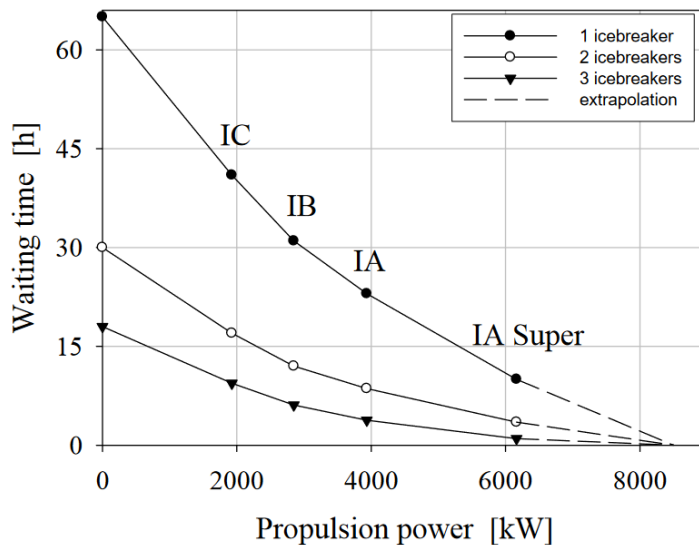
De duur van de totale scheepsreis hangt niet enkel af van de vaarsnelheid van het schip, maar ook van de wachttijden en de beloodsing in bijvoorbeeld het Suezkanaal (relevant bij het basisscenario). Volgens een onderzoek van Rusinov et al. (2021) is de gemiddelde wachttijd bij het Suezkanaal gelijk aan 3 uur. Er wordt verondersteld dat er geen wachttijden optreden in de haven van vertrek en de bestemmingshaven. Hoogst onrealistisch, maar het is relatief ingewikkeld om hier toekomstige schattingen over te maken aangezien deze nogal afhankelijk zijn van globale gebeurtenissen (bijvoorbeeld COVID). Daarnaast zijn de beloodsing in de haven van Antwerpen-Brugge en de laad- en losoperaties in beide havens ook een beïnvloedende factor bij de totale scheepsreis, maar dit zal weinig effect opleveren tussen de scenario's omdat de veronderstelling wordt gemaakt dat het laden of lossen en de beloodsing in de havens in alle scenario's identiek zullen zijn en dus geen impact zullen hebben op de concurrentiekracht tussen de Suezroute en de Noordelijke Zeeroute. In beide havens wordt de aanname gemaakt dat een schip van 8.000 TEU geladen of gelost zal worden binnen de twee dagen.

Ook de aan- en afkoppeltijden bij de Arctische scenario's die gebruik maken van ijsbrekerbegeleiding zullen zorgen voor oponthoud, waardoor dit ook in rekening gebracht moet worden bij de totale duur. Echter, in het onderzoek van Goerlandt et al. (2017) wordt er voor de aan- en afkoppeling slechts 12 minuten in rekening gebracht. Ook Daan Komen, advocaat/partner bij Caland Advocaten vertelde, na consultatie met de *towage master*, dat dit proces 10 minuten tot enkele uren (bij omstandigheden) in beslag kan nemen. Deze tijdspanne is bijgevolg verwaarloosbaar bij de conclusie met betrekking tot de totale duur van de scheepsreis per scenario.

Wat wel in rekening zal worden gebracht, zijn de wachttijden op de dienstverlening van een ijsbreker in het Noordpoolgebied. De ijsgang, het aantal aankomende schepen, het aantal beschikbare ijsbrekers en de ijsklassen van koopvaardij schepen zijn enkele van de variabelen die impact hebben op deze wachttijden (Riska, 2009). Men verwacht dat de wachttijden in de toekomst zullen slinken door een groter aanbod van ijsbrekers, maar dit onderzoek veronderstelt dat het vrachtverkeer op de route in de toekomst dan ook zal stijgen, waardoor er geen sprake zal zijn van kortere wachttijden.

Figuur 55 toont de wachttijd voor een ijsbreker versus het vereiste voortstuwingsvermogen van koopvaardij schepen met het aantal beschikbare ijsbrekers als parameter. De wachttijd werd geëxtrapoleerd naar een voortstuwingsvermogen dat overeenkomt met een alsmat kleinere wachttijd. Het feit dat de wachttijd verlaagt tot nul is echter onjuist, aangezien er altijd ijsomstandigheden zullen zijn (Riska, 2009).

De drie curves stellen de beschikbaarheid van ijsbrekers voor. In dit onderzoek zal de aanname gemaakt worden dat er steeds drie ijsbrekers aanwezig zullen zijn, waardoor het PC6-schip (vergelijkbaar met IA Super) kan rekenen op een wachttijd van slechts 2 uur, terwijl het conventionele schip, wat in deze figuur geassocieerd wordt met een voortstuwingsvermogen in ijs van nul, een wachttijd van 17 uur kan verwachten (Riska, 2009).



Figuur 55: De wachttijden voor een ijsbreker weergegeven in termen van voortstuwingsvermogen en met het aantal ijsbrekers als parameter (Riska, 2009)

4.5 Conclusie

Ondanks dat Tabel 6: *Conclusie afstand (eigen werk)* concludeerde dat zowel de kustroute als de transitroute in nautische mijlen korter zijn dan de Suezroute, zijn er volgens Tabel 8 slechts vier van de tien geselecteerde NSR-scenario's die een kortere totale reistijd hebben vergeleken met de Suezroute, met name scenario 54, 18, 42 en 6. Deze scenario's hebben één gemeenschappelijk element; er wordt geen gebruik gemaakt van ijsbrekers, aangezien de ijsdikte onafhankelijke vaart toelaten. Dit betekent dat de begeleiding door ijsbrekers een cruciale rol speelt in de snelheid om de bestemmingshaven (Antwerpen-Brugge) te bereiken.

Tabel 8: Conclusie totale duur van de scheepsreis voor de geselecteerde scenario's (eigen werk)

Scenario	Totale vaartijd	Bijkomende tijdsgegevens	Totale duur van de scheepsreis
54	20 dagen	Laden/lossen: 96 uur	24 dagen
18	22 dagen en 16 uur	Laden/lossen: 96 uur	26 dagen en 16 uur
66	32 dagen en 11 uur	Laden/lossen: 96 uur	36 dagen en 11 uur
42	20 dagen	Laden/lossen: 96 uur	24 dagen
6	22 dagen en 16 uur	Laden/lossen: 96 uur	26 dagen en 16 uur
48	26 dagen en 23 uur	Wachttijd ijsbreker: 17 uur Laden/lossen: 96 uur	31 dagen en 16 uur
71	25 dagen en 20 uur	Wachttijd ijsbreker: 2 uur Laden/lossen: 96 uur	29 dagen en 22 uur
69	25 dagen en 20 uur	Wachttijd ijsbreker: 2 uur Laden/lossen: 96 uur	29 dagen en 22 uur
26	27 dagen en 17 uur	Wachttijd ijsbreker: 2 uur Laden/lossen: 96 uur	31 dagen en 19 uur

36	26 dagen en 18 uur	Wachttijd ijsbreker: 2 uur Laden/lossen: 96 uur	30 dagen en 20 uur
Suezroute	23 dagen en 22 uur	Wachttijd Suezkanaal: 3 uur Laden/lossen: 96 uur	28 dagen en 1 uur

Het is belangrijk om te vermelden dat deze tijden nooit exact zullen kloppen. Het zijn slechts ruwe schattingen gebaseerd op de data en academische studies die beschikbaar zijn. Daarnaast worden de schepen ook verondersteld geen hinder te ondervinden, waardoor ze voor bepaalde trajecten een constante snelheid kunnen aanhouden.

Men kan concluderen dat een scenario waarin het ijs reeds een bepaalde dikte bereikt heeft, zoals bijvoorbeeld de maanden november of december (66), en er toch besloten wordt om de NSR onafhankelijk met een PC6-schip te bevaren omwille van de lage snelheid doorheen de ijsschotsen bijna 8 dagen langer onderweg zal zijn dan een conventioneel schip dat de Suezroute zou gebruiken. Scenario 48, daarentegen, stelt ook een situatie voor waar het ijs een noemenswaardige dikte heeft bereikt, waardoor er werd geopteerd voor begeleiding van een ijsbreker. Het schip in dit scenario is nog steeds langer onderweg dan een schip dat de Suezroute zou hanteren, maar is wel al enkele dagen sneller dan het scenario waarin er met een ijsversterkt schip getracht wordt de ijszee te doorkruisen. Aangezien het begeleide schip in dit scenario een conventioneel schip is, blijkt de wachttijd voor ijsbrekerbeschikbaarheid wel op te lopen tot 17 uur.

Bovendien zijn er nog vier andere scenario's waarin ook gebruik werd gemaakt van ijsbrekerbegeleiding. Deze scenario's (71, 69, 26 en 36) tellen wel nog steeds één tot drie dagen langere totale reistijd, aangezien deze scenario's toch al zwaardere ijscondities trotseren. Men kan wel de opmerking maken dat een schip de dag van vandaag bijna nooit zijn maximumsnelheid zal aanhouden (*slow steaming*). Hierdoor zou de totale duur van de Suezroute mogelijks kunnen oplopen tot 32 dagen, wat ervoor zorgt dat er heel wat meer scenario's sneller zijn.

De resultaten concluderen ook dat de scenario's waarin een ijsbreker werd gebruikt steeds sneller zijn dan het onafhankelijk bevaren van de NSR. Scenario 66 is een situatie waarin gekozen werd voor een onafhankelijke vaart met PC6-schip en vertoont met een totale reistijd van 36 dagen en 11 uur het scenario waar het schip het langst onderweg zal zijn, wat ons alweer bij de conclusie brengt dat

de begeleiding door ijsbrekers een cruciale rol speelt in totale reisduur. Het gebruik van ijsbrekerondersteuning zal echter ook wel een grote impact spelen op het totale kostenplaatje van de scheepsreis. Dit zal in paragraaf 4.6 nog aan bod komen.

4.6 Kosten

In dit onderdeel worden de kosten per scenario berekend en vergeleken met elkaar. De kostencomponenten van de zeescheepvaart kunnen op vele manieren worden toegelicht, zoals het standpunt van de exploitant, het standpunt van de reder, etc. (Furuichi & Otsuka, 2013). Typische voorbeelden van deze twee standpunten worden weergegeven in Figuur 56. In dit onderzoek worden de kosten berekend vanuit het standpunt van de scheepseigenaar, zijnde de rederij, voor één enkele scheepsreis (*single destination trip*) van de haven van Shanghai naar de haven van Antwerpen-Brugge, gebruik makende van de Arctische route.

Operator's viewpoint	Ship-owner's viewpoint	
Capital cost	Depreciation cost	---
NSR fee	NSR fee	---
Ice pilot fee	Ice pilot fee	---
Suez Canal fee	Suez Canal fee	---
Crew cost	Crew cost	---
Maintenance cost	Maintenance cost	Article cost of ship, Lubricant cost, Dock cost, and Maintenance and spare part cost
Insurance cost	Insurance cost	H&M insurance and P&I insurance
Fuel cost	Fuel cost	---
Port dues	Port dues	---
---	Miscellaneous cost, Administration cost and Interest fee	

Figuur 56: Kostencomponenten van scheepvaart (Furuichi & Otsuka, 2013)

Deze verschillende kosten kunnen onderverdeeld worden in drie categorieën: CAPEX (Capital Expenditures), OPEX (Operating Expenditures) en VOYEX (Voyage Expenses). De onderverdeling van de kosten gegeven onder '*Ship-owner's viewpoint*' in Figuur 56 worden in Figuur 57 weergegeven. Echter, in dit onderzoek zal de CAPEX enkel bestaan uit de afschrijvingskosten, aangezien de aankoopregelingen voor schepen en de rentevoeten sterk verschillen per situatie en rederij. Men kan ook opmerken dat de *charter rate expenses* onder de VOYEX worden vermeld, maar deze zijn niet van toepassing in dit onderzoek, gezien de scheepsreis een reisbevrachting in plaats van een tijdsbevrachting betreft. Dit heeft ook tot gevolg dat de cargobehandelingskosten voor rekening van de *charterer* worden geacht.

Capital expenses	Operating expenses	Voyage expenses
Annuity instalments	Crewing fee	Fuel costs
Depreciation cost	Maintenance fee	Port dues
Debt repayment	Insurance fee	Route tariffs
Interest payment		Charter rate expenses
Dividends		Ice breaking fees

Figuur 57: Verdeling kostencomponenten in CAPEX, OPEX en VOYEX (Lambert et al., 2021)

De exploitatiekosten, *operating costs* (OC), van een schip voor een enkele scheepsreis zijn eenvoudig te definiëren en kunnen als volgt worden geformuleerd:

$$OC = D + I + C + M + F + P + T$$

Figuur 58: Formule kostenberekening (Sibul & Jin, 2021)

De formule is opgebouwd uit de afschrijvingskosten (D), de verzekeringskosten (I), de kosten voor crew en management (C), de onderhoudskosten (M), de brandstofkosten (F), de havengelden (P) en de tarieven (T). Deze tarieven bestaan uit de NSR-ijsbegeleidingsvergoeding voor de scenario's gebruik makende van de Noordelijke Zeeroute en de SCR-tol voor het basisscenario.

4.6.1 CAPEX

CAPEX, ofwel kapitaaluitgaven, zijn de investeringen die een bedrijf maakt in activa op lange termijn. In dit geval representeert de CAPEX dus de aankoop van een schip, met name een conventioneel containerschip of een PC6-schip. In paragraaf 4.1 *Assumpties en data* werden reeds de aankooprijzen voor deze verschillende schepen weergegeven. Een conventioneel containerschip wordt geacht een kostprijs te hebben van 87,9 miljoen USD. Het PC6-schip zou 19,2% duurder moeten zijn in vergelijking met het conventionele containerschip, wat een kostprijs geeft van 104,78 miljoen USD.

4.6.1.1 Afschrijvingskost

Aangezien de aankoopregelingen voor schepen en de rentevoeten sterk uiteenlopen, worden de kapitaalkosten aanzien als de afschrijvingskosten, met gebruikmaking van de lineaire afschrijvingsmethode en uitgaande van een levensduur van 20 jaar voor een schip (Sibul & Jin, 2021). Verder wordt de totale aankoopprijs ook verdeeld over het aantal scheepsreizen dat gedurende die 20 jaar jaarlijks kunnen plaatsvinden. Tabel 9 geeft een samenvatting van de verschillende afschrijfwaares voor één scheepsreis tussen Shanghai en Antwerpen, alsook de schattingen van het aantal trips per jaar, aangezien deze data nodig zijn om een goed beeld te krijgen van de

afschrijvingen. De schattingen van het aantal trips per jaar werden gebaseerd op het vaarvenster en de ijsdikte die weergegeven werden in Tabel 4 : *Selectie scenario's (eigen werk)*.

Scenario 54 bijvoorbeeld vertoont een vaarvenster van 240 dagen. Een vaarvenster van 240 dagen geeft aan dat de Arctische route bevaren kan worden door desbetreffend scheepstype omwille van een bepaald IPCC-scenario voor een periode van 240 dagen. Echter wordt dit scenario gelinkt aan een ijsdikte van 10 cm, wat geen 240 dagen zal aanhouden. De daaraan gekoppelde ijsdikte van 10 cm wordt verondersteld een periode van 96 dagen aan te houden, wat leidt tot 2 *round trips* langs de NSR, aangezien één scheepsreis 24 dagen in beslag neemt. Een *round trip* kan gedefinieerd worden als een scheepsreis naar een bestemming (Antwerpen) om dan terug naar de plaats van oorsprong (Shanghai) te varen, gebruik makend van dezelfde route. Dit betekent dat het PC6-schip van Shanghai naar Antwerpen zal varen om vervolgens koers te zetten naar Shanghai en dit nog eens te herhalen. Aangezien een schip dat stilligt niet rendeert, worden de resterende dagen opgevuld door datzelfde traject af te leggen, maar via de Suezroute (SCR). Dit geeft voor scenario 54 nog 4 *round trips* via het Suezkanaal, wat zorgt voor een totaal van 12 scheepsreizen op een jaar. Dit zorgt voor een afschrijving per scheepsreis van 436.583 USD (104.780.000 USD/20/12).

Scenario 18, 71, 69 en 36 vertonen een gelijkaardige uitleg en afschrijvingskost. Scenario 66 en 26 vertonen een ander beeld qua trips per jaar. Deze twee scenario's stellen namelijk een situatie in november/december voor. In deze maanden dalen de temperaturen volgens Theocharis et al. (2021) sneller en kan de ijsdikte snel oplopen. Daarom wordt er verondersteld dat de gegeven ijsdikte slechts 30 dagen zal aanhouden, terwijl de scheepsreis in totaal 36 en 31 uren in beslag neemt (het varen op de NSR duurt minder lang). Hierdoor kan slechts éénmaal via de NSR gevaren worden, zijnde een *single destination trip*. De terugvaart zal via het Suezkanaal gebeuren en de resterende dagen zullen ook opgevuld worden met *round trips* langs het Suezkanaal.

Het totale kostenplaatje dat op het einde van dit hoofdstuk en bij de resultaten wordt weergegeven, zal echter steeds een *single destination trip* voorstellen voor het traject Shanghai – Antwerpen, zijnde de momentopname waaraan de variabelen binnen een scenario zijn gekoppeld. Deze berekeningen en schattingen omtrent de trips per jaar dienen enkel om een waarde te creëren van de afschrijvingskost. Vandaar dat de afschrijving die in kolom 4 wordt weergegeven ook steeds voor één *single destination trip* geldt.

Tabel 9 concludeert voornamelijk dat er een verschil in afschrijvingswaarde tussen de conventionele schepen en de PC6-schepen aanwezig is. Aangezien een conventioneel schip goedkoper is en ook

afgeschreven zal worden over een periode van 20 jaar, ligt de afschrijvingskost zo'n 70.000 USD lager.

Tot slot dient men nog op te merken dat dit aankooprijzen voor nieuwbouwschepen zijn en dat de toekomstige veranderingen omtrent de scheepsbrandstoffen en daaropvolgende duurdere verbrandingsmotoren niet in rekening werden gebracht.

4.6.1.2 Samenvatting CAPEX per scenario

Tabel 9 geeft een samenvatting weer van de afschrijvingskost per scenario.

Tabel 9: Afschrijving voor één single destination trip beschreven in scenario (eigen werk)

Scenario	Scheepstype	Schatting van aantal trips per jaar	Afschrijving voor één <i>single destination trip</i> beschreven in scenario
54	PC6	2 <i>round trips</i> NSR 4 <i>round trips</i> SCR	436.583 USD
18	PC6	1 <i>round trip</i> NSR 5 <i>round trips</i> SCR	436.583 USD
66	PC6	1 <i>single destination trip</i> NSR 1 <i>single destination trip</i> SCR 5 <i>round trips</i> SCR	436.583 USD
42	Conventioneel	1 <i>round trip</i> NSR 5 <i>round trips</i> SCR	366.250 USD
6	Conventioneel	1 <i>single destination trip</i> NSR 1 <i>single destination trip</i> SCR	366.250 USD

		5 <i>round trips</i> SCR	
48	Conventioneel	1 <i>single destination trip</i> NSR 1 <i>single destination</i> SCR 5 <i>round trips</i> SCR	366.250 USD
71	PC6	1 <i>round trip</i> NSR 5 <i>round trips</i> SCR	436.583 USD
69	PC6	1 <i>round trip</i> NSR 5 <i>round trips</i> SCR	436.583 USD
26	PC6	1 <i>single destination trip</i> NSR 1 <i>single destination trip</i> SCR 5 <i>round trips</i> SCR	436.583 USD
36	PC6	1 <i>single destination trip</i> NSR 1 <i>single destination trip</i> SCR 5 <i>round trips</i> SCR	436.583 USD
Suezscenario	Conventioneel	6 <i>round trips</i> SCR	366.250 USD

4.6.2 OPEX

OPEX stelt de operationele, terugkerende kosten van een onderneming voor. Voor een enkele scheepsreis zijn dit de bemanningskosten, de onderhoudskosten en de maritieme verzekeringskosten.

4.6.2.1 Bemanningskosten

De bemanningskost hangt af van de nationaliteit van de bemanning, het aantal zeelieden aan boord (op een containerschip doorgaans tussen de 20-25 arbeiders). Dit bedrag wordt geschat op één miljoen dollar per jaar, waardoor dit voor de 10 NSR-scenario's (die allemaal 12 scheepsreizen op een jaar afleggen) neerkomt op 83.334 USD per scheepsreis (Furuichi & Otsuka, 2013). De bemanningskosten voor een conventionele scheepsreis doorheen het Suezkanaal worden jaarlijks geschat op een bedrag van 900.000 USD, wat een bedrag van 75.000 USD per scheepsreis geeft. Dit bedrag is lager omwille van de veronderstelling dat de crewleden die de NSR bevaren een premie zullen krijgen om de barre (winterse) toestanden te compenseren (Liu & Kronbak, 2010).

Er dient ook een toeslag betaald te worden omwille van de verplichte beloodsing doorheen de Noordelijke IJszee. Dergelijke eis wordt vermeld in de vaarvergunning die door de NSRA wordt uitgegeven. Het doel van de ijsbeloodsing is de veilige vaart door de NSR te waarborgen, ongevallen te voorkomen en het mariene milieu in het watergebied van de NSR te beschermen. Volgens een onderzoek van Furuichi & Otsuka (2013) wordt de *ice pilot fee* vastgelegd op 673 USD/dag op de NSR.

4.6.2.2 Reparatie- en onderhoudskosten

De reparatie- en onderhoudskosten voor een schip op de NSR geven, net zoals de bemanningskost, ook een hogere waarde in vergelijking met een schip dat het Suezkanaal zal gebruiken, zijnde 72.000 USD per scheepsreis langs de NSR en 36.000 USD per scheepsreis langs de gebruikelijke Suezroute (Lui & Kronbak, 2010).

4.6.2.3 Maritieme verzekeringskosten

De maritieme verzekeringskosten zijn de laatste kostenpost die onder de OPEX valt en kunnen onderscheiden worden in twee categorieën: *hull and machinery* (H&M) en *protection and indemnity* (P&I). De H&M-verzekering wijst op de verzekering van het schip zelf, alsook de uitrusting. Een P&I-verzekering dekt schade aan derden, bijvoorbeeld bij een olievervuiling (Van Dijck, 2021).

Volgens de regelgeving van de NSRA is het varen op de NSR zonder ijsbrekerondersteuning tijdens het zomer/herfstseizoen toegestaan indien de ijsomstandigheden gunstig zijn (Figuur 26 toonde dit aan). Verzekeringsmaatschappijen staan echter niet te popelen om dit soort praktijken te verzekeren. Hierdoor zouden ze het zelfstandig varen voor niet-Russische reders in sommige gevallen kunnen beperken (zelfs indien de ijsgang dit toelaat), aangezien het varen onder begeleiding van

ijsbrekers momenteel de meest efficiënte ondersteuning biedt en mogelijke schade aan het schip inperkt (Milaković et al., 2018).

Verzekeringsmaatschappijen beschouwen de afgelegen ligging als een groter risico dan zee-ijs. Het gebrek aan nabije havens en reparatiefaciliteiten, alsmede de beperkte beschikbaarheid van reddingsfaciliteiten worden genoemd als belangrijke belemmeringen voor de ontwikkeling van de NSR-doorvaart. Deze factoren kunnen in geval van varen via de transitroute zelfs een nog groter risico voorstellen. Ondanks dat het aantal gerapporteerde incidenten laag blijft, wordt zelfs een klein ongeluk zeer duur als gevolg van de afgelegen ligging. Bovendien vormt het ontbreken van betrouwbare statistische gegevens, als gevolg van het beperkte aantal scheepsreizen de afgelopen jaren, een extra probleem bij de berekening van het risico, dat de basis vormt voor de berekening van de verzekeringspremies (Milaković et al., 2018).

In dit onderzoek zal de H&M-verzekering voor een PC6-schip 42.000 USD per scheepsreis bedragen en de P&I-verzekering 26.250 USD per scheepsreis. De H&M-verzekering voor een conventioneel schip (dat zal gebruikt worden voor de Suezroute, alsook onafhankelijke NSR-vaart) wordt geschat op 21.000 USD per scheepsreis. De P&I verzekering voor datzelfde schip toont een gelijkaardige waarde van 21.000 USD. Deze schattingen zijn gebaseerd op het onderzoek van Liu & Kronbak omtrent economische haalbaarheid van de NSR (2010).

Het is belangrijk om te vermelden dat deze cijfers in het voordeel van de scenario's omtrent conventionele schepen op de NSR zijn, aangezien de *premiums* voor conventionele op de Suezroute of diezelfde schepen langs de NSR geen verschil tonen (Sibul & Jin, 2021). Verzekering is een belangrijke, maar moeilijk te kwantificeren kostenfactor voor de scheepvaart rond het Noordpoolgebied. Scheepvaartmaatschappijen proberen te achterhalen of de handelsmogelijkheden, die zich in het Arctische gebied zouden voordoen, al dan niet rendabel zullen zijn. Hierdoor ontvangen verzekeringmaatschappijen steeds meer verzoeken omtrent deze Arctische routes en de bijhorende zeeverzekering. Arctische routes zijn slecht in kaart gebracht en veranderen voortdurend door het smeltende zee-ijs. De kosten van ongelukken in afgelegen gebieden zijn niet geraamd en de kans op redding is onbekend. Als gevolg daarvan wordt de verzekering voor de scheepvaart in het Noordpoolgebied meestal per geval geregeld en is deze duur, met aanvullende seizoenspremies. De groeiende belangstelling van scheepvaartondernemingen die proberen de rentabiliteit van hun toetreding tot de Arctische markt te beoordelen, zetten de verzekeringsondernemingen echter onder druk om normen vast te stellen in plaats van deze van geval tot geval te beoordelen (Sarrabezoles et al., 2014).

Maritieme verzekeringsmaatschappijen zullen nieuwe verzekeringsmodellen moeten ontwerpen. Deze nieuwe verzekeringsmodellen zullen rekening moeten houden met de specifieke kenmerken van elke situatie die zich volgens de wetgeving van de NSRA kan voordoen. Het opstellen van een verzekeringsmodel met betrekking tot de onafhankelijke reizen, die nu reeds mogelijk zijn tijdens het zomer/herfstseizoen, moet echter de eerste stap zijn (Milaković et al., 2018).

4.6.2.4 Samenvatting OPEX per scenario

Tabel 10 geeft een samenvatting van de OPEX per scenario gebaseerd op de kosten die in de voorbije alinea's omtrent OPEX beschreven werden.

Tabel 10: Totale OPEX per scenario (eigen werk)

Scenario	OPEX
54	228.631,5 USD
18	230.426,17 USD
66	237.015,96 USD
42	202.381,5 USD
6	204.849,17 USD
48	207.064,46 USD
71	232.557,33 USD
69	232.557,33 USD
26	233.819,21 USD
36	233.174,25 USD
SCR	153.000 USD

4.6.3 VOYEX

De VOYEX stellen de kosten voor die afhankelijk zijn van de scheepsreis. De elementen die in dit onderzoek tot de VOYEX behoren zijn: de brandstofkosten, havenrechten en de ijsbreker- en Sueztarieven.

4.6.3.1 Brandstofkosten

In paragraaf 3.2.2.1 *Brandstofkost* werd reeds uitgelegd dat er met drie mogelijke opties wordt gewerkt qua brandstofkost: een relatief lage bunkerprijs (530 USD/ton), een middelmatige bunkerprijs (780 USD/ton) en een situatie waarin de bunkerprijs zeer hoog staat (1050 USD/ton).

Volgens een studie van Liu & Kronbak (2010) is het brandstofverbruik van een conventioneel schip gelijk aan 0,30 ton per nautische mijl. Dit brandstofverbruik geldt zowel voor de SCR als de NSR. Om de brandstofconsumptie voor de scenario's te schatten, wordt gebruik gemaakt van Figuur 54 *link tussen ijsdikte en snelheid + link tussen brandstofverbruik en snelheid* (Cariou et al., 2019). Deze figuur geeft niet enkel de link tussen ijsdikte en snelheid weer, maar ook tussen brandstofverbruik en snelheid. Door gebruik te maken van de waarden op deze grafiek wordt niet enkel rekening gehouden met de snelheid die aangehouden wordt, maar ook met de weerstand die een bepaalde ijsdikte zal bieden. Men zou de opmerking kunnen maken dat er wel geen rekening zal gehouden worden met de scheepsgrootte, maar aangezien alle NSR-scenario's worden berekend aan de hand van dezelfde figuur, zal dit voor uniformiteit zorgen. Verder wordt er ook rekening gehouden met het feit dat een PC6-schip een toename in verbruik zal kennen omwille van het zwaardere gewicht van de versterkte romp. Volgens Figuur 46 is deze *premium* gelijk aan 5,2% voor PC6-schepen. Tabel 11 geeft een overzicht van het brandstofverbruik per nautische mijl, alsook de berekende brandstofkost.

De trajecten tussen Shanghai en Provideniya (beginpunt NSR) en Moermansk (eindpunt NSR) en Antwerpen zullen een brandstofverbruik van 0,32 ton per nautische mijl kennen voor een PC6-schip en een verbruik van 0,3 ton per nautische mijl voor een conventioneel schip (Lui & Kronbak, 2010). Het verschil tussen beide verbruiken is te wijten aan het extra gewicht van de verstevigde romp (Sibul & Jin, 2021).

Voor de scenario's met een ijsdikte die dikker is dan 0,90 cm, wordt steeds voor de maximumwaarde omtrent brandstofverbruik (0,72 ton per nautische mijl) geopteerd. Om de totale brandstofkost te bekomen wordt de waarde van het brandstofverbruik per nautische mijl vermenigvuldigd met het aantal nautische mijlen waaruit een bepaalde NSR-route bestaat. Dit zal dus steeds ofwel de kustroute (3414,6 NM), ofwel de transitroute (2739,4 NM) zijn. Vervolgens wordt die waarde vermenigvuldigd met de bunkerprijs die elk scenario werd toegewezen.

Men kan opmerken dat scenario 18 een lager brandstofverbruik heeft in vergelijking met scenario 54 terwijl de ijsdikte van scenario 18 net iets dikker is. Dit kan verklaard worden door het feit dat de

aangehouden snelheid tijdens scenario 18, zijnde 14 knopen, dicht bij de design snelheid van het schip ligt in vergelijking met de snelheid van 19 knopen die scenario 54 toepast (Cariou et al., 2019).

Tabel 11: Brandstofkosten per scenario (eigen werk)

Scenario	Brandstofverbruik per nautische mijl op de NSR	Bunkerprijs	Totale brandstofkost (Shanghai – Antwerpen)
54	0,49 ton	1050 USD/ton	3.673.987,38 USD
18	0,48 ton	1050 USD/ton	3.638.134,08 USD
66	0,68 ton	1050 USD/ton	3.873.107,28 USD
42	0,30 ton	1050 USD/ton	2.872.951,20 USD
6	0,30 ton	1050 USD/ton	2.872.951,20 USD
48	0,50 ton	1050 USD/ton	3.235.537,20 USD
71	0,72 ton	780 USD/ton	2.962.634,68 USD
69	0,72 ton	1050 USD/ton	3.988.162,08 USD
26	0,69 ton	780 USD/ton	2.898.532,73 USD
36	0,72 ton	1050 USD/ton	3.988.162,08 USD
SCR	0,30 ton	780 USD/ton	2.464.020 USD
		1050 USD/ton	3.316.950 USD

4.6.3.2 Havenrechten

De havenrechten worden geheven op basis van het brutoregister-tonnage van een schip. In paragraaf 4.1 *Assumpties en data* stond reeds vermeld dat het brutoregister-tonnage in alle drie de gevallen gelijk verondersteld te zijn, met name 90.021 ton.

De overige havenrechten werden gevonden door middel van het Port Model gemaakt door professor Van Hassel & Vanelslander.

Tabel 12: Havenrechten per haven (eigen werk gebaseerd op gegevens Rosmorport en het Port Model)

Haven	Havenrechten
Shanghai	26.556,20 USD
Antwerpen	23.369,45 USD

Bepaalde havenrechten werden omgevormd naar USD. Hiervoor werd de gemiddelde wisselkoers uit 2018 gekozen omdat deze wisselkoers niet beïnvloed is door de pandemie of de inval in Oekraïne.

1 euro = 1,18 USD

1 RMB = 0,15 USD

4.6.3.3 Ijsbrekertarieven

Op de website van de NSRA is een online calculatietool ter beschikking gesteld om de ijsbrekerstarieven te schatten. De waarden van de ijsbrekersvergoedingen worden per scenario dat ijsbrekers zal hanteren weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13: Ijsbrekervergoedingen per scenario (eigen werk gebaseerd op calculatietool NSRA)

Scenario	Ijsbrekervergoeding	Ijsbrekervergoeding met reductie indien van toepassing (50% reductie)
48	1.280.642,59 USD	640.321,29 USD
71	1.600.817,56 USD	800.408,78 USD
69	1.600.817,56 USD	Nvt
26	640.321,29 USD	Nvt
36	1.600.817,56 USD	800.408,78 USD

Men kan opmerken dat de ijsbrekervergoeding voor de situatie in scenario 26 veel lager ligt dan de overig scenario's. Dit is te verklaren aan de hand van het verschil in tarifiering per vaarseizoen en per ijsklasse. Scenario 26 kent een ijsdikte van 75 cm, waardoor het gebruik van ijsbrekerassistentie voor een PC6-schip verplicht is. Deze ijsdikte wordt verondersteld op het einde van de

zomer/herfstperiode plaats te vinden, waardoor dit scenario een gunstigere tarifiering kent. Scenario 48 vindt ook plaats in deze zomer/herfst periode, maar in dit geval zal de NSR bevaren worden voor middel van een conventioneel schip, wat bijgevolg leidt tot hogere ijsbrekertarieven.

De wisselkoers die gebruikt wordt voor de berekening van deze tarieven is: 1 USD = 62,82 roebels (2018).

4.6.3.4 Sueztarief

Het Sueztarief zal enkel bij het basisscenario gebruikt worden en bedraagt 1.047.262,27 USD voor noordwaartse doorvaart. Deze waarde werd teruggevonden in het Port Model opgesteld door professor Van Hassel & Vanelslander.

4.6.3.5 Samenvatting VOYEX per scenario

Tabel 14 geeft een samenvatting van de totale VOYEX (brandstofkosten, havenrechten, ijsbreker- of Sueztarief) weer.

Tabel 14: Samenvatting totale VOYEX per scenario (eigen werk)

Scenario	VOYEX	
54	3.723.913,03 USD	
18	3.688.059,73 USD	
66	3.923.032,93 USD	
42	2.922.876,85 USD	
6	2.922.876,85 USD	
48	3.925.784,14 USD	
71	3.812.969,11 USD	
69	5.638.905,29 USD	
26	3.588.779,67 USD	
36	4.838.496,51 USD	
Suezroute	Bunkerprijs: 1050 USD/ton	4.414.134,92 USD

	Bunkerprijs: 780 USD/ton	3.561.207,92 USD
--	--------------------------	------------------

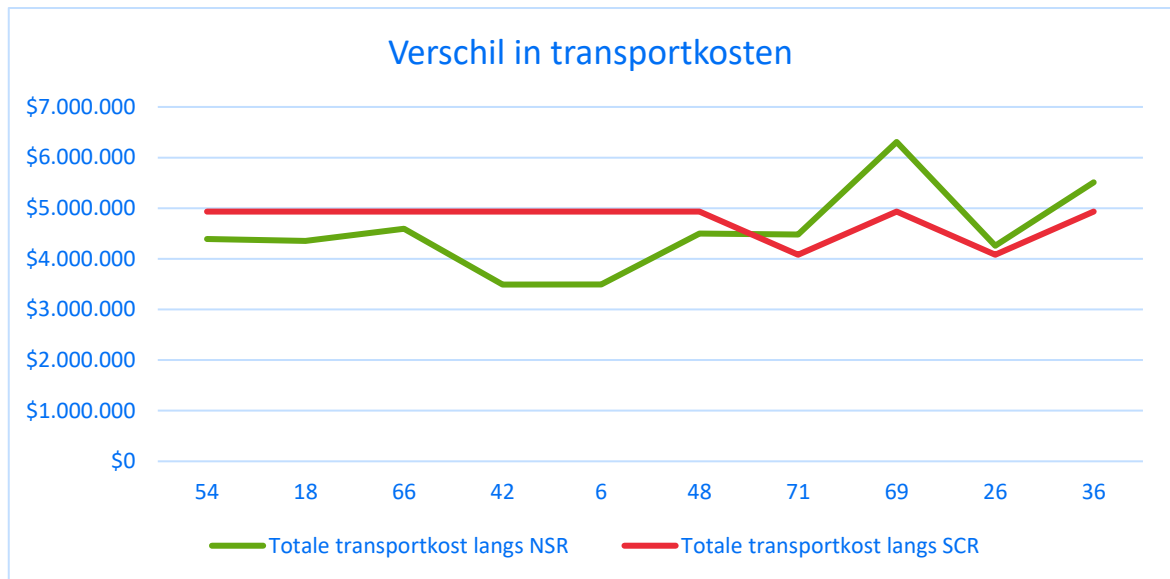
4.7 Conclusie

Onderstaande tabel geeft de totale kosten van één enkele scheepsreis gegeven een bepaalde situatie (binnen een bepaald scenario) weer.

Tabel 15: Conclusie totale kosten per scenario (eigen werk)

Scenario	Totale kost (CAPEX+OPEX+VOYEX)	
54	4.389.127,53 USD	
18	4.355.068,90 USD	
66	4.596.631,89 USD	
42	3.491.508,35 USD	
6	3.493.976,02 USD	
48	4.499.098,06 USD	
71	4.482.109,44 USD	
69	6.308.074,33 USD	
26	4.259.181,88 USD	
36	5.508.253,76 USD	
Suezroute	Bunkerprijs: 1050 USD/ton	4.933.384,92 USD
	Bunkerprijs: 780 USD/ton	4.080.457,92 USD

Grafiek 5 toont visueel het verschil in transportkosten per scenario tussen de Suezroute en de NSR-route.



Grafiek 5: Verschil in transportkosten (eigen werk)

De grafiek concludeert dat de scheepsreis tussen Shanghai en Antwerpen langs de NSR in scenario's 71, 69, 26 en 36 duurder zal zijn in vergelijking met datzelfde traject langs de Suezroute. Het grote kostenverschil in scenario 69 is te wijten aan de tarifiering van de ijsbrekerbegeleiding. In dit scenario wordt namelijk verondersteld dat de huidige tarieven naar de toekomst toe doorgetrokken zullen worden en dus niet zullen verlagen. Dit maakt de route ongeveer 1.375.000 dollar duurder. Ondanks de reductie in ijsbrekertarieven bij de overige scenario's die gebruik maken van een ijsbreker zijn deze scenario's ook niet goedkoper dan de Suezroute. Dit geeft de conclusie dat een scenario met een ijsversterkt schip (met ijsklasse PC6) onder ijsbrekerbegeleiding in de winter niet goedkoper is dan de Suezroute. Er werd getracht om de concurrentiekracht van de NSR op te krikken door middel van een toekomstige reductie op de ijsbrekertarieven, maar dit bracht geen lagere transportkost met zich mee voor de laatste vier scenario's.

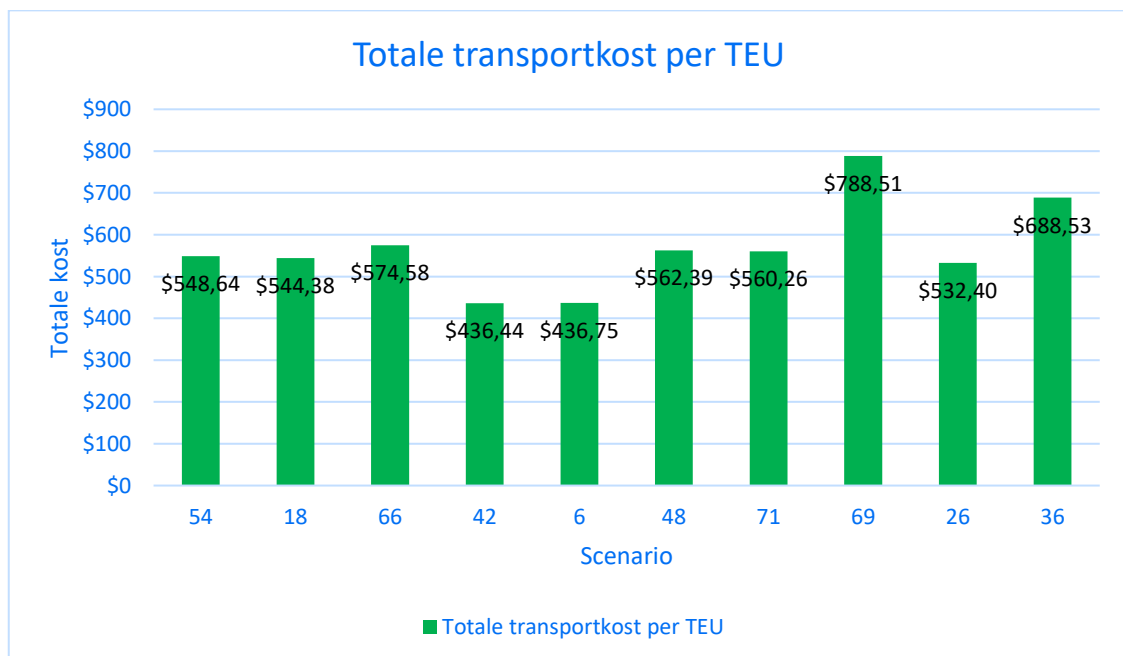
Er is echter wel één scenario met ijsbrekerassistentie waar de NSR-route wel goedkoper is dan de Suezroute, namelijk scenario 48. Dit scenario houdt namelijk een NSR-vaart naar het einde toe van de zomer/herfstperiode in, wat een ijsdikte van 35 cm geeft. De route zal worden bevaren door middel van een conventioneel schip, wat ook de grootste reden is dat de Arctische route goedkoper is. Een conventioneel schip is namelijk goedkoper in aankoop en heeft een lager brandstofverbruik in vergelijking met een PC6-schip omwille van het extra gewicht van de versterkte romp. Het schip zal ook worden geassisteerd door een ijsbreker, maar wel met toepassing van de goedkopere tarieven (toekomstige reductie van 50%). Indien deze reductie niet zou plaatsvinden, is de NSR-route in dit scenario een half miljoen USD duurder.

De overige routes zijn ook goedkoper wanneer men dit vergelijkt met de Suezroute. De scenario's die de laagste kosten hebben, zijn de scenario's met betrekking tot een conventioneel schip. De verklaring hiervoor werd reeds gegeven bij scenario 48, zijnde lagere kapitaalkost en brandstofverbruik. Men dient ook wel te vermelden dat de kosten omtrent de maritieme verzekering in dit onderzoek in het voordeel spelen van een conventioneel schip omwille van een gebrek aan een uniform verzekeringsmodel omtrent onafhankelijke doorvaart van de NSR met betrekking tot een niet-ijsbestendig schip.

Ook scenario's 54 en 18 waarin er gebruik wordt gemaakt van een PC6-schip zijn goedkoper dan de Suezroute. Het betreffen situaties waarin de ijsdikte proportioneel dun is omwille van de zomerherfstperiode (augustus-september) en het schip bijgevolg met weinig tot geen weerstand de NSR kan bevaren aan een snelheid van 19 knopen.

Tot slot is scenario 66 ook vermeldingswaardig, aangezien dit een scenario betreft waarin de ijsdikte van relatief dikke proportie is, waardoor het brandstofverbruik hoger ligt. Er zal ook gevaren worden met een PC6-schip, wat de kapitaalkosten de hoogte indrijft. Niettemin zijn de kosten in dit scenario lager dan het Suezscenario. Vermoedelijk zal dit te wijten zijn aan het hogere Sueztarief.

Grafiek 6 geeft ook nog de kosten per TEU weer voor elk geselecteerd scenario.



Grafiek 6: Totale transportkost per TEU (eigen werk)

5 Resultaten

Onderstaande tabel toont de resultaten per scenario, met name een schatting van lengte, duur en totale kostprijs.

Tabel 16: Resultaten per scenario (eigen werk)

Scenario	Totale lengte	Totale duur	Totale kost
Suezroute	10.530 NM	28 dagen en 1 uur	4.933.384,92 USD
54	9.120,48 NM	24 dagen	4.389.127,53 USD
18	9.120,48 NM	28 dagen en 16 uur	4.355.068,90 USD
66	8445,28 NM	36 dagen en 11 uur	4.596.631,89 USD
42	9.120,48 NM	24 dagen	3.491.508,35 USD
6	9.120,48 NM	26 dagen en 16 uur	3.493.976,02 USD
48	8445,28 NM	31 dagen en 16 uur	4.499.098,06 USD
71	8445,28 NM	29 dagen en 22 uur	4.482.109,44 USD
69	8445,28 NM	29 dagen en 22 uur	6.308.074,33 USD
26	8445,28 NM	31 dagen en 19 uur	4.259.181,88 USD
36	8445,28 NM	30 dagen en 20 uur	5.508.253,76 USD

6 Synopsis

De Noordelijke Zeeroute wordt, als gevolg van de klimaatverandering, alsmear langer en beter bevaarbaar. Dit trekt de aandacht van de scheepvaartbelanghebbenden omdat de route zowel tijd als kosten zou kunnen besparen in vergelijking met de traditionele scheepvaartroute doorheen het Suezkanaal. Het hoofddoel van deze masterproef is dan ook om de economische aantrekkelijkheid van trans-Arctische containerscheepvaart te beoordelen onder verschillende omstandigheden door middel van deze route te vergelijken met de Suezroute.

In het eerste hoofdstuk van deze thesis worden onder andere enkele statistieken gegeven over de periode 2014-2020. Deze statistieken besluiten dat het aantal scheepsreizen langs de NSR jaar na jaar stijgt met een procentuele toename van 70% in 2020 in vergelijking met 2016, alsook een verviervoudiging van het getransporteerde cargovolume in deze tijdsperiode.

Het zijn vooral de Aziatische rederijen die belangstelling tonen voor internationale transitvaart op de NSR. Niet enkel de Chinese rederijen, maar ook de Chinese overheid (nagenoeg hetzelfde) wil, ondanks het feit dat ze geen territoriale soevereiniteit heeft over het Noordpoolgebied, strategieën uitwerken omtrent de toenemende mogelijkheden op vlak van scheepvaart in het Noordpoolgebied. Zo heeft China in 2019 aangekondigd de commerciële activiteiten omtrent het Nieuwe Zijderoute-initiatief uit te breiden met de Polaire Zijderoute die Azië met Europa linkt via de Noordelijke Zeeroute. Ook Rusland toont als aangrenzend land belangstelling, waardoor in 2020 een beleid werd uitgestippeld waarin economische ontwikkeling centraal staat. Dit beleid bestaat onder andere uit de aanleg van extra terminals langsheen de Noordelijke Zeeroute, alsook de bouw van extra (nucleair gedreven) ijsbrekers, wat moet leiden tot het aanbieden van een Arctische scheepvaartroute die het hele jaar gebruikt kan worden.

Vervolgens wordt geconcludeerd dat een vaarseizoen twee perioden telt. Enerzijds het zomer/herfstseizoen, meestal van juli tot november, en anderzijds het winter/lenteseizoen dat bestaat uit de resterende maanden. De ijsomstandigheden langs de NSR kunnen als zeer dynamisch worden beschouwd. Dit heeft niet enkel jaarlijkse en seizoensgebonden omstandigheden tot gevolg, maar ook regionale verschillen. Zo heeft de NSRA (wetgevend organisme met betrekking tot de NSR) getracht de Noordelijke IJsee in 28 zones te verdelen en deze zones voorwaarden op te leggen omtrent ijscondities, vaarperiode en ijsklasse. Sinds enkele jaren is het zelfs toegestaan om met een schip zonder ijsklasse toegang te verkrijgen tot de NSR. Dit kan echter wel uitsluitend tijdens de meest gunstige situaties.

De meest beïnvloedende factoren met betrekking tot navigatie langs de Noordelijke Zeeroute kunnen onderverdeeld worden in klimatologische-, economische- en politieke factoren. Onder de klimatologische factoren behoren de variabelen; ijscondities, ijsdikte, ijsklasse en de lengte van het vaarseizoen (het aantal bevaarbare dagen). Deze opgesomde variabelen lijken de grootste impact te hebben op het gebruik van de NSR, aangezien ze een rechtstreeks verband met de snelheid, de bouwkosten, de toegankelijkheid en het brandstofniveau van het schip, alsook het tariefniveau van de ijsbrekerbegeleiding vertonen. De economische factoren houden de brandstofkost, ijsbrekertarieven en de kapitaalkost in. De politieke factoren zijn voornamelijk de beleidsacties van de Russische regering om de route aantrekkelijker te maken, gaande van geplande infrastructuurwerken tot het verlagen van verplichtingen en ijsbrekertarieven. Onder invloed van deze variabelen werden verschillende scenario's met betrekking tot de NSR opgesteld.

Tot slot volgt de analyse van elk NSR-scenario op vlak van drie verschillende kwantitatieve criteria, met name de lengte, de duur en de kosten van één enkele scheepsreis van Shanghai naar Antwerpen.

Men onderscheidt doorgaans twee mogelijke opties wanneer men langs de Noordelijke Zeeroute vaart. De kustroute is de zuidelijk gelegen scheepvaartroute die over het algemeen als veiliger wordt aanschouwd omwille van de nabijheid van havens. Deze route beschikt ook over gunstigere ijscondities, maar kent een beperking van 13,0 meter diepgang. De transitroute bevindt zich noordelijker en is daardoor ook korter dan de kustroute. De route kent geen beperkingen qua diepgang, maar gaat wel gepaard met veel strengere ijscondities, wat de toegankelijkheid van de route afhankelijk maakt van de ijsklasse en niet van de scheepsgrootte.

De schattingen in dit onderzoek omtrent de lengte van de NSR concluderen dat de maritieme afstand voor het traject Shanghai – Antwerpen gebruik makend van de kustroute 13% korter is in vergelijking met de Suezroute. Het gebruik van de transitroute zal de afstand van datzelfde traject zelfs met bijna 20% verkorten.

Wanneer de transitroute met de kustroute vergeleken wordt, concludeert men een verschil van 675 NM, wat de transitroute bijna 20% korter maakt dan de kustroute. Men zou dan kunnen veronderstellen dat de transitroute ook sneller voordeliger zou zijn, maar dit is niet vanzelfsprekend omdat de transitroute doorgaans strengere ijscondities telt, waardoor de snelheid lager zal liggen en de brandstofkost mogelijks hoger omwille van meer weerstand van het ijs.

De volgende kwantitatieve factor waarop de verschillende scenario's onderling worden afgetoetst, is dan ook de duur van het gehele maritieme transport. Uit schattingen van dit onderzoek blijkt dat slechts vier van de tien scenario's effectief over een snellere transportduur beschikten. De snellere scenario's hebben gemeenschappelijk dat er geen ijsbrekersassistentie vereist is, aangezien de dikte slechts 10 tot 15 cm is, wat ook wil zeggen dat de enige scenario's die sneller waren dan het Suezscenario allemaal plaatsvonden in de zomer/herfstperiode. Aangezien de scheeptypes gelijk verdeeld waren over deze 4 scenario's in de zomer/herfstperiode (twee situaties met een conventioneel schip en twee situaties met een ijsbestendig schip met ijsklasse PC6), lijkt ijsklasse weinig tot geen invloed te hebben op de tijdsduur om de NSR in deze periode te doorkruisen. Uit de resultaten van de tien geselecteerde scenario's kan men ook afleiden dat de scenario's met een relatief dikke ijslaag, waarin bijgevolg een ijsbreker werd gebruikt, steeds sneller zijn dan het onafhankelijk bevaren van de NSR met een ijsbestendig schip.

Tot slot werden ook de kosten per scheepsreis langs de NSR geschat en afgetoetst met de kosten van een scheepsreis langs het Suezkanaal onder dezelfde omstandigheden. De grootste conclusie die men hieruit kan trekken, is dat de ijsbrekersvergoedingen de NSR op dit moment de das omdoen. Vier van de vijf waarin een ijsbreker werden gebruikt, bleken een grotere totale kost te dragen in vergelijking met de Suezroute. Er waren ook enkele scenario's geselecteerd waarin een politiek-economische factor vervat zat omtrent de verlaging van de ijsbrekersvergoedingen. Deze scenario's doelen op een toekomstige verlaging van 50% op de ijsbrekerstarifiering. Drie van de vijf scenario's vertoonden deze reductie, maar twee op drie zijn nog steeds duurder.

Er is één scenario met ijsbrekerbegeleiding dat wel een goedkopere totale kost toont, zijnde een scenario waarin een conventioneel schip van toepassing is in de zomer/herfstperiode. Men kan concluderen dat het bevaren van Arctische wateren met een conventioneel schip goedkoper is. Het is wel belangrijk om te vermelden dat deze veronderstelling enkel waar lijkt te zijn bij een reductie (50%) in ijsbrekerstarieven. Het verschil in kosten tussen een PC6-schip en een conventioneel schip zit voornamelijk in de CAPEX en VOYEX omdat dergelijke schepen, in tegenstelling tot een PC6-schip, een relatief lage kapitaalkost hebben, alsook een lager brandstofverbruik in vergelijking met een PC6-schip omwille van het extra gewicht van de versterkte romp.

Men kan ook de conclusie trekken dat schepen die gedurende de piek van de zomertemperaturen en het dal van de ijsdiktestanden (doorgaans augustus – september) langs de NSR varen ook een lagere totale kost bevatten. Dit is zowel bij ijsversterkte schepen als bij conventionele schepen van toepassing. De redenen van de lagere kosten voor een conventioneel schip werden reeds vermeld,

zijnde lagere kapitaalkost en lager brandstofverbruik. Voor de PC6-schepen kan men ook een lager brandstofverbruik besluiten omdat er weinig tot geen weerstand is van ijs, wat niet enkel leidt tot een lager brandstofverbruik, maar ook een constante, hoge snelheid kan garanderen.

Tot slot besluit men ook dat een PC6-schip dat vaart in dikkere ijstoestanden, maar nog steeds in staat is om onafhankelijk te varen, in bepaalde gevallen ook goedkoper zou zijn in vergelijking met de Suezroute omwille van de hogere Sueztarieven om toegang te krijgen door het kanaal. In dit geval zou de totale transportduur wel langer zijn.

De eindconclusie luidt voornamelijk dat het varen langs de NSR in de zomer/herfst periode, wanneer de ijscondities het laagst zijn, voordeliger lijkt te zijn. Echter zorgt deze seizoensgebondenheid voor veel onzekerheid en wantrouwen richting de NSR. Containervaart typeert de lijnvaart, wat betekent dat er vaste schema's en tijden aanwezig zijn. Als gevolg van de seizoensgebondenheid lijkt het bijna onmogelijk om een vaste lijnvaart op te richten langs de NSR. Je zou wel kunnen opteren om tijdens de enkele maanden dat de Noordelijke Zeeroute voordeliger is, deze route te gebruiken en in de resterende maanden via het Suezkanaal te varen, maar dit leidt al snel tot bijkomende logistieke uitdagingen. Daarnaast zou het ook niet economisch rendabel zijn om de resterende maanden met een ijsbestendig schip de Suezroute aan te doen, aangezien dit een hogere kapitaalkost en brandstofverbruik met zich meebrengt, terwijl dit niet nodig is.

De navigatie gedurende de winter/lenteperiode lijkt door de te hoge ijsbrekertarieven uitgesloten.

Tot slot kan men zich ook nog de vraag stellen of men dergelijke route wel zou moeten exploiteren, aangezien deze scheepvaartroute voornamelijk het gevolg is van een negatieve evolutie omwille van antropogene toestanden.

7 Discussie

Dit onderzoek heeft als hoofddoel de concurrentiekracht van de Noordelijke Zeeroute ten opzichte van de Suezroute te onderzoeken. Concurrentiekracht is een begrip waarmee wordt aangegeven dat een bepaalde onderneming of activiteit, in dit geval de scheepvaartroute langs de Noordelijke Zeeroute, efficiënter of effectiever is ten aanzien van de directe concurrent, in dit geval de Suezroute. Als meetinstrumenten wordt geopteerd voor de lengte van de scheepvaartroute, de duur en de kosten ervan. De begripsvaliditeit van dit onderzoek lijkt convergent te zijn, aangezien de samenhang tussen andere studies met soortgelijke doelstellingen hoog is.

De externe validiteit van dit onderzoek kan gewaarborgd worden, aangezien de resultaten gegeneraliseerd kunnen worden naar andere Europese havens. De variabelen waarmee de verschillende scenario's opgesteld werden gelden namelijk op macroniveau.

Aangezien de resultaten omtrent de kostenanalyse in dit onderzoek relatief dicht bij meerdere bronnen aansluiten, kan de betrouwbaarheid ook aangewezen worden. De betrouwbaarheid bij de resultaten met betrekking tot de afstandsanalyse heeft een lagere betrouwbaarheid, aangezien de Noordelijke Zeeroute uit vele verschillende mogelijkheden bestaat om van beginpunt naar eindpunt te varen en de route altijd zal afhangen van de aanwezigheid van ijsmassieven. Alsook de betrouwbaarheid omtrent de resultaten van de totale duur van de scheepsreis kan als lager worden beschouwd, gezien de wachttijden van het Suezkanaal en ijsbrekerondersteuning in de geraadpleegde studies soms proportioneel verschillend waren.

De manier van analyseren was steeds uniform bij alle scenario's, alsook de bronnen die bij een bepaald scenario werden gebruikt, werden bijgevolg ook bij de andere scenario's gebruikt, wat de betrouwbaarheid ten goede komt. De betrouwbaarheid van de scenariovorming is niet heel hoog, aangezien het opstellen van scenario's die in de toekomst zouden kunnen plaatsvinden, gebaseerd is op de huidige NSRA-wetgeving en de huidige tabellen. Deze navigatietabellen lijken gemiddeld gezien om de 10 jaar aangepast te worden. Daarnaast wordt het TOPSIS-model beschouwd als een relatief simpel *order preference model*, maar dit model werd ook in twee andere academische studies gebruikt, wat de betrouwbaarheid verhoogt.

Het PC6-schip dat werd geselecteerd om de route te bevaren is slechts een conceptueel model, wat ertoe leidt dat er weinig data over het schip aanwezig zijn.

De uiteindelijk resultaten liggen in de lijn van de verwachtingen, aangezien meerdere academische studies gemeenschappelijke bevindingen aantonen.

Deze studie houdt enkel rekening met de kwantitatieve aspecten (afstand, duur en kosten) en behandelt geen kwalitatieve aspecten zoals de preferenties van de rederijen of andere ladingbelanghebbenden. Verder heeft dit onderzoek het concept van *slow steaming*, alsook de komst van alternatieve scheepsbrandstoffen niet opgenomen. Bij de kostencalculaties werden ook de negatieve externe effecten niet ingecalculeerd omdat dit niet binnen de scope lag. De maritieme verzekeringskost werd wel ingecalculeerd, maar in het voordeel van de conventionele schepen op de NSR ten gevolge van een gebrek aan uniforme verzekeringsmodellen omtrent onafhankelijke doorvaart op de NSR van een conventioneel schip.

Bij het opstellen van scenario's werd er geen scenario onder IPCC 1-2.6 ondergebracht, wat betekent dat deze studie ervan uitgaat dat de mens de komende jaren niet in staat zal zijn om klimaatverandering af te remmen.

Tot slot bemoeilijken de verschillende benamingen die de verschillende classificatiemaatschappijen aan ijsbrekers en ijsbestendige schepen toekennen het vinden van accurate data, aangezien bepaalde studies een PC6-schip gelijkstellen met een ARC5-schip terwijl dit onderzoek, net zoals de meeste geraadpleegde studies, een PC6-schip gelijkstelt met een ARC4-schip.

Er zou mogelijk vervolgonderzoek kunnen plaatsvinden waar de Noordelijke Zeeroute enkele maanden als operationeel wordt beschouwd met een PC-schip en de resterende maanden de Suezroute aandoet met dit schip. Men zou kunnen onderzoeken in welke mate dit model winstgevend is, aangezien wordt verondersteld dat het bevaren van de Suezroute met een ijsbestendig schip niet rendabel is.

Daarnaast zou men ook kunnen onderzoeken of het rendabel is om met een schip met één van de hoogste ijsklasse een lijndienst op te zetten tussen de haven van Moermansk en een haven gesitueerd aan het einde van de NSR.

8 Bibliografie

ABS. (2014). *Navigating the Northern Sea Route: Status and Guidance*.

https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/ABS_NSR_Advisory.pdf

Aker Arctic. (2021, November 5). *Arctic Container Ship 8000 TEU*. Retrieved May 18, 2022, from

<https://akerarctic.fi/en/reference/arctic-container-ship-8000-teu/>

Aker Arctic. (n.d.). *Company*. Retrieved May 18, 2022, from <https://akerarctic.fi/en/company/>

Amarineblog. (2019, December 26). *SHIP ICE CLASS. AMARINE*. Retrieved April 21, 2022, from

<https://amarineblog.com/2017/06/19/ship-ice-class/>

Amarineblog. (2019, December 26). *SHIP ICE CLASS. AMARINE*. Retrieved April 21, 2022, from

<https://amarineblog.com/2017/06/19/ship-ice-class/>

ANP\Redactie. (2021, 9 augustus). *Deze vijf scenario's schetst het IPCC voor het klimaat*. Trouw. Geraadpleegd op 4 maart 2022, van <https://www.trouw.nl/duurzaamheid-natuur/deze-vijf-scenario-s-schetst-het-ipcc-voor-het-klimaat~b3be5531/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

Arctic Council. (z.d.). *Report on Heavy Fuel Oil in the Arctic launched*. Geraadpleegd op 3 november 2021, van

<https://arctic-council.org/news/report-on-heavy-fuel-oil-in-the-arctic/>

Arctic Economics. (2008, October 23). *Russia's Shallow Arctic Seas and Straits*. Retrieved May 15, 2022, from

https://benmuse.typepad.com/arctic_economics/2008/10/russias-shallow-arctic-seas-and-straits.html

Barltrop, H., & Rasmusson, K. (2019). *Territorial Disputes over the Northern Sea Route*. Leadership and

Democracy Lab - Western University. Geraadpleegd op 11 november 2021, van

https://www.democracylab.uwo.ca/Archives/2018_2019_research/shipping_in_the_arctic/territorial_disputes_over_the_northern_sea_route_.html

Bekkers, E., Francois, J. F., & Rojas-Romagosa, H. (2017). Melting ice Caps and the Economic Impact of Opening the Northern Sea Route. *The Economic Journal*, 128(610), 1095–1127. <https://doi.org/10.1111/eoj.12460>

Belgisch Militair Tijdschrift. (2016). De wedloop naar de Noord-pool: naar een grotere rol voor de NAVO? In *Op weg naar een nieuw Strategisch Plan* (12de ed., Vol. 2016, pp. 81–89). PHD.

Belostotskaya, A., Kalinin, A., Lazariva, A., Middleton, A., & Nilssen, F. (2020). *Arctic 2050: Mapping the Future of the Arctic*. SKOLKOVO Institute for Emerging Market Studies. <https://arctic2050.info/report/>

Bennett, M. M., Stephenson, S. R., Yang, K., Bravo, M. T., & De Jonghe, B. (2020). The opening of the Transpolar Sea Route: Logistical, geopolitical, environmental, and socioeconomic impacts. *Marine Policy*, 121, 1.

<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104178>

Bergström, M., Leira, B. J., & Kujala, P. (2020). Future Scenarios for Arctic Shipping. *Volume 7: Polar and Arctic Sciences and Technology*. <https://doi.org/10.1115/omae2020-18166>

Bergström, M., Leira, B. J., & Kujala, P. (2020). Future Scenarios for Arctic Shipping. *Volume 7: Polar and Arctic Sciences and Technology*. <https://doi.org/10.1115/omae2020-18166>

- Broekman, M. H., & Bakker, J. (2016). *Milieurisico's van specifieke stoffen in bunkerolie in zeeschepen: Onderzoek van de literatuur en de REACH-dossiers* (RIVM Rapport 2016-0067). RIVM. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0067.pdf>
- Buchanan, E. (2021, 12 november). *Russia's Grand Arctic Plan Will Face Tough Hurdles*. The Moscow Times. Geraadpleegd op 12 november 2021, van <https://www.themoscowtimes.com/2020/10/28/russias-grand-arctic-plan-will-face-tough-hurdles-a71871>
- Bye, H. (2021, 11 januari). *European Shipping Companies Far More Active on Northern Sea Route than Asian Ones*. High North News. Geraadpleegd op 15 november 2021, van <https://www.highnorthnews.com/en/european-shipping-companies-far-more-active-northern-sea-route-asian-ones>
- Canadian Coast Guard. (2012). *Chapter 4: Navigation in Ice Covered Waters*. Government of Canada. Retrieved May 19, 2022, from <https://www.ccg-gcc.gc.ca/publications/icebreaking-deglacage/ice-navigation-glaces/page05-eng.html>
- Cariou, P., Cheaitou, A., Faury, O., & Hamdan, S. (2019). The feasibility of Arctic container shipping: the economic and environmental impacts of ice thickness. *Maritime Economics & Logistics*, 23(4), 615–631. <https://doi.org/10.1057/s41278-019-00145-3>
- Chen, J., Kang, S., Chen, C., You, Q., Du, W., Xu, M., Zhong, X., Zhang, W., & Chen, J. (2020, 1 december). *Changes in sea ice and future accessibility along the Arctic Northeast Passage*. ScienceDirect. Geraadpleegd op 11 maart 2022, van <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921818120302101>
- Chen, J., Kang, S., Du, W., Guo, J., Xu, M., Zhang, Y., Zhong, X., Zhang, W., & Chen, J. (2021). Perspectives on future sea ice and navigability in the Arctic. *The Cryosphere*, 15(12), 5473–5482. <https://doi.org/10.5194/tc-15-5473-2021>
- Chen, J., Kang, S., Du, W., Guo, J., Xu, M., Zhang, Y., Zhong, X., Zhang, W., & Chen, J. (2021). Perspectives on future sea ice and navigability in the Arctic. *The Cryosphere*, 15(12), 5473–5482. <https://doi.org/10.5194/tc-15-5473-2021>
- Clean Arctic Alliance. (2018, 5 april). *Ban Heavy Fuel Oil from Arctic shipping*. HFO-Free Arctic. Geraadpleegd op 3 november 2021, van <https://www.hfofreearctic.org/nl/front-page-nl/>
- Cool Antarctica. (n.d.). *Ice breakers and ice strengthened ships*. Retrieved April 21, 2022, from <https://www.coolantarctica.com/Antarctica%20fact%20file/ships/icebreaker.php>
- Cool Antarctica. (n.d.). *Ice breakers and ice strengthened ships*. Retrieved April 21, 2022, from <https://www.coolantarctica.com/Antarctica%20fact%20file/ships/icebreaker.php>
- De Noordpool*. (z.d.). Centrum voor Internationaal Recht. Geraadpleegd op 11 november 2021, van <https://www.centruminternationaalrecht.nl/de-noordpool>
- Decola, E., Robertson, T., Fisher, M., & Blair, L. (2018, juli). *Phasing Out the Use and Carriage for Use of Heavy Fuel Oil in the Canadian Arctic: Impacts to Northern Communities*. WWF-Canada. https://wwf.ca/wp-content/uploads/2020/03/Phasing-Out-the-Use-and-Carriage_July-2018.pdf

- Desmet, J. (2022, March 8). *Bunkerprijzen overschrijden voor het eerst 1.000 dollar per ton*. Flows. Retrieved April 20, 2022, from <https://www.flows.be/scheepvaart/bunkerprijzen-overschrijden-voor-het-eerst-1000-dollar-ton>
- Desmet, J. (2022, March 8). *Bunkerprijzen overschrijden voor het eerst 1.000 dollar per ton*. Flows. Retrieved April 20, 2022, from <https://www.flows.be/scheepvaart/bunkerprijzen-overschrijden-voor-het-eerst-1000-dollar-ton>
- Dienst Klimaatverandering. (z.d.). *Overeenkomst van Parijs*. Klimaat | Climat. Geraadpleegd op 3 maart 2022, van <https://klimaat.be/klimaatbeleid/internationaal/overeenkomst-van-parijs>
- Dienst Klimaatverandering. (z.d.). *Verskillende broeikasgassen*. Klimaat | Climat. Geraadpleegd op 16 november 2021, van <https://klimaat.be/klimaatverandering/oorzaken/broeikasgassen>
- Donkers, H., Luken, W., & Vaessen, H. (2018, 1 januari). *Noordpool: nieuwe geopolitieke hotspot?* Geografie.nl. Geraadpleegd op 11 november 2021, van <https://geografie.nl/artikel/noordpool-nieuwe-geopolitieke-hotspot>
- Dyrcz, C. (2017). Safety of Navigation in the Arctic. *Scientific Journal of Polish Naval Academy*, 211(4), 129–146. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.6742>
- Eger, K. M. (2010). *ARCTIS | Natural Conditions and Navigation through the Northeast Passage*. Arctis Knowledge Hub. Geraadpleegd op 28 november 2021, van <http://www.arctis-search.com/Natural+Conditions+and+Navigation+through+the+Northeast+Passage>
- Eliseev, D. O., & Naumova, Y. V. (2021). Simulation of Transit Transportation along the Northern Sea Route under Climate Change. *Studies on Russian Economic Development*, 32(2), 160–168. <https://doi.org/10.1134/s1075700721020040>
- European Environment Information and Observation Network (Eionet). (2021, 18 november). *Arctic and Baltic sea ice*. European Environment Agency. Geraadpleegd op 3 maart 2022, van <https://www.eea.europa.eu/ims/arctic-and-baltic-sea-ice>
- Europese Commissie. (2021, oktober). *GEZAMENLIJKE MEDEDELING AAN HET EUROPEES PARLEMENT, DE RAAD, HET EUROPEES ECONOMISCH EN SOCIAAL COMITÉ EN HET COMITÉ VAN DE REGIO'S*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021JC0027&from=EN>
- Faury, O., Serry, A., Kerbirou, R., & Alix, Y. (2019, December). *Analysis of Murmansk as a gateway for the Arctic production* (hal-02406613). HAL. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02406613>
- Fluxys. (z.d.). *180502_press_first_transshipment*. Geraadpleegd op 20 november 2021, van https://www.fluxys.com/nl/press-releases/fluxys-belgium/2018/180502_press_first_transshipment
- Folkegård, A. G. (2020). *When the Arctic Melts: A Study on the Right to Use the Northwest Passage for International Navigation* (scriptie). Orebro Universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1505453/FULLTEXT01.pdf>
- Furuichi, M., & Otsuka, N. (2013). *Cost Analysis of the Northern Sea Route (NSR) and the Conventional Route Shipping*. IAME. https://www.researchgate.net/publication/246545438_Cost_Analysis_of_the_Northern_Sea_Route_NSR_and_the_Conventional_Route_Shipping

Gazprom-Neft. (2016, 25 mei). *Gazprom Neft confirms first ever maritime shipments of Yamal oil via new Arctic Gates sea terminal*. Geraadpleegd op 22 november 2021, van <https://www.gazprom-neft.com/press-center/news/gazprom-neft-confirms-first-ever-maritime-shipments-of-yamal-oil-via-new-arctic-gates-sea-terminal/>

Gazprom-Neft. (z.d.). *het Novoportovskoye olieveld*. Geraadpleegd op 22 november 2021, van <https://www.gazprom-neft.com/company/major-projects/new-port/>

GeeksforGeeks. (2021, October 5). *TOPSIS method for Multiple-Criteria Decision Making (MCDM)*. Retrieved May 11, 2022, from <https://www.geeksforgeeks.org/topsis-method-for-multiple-criteria-decision-making-mcdm/>

Goerlandt, F., Montewka, J., Zhang, W., & Kujala, P. (2017). An analysis of ship escort and convoy operations in ice conditions. *Safety Science*, 95, 198–209. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.01.004>

Grieger, G. (2018, mei). *China's Arctic policy: How China aligns rights and interests* (PE620.231). European Parliamentary Research Service. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/620231/EPRS_BRI\(2018\)620231_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/620231/EPRS_BRI(2018)620231_EN.pdf)

Gunnarsson, B. (2021). Recent ship traffic and developing shipping trends on the Northern Sea Route—Policy implications for future arctic shipping. *Marine Policy*, 124, 104369. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104369>

Heinonen, T. J., & Imonnen, V. E. (2017, October). *NOTCH TOWING OPERATIONS: FULL SCALE MEASUREMENTS AND OBSERVATIONS* (No. 94). Finnish Transport Agency & Swedish Transport Agency. <https://onepetro.org/ISOPEIOPEC/proceedings-abstract/ISOPE17/All-ISOPE17/ISOPE-I-17-110/17258>

Het Parool. (2021, 26 maart). *Schepen kiezen voor tocht rond Afrika in plaats van Suezkanaal*. Geraadpleegd op 27 oktober 2021, van <https://www.parool.nl/wereld/schepen-kiezen-voor-tocht-rond-afrika-in-plaats-van-suezkanaal~b8550ae0/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

Het voorspellen van het lot van olie lekkages in Arctisch zee-ijs. (z.d.). Sciences world. Geraadpleegd op 4 november 2021, van <https://dut.sciences-world.com/predicting-fate-oil-spills-arctic-sea-ice-43203>

History.com Editors. (2021, 3 maart). *Northwest Passage*. HISTORY. Geraadpleegd op 13 oktober 2021, van <https://www.history.com/topics/exploration/northwest-passage>

Humpert, M. (2018, 26 november). *Traffic on Northern Sea Route Doubles as Russia Aims to Reduce Ice-class Requirements*. High North News. Geraadpleegd op 18 februari 2022, van <https://www.highnorthnews.com/en/traffic-northern-sea-route-doubles-russia-aims-reduce-ice-class-requirements>

Humpert, M. (2019, 13 juni). *Chinese Shipping Company COSCO To Send Record Number of Ships Through Arctic*. High North News. Geraadpleegd op 1 december 2021, van <https://www.highnorthnews.com/en/chinese-shipping-company-cosco-send-record-number-ships-through-arctic>

Humpert, M. (2019, June 5). *A Russian company is pushing forward with plans to bring container shipping to the Northern Sea Route*. ArcticToday. Retrieved April 23, 2022, from <https://www.arctictoday.com/a-russian-company-is-pushing-forward-with-plans-to-bring-container-shipping-to-the-northern-sea-route/>

- Humpert, M. (2019, June 5). *A Russian company is pushing forward with plans to bring container shipping to the Northern Sea Route*. ArcticToday. Retrieved April 23, 2022, from <https://www.arctictoday.com/a-russian-company-is-pushing-forward-with-plans-to-bring-container-shipping-to-the-northern-sea-route/>
- Humpert, M., & Raspotnik, A. (2012). The Future of Arctic Shipping Along the Transpolar Sea Route. *Arctic Yearbook*, 281–301.
https://arcticyearbook.com/images/yearbook/2012/Scholarly_Papers/14.Humpert_and_Raspotnik.pdf
- IMO. (z.d.). *International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code)*. IMO. Geraadpleegd op 3 november 2021, van <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/polar-code.aspx>
- IMO. (z.d.). *Ships' routeing*. IMO.org. Geraadpleegd op 28 november 2021, van <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/ShipsRouteing.aspx>
- IPCC. (z.d.). *About*. Geraadpleegd op 3 maart 2022, van <https://www.ipcc.ch/about/>
- Jacobsen, S., & Gronholt-Pedersen, J. (2019, 14 juni). *Maersk explores Arctic shipping route with Russia*. Reuters. Geraadpleegd op 1 december 2021, van <https://www.reuters.com/article/us-arctic-shipping-maersk-idUSKCN1TF0WW>
- Jakobsson, M., Mayer, L., Coakley, B., Dowdeswell, J. A., Forbes, S., Fridman, B., Hodnesdal, H., Noormets, R., Pedersen, R., Rebesco, M., Schenke, H. W., Zarayskaya, Y., Accettella, D., Armstrong, A., Anderson, R. M., Bienhoff, P., Camerlenghi, A., Church, I., Edwards, M., . . . Weatherall, P. (2012). The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0. *Geophysical Research Letters*, 39(12), n/a.
<https://doi.org/10.1029/2012gl052219>
- Januta, A. (2021, 9 augustus). *Explainer: The U.N. climate report's five futures - decoded*. Reuters. Geraadpleegd op 3 maart 2022, van <https://www.reuters.com/business/environment/un-climate-reports-five-futures-decoded-2021-08-09/>
- Jochems-Verstraeten, J., De Vos-Effting, S. E., Keijzer, E. E., Dellaert, S. N. C., Van Horsen, A., Van Gijlswijk, R. N., & Hulskotte, J. H. J. (2016, mei). *Milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase (060.21917)*. TNO.
- Kraaijvanger, C. (2018, 18 september). *Scheepvaart kan ervoor zorgen dat de Noordpool minder snel opwarmt*. Scientias.nl. Geraadpleegd op 27 oktober 2021, van <https://scientias.nl/scheepvaart-kan-er-voor-zorgen-dat-de-noordpool-minder-snel-opwarmt/>
- Kubny, H. (2021, February 10). *Murmansk gets container terminal*. Polarjournal. Retrieved May 20, 2022, from <https://polarjournal.ch/en/2021/02/10/murmansk-gets-container-terminal/>
- Kuperman, J. (2014, 22 december). *The Northern Sea Route: Could It Be The New Suez Canal? – Berkeley Political Review*. Berkeley. Geraadpleegd op 16 november 2021, van <https://bpr.berkeley.edu/2014/12/22/the-northern-sea-route-the-new-suez-canal/>
- Lambert, J., Thomas, G., Rehmatulla, N., & Smith, T. (2021). A techno-economic environmental cost model for Arctic shipping. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 151, 28–51.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.06.022>

Lim, K. S. (2018, 23 oktober). *China's Arctic Policy and the Polar Silk Road Vision*. SSRN. Geraadpleegd op 12 november 2021, van https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3603710

Liu, M., & Kronbak, J. (2010). The potential economic viability of using the Northern Sea Route (NSR) as an alternative route between Asia and Europe. *Journal of Transport Geography*, 18(3), 434–444.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.08.004>

London, A. (2018, 2 maart). *Finland touts "Arctic Corridor" tunnel*. Chinadaily.com.cn. Geraadpleegd op 13 november 2021, van <https://global.chinadaily.com.cn/a/201803/02/WS5a984a41a3106e7dcc13efe8.html>

Marinetraffic. (2022). *Ship OOCL LONDON (Container Ship) Registered in Hong Kong - Vessel details, Current position and Voyage information - IMO 9417268, MMSI 477738500, Call Sign VRG02*. MarineTraffic.Com. Retrieved May 18, 2022, from https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:689040/mmsi:477738500/imo:9417268/vessel:OOCL_LONDON

Mason, S. (2019, 11 oktober). *Now is Not the Time for a FONOP in the Arctic*. War on the Rocks. Geraadpleegd op 11 november 2021, van <https://warontherocks.com/2019/10/now-is-not-the-time-for-a-fonop-in-the-arctic/>

Milaković, A. S., Gunnarsson, B., Balmasov, S., Hong, S., Kim, K., Schütz, P., & Ehlers, S. (2018). Current status and future operational models for transit shipping along the Northern Sea Route. *Marine Policy*, 94, 53–60.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.027>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2020, 21 juli). *Is wetenschappelijk bewezen dat de opwarming van de aarde door de mens wordt veroorzaakt?* Klimaatakkoord. Geraadpleegd op 16 november 2021, van <https://www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord/vraag-en-antwoord/menselijke-invloed-opwarming-aarde>

Miroshnikova, T., & Taskaeva, N. (2018). Creation of a raid complex as a promising direction for the development of the seaport of Petropavlovsk-Kamchatsky. *MATEC Web of Conferences*, 239, 03007.
<https://doi.org/10.1051/matecconf/201823903007>

MSC. (2021, 1 april). *MSC Says Black Carbon, Environmental Impacts Prohibit Arctic Passage for Cargo*. Geraadpleegd op 1 december 2021, van <https://www.msc.com/bra/news/2021-april/msc-reaffirms-arctic-commitment?lang=it-it>

NAADSN. (2021). *China's Arctic Engagement*. Arctic Yearbook. <https://www.naadsn.ca/wp-content/uploads/2021/03/NAADSN-engage3-ChinaAY-JB-EXP-LH-PWL-upload-rev.pdf>

NGW. (2021, 13 januari). *Project Spotlight: Arc7 LNG carriers [LNG Condensed]*. NaturalGasWorld. Geraadpleegd op 12 november 2021, van <https://www.naturalgasworld.com/project-spotlight-arc7-lng-carriers-lng-condensed-83812>

Nikkei Asia. (z.d.). *How the Northern Sea Route will change the world's major traffic flows* : Nikkei. Geraadpleegd op 26 november 2021, van <https://vdata.nikkei.com/en/newsgraphics/northern-sea-route/>

Nilsen, T. (2021, 2 oktober). *Giant module for Arctic LNG 2 sails Northern Sea Route*. The Independent Barents Observer. Geraadpleegd op 20 november 2021, van <https://thebarentsobserver.com/en/arctic-lng/2021/09/giant-first-arctic-lng-2-module-sails-northern-sea-route>

Northern Sea Route Information Office. (2020, 25 juni). *Main results of NSR navigation 2019 | Northern Sea Route Information Office*. Geraadpleegd op 13 november 2021, van <https://arctic-lio.com/main-results-of-nsr-navigation-2019/>

Northern Sea Route Information Office. (2021a, maart 2). *LNG&Gas from Sabetta | Northern Sea Route Information Office*. Geraadpleegd op 20 november 2021, van <https://arctic-lio.com/nsr-shipping-traffic-export-of-lng-and-gas-condensate-from-sabetta-in-2020/>

Northern Sea Route Information Office. (2021b, augustus 28). *Analysys of Shipping traffic in the NSR waters in 2020 | Northern Sea Route Information Office*. Geraadpleegd op 15 november 2021, van <https://arctic-lio.com/analysys-of-shipping-traffic-in-the-nsr-waters-in-2020/>

Novatek. (2020). *Think Green. Think Natural Gas*.
https://www.novatek.ru/common/upload/doc/NOVATEK_AR2020_ENG.pdf

NSRA. (2020). *RULES of navigation in the water area of the Northern Sea Route*.
http://www.nsra.ru/files/fileslist/137-en5894-2020-11-19_rules.pdf

ØStreng, W. (z.d.). *ARCTIS | The Northeast Passage and Northern Sea Route 2*. [Http://www.Arctis-Search.Com/The+Northeast+Passage+and+Northern+Sea+Route+2](http://www.Arctis-Search.Com/The+Northeast+Passage+and+Northern+Sea+Route+2). Geraadpleegd op 13 oktober 2021, van <http://www.arctis-search.com/The+Northeast+Passage+and+Northern+Sea+Route+2>

PAME. (2019, februari). *Alternative fuels in the Arctic* (Nr. 2019–0226, Rev. 0). <https://pame.is/document-library/pame-reports-new/pame-ministerial-deliverables/2019-11th-arctic-council-ministerial-meeting-rovaniemi-finland/428-report-on-the-environmental-economic-technical-and-practical-aspects-of-the-use-by-ships-in-the-arctic-of-alternative-fuels/file>

Pame. (2021). *Northern Sea Route Shipping Statistics*. Geraadpleegd op 13 november 2021, van <https://pame.is/projects/arctic-marine-shipping/amsa/259-projects/arctic-marine-shipping/northern-sea-route-shipping-statistics>

Panetta, A. (2020, 10 april). *Arctic shipping remains a distant dream for now, Raitt says*. [Therecord.Com](https://www.therecord.com/business/2014/03/25/arctic-shipping-remains-a-distant-dream-for-now-raitt-says.html). Geraadpleegd op 27 oktober 2021, van <https://www.therecord.com/business/2014/03/25/arctic-shipping-remains-a-distant-dream-for-now-raitt-says.html>

Pastusiak, T. (2016). *The Northern Sea Route as a Shipping Lane*. *The Northern Sea Route as a Shipping Lane*, 131–152. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-41834-6>

Peeters, L. (2022, 11 januari). *Bevaarbare Noordelijke IJszee - Impact op de Vlaamse havens en economie*. Vlaams Parlement. Geraadpleegd op 23 maart 2022, van <https://docs.vlaamsparlement.be/pfile?id=1800280>

Pillen, J. (2021, 10 juni). *“Waarom de Arctische ruimte België niet koud mag laten”*. [Site-Knack-NL](https://www.knack.be/nieuws/belgie/waarom-de-arctische-ruimte-belgie-niet-koud-mag-laten/article-opinion-1744889.html?cookie_check=1636645459). Geraadpleegd op 11 november 2021, van https://www.knack.be/nieuws/belgie/waarom-de-arctische-ruimte-belgie-niet-koud-mag-laten/article-opinion-1744889.html?cookie_check=1636645459

PortNews. (2021, 2 juni). *Nuclear-powered icebreakers of Rosrosatom assisted 553 ship calls in winter-spring navigation season*. Geraadpleegd op 21 november 2021, van <https://en.portnews.ru/news/315094/>

Portofzeebrugge. (2014, 17 april). *Yamal LNG en Fluxys ondertekenen samenwerkingsovereenkomst rond LNG-overslagdiensten*. Port of Zeebrugge. Geraadpleegd op 20 november 2021, van

<https://portofzeebrugge.be/nl/nieuws-evenementen/yamal-Ing-en-fluxys-ondertekenen-samenwerkingsovereenkomst-rond-Ing>

Press Service of Rosatom Cargo. (2019, September 4). *Rosatom State Atomic Energy Corporation ROSATOM global leader in nuclear technologies nuclear energy*. Rosatom. Retrieved April 23, 2022, from <https://www.rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-cargo-korea-marine-equipment-research-institute-komeri-and-south-korean-shipping-company-sin/>

Press Service of Rosatom Cargo. (2019, September 4). *Rosatom State Atomic Energy Corporation ROSATOM global leader in nuclear technologies nuclear energy*. Rosatom. Retrieved April 23, 2022, from <https://www.rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-cargo-korea-marine-equipment-research-institute-komeri-and-south-korean-shipping-company-sin/>

Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen. (1998, 23 juni). *met ijs bedekte gebieden*. eur-lex.europa.eu. Geraadpleegd op 11 november 2021, van [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:21998A0623\(01\)&from=EL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:21998A0623(01)&from=EL)

Reich, K. (2019, 14 november). *Arctic Ocean could be ice-free for part of the year as soon as 2044*. UCLA. Geraadpleegd op 16 november 2021, van <https://newsroom.ucla.edu/releases/arctic-sea-ice-melting-2044>

Reuters, S. (2021, 5 maart). *China pledges to build "Polar Silk Road" over 2021–2025*. Reuters. Geraadpleegd op 12 november 2021, van <https://www.reuters.com/article/us-china-parliament-polar-idUSKBN2AX09F>

Riska, K. (2009). *DEFINITION OF THE NEW ICE CLASS IA Super +* (No. 90). WINTER NAVIGATION RESEARCH BOARD. https://www.traficom.fi/sites/default/files/14261-Report_No_60_Definition_of_the_new_Ice_Class_IA_Super_%2B.pdf

Riska, K. (2014, May). *THE INFLUENCE OF SHIP CHARACTERISTICS ON ICEBREAKER DEMAND* (No. 72). Finnish Transport Agency & Swedish Transport Agency. https://www.traficom.fi/sites/default/files/15339-Report_No_72_The_influence_of_ship_characteristics_on_icebreaker_demand.pdf

Rosmorport. (n.d.). *Harbour Dues and Tariffs*. Retrieved May 22, 2022, from https://www.rosmorport.com/filials/ppv_portcharges/

Rusinov, I., Gavrilova, I., & Sergeev, M. (2021). Features of Sea Freight through the Suez Canal. *Transportation Research Procedia*, 54, 719–725. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.125>

Sarrabezoles, A., Lasserre, F., & Hagouagn'rin, Z. (2014). Arctic shipping insurance: towards a harmonisation of practices and costs? *Polar Record*, 52(4), 393–398. <https://doi.org/10.1017/s0032247414000552>

Sarrabezoles, A., Lasserre, F., & Hagouagn'rin, Z. (2014). Arctic shipping insurance: towards a harmonisation of practices and costs? *Polar Record*, 52(4), 393–398. <https://doi.org/10.1017/s0032247414000552>

Sevastyanov, S., & Kravchuk, A. (2020). Russia's policy to develop trans-arctic shipping along the Northern sea route. *The Polar Journal*, 10(2), 228–250. <https://doi.org/10.1080/2154896x.2020.1799609>

Sevastyanov, S., & Kravchuk, A. (2020). Russia's policy to develop trans-arctic shipping along the Northern sea route. *The Polar Journal*, 10(2), 228–250. <https://doi.org/10.1080/2154896x.2020.1799609>

ShipmentLink. (n.d.). *ShipmentLink - Routing Network*. ShipmentLink.Com. Retrieved May 17, 2022, from https://ss.shipmentlink.com/tvs2/jsp/TVS2_ServiceProfile.jsp?line=NE3&segment=W

Sibul, G., & Jin, J. G. (2021). Evaluating the feasibility of combined use of the Northern Sea Route and the Suez Canal Route considering ice parameters. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 147, 350–369. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.03.024>

Srinath, B. N. (2010, June 30). *Arctic shipping: Commercial viability of the arctic sea routes | TU Delft Repositories*. TU Delft. Retrieved May 18, 2022, from <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:2da3ee1c-12be-4ab3-ab6f-b0bc1a4e54a2?collection=education>

SRM. (2020, april). *The Arctic Route: Climate change impact, Maritime and economic scenario, Geo-strategic analysis and perspectives*. <https://www.assoporti.it>

Staalesen, A. (2021, 29 mei). *This Russian Arctic coast has planet's quickest warming*. The Independent Barents Observer. Geraadpleegd op 16 november 2021, van <https://thebarentsobserver.com/en/climate-crisis/2021/03/unprecedented-arctic-warming-opens-gates-northern-sea-route>

Staalesen, A. (2021, 3 september). *Moscow mulls subsidies for container ships on Northern Sea Route*. ArcticToday. Geraadpleegd op 23 mei 2022, van <https://www.arctictoday.com/moscow-mulls-subsidies-for-container-ships-on-northern-sea-route/>

Staalesen, A. (2021, July 23). *Moscow's big plan for trans-Arctic shipping: 2,000 percent growth in*. The Independent Barents Observer. Retrieved April 20, 2022, from <https://thebarentsobserver.com/en/arctic/2021/07/moscows-big-plan-trans-arctic-shipping-2000-percent-growth-10-years>

Staalesen, A. (2021, July 23). *Moscow's big plan for trans-Arctic shipping: 2,000 percent growth in*. The Independent Barents Observer. Retrieved April 20, 2022, from <https://thebarentsobserver.com/en/arctic/2021/07/moscows-big-plan-trans-arctic-shipping-2000-percent-growth-10-years>

Statista. (2021, 8 juli). *Volume of goods transported through Northern Sea Route in Russia 2011–2020*. Geraadpleegd op 15 november 2021, van <https://www.statista.com/statistics/1147611/northern-sea-route-cargo-transportation-volume-russia/>

Stephenson, S. R., Smith, L. C., Brigham, L. W., & Agnew, J. A. (2013). Projected 21st-century changes to Arctic marine access. *Climatic Change*, 118(3–4), 885–899. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0685-0>

Suez Canal Authority. (2015). *Rules of Navigation*. Suez Canal. Retrieved May 19, 2022, from <https://www.suezcanal.gov.eg/FlipPDFFiles/RulesOfNavigation/index.html#p=1>

Theocharis, D., Rodrigues, V. S., Pettit, S., & Haider, J. (2021). Feasibility of the Northern Sea Route for seasonal transit navigation: The role of ship speed on ice and alternative fuel types for the oil product tanker market. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 151, 259–283. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.03.013>

TotalEnergies. (2021, 17 september). *Arctic LNG 2: an ambitious gas project in Russia*. TotalEnergies.Com. Geraadpleegd op 20 november 2021, van <https://totalenergies.com/news/arctic-lng-2-ambitious-gas-project-russia>

Transport Canada. (2018, 8 februari). *Arctic Ice Regime Shipping System - Pictorial Guide*. Geraadpleegd op 4 maart 2022, van <https://tc.canada.ca/en/marine-transportation/marine-safety/arctic-ice-regime-shipping-system-pictorial-guide#type-a-vessels>

Tseng, P. H., & Cullinane, K. (2018). Key criteria influencing the choice of Arctic shipping: a fuzzy analytic hierarchy process model. *Maritime Policy & Management*, 45(4), 422–438. <https://doi.org/10.1080/03088839.2018.1443225>

Van der Meer, S. (2019, 16 april). *China laat een spoor van schuld achter langs Nieuwe Zijderoute*. MO*. Geraadpleegd op 13 november 2021, van <https://www.mo.be/analyse/koopt-beijing-politieke-invloed-de-wereld>

Verdrag van de Verenigde Naties over het zeerecht. (z.d.). eur-lex.europa.eu. Geraadpleegd op 11 november 2021, van <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:4337127&from=HU>

Vermeulen, M. (2021, 13 september). *Varen via de Noordpool is korter, maar veel slechter voor het klimaat*. De Correspondent. Geraadpleegd op 27 oktober 2021, van <https://decorrespondent.nl/12736/varen-via-de-noordpool-is-korter-maar-veel-slechter-voor-het-klimaat/554920256-3817c3af>

Wan, Z., Nie, A., Chen, J., Ge, J., Zhang, C., & Zhang, Q. (2021). Key barriers to the commercial use of the Northern Sea Route: View from China with a fuzzy DEMATEL approach. *Ocean & Coastal Management*, 208, 105630. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105630>

Wan, Z., Nie, A., Chen, J., Ge, J., Zhang, C., & Zhang, Q. (2021). Key barriers to the commercial use of the Northern Sea Route: View from China with a fuzzy DEMATEL approach. *Ocean & Coastal Management*, 208, 105630. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105630>

Wang, Y., Liu, K., Zhang, R., Qian, L., & Shan, Y. (2021). Feasibility of the Northeast Passage: The role of vessel speed, route planning, and icebreaking assistance determined by sea-ice conditions for the container shipping market during 2020–2030. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 149, 102235. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102235>

Weathernews. (2020, 15 december). *Summer Heat Results in the Second Smallest Sea Ice Area on Record*. Weathernews Inc. Geraadpleegd op 26 november 2021, van <https://global.weathernews.com/news/15408/>

Wei, T., Yan, Q., Qi, W., Ding, M., & Wang, C. (2020). Projections of Arctic sea ice conditions and shipping routes in the twenty-first century using CMIP6 forcing scenarios. *Environmental Research Letters*, 15(10), 104079. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb2c8>

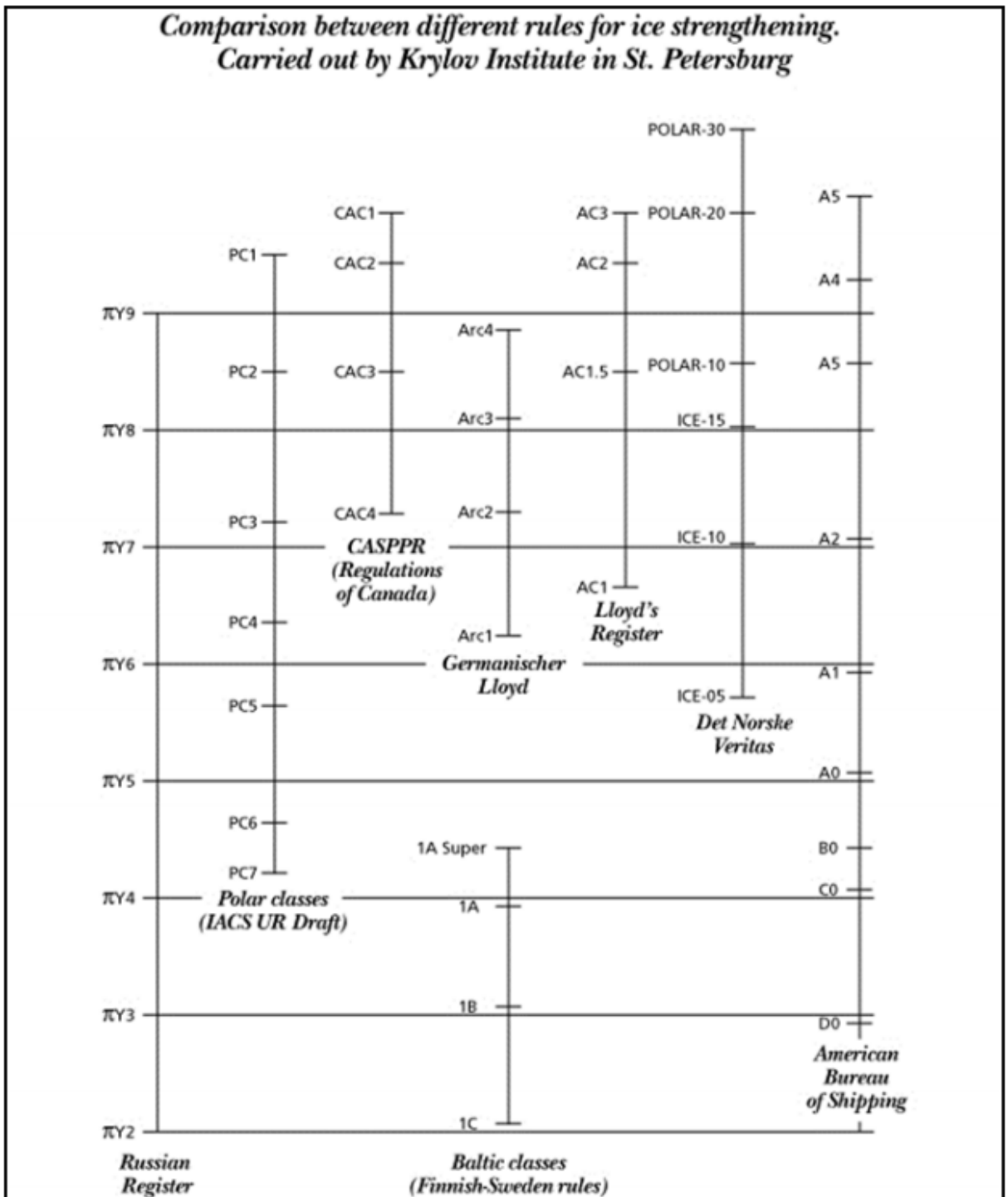
World Maritime News. (2019a, augustus 26). *CMA CGM Pledges Not to Use the Northern Sea Route*. Offshore Energy. Geraadpleegd op 1 december 2021, van <https://www.offshore-energy.biz/cma-cgm-pledges-not-to-use-the-northern-sea-route/>

World Maritime News. (2019b, oktober 4). *Hapag-Lloyd Ships Will Not Use Arctic Sea Routes*. Offshore Energy. Geraadpleegd op 1 december 2021, van <https://www.offshore-energy.biz/hapag-lloyd-ships-will-not-use-arctic-sea-routes/>

Yermakov, V., & Yermakova, A. (2021). The Northern Sea Route: A state priority in Russia's strategy of delivering Arctic hydrocarbons to global markets. *The Oxford Institute for Energy Studies*.

9 Bijlagen

Bijlage 1: overeenkomsten tussen de ijsbrekers van verschillende classificatiemaatschappijen



Figuur 59 overeenkomsten tussen de verschillende ijsbrekers (Amarineblog, 2019)

Bijlage 2: overeenstemming tussen Russische benamingen voor ijsversterkte schepen en de benaming van het ABS

RS	IACS/ABS
ARC 4	PC6
ARC 5	PC5
ARC 6	PC4
ARC 7	PC3
ARC 8	PC2
ARC 9	PC1

Figuur 60 overeenstemming tussen Russische benamingen en de ABS-benaming voor ijsbestendige schepen (ABS, 2014)

Bijlage 3: de verschillende scenario's

Tabel 17 de verschillende scenario's (eigen werk)

Scenario's	Ijscondities	Ijsklasse	Vaarvenster	Ijsdikte	Brandstofprijs	Tarieven
1	SSP2-4,5	geen	90	15	530	huidig
2	SSP2-4,5	geen	90	15	780	huidig
3	SSP2-4,5	geen	90	15	1050	huidig
4	SSP2-4,5	geen	90	15	530	reductie
5	SSP2-4,5	geen	90	15	780	reductie
6	SSP2-4,5	geen	90	15	1050	reductie
7	SSP2-4,5	geen	90	40	530	huidig
8	SSP2-4,5	geen	90	40	780	huidig
9	SSP2-4,5	geen	90	40	1050	huidig
10	SSP2-4,5	geen	90	40	530	reductie
11	SSP2-4,5	geen	90	40	780	reductie
12	SSP2-4,5	geen	90	40	1050	reductie
13	SSP2-4,5	PC6	180	15	530	huidig
14	SSP2-4,5	PC6	180	15	780	huidig
15	SSP2-4,5	PC6	180	15	1050	huidig
16	SSP2-4,5	PC6	180	15	530	reductie
17	SSP2-4,5	PC6	180	15	780	reductie
18	SSP2-4,5	PC6	180	15	1050	reductie
19	SSP2-4,5	PC6	180	40	530	huidig
20	SSP2-4,5	PC6	180	40	780	huidig
21	SSP2-4,5	PC6	180	40	1050	huidig
22	SSP2-4,5	PC6	180	40	530	reductie
23	SSP2-4,5	PC6	180	40	780	reductie
24	SSP2-4,5	PC6	180	40	1050	reductie
25	SSP2-4,5	PC6	180	75	530	huidig

26	SSP2-4,5	PC6	180	75	780	huidig
27	SSP2-4,5	PC6	180	75	1050	huidig
28	SSP2-4,5	PC6	180	75	530	reductie
29	SSP2-4,5	PC6	180	75	780	reductie
30	SSP2-4,5	PC6	180	75	1050	reductie
31	SSP2-4,5	PC6	180	115	530	huidig
32	SSP2-4,5	PC6	180	115	780	huidig
33	SSP2-4,5	PC6	180	115	1050	huidig
34	SSP2-4,5	PC6	180	115	530	reductie
35	SSP2-4,5	PC6	180	115	780	reductie
36	SSP2-4,5	PC6	180	115	1050	reductie
37	SSP5-8,5	geen	120	10	530	huidig
38	SSP5-8,5	geen	120	10	780	huidig
39	SSP5-8,5	geen	120	10	1050	huidig
40	SSP5-8,5	geen	120	10	530	reductie
41	SSP5-8,5	geen	120	10	780	reductie
42	SSP5-8,5	geen	120	10	1050	reductie
43	SSP5-8,5	geen	120	35	530	huidig
44	SSP5-8,5	geen	120	35	780	huidig
45	SSP5-8,5	geen	120	35	1050	huidig
46	SSP5-8,5	geen	120	35	530	reductie
47	SSP5-8,5	geen	120	35	780	reductie
48	SSP5-8,5	geen	120	35	1050	reductie
49	SSP5-8,5	PC6	240	10	530	huidig
50	SSP5-8,5	PC6	240	10	780	huidig
51	SSP5-8,5	PC6	240	10	1050	huidig
52	SSP5-8,5	PC6	240	10	530	reductie
53	SSP5-8,5	PC6	240	10	780	reductie
54	SSP5-8,5	PC6	240	10	1050	reductie
55	SSP5-8,5	PC6	240	35	530	huidig
56	SSP5-8,5	PC6	240	35	780	huidig
57	SSP5-8,5	PC6	240	35	1050	huidig
58	SSP5-8,5	PC6	240	35	530	reductie
59	SSP5-8,5	PC6	240	35	780	reductie
60	SSP5-8,5	PC6	240	35	1050	reductie
61	SSP5-8,5	PC6	240	50	530	huidig
62	SSP5-8,5	PC6	240	50	780	huidig
63	SSP5-8,5	PC6	240	50	1050	huidig
64	SSP5-8,5	PC6	240	50	530	reductie
65	SSP5-8,5	PC6	240	50	780	reductie
66	SSP5-8,5	PC6	240	50	1050	reductie
67	SSP5-8,5	PC6	240	100	530	huidig
68	SSP5-8,5	PC6	240	100	780	huidig
69	SSP5-8,5	PC6	240	100	1050	huidig
70	SSP5-8,5	PC6	240	100	530	reductie
71	SSP5-8,5	PC6	240	100	780	reductie
72	SSP5-8,5	PC6	240	100	1050	reductie

Bijlage 4: volledige rangschikking van de scenario's

Tabel 18 volledige rangschikking scenario's (eigen werk)

Ranking	Scenario's	Potentieel
1	54	1
2	18	0,869711
3	53	0,833436
4	60	0,822706
5	17	0,788334
6	51	0,7588
7	24	0,752621
8	59	0,751204
9	66	0,726443
10	15	0,725677
11	42	0,721755
12	52	0,718564
13	50	0,715343
14	57	0,694433
15	23	0,692526
16	16	0,687412
17	6	0,683398
18	14	0,681962
19	41	0,681748
20	65	0,671957
21	48	0,656794
22	58	0,656349
23	39	0,6501
24	49	0,650002
25	56	0,648117
26	21	0,647106
27	5	0,646037
28	63	0,632121
29	40	0,623381
30	3	0,619544
31	13	0,619192
32	38	0,615208
33	12	0,612031
34	22	0,611011
35	47	0,610906
36	20	0,598552

Ranking	Scenario's	Potentieel
37	64	0,598211
38	4	0,594519
39	55	0,585975
40	62	0,585144
41	2	0,584676
42	45	0,583199
43	37	0,570033
44	11	0,56782
45	30	0,559481
46	46	0,553808
47	9	0,545975
48	1	0,543003
49	19	0,540192
50	44	0,538056
51	61	0,530268
52	10	0,518169
53	29	0,506868
54	8	0,499585
55	43	0,491391
56	27	0,488909
57	72	0,486714
58	28	0,457273
59	7	0,456738
60	71	0,440754
61	69	0,431525
62	26	0,427829
63	36	0,415659
64	70	0,40527
65	25	0,381552
66	68	0,375862
67	35	0,362944
68	33	0,359099
69	67	0,339664
70	34	0,330065
71	32	0,288041
72	31	0,248186