

Detectie van scheepvaart in de Noordzee door middel van het DAS-systeem

Moerkerke Ilias

Scriptie voorgedragen tot het behalen
van de graad van
Master in de Nautische Wetenschappen
aan de Hogere Zeevaartschool

Promotor: Baziel Spitaels

Academiejaar 2022-2023

Woord vooraf

Dit is een thesis over de mogelijkheid om schepen te detecteren via DAS-systemen. Ik koos voor dit onderwerp uit mijn interesse van de energie/communicatie-infrastructuur op zee en de bescherming ervan.

De thesis is een vervolg van mijn bachelor scriptie met hetzelfde onderwerp. Deze is voorzien in de lijst van bijlagen (Bijlage 1).

Een belangrijk deel van deze thesis is de fieldtest. In deze fieldtest werd de mogelijkheid van een DAS-systeem getest door het varen over een kabel met een testschip aangesloten op een DAS-systeem. Ik wil enkele dankwoorden uitdrukken voor de personen en organisaties die deze thesis en fieldtest tot stand hebben helpen brengen.

Als eerste wil ik fregatkapitein De Winter Kurt en oppermeester Van Torre Mike samen met het operationele team dat op het MIK zorgde voor de accommodatie en de middelen om de fieldtest uit te voeren. Ook wil ik de bemanning van de BNS Castor bedanken met name Luitenant-ter-zee Langedock Mathilde, om hun medewerking en goede vaart.

Voor Nemo Link wil ik Dhr. Krisztian Jani, Cable Manager van Nemo Link, bedanken. Het ter beschikking stellen van de Nemo Link voor de fieldtest, tijd maken om persoonlijk de test bij te wonen en het helpen analyseren van de gegevens was een grote hulp. Voor de verdere data-analyse van de fieldtest en uitleg over DAS-systemen wil ik Marlinks dankzeggen.

Tenslotte wil ik mijn vader Moerkerke Geert, Head of Assets Offshore – Elia, bedanken voor de samenwerking en contacten binnen de offshore sector.

Samenvatting

DAS-technologie of Distributed Acoustic Sensing is een relatief nieuwe technologie. Door middel van een laserpuls door een glasvezelkabel te sturen, kan er gedetecteerd worden waar er hogere akoestische golven passeren. Onderzeese kabels zoals interconnectors en communicatiekabels zijn uitgerust met reserve glasvezelkabels. Door op deze een DAS-systeem aan te sluiten, kan er langs deze kabels gedetecteerd worden op geluid. Deze thesis gaat in op de vraag of geluid, geproduceerd door schepen, gedetecteerd kan worden wanneer een schip over dergelijke kabels vaart.

Om deze vraag te beantwoorden heb ik naast literatuuronderzoek en interviews een fieldtest uitgevoerd. Door een testschip een track te laten varen over een dergelijke kabel en te kijken naar de DAS-gegevens, hebben we proberen te zien of er een verhoging is in akoestische waarden wanneer het schip de kabel kruist. Dit bij verschillende koersen en snelheden.

De conclusie van deze fieldtest en daarmee ook van de thesis is dat men schepen kan detecteren via DAS-systemen. De voorwaarden om een succesvolle detectie te hebben moeten wel nog afgetast worden met verdere testen.

Abstract

DAS technology or Distributed Acoustic Sensing is a relatively new technology. By sending a laser pulse through a fibre-optic cable, it can detect where higher acoustic waves pass. Submarine cables such as interconnectors and communication cables are equipped with spare fibre-optic cables. By connecting a DAS system to these, sound can be detected along these cables. This thesis addresses the question of whether noise produced by ships can be detected when a ship passes over such cables.

To answer this question, in addition to literature research and interviews, I conducted a field test. By having a test ship navigate a track passing over such cable and while looking at the DAS data, we tried to see if there is an increase in acoustic values when the ship crosses the cable. This at different courses and speeds.

The conclusion of this field test and hence the thesis is that one can detect ships through DAS systems. However, the conditions to have successful detection still need to be explored with further testing.

Inhoudstafel

Lijst van figuren	viii
Lijst van tabellen.....	x
Lijst met afkortingen.....	xi
1 Inleiding.....	1
2 Werkingsprincipe DAS-systemen	2
2.1 Geschiedenis glasvezel detectie	2
2.2 Reflectie licht	3
2.3 (C)OTDR.....	4
2.3.1 Berekening intensiviteit verandering	6
2.4 DAS werkingsparameters.....	7
2.4.1 Spatiale resolutie	7
2.4.2 Maximale bereik	7
3 Motivering om DAS-systemen te impliceren	12
3.1 Bescherming.....	12
3.1.1 Gevaren waartegen bescherming nodig is	12
3.1.2 Verzekeringsbedrijven	13
3.1.3 Bescherming tegen natuurlijke elementen	14
3.2 Beveiliging	15
3.2.1 Cases: doorknippen van internet en communicatielijnen.	18
3.2.2 Mijnen op offshore infrastructuur.	19
3.3 Ecologie	23
3.3.1 Migratieroutes walvissen	23
4 De fieldtest	26
4.1 Het idee.....	26
4.2 Oriëntatie en contact verschillende organisaties	28

4.2.1	Een testschip.....	28
4.2.2	De kabel	29
4.2.3	Aanstuurlocatie	31
4.3	Inzoomen op de Nemo Link interconnector	33
4.3.1	Doorsnede en structuur kabelstreng.....	33
4.3.2	DAS via glasvezel.....	34
4.3.3	Zender en ontvanger	36
4.3.4	Spectrogram	37
4.3.5	AIS-software	40
4.4	Track voorbereiding	42
4.4.1	De kabel	42
4.4.2	Statische parameters die invloed hebben op de track.....	42
4.4.3	Dynamische parameters die invloed hebben op de track.....	44
4.4.4	De track.....	46
4.5	De test	49
4.5.1	Vorbereiding.....	49
4.5.2	De test.....	50
4.5.3	Na de test.....	50
4.6	Gegevensverwerking.....	51
4.6.1	Basisprincipes om het spectrogram correct af te lezen.	51
4.6.2	Leg 0.....	52
4.6.3	Leg 1.....	54
4.6.4	Leg 2.....	55
4.6.5	Leg 4,5&6:.....	56
4.6.6	Leg 7.....	58
4.6.7	Leg 8.....	59

4.6.8	Leg 9&10	60
4.6.9	Leg 11&12	62
4.7	Analyse door Marlinks	65
4.8	Waardevolle detectie 09 mei.....	66
4.8.1	Detectie BNS Castor 09 mei.....	66
4.8.2	Analyse kruising 09 mei	68
4.9	Onverklaarde ondervinden van de test	72
4.9.1	Schaduw na detectie	72
4.10	Reflectie van de test.....	73
4.10.1	Fouten die gemaakt zijn	73
4.10.2	Fouten op het spectrogram.....	73
4.11	Toekomsttesten	75
4.11.1	Testen met UAV.....	75
4.11.2	Testen door zelfde schip met verschillende types propulsie	76
4.11.3	Testen op bodemmanipulatie	77
4.11.4	Testen detectieafstand van de kabel weg (parallel dichterblijven).....	78
4.11.5	Effect van stroming/meteo op een DAS-systeem	78
5	Toekomstontwikkelingen	79
5.1	Verlengen van bereik via optical communication repeaters.....	79
6	Besluit.....	81
7	Bibliografie	82

Lijst van figuren

Figuur 1: Experiment Jean-Daniel Colladon	2
Figuur 2: Refractie/reflectie licht t.o.v. de hoek	4
Figuur 3: Rayleigh Backscattering.....	5
Figuur 4: Coherent Optical Time Domain	6
Figuur 5: Berekening DAS	6
Figuur 6: Representatie decibelverlies	8
Figuur 7: Resultaten bereiktest	10
Figuur 8: Sand Ridges in North Sea.....	14
Figuur 9: Windmolenparken in de Noordzee	17
Figuur 10: Lekken na explosies Nord Stream	20
Figuur 11: Noordkapers habitat	24
Figuur 12: BNS Castor	29
Figuur 13: Middelen ter beschikking van het MIK.....	32
Figuur 14: Doorsnede Nemo Link	33
Figuur 15: Illustratie werking DAS	35
Figuur 16: Splitsing glasvezel Herdersbrug.....	36
Figuur 17: DAS module Herdersbrug.....	37
Figuur 18: Voorbeeld spectrogram.....	38
Figuur 19: Verschil logaritmische schaal, lineaire schaal	40
Figuur 20: Gebeurtenis Nemo Link.....	41
Figuur 21: Marien ruimtelijk plan	44
Figuur 22: Track fieldtest	48
Figuur 23: Afstand detectie diagram	52
Figuur 24: Leg 0.....	53
Figuur 25: Leg 1.....	54
Figuur 26: Leg 2&3.....	55
Figuur 27: Leg 4,5,6	57
Figuur 28: Leg 7.....	58
Figuur 29: Leg 8.....	59
Figuur 30: Leg 10.....	61

Figuur 31: Schaduw na detectie	62
Figuur 32: Leg 11 & 12	63
Figuur 33: Detectie BNS Castor 09 mei	66
Figuur 34: Analyse kruising BNS Castor 09 mei	68
Figuur 35: Verklaring vertraagde detectie (a)	70
Figuur 36: Verklaring detectie na draai	70
Figuur 37: Hypothetische voorstelling optical communication repeaters.....	80

Lijst van tabellen

Tabel 1: Interconnectors vanuit United Kingdom 30

Tabel 2: Track fieldtest 47

Lijst met afkortingen

DAS: distributed acoustic sensing (gedistribueerde akoestische detectie)

DTS: distributed temperature sensing (gedistribueerde temperatuurdetectie)

DVS: distributed vibration sensing (gedistribueerde vibratie detectie)

LHD: linear heat detection (lineaire warmte detectie)

DTSS: distributed temperature and strain sensing (gedistribueerde temperatuur en belasting detectie)

FBG: fiber bragg gratings

UAV: unmanned autonomous vehicle (onbemand autonoom voertuig)

BOEM: Bureau of Ocean Energy Management

BNS: Belgian Navy ship (Belgisch marineschip)

CPV: coastal patrol vessel (patrouillevaartuig)

FOD: Federale Overheidsdienst

Kts: knots (knopen → 1kts = 1.85km/u)

SOG: speed over ground (snelheid over grond)

EMI: electromagnetische interferentie

(C)OTDR: (Coherent) Optical Time Domain Reflectometry

ULL: ultra-low loss fiber

ENHF: enhanced backscatter fiber

SSMF: standard single mode fiber

1 Inleiding

Door de groei in telecommunicatie en offshore stroominstallaties gedurende de laatste decennia, is er een grote evolutie gebeurd in het aantal onderzeese kabels. De nieuwste generatie van onderzeese kabels worden tegenwoordig uitgerust met een DAS-systeem. Via dit systeem kunnen akoestische waarden (geluid) over de lengte van de kabel gemeten worden. De vraag van deze thesis is of dit systeem schepen kan detecteren die over dergelijke kabel varen. Dit kan een nieuwe manier van scheepsdetectie worden, naast visueel en radar.

DAS-installaties zijn echter heel nieuw. De eerste die in de Noordzee geïnstalleerd werd is in pas in 2021 in gebruik gesteld. Er is heel weinig tot geen onderzoek of proeven gedaan om te zien of deze scheepsdetectie mogelijk is. Daarom heb ik een test georganiseerd. Door met een schip enkele keren te varen over een onderzeese kabel waarop een DAS-systeem uitgerust was, zijn er bevindingen en resultaten bekomen.

In deze thesis beginnen we met de werking van een DAS-systeem uit te leggen. Dit door een korte geschiedenis, gedetailleerde uitleg en enkele parameters die systemen definiëren. Vervolgens wordt de motivering, om DAS-systemen te implementeren, aangehaald. Bedrijven kiezen voor DAS-systemen voor bescherming en beveiliging van hun offshore installaties maar ook voor minder voor de hand liggende redenen zoals de bescherming van walvissen.

Het hele hoofdstuk vier gaat over de uitgevoerde fieldtest en is het belangrijkste hoofdstuk van deze thesis. Het begint met het idee achter de test, het contact met de verschillende organisaties die hebben meegewerkt en het opstellen van de track die het testschip heeft gevaren. Erna start de reflectie en analyse van de gegevens. Hier worden mogelijkheden en limitaties ondervonden van scheepsdetectie via DAS-systemen. Ook wordt er een analyse gedaan van een detectie die enkele dagen na de fieldtest gevonden is. Deze is een heel interessante detectie. Als laatste worden fouten die gemaakt zijn opgelijst zodat toekomstige testen beter zullen verlopen. Over deze toekomstige teksten wordt ook nog gespeculeerd.

De laatste twee hoofdstukken gaan over de bedrijven die DAS-systemen ontwikkelen en hoe deze kunnen blijven innoveren met deze nieuwe technologie.

2 Werkingsprincipe DAS-systemen

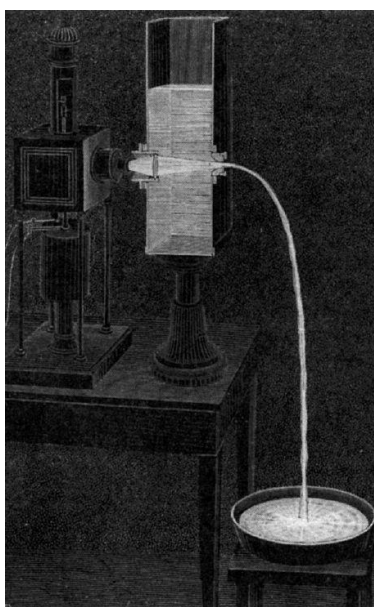
Laten we beginnen met te begrijpen hoe DAS werkt. In het kort laat een DAS-systeem geluid detecteren over een glasvezelkabel. Dit door een DAS-systeem aan te sluiten aan een uiteinde. Dit systeem zendt een laserpuls doorheen de glasvezelkabel die reflecteert. Door de terug verstrooiing te meten kunnen we akoestische veranderingen detecteren.

Dit is heel kort door de bocht. In dit hoofdstuk wordt DAS verder uitgelegd, beginnend van een stukje voorgeschiedenis en gaande tot het systeem in detail.

2.1 Geschiedenis glasvezel detectie

Distributed Acoustic Sensing of DAS is een recent principe. Nochtans werd er reeds een hele weg naar gebaad die gestart is in 1842. Het principe van glasvezel detectie is gebaseerd op reflectie van de wanden van een glasvezelkabel waardoor licht gebogen kan worden in de richting dat de kabel gaat.

In 1842 is de Zwitserse fysicus Jean-Daniel Colladon erin geslaagd om licht te laten buigen doorheen een waterstraal van vallend water (figuur 1) (skullsinthestars, 2013). Dit is lang voor de uitvinding van glasvezelkabels maar het principe is hetzelfde. Wanneer licht vanuit een compact medium zoals water of glas naar een optisch schaarser medium gaat zoals lucht, kan het reflecteren met een hoek loodrecht met de wand. (skullsinthestars, 2013)



Figuur 1: Experiment Jean-Daniel Colladon

Publiek

In 1958 werd de laser uitgevonden, en in 1961 werd door een laser te gebruiken in glasvezelkabels voor het eerst een lichtsignaal over lange afstand vervoerd. Dit door een single-mode optical fiber. Dit werd verder uitgewerkt en in 1970 heeft het bedrijf Corning Glass Works de low loss single mode optical fibers (<20dB/km) gemaakt (MartinEileen, 2018).

In 1978 begon de eerste detectie/sensing uitgevoerd via het Bragg gratings principe. Eenvoudig uitgelegd werd er op een welbepaalde plaats in de kabel een gaas gemaakt waardoor het mogelijk werd om op die plaats signaal te zenden en te ontvangen. Dit maakte het mogelijk dat je de plaats wist waar dat je was op de totale lengte van de glasvezelkabel. Wanneer men echter in de glasvezelkabel een Bragg gratings principe uitrustte, kon deze niet meer gebruikt worden voor communicatieoverdracht (zoals telefoonlijnen of internet). Dit omdat er teveel van het originele lichtsignaal verloren ging aan terug verstrooiing (MartinEileen, 2018).

Het eerste systeem dat standaard glasvezelkabels kon gebruiken zonder manipulaties aan de wanden toe te brengen om aan detectie te doen is DTS (distributed temperature sensing). Dit is ook het eerste van de gedistribueerde technieken die ontwikkeld is. Dit was rond het jaar 2000. Het systeem is gebaseerd op de verstrooiing van Raman en Brillouin (MartinEileen, 2018).

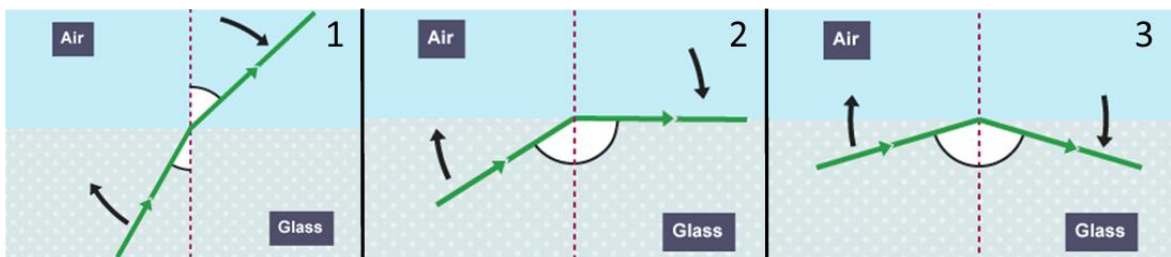
In het begin van de jaren 2010 begonnen de eerste DAS-systemen te ontstaan, gebaseerd op de verstrooiing van Rayleigh. Het duurde echter tot het einde van het decennia om DAS-systemen te maken die toepasbaar waren voor onderzeese kabels (MartinEileen, 2018).

2.2 Reflectie licht

Licht kan dus reflecteren wanneer het vanuit een compact medium naar een schaars medium gaat. Dit hangt echter af van de hoek waaronder dit gebeurt. Er zijn drie situaties (figuur 2):

- Situatie 1: invalshoek is kleiner dan de kritische hoek;
Er gebeurt afbuiging van het licht wanneer deze verandert van medium. Hoe groter de hoek wordt, hoe groter de afbuiging. Dit start bij een hoek van 0° waar er geen afbuiging optreedt, tot het moment waarbij de invalshoek gelijk is aan de kritische hoek.

- Situatie 2: invalshoek is gelijk aan de kritische hoek;
Wanneer de invalshoek en de kritische hoek gelijk zijn, treedt er een afbuiging van 90° op. Dit hangt af tussen welke twee mediums het licht zich verplaatst. Bij glasvezelkabels is deze kritische hoek ongeveer 42° .
- Situatie 3: invalshoek groter dan de kritische hoek;
Wanneer de invalshoek groter is dan de kritische hoek, treedt er geen refractie (afbuiging) meer op, maar reflectie. Het volledige lichtsignaal reflecteert op de wand. Dit fenomeen noemt totale interne reflectie.



Figuur 2: Refractie/reflectie licht t.o.v. de hoek

Bron: (BBC, sd)

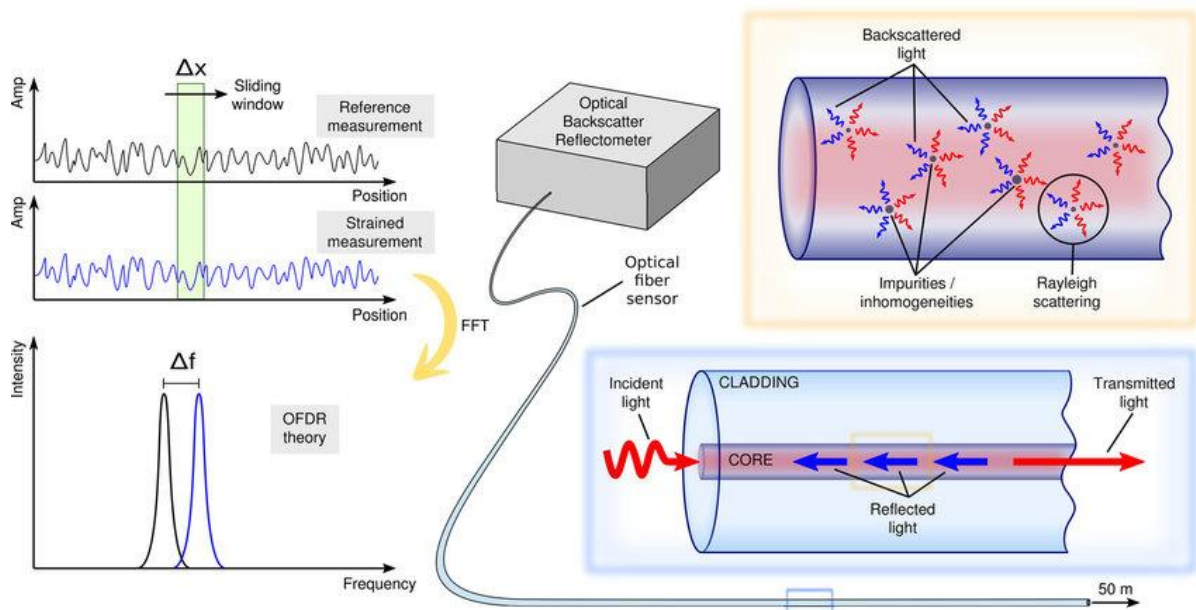
Ondanks we spreken over totale interne reflectie, is dit proces niet oneindig. Er wordt bij elke botsing van het licht met de wand een heel klein deel geabsorbeerd en er gebeurt ook terug verstrooiing (zie volgend hoofdstuk). Daardoor zijn er voor heel lange afstanden, zoals in communicatiekabels, signal repeaters nodig. Hierover meer in hoofdstuk 5.1 (BBC, sd).

2.3 (C)OTDR

OTDR of Optical Time Domain Reflectometry is het basisprincipe waarop alle distributed sensing systemen zijn op gebaseerd. Hieronder valt naast DAS ook DTS, DTSS en DVS.

Wanneer een laserpuls door een glasvezelkabel gaat, reflecteert een klein deel van deze puls via het Rayleigh principe terug. Dit is gevisualiseerd op figuur 3. Het reflecteren gebeurt door de botsing van de laserpuls op imperfecties of Rayleigh centers die zich in de glasvezelkabel bevinden. Hierdoor zal een gedeelte van het licht terugkaatsen in de kabel (blauwe pijlen). Door dit terug verstrooide licht te meten met een opto-elektronische

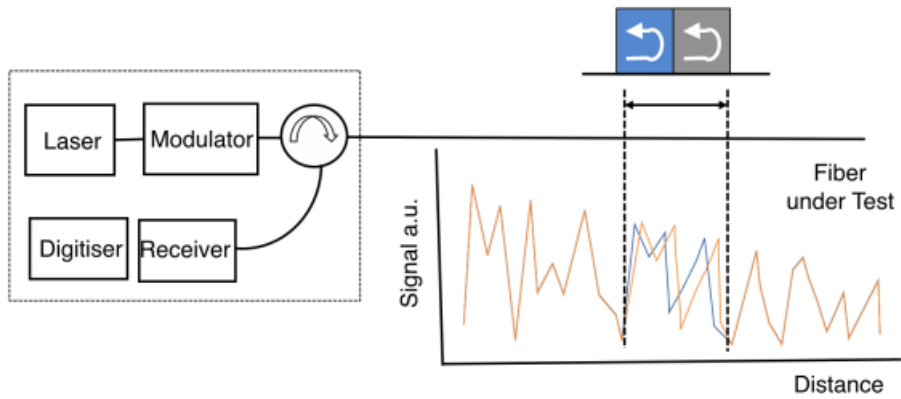
sensor en te vergelijken met de tijd ten opzichte van het versturen van de laserpuls, kan men uitzetten hoeveel terug verstrooiing er was op elke plaats op de kabel.



Figuur 3: Rayleigh Backscattering

Bron: (Berrocal, Fernandez, Rempling, & Rasmus, 2020)

Wanneer er een akoestische golf of een drukgolf door de glasvezelkabel passeert, verlengt en vervormt de kabel heel lichtjes. Hierdoor zal ook de intensiteit van de terug verstrooiing veranderen, wat maakt dat we een nieuw ander beeld krijgen, eenmaal de terug verstrooiing door de opto-elektronische sensor terug is verwerkt. Indien we het “normale” beeld met het “nieuwe” beeld vergelijken, kunnen we een verschil zien op de plaats waar er een verstoring was. Het vergelijken tussen deze twee waarden noemt men COTDR of Coherent Optical Time Domain Reflectometry (figuur 4) (Shatalin, 2020).



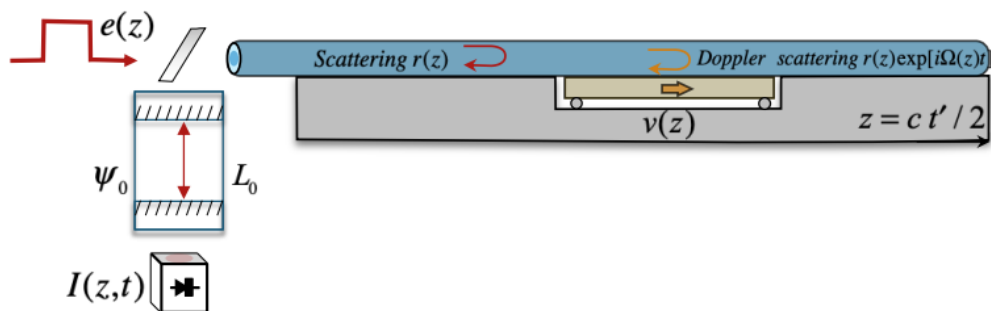
Figuur 4: Coherent Optical Time Domain

Bron: (Shatalin, 2020)

2.3.1 Berekening intensiviteit verandering

De berekening van de verandering van intensiviteit gaat als volgt.

Door een akoestische golf beweegt een stuk van de glasvezelkabel met een snelheid $v(z)$. De imperfecties of Rayleigh centers bewegen mee met de kabel. Hierdoor treedt er een doppler shift $\Omega(z)$ op bij de frequentie van het terug verstrooide licht (figuur 5). Deze doppler shift is te meten met de opto-elektronische sensor. Na een hele reeks van berekeningen is het mogelijk om de faseverandering of de verandering in intensiviteit te bepalen. De berekening zullen we niet in deze thesis vermelden. In het manuscript van Dr. Shatalin kan u de gehele berekening terugvinden (Shatalin, 2020).



Figuur 5: Berekening DAS

Shatalin (2020)

2.4 DAS werkingsparameters

2.4.1 Spatiale resolutie

Zoals hierboven uitgelegd meet een DAS-systeem de lengte verandering in een glasvezelkabel wanneer een akoestische golf deze vervormt. Dit is geen goede manier om er gegevens uit te interpreteren. Daarom bewerken de DAS-systemen dat faseverschil om, naar een relatieve lengteverandering over een bepaalde afstand. Deze afstand wordt de gauge length of spatiale resolutie genoemd (vergelijking 1: spatiale resolutie) . Hoe kleiner de spatiale resolutie, hoe groter de nauwkeurigheid van de gegevens. Daarentegen zorgt een kleinere spatiale resolutie ook voor een minder bereik. Voor DAS-systemen, gebruikt in offshore kabels, is een spatiale resolutie tussen de 1m en 10m zeker acceptabel (Chambers, sd).

Vergelijking 1: Spatiale resolutie

$$\varepsilon_z'(r) = \int_{r-L_g/2}^{r+L_g/2} \varepsilon_z dz$$

r = afstand op de kabel

ε_z = belasting op positie z

L_g = spatiale resolutie

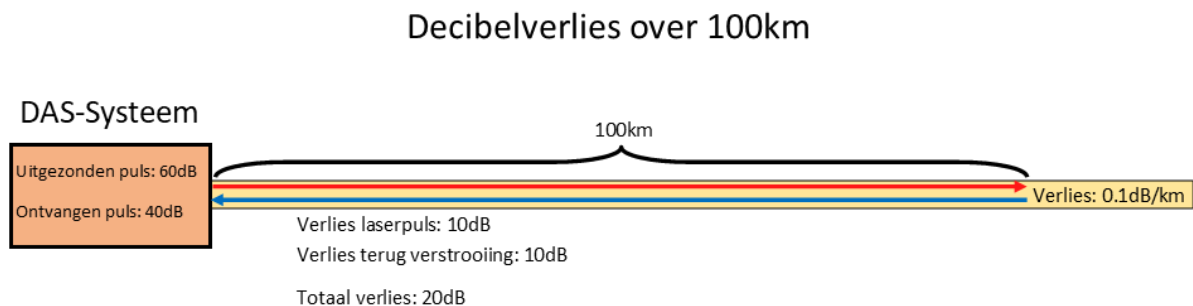
2.4.2 Maximale bereik

Onderzeese kabels zijn lang, vaak tot enkele honderden kilometers voor stroomkabels en duizenden voor communicatielijnen. Daarom is het belangrijk om te kijken wat het maximale bereik is van een DAS-systeem om de detectieafstand te bepalen. Het bereik hangt samen met de spatiale resolutie (Vergelijking 1: Spatiale resolutie). Hoe groter het bereik, hoe groter de spatiale resolutie, wat betekent dat de nauwkeurigheid van de gegevens vermindert. Om een goede nauwkeurigheid te bewaren in offshore kabels wordt er een grens gelegd op een maximale spatiale resolutie van 10m. In 2019 heeft Dhr. Gregor Cedilnik en Dhr. Gareth LEES van het bedrijf AP Sensing en Dhr. Poul Erik Schmidt van het bedrijf Ofs Optics een paper geschreven over hoe het maximale bereik te behalen (CEDILNIK, LEES, & SCHMIDT, 2019).

Het bereik hangt af van enkele parameters. Wanneer de glasvezelkabel langer wordt,

- vermindert de terug verstrooiing van het licht t.o.v. de afstand;
- vergroot de periode tussen de lichtpulsen;
- wordt het verlies van de lichtpuls t.o.v. de afstand groter;

Het is mogelijk om de kabel aan te passen zodat er een groter gedeelte terug verstrooit maar hierdoor zal de puls meer verlies hebben en een minder groot bereik behalen. Verlies in de lichtpuls wordt weergegeven als dB/km (decibel per kilometer). Wanneer men het totale verlies wilt weten is het belangrijk om het verlies in dB over een bepaalde afstand te verdubbelen. De terug verstrooiing moet namelijk nog de weg terug naar de opto-elektronische sensor terugvinden. Laten we dit voorstellen door een figuur (figuur 6). Dit zijn geen echte waarden. Hierbij wordt ook verondersteld dat er bij het terug verstrooien van het licht, geen dB verlies optreedt.



Figuur 6: Representatie decibelverlies

Bron: eigen werk

Er wordt door een laser een puls van 60dB uitgezonden over een glasvezelkabel van minstens 100km lang. We bekijken de terug verstrooiing die plaatsvindt op exact 100km van het DAS-systeem. Het verlies door absorptie en terug verstrooiing van het type kabel is 0.1dB per km. Wanneer de terug verstrooiing op 100km plaatsvindt heeft de laserpuls al 100km afgelegd. Dit zorgt voor een verlies van 10dB ($100 \times 0.1\text{dB/km}$). De terug verstrooiing moet hierna ook nog zijn weg terugvinden en opnieuw 100km afleggen tot de opto-elektronische sensor in het DAS-systeem. Hierbij treedt dus opnieuw een verlies van 10dB op. Om deze reden moet je er rekening mee houden, wanneer je verliesgegevens ziet door het type kabel, deze telkens te verdubbelen om een idee te krijgen van het totale verlies.

De puls sterker maken is ook geen mogelijkheid door de aanwezigheid van een maximale puls. Deze maximale puls heeft een non-lineair limiet met een bepaalde golflengte. Deze hangt af van de soort glasvezelkabel die gebruikt wordt.

Door te spelen en experimenteren met de soort glasvezelkabels probeerden Cedilnik, Lees en Schmidt een maximaal bereik te halen. Voor hun onderzoek hebben ze slechts één type DAS-systeem gebruikt. Dit zijnde een N5200A van AP Sensing. Dit systeem heeft een normaal bereik van ongeveer 70km en een variabele spatiale resolutie tussen de 5m en 40m. Drie types kabel zijn getest geweest. Dit zijnde:

- ULL: Ultra-Low Loss fiber: Deze kabels gemaakt door het bedrijf OFS Optics heeft een heel laag verlies in dB over afstand ($<0.1\text{dB/km}$). Dit omdat ze gemaakt zijn om minder terug te verstrooien. Dit wil zeggen dat ze langer de lichtpuls sterk houden maar er minder terug verstrooiing naar de sensor terugkeert.
Specifieke kabel: TeraWave SCUBA-125 en SCUBA-150.
- ENHF: Enhanced Backscatter Fiber: Deze kabels door OFS Optics zijn aan de andere kant van het spectrum t.o.v. de ULL. Deze kabels zijn uitgerust met gratings (roosters), waardoor er meer terug verstrooiing gebeurt. Deze hebben vier keer zoveel verlies namelijk 4db/km .
Specifieke kabel: OFS Acoustisens
- SSMF: Standard Single Mode Fiber: Een normale standard glasvezelkabel die als referentie wordt gebruikt.
Specifieke kabel: ITU type G.652.D

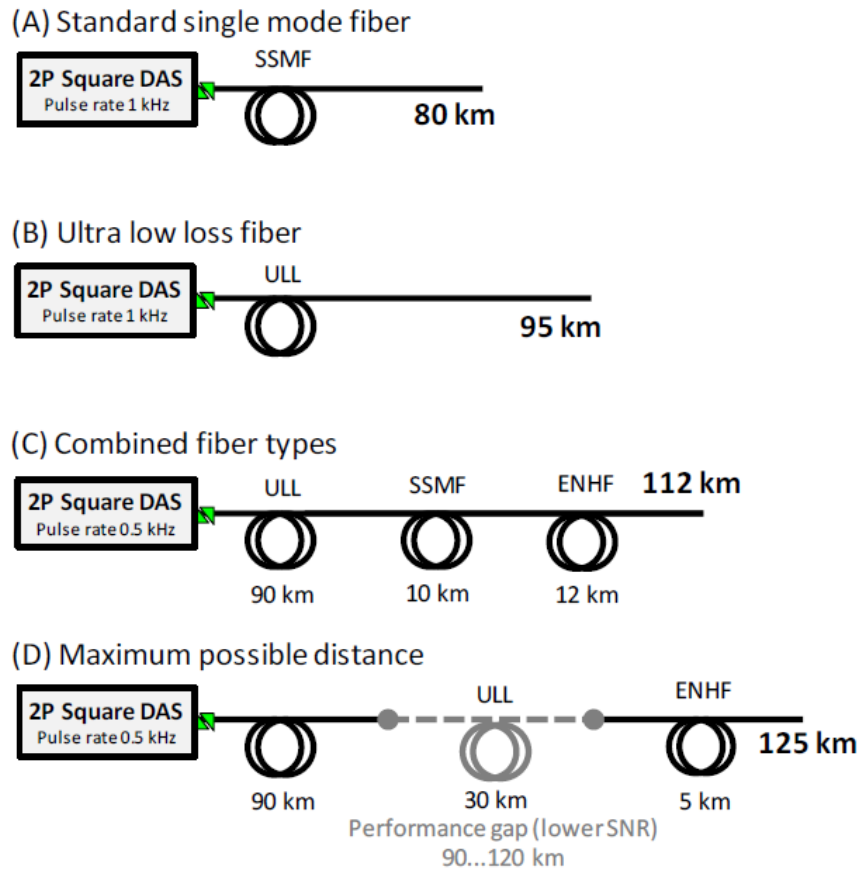
De test

Om de test uit te voeren moet er een definitie zijn van een succesvolle detectie. Dit werd gezet als ze een 'luid' akoestisch evenement kunnen detecteren. Luid werd gedefinieerd als zijnde 6dB boven het gemiddelde geluid dat het systeem zelf maakt (average self-noise level).

Dit luide evenement komt in praktijk, door lichtjes rechtstreeks op de kabel tikken of de vibraties door een trein die over een enkele meters begraven glasvezelkabel gaat. (CEDILNIK, LEES, & SCHMIDT, 2019).

Resultaat

Uit het resultaat van de test in 2019, kwam dat via het gebruik van de verschillende types kabels, een maximaal bereik van 125km kon behaald worden. In figuur 7, is het duidelijk dat als men enkel een standaard glasvezelkabel gebruikt, het bereik rond de 80km ligt. Wanneer men begint met de speciale types kabels te gebruiken of begint te combineren kan men tot ongeveer 50% meer bereik gaan (CEDILNIK, LEES, & SCHMIDT, 2019).



Figuur 7: Resultaten bereiktest

Bron: (CEDILNIK, LEES, & SCHMIDT, 2019)

Dit kan belangrijk zijn wanneer men glasvezelkabels maakt specifiek voor DAS-systemen maar in het geval van onderzeese kabels is dit niet zo. De glasvezelkabels in offshore stroomkabels zijn de gewone standaard SSMF-kabels, die geen speciale eigenschappen hebben op het vlak van reflectie of terug verstrooiing. Daarmee zien we ook dat het bereik van het DAS-systeem in de Nemo Link ongeveer 70-80km is.

Daarmee is de grens wel niet gelegd. Dit is technologie van 2019 en deze is de voorbije 4 jaar verder geëvolueerd. Bijvoorbeeld, het bedrijf Marlinks hanteert dat ze een DAS-systeem hebben die tot 150km ver kan meten. Dit is zonder een specifieke glasvezelkabel te gebruiken en zonder signaal repeaters te gebruiken. Dit is dus een verdubbeling van de systemen uit 2019. De technologie staat dus niet stil en verdere evolutie is zeker mogelijk (De Baere & Vanthillo, 2023).

3 Motivering om DAS-systemen te impliceren

Een DAS-systeem is niet goedkoop en heeft nog enkele struikelblokken om te realiseren. Toch kiezen meer en meer offshorebedrijven voor bescherming en beveiliging van hun offshore kabels via dit systeem. Ook zijn er doeleinden buiten bescherming en beveiliging van kabels zoals ecologie. Dit hoofdstuk gaat over de doeleinden van DAS en de motivering van bedrijven om DAS-systemen te implementeren.

3.1 Bescherming

3.1.1 Gevaren waartegen bescherming nodig is

Onderzeese kabels gaan dwars door de indeling van het zeegebied. Dit betekent dat deze door drukke scheepvaartroutes gaan, door visserijgebieden, etc. Kabels die onder de zeebodem liggen zijn hiervoor kwetsbaar. Enkele gevaren zijn hier opgelijst.

- het geraakt worden door een slepend anker van een schip;
- het geraakt worden door vistuigen die over de bodem slepen;
- ...

Case: De ARM-7 Jan Senior

De ARM-7 Jan Senior is een Nederlands visserschip die op 30 april 2018 met zijn netten over de Nemo Link kwam, die op dat moment volop in installatie was. Dit resulteerde in grote schade aan de Nemo Link en een schadevergoeding claim van 18 miljoen naar de visser uit. De rechtbank oordeelde dat de visser de schadevergoeding niet moet betalen. Daarentegen duidde de procureur wel op het feit dat dit vermijdbaar was. Er was namelijk een verbod om over de kabel te varen. De Nederlandse Vissersbond heeft een waarschuwing uitgestuurd. Ook waren er op de plaats van de onbeschermd kabel, enkele wachtschepen die verantwoordelijk waren om de kabel te beveiligen (Bart, 2021).

Case: Shetland cable cut

Een soortgelijke gebeurtenis is gebeurd met een communicatiekabel tussen Schotland en de Shetlandeilanden. Deze eilanden bevinden zich ten noorden van Schotland en ten zuiden van de Faeröer. De glasvezelkabel SHEFA-2 is op twee plaatsen doorgesneden nadat er vermoedelijk een treilervisser is overgevaan.

Bij toeval is dit op twee plaatsen na elkaar gebeurd met dezelfde kabel. Bij de eerste breuk was de schade beperkt en was er nog gegevensuitwisseling mogelijk doorheen de kabel. Een kleine week later was er echter opnieuw een breuk in het zuidelijk gedeelte van de kabel, dat de connectiviteit van de Shetlandeilanden verstoortte. Op het moment dat de tweede breuk gebeurde was er al een reparatieschip bezig met de eerste breuk te herstellen. Wanneer deze klaar was, heeft hij de tweede breuk hersteld. Het is toevallig dat dit twee keer gebeurt kort na elkaar op eenzelfde kabel. Dit toont wel aan hoe kwetsbaar deze kabels zijn (Mark, 2022).

Aangezien kabels zo kwetsbaar zijn, zeker als ze niet worden ingegraven, zoals bij communicatiekabels vaak het geval is, is er een vorm van bescherming nodig. Een DAS-systeem biedt geen fysieke bescherming aan. De kabel wordt niet sterker of meer beschermt tegen contact met vistuig. Wel kan het een vorm van detectie zijn. Men kan het vergelijken met een rookmelder. Een rookmelder doet niets om een brand te vertragen of te blussen. Toch zorgt het onrechtstreeks voor minder schade en leed aangezien het vroeg tijdelijke detectie mogelijk maakt. Dit is ook het geval voor een DAS-systeem. Indien er dichtbij een kabel met een DAS-systeem een anker of vistuig sleept, kan het systeem dit vroegtijdig detecteren. Als een automatisch algoritme dit patroon op tijd detecteert, kunnen er maatregelen genomen worden. Als door deze maatregelen het aantal doorbrekingen kunnen verminderen, zal dat ook veel geld besparen. Dit maakt de investering van een DAS-systeem het zeker waard.

3.1.2 Verzekeringsbedrijven

Onderzeese kabels zijn verzekerd tegen schade. Dit is nodig want deze kabels zijn kwetsbaar. 80% van de schadevergoedingen bij verzekeringsbedrijven is door schade aan de kabels. Vaak kunnen deze problemen voorkomen worden als ze op tijd gedetecteerd worden. Op die manier kunnen er nodige maatregelen genomen worden zoals een herstellingsteam ter plaatse sturen. Vroeger was het moeilijk om dit tijdig op te sporen en was er een schip of een UAV nodig, die de kabel afgaat om een inspectie uit te voeren. Dit is duur en enkel mogelijk bij rustige omstandigheden.

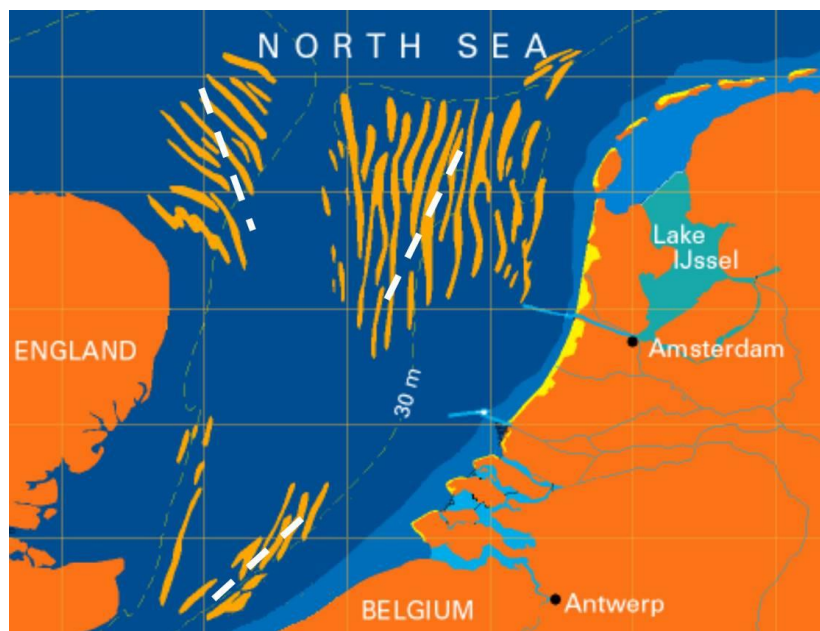
Tegenwoordig willen verzekeraars dat bedrijven en eigenaars van de kabels investeren in DAS of DTS-systemen. Hiermee kan er permanente detectie gedaan worden van de kabel (Marlinks, sd).

Door het juist interpreteren van de ontvangen data kan men meer gegevens verkrijgen dan een inspectie door een schip of UAV. Als een eigenaar van een kabel kan zeggen dat er een DAS-systeem is op uitgerust, kan dit voor voordeligere tarieven zorgen bij verzekeraars.

3.1.3 Bescherming tegen natuurlijke elementen

De zee is heel dynamisch en geen stabiele omgeving. De zeebodem blijft dus ook niet gelijk. De Noordzee is bovendien een ondiepe zee en er is een aanwezigheid van “Mobile sand bodies (mobiele zand lichamen)” of “sand ridges (zand ruggen).

Uit onderzoek van Zimmermann (J.T.F., 1978) blijkt dat dit fenomeen ontstaat door krachten veroorzaakt door de getijden. Deze ruggen komen voor in dieptes van 25 tot 40m, kunnen een maximale snelheid halen van 0.6–1 m/s met een lengte van 5km en hoogte van maximum 10m. Dit allemaal maakt een heel dynamische bodem in de gebieden waar dit voorkomt (Job, 2021).



Figuur 8: Sand Ridges in North Sea

Bron: (Van de Meene, 1994)

Dit heeft een directe impact op een onderzeese kabel. Deze zijn gewoonlijk begraven op ongeveer 1-2m diepte. Dit maakt dat deze kabel kan vrijkomen te liggen indien er een grote

verplaatsing is geweest van sediment op de zeebodem. Om dit tegen te gaan wordt er gedaan aan rockdumping (steenstorten) op het sediment waar de kabel onderligt. Dit zorgt dat de bodem meer vast blijft bij stromingen en tijdens stormen, maar beschermt ook tegen beschadigingen van anker/visgerei. Ondanks deze maatregel is het niet overal mogelijk om aan steenstorten te doen of is er ondanks de gestorte stenen nog steeds verplaatsing van het sediment (David, 2021).

Hierin komt DAS en DTS in aanmerking. Via DAS en DTS is het namelijk mogelijk om op afstand te bepalen wat de exacte begravingsdiepte met een nauwkeurigheid afhankelijk van de spatiale resolutie (gewoonlijk tussen de 2m-10m, dit hangt af van de nauwkeurigheid per toestel). Door de mogelijkheid om permanent de begravingsdiepte te kunnen detecteren, is er geen nood aan een schip die survey 's gaat uitvoeren om de begravingsdiepte te bepalen. Dit bespaart opnieuw geld en faciliteiten (Marlinks, sd).

3.2 Beveiliging

De voorbije jaren is er veel geïnvesteerd in offshore windenergie en interconnectors om de UK met het Europees vasteland te verbinden maar ook om verschillende Europese landen (zoals BE en DK) te verbinden. Deze directe lijnen zorgen voor een vlottere/efficiëntere overdracht van het elektriciteitsnet t.o.v. de landconnecties.

Desondanks is er een belangrijke kanttekening bij deze nieuwe technologie: Al deze kabels en windturbines behoren tot kritieke infrastructuur. Kritieke infrastructuur wordt gedefinieerd in het Belgisch Staatsblad als:

“«kritieke infrastructuur»: installatie, systeem of een deel daarvan, van federaal belang, dat van essentieel belang is voor het behoud van vitale maatschappelijke functies, de gezondheid, de veiligheid, de beveiliging, de economische welvaart of het maatschappelijk welzijn, en waarvan de verstoring van de werking of de vernietiging een aanzienlijke weerslag zou hebben doordat die functies ontregeld zouden raken.”

“«Europese kritieke infrastructuur»: de nationale kritieke infrastructuur waarvan de verstoring van de werking of de vernietiging een aanzienlijke weerslag in ten minste twee lidstaten van de Europese Unie zou hebben.” (Belgische Overheid)

Kritieke infrastructuur is kwetsbaar en kan tot zware gevolgen leiden als deze faalt. Daarom is het belangrijk om deze te beschermen. Er zijn twee soorten maatregelen:

- beschermingsmaatregelen: bescherming tegen elementen zoals brand/water;
- beveiligingsmaatregelen: beveiliging tegen dreigingen;

Bij de infrastructuur onshore zoals elektriciteitscentrales, waterzuiveringsstations, hoogspanning, etc. kan er beschermd worden via branddetectoren, ventilatiesystemen, enz. Beveiliging wordt gerealiseerd door afbakeningen, camerabewaking en toegangscontrole (Nationaal Crisiscentrum, sd) (GET, sd).

Al deze opgelijste maatregelen zijn maar beperkt mogelijk in de offshore sector. Camerabewaking en een veiligheidsafstand zijn bij windmolenparken de enige beveiliging. Bij onderzeese interconnectors is er geen beveiliging behalve de beschermlagen rond de kabel. Dit maakt offshore installaties een kwetsbaar doelwit.

Er zijn twee grote dreigingen voor offshore installaties: terrorisme en sabotage. Het verschil is dat sabotage gepleegd wordt door een erkend land dat kan veroordeeld worden als een oorlogsdaad. In de meeste gevallen heeft sabotage ook een economisch doeleind. Terrorisme is daarentegen gepleegd door een niet erkend regime met politieke of religieuze doeleinden. Dit om een mediaspektakel te maken (NewsOne Staff, 2012).

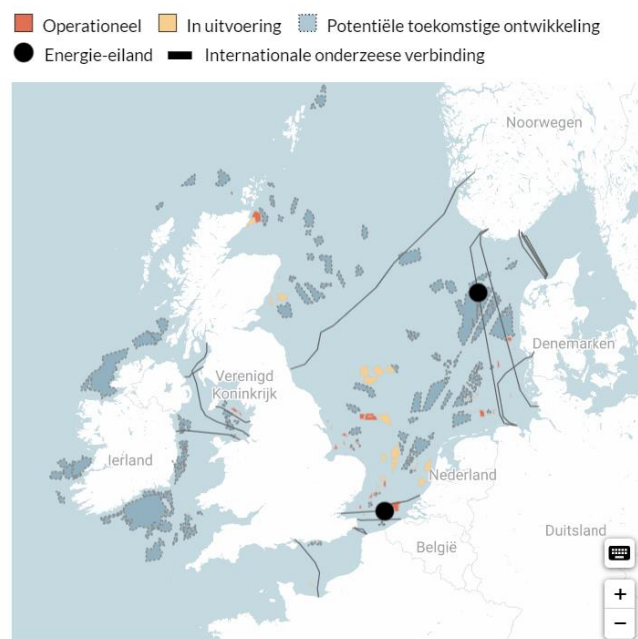
In de huidige geopolitieke situatie is de dreiging van sabotage groter. Dit werd erkend en opgeblazen in de media door een samenwerking van Scandinavische journalisten in april 2023. Het blijkt dat Russische onderzoeksschepen en vissersschepen verdachte bewegingen deden over offshore installaties in de Noordzee. Er was al langer een vermoeden van spionage vanuit het Kremlin, maar dit onderzoek heeft veel bewezen en aan het licht gebracht. In de documentaire genaamd "The Shadow War" leggen ze dit allemaal uit (Bueger, 2023) (Connolly, 2023).

Rusland is sinds de val van de USSR nooit gestopt met spioneren in de Noordzee, maar sinds de occupatie van de Krim door Rusland in 2014 is de intensiteit van de spionage opgenomen. In de Noordzee maar ook in andere Europese wateren werden er steeds meer Russische schepen betrappt op spionage (The Defense Post, 2023) .

Er is natuurlijk een groot verschil tussen spionage en sabotage, maar door de toegenomen spionage kan er niet ontkend worden dat de kans op sabotage ook groter is geworden. Neem bijvoorbeeld de Nord Stream gasleiding. In september 2022 werd deze gesaboteerd. Het is tot het heden (mei 2023) nog niet bewezen wie hierachter zit. Het is ook heel moeilijk om dit te achterhalen, sporen zijn snel weggewist onder het zeeoppervlak.

Om deze dreigingen aan te gaan heeft er op 24 April een Noordzeetop plaatsgevonden in Oostende. Regeringsleiders van 9 landen (België, Nederland, Frankrijk, Duitsland, Denemarken, Noorwegen, Verenigd Koninkrijk, Ierland en Luxemburg) zitten samen om beveiliging van energie en telecomminfrastructuur te bespreken. Dit voor de huidige infrastructuur maar ook voor de toekomstige plannen en projecten (figuur 9) (Sertyn, 2023).

Windmolenparken in de Noordzee



Figuur 9: Windmolenparken in de Noordzee

Bron: 4C Offshore

Maar hoe is een onderzeese kabel te beschermen? Deze kabels lopen voor honderden kilometers juist onder de zeebodem. Deze bodem zorgt dan ook voor de eerste bescherming. Neem nu de Nemo Link interconnector. Deze is gemiddeld gezien begraven met 1-3m onder de zeebodem. Dit maakt het moeilijk om de kabel te kunnen lokaliseren zonder exacte coördinaten. Vandaar dat het detecteren van spionage heel belangrijk is. Onze grootste troef voor bescherming van de offshore kabels is de verborgen ligging. Indien “vijandelijke” naties de exacte locatie weten, kunnen ze ook gerichte sabotage plegen.

Hier komt DAS in aanmerking. Via DAS kunnen we schepen detecteren die boven de kabel varen en daar geluid maken. Dat is exact wat schepen doen die de kabel proberen te lokaliseren. Deze schepen gaan een zoekpatroon doen over de vermoedelijke en gekende locatie van de kabels (die ook op zeekaarten staat). Hier gaan ze zoeken achter onregelmatigheden zoals stenen die op de bodem zijn gegooid.

3.2.1 Cases: doorknippen van internet en communicatielijnen.

Case: Svalbard cable disruption

Op 7 januari 2022 verloor Noorwegen communicatie met een glasvezelkabel die tot hun eiland Spitsbergen gaat (circa 700km ten noorden van het Noorse vasteland). Dit op een grote diepte van 2700m. Het eiland is zowel eigendom van Noorwegen als van Rusland. Het is ook het eiland waar de Svalbard Global Seed Vault is gevestigd. De Noorse politie heeft geconcludeerd dat deze onderbreking is gebeurd door een menselijke impact. Concreet is er een verlies van elektriciteit tot een signal repeater gebeurd. Een signal repeater of een optical communication repeater (Photonique & Hotrodrigez17, 2021) zorgt voor het doorsturen van een signaal door een glasvezelkabel om het bereik te vergroten. De kabel was gebruikt door het Noors bedrijf Space Norway, en zorgde voor gegevensuitwisseling met het SvalSat park. Op het moment van de onderbreking was er een UAV in de buurt die eigendom is van het lokale bestuur van Spitsbergen. Of deze de reden was achter de onderbreking of dat er een andere verklaring voor is, is nog niet duidelijk of bevestigd (Staalesen, 2022).

De Svalbard kabel is niet de enige kabel die in de recente geschiedenis is beschadigd. In november 2021 was er een stuk van 4km van de Lofoten–Vesterålen Ocean Observatory kabel plots uit zijn positie gerukt. Ze vonden het grootste deel terug 11km verder dan waar hij origineel lag. Hier vermoeden ze dat deze geraakt is door een schip (Staalesen, 2022).

Noorwegen is de enige haven in Europa waar Russische vissersschepen nog mogen aanmeren. De andere maritieme landen van Europa hebben de toegang voor Russische schepen geblokkeerd tenzij ze bepaalde goederen importeren. Dit maakt deel uit van de economische sancties (Europese Raad, 2023).

Wegens vermoedens van spionage en sabotage door Russische vissersschepen, heeft Noorwegen sinds oktober 2022 ook maatregelen genomen tegenover deze schepen. De vissersschepen zijn nu enkel nog toegelaten in drie havens namelijk Kirkenes, Båtsfjord, en Tromsø. Allemaal havens aan de noordkust van Noorwegen, dichtbij de Russische grens. Ook zullen ze telkens gecontroleerd worden wanneer ze aanmeren (Edwardsen, 2022).

3.2.2 Mijnen op offshore infrastructuur.

Vanuit de NAVO is er groeiende angst voor mogelijke Russische mijnen die zich bevinden bovenop kritische offshore infrastructuur (Siebold, 2023). Doordat deze zich op de zeebodem bevinden is dit heel moeilijk te detecteren of terug te vinden. Het gevaar bestaat dat deze als afschrikkingsmiddel kunnen gebruikt worden of tot daadwerkelijke sabotage. Dit kan grote gevolgen hebben. 95% van het internetverkeer op de wereld verloopt via onderzeese kabels. Dit over een totaal van ongeveer 400 kabels, waarvan NAVO er 200 classificeert als kritisch. Zonder deze bestaat er geen internet meer. Daarom is het ook van uiterste belang dat deze beschermd kunnen worden. Een DAS-systeem kan hiervoor zorgen. Wanneer er een mijn geplaatst wordt bovenop een kabel, zorgt dit voor bodemverstoring. Dit is zonder twijfel duidelijk te detecteren (De Baere & Vanthillo, 2023). Wanneer dit gedetecteerd wordt bij een kabel met een DAS-systeem op uitgerust, kunnen er ook gepaste maatregelen genomen worden. Hier spreken we dan over de mijn verwijderen of onschadelijk maken. Op deze manier kunnen we de beveiliging van de kabels garanderen en daarmee ook het internet, communicatie en elektriciteitsvoorziening.

Case: Sabotage van de Nord Stream 1&2

Op 26 september werden er explosies vastgesteld bij het Deens eiland Bornholm aan de Nord Stream 2 pijpleiding. Kort erna werd er vastgesteld dat er een lek was in deze leiding. Op 27 september werden er bij Nord Stream 1 ook twee lekken vastgesteld. Na onderzoek werd er vooropgesteld dat door de grote schaal en het feit dat de lekken ver van elkaar verwijderd zijn, dit intentioneel en goed voorbereid werd uitgevoerd. De twee explosies die op september 26 zijn gedetecteerd door seismologen, waren ook veroorzaakt in het water en niet onder de zeebodem. Al zijn er geen verdere gegevens bekend gemaakt door het onderzoekscomité, zijn er toch bronnen uit de Britse Defensie die melden dat de explosie vanop afstand is ontstoken, wat doet denken aan een mijn of een ander type van explosief.



Figuur 10: Lekken na explosies Nord Stream

Bron: (Dutta, 2022)

Wie de explosieven deed afgaan is niet duidelijk. Er wordt met de vinger gewezen naar verschillende partijen. Hiervan zijn de twee voornaamste partijen Rusland en de NAVO. Rusland wijst naar het westen en de NAVO. De Westerse landen noemen geen namen, maar er wordt geïnsinueerd richting Rusland.

Wie de dader is van deze sabotage is niet belangrijk voor deze thesis. Wel is het interessant om te kijken of dit kon voorkomen worden, indien er een DAS-systeem op deze pijpleiding uitgerust was. Deze ontploffingen en lekken hebben namelijk voor enkele miljarden dollars aan schade veroorzaakt. Zowel aan het Russisch bedrijf Gazprom, als voor zijn Europese partners (Plucinska, 2022).

Volgens Dhr. Roel Vantillo, CEO van Marlinks, zou een DAS-systeem zeker de sabotage hebben kunnen detecteren. Marlinks voert momenteel testen uit rond het detecteren van bodemverstoring. Hiermee kunnen er scenario's uitgewerkt worden zoals het leggen van pakketjes (explosieven) op kabels maar ook het graven of "aftappen" van offshore kabels (De Baere & Vanthillo, 2023).

Indien men een DAS-systeem op communicatielijnen of pijpleidingen wilt installeren is er wel een bijkomend probleem. Vaak zijn deze lijnen heel lang, tot duizenden kilometers. Indien we kijken naar de nieuwste technologie in DAS (anno 2023), hebben we een maximaal bereik van ongeveer 150km. Dit is dus duidelijk te weinig om deze kabels te kunnen beveiligen. Communicatielijnen werken echter al met een principe van signal repeaters of optic communication repeaters. Via deze systemen zou het mogelijk kunnen zijn om een DAS-signaal en detectie mee te kunnen verlengen. Hier gaat hoofdstuk 5.1 verder op in.

Het probleem van de beveiliging van onderzeese kabels is echter niet nieuw. Al van voor de inval in Oekraïne vreest het Pentagon voor sabotage op glasvezelkabels (Sanger & Schlitt, 2015). In 2015 zagen ze hoe het Russische spionageschip Yantar voer langs de Oostkust van de Verenigde Staten. Dit bij vele kabels die vanuit de VS naar Europa vertrokken.

Case: Yantar

De Yantar is een schip van de Russische marine. Gebouwd in 2010 en in dienst genomen in 2015 is het een relatief nieuw schip, uitgerust om informatie te verzamelen. Het schip is uitzonderlijk aangezien het kan dienen als moederschip voor verschillende kleine bemande duikboten. Deze duikboten kunnen tot 6000m diepgaan en zijn volgens de United States Navy uitgerust om communicatielijnen door te knippen. Volgens het hoofd van het Russisch ministerie van oceanisch onderzoek is de Yantar een oceanisch onderzoeksplatform.

De Yantar wordt regelmatig gespot bij internationale onderzeese kabels. Enkele van de plaatsen zijn: Oostkust van VS; Israël-Cyprus; Braziliaanse kust; Ierse Kust. Telkens waren ze in de gebieden van kabels zonder een vorm van intentie te geven (Mizokami, 2017) (Sutton, 2021).

Vooraf plaatsen op grote dieptes, waar kabels moeilijker te bereiken en herstellen zijn, blijven een risico voor onderzeese kabels. In 2015 was het dreigingsniveau al vergelijkbaar met dat van tijdens de koude oorlog. Doordat de toename in offshore kabels en digitalisering van de wereld, is dit niveau enkel maar omhooggegaan (Vanacker, 2015).

3.3 Ecologie

Sinds de bouw van offshore installaties is er nood gekomen aan regelgeving ter bescherming van maritieme ecosystemen. Ook hier kunnen DAS-systemen aan helpen.

3.3.1 Migratieroutes walvissen

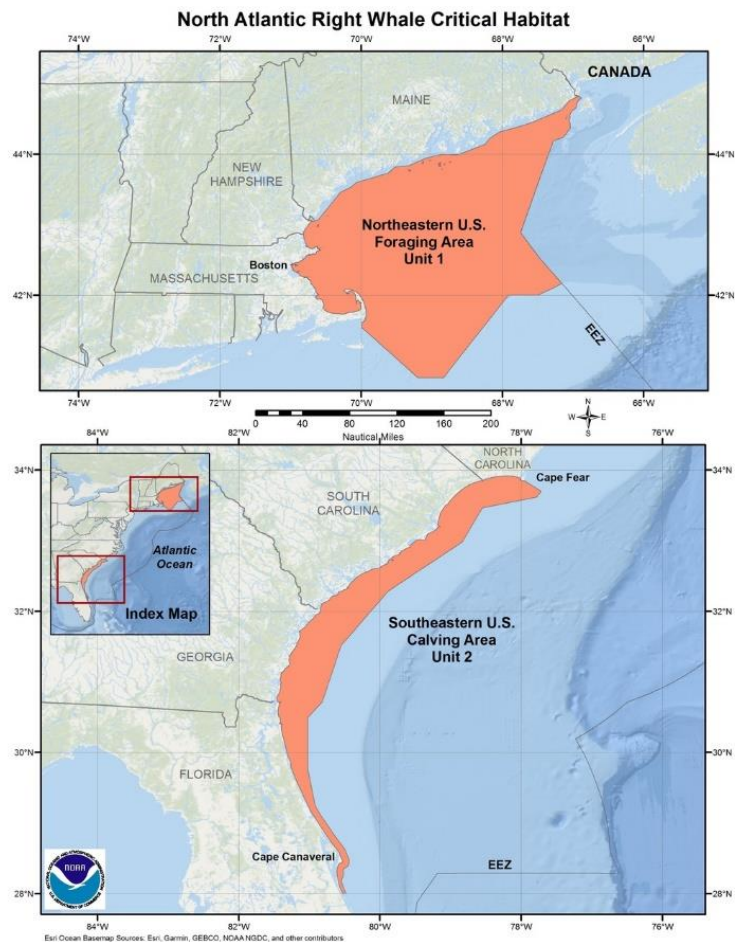
De meeste walvissoorten hebben een migratiepatroon. Sommigen doen dit tussen de gebieden voor voortplanting en de gebieden waar er veel voedsel te vinden valt. In de koudere wateren vindt men namelijk meer plankton. Deze zijn echter niet geschikt voor voortplanting. Andere soorten walvissen migreren enkel mee met hun voedselvoorziening. Bij vele walvissen zijn de migratieroutes voorspelbaar maar andere hebben een tot nu toe heel abnormaal migratiepatroon. Ten laatste zijn er ook nog walvissen die niet migreren (Whale Facts, sd).

Aangezien walvissen communiceren via akoestische signalen, kunnen offshore werkzaamheden hun communicatie verstoren. Hierdoor zijn er controlerende instanties zoals het BOEM die regels opstellen ter bescherming van de walvissen. Het BOEM of het Bureau of Ocean Energy Management is een organisatie die alle offshore energie-installaties gelegen op de VS continentaal plat controleert. Dit met de focus op een economische en ecologische ontwikkeling.

De Noordkaper (North Atlantic right whale) zit bij de meest bedreigde walvissen in de wereld. Ze schatten dat er momenteel nog tussen de 330 en 340 Noordkapers zijn, allemaal rond de Oostkust van de Verenigde Staten. Dit is echter ook het gebied waar er veel windmolenparken gesitueerd zijn. Dit zorgt voor een verhoogd risico voor de bedreigde walvis. Gevaren zoals botsingen met schepen, geluid, verstreming en verstoring van voedselgronden zijn schadelijk voor de kleine populatie die er momenteel leeft.

In het wetboek van de VS staat er een wet ter bescherming van bedreigde diersoorten. (The Endangered Species Act of 1973 (16 U.S.C. § 1531)). Concreet wil het zeggen dat alle operaties en acties offshore het bestaan en de leefwereld van een bedreigde diersoort niet mogen in gevaar brengen. Daardoor heeft het BOEM regels opgesteld omtrent offshore werkzaamheden (BOEM, sd). Wanneer de migratieroute van de Noordkapers in een bepaald gebied ligt, mogen werkschepen niet werken, dit wilt zeggen dat ze voor anker moeten liggen als ze zich toch in het gebied bevinden. Dit is in het verleden al gebeurd en

zorgt voor een economische kost aangezien die schepen voor niets zijn uitgevaren en zich daar bevinden. Het is dus belangrijk om de exacte migratieroutes en tijdstippen te kunnen bestuderen en voorspellen.



Figuur 11: Noordkapers habitat

Bron: (Southeast Regional Office, 2022)

Hier komt de waarde van een DAS-systeem voor ecologische toepassingen ter sprake. Volgens Marlinks is het mogelijk om de roep van de Noordkapers te detecteren met een DAS-systeem. Hiermee is het haalbaar om de walvissen op te sporen in de wijde omgeving van de kabel zonder fysiek ter plaatste te gaan. Als er meerdere kabels uitgerust zijn met DAS, kunnen de walvissen ook gemonitord en gevolgd worden. De offshorebedrijven kunnen dan zien waar de migratieroute exact zich bevindt en op die manier ook de gepaste maatregelen nemen en planning opmaken om de walvissen niet te storen. Dit zorgt dan ook voor een economisch voordeel bovenop het ecologische aangezien er geen schepen meer verrast worden door plotselinge aanwezigheid van Noordkapers en bijgevolg hun werkzaamheden moeten staken (Marlinks, sd) (De Baere & Vanthillo, 2023).

Nu is de vraag of dit mogelijk is met alle types walvissen. Hierop is het antwoord nog niet duidelijk. Het grootste probleem is het bereik van frequenties die detecteerbaar zijn voor een DAS-systeem. Er is een groot verschil tussen de frequenties die walvissen uitzenden. Dit van 60Hz tot 8000Hz. Wetende dat een DAS-systeem een maximaal frequentiebereik heeft afhankelijk van de lengte dat hij detecteert, is het moeilijk om bepaalde soorten te detecteren. Het frequentiebereik heeft vaak een maximale grens van 1000Hz, en hoe hoger de frequentie is, hoe meer ze weerkaatst op de zeebodem (en dus de bodem/kabel niet penetreert). De Noordkapers hebben een roep tussen de 400Hz en de 3200Hz (Discovery of Sound in the Sea, 2009). DAS-systemen kunnen dus de lage frequenties van hun roep detecteren. Ook moet het een duidelijke roep zijn om opgevangen te worden door DAS. Neem nu bijvoorbeeld de Bruinvis. Dit is de meest voorkomende walvisachtige in de Noordzee maar produceert een geluid van 120-145kHz (Onze Natuur, sd). Dit is hoog boven het detecteerbaar bereik van DAS-systemen maar ook buiten de grenzen van de roep van een walvis. Dit komt omdat dit het klikgeluid is, geen roep. Bruinvissen communiceren zoals dolfijnen met echolocatie om hun prooien en soortgenoten te vinden. Hierdoor is het momenteel onmogelijk om via DAS-systemen bruinvissen op te sporen.

De blauwe vinvis is het grootste dier dat op aarde leeft en wordt ook bedreigd door scheepvaart door botsingen en geluidsoverlast. Deze walvisachtige zendt een dominant signaal uit tussen de 12 en 25Hz (National Research Council (US) Committee on Low-Frequency Sound and Marine Mammals., 1994). Dit zou theoretisch detecteerbaar moeten zijn met DAS maar verder onderzoek moet hier nog naar gebeuren.

4 De fieldtest

4.1 Het idee

Het DAS-principe is iets relatief nieuw. Hierdoor is er behoorlijk wat theoretische informatie te vinden maar heel weinig informatie over toegepaste systemen. Het bedrijf Omnisens heeft detectie van schepen getest in het Genevemeer tussen Tolochenaz en Ouchy. De kabel had daar een traject van 11km en liep tot 150m diep. Na analyse van de DAS-gegevens was de maximale diepte waar een schip nog gedetecteerd kon worden ongeveer 70m. (*Bron: 2021.03.11 Omnisens*). Dit geeft echter geen goede voorstelling over hoe detectie op zee loopt. Dit door verschillende redenen waarvan de voornaamste zijn:

- Op zee is de kabellengte veel langer waardoor DAS-gegevens minder nauwkeurig worden. Dit doordat de afstand dat de laser in de glasvezel aflegt vermeerderd, wat de sterkte van het weerkaatste signaal vermindert (door onvermijdelijk verlies over afstand) (CEDILNIK, LEES, & SCHMIDT, 2019).
- Op zee zijn er meer geluidsbronnen aanwezig (golven, verplaatsing van sediment door stroming, ...). Deze geluidbronnen worden ook gedetecteerd door een DAS-systeem. Dit kan zorgen dat geluidsbronnen veroorzaakt door schepen overstemd worden, aangezien het systeem over gesatureerd wordt.
- Dit is een test gedaan door de producent van technologie zoals DAS-systemen dus ze hebben er belang bij om hun product in een goed daglicht voor te stellen. Dit kan dus de betrouwbaarheid van de bevindingen negatief beïnvloeden.

Hierdoor kwam ik bij het idee of een eigen fieldtest mogelijk was. Met deze test zou men onafhankelijk een onderzoek kunnen maken om de capaciteiten en limitaties van een DAS-systeem zelf te ondervinden.

Om te polsen hoe te interesse lag bij Defensie sprak ik met commandant De Winter Kurt toenmalig hoofd van het MIK (Maritiem Informatie Kruispunt) en commandant De Vleeschauwer Tom, innovatieofficier bij de marine. Na een korte uitleg hoe beveiliging en detectie momenteel gebeurt, was ik overtuigd dat DAS een meerwaarde kon zijn. Vanuit hun kamp was er ook interesse. Informatie uit een DAS-systeem kan samen met de bestaande systemen voor een groter totaalbeeld zorgen van wat er gebeurt in het kleine stukje Belgische zee.

4.2 Oriëntatie en contact verschillende organisatie

Na het idee om een test uit te voeren, werd er gedacht hoe deze te realiseren valt. Vooraleer er organisaties bij betrokken worden, moest er een algemeen plan worden opgesteld voor het uit te voeren van degelijke test.

Voor de test zijn drie onderdelen belangrijk:

- een testschip die een track kan varen;
- een onderzeese kabel waarop een DAS-systeem op aangesloten is;
- een plaats om het schip te coördineren en live naar de DAS-gegevens te kunnen kijken;

In de volgende hoofdstukken wordt elk puntje in detail uitgelegd, specificaties gegeven en organisaties/bedrijven gecontacteerd om medewerking te verlenen.

4.2.1 Een testschip

Zonder schip is er geen test mogelijk. Om correcte resultaten te behalen die vergelijkbaar zijn met de doelgroep (gemotoriseerde schepen in de Noordzee) waren er enkele basisvereisten:

- gemotoriseerd: om geluidsdetectie mogelijk te maken;
- groot verschil in snelheid: maakt het mogelijk om detectie bij verschillende snelheden te testen;
- manoeuvreerbaar: bij de test zullen meerdere koersen gevaren worden;
- realistische grootte: om een gemiddeld schip zo dicht mogelijk te benaderen is het belangrijk dat het testschip geen abnormale diepgang of lengte heeft;
- economisch: er is geen budget voorzien of aangevraagd voor deze test dus er is een organisatie/schip nodig die deze test wou doen zonder financiële compensatie. Dit is logischerwijs het grootste struikelblok. Het is duur om een schip op zee te laten gaan. Er kon wel voor een andere vorm van compensatie gekeken worden. Als het bedrijf/organisatie hier informatieve gegevens/kennis kan uit halen, die in de toekomst van belang kan zijn, is er opnieuw een motivatie om een schip uit te lenen voor dit onderzoek.

Er waren twee instanties die me realistisch leken om een schip te kunnen lenen. Het VLIZ (Vlaams Instituut voor de Zee) en de Belgische Marine. Beide zijn non profit organisaties die in het verleden al deelnamen aan offshore onderzoeken. Gezien mijn job bij de Belgische Marine en het onderwerp waarover mijn thesis gaat, was de Marine benaderen een logische keuze. Coastal Security is namelijk een bevoegdheid van de Marine. Hieronder valt ook de bescherming van kritieke infrastructuur in de Belgische wateren.

Er zijn twee schepen die hiervoor gespecialiseerd zijn, namelijk de BNS Pollux en de BNS Castor. Dit zijn de CPV's (coastal patrol vessel). Deze schepen doen verschillende taken waaronder visserijcontrole, vervuiling opsporen, bescherming van offshore installaties, etc. Ze worden gecoördineerd door het MIK (Maritiem Informatie Kruispunt). Meer informatie hierover in 4.2.3. Na overleg met de Marine, was het mogelijk voor de BNS Castor om deel te nemen aan de test.



Figuur 12: BNS Castor

Bron: (AndyDRC, 2015)

4.2.2 De kabel

De volgende stap was een beschikbare kabel zoeken. De kabel moet uitgerust zijn met een DAS-systeem. Dit is de meest belemmerende factor. We zoeken een interconnector tussen het Europees vasteland en UK waar er een DAS-systeem op aangesloten is/kan worden. In "Tabel 1: Interconnectors vanuit United Kingdom" zijn alle interconnectors opgelijst alsook er een DAS-systeem op uitgerust of mogelijk is.

Tabel 1: Interconnectors vanuit United Kingdom

Bron: Bewerkt van (Ofgem, 2021)

Project name	Developers	Licensee	Connecting country	Capacity	Cap and floor regime?	Exemption?	Delivery date / estimated delivery date	Length	DAS possible	Reason
IFA	National Grid Interconnector Holdings (NGIH) and RTE	National Grid Interconnectors Limited	France	2000MW	No	No	1986	70km	No	No glassfiber connection
Moyle	Mutual Energy	Moyle Interconnector Limited	Ireland	500MW	No	No	2002 -			Not relevant
BritNed	NGIH and TenneT	BritNed Development Limited	Netherlands	1000MW	No	Yes (Second Package)	2011	260 km	No	Not a total coverage (too long)
EWIC	EirGrid	EirGrid Interconnector Designated Activity Company	Ireland	500MW	No	No	2012 -			Not relevant
Nemo Link	NGIH and Elia	Nemo Link Limited	Belgium	1000MW	Yes	No	2019	140 km	Yes	
IFA2	NGIH and RTE	National Grid IFA 2 Limited	France	1000MW	Yes	No	2021	204 km	No	Not a total coverage (too long)
NSL	NGIH and Statnett	National Grid North Sea Link Limited	Norway	1400MW	Yes	No	2021	730 km	No	Not a total coverage (too long)
ElecLink	Getlink	ElecLink Limited	France	1000MW	No	Yes	2022			Not yet build at time of experiment
Viking Link	NGIH and Energinet	National Grid Viking Limited	Denmark	1400MW	Yes	No	2023			
Greenlink	Element Power & Partners Group	Greenlink Interconnector Limited	Ireland	500MW	Yes	No	2023			
GridLink	iCON Infrastructure Partners III, L.P.	GridLink Interconnector Limited	France	1400MW	Yes	No	2024			
NeuConnect	Meridiam, Allianz and Kansai Electric Power	NeuConnect Britain Ltd	Germany	1400MW	Yes	No	2024			
NorthConnect	Agder Energi, Lyse, E-CO and Vattenfall	NorthConnect Limited	Norway	1400MW	Yes	No	2025			
FAB Link	Transmission Investment and RTE	FAB Link Limited	France	1400MW	Yes	No	2025			

Gebruikte bronnen: (IFA1, sd) (IFA2, sd) (BritNed, sd) (Power Technology, 2021)

Tussen de UK en het Europees vasteland zijn er momenteel 5 interconnectors. Hiervan is er maar één geschikt voor een volledige dekking met DAS namelijk de Nemo Link. Bij de IFA is het probleem dat er geen DAS-systeem mogelijk is. Bij de andere drie (BritNed, IFA2, NSL) is er een probleem door de lengte. Door de huidige beperkingen (2022) van DAS-systemen, is het niet mogelijk om een volledige dekking van de kabel te creëren. Dit betekent niet dat DAS geen nut heeft voor deze interconnectors. Het betekent enkel dat er een blinde zone in het midden valt.

De Nemo Link interconnector is een stroomkabel tussen België en Groot-Brittannië (Nemo Link, sd). Deze kabel is een samenwerking van het Belgisch bedrijf en stroomnetbeheerder Elia¹ en het Brits bedrijf National Grid Interconnector Holdings Limited.

De Nemo Link interconnector zorgt dus voor stroomoverdracht tussen België en Groot-Brittannië. Dit zorgt rechtstreeks voor een betere net betrouwbaarheid voor beide landen en toegang tot duurzame energie. In het volgend hoofdstuk 4.3: “Inzoomen op de Nemo Link interconnector” wordt het effectieve DAS-systeem in de kabel uitgelegd.

Ik nam contact met Kriztian Jani, cable manager Nemo Link. Vanuit Nemo Link was er veel interesse om een test uit te voeren op detectie van schepen. Voor hen is bescherming van hun kabel belangrijk. Hierdoor gingen ze akkoord met de test. Ze kunnen via een spectrogram gegevens van DAS-systemen weergeven. Het spectrogram wordt verder uitgelegd in 4.3.4. Via deze spectrogram kunnen we het DAS-signaal live volgen. Zo kunnen we de specifieke plaats bekijken waar het schip overvaart en zien of er een verhoging is in akoestieke waarde.

4.2.3 Aanstuurlocatie

Twee van de drie elementen voor de fieldtest zijn nu besproken. Toch ontbreekt er nog een belangrijk element. Er is geen communicatie of organiserend orgaan tussen het schip en Nemo Link. Voor de fieldtest is het nodig om directe real-time DAS-gegevens te krijgen maar ook een mogelijkheid om directe communicatie met het schip te doen. Gezien het hier om een patrouillevaartuig van de Belgische Marine gaat zou het logisch zijn om te gaan kijken met welk organiserend orgaan het samenwerkt. Zoals eerder vermeld in hoofdstuk 4.2.1 communiceert een Belgisch patrouilleschip rechtstreeks met het Maritiem Informatie Kruispunt.

Na contact met het MIK werd het snel duidelijk dat dit zeker mogelijk was. Samen met het MIK werd er ook een datum vastgelegd waarop zowel een patrouilleschip als Nemo Link

¹ Kort woord over Elia: Als enige Belgische netbeheerder staan ze in voor de stroom connectiviteit binnen België maar ook voor de verbondenheid met onze buurlanden. Dit realiseren ze met deze vier hoofdtaken:

- 1) Het ontwikkelen van infrastructuur
- 2) Systeemcontrole
- 3) Connecties met de energiemarkt
- 4) Werken naar milieuvriendelijke technologieën (Elia, sd)

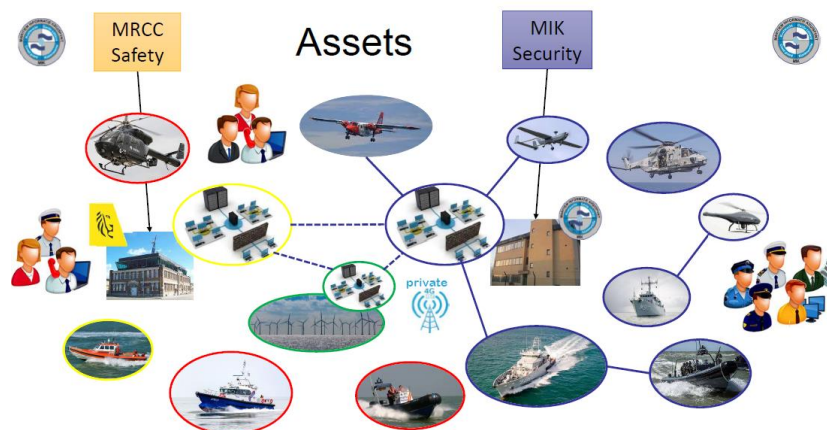
beschikbaar was. Uiteindelijk werd er gekozen voor vrijdag 29/04/2022. Op dat moment was het patrouilleschip de BNS Castor beschikbaar en ook Jani Krisztian die een computer met real-time DAS-gegevens kon voorzien.

Kort woord over het MIK:

Het MIK of het Maritiem Informatie Kruispunt is een samenwerkend orgaan tussen verschillende instanties. Namelijk Defensie, de Federale Politie, FOD Mobiliteit en Vervoer en de FOD Financiën (Douane en accijnzen). Samen met het MRCC Oostende vormen ze de kustwachtcentrale van België. Het is opgericht in 2009 (officieel) en hebben sindsdien gewerkt als coördinerend orgaan voor de bescherming van de Belgische wateren. Ze zijn gevestigd in de Marinebasis in Zeebrugge. Ze zijn uitgerust met een operationele ruimte en een crisis ruimte. De hoofdtaken van het MIK houden in:

1. het verzamelen en verwerken van maritieme en scheepvaartinformatie;
2. het verzamelen en verwerken van alle relevante informatie bij een offshore incident;
3. het delen die informatie volgens standaard procedures;
4. het ondersteunen van veiligheid en wetshandhaving op zee;

Om deze taken te realiseren hebben ze verschillende middelen tot hun beschikking, zowel de twee CPV's (BNS Castor & BNS Pollux) en ook ieder marineschip of vaartuigen van de scheepvaartpolitie. Luchtondersteuning gebeurt door helikopters (zoals de NH90), vliegtuigen en drones (Belgian Defence).



Figuur 13: Middelen ter beschikking van het MIK

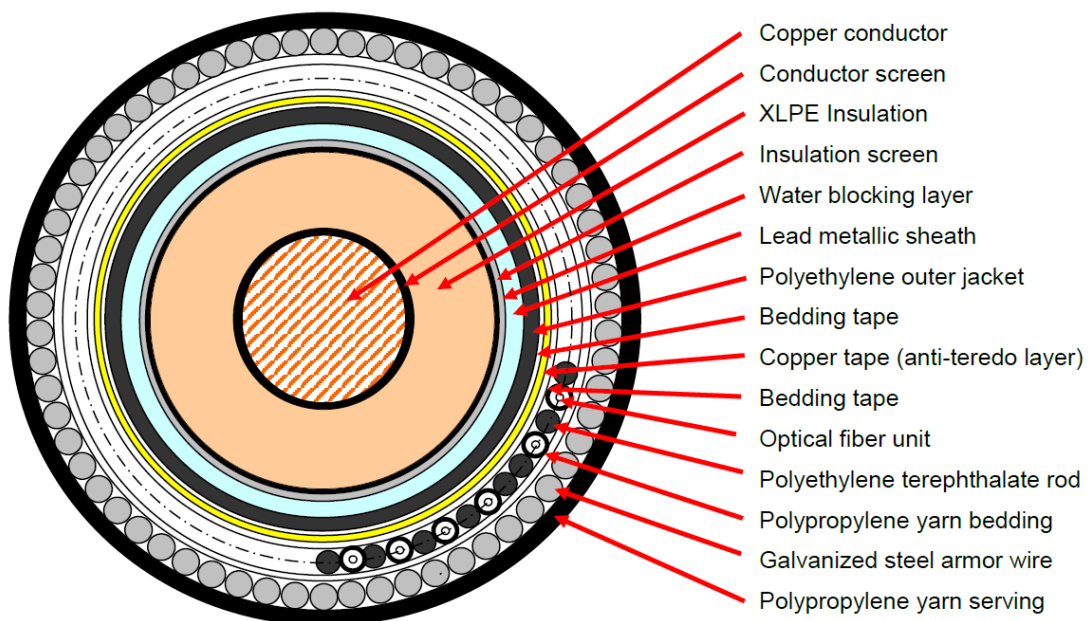
Bron: PPT MIK

4.3 Inzoomen op de Nemo Link interconnector

Stroom wordt via de Nemo Link interconnector door gelijkstroom overgebracht. Daardoor zijn er twee strengen kabels nodig, één voor elke pool. Er is namelijk aan elk uiteinde van de kabel zowel een negatieve als een positieve pool nodig, in tegenstelling tot wisselstroom waar er via één kabel stroom wordt overgebracht. In de volgende rubriek gaan we kijken naar de doorsnede van een enkele streng.

4.3.1 Doorsnede en structuur kabelstreng

In figuur 14: doorsnede nemo link is de doorsnede van één enkele kabel afgebeeld. Het is belangrijk dat men de volledige kabel begrijpt om het DAS-systeem correct te begrijpen. De kabel is gemaakt door het Japans bedrijf J-Power Systems.



Figuur 14: Doorsnede Nemo Link

Bron: Bijlage J-Power Systems

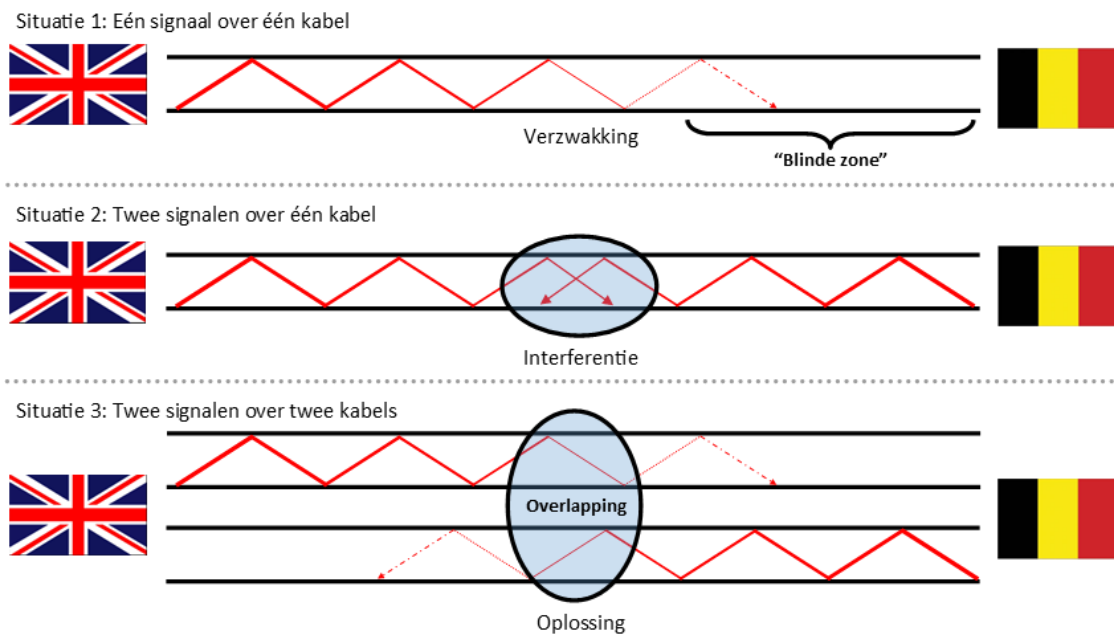
De kern is de geleider (conductor), deze zorgt voor de overdracht van stroom. De geleider is gemaakt uit vele strengen koper met een diameter van ongeveer 40mm. Deze worden beschermd en samengehouden door de geleider screen (conductor screen) met een dikte van 2mm. Hier buiten komt dan een dikke laag isolatie (XLPE Insulation) namelijk 19mm. De kabel heeft een capaciteit van 1000MW wat vraagt voor voldoende isolatie. De isolatie wordt beschermd door een isolatie screen (Insulation screen). Wat logisch is bij offshore kabels is dat ze in een omgeving zitten met zeewater. Water en elektriciteit zorgen voor

een hele slechte combinatie. Hierdoor wordt de kern van de kabel verantwoordelijk voor de stroomoverdracht beschermd door een niet doordringbare laag (water blocking layer), gevolgd door een laag lood (lead metallic sheath). Dan komt een soort van jas, ook wel de jacket genoemd, gemaakt uit Polyethylene. Dit is een soort plastic, dat voor veel toepassingen gebruikt wordt maar in het geval van kabelbescherming zorgt het voor een ondoordringbare beschermlaag van gas en vocht. Andere eigenschappen die aantrekkelijk zijn is dat het een licht materiaal is en goedkoop te maken (The Editors of Encyclopedia Britannica, 2022). Na een laag koper en beddingtape om alles tezamen te houden vinden we hetgeen wat voor deze thesis het interessantste is. De laag met glasvezelkabels die gedeeld wordt met polyethyleentereftalaatstaven (eng: polyethylene terephthalate rods). De polyethyleentereftalaatstaven zorgen voor versteviging, bescherming en opvulling van de laag terwijl de 18 glasvezelkabels zorgen voor gegevensoverdracht maar ook voor de mogelijkheid tot het gebruik van DAS. Dit wordt verder uitgelegd in 4.3.2. Als voorlaatste laag hebben we een omhulsel gevormd door stalen kabels die zorgt voor bescherming. Rond heel deze kabel bevindt zich nog een polypropylene yarn serving. Deze zorgt voor hardheid, flexibiliteit en hittebestendigheid (The Editors of Encyclopedia Britannica, 2016).

4.3.2 DAS via glasvezel

Zoals aangehaald in het bovenstaande hoofdstuk, zijn er 18 glasvezelstrengen per kabel. De Nemo Link kabel heeft in totaal twee kabels dus dit maakt een totaal van 36 glasvezelkabels.

Voor het gebruik van DAS-systeem worden er hier twee van gebruikt. Vanuit elk uiteinde één. Het is onmogelijk om dit DAS-systeem op één glasvezelkabel aan te sluiten. Om dit aan te tonen zijn de drie mogelijke situaties hieronder afgebeeld.



Figuur 15: Illustratie werking DAS

Bron: eigen werk

- Situatie 1: Hierbij wordt er vanuit één uiteinde een lichtsignaal gestuurd. Het bereik voor het signaal waarbij de terug verstrooiing sterk genoeg is om een accurate uitlezing te verkrijgen is maximum 80km (DAS-systeem geïnstalleerd op Nemo Link). De Nemo Link is 139km lang (zie 4.4.1) dus dit betekent dat er een blinde zone van ongeveer 60km ontstaat. Dit is geen resultaat dat bruikbaar is.
- Situatie 2: Verder werkend op situatie 1, kan er een bijkomend lichtsignaal vertrekken vanuit het ander uiteinde. Zo is de blinde zone weg. Nu is er echter een nieuw probleem ontstaan. De twee signalen kruisen elkaar en zorgen voor een zone van interferentie. De ontvangers krijgen terug strooiing van beide signalen dus kunnen geen correcte resultaten berekenen. Dit is ook geen bruikbaar resultaat.
- Situatie 3: Door de twee signalen te behouden maar ze op te splitsen over twee kabels, heeft men nog steeds geen blinde zone. Doordat ze elk op een andere glasvezelkabel zitten is er geen interferentie mogelijk. Met opnieuw een bereik van 80km voor elk lichtsignaal, wordt er een overlappingszone gecreëerd van ongeveer 20km. Dit resulteert in een zekerheid voor verkrijgen van gegevens op de meetbare grenzen.

4.3.3 Zender en ontvanger

Laten we het hebben over de aansluiting om het DAS-lichtsignaal in de Nemo Link kabel te krijgen. Hiervoor zoomen we in op het conversiestation in Herdersbrug. In het conversiestation wordt de gelijkstroom van de Nemo Link omgezet naar de wisselstroom waarop het Europees stroomnet werkt. Dit gebeurt in een grote loods vol transformators en convertoren, ongeveer 10km landinwaarts van de plaats waar de Nemo Link onshore komt. Voor dat traject wordt een ondergrondse landkabel gebruikt. De structuur lijkt op de zee kabel maar er zijn enkele verschillen, bijvoorbeeld de dikke loden laag is hier niet nodig.

In het conversiestation wordt de kabel gesplitst en verlaten de glasvezelkabels de gehele structuur. Al deze stappen van manipulatie van de kabel moeten veilig worden uitgevoerd aangezien men hier werkt met hoogspanning. In de structuur in Figuur 16 wordt de kabel gesplitst, de glasvezelkabels worden gebundeld en doorverbonden naar de serverruimte van het station. De stroom wordt verder geleid naar boven om verdeeld en getransformeerd te worden.



Figuur 16: Splitsing glasvezel Herdersbrug

Bron: eigen werk

De losse glasvezelkabels komen aan in de serverruimte van het conversiestation. Hier worden ze toegewezen aan verschillende systemen, afhankelijk van de functie. Sommigen worden gebruikt voor dataoverdracht, DTS, en maar één enkele wordt aangesloten op het

DAS-toestel. Alle kabels die niet worden gebruikt komen er ook toe maar zijn op niets aangesloten, deze dienen als reserve. Het DAS-systeem is niet groot, je kan het vergelijken met een oude videospeler van vroeger. Toch zorgt dit apparaat voor het versturen van een lichtsignaal die akoestieke waardes kan detecteren met een bereik van 75-80km. Dit DAS-toestel is van Omnisens, maar er zijn nog verschillende andere leveranciers die soortgelijke systemen maken.



Figuur 17: DAS module Herdersbrug

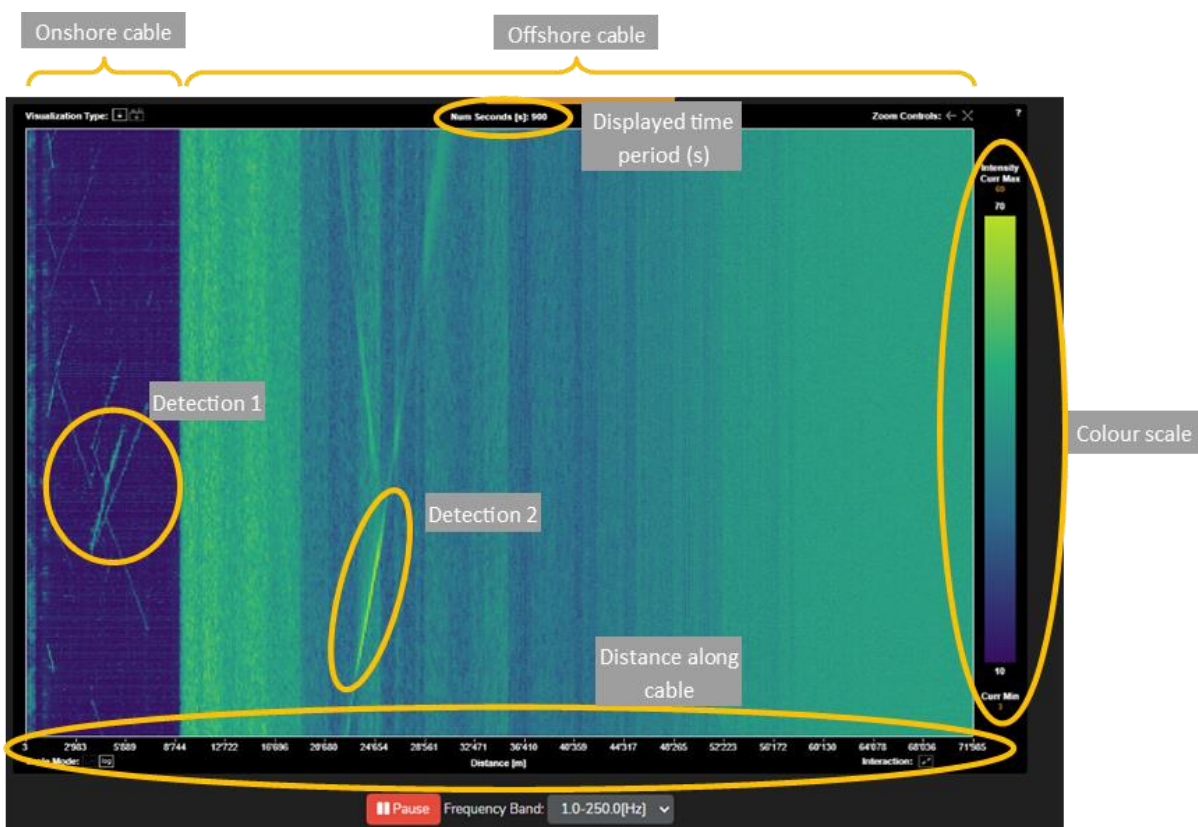
Bron: eigen werk

4.3.4 Spectrogram

Met enkel de ruwe verkregen gegevens van een DAS-systeem zijn wij er als mens niet veel mee. Er is een manier nodig om deze goed weer te geven. Hiervoor wordt er een spectrogram gebruikt.

Definitie spectrogram (Pacific Northwest Seismic Network, sd): *A spectrogram is a visual way of representing the signal strength, or “loudness”, of a signal over time at various frequencies present in a particular waveform. Not only can one see whether there is more or less energy at, for example, 2 Hz vs 10 Hz, but one can also see how energy levels vary over time.*

Spectrogrammen worden in veel gebieden gebruikt onder andere voor seismische en geluidsmetingen. In het geval van een DAS-systeem leunt dit meer aan bij de geluidsmetingen. Geluid/trillingen wordt in functie van de plaats (afstand op de kabel) en de tijd afgebeeld. Hoe sterker het geluid, hoe verder de kleur wordt weergegeven volgens een kleurenschaal. In figuur 18 is het spectrogram van de Belgische helft van de Nemo Link afgebeeld gedurende leg 11 van mijn fieldtest (zie 4.6.9). Elk onderdeel van het spectrogram hieronder (figuur 18) wordt verder verklaard.



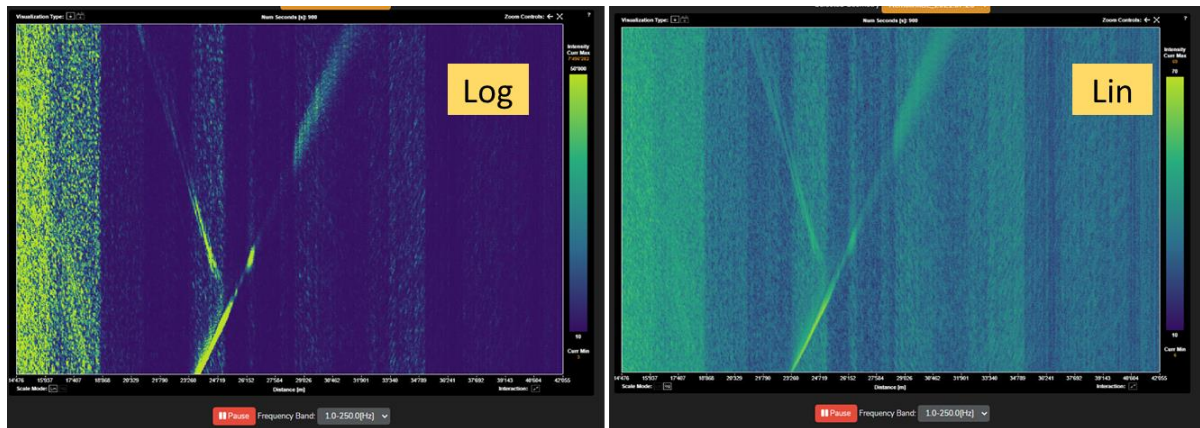
Figuur 18: Voorbeeld spectrogram

Bron: Bewerkt van Nemo Link

- Onshore cable: Er staat geen converterstation aan de kustlijn in België. De Nemo Link heeft dus een onshoretraject van 8.892km vooraleer de kabel het converterstation in Herdersbrug bereikt. Dit gedeelte is duidelijk zichtbaar op DAS. Men ziet duidelijk een blauwe zone aan de linkerkant van het spectrogram. Dit is de onshore kabel. Er bereikt minder geluid de kabel waardoor het spectrogram ook veel minder hoge waarden weergeeft ten opzichte van de offshore gedeelte.
- Detection 1: In het gedeelte van de landkabel zien we toch groengele lijnen. Dit zijn plaatsen waar er geluid de kabel bereikt. Dit kan gebeuren door verschillende

bronnen. Typische bronnen is een goederentrein die over een spoorweg rijdt, vrachtverkeer over een baan of grondwerken. Deze zaken veroorzaken allemaal een grote hoeveelheid aan trillingen die het DAS-systeem kan detecteren.

- Offshore cable: Onder het strand van Zeebrugge gaat de onshore kabel over in de offshore kabel. Vanaf dit moment bereikt er veel meer geluid de kabel. Dit toont zich op het spectrogram met een grote verhoging van kleur. Hier is de groengele kleur overal aanwezig. Er blijven echter zones met hogere banden, dus waar er meer geluid de kabel bereikt. Soms zijn de redenen te verklaren. Bijvoorbeeld bij de kust is er meer geluid door de aanwezigheid van golven dichtbij de zeebodem waaronder de kabel begraven is. Er is een vermoeden dat het vaak te maken heeft met de begravingsdiepte maar dit is niet overal het geval. Hieromtrent moet er meer onderzoek gedaan worden.
- Detection 2: In het gedeelte van de zee kabel zijn er rond 24km in de kabel lijnen zichtbaar. Dit is een voorbeeld van hoe een schip gedetecteerd kan worden. Deze spectrogram is genomen tijdens leg 11 van mijn fieldtest. Meer informatie is te vinden in hoofdstuk 4.6.9.
- Displayed time period: Door dit getal te veranderen, wordt de weergegeven tijdsperiode veranderd. De waarde is in seconden. In dit geval wordt er 900s weergegeven, of 15 minuten.
- Distance along cable: In de x-as wordt de afstand weergegeven. Aangezien dit de gegevens zijn van het DAS-systeem in Herdersbrug loopt dit tot een afstand van circa 75km.
- Colour scale: De kleurenschaal kan lineair of logaritmisch weergegeven worden. Op land is er minder geluid, dus wordt er voor detectie snel voor de logaritmische schaal gekozen. Dit zorgt voor een duidelijkere detectie. Op zee is er een grotere aanwezigheid van geluid. Zwakke detectiegebeurtenissen zullen weg gefilterd worden in een logaritmische schaal. Daarentegen, sterke detectiegebeurtenissen (zoals in dit voorbeeld) worden terug beter zichtbaar bij een logaritmische schaal. In figuur 19 is dit verschil aangetoond met de detectie op zee.

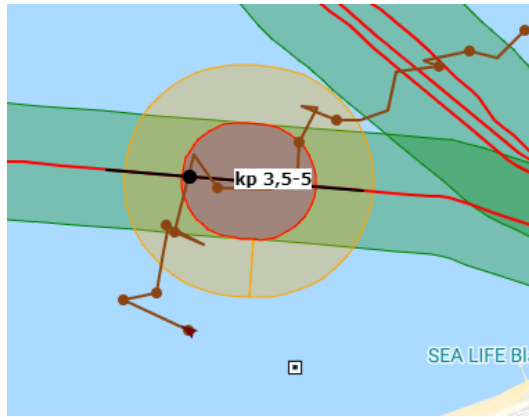


Figuur 19: Verschil logaritmische schaal, lineaire schaal

Bron: Nemo Link

4.3.5 AIS-software

DAS-gegevens via een spectrogram is een goed systeem om te visualiseren waar er hoge waarden zijn, en waar dus een mogelijks interessante gebeurtenis heeft plaatsgevonden om verder te bekijken. Een spectrogram is daarentegen systeem om permanent te monitoren. Door de overvloed aan gegevens en de vaak onduidelijke signalen is er een alternatief nodig. Hiervoor heeft Nemo Link een software. Deze software die automatisch abnormaliteiten kan detecteren, kan classificeren als een alarm en dan op een gebruiksvriendelijke kaart kan zetten. Dit zorgt ervoor dat er geen constante monitoring nodig is op het spectrogram en er een lijst wordt gecreëerd met “verdachte” signalen. Wanneer er een abnormaal signaal is gedetecteerd, classificeert het programma de gebeurtenis en slaat deze het op in database. Als men een specifieke gebeurtenis wilt bekijken, kan men hem selecteren en dan zien op kaart in een manier zoals in figuur 20. Ook is het mogelijk om de volledige kabel te zien met alle gebeurtenissen van een bepaalde periode om een goed overzicht te zien hiervan. Onderstaand voorbeeld is door een automatische detectie. Het lijkt erop dat dit veroorzaakt is door het vaartuig dat over de kabel vaart (zie AIS-data). Maar dit is echter niet het geval. De AIS-data die u kan zien is door een fast rescue boot. Dit klein bootje wordt ingehuurd door de Antwerp Maritime Academy om labo’s uit te voeren voor de 3^{de} bachelor studenten. Hierbij oefenen ze op reddingsmanoeuvres op zee, en op het effect van golven op een klein reddingsbootje. Het alarm is echter niet veroorzaakt door dit bootje. Dit weten we als we kijken naar het tijdstip van de detectie. Dit was voor het labo begonnen was. Wat de software gedetecteerd heeft is niet duidelijk. Er is nog geen samenwerking met opgeslagen AIS-data.



Figuur 20: Gebeurtenis Nemo Link

Bron: Nemo Link

Aan deze software is er wel nog werk. Momenteel kan de software enkel heel grote abnormaliteiten automatisch ontdekken. Dit hebben we gemerkt wanneer er bij de fieldtest een duidelijk visuele detectie was op het spectrogram, maar de software de gebeurtenis niet classificeerde. Het algoritme die de automatische herkenning van een detectie doet, moet dus beter worden in die taak. Dit kan enkel door het algoritme te laten trainen en testen.

4.4 Track voorbereiding

De track van de fieldtest bepaalt welke parameters er onderzocht worden. Daarom is het belangrijk om hier goed over na te denken en af te wegen wat een goed traject voor het testschip zou zijn. Dit is moeilijk aangezien dit de eerste test op zee is die werd gedaan. Er is geen referentie noch idee hoe goed de detectie is. Daardoor is het best om alles te testen (verschillende koersen, alle mogelijke snelheden van het testschip, etc.). Naast de track is de locatie ook niet te onderschatten. Dit hangt af van veel factoren. In dit hoofdstuk vindt u het eliminatieproces om de ideale locatie te vinden en de redenering achter de uiteindelijk bekomen track.

4.4.1 De kabel

Zoals besproken in hoofdstuk 4.2.2 is er in België maar één kabel met een DAS-systeem op aangesloten: De Nemo Link interconnector. Deze is 139 km lang, waarvan 128,8 km onder de zee. Dit tussen Zeebrugge (Belgie) en Richborough (Kent) (Power Technology, 2015) (Moerkerke, 2023).

4.4.2 Statische parameters die invloed hebben op de track

Met het bepalen van de kabel is er een nieuw probleem opgedoken. De onderzeese kabel is 130km lang, dus er moet worden beslist waar de test het beste afgenomen worden. Hiervoor zijn er statische parameters opgesteld. Deze noemen statische parameters aangezien ze vast zijn. Ze zijn niet beïnvloed door korte tijdsintervallen, toeval, weersomstandigheden, etc. De statische parameters zijn:

- geografie
- diepte van de zee
- begravingsdiepte van de kabel
- ruimtelijke ordening van het zeegebied

Eerst en vooral de geografie. De kabel loopt voor 59km op Belgisch grondgebied, 23km op Frans gebied en 47km in Verenigd Koninkrijk. Aangezien in de test een Belgisch patrouilleschip gebruikt wordt, is het logisch om op Belgisch grondgebied te blijven.

Tweede parameter is de diepte van de zee. In de master's standing orders² van de CPV staat dat ze de 5m lijn niet overschrijden. Hierdoor vielen bepaalde gebieden zoals de Wenduinebank weg. Het DAS-systeem kan volgens Omnisens schepen detecteren tot 70m diep (Omnisens, 2021). Als we kijken naar het Belgische gedeelte van de Nemo Link loopt deze tot een maximum van een dertigtal meter. Dit blijft dus ver weg van de grens van 70m. Dit is dus geen factor om mee rekening te houden.

De begravingsdiepte van de kabel varieert tussen de 1m en 2m, uitzonderlijk meer tot 3m. Hoe dieper de kabel onder de zeebodem begraven is, hoe meer demping en weerkaatsing er gebeurt van het geluid. Dit zal dus een negatief effect hebben op de detectiegrens. Daarentegen is de begravingsdiepte heel dynamisch, door ophoping van zand kan de kabel dieper begraven zijn dan bij de vorige meting werd bevonden. Daarom is er besloten om voor deze test de begravingsdiepte terzijde te houden. Hier zal dus geen rekening mee gehouden worden bij het beslissen over de plaats van de test, maar hier zal wel rekening mee gehouden worden bij de reflectie van de resultaten.

Als laatste statische parameter hebben we het gebruik van het zeegebied. Het Belgisch zeegebied is klein en grotendeels ingedeeld in gespecialiseerde zones. Deze indeling is volgens het Marien ruimtelijk plan (figuur 21), opgesteld door de federale overheid. In deze zones zitten scheepvaartroutes, windmolenparken, ontgtingsgebieden, beschermde natuurgebieden, baggerstortplaatsen, etc. De Nemo Link loopt door enkele van deze gebieden.

Het is niet de bedoeling dat het traject van het testschip dwars door een scheepvaartroute of natuurgebied loopt. Het testschip moet conform blijven aan de Colregs³ en zal dus moeten uitwijken voor scheepvaart die voorrang heeft. Dit is iets dat beter te vermijden is als we een test zijn aan het doen zijn. Daarom is het traject in een militaire oefenzone geplaatst, namelijk NBH -10. Deze zone is gelokaliseerd boven de Wenduinebank en op het

² The standing orders are a set of guidelines to ensure safe ship navigation and operations whether at sea or at port. These set of guidelines by the Master encompass a very wide array of aspects of navigation and rules of conduct for the officers. Standing orders are to be followed at all times by the officer on duty and is duly signed by every officer on board, making them liable to adhere to the orders. (Bhattacharjee, 2019)

³ Colregs: The International Regulations for Preventing Collisions at Sea 1972 are published by the International Maritime Organization and set out, among other things, the "rules of the road" or navigation rules to be followed by ships and other vessels at sea to prevent collisions between two or more vessels. (Wikipedia , 2022)

traject van de Nemo Link. Er lopen geen scheepvaartroutes door. Als we kijken naar de diepte in het gebied hebben we een minimum van 6.3m en een maximum van 11.5m. Dit is relatief ondiep zal dus een positief effect hebben op de mogelijkheid tot detectie van schepen. (De uiteindelijke track is raad te plegen in figuur 22).



Figuur 21: Marien ruimtelijk plan

Bron: (FOD volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en leefmilieu, 2020)

4.4.3 Dynamische parameters die invloed hebben op de track

Dynamische parameters zijn in tegenstelling tot statische wel afhankelijk van tijd, toeval, weersomstandigheden. Men kan ze wel vooraf proberen te voorspellen en maatregelen nemen om er mee om te gaan. Enkele dynamische parameters zijn:

- staat van de zee
- weersomstandigheden
- scheepvaart
- stroming
- getij

De staat van de zee kan niet alleen beïnvloeden of het schip het exacte traject kan varen en zich aan de afgesproken snelheid kan houden maar ook de hoeveelheid geluid die gegenereerd wordt door de golfslag. Dit kan zorgen voor een verzadiging van abnormale

signalen gedetecteerd op het spectrogram, waardoor het moeilijk is om het signaal veroorzaakt door het testschip te detecteren. In ideale omstandigheden is er geen golfslag, het spectrogram zal dan een duidelijk signaal tonen. Dit betekent niet dat de test niet kan uitgevoerd worden bij een grotere golfslag, het betekent enkel dat er mee rekening gehouden worden.

Weersomstandigheden kunnen de operaties op het schip negatief beïnvloeden. Bij slechtere weersomstandigheden kan het moeilijker zijn om een vaste koers en snelheid te houden. De CPV's zijn echter schepen die er op voorzien zijn om in slechte weersomstandigheden uit te varen (o.a. om schepen in nood assistentie te verlenen). Weersomstandigheden zal dus minder invloed hebben op het testschip. Bij te zware weersomstandigheden kan er wel beslist worden om niet uit te varen, dit om het schip en haar bemanning niet in gevaar te brengen. In dat geval zou de test uitgesteld worden tot betere omstandigheden

Bij de statische parameters is er gekozen voor een militaire oefenplaats om de test uit te voeren. Dit betekent echter niet dat er geen scheepvaart kan voorkomen. Het gebied NBH-10 is niet verboden voor schepen. Het kan dus zijn dat er pleziervaartuigen, visserij schepen, etc. passeren door het testgebied. Het testschip heeft geen standaard voorrang. Het zal zich aan de Colregs moeten houden en vertragen of uitwijken wanneer nodig. Wanneer het bevoorrechte schip gepasseerd is, zal het testschip zich op een veilige manier terug begeven naar het traject die was afgesproken. Dit kan voor vertragingen zorgen maar zal de test niet laten mislukken.

De volgende parameter is de stroming. Dit is samen met getij een twijfelgeval of het een statische of dynamische parameter is aangezien men het kan berekenen volgens de geschatte tijd dat het schip zal passeren. Toch wordt dit bij dynamische parameters gestoken omdat de gevolgen ervan niet te berekenen vallen. Bij stroming zijn er twee gevolgen: Het schip kan moeilijkheden ondervinden om koers en vaart (snelheid) te behouden. Zoals vermeld bij het stuk over de weersomstandigheden zijn de CPV's schepen die hier goed tegen bestand zijn en dit zou dus weinig effect mogen geven. Het tweede gevolg is echter wel iets om rekening mee te houden. Stroming zorgt voor sedimentverplaatsing op de zeebodem. Dit veroorzaakt geluid die zich op de bodem afspeelt m.a.w. dicht bij de kabel. Of dit voor veel interferentie zorgt is niet bevestigd en is

onderwerp van verdere testen. Toch is er een sterk vermoeden dat dit invloed heeft. Het bedrijf Marlinks heeft ervaring met het detecteren van bodemanipulatie.

Als laatste bij de dynamische parameters is er getij. Opnieuw is dit berekenbaar met een tijdstip. Als we kijken naar het maximale springgetij in Zeebrugge, zien we dat dit nooit vijf meter overschrijdt. Dit zorgt voor een verwaarloosbaar effect op de demping van het geluid. Zoals vermeld in hoofdstuk 4.4.2 is de maximale diepte in het testgebied 11.5m. Als we kijken naar het hoogst mogelijke getij (springtij), blijven we onder de vijf meter. Dit wilt zeggen dat er maximaal 16.5m diepte is. Dit blijft ruim onder de grens van 70m waar detectie mogelijk zou zijn.

4.4.4 De track

Nu alle parameters besproken zijn en de locatie gekozen is, wordt het tijd om een track op te stellen. Het basisidee is duidelijk, het testschip moet enkele keren over de kabel passeren zodat er getest kan worden op detectie. Maar hoe moet dit gebeuren? Is het beter dat het schip telkens loodrecht passeert of mag het verschillende koersen doen? Aan welke snelheden moet er getest worden? Hoe ziet de uiteindelijke track eruit?

Om een realistische situatie na te doen, mag er niet enkel getest worden op loodrechte kruisingen. Schepen zullen niet altijd een koers loodrecht op de kabel varen. Het is dus nodig om een track op te stellen met verschillende koersen. Er werd gekozen om de kabel met vier verschillende hoeken te kruisen. Namelijk loodrecht (90°), schuin (45° en 60°) en parallel (0°). De gevallen waar de hoek 0° of parallel is, zijn nog wat specialer. Wat als het schip in de buurt komt van de kabel, maar er niet overgaat? Kan een DAS-systeem dit detecteren? Door een leg (lengte) van de track parallel op een bepaalde afstand te leggen, kan er gekeken worden op detectie, terwijl het schip niet over de kabel vaart. Ook is er met dit traject de mogelijkheid om te testen wat er gebeurt als het testschip parallel bovenop de kabel vaart.

Ook moet er op verschillende snelheden getest worden. Het is de eerste keer dat het DAS-systeem van de Nemo Link getest wordt op detectie van een schip. Dit wilt zeggen dat er nog geen weet is van een ondergrens aan snelheid dat detecteerbaar is. Er werd besloten dat snelheden tussen de 5 en 15kts het meest realistisch waren voor schepen. De snelheden van het testschip zullen dus tussen deze waardes blijven.

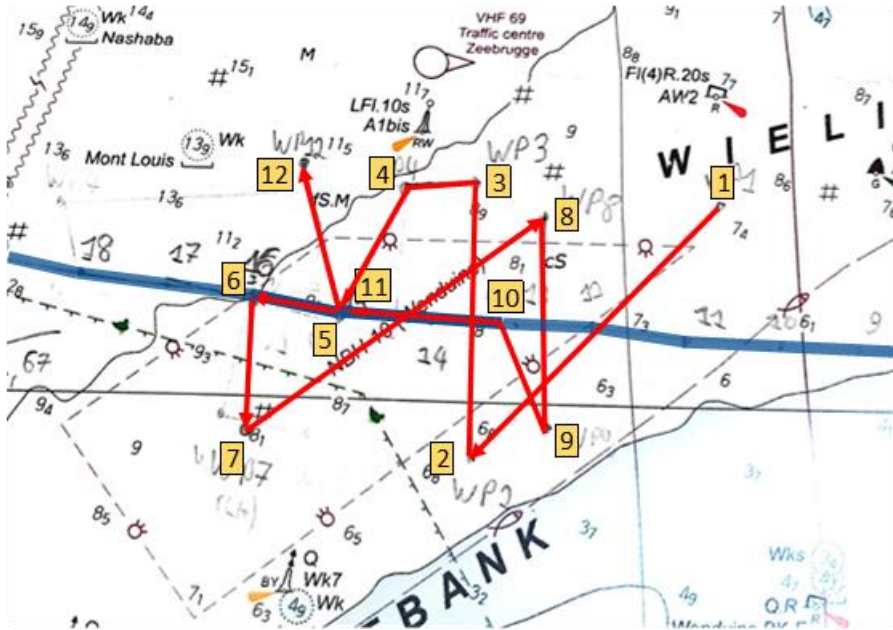
Tabel 2: Track fieldtest

Bron: Eigen werk

Track								
Nr WP	CO WP		TDG (till next WP)	Spd in kts(SOG)	Course (till next WP)	time till WP (min)	Remarks	Angle Correlation Cable
	lat	long						
1	51°21'3	3°01'0	2,3	14	221°	9,86		~45°
2	51°19'6	2°58'6	1,8	14	0°	7,71		~90°
3	51°21'4	2°58'6	0,3	10	262°	1,80		// 0,9'
4	51°21'35	2°58'05	1	9	215°	6,67		60°
5	51°20'56	2°57'16	0,5	9	274°	3,33	=KP15	~0°
6	51°20'60	2°56'30	0, 8	9	180°	5,33	=KP16	~90°
7	51°19'8	2°56'3	2,3	6	54°	23,00		~45°
8	51°21'15	2°59'25	1,3	6	181°	13,00		~90°
9	51°19'85	2°59'2	0,7	6	342°	7,00		~90°
10	51°20'50	2°58'87	1,1	5,5->15	273°		=KP13	~0°
11	51°20'56	2°57'16					=KP15	

Na veel verschuiven is dit de track geworden. De interessantste kolommen voor de testresultaten zijn de snelheid (spd in kts), de koers (course) en de hoek tov de kabel (angle correlation cable). Het testschip start bij een relatief hoge snelheid van 14kts en vertraagt tot een snelheid van 5.5 kts (minimale snelheid voor de test). Tijdens de laatste leg, versnelt het schip terwijl hij bovenop de kabel blijft varen tot 15kts. Alle snelheden zijn snelheden over de grond (SOG). Elke koers wordt onder een hoge en een lage snelheid gevaren. Dit om in de analyse verschillen te kunnen zien. Dit met uitzondering van leg 4, waar er één keer in de gehele test een hoek van 60° gevaren wordt.

Wanneer we dit op een kaart uitzetten, verkrijgen we een verduidelijking (figuur 22). De track (aangeduid met de rode lijn) gaat in totaal acht keer over de kabel (aangeduid in het blauw). De track blijft ten zuiden van de scheepvaartroutes (duidelijk door de AW2 boei). De commandant van de BNS Castor keurde de track goed, en hiermee was de laatste stap van de voorbereiding afgerond.



Figur 22: Track fieldtest

Bron: Eigen werk

4.5 De test

4.5.1 Voorbereiding

Op 29 april 2022 werd de test uitgevoerd. Het vertrek van de BNS Castor op waypoint 1 was gepland om 09u00. Dhr. Jani Krisztian en mezelf waren uitgenodigd om 08u00 aan de marinebasis van Zeebrugge. We werden verwelkomd in het MIK en mochten ons installeren in de operationele zaal. In deze zaal werken de drie instanties (Defensie, Federale Politie en Douane) samen aan de beveiliging en controle op zee. De Castor was echter al beschikbaar om 08u00 en bleef in de nabijheid van waypoint 1. Terwijl Krisztian de live DAS-gegevens oplaadde op zijn computer die via wifi in verbinding stond met de servers van Nemo Link, kreeg ik een korte briefing over de manier van communicatie met de BNS Castor.

Het systeem van communicatie is ASTRID, dit systeem wordt overal in België gebruikt voor de hulp- en veiligheidsdiensten. Het systeem is gemakkelijk te gebruiken. Het geeft de gebruiker de mogelijkheid vooraf geprogrammeerde netwerken te gebruiken. In dit geval was dit dus de communicatie tussen de veiligheidsdiensten op zee (waaronder het MIK en de BNS Castor) (Astrid, sd).

Eenmaal Dhr. Krisztian klaar was met het installeren van de live DAS-gegevens van de Nemo Link, en we het scheepvaartverkeer in het testgebied controleerden op mogelijke uitwijkmanoeuvres gaven we het startsein aan de BNS Castor.

4.5.2 De test

De test verliep vlot en zonder andere schepen in het gebied. Hierdoor kon de track behouden worden zonder uitwijkmanoeuvres. De AIS-kaart met de BNS Castor op geselecteerd werd in het groot geprojecteerd in de ruimte. Zo konden zowel de operatoren in het MIK, Dhr. Krisztian en ikzelf, de BNS Castor exacte bewegingen volgen. Er werd gecommuniceerd vanuit de BNS Castor telkens als ze de kabel kruisen en telkens als er een nieuwe leg gestart wordt.

De resultaten vielen in het begin tegen, er was geen detectie. Bij de laatste legs werden er wel goede resultaten behaald. In het volgend hoofdstuk 4.6 worden de resultaten per leg besproken.

4.5.3 Na de test

Na de test werd er eerst nog een bezoek met Dhr. Krisztian Jani aan het converterstation in Herdersbrug ingepland. Dit om het fysieke DAS-apparaat te tonen en hoe de aansluiting met de Nemo Link gerealiseerd wordt.

4.6 Gegevensverwerking

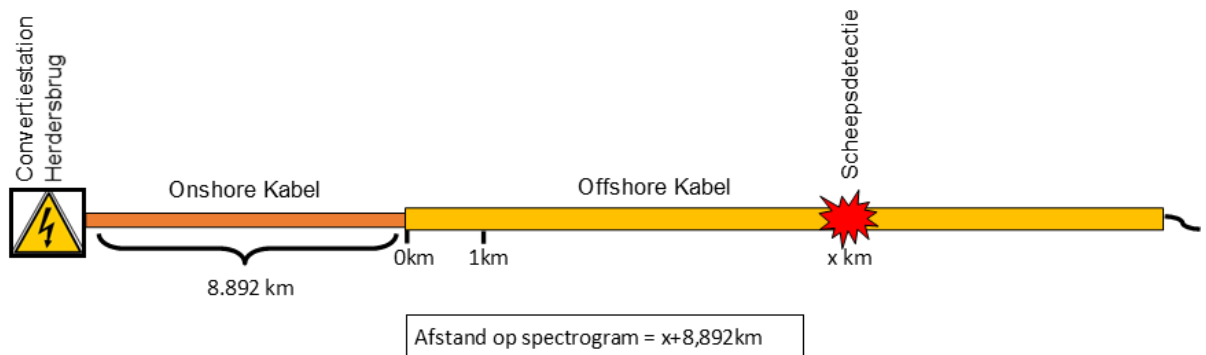
Voor de gegevensverwerking zullen we telkens vergelijken of een theoretische hypothese van het spectrogram overeenkomt met hetgeen het DAS effectief heeft gedetecteerd. Voor het resultaat van de test, wordt er telkens een screenshot van het verkregen spectrogram weergegeven, met eronder als illustratie de leg ten opzichte van de kabel volgens AIS gegevens. Gedurende de test was er een labo Fast Rescue Boat (3^{de} bachelor vak) bezig, ten oosten van het testgebied. Dit is ook zichtbaar op deze AIS kaart.

4.6.1 Basisprincipes om het spectrogram correct af te lezen.

Om de volgende spectrogrammen correct te kunnen aflezen zijn er enkele basisprincipes nodig. In hoofdstuk 4.3.4 werd dit al algemeen uitgelegd. Hieronder zijn verdere specifieke fundamentele voor deze test uitgelegd.

- Hoe sneller het testschip gaat, hoe luider we akoestiek verwachten. Dit toont zich in een hogere intensiviteit op het spectrogram. Dit zal dus een hogere waarde geven, volgens de kleurenschaal. Deze kleurenschaal kan zowel lineair als logaritmisch weergegeven worden.
- In het spectrogram zijn er twee assen. Op de x-as wordt de afstand op de kabel weergegeven. Dit is niet gelijk aan de lengte van de offshore kabel. Dit is de totale lengte vanaf de plaats waar het DAS-systeem een signaal doorstuurt doorheen de glasvezelkabel. In dit geval is dat het conversiestation in Herdersbrug. Dit wil zeggen dat de afstanden op de kaart, waar de kilometers vanaf het begin van de offshore kabel geteld worden, niet overeenkomen met de totale lengte die het DAS-signaal al heeft overbrugd. Er is een onshorekabel gedeelte met een lengte van 8,892km (Moerkerke, 2023). Dit betekent dat we telkens moeten kijken waar exact het testschip over de kabel vaart en bij die afstand nog 8,892km toevoegen om te weten, waar exact we een detectie verwachten. Op figuur 23 is dit verduidelijkt. Op de y-as wordt de tijd weergegeven. Elke horizontale lijn pixels geeft het gemiddelde van één seconde weer. De metingen van DAS gebeuren echter veel sneller. Na elke 1ms, wordt er een meting gedaan. Dit betekent dus dat 1000 metingen worden genomen vooraleer dit weergegeven wordt. Dit om valse/incorrecte metingen tegen te gaan. Elke nieuwe meting (gemiddelde), wordt

bovenaan het spectrogram toegevoegd. Met andere woorden, hoe meer naar beneden in het spectrogram je kijkt, hoe ouder de metingen.



Figuur 23: Afstand detectie diagram

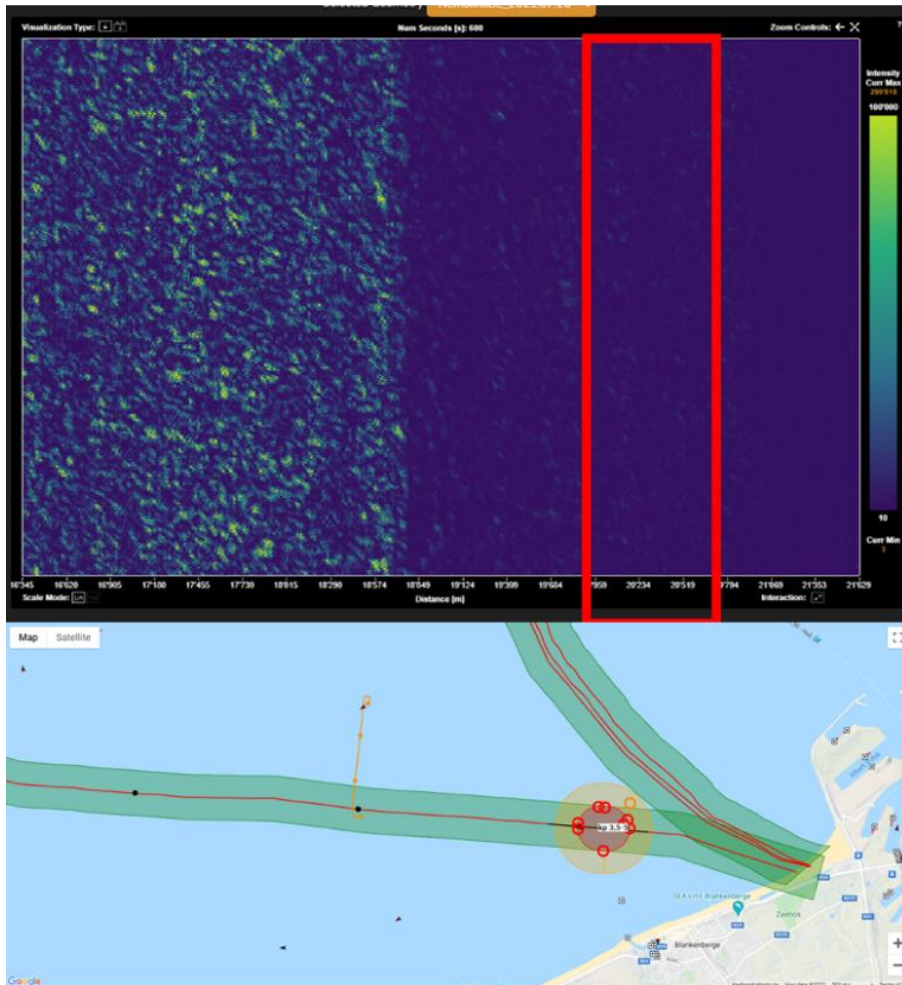
Bron: Eigen werk

4.6.2 Leg 0

Dit is geen leg die op de track staat. Echter, het schip bevond zich voor de aanvang van de test ten zuiden van de kabel en waypoint 1. Het schip zou dus over de kabel passeren. Dit hebben we dan ook proberen te detecteren.

Het schip ging koers 000° (noord) en maakt dus een hoek met de kabel van 90° ten opzichte van de kabel. De snelheid werd niet genoteerd. Het schip kruiste de kabel rond 11.6km.

Hypothese: Door de koers noord wordt er vermoed dat er een ongeveer verticale lijn zichtbaar wordt op 20.492km.



Figuur 24: Leg 0

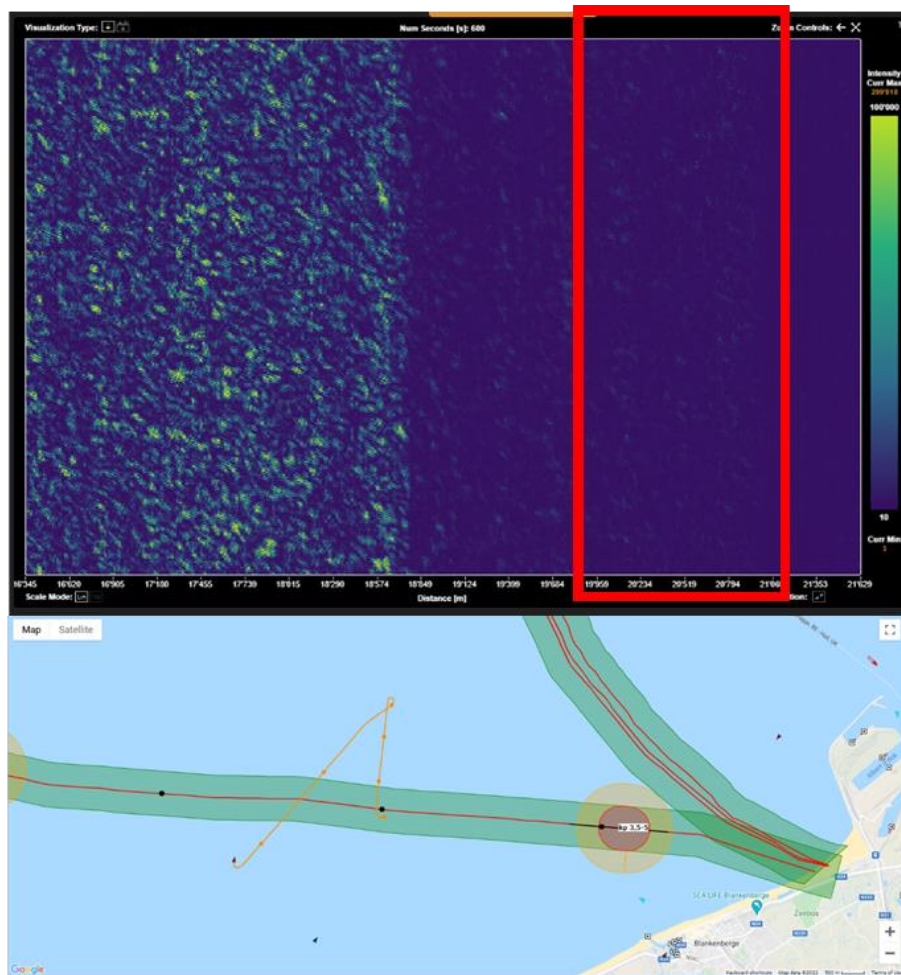
Bron: Nemo Link

Figuur 24 is het spectrograaf en AIS kaart gedurende de eerste leg. In het rode kader zou er detectie zichtbaar moeten zijn. Dit is hier niet het geval. Er zijn verschillende redenen hiervoor. Ten eerste kan het zijn dat DAS-systemen schepen, zoals de BNS Castor, niet kunnen detecteren. Dit wordt later duidelijk dat dit niet het geval is. Een tweede reden kan zijn dat het schip te traag voer op dit moment, de snelheid is immers niet genoteerd. Ook dit is hoogst onwaarschijnlijk aangezien later aangetoond wordt dat hetzelfde schip met snelheid 6kts wel gedetecteerd kan worden. Het meest waarschijnlijke is dat de schaal niet correct was ingesteld. (Na elke leg werd de schaal aangepast in de hoop om bij de volgende passage wel een duidelijke detectie te vinden.) Dit maakt dat de detectie van het schip verloren geraakt in de blauwe waarden van een onvoldoende hoge detectie. Dit probleem zal de hoogstwaarschijnlijke reden blijven gedurende het grootste deel van de test voor niet zichtbare resultaten.

4.6.3 Leg 1

In leg 1 werd er een koers van 221° gevaren. Dit komt overeen met een hoek ten opzichte van de kabel van 45° . Deze leg werd aan een relatief hoge snelheid gevaren, namelijk 14kts. De kabel werd gekruist tussen de 11.5km en 12km op de kabel.

Hypothese: In theorie zouden we hierbij een spectrogram krijgen waar er een schuine streep aan verhoogde waardes te zien is. De oriëntatie zou linksonder naar rechtsboven moeten zijn. Dit rond de 20–21km (11.5+8.892).



Figuur 25: Leg 1

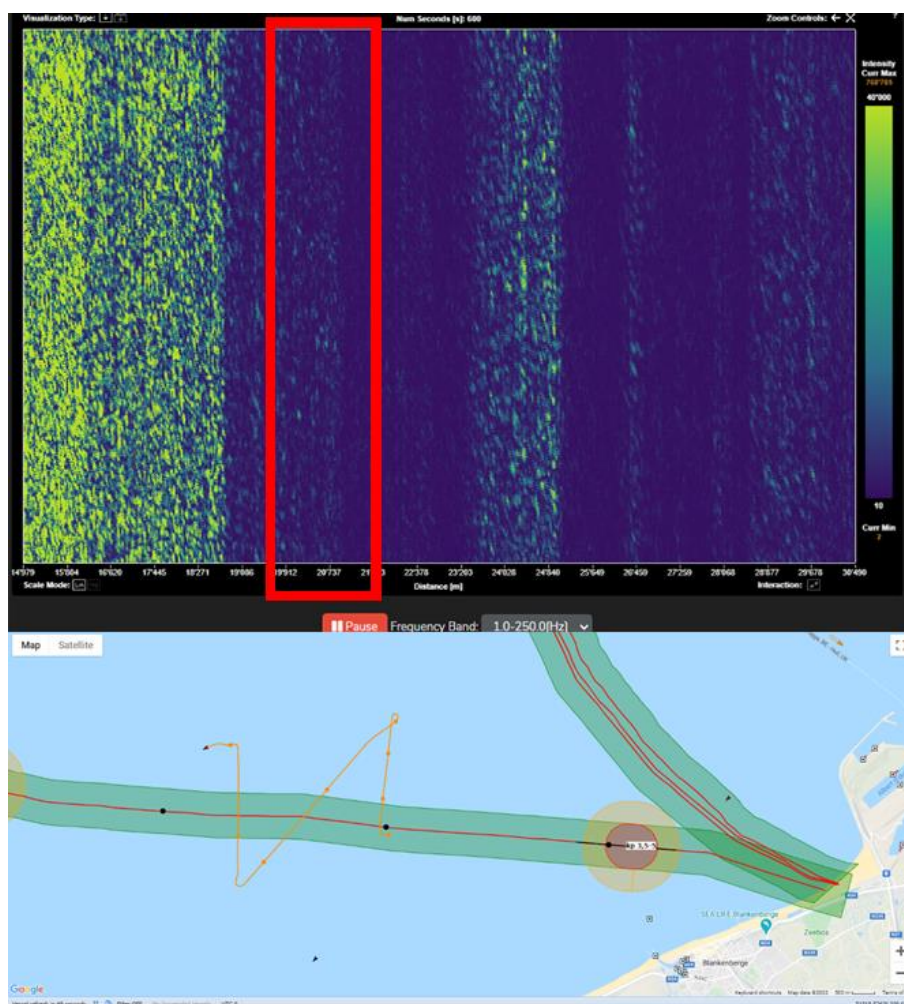
Bron: Nemo Link

Figuur 25 toont de spectrogram en AIS kaart van leg 1. Het rode kader is opnieuw de zone waar we detectie verwachten. Er is opnieuw geen detectie zichtbaar, hoogstwaarschijnlijk door de verkeerd ingestelde schaal (aangehaald in 4.6.2).

4.6.4 Leg 2

In leg 2 wordt een koers van 000° gevaren. Pal noord dus. Dit zorgt voor een hoek met de kabel van 90°. De snelheid van 14kts blijft behouden. De kabel werd gekruist rond 13.25km. Daarna start leg 3, dit is met een koers van 262°, ongeveer parallel met de kabel op een afstand van 0,9nm (1.667km). Dit bij een snelheid van 10kts.

Hypothese: Door de loodrechte kruising op de kabel, zou de detectie eruitzien als een verticale lijn (verhoging van waarden). Dit rond 22.142km (13.25 + 8.892). Later kan het mogelijk zijn om een (lichte) detectie te hebben die van linksonder naar rechtsboven loopt.



Figuur 26: Leg 2&3

Bron: Nemo Link

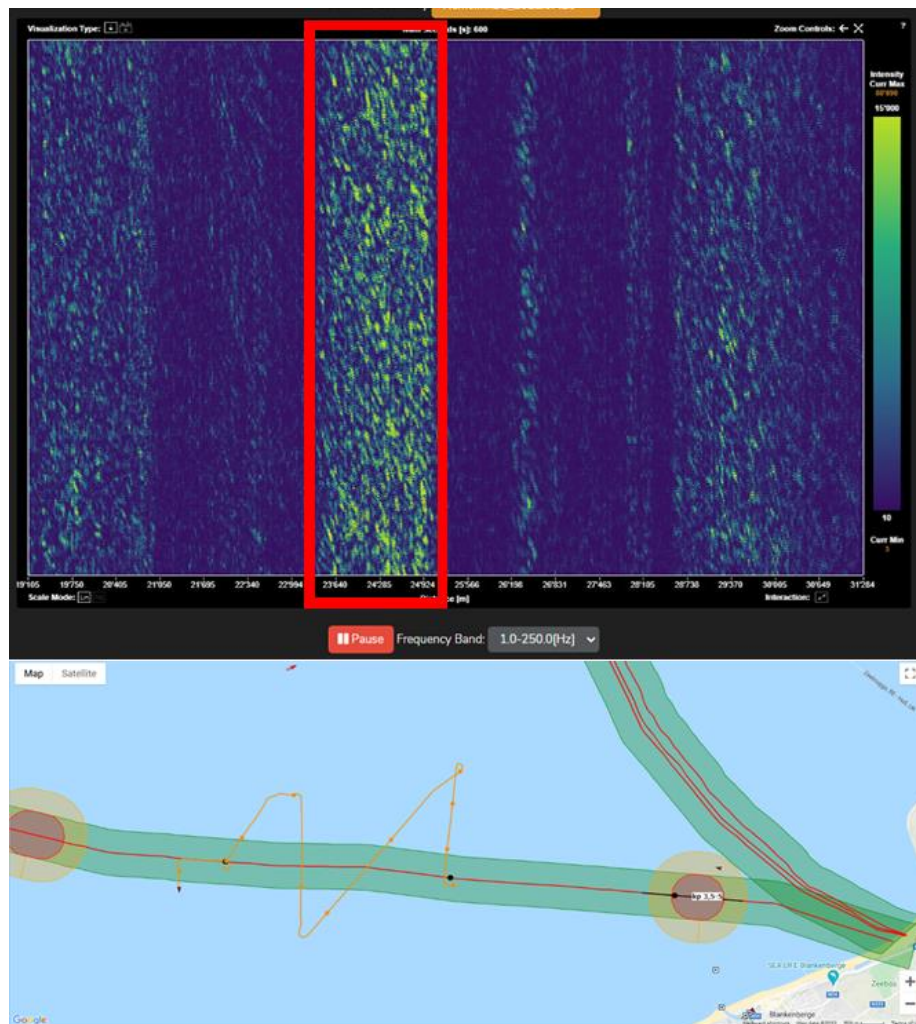
Figuur 26 toont het spectrogram en AIS kaart gedurende leg 2&3. In de rode zone zijn er zichtbare hogere waarden maar dit is niet in een duidelijk patroon. Het kan zijn dat een van de verticale lijnen dus de detectie was van het testschip, maar deze zijn niet duidelijk

genoeg om hierover uitsluitel te geven. Aangezien we de kruising niet kunnen detecteren is het onmogelijk om op een afstand van 0,9nm leg 3 te detecteren. Opnieuw dus een negatief resultaat, vermoedelijk door de instellingen van de kleurenschaal.

4.6.5 Leg 4,5&6:

Het testschip vaart tijdens leg 4 een koers van 215°. Dit maakt een hoek met de kabel van 60°. De snelheid is gezakt tot 9kts. Het testschip nadert de kabel en doet een draai om voor een afstand van 1nm over de kabel te varen in de richting van het westen. Erna draait het af richting het zuiden. Dit allemaal tussen kilometer 15 en 16 van de kabel.

Hypothese: Tijdens het naderen zou er een verhoging zichtbaar moeten zijn tot het schip over de kabel vaart. Vanaf dat moment verwachten we pieken op de momenten dat het schip telkens het dichtst terugkomt over de kabel (het is niet realistisch dat het testschip exact over de kabel kan varen). Dit allemaal tussen 23.9km en 24.9km (15+8.892;16+8.892).



Figuur 27: Leg 4,5,6

Bron: Nemo Link

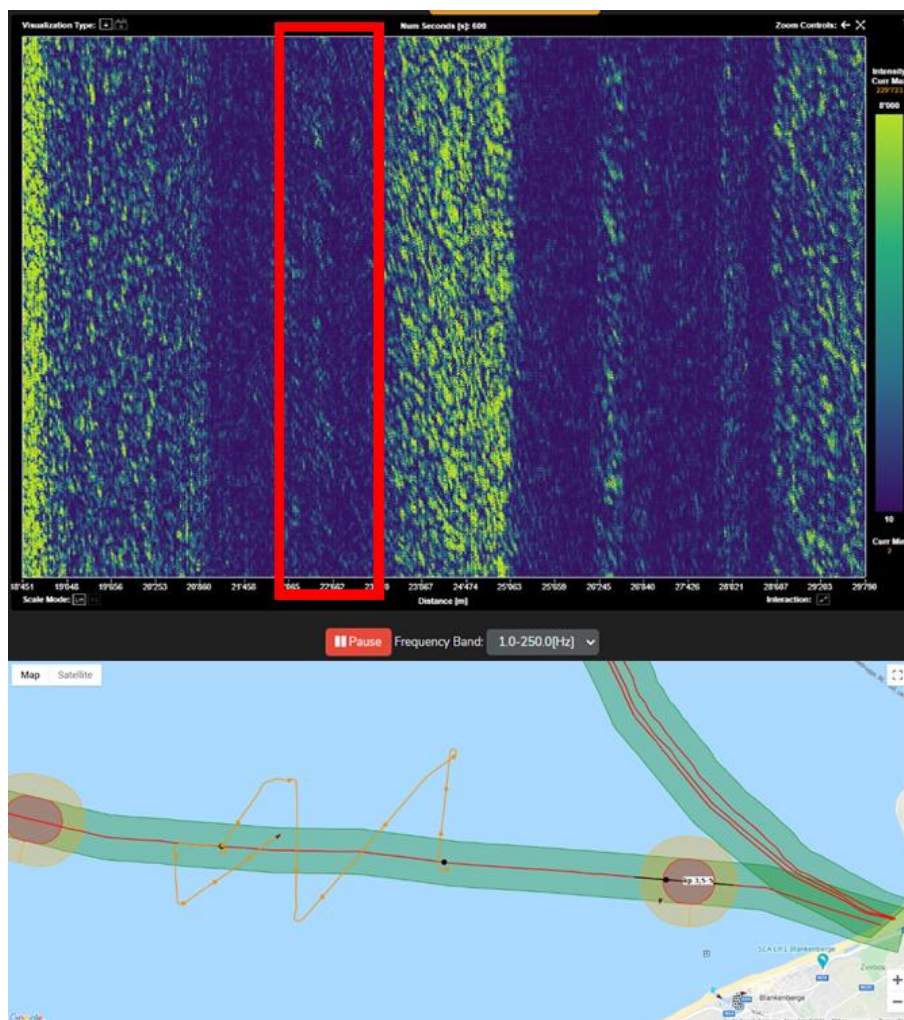
Figuur 27 toont het spectrogram en de AIS kaart van leg 4,5 en 6. In het rode gebied moeten we normaal het schip detecteren. Bij toeval is dit rode gebied ook een gebied met verhoogde akoestische waarden op dat moment. Dit kan verschillende redenen hebben. Doordat deze zone ligt in het gebied waar we veel verhoogde waarden of ruis hebben, kunnen we geen duidelijke detectie zien van een schip. Er zijn een paar patronen die kunnen gemaakt zijn door het testschip maar dit kan ook toeval zijn. Het is dus wel duidelijk, dat DAS nadelen heeft. Indien er zones zijn met verhoogde akoestieke waarden, is detectie moeilijker te vinden.

Toch is er uit leg 5 een detectie gekomen. Dit was echter niet zichtbaar met deze instellingen en schaal van het spectrogram. Marlinks heeft verdere analyse gedaan op deze leg. Dit wordt in hoofdstuk 4.7 verder besproken.

4.6.6 Leg 7

In leg 7 wordt een koers van 054° gevaren. Dit zorgt voor een hoek met de kabel van 45°. De snelheid verlaagt naar 6kts. De kabel werd gekruist tussen 13,5km en 14km.

Hypothese: Wanneer het schip over de kabel vaart, zou er een schuine lijn aan verhoogde waarden gedetecteerd worden op het spectrogram. Dit van rechtsonder naar linksboven. Dit zal een vermoedelijk zwakke lijn zijn gezien de lage snelheid. Dit rond 22.4 km (13.5+8.892).



Figuur 28: Leg 7

Bron: Nemo Link

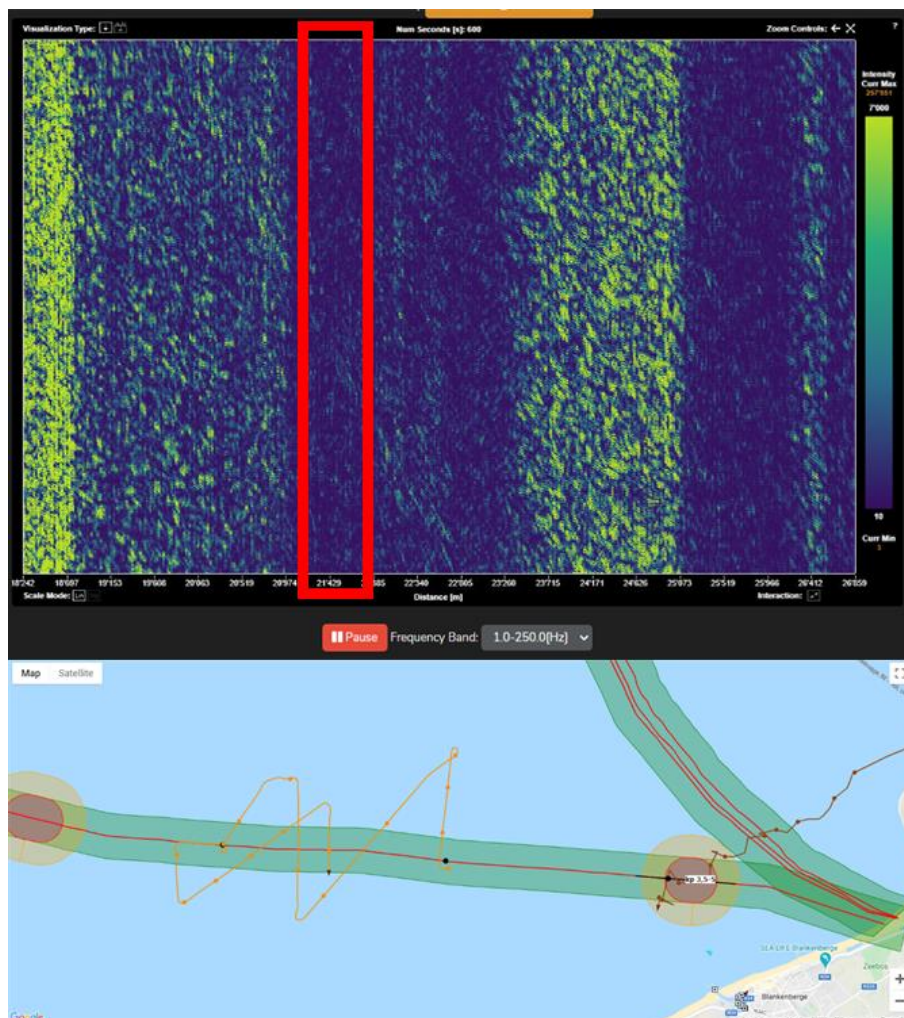
In figuur 28 kan u de spectrogram zien gedurende leg 7. Opnieuw kan u geen verwacht patroon herkennen, ondanks het klare gebied waarin de verwachte detectie zou gebeuren. Dit kan zijn doordat de snelheid te traag is van het testschip of door een verkeerd ingestelde

schaal. Later zal er aangetoond worden dat een schip weldegelijk detecteerbaar is bij lage snelheden zoals 8-9kts (zie 4.7). Daardoor vermoed ik dat dit opnieuw aan de schaal ligt.

4.6.7 Leg 8

In leg 8 wordt een koers van 181° gevaren. Dit zorgt voor een hoek met de kabel van 90°. De snelheid blijft naar 6kts. De kabel werd gekruist rond 12.6km.

Hypothese: Een hoek van 90° zorgt voor een verticale detectielijn. Dit zal een vermoedelijk zwakke lijn zijn gezien de lage snelheid. De lijn zou zich moeten bevinden rond 21.5km (12.6+8.892).



Figuur 29: Leg 8

Bron: Nemo Link

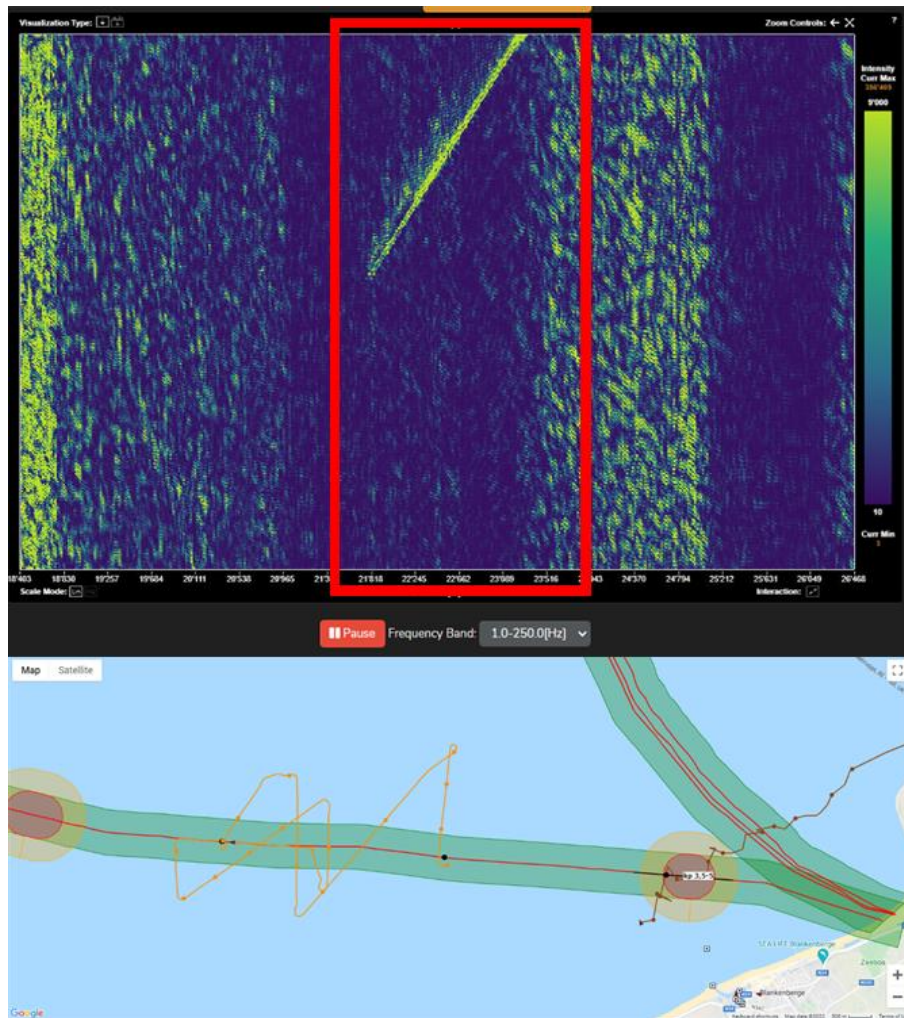
In figuur 29 zien we het spectrogram en AIS-kartaart van leg 8. Weer is er in het rode kader geen duidelijk teken van detectie. Op dit moment was er veel twijfel of het wel mogelijk was om een schip met DAS te detecteren. Gedurende de hele fieldtest is er geen goede

detectie gebeurd. Op dat moment was het niet duidelijk of het aan de mogelijkheid lag van een DAS-systeem om op zee schepen te kunnen detecteren, of dat dit lag aan een andere factor. Later bleek het aan een andere factor te liggen. Het spectrogram is een handig middel om gegevens zoals die uit een DAS-systeem goed weer te geven, maar daarvoor moet het spectrogram ook goed ingesteld zijn. Dit is een werkpunt die in hoofdstuk 4.10.2 verder wordt aangehaald.

4.6.8 Leg 9&10

De laatste legs van de fieldtest is leg 9&10. Leg 9 is een leg waarop het schip van waypoint 9 terug keert richting de kabel met een koers van 342° en een snelheid van 6kts. Eenmaal het testschip hier bijna is, draait het mee in westelijke richting om over de kabel te versnellen. Dit is leg 10. Het schip vertrekt aan een snelheid van 5,5-6kts en versnelt over de kabel tot een snelheid van 15kts. Deze leg was gepland om de minimumsnelheid van de BNS Castor te bepalen, waarop deze zichtbaar wordt op het spectrogram. Deze leg is van afstand 13-15km (ten opzichte van de offshore kabel).

Hypothese: De hypothese is dat we gedurende de versnelling een evolutie zien in de kracht van de detectie. Deze detectielijn zou van linksonder naar rechtsboven moeten oriënteren. De toename in kracht vertaalt zich in een verbreding en verhoging (volgens de kleurenschaal). De verbreding is te wijten dat het geluid verder zal gaan, en hierdoor niet enkel op de exacte plaats waar het schip zich bevindt hoorbaar en detecteerbaar is maar in de regio rond deze positie. Dit zou zich moeten bevinden tussen de 21.89km ($13+8.892$) en de 23.89km ($15+8.892$).



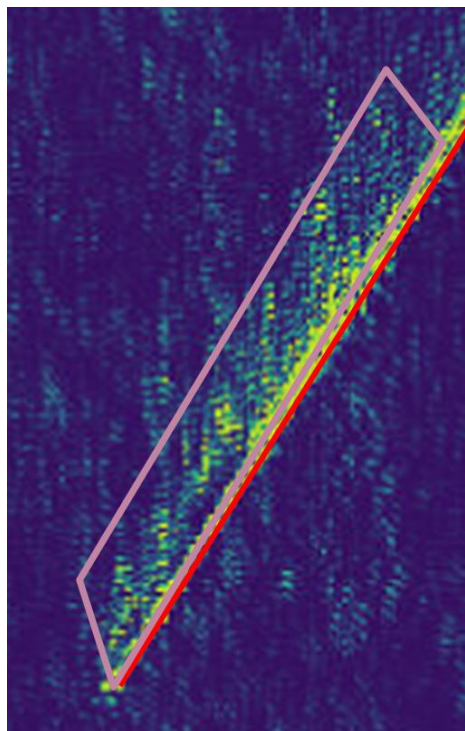
Figuur 30: Leg 10

Bron: Nemo Link

Figuur 30 toont de spectrogram en AIS-kaart van leg 10. In het rode kader kan men een detectie zien. De geelgroene lijn is duidelijk zichtbaar en volgt het patroon dat we voorspeld hebben in de hypothese. Dit is een geslaagde detectie. Als we de figuur verder interpreteren zien we dat het testschip vanaf exact 21,82km zichtbaar is. Op dat moment was het schip nog niet recht bovenop de kabel. Als men inzoomt op de AIS-kaart ziet men dat het schip zich nog ten zuiden bevond van de kabel toen het begon aan leg 10. Dit toont aan dat een DAS-systeem de mogelijkheid heeft om schepen bovenop de kabel te detecteren maar ook in de regio van de kabel. Tijdens het versnellen is er een lichte verbreding zichtbaar. Dit is geen spectaculaire verandering en het lijkt erop dat het in het midden van de detectie, het breedst is. Dit kan betekenen dat het schip gedurende de eerste helft sneller versnelde dan tijdens de tweede helft. Met andere woorden, de versnelling van het schip staat los van de snelheid, voor de kracht van de detectie.

Dit is niet bewezen, maar enkel een hypothese om te verklaren waarom de lijn niet evenredig dikker wordt zoals eerst verwacht was. Om dit te bewijzen moeten er verdere testen, specifiek hierop, worden uitgevoerd.

Indien we kijken naar het verval van de detectielijn over de tijd, zien we een schaduw. In figuur 31 (vergroot van figuur 30), is dit aangeduid. Boven de detectielijn (aangeduid met de rode pijl) kan men een zone zien (aangeduid door de paarse omranding). In die zone blijven we een verhoging zien van het schip dat gepasseerd is. Dit fenomeen is nog nergens elders beschreven. In hoofdstuk 4.9.1 speculeert hier verder over.



Figuur 31: Schaduw na detectie

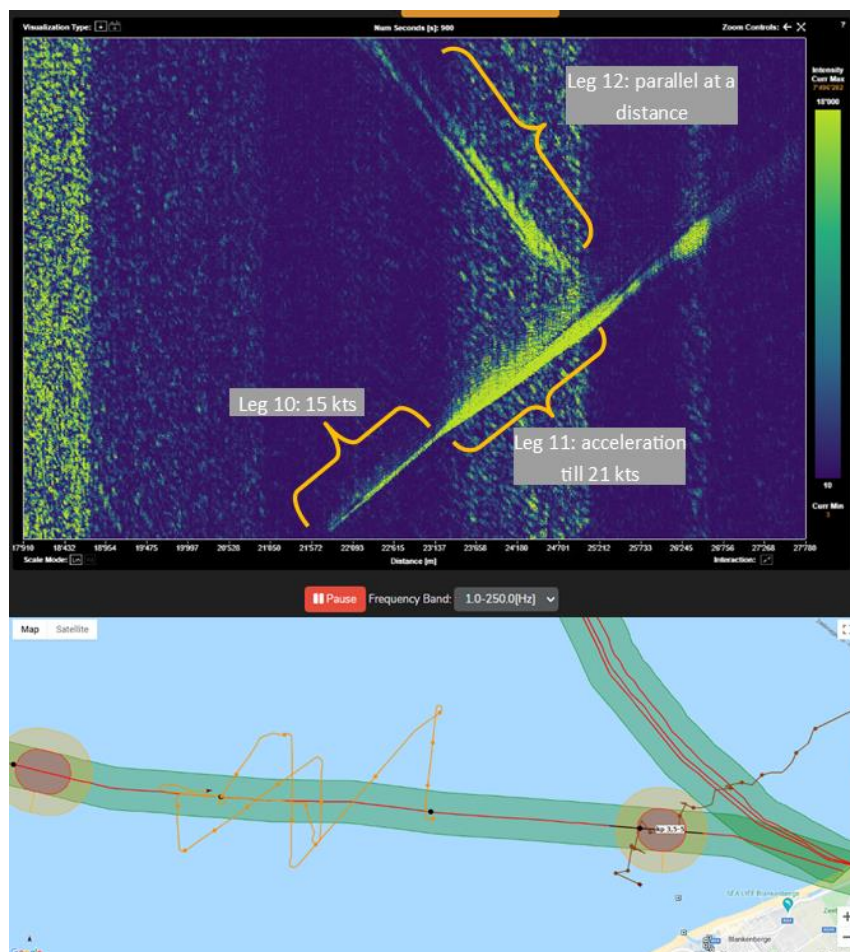
Bron: Bewerkt van Nemo Link

4.6.9 Leg 11&12

In het vorige hoofdstuk, is er vermeld dat leg 10 de laatste was van de test. Oorspronkelijk was het de bedoeling om hierbij af te ronden en was het testschip vrij om te beschikken. Uit eigen initiatief en bij het horen van een positieve detectie gedurende de laatste leg werd er echter vanuit de CPV BNS Castor gevraagd of het voor ons interessant was dat ze bleven varen over de kabel maar tot hun maximale snelheid. Op deze vraag werd er gretig “ja” geantwoord. Hierdoor werden er twee extra legs aan de track toegevoegd.

Leg 11 ligt in het verlengde van leg 10. Het schip bleef versnellen terwijl het over de kabel bleef varen. Dit tot een maximum van 21kts. Dan ging het schip via het noorden 180° draaien en op een kleine afstand (circa 100-300m) ten noorden van de kabel, parallel varen. Dit is leg 12, ook tijdens deze leg, bleef het schip op een snel tempo (+/- 20kts) varen.

Hypothese: hoge snelheid betekent een verbreding van de detectielijn. Deze detectielijn zou in het verlengde moeten liggen van de detectielijn tijdens leg 10. Tijdens de draai vertraagt het schip én neemt het meer afstand van de kabel. Hierdoor kan er een verminderde zone van detectie optreden en/of kan dit verdwijnen onder de schaduw van de detectielijn (zie hoofdstuk 4.9.1). Na de draai is het mogelijk dat het testschip blijft voldoende geluid maken om gedetecteerd te worden door DAS, maar ik vermoed dat dit minder goed zichtbaar zal zijn of een minder duidelijke lijn zal vormen dan als het schip er recht over vaart. De oriëntatie van leg 12 zal ook van rechtsonder naar linksboven zijn, sinds het testschip 180° heeft gedraaid.



Figuur 32: Leg 11 & 12

Figuur 32 toont een drukke spectrogram en AIS-kaart van de laatste drie legs. Hier zien we duidelijk de verbreding van detectie bij hogere snelheden. De lijn wordt heel duidelijk zichtbaar, ook in zones met verhoogde akoestieke waarden. Door de versnelling zien we ook een lichte verandering in de oriëntatie van de lijn. Deze wordt licht horizontaler. Dit is logisch te verklaren aangezien er bij een hogere snelheid meer afstand wordt afgelegd in dezelfde tijdsperiode. Het schip draait 180° rond 16,5km van de offshore kabel dus 25.4km volgens de DAS schaal. Echter, op het spectrogram, lijkt de detectie van het schip door te gaan tot 26.5km, een volledige km verder dus. Hiervoor is er geen verklaring, enkel een paar hypothesen die in hoofdstuk 4.9 verder worden besproken. Na de draai is het schip vertraagd en verder van de kabel verwijderd. Toch zien we leg 12 op de DAS nadat ze terug iets dichterbij zijn gekomen bij de kabel. Nu echter niet met een duidelijke lijn maar met een ruig en breed gebied. Dit kan het effect zijn van een schip dat dichtbij de kabel passeert maar er niet over gaat. Het blijft wel een duidelijke detectie van een schip dat niet over de kabel kruist.

4.7 Analyse door Marlinks

Een tijd na de test, werd Marlinks gevraagd een post-analyse te doen op de ruwe DAS-data. Dit bedrijf, gespecialiseerd in data-analyse van dergelijke systemen werd gevraagd een meer diepgaande analyse uit te voeren. Dit om te zien of ze op basis van hun expertise met dezelfde dataset, meer inzichten kunnen halen. En dit bleek te lonen. Naast de detectie van leg 11 & 12, werd leg 5 gedetecteerd. Tijdens deze leg voer het schip 8-9kts. Dit is een relatieve lage snelheid.

Het spectrogram hiervan is momenteel niet geopenbaard door Marlinks. Onder een Non Disclosure Agreement is het mogelijk voor de jury om deze spectrogram te zien.

Er zijn twee spectrogrammen van lage snelheid. De eerste is het fragment zonder specifieke filtering, hierop is weinig te zien als men niet weet waar exact te kijken.

Op het tweede spectrogram, is er filtering toegepast. Hierdoor worden signalen die niets met het schip te maken hebben zoals ruis, weggewerkt. Nu wordt de detectie van het schip wel duidelijk zichtbaar. Dit voorbeeld toont aan hoe belangrijk verwerkingssoftware en data-analyse kan zijn, bovenop het DAS-systeem van een hardware leverancier. Als deze data-analyse software, specifiek gericht is op het zoeken van patronen zoals schipdetectie, zullen er vanzelfsprekend ook meer schepen gedetecteerd worden.

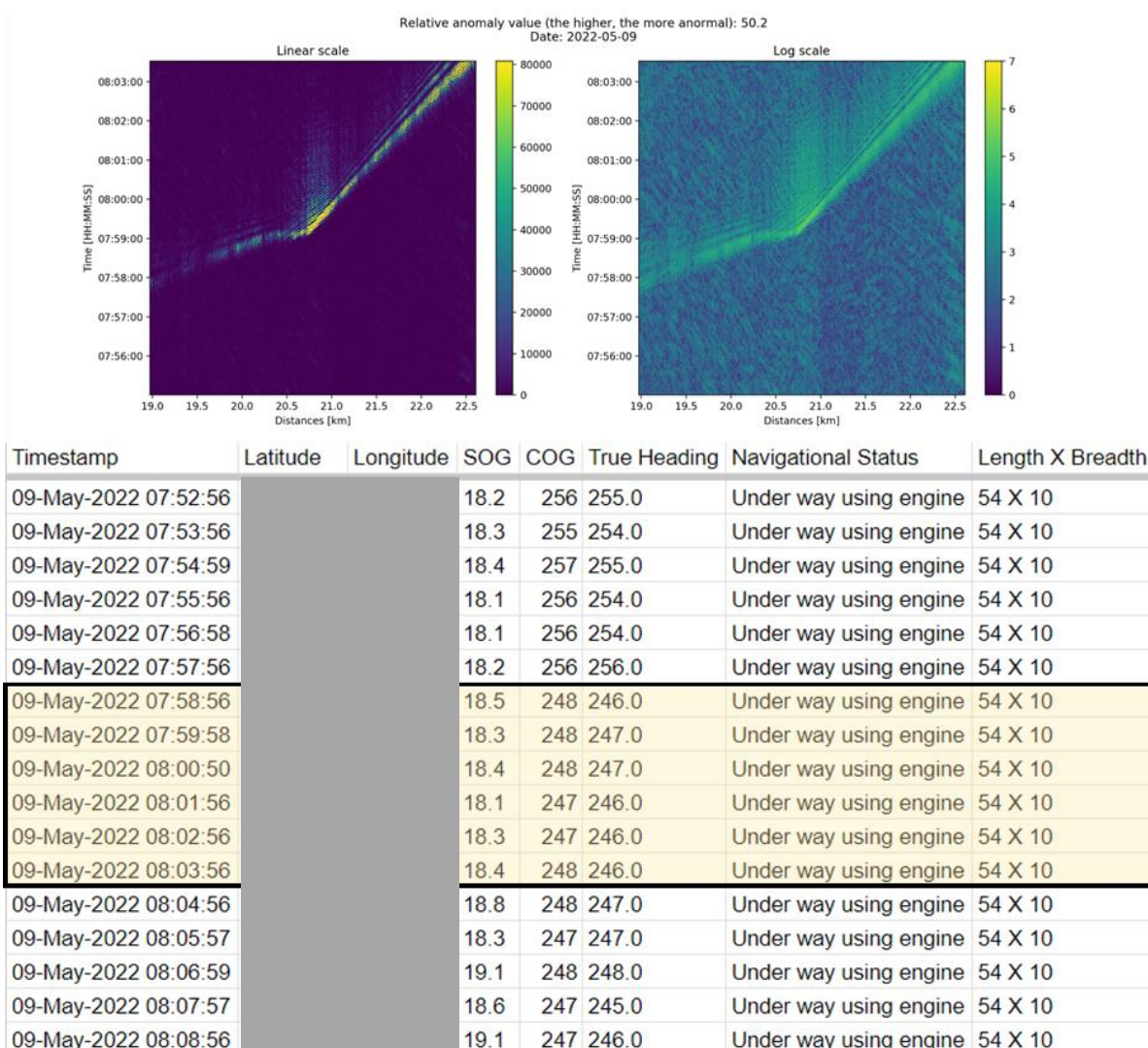
Aan deze extra software en data-analyse hangt natuurlijk ook een prijskaartje. Maar indien Marlinks kan aantonen dat hun systeem en expertise weldegelijk voor meer detecties zorgt en betrouwbaarder is dan het basissysteem, kan dit de investering zeker goed praten.

4.8 Waardevolle detectie 09 mei

De fieldtest was een goede inleiding in het interpreteren van detecties van schepen via DAS, maar door de weinige detecties en het ontbreken van ruwe data is het moeilijk om verdere analyse mee te doen. Gelukkig werd er een korte tijd later een waardevolle detectie gedaan.

4.8.1 Detectie BNS Castor 09 mei

Kort na de fieldtest, kreeg ik een mail van Dhr. Krisztian Jani over een nieuwe detectie van de BNS Castor wanneer deze op 09 mei 2023 toevallig over de kabel passeerde. Met de spectrogram en de AIS-data kan er weer een reflectie gedaan worden.



Figuur 33: Detectie BNS Castor 09 mei

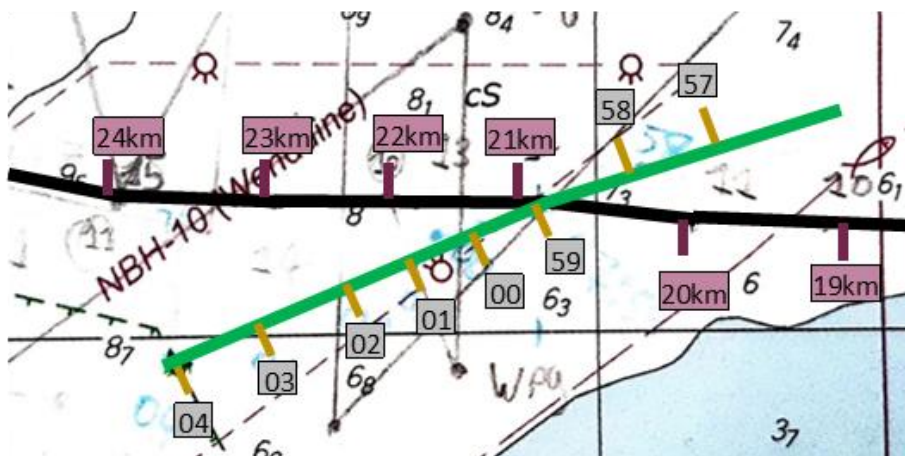
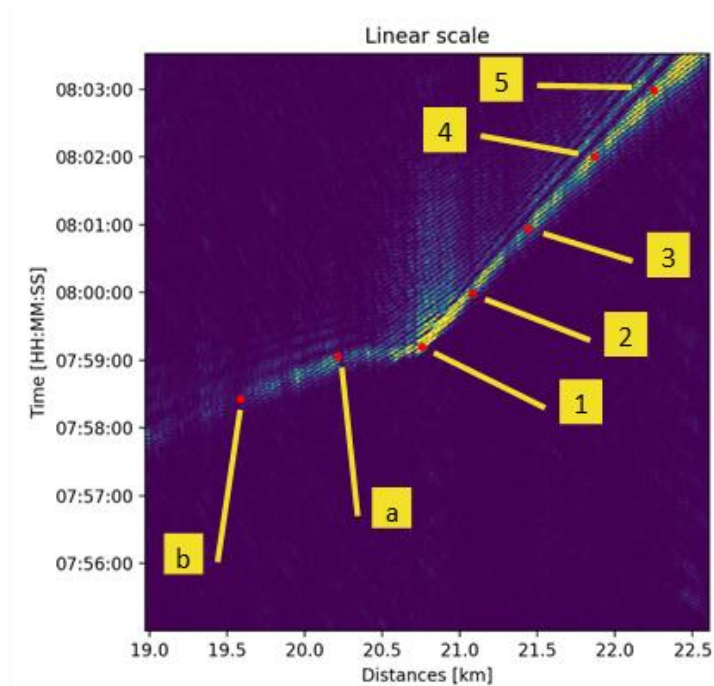
Bron: Bewerkt van Nemo Link

De kruising werd gedaan aan 20,8km. In het gebied van de fieldtest dus. Het schip ging aan relatief hoge snelheid (18-19kts) over de kabel met een hoek van ongeveer 20-30°. In dit beeld is de kleurenschaal goed aangepast, wat een heel duidelijk beeld geeft over wat er gedetecteerd wordt.

We zien dat wanneer het schip recht over de kabel vaart, om 07:59, de detectie heel duidelijk is. Ook zien we op exact hetzelfde tijdstip tot bijna een kilometer meer naar het oosten (negatieve x-as zin) nog detectie. We zien ditzelfde fenomeen niet in de westelijke richting.

We starten dus met het zien van het schip op het moment dat het over de kabel vaart. Hierna blijven we het schip echter nog lang zien. Nog voor 1.5km en 4min blijven we duidelijke detecties zien. Dan is et schip is echter al de kabel overgevaaren en zich weer aan het verwijderen.

Deze twee 'vreemde' gegevens nodigen uit om het traject op kaart uitgezet (figuur 34) zodat er beter te begrepen kan worden wat er zich afspeelt. De analyse gebeurt in het volgend hoofdstuk.



Figuur 34: Analyse kruising BNS Castor 09 mei

Bron: Bewerkt van Nemo Link & Eigen werk

4.8.2 Analyse kruising 09 mei

Om de analyse gemakkelijker te maken zijn in figuur 34 verschillende dingen benoemd of overtrokken. Beginnend met de kaart, zien we de Nemo Link die overtrokken is in het zwart. In het paars zijn de afstanden ten opzichte van het DAS-systeem in Herdersbrug aangeduid. Hier zit de onshorekabel er dus ook al bij, dit betekent dat de afstanden overeenkomen met deze op het spectrogram. Het traject van de BNS Castor is overtrokken in het groen, met in het grijs aangeduid de minuten waar het schip zich bevond. Dit van 07u57 tot 08u04, een periode van zeven minuten. Op het spectrogram zijn er ook punten benoemd. Naar deze punten zal verwezen worden gedurende de analyse.

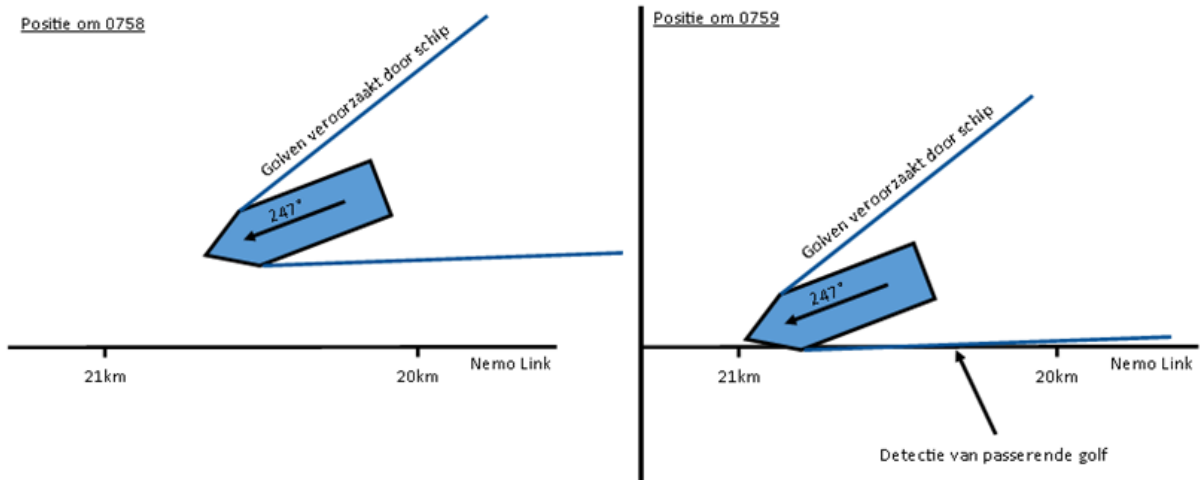
Op punt (1) wordt de kabel gekruist. Dit punt is duidelijk het punt met de hoogst gemeten waarde. Daarentegen is er geen aanloop tot dit punt. Er is in het verlengde van de detectie richting linksonder geen aanlooptdetectie. We zien een horizontale schijn van een detectie (a) maar dit is pas gedetecteerd wanneer het schip zich al over de kabel bevond.

Punten (a) en (b) zijn dus gedetecteerd op het moment dat het schip zich al over de kabel bevond op 20,8km. Dit is niet volgens de verwachting dat er een recht lineair verband is tussen de aanloop en de uitloop van de detectie (puntenlijn 1-5). Een verklaring voor dit fenomeen kan te maken hebben met de snelheid van geluid/druk doorheen de watermassa. Het geluid dat het schip maakt op zijn positie 07u58, moet zich nog verplaatsen in de richting van de kabel vooraleer het gedetecteerd kan worden. Deze positie is ongeveer 300m ten noorden van de kabel. De geluidssnelheid door zeewater is gemiddeld 1500m/s, terwijl dit in de lucht ongeveer 300m/s is (Elisabeth, 2012). Dit zou betekenen dat het geluid en druk 200ms zou nodig hebben om de kabel te bereiken. Dit kan dus niet de verklaring zijn waardoor er een vertraagde detectie zou zijn.

Een andere verklaring zou zijn dat door de detectie om 0759 er foute detecties worden gedaan in het gebied voor deze kabel. Dit zou een grote beperking in de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van DAS-detecties leiden. Door naar punt (b) te kijken, kunnen we echter ook deze verklaring verwerpen. Hier zien we vage detecties in hetzelfde spoor als de horizontale detectielijn waarin punt (a) zich bevindt. Nu is het wel duidelijk dat de lijn naar beneden beweegt. Dit betekent dat deze eerder is gedetecteerd dan de kruising. De detectielijn waarin (a) en (b) zich bevinden, kan dus geen gevolg zijn van de detectie bij de kruising want deze is nog niet gebeurd.

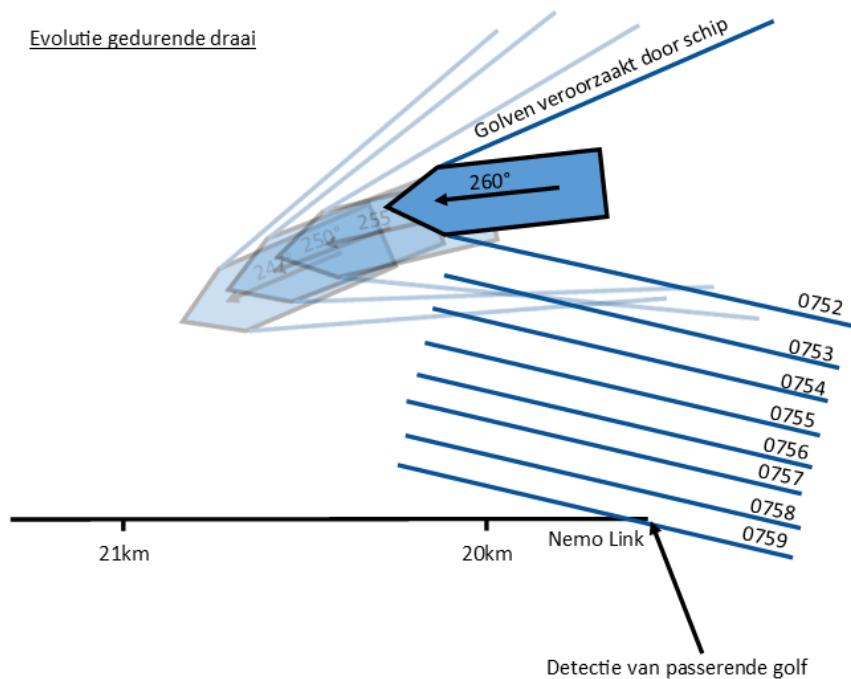
Een laatste verklaring waar men kan aan denken is dat men niet het geluid/druk meten van het schip maar de turbulentie van de golven die gegenereerd worden door de waterverplaatsing van het schip. Deze bewegen zich ongeveer voort met de snelheid van het schip. Dit zou een verklaring zijn waarom we deze pas detecteren wanneer het schip al aan de kabel is aangekomen (figuur 35). Dit zou ook een verklaring kunnen zijn voor de detectie bij punt (a). Als we daarentegen naar punt (b) kijken zien we een daling. Dit kan dus niet direct verklaard worden met het vorig argument, tenzij er een koersverandering is gebeurd richting het zuiden. En dat was inderdaad zo.

Tussen 0746 en 0753 gebeurt er een koersverandering van 10° richting het zuiden. Dit zorgt voor een andere propagatierichting van de golven die door het schip veroorzaakt zijn. Aangezien dit moeilijk uit te leggen is, werd dit gevisualiseerd in figuur 36. Of dit effectief zo is, moet verder getest worden.



Figuur 35: Verklaring vertraagde detectie (a)

Bron: Eigen werk



Figuur 36: Verklaring detectie na draai

Bron: Eigen werk

De detectie zelf is nu geanalyseerd samen met de evenementen die voorafgaand gebeuren. Nu kijken we verder naar de evenementen na de kruising, na 07u59. Hier zien we een duidelijke recht lineaire trendlijn die richting rechtsboven gaat. Men ziet de evolutie dat de detectie onnauwkeuriger wordt naarmate het schip zich terug verwijderd van de kabel. De detectielijn wordt breder en vager. Wel blijft het systeem tot 0803 een duidelijke detectie weergeven. Om 0803 is het schip al 1100m verwijderd van deze kabel. Dit maakt het vreemd dat het schip niet op deze manier gedetecteerd werd bij de aanloop. Deze metingen zijn veel heviger dan deze gemeten door de vermoedelijke golven. Dit wijst erop dat er iets anders is dat het DAS-systeem detecteert. Er treden hier ook geen of weinig vertraagde detecties op en de detectielijn vlakt ook niet af naarmate de tijd vordert wat wijst op geen effect op vertraging door afstand.

4.9 Onverklaarde ondervinden van de test

4.9.1 Schaduw na detectie

In figuur 31 is er een vreemde schaduw te zien na de detectielijn. Ik heb hiervoor een verklaring opgezocht bij de verschillende leveranciers van DAS-systemen maar niets over terug gevonden. Daarom is er in deze thesis, met enkele eigen verklaringen en vermoedens, neer geschreven hoe dit kan komen.

Verklaring 1 heeft terug te maken met de golven die veroorzaakt zijn door het schip. Nadat het schip gekruist is, passeren er nog golven over de kabel. Deze veroorzaken turbulentie in het zeewater en dit maakt geluid. Of dit geluid sterk genoeg is om gedetecteerd te worden door een DAS-systeem is nog niet duidelijk. Indien dit kan, is dat een mogelijke verklaring voor dit fenomeen.

Verklaring 2 is dat verstoringen van het lasersignaal een korte tijd in de kabel blijven. We moeten de “hoge” waarden, te zien op het spectrogram, zien als verstoringen van de normale terugverstrooiing van de laserpuls. Indien deze storingen langer in de kabel blijven (terwijl de akoestische waarden van het schip zich al verwijderd hebben) kan dit zichtbaar blijven op het spectrogram.

Verklaring 3 is dat het schip langer hoorbaar bleef eenmaal het de kabel gekruist heeft. Uit het spectrogram halen we dat het schip voor de kruising niet detecteerbaar was, maar door de aanwezigheid van de schaduw, kunnen we veronderstellen dat het erna wel hoorbaar bleef. Een onmiddellijke verklaring over de logica hierachter is er niet. Er zijn verdere testen/onderzoek nodig.

4.10 Reflectie van de test

4.10.1 Fouten die gemaakt zijn

In de voorbereiding en gedurende de test zijn enkele fouten gemaakt. In dit hoofdstuk worden deze opgelijst, zodat er rekening mee kan gehouden worden bij volgende testen.

- Stromingen anticiperen: In de spectrogrammen zien we veel ruis. Veel zones waar het moeilijk is iets uit te halen aangezien er veel banden zijn met hoge waarden. Dit kan mogelijks veroorzaakt geweest zijn door de stroming die sediment laat verplaatsen op de bodem. Bij toekomstige testen kan hier rekening mee gehouden worden.
- Correct noteren van tijdstippen en coördinaten van kruising kabel: Om gegevensanalyse en reflectie gemakkelijker te maken konden er exacte tijdstippen en coördinaten genoteerd worden wanneer het testschip de kabel kruiste. Dit is echter moeilijker te realiseren dan vooraf gedacht. Door de vertraging van AIS data, GPS gegevens en de vertraging door communicatie met VHF, zullen exacte tijdstippen van kruisingen met de kabel moeilijk te noteren zijn. Daarentegen kon dit beter opgevolgd worden. Dit zou het zoeken achter mogelijke detecties achteraf gemakkelijker gemaakt hebben.
- Het vooraf berekenen van de exacte afstand ten opzichte van het DAS-systeem waar het schip kruist: De afstanden werden berekend op de offshorekabel waar het schip de kabel kruiste. Daarentegen is het niet realistisch dat het schip exact op track zit. Hier zit telkens wat marge op. Ook waren de afstanden niet ten opzichte van de totale glasvezel maar ten opzichte van de offshorekabel. Hierdoor moest er telkens nog de onshorekabel bij opgeteld worden, gedurende het monitoren van de test, wat opnieuw een korte maar kostbare tijd innam.

4.10.2 Fouten op het spectrogram

- Correct instellen/testen van de schaal: Vermoedelijk zijn er veel detecties verloren gegaan door een spectrogram die niet correct ingesteld was. Dit was echter de eerste keer dat deze gebruikt werd, dus er was nog geen maatstaaf om te weten wat een goede schaal was. Voor toekomstige testen moet hier verder naar gekeken worden, eventueel met een kalibratie test waar het testschip enkele keren over de

kabel vaart. In die tijd kan gezocht worden naar de beste instellingen voor het spectrogram.

- Een groot nadeel bij de analyse van de test is dat er geen tijdsaanduiding was op het spectrogram. De y-as was niet ingedeeld. Dit maakt het zoeken naar detecties moeizaam aangezien er geen weet is waar de BNS Castor de kabel exact heeft overschreden. Hierdoor was ook de detectie van 9 mei (hoofdstuk 4.8) interessanter.

4.11 Toekomsttesten

Om een goed idee te krijgen van de mogelijkheden met DAS-systemen is het belangrijk om te blijven testen. Deze fieldtest kunnen we zien als de standaardtest, een schip vaart over de kabel met een bepaalde koers en snelheid en DAS detecteert het. Het voordeel met deze standaardtest is dat het schip hier niet actief aan mee moet doen. Elk schip dat over een kabel passeert waarop een DAS-systeem op aangesloten is, kan deel uitmaken van een test. Dit wilt concreet zeggen dat we door het bekijken van DAS-gegevens en deze te vergelijken met AIS-data, elk schip kunnen gebruiken als testonderwerp.

Als we verder denken aan de toekomst van DAS-systemen en in het bijzonder aan de verwerkingssystemen van de data, kunnen we denken aan een algoritmisch systeem voor herkenning van schepen en met deze testen, kan het mogelijk zijn om automatisch aan smartlearning te doen.

Naast de standaard test kunnen er specifieke testen uitgevoerd worden. Deze testen zijn verschillend van de gewone testen op detectie na een kruising van een schip. Hieronder zijn er enkele verdere testen verder uitgeschreven, waarom ze waardevol zijn en hoe ze uit te voeren zijn.

4.11.1 Testen met UAV

Zoals vermeld in hoofdstuk 3.2, spionage en sabotage praktijken zijn een risico bij offshore installaties. Deze praktijken kunnen uitgevoerd worden door schepen maar ook door onderwater UAV's (Unmanned Autonomous Vehicles). Deze kleine voertuigen kunnen allerlei functies realiseren zoals het nemen van echografieën van de zeebodem tot het manipuleren van onderwaterstructuren zoals kabels en pijpleidingen. Beide zaken kunnen een groot risico vormen voor de kritieke infrastructuur. Indien we ze passief, via hetgeen waartoe ze een dreiging vormen, kunnen detecteren is dit een groot pluspunt. Enkele zaken om mee rekening te houden als we brainstormen over de mogelijkheid van detectie:

- Ze navigeren dicht bij de zeebodem. Hierdoor zijn ze ook dicht bij de kabel. Dit zou theoretisch de detectie gemakkelijker moeten maken.
- Daarentegen zijn ze stiller, minder groot en zorgen ze voor een minieme waterverplaatsing ten opzichte van een schip. Dit zou detectie dan weer bemoeilijken.

Het is zeker waardevol om te testen of detectie mogelijk is van dergelijke voertuigen. Persoonlijk sta ik er sceptisch over maar ik sluit het niet uit. Veel zal afhangen van het type voertuig en of het om zich voor te bewegen aan bodemanipulatie doet (verder vermeld in 4.11.3)

4.11.2 Testen door zelfde schip met verschillende types propulsie

Hoeveel effect heeft de machinekamer en het geluid dat het schip genereert op de detectie door DAS? Dit kan getest worden. Hiervoor zijn er twee schepen met ongeveer gelijke waterverplaatsing/vorm nodig, elk met een ander propulsiesysteem, die aan dezelfde snelheid kunnen navigeren. De schepen doen een vooraf vastgelegde track om de beurt. Achteraf kunnen we zien naar de verkregen DAS-gegevens en zien waar er verschillen zitten. Dit kan interessant zijn om te zien of het geluid, dat het schip zelf genereert, uitmaakt voor detectie via DAS-systemen.

Deze test kan gedaan worden door twee types marineschepen. De CPV's van de marine hebben een propulsiesysteem op diesel die op kan aangesloten worden op een of twee schroeven. Als tweede type schip hebben we de mijnbestrijdingsvaartuigen. Dit type schip heeft naast zijn hoofdpropulsiesysteem op diesel ook een systeem op elektriciteit. Deze schepen zijn namelijk logischerwijs uitgerust voor mijnbestrijding. Mijnen kunnen op veel manieren ontstoken worden en een manier daarvan is akoestisch. Deze schepen zijn dus uitgerust om de mogelijkheid te geven om zo weinig mogelijk geluid te maken. Hiervoor zijn er enkele aanpassingen nodig.

Ten eerste hebben ze de mogelijkheid om over te gaan vanuit hoofdpropulsie op diesel, naar E-vaart. Deze propulsiemethode werkt door twee elektrische motoren die op het roer zijn aangesloten te laten draaien met elk hun eigen schroef. Naast veel manoeuvreerbaarheid biedt dit een veel stillere manier om een mijneveld te betreden. Deze motoren hebben veel minder kracht en zijn ook een groot pak stiller. Om deze motoren te gebruiken is er wel elektriciteit nodig. Daarmee komen we aan de tweede aanpassing die deze schepen hebben. Namelijk zijn de mijnbestrijdingsvaartuigen uitgerust op drie generatoren. Deze bevinden zich niet allemaal in de machinekamer onderaan het schip zoals meestal het geval is. Twee ervan bevinden zich in een aparte machinekamer,

boven de waterlijn. De ander bevindt zich zoals normale schepen onderaan het schip. Om E-vaart te varen en voldoende stroomcapaciteit te hebben om het schip te laten functioneren zijn er twee generators in werking nodig. Indien het nodig is om stil te navigeren, worden de twee generators die zich boven de waterlijn bevinden gebruikt. Dit veroorzaakt veel minder vibraties die zich onder water doorzetten wat het voor deze schepen veiliger maakt om een gebied met vermoedelijke mijnen te betreden.

Deze schepen hebben ongeveer hetzelfde displacement en grootte als de CPV's. De maximale snelheid te behalen wanneer een mijnbestrijdingsvaartuig op E-vaart navigeert is 6kts, wat overeenkomt met de minimumsnelheid dat een CPV op zee kan varen. Dit maakt het dus mogelijk om deze test uit te voeren en het effect door het verschil in propulsie te zien zonder te veel andere parameters die verschillen.

4.11.3 Testen op bodemmanipulatie

Kritieke infrastructuur op zee zoals kabels zijn vaak begraven. Dit om de kabel te beschermen tegen slepende ankers, vistuig, etc. Dit zijn allemaal vormen van bodemmanipulatie. Nog een vorm hiervan kan opzettelijke slechte doeleinden hebben. Ook bij het graven naar een kabel door een ROV/UAV of het leggen van een mijn op de kabel, treedt er bodemmanipulatie op. Nu komt de vraag: kan dit gedetecteerd worden door een DAS-systeem?

Dit zal afhangen van de graad waarin er gemanipuleerd wordt. Rockdumping is al bevestigd op detectie, samen met slepende ankers. Nu is de vraag of kleinere zaken zoals vistuig of lichte bodemmanipulatie detecteerbaar zijn. Dit testen kan op veel manieren. Deze gaan van gemakkelijk te realiseren naar heel specifiek. Een manier om gemakkelijk bodemmanipulatie te testen op zee, is door een lange (zware) ketting te slepen vanaf een platform. De ketting zal zorgen voor bodemmanipulatie door een groef te vormen in het zand op de zeebodem boven de kabel.

Voor testen op ROV's zal er een bedrijf moeten gevonden worden die een ROV heeft en die wilt inzetten op soortgelijke test. Dit bedrijf zal hiervoor een strategisch nut moeten hebben of economische compensatie moeten krijgen. Dit is moeilijker te realiseren maar daarom niet minder waardevol. Indien er voldoende interesse is naar specifieke testen, is dit zeker mogelijk.

4.11.4 Testen detectieafstand van de kabel weg (parallel dichterblijven)

Vanaf welke afstand is een schip detecteerbaar? En hoeveel hangt dit af van de snelheid? Dit zou ik met mijn fieldtest ook testen, maar achteraf gezien is de trackvoorbereiding hier niet op aangepast. Om de minimumafstand te testen moet de kabel heel langzaam genaderd worden. Dit om duidelijk de evolutie te kunnen zien van geen detectie naar een duidelijke detectie. Het probleem hiermee is dat de kabel dan ook relatief gelijk moet liggen. De zeebodemdiepte mag niet te veel veranderen gedurende de test en de begravingdiepte moet gelijk blijven. Dit om geen effect te zien door andere parameters.

In een ideaal scenario, wordt dit getest op verschillende plaatsen, met verschillende dieptes. Zo kan men het effect zien op de diepte van de zeebodem en de detectieafstand. Vermoedelijk vermindert de detectieafstand hoe dieper de kabel gelokaliseerd is maar wat is de exacte verhouding?

4.11.5 Effect van stroming/meteo op een DAS-systeem

Voor deze test is er geen schip nodig. Zoals vermeld in hoofdstuk 4.10.1, is er een mogelijke piste dat de banden met ruis en hoge waarden op de spectrogrammen zichtbaar van de test, veroorzaakt zijn door het verplaatsen van sediment op de zeebodem door stroming. Dit is gemakkelijk te testen. Dit kan gedaan worden door spectrogrammen te vergelijken van dezelfde locatie maar met telkens andere stromingen. Indien we grote verschillen zien, is er een verband tussen stroming en het beeld op een spectrogram. Hier kan dan ook rekening mee gehouden worden dat er momenten zijn waar detectie via DAS moeizamer gaat dan op andere momenten. Ook de plaats en het type sediment kan hierin een rol spelen, dit is gemakkelijk te testen. Er is geen schip of derde partij voor nodig. Een berekening van de stromingen en op het juiste moment schermafbeeldingen maken volstaat om deze test uit te voeren.

Naast stromingen kan het weer mogelijk een DAS-systeem negatief beïnvloeden. Opnieuw zoals bij stromingen is dit gemakkelijk om te testen. Het nemen van schermafbeeldingen bij verschillende weertypes (kalm, winderig, storm, neerslag) maar ook bij verschillende zeegangen (schaal van 0-9) kan interessant zijn om het effect van de meteo en golven te zien.

5 Toekomstontwikkelingen

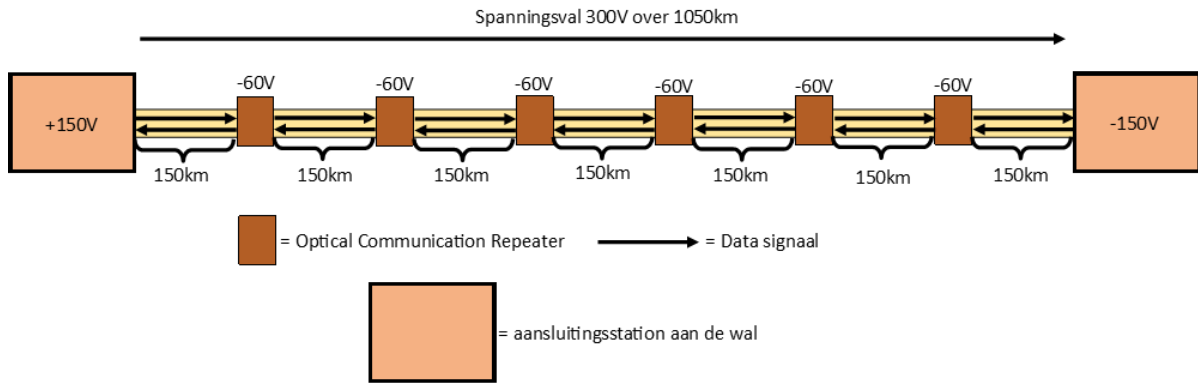
5.1 Verlengen van bereik via optical communication repeaters

Het huidige bereik van DAS-systemen reikt tot ongeveer 150km (anno 2023). Dit is te weinig om op lange kabels zoals trans-Atlantische communicatielijnen uit te rusten. Deze kabels zijn echter de meest kwetsbare sinds deze op grote diepte niet begraven zijn en dus gemakkelijk beschadigd kunnen worden. Voor deze kabels zou een DAS-systeem een goede manier zijn om exact te weten waar er een fout of eventueel een abnormale detectie gebeurt.

Communicatiekabels via glasvezel werken echter ook met een principe gebaseerd op de totale interne reflectie. Zoals bij een DAS-systeem, treedt er absorptie op. Het signaal dat deze kabels gebruiken om data over te brengen zal dus ook niet verder geraken dan circa 200km. Om de volledige afstand te overleggen wordt er gebruik gemaakt van optical communication repeaters (optische communicatie versterkers). In deze repeaters wordt het signaal opgenomen, versterkt en terug uitgestuurd.

Optical communication repeaters zijn actieve systemen. Ze hebben dus stroom nodig om signaal te kunnen versterken. De stroom wordt geleverd via de mantel van de kabel. Er is dus geen nood aan aparte stroomkabels om de repeaters te voorzien van stroom. Dit heeft enkele voordelen. De kabel blijft simpeler aangezien er geen stroomkabels voorzien moeten worden en er is geen behoefte aan hoogspanning. Hoogspanning zou nodig zijn aangezien er verlies optreedt bij het verplaatsen van stroom via kabels. Om dit verlies te beperken moet er hoogspanning gebruikt worden. Dit zorgt opnieuw voor een ingewikkeld systeem.

Stroom wordt dus voorzien door de mantel. Dit door spanning op de mantel te zetten. Aan één zijde wordt een positieve pool gezet, de andere zijde een negatieve. Door een groot spanningsval op de mantel te zetten, kunnen de verschillende repeaters van stroom voorzien worden.



Figuur 37: Hypothetische voorstelling optical communication repeaters

Bron: eigen werk

In figuur 37 zijn optical communication repeaters op communicatiekabels gevisualiseerd. Er zijn hier hypothetische waarden gebruikt om een simpele voorstelling te maken.

Indien het mogelijk is om de lichtpuls van een DAS-systeem te versterken via deze repeaters is het mogelijk om het bereik van DAS-detectie te vergroten. De repeaters zullen dan de lichtpuls versterken in het heengaan, maar ook de terug verstrooiing versterken in het terugkeren. Door deze repeaters kan het bereik van DAS-detectie even groot worden als dat van glasvezelkabels. Met andere woorden zou het mogelijk zijn om over de gehele oversteek van de Atlantische of Stille Oceaan DAS-detectie rond en boven de kabel te garanderen. Of het mogelijk is om DAS-signalen te versterken via deze repeaters is nog niet onderzocht maar waarschijnlijk wel mogelijk (De Baere & Vanthillo, 2023).

Belangrijk detail is dat deze repeaters enkel aangesloten zijn op communicatiekabels. Dus niet op stroomkabels. Hierdoor is het bereik vergroten van DAS-detectie via repeaters enkel mogelijk is op communicatiekabels, niet op stroomkabels/interconnectors.

6 Besluit

In deze thesis werd onderzocht of scheepsdetectie mogelijk is door middel van DAS-systemen uitgerust op onderzeese kabels. Na een uitgebreid onderzoek en fieldtest is dit als mogelijk verklaard. Het is mogelijk om de BNS Castor te detecteren bij zowel lage als hoge snelheden. Voor een volledige veralgemenen naar alle types schepen, moet er nog verder onderzoek uitgevoerd worden. Dit is zeker mogelijk zonder dat deze schepen actief meedoen aan dit onderzoek. Door het verzamelen en bekijken van DAS-gegevens en deze te vergelijken met AIS-data, kan er een database gemaakt worden van de verschillende soorten detecties. Dit kan een algoritmische software helpen zelf schepen te detecteren uit de DAS-gegevens.

Er zijn gedurende de test wel enkele knelpunten ontdekt. Door het verkeerd instellen van een spectrogram en het niet correct noteren van tijdstippen, is handmatig zoeken naar schepen met een lage tot gemiddelde snelheid moeilijk.

In de toekomst wil ik verdergaan met nieuwe testen van het DAS-systeem, om de exacte mogelijkheden en limitaties te kunnen bekijken en neer te schrijven. Kunnen we UAV's of bodemverstoring meten? Hoe spelen snelheid, koers, versnelling, propulsiemethode en afstand tot de kabel een rol bij detectie? Dit zijn allemaal vragen waar er nog geen antwoord op is door de fieldtest. Hiervoor moeten verdere en specifiekere testen worden uitgevoerd. Enkel dan zullen we een DAS-systeem uitgerust op onderzeese kabels goed begrijpen.

DAS-systemen zijn nog nieuw in de offshore-industrie. Toch gaan ze een boeiende toekomst tegemoet en zullen de applicaties waarvoor ze gebruikt kunnen worden enkel maar stijgen. Als het nu voor bescherming, beveiliging of andere redenen is, een DAS-systeem is de investering waard voor offshore assets.

Hoe DAS-systemen verder zullen evolueren is nog niet duidelijk. Er zijn enkele pistes waarbij het detectiebereik vergroot wordt zonder de nauwkeurigheid en gevoeligheid te verliezen. Misschien is het binnen enkele jaren mogelijk dat DAS-systemen op lange communicatiekabels kunnen worden aangesloten. Dit via de ingebouwde signal repeaters.

7 Bibliografie

AndyDRC. (2015, mei 4). *BNS CASTOR P901 - IMO 4701949*. Opgehaald van Ship Spotting:
<https://www.shipspotting.com/photos/2244069>

Astrid. (sd). *Communicatie voor veiligheid*. Opgehaald van Astrid:
<https://www.astrid.be/nl>

Bart, B. (2021, April 4). *Visser die onderzeese kabel kapot trok, ontsnapt voorlopig aan schadeclaim van 18 miljoen euro*. Opgehaald van PZC:
<https://www.pzc.nl/zeeuws-nieuws/visser-die-onderzeese-kabel-kapot-trok-ontsnapt-voorlopig-aan-schadeclaim-van-18-miljoen-euro~a088efb0/#:~:text=Marinetraffic%2FRia%20Maat-,Visser%20die%20onderzeese%20kabel%20kapot%20trok%2C%20ontsnapt%20voorlopig%20aan%2>

BBC. (sd). *Critical angle and total internal reflection - Higher*. Opgehaald van BBC: Critical angle and total internal reflection - Higher

Belgian Defence. (sd). Maritime Information Centre.

Belgische Overheid. (sd). Wet betreffende de beveiliging en de bescherming van de kritieke infrastructuur . *Belgisch Staatsblad*(art. 3 ; 6°).

Berrocal, Fernandez, C. G., Rempling, I. &, & Rasmus. (2020). Crack monitoring in reinforced concrete beams by distributed optical fiber sensors. *Structure and Infrastructure Engineering*.

Bhattacharjee, S. (2019, August 15). *What are Master's Standing and Night Orders?*
Opgehaald van Marine Insight:
<https://www.marineinsight.com/guidelines/masters-standing-and-night-orders/>

BOEM. (sd). *Protecting North Atlantic Right Whales During Offshore Wind Energy Development*. Opgehaald van Bureau of Ocean Energy Management:
<https://www.boem.gov/environment/protecting-north-atlantic-right-whales-during-offshore-wind-energy-development>

- BritNed. (sd). *Interconnector assets*. Opgehaald van BritNed:
<https://www.britned.com/knowledge-base/britned-basics/learn-more/>
- Bueger, C. (2023, April 20). *Russian 'spy ship' in North Sea raises concerns about the vulnerability of key maritime infrastructure*. Opgehaald van the conversation:
<https://theconversation.com/russian-spy-ship-in-north-sea-raises-concerns-about-the-vulnerability-of-key-maritime-infrastructure-204205>
- CEDILNIK, G., LEES, G., & SCHMIDT, P. E. (2019). *Ultra-Long Reach Fiber Distributed Acoustic Sensing for Power Cable Monitoring*. Opgehaald van AP Sensing:
https://www.apsensing.com/fileadmin/Publication%20Files/Cedilnik_et_al._-_2019-Jicable-Proceedings-E4-4-Ultralong-reach-DAS-.pdf
- Chambers, K. (sd). *What Is DAS And What Is It Measuring?* Opgehaald van Motion Signal Technologies: <https://motionsignaltechnologies.com/what-is-das-and-what-is-it-measuring/>
- Connolly, K. (2023, April 19). *Russian spy network operating in North Sea, investigation claims*. Opgehaald van The Guardian:
<https://www.theguardian.com/world/2023/apr/19/russian-spy-network-operating-in-north-sea-investigation-claims>
- David, C. (2021, June 9). *Growing findings of offshore cable damage hike pressure on protection*. Opgehaald van Reuters Events Renewables:
<https://www.reutersevents.com/renewables/wind/growing-findings-offshore-cable-damage-hike-pressure-protection>
- De Baere, L., & Vanthillo, R. (2023, mei 5). Rol van Marlinks en data-analyse in DAS-technologie. (I. Moerkerke, Interviewer)
- Discovery of Sound in the Sea. (2009). *North Atlantic Right Whale*. Opgehaald van dosits:
<https://dosits.org/galleries/audio-gallery/marine-mammals/baleen-whales/north-atlantic-right-whale/#:~:text=The%20most%20common%20call%20recorded,focal%20female%20in%20the%20group>

- Dutta, P. H. (2022, September 27). European Network of transmission System Operators for Gas (ENTSO-G). Danish and Swedish maritime authorities.
- Edwardsen, A. (2022, Oktober 7). *Russian Fishing Vessels Now Only Allowed Access to Three Northern Norwegian Ports – And Will Be Controlled at Each Docking*. Opgehaald van High North News: <https://www.highnorthnews.com/en/russian-fishing-vessels-now-only-allowed-access-three-northern-norwegian-ports-and-will-be#:~:text=The%20Norwegian%20government%20has%20decided%20that%20Russian%20fishing,these%2C%22%20says%20the%20Norwegian%20Minister%20o>
- Elia. (sd). *Onze missie*. Opgehaald van Elia: <https://www.elia.be/nl/bedrijf/onze-missie?csrt=3394581957682534696>
- Elisabeth. (2012, Augustus 31). *Onderwatergeluid*. Opgehaald van Coastalwiki: <http://www.coastalwiki.org/wiki/Onderwatergeluid>
- Europese Raad. (2023, April 14). *De EU-sancties tegen Rusland uitgelegd*. Opgehaald van Consilium.europa: <https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/sanctions/restrictive-measures-against-russia-over-ukraine/sanctions-against-russia-explained/#sanctions>
- FOD volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en leefmilieu. (2020, Mei 6). *Er beweegt wat op zee: nieuw marien ruimtelijk plan 2020-2026*. Opgehaald van Health Belgium: <https://www.health.belgium.be/nl/news/er-beweegt-wat-op-zee-nieuw-marien-ruimtelijk-plan-2020-2026>
- GET. (sd). *Kritieke infrastructuren*. Opgehaald van Get: <https://www.get.be/nl/sectoren/kritieke-infrastructuren/>
- IFA1. (sd). Opgehaald van IFA Interconnector : IFA Interconnector
- IFA2. (sd). *IFA2 Interconnector*. Opgehaald van <https://www.ifa1interconnector.com/>
- J.T.F., Z. (1978). Topographic generation of residual circulation by oscillatory (tidal) currents. In *Gephyrs, Astrophys. Fluid Dyn.* 11 (pp. 35-47).

- Job, D. (2021, April 24). *Sand ridges in shelf seas*. Opgehaald van Coastal Wiki:
http://www.coastalwiki.org/wiki/Sand_ridges_in_shelf_seas
- Krisztian, J. (2021, november 12). Interview DAS-system on Nemo Link. (M. Ilias, Interviewer)
- Mark, J. (2022, Oktober 20). *Broadband Disrupted to Shetland After Subsea Fibre Cables Break UPDATE*. Opgehaald van ISP News:
<https://www.ispreview.co.uk/index.php/2022/10/broadband-disrupted-to-shetland-after-subsea-fibre-cables-break.html>
- Marlinks. (sd). *Spotting a whale using DAS monitoring*. Opgehaald van Marlinks:
<https://marlinks.com/environmental-monitoring/>
- Marlinks. (sd). *Why submarine cable monitoring matters to insurers*. Opgehaald van Marlinks: <https://marlinks.com/why-submarine-cable-monitoring-matters-to-insurers/>
- MartinEileen. (2018, December 19). *Distributed Fiber-Optic Seismology in Theory and in Practice, AGU 2018 Tutorial*. Opgehaald van YouTube:
<https://www.youtube.com/watch?v=LAcQ44YRMuM>
- Mizokami, K. (2017). What is a Russian Spy Ship Doing in the Eastern Mediterranean. *Popular Mechanics*.
- Moerkerke, G. (2023, februari 10). Kabellengtes Nemo Link. *Bijlage 1*. Elia.
- Nationaal Crisiscentrum. (sd). *PREVENTIEMAATREGELEN: SAFETY & SECURITY*. Opgehaald van Crisiscentrum: <https://crisiscentrum.be/nl/wat-doen-overheden/preventie/preventie-maatregelen-safety-security>
- National Research Council (US) Committee on Low-Frequency Sound and Marine Mammals. (1994). *Low-Frequency Sound and Marine Mammals: Current Knowledge and Research Needs*. Washington (DC): National Academies Press (US).
- Nemo Link. (sd). *What is Nemo Link*. Opgehaald van Nemo Link:
<https://www.nemolink.co.uk/about-us/>

NewsOne Staff. (2012, January 20). *What's The Difference Between War And Terrorism?* Opgehaald van News One: <https://newsone.com/1810005/whats-the-difference-between-war-and-terrorism/>

Ofgem. (2021, Juli). *Interconnectors*. Opgehaald van Ofgem: <https://www.ofgem.gov.uk/energy-policy-and-regulation/policy-and-regulatory-programmes/interconnectors>

Omnisens. (2020, Mei 25). *Omnisens officially announces 'ODAS'*. Opgehaald van Omnisens: <https://www.omnisens.com/articles--papers/omnisens-officially-announces-odas-its-new-generation-of-das-interrogator-for-the-test-and-measurement-market>

Omnisens. (2021). DAS. Switzerland.

Onze Natuur. (sd). *Bruinvis*. Opgehaald van Onze Natuur: <https://www.onzenatuur.be/soortenbank/bruinvis>

Pacific Northwest Seismic Network. (sd). *What is a Spectrogram?* Opgehaald van PNSN: <https://pnsn.org/spectrograms/what-is-a-spectrogram#:~:text=A%20spectrogram%20is%20a%20visual,energy%20levels%20vary%20over%20time>

Photonique, & Hotrodrigeuz17. (2021, Juni 12). *Optical communications repeater*. Opgehaald van Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_communications_repeater

Plucinska, J. (2022, Oktober 6). *Nord Stream gas 'sabotage': who's being blamed and why?* Opgehaald van Reuters: <https://www.reuters.com/world/europe/qa-nord-stream-gas-sabotage-whos-being-blamed-why-2022-09-30/>

Power Technology. (2015, June 14). *Nemo Link Interconnector*. Opgehaald van Power Technology: <https://www.power-technology.com/projects/nemo-link-interconnector/#:~:text=Details%20of%20the%20Nemo%20Link%20Interconnector%20cable%20route,long%20%282km%20in%20England%20and%209km%20in%20Belgium%29.>

- Power Technology. (2021, Mei 21). *North Sea Link (NSL)*. Opgehaald van Power Technology: <https://www.power-technology.com/projects/north-sea-link-ns/>
- Sanger, D. E., & Schlitt, E. (2015). Russian Ships Near Data Cables Are Too Close for U.S. Comfort. *The New York Times*.
- Sertyn, P. (2023, April 24). *België zwengelt overleg over Noordzee-veiligheidspact aan*. Opgehaald van De Standaard: https://www.standaard.be/cnt/dmf20230418_95736701
- Shatalin, S. (2020). High Definition Seismic and Microseismic Data Acquisition Using Distributed and Engineered Fiber Optic Acoustic Sensors.
- Siebold, S. (2023, Mei 3). *NATO says Moscow may sabotage undersea cables as part of war on Ukraine*. Opgehaald van Reuters: <https://www.reuters.com/world/moscow-may-sabotage-undersea-cables-part-its-war-ukraine-nato-2023-05-03/>
- skullsinthestars. (2013, september 16). *1842: Jean-Daniel Colladon guides light with water*. Opgehaald van Skulls in the Starts: <https://skullsinthestars.com/2013/09/16/1842-jean-daniel-colladon-guides-light-with-water/>
- Southeast Regional Office. (2022, April 18). *North Atlantic Right Whale Critical Habitat Map and GIS Data*. Opgehaald van Fisheries.NOAA: <https://www.fisheries.noaa.gov/resource/map/north-atlantic-right-whale-critical-habitat-map-and-gis-data>
- Staalesen, A. (2022, Februari 11). *'Human activity' behind Svalbard cable disruption*. Opgehaald van The Barentz Observer: <https://thebarentsobserver.com/en/security/2022/02/unknown-human-activity-behind-svalbard-cable-disruption>
- Sutton, H. (2021). Russian Spy Ship Yantar Loitering Near Trans-Atlantic Internet Cables. *Naval News*.

- The Defense Post. (2023, April 19). *Russian Spy Ships Planning North Sea Sabotage: Media Report*. Opgehaald van the defense post:
<https://www.thedefensepost.com/2023/04/19/russia-north-sea-sabotage/>
- The Editors of Encyclopedia Britannica. (2016, April 21). *polypropylene*. Opgehaald van Britannica: <https://www.britannica.com/science/polypropylene>
- The Editors of Encyclopedia Britannica. (2022, Oktober 17). *polyethylene*. Opgehaald van Britannica: <https://www.britannica.com/science/polyethylene>
- Van de Meene, J. (1994). The shoreface-connected ridges along the central Dutch coast. *PhD thesis*. University Utrecht.
- Vanacker, L. (2015, oktober 26). '*Russen willen onderzeese internetkabels doorknippen*'. Opgehaald van De Tijd: <https://www.tijd.be/ondernemen/defensie-ruimtevaart/russen-willen-onderzeese-internetkabels-doorknippen/9691499.html>
- Whale Facts. (sd). *Whale Migration*. Opgehaald van Whale Facts:
<https://www.whalefacts.org/why-do-whales-migrate/>
- Wikipedia . (2022, December 20). *International Regulations for Preventing Collisions at Sea*. Opgehaald van Wikipedia:
https://en.wikipedia.org/wiki/International_Regulations_for_Preventing_Collisions_at_Sea

8 Lijst van bijlagen

Bijlage 1: Kabellengtes Nemo Link—Elia	1
Bijlage 2: Interview: Rol van Marlinks en data-analyse in DAS-technologie	2
Bijlage 3: Maritime Information Centre	8
Bijlage 4: Interview Krisztian Jani	25

Bijlage 1: Kabellengtes Nemo Link—Elia

 **Moerkerke Geert** 
aan  vr 10 feb 11:12 ☆ ↶ ⋮

Engels > Nederlands Bericht vertalen Uitzetten voor: Engels x

	KM	Miles
Onshore UK	2,145	1,333
Offshore UK 12NM	35,837	22,273
Offshore UK total	46,957	29,184
Offshore FR	23,324	14,496
Offshore BE total	58,530	36,377
Offshore BE 12 NM	38,697	24,050
Onshore BE	8,892	5,527
Offshore total	128,811	80,056

This message and its attachments may contain confidential information protected by intellectual property rights or other rights & is strictly for the exclusive use of the intended recipient. It is strictly prohibited to copy, alter or disclose this message or its contents to any other person without Elia's prior consent. If you are not the intended recipient of this message, please inform the person who sent it and delete the message from your system. All messages sent to and from Elia may be monitored to ensure compliance with internal policies, to protect the company's interests and/or to remove potential malware. Elia is not liable for any direct or indirect damage arising from errors, inaccuracies or any loss in the message, from unauthorized use, disclosure, copying or alteration of it or as a result of any virus being passed on. This message does not constitute any commitment from Elia except when expressly otherwise agreed between the intended recipient and Elia.

U vindt de Nederlandse versie van deze disclaimer op onze internetsite www.elia.be

Vous pouvez decouvrir la version francaise de ce disclaimer sur notre site internet www.elia.be

Marlinks bedrijfsstructuur recording twee

Ik ben Roel Vanthillo, CEO en co-founder van Marlinks. Marlinks is een dochteronderneming van Fluves. Fluves is een bedrijf die ook gespecialiseerd is op fiber optic monitoring. Fluves specialiseert zich op land toepassingen en wij op offshore toepassingen. Wij zijn in marlinks met een team van ongeveer 10 mensen en Fluves is ook met ongeveer 10 mensen. Bij ons zijn ongeveer een 5tal projectingenieurs, een aantal data analytici maar ook marketing en sales zoals Liesbeth die naast me zit. Ook nog enkele consultants.

Start PPT briefing

Via data van het DAS-systeem van NEMO link hebben eerst en vooral perfect het wavepattern kunnen detecteren. Dit is heel eenvoudig te detecteren.

We hebben ook rockplacement data gekregen, we zien hier op een FFT (Fast Fourier Transform) met een window van een halve seconde duidelijk de verschillende events van het rockplacement. Wanneer je inzoomt, kan je de locatie ook duidelijk zien. In de positie blauw en grijs waar er geen rockdumping gedaan werd, zien we ook niets ongewoons terwijl de positie waar er weldegelijk rockdumping gedaan is, zien we wel een "strange" signaal. In dat "strange" signaal, zitten er allerlei frequenties dus kan men weinig van zeggen. Er zit geen dominante frequentie bij stenen die gestort worden. Ook in de posities rond de rockdumping (+/- 50m) kan men een abnormale situatie detecteren. Dit was dus ook volledig te verwachten.

Vessel detection 02:51

De gegevens van uw fieldtest met de BNS Castor hebben wij gebruikt en met onze eigen verwerkingssoftware laten analyseren en verfijnen. Wij komen bij deze 180 maneuver op exact hetzelfde figuur als u heeft gedetecteerd met Omnisens. Wat je exact gaat detecteren is een vermoeden want de principes zijn ook voor ons nog niet volledig duidelijk. Wij vermoeden een combinatie van akoestiek en drukgolven door het displacement/waterverplaatsing van het schip. Als wij gaan kijken naar één specifiek punt in de tijd met frequenties, zien we een verhoging van alle punten, maar die verhoging is niet overdreven. Dus als je op het spectrogram je kleuren goed instelt dan zie je het duidelijk, maar enkel als je weet op welke positie en welke kleurenschaal je moet zoeken. Ook bij de signalen die we detecteren, kan je zien dat er geen enkele dominante frequentie inzit. Je verwacht voor een akoestiek signaal veel hogere frequenties. Daarom vermoeden we dat het vooral de drukgolven zijn die een rol spelen. Zelf zijn we er nog niet 100% zeker van. Deze frequenties zouden dus veroorzaakt worden door de waterverplaatsing van de boeg. Het zou natuurlijk ook kunnen dat doordat de kabels begraven is, de akoestiek veel gaat weerkaatsen op het zeebodemoppervlak, als deze toch kunnen penetreren treedt er misschien een frequentieshift op, ik weet het niet. We vermoeden dat de hogere frequenties direct weerkaatst worden of gedempt.

Eigen filteringmethode 05:24

Hiermee zien we het schip ook heel duidelijk. (weinig detail, door bescherming van hun software)

Lage snelheden 06:05

Dit is de figuur die jullie waarschijnlijk gezien hebben, hier zie je enkel als je weet waar je moet

kijken, de detectie van het schip. Als wij daarop nu de filteringstechniek die Marlinks heeft ontwikkeld op toepassen, zie je dat het wel duidelijk zichtbaar is. Dit betekent dat het voor ons ook mogelijk is om schepen te detecteren bij lage snelheden. Dit toont de waarde in diepere data-analyse dan dat uw standaard toestel met de standaard software. Deze komt van de hardwaremanufacturer en wij gaan hier dieper op in. Het is ook mogelijk en de bedoeling om op termijn een algoritme te ontwikkelen die automatisch deze signalen eruit kan halen. De BNS Castor is nu een relatief groot schip om te detecteren dus we willen nu doordoen door ook datasets van kleinere schepen te verzamelen.

Gesprek over mogelijkheid van samenwerking Defensie en Elia voor verdere testen

Hier opnieuw zien we wanneer de kabel gekruist wordt dat we dit kunnen detecteren.

Discussie over data van fieldtest

Zou het schip meer geluid/signaal maken als hij versnelt tot een snelheid tov dat hij stabiel aan die snelheid vaart?

Ik denk het niet, dat gaat weinig verschil maken. De boeggolf zal niet groter zijn.

18:15

Dit is dus hoe ver wij staan met de beperkte dataset die we momenteel hebben. We kunnen schepen detecteren zowel op hoge als lage snelheid. Maar momenteel wisten we natuurlijk waar we moesten zoeken.

Voorstel om met Kurt Dewinter samen te zitten voor overleg verdere testen

Eigen toestel 19:39

Ons toestel kan 150km meten en wij werken op een ander meetprincipe (niet toegelicht) dan Omnisens. Onze spatiale resolutie is ook beter, Omnisens heeft 10m spatiale resolutie en 5m spatial sampling, die van ons heeft 2m spatiale resolutie. Ook het frequentiebereik is iets beter.

Via telecommunicationcables onbeperkt bereik 20:44

Door het signaal over verschillende repeaters te laten gaan die nu al ingebouwd zijn in telecommunicatiekabels kunnen we een DAS-systeem voor duizenden kilometers laten gaan wat wilt zeggen dat we onbeperkt bereik creëren. De grote telecommunicatiekabels bv de trans-Atlantische hebben een bereik van 150-200km en dan heb je een repeater (een grote stalen doos waar het signaal optisch versterkt wordt zodat het opnieuw 150-200km verder kan). Dat krijgt zijn spanning ook via de glasvezelkabel door spanning op de mantel van de kabel te zetten. Op het ene uiteinde wordt er een negatieve spanning gezet en de andere zijde een positieve. Door de spanningsval tussen die twee kunnen repeaters stroom krijgen. De reden dat men niet kan werken met AC-voeding is doordat je dan met twee kabels moet werken en op die kabels heb je verlies/spanningsval. Voor de repeaters dan te kunnen bereiken zou je enorme hoogspanning nodig hebben. Onze leverancier van DAS-toestellen is bezig met de technologie om het signaal te kunnen repeaten. Hierdoor moet het DAS-toestel zelf niet op de bodem geplaatst worden bij langere afstanden maar kunnen we gebruik maken van de reeds ingebouwde repeaters. De vraag hierbij is wel welke frequenties je kan meten. De frequenties zijn afhankelijk van de lichtsnelheid. Indien men bv 1000Hz wilt meten, kan je tot 150km gaan. Maar zoals je daarnet hebt gezien op de grafiek, zijn wij vooral geïnteresseerd in de lage frequenties tot 100Hz. Bij deze frequenties zagen we verhogingen in het DAS-signaal bij het passeren van de BNS Castor. Dat is ook volledig R&D nog en

hierbij zijn wij momenteel niet mee betrokken, enkel onze leverancier (mag nog niet genaamd worden). Dit systeem gaat niet voor interconnectors aangezien er geen repeaters inzitten. Een DAS-systeem op de zeebodem installeren is momenteel niet haalbaar door financiële kosten en het ontbreken om de data door te zenden naar land. Hierdoor is het niet mogelijk om volledige coverage te creëren voor kabels langer dan 300km maar wel gedeeltelijke (150km elke zijde).

Samenwerking/financiering overheid 26:00

Ondanks dat we proberen om financiering/interesse te krijgen van de overheid, krijgen we momenteel niet veel (enkele fondsen). Het is moeilijk om de waarde over te brengen, iedereen ziet het belang in maar niemand weet wie het zal betalen. De eigenaars van de windmolenparken staan niet te springen, aangezien het een investering is van 200-250k euro. Dit is ook enkel hardware dus daarbij komt ook nog de data-analyse. In principe zijn ze ook verzekerd dus als er iets gebeurd met de kabel, dekken zij de kosten (volledig of gedeeltelijk). De verzekeraars zijn ook willig om investeringen maken ondanks de interesse in de systemen. De overheid hetzelfde. Nu is de vraag vooral, wat doe je als er iets gedetecteerd wordt? Volgens ons is er dan ook discussie van "wie gaat er iets aan doen?". Doordat dit een heel nieuwe technologie is voor een industrie die ook nog recent is, is er nog een grote vraag van hoe elke organisatie in het totaalplaatje valt. Iedereen zit een beetje naar elkaar te kijken en maar kleine stapjes te zetten om zelf geen overfinanciering te doen. Vandaar dat het heel belangrijk is om een samenwerkende stap te zetten met de partijen. Door een gezamenlijke test te doen, kan er dialoog opgestart worden over hoe we deze technologie kunnen plaatsen in de bescherming van Coastal Security. Door samen te werken kunnen we de research efficiënter doen en veel tijd en geld besparen.

31:00

Het is belangrijk om de technologie te hebben, er is een DAS-systeem geïnstalleerd, maar de volgende stap is de data-analyse. Zonder analyse van de gegevens die we verkrijgen kunnen we niet aan detectie doen. Er zit een ontzettend veel kennis in die data, maar we kunnen niet enkel op de software van de leverancier werken. Deze toestellen zijn heel goed en proberen zoveel mogelijk te zien maar voor specifiek detectie van schepen, ROV's, etc. moeten we ook aan specifieke detectie doen om in bepaalde frequentiezones achter bepaald patronen te zoeken. Dat is de sterkte van Marlinks en waar de waarde zit voor het hele coastal security verhaal.

Wij focussen onze research en middelen voornamelijk op de kabel integriteit: dynamische beweging, oververhitting, begravingsdiepte. Het Defensie doeleinde van scheepsdetectie is niet echt onze focus maar wij zien ook via de media dat er interesse is ontstaan hiervoor. We hebben daardoor dan ook de ruwe data van de BNS Castor bekeken en onze algoritmes op af gestuurd (en daar dan ook resultaat mee behaald). Maar wij blijven een commercieel bedrijf, zolang wij geen klant hebben zullen we hier onze middelen ook niet volledig op gebruiken.

Case study van Walvissen 34:00

(Dit is enkel getest in labo's) maar DAS-systemen laten toe om walvissen te detecteren. Bv de North Atlantic White Whale is een walvis die bedreigd is en die we kunnen detecteren door zijn frequentie. Hiervan is er enkel commercieel nut in de USA. Wanneer de migratieroute van de walvis door hun windmolenparken gaan, mogen bedrijven niet offshore gaan werken. Dit om geen disturbing noises te creëren. Bedrijven zijn hierin dus geïnteresseerd om te voorkomen dat werkschepen/platformen een hele dag voor anker liggen doordat ze niet wisten dat ze in een migratieroute zich bevinden van de walvissen. Deze regel is opgesteld door de BOEM (Bureau of Ocean Energy Management. In België bestaan er hierrond ook regels maar dan specifiek voor de bruinvis. Die kunnen we echter nog

niet detecteren maar hieraan wordt nog gewerkt. Momenteel is de frequentie van de Bruinvis te hoog om op te merken in DAS-systemen. In Azië willen bedrijven bv. de Pink Dolphins detecteren, dit niet omdat ze zelf geïnteresseerd zijn in de dolfijn maar als ze kunnen aantonen aan de milieuorganisaties en ontwikkelaars dat ze dit kunnen, krijgen ze extra punten bij auctions, etc. Dat heeft dus onrechtstreeks een commerciële waarde voor bedrijven ondanks dat er geen directe link is. Maar de impact van windmolenparken op de flora en fauna van de zee is dus overall een interessant gegeven, ook hier op de Noordzee. Opnieuw is het belangrijk voor DAS-ontwikkelaars zoals wij, wie is de klant?

Detectie onderzeeërs 37:00

Dit is moeilijk te weten aangezien er nog geen testen op gedaan zijn. We vermoeden dat dit niet akoestisch detecteerbaar zal zijn doordat ze gespecialiseerd zijn in geen geluid te maken. Daarentegen kunnen we misschien drukgolven detecteren.

Wat wel interessant kan zijn is detectie van kleine ROV's of drones die langs het oppervlak scheren. Ook van bodemverstoring zijn we redelijk zeker dat we dit kunnen detecteren maar dat moet ook getest worden.

Hoe wij toekomstig onderzoek zien is dat we eerst en vooral meer willen klasseren welke schepen we kunnen detecteren (crossreferencing met AIS-data). Een tweede luik is de onderwaterdetectie. Om hierbij partners te vinden die kunnen helpen met het organiseren van testen, gaan we eerst moeten bewijzen dat we schepen kunnen detecteren.

Idee van ketting over bodem te slepen met voldoende lange sleep (geen verstoring van signaal door schip meer).

Enkele glasvezelkabeldetectie? 43:20

Dat is waarschijnlijk mogelijk, maar dat is ook iets wat wij minder hebben onderzocht. We vermoeden dat je dan vooral op akoestiek gaat gedetecteerd worden ipv de drukgolven die we nu vermoedelijk detecteren. Heel beperkte testen met een kabel in een vijver, daar zagen we signalen in een veel hoger frequentiedomein (maw: akoestiek). Dit hebben we getest met een schip die een schroef had die rond 70Hz zat. Op de DAS zagen we dan ook een piek rond de 70Hz. Details over de ideale ligging van de glasvezelkabel is ons echter nog niet duidelijk. Of de kabel lichtjes begraven moet zijn, goed contact met de bodem of enkele decimeters boven de zeebodem moet drijven is ons niet bekend. Hiervoor zou verder onderzoek nodig zijn. Dat is zeker een piste maar geen prioriteit. Dit kan mogelijkheden hebben voor bescherming van bv. beschermingsringen rond het energie eiland. We zijn zeker dat er dan minder demping gaat voorkomen waardoor we veel meer frequenties gaan kunnen detecteren.

Bescherming 49:00

Als er een DAS uitgerust zou geweest zijn op de Nord Stream zijn we zeker dat we dit zouden gedetecteerd hebben. DAS kan ook voor detectie zorgen van "pakketjes" die op de kabel geplaatst worden. Als we dit kunnen detecteren kunnen er ook gepaste maatregelen genomen worden.

Vragen Marlinks

1.1 Algemene vragen

1. Kan je kort Marlinks uitleggen?
 - a. Hoe werkt jullie teamverdeling?
2. Wat is jullie rol met DAS-systemen van onderzeese kabels?
3. Aan welke projecten zijn jullie momenteel bezig?
 - a. Welke kabels zijn momenteel met DAS voorzien in de Noordzee?
4. Wat zien jullie voor het toekomstbeeld met DAS-systemen?
5. Toekomstbeeld van bedrijven zoals u
6. Is het een competitieve markt of is er veel samenwerking tussen de verschillende bedrijven?
7. Naast samenwerking met bedrijven kijk ik naar samenwerking tussen bedrijven en de overheid/Defensie, bestaat deze en zo ja in welke mate?
8. Wordt er vanuit de politiek (Belgisch of Europees) meer geïnvesteerd wegens de huidige geopolitieke situatie?

2. Gegevens

1. Kan er al een onderscheid gemaakt worden tussen detectie van een schip en andere bronnen?
2. Wordt er gewerkt aan automatische herkenning/algoritmes die dit kunnen opsporen?
3. Moet er een drempel van geluid overschreden worden vooraleer er een "abnormale situatie is" (een schip die passeert, slepen van een anker, ...)
 - a. Hoe hoog is die drempel en hoe wordt die bepaald?
 - b. Is de drempel relatief of absoluut bepaald? (Hoe dieper in zee, hoe lager de drempel moet zijn voor detectie veronderstel ik?)
4. Kan je begravingsdiepte bepalen door DAS of enkel via DTS?
5. Hoeveelheid geruis en van welke factoren hangt dit af? (Zandverplaatsingen?)
6. Houdt de bouw/structuur van de kabel effect op de geluidsgeleiding?

3. R&D

1. Hoe wordt er research gedaan?
2. Bij (field)testen wordt dit gedaan in gecontroleerde omstandigheden (vijver/labo) of ook op zee zelf?
 - a. Bij testen met gecontroleerde omstandigheden, is er veel afwijking met resultaten op zee? Maakt dit deze testen wel representatief.
3. Op de website staat er een rubriek over een case study van een walvis te ontdekken via DAS. Kan u meer info geven hierover, hoe kan je zoiets ontdekken? Heb je een hydrofoon nodig om te controleren of het geluid dat je detecteert weldegelijk van een walvis komt.

4. Bereik DAS vragen

1. Wat is het momentele bereik van DAS?
2. Het maximale bereik is gebaseerd op tot waar je gegevens van de kabel kan zien dus het maximale bereik van scheepsdetectie zal minder zijn en afhankelijk van het type schip?

3. Zal het bereik met de toekomst vergroten of is er een limiet die bereikt is?
4. Is het een mogelijkheid om voor lange kabels een "substation" te plaatsen op de zeebodem waaruit een nieuwe lasers kunnen vertrekken?
5. Momenteel heb ik enkel DAS mogelijkheden bekeken met geïntegreerde glasvezelkabels in een onderzeese interconnector. Is het mogelijk om een alleenstaande glasvezel apart te gebruiken voor scheepsdetectie
 - + Flexibiliteit om een kabel te leggen waar men één nodig heeft.
 - + Mogelijkheid om heel snel een kabel te kunnen leggen (dun draadje)
 - + Betere geleiding en detectie van geluid?
 - + Goedkoper dan een volledige interconnector

Desondanks kunnen er ook nadelen aan hangen

- Geen economisch nut aan de kabel dus financiering is nodig
- Kwetsbaarder
- Privacy problemen?

1.5 Extra vragen

Op de website vind ik dit terug bij uitleg waarom verzekeraars willen DAS en DTS gebruiken: "By continuously measuring temperature inside the submarine cable using the embedded fiber optic cable as a proxy, it is possible calculate the cable's depth of burial up to 26 times a year, without the risk, cost and planning involved in sending a survey crew."

Van waar komt het nummer 26 keer per jaar de begravingdiepte controleren? Kan dit niet permanent gedaan worden?

Bijlage 3: Maritime Information Centre - Defensie





MARITIME INFORMATION CENTRE PARTNERS



DEFENSIE




Federale
Politie




Federale Overheidsdienst
Mobiliteit en Vervoer



Federale
Overheidsdienst
FINANCIEN
DOUANE EN ACCIJNZEN




Belgium = Maritime Nation ?!




- Port ranking:
Antwerp-Bruges = Nr 2 in Europe / Nr 14 of the World
- Ships ownership (world ranking year 2021)
BE → Nr 15
RF → Nr 21
NL → Nr 24


TI Europe (Euronav):
Nr 1 (world) in DWT




Joseph Plateau (JDNull):
Nr 1 (world) in rock dumping

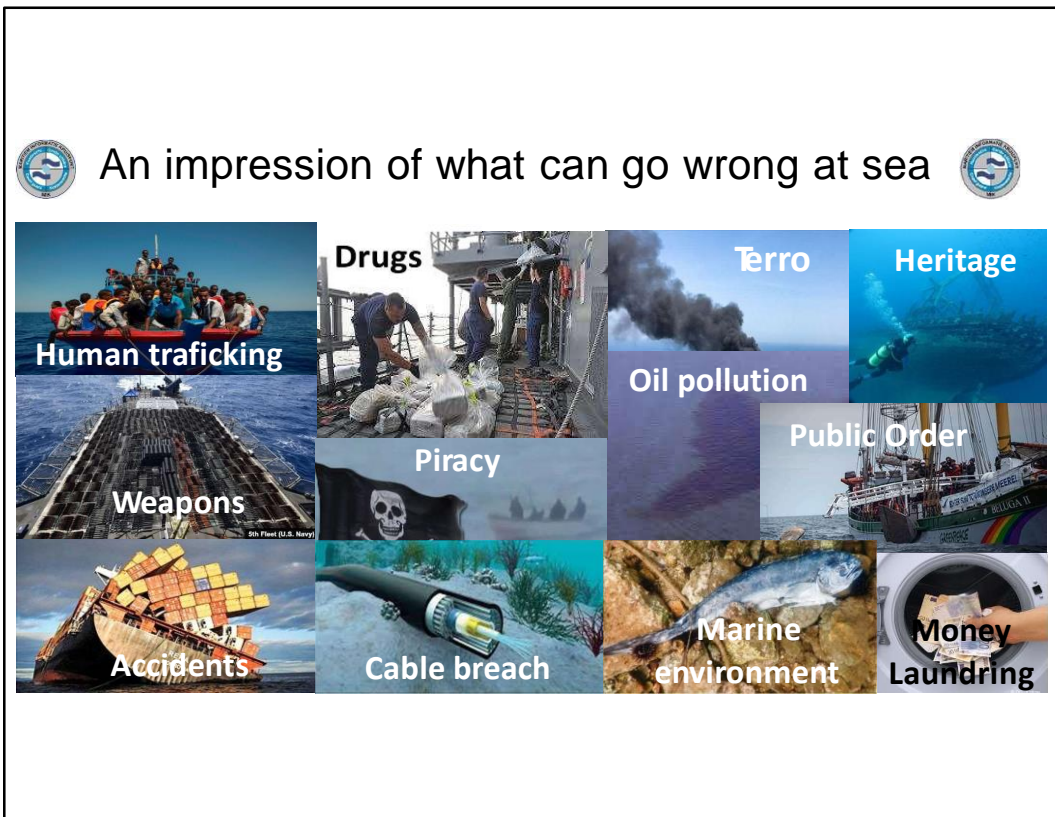
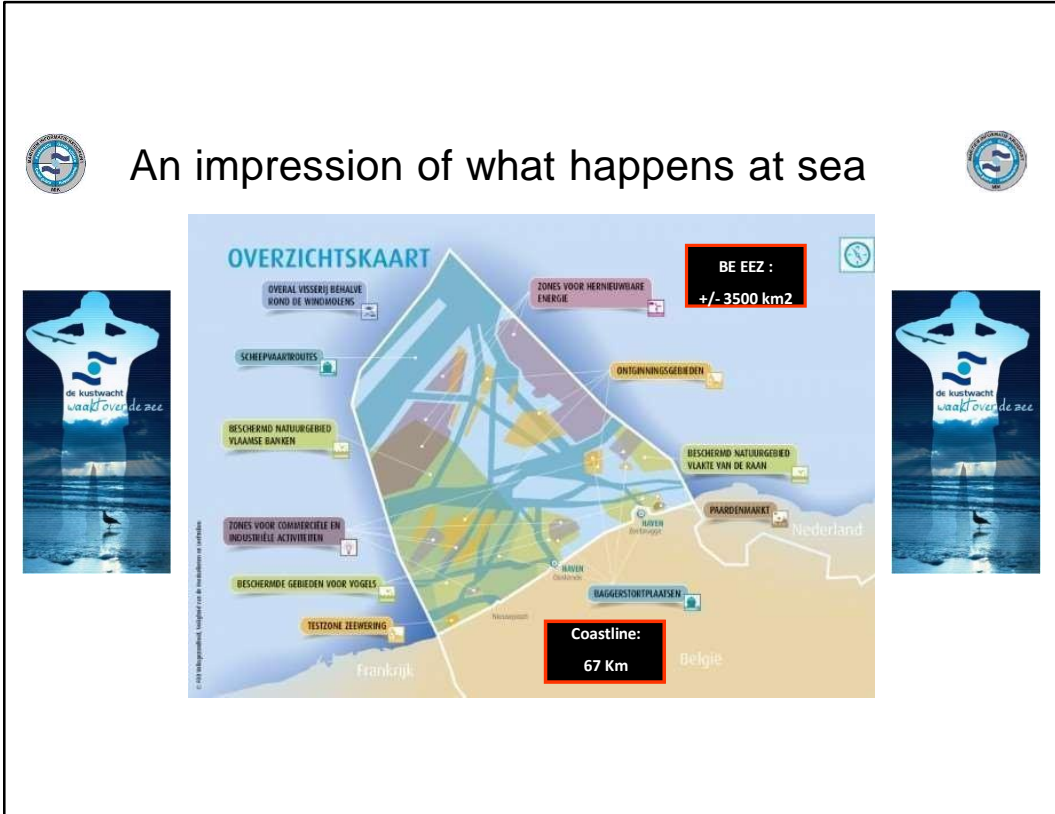


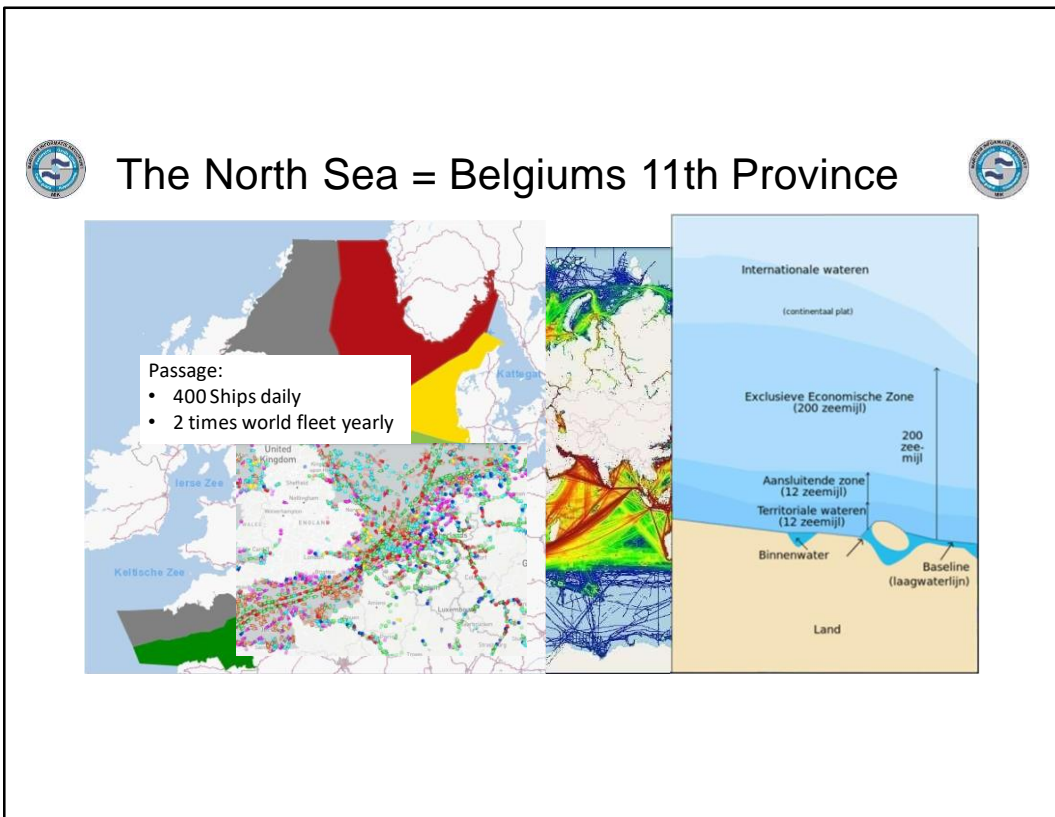
Voltaire:
Biggest Jack-Up
installation ship

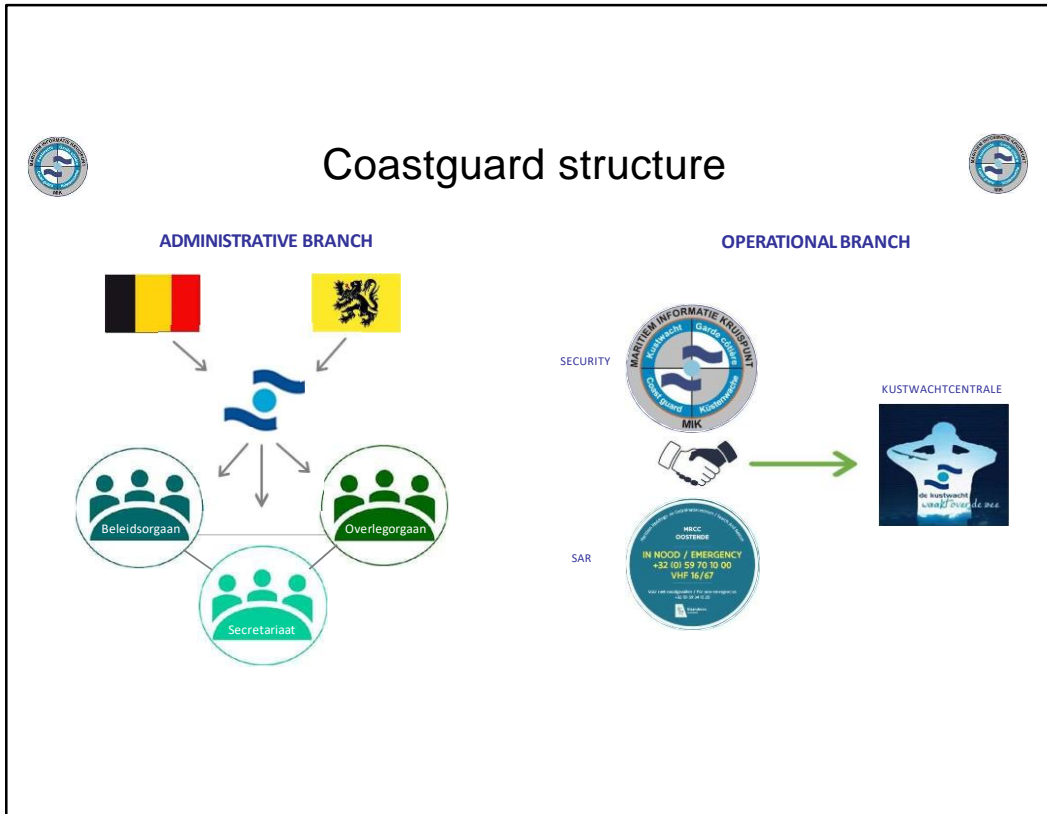


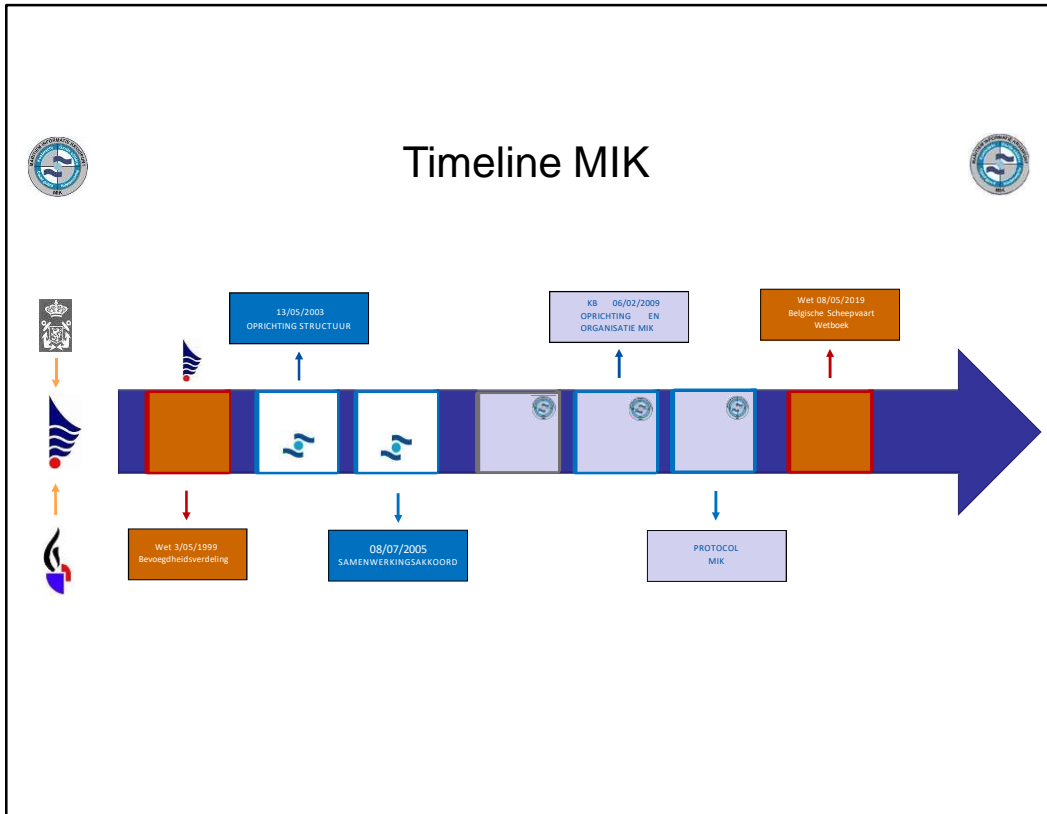
Zeebrugge:
Nr 1 (world) in carhandling













MIK rooms




OPS - Room




Crisis - Room







Tasks MIK




1° Collecting and processing of maritime and shipping information.




2° Collecting and processing of all relevant information of an incident.

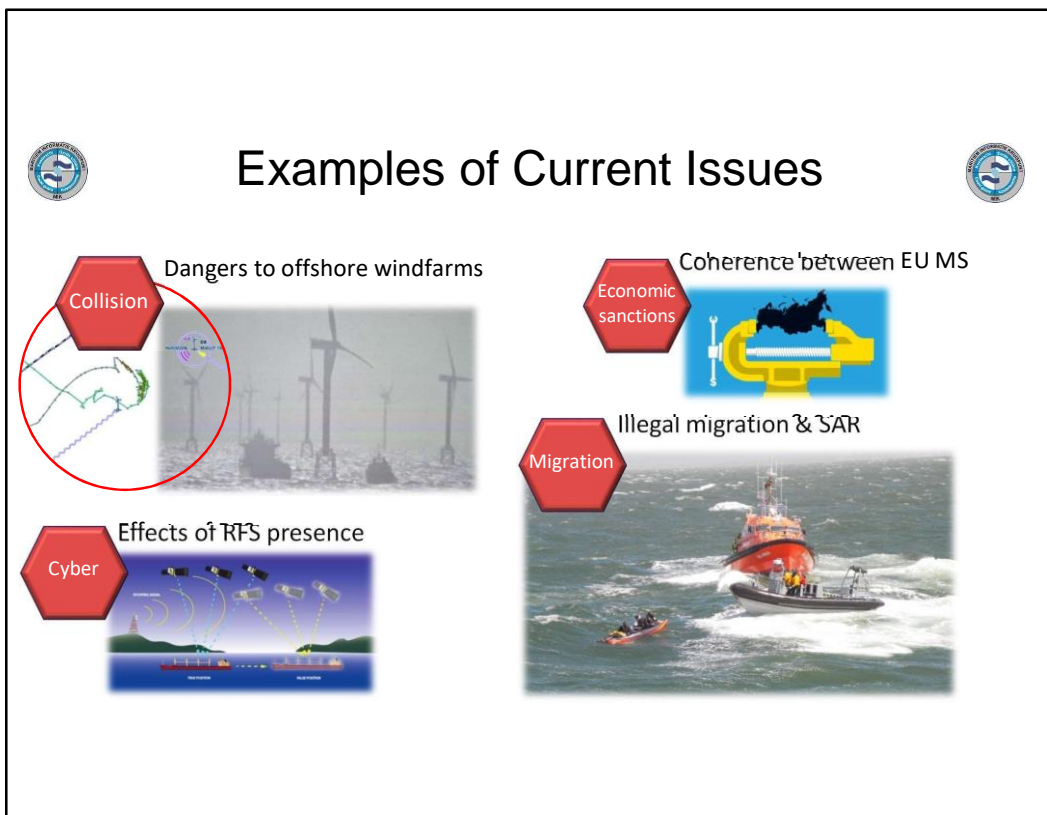
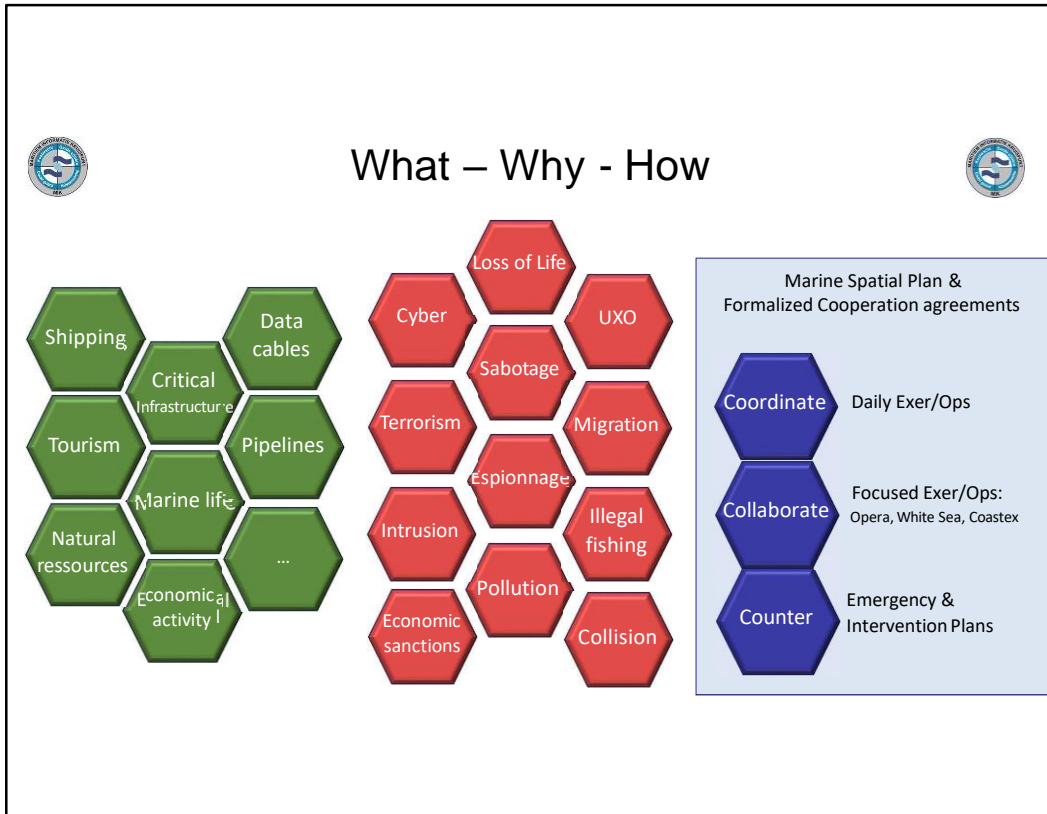


3° Sharing information conform standard operational procedures.



4° Support the coordination of security and law enforcement at sea







MIK Tools

1° National / Government

- V3000
- LIS
- ZEDIS / APICS / ...
- Seavision
- ICMS
- ...

2° Paid

- AIS Live
- Lloyds
-

3° EU

- EMSA SEG
- EMSA LRIT
- FRONTEX
-

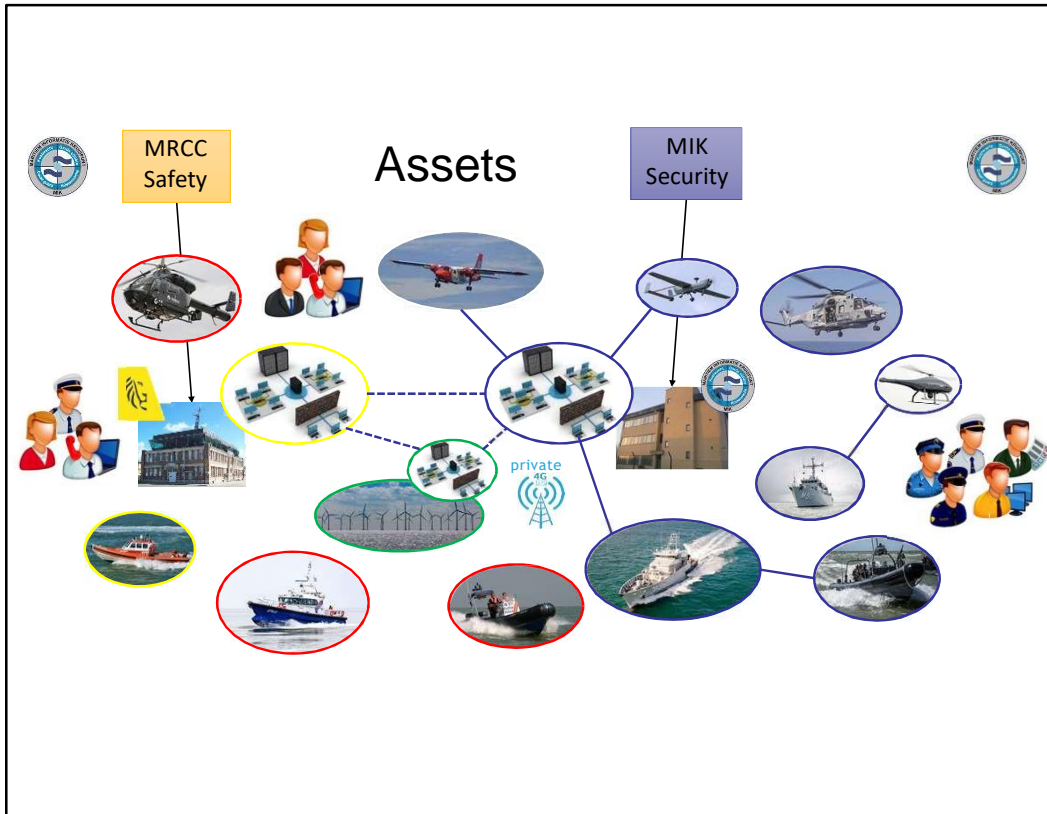
4° MIK Development

- PoliMik
- NMSO (MIK 2.0)
-



MIK 2.0






MIK Partners around the North Sea


- Maritiem Informatie Knooppunt (MIK), Kustwachtcentrum, **Den Helder**
 - Haven Intelligence Team (HIT) Zeeland – West Brabant
- Centre Opérationnel de la Fonction Garde-Côtes (COFGC), **Paris**
 - Préfecture Maritime de la Manche et de la mer du Nord, **Cherbourg**
- Maritime Sicherheitszentrum (MSZ), **Cuxhaven**
- National Maritime Information Centre (NMIC), Joint Maritime Security Centre, **Portsmouth**
- National Maritime Information Centre (NMIC), Joint Maritime Security Centre, **Portsmouth**


0 75 150 km
Marine Regions, v10 (2018)

Combined effort at sea Opera





Fishery







Recreational







SOLAS








Transmigration









Marpol




... Incidents ...















MIK Defence - Tasks



- Shadow ops of vessels of interest
- UXO'S
- Maritime pollution
- Fishery control
- Planning/coordination/activation of CPV's
- Assistance during ANIP and other incidents
- ...





Shadow Ops of vessels of interest




UXO




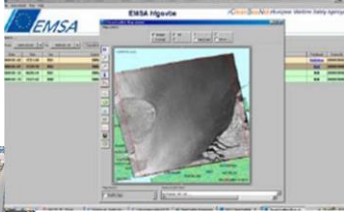
Maritime Pollution



BMM / Coastguard plane



Satellite
(EMSA: CleanSeaNet)



CPV
Assistance during clean-up



Fishery Control






 **Fishery Control** 



 **Assistance during ANIP and other incidents** 

Activation of CSD and OSC

Collision between the LNG
tanker AL Oraiq and Flinterstar
(06 okt 2015)



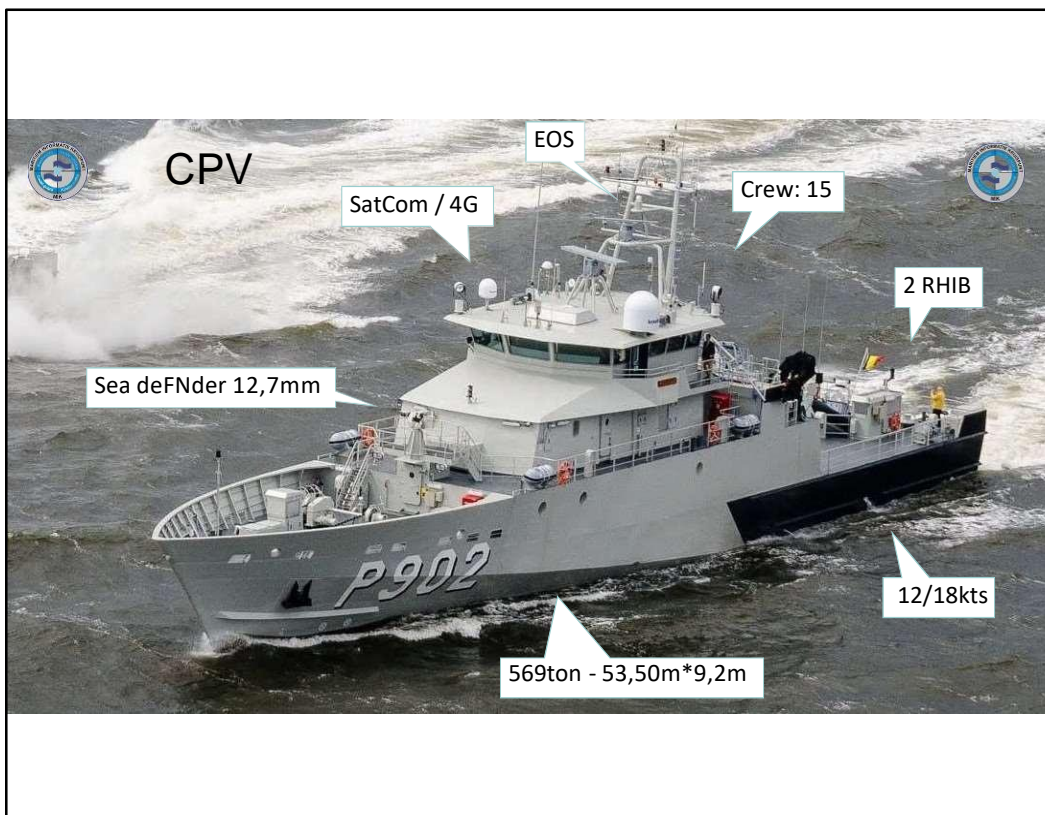
(*)General Emergency and Intervention Plan North Sea



MIK Defence – Military Assets





- CPV:
 - BNS CASTOR
 - BNS POLLUX
- REMUS 100 (Pictures of bottom research)
- Belgian Military vessels in the vicinity
- ...



 **MIK Defence – Military Partners** 

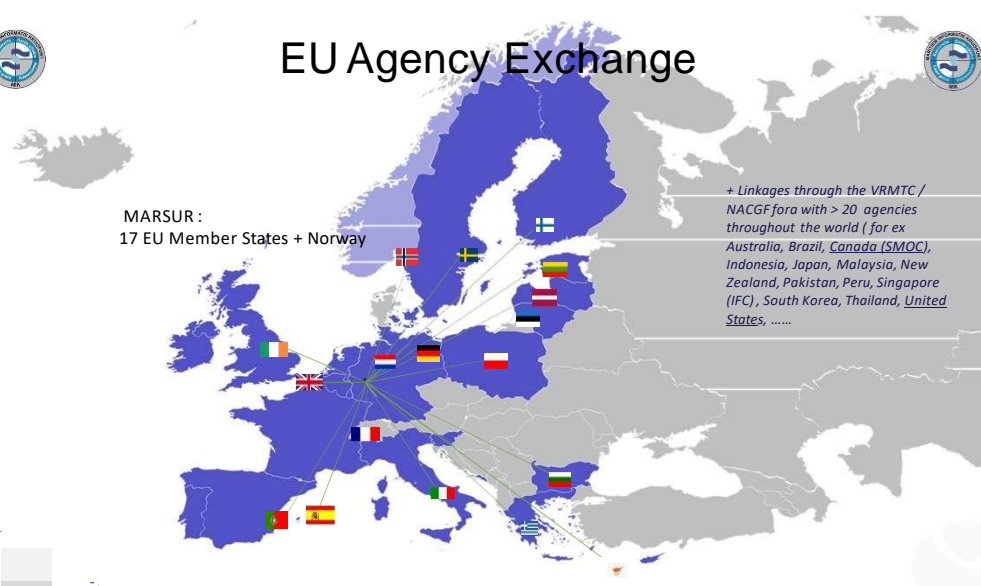
- NATO
- MARSUR
- VRMTC
- ...

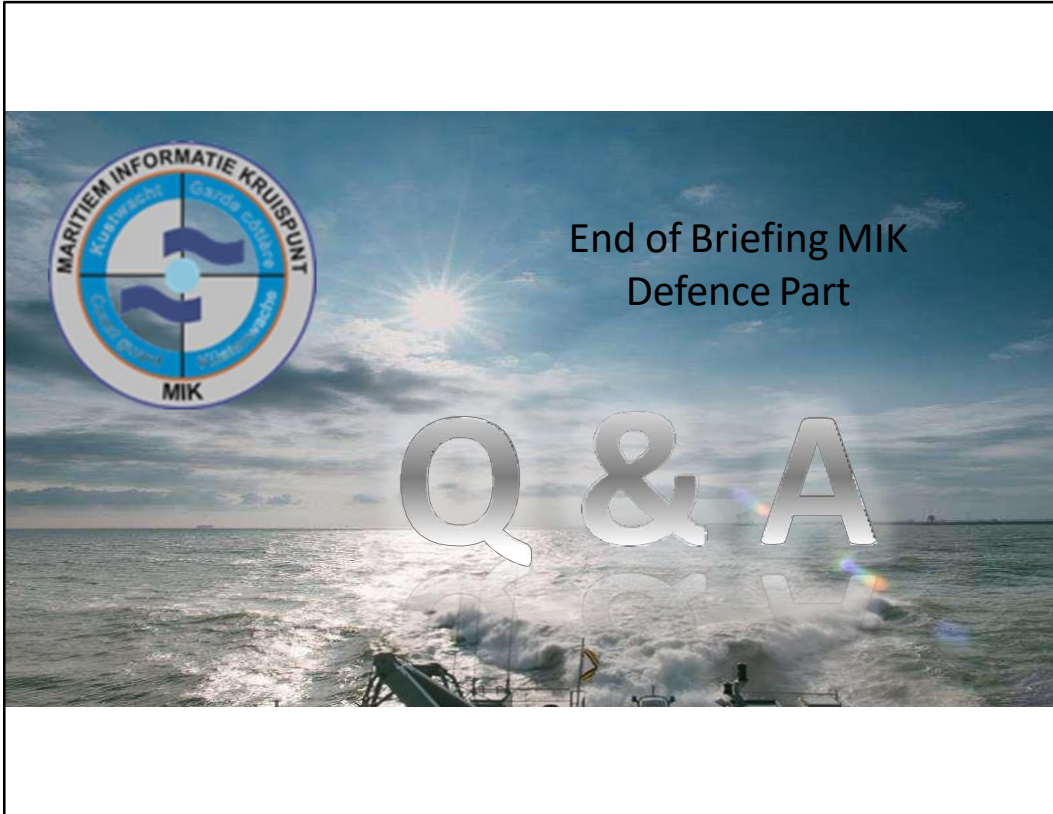


 **EU Agency Exchange** 

MARSUR :
17 EU Member States + Norway

+ Linkages through the VRMTC / NACGF fora with > 20 agencies throughout the world (for ex Australia, Brazil, Canada (SMOC), Indonesia, Japan, Malaysia, New Zealand, Pakistan, Peru, Singapore (IFC), South Korea, Thailand, United States,





Extra Information given during interview

Parameters:

Gauge length: accuracy +/- 30m

Cable itself

Outside the water blocking lead sheet → more outside noise detected

Data monitoring

2 fibres of 18 fibres of each cable

2 cables of 18 fibres each, from Belgium, from each end, a fibre is used for DAS (so
2 in total)

Omnisens

When testing phase is over, they will not have the data

Promised longer range

DAS

Log and linear scale => land less noise so log scale better to see there

Clear difference

Strain generated by acoustic sounds cause refraction

Automatic system that distinguish normal from special

Generates events on an interactive map

Refreshment rate of 1ms => average per second

Sometimes unknown clear echoes, no way of checking right now

Interview

Why the DAS-system over individual sensors at a certain interval.

Cheaper

Main part is onshore -> easy to maintain and upgrade in case of newer system

Space efficient

What is the refreshment rate of the waterfall? Is it according to the speed of light so that the pulse gets enough time to come back?

Refreshment rate of 1ms => average per second

Is the data coming in, monitored by a team, or stored for if there is a problem?

Not yet, since it is still in the testing phase. When the system is bought and installed,
procedures will be made up

What is being measured exactly?

Intensity of acoustic sounds at a certain time, for a certain distance, can be displayed
in log and linear

Are the results being compared with for example AIS?

Right know only if there is a clear reading and motivation for the team will they look in to it

Is there an abundance of `noise` above the major shipping lanes?

No cause it is buried deeper in that area for protection of anchor drags/ fishing gear

Are there areas where it is dead silent even though vessels pass over it?

Not yet looked in to

Do you see a major effect where the cable is deeper or deeper buried?

Not yet looked in to

Is it already possible to differentiate types of vessels just by looking at the waterfall, and if not, is there research that you know of?

It is possible to see the speed of the vessel, but not yet the type, they hope to be able to create an program that will recognize it

Do you get clear echos (so not from disturbances) that are not the ordinary echo for?

Not being monitored

Because the light is transmitted from both sides, is there no interference in the middle? Are the pulses sent at the same time?

No cause it is not sent into the same fibre

The glass fibre cable is all around the cable, so is it possible to differentiate if the sound came from on top or from the bottom? For differentiating seismic activity with ships activity?

Does not really work since only one of the glass fibre cables is used and it follows a helix

But seismic activity is over a larger distance visible so differentiable

Are there parameters like temperature,... that will change the quality of the sensing? And does the cable itself, when in use, make noise? (Electricity)

Cables itself does not make sound because it is DC not AC

Do we know if things like storms or low flying aircrafts would be sensed? And if storms get sensed, does this mean that it is difficult to see ships?

Yes, clearly more in

Would it be possible, for more accurate measurements, to have a substation in the middle where we would have a transmitter/receiver system?

Relay not possible on NEMO cause of an extra cable that need to be installed

Used for the Temperature Sensing

Are there ways to make the system more effective? Even if NEMO Link is not interested in doing this

To be researched