



**Vlaanderen**  
is wetenschap






## Monitoring van de ecologische effecten van de elektromagnetische velden rond de stroomkabels van het net op zee (Westerschelde, Borssele)

### Deel 2

Pieterjan Verhelst, Ine Pauwels, Jan Breine, Nico De Maerteleire, Sebastien Pieters, Emilie Gelaude, Franky Dens, Johan Coeck & Jan Reubens

INSTITUUT  
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

**Auteurs:**

Pieterjan Verhelst , Ine Pauwels , Jan Breine, Nico De Maerteleire, Sebastien Pieters, Emilie Gelaude, Franky Dens, Johan Coeck & Jan Reubens 

*Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*

**Reviewers:**

David Buysse

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

**Vestiging:**

Herman Teirlinckgebouw

INBO Brussel

Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel

[vlaanderen.be/inbo](https://vlaanderen.be/inbo)

**e-mail:**

[ine.pauwels@inbo.be](mailto:ine.pauwels@inbo.be)

**Wijze van citeren:**

Pieterjan Verhelst, Ine Pauwels, Jan Breine, Nico De Maerteleire, Sebastien Pieters, Emilie Gelaude, Franky Dens, Johan Coeck & Jan Reubens (2023). Monitoring van de ecologische effecten van de elektromagnetische velden rond de stroomkabels van het net op zee (Westerschelde, Borssele) – Deel 2. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2023 (47). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

DOI: [doi.org/10.21436/inbor.98551728](https://doi.org/10.21436/inbor.98551728)

**D/2023/3241/376**

**Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2023 (47)**

**ISSN: 1782-9054**

**Verantwoordelijke uitgever:**

Maurice Hoffmann

**Foto cover:**

Fint (*Alosa fallax*) gevangen in de Zeeschelde (Branst, Bornem)

**Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:**

Witteveen en Bos, Leeuwenbrug 27 | Postbus 233 | 7400 AE Deventer



Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0 Internationaal-licentie](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

MONITORING VAN DE ECOLOGISCHE EFFECTEN  
VAN DE ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN ROND  
DE STROOMKABELS VAN HET NET OP ZEE  
(WESTERSCHELDE, BORSSELE)

LUIK DIADROME VIS

**Deel 2: analyse van het bewegingsgedrag van fint in  
de Westerschelde in relatie tot de stroomkabels**

Pieterjan Verhelst, Ine Pauwels, Jan Breine, Nico De Maerteleire, Sebastien  
Pieters, Franky Dens, Emilie Gelaude, Diederik Rosseel, Jan Vanden Houte, Bart  
De Pauw, Johan Coeck & Jan Reubens

[doi.org/10.21436/inbor.98551728](https://doi.org/10.21436/inbor.98551728)

## Dankwoord/Voorwoord

Het vangen en zenderen van de finten, alsook het onderhouden van het receivernetwerk en het uitlezen van de data is een hele klus. De klus werd ieder jaar geklaard dankzij de breidwillige hulp van de volgende mensen, wie we heel dankbaar zijn voor hun deelname aan de studie:

- De veldmedewerkers van het team monitoring en herstel van aquatische fauna van INBO, die jaarlijks zorgen voor extra fintenvangst vanop de ankerkuil boot 'De Harder', onder prima begeleiding van de bemanning van het schip.
- Het team van de afdeling onderzoeksinfrastructuur van het VLIZ.
- De studenten en medewerkers van VLIZ en de Universiteit Gent, die assisteerden bij het uitlezen van de receivergordels op de Westerschelde en/of bij de finten zending.

Dank jullie!



## Samenvatting

Het Schelde-estuarium is een van de laatste grote estuaria in West-Europa met een vrije zoet-zout overgang, ontwikkeling van slikken en schorren, en (artificiële) overstromingsgebieden. De verbetering van de waterkwaliteit begin jaren 2000 heeft een positieve invloed gehad op de biosfeer, waaronder de terugkeer van een paaiende populatie fint (*Alosa fallax*). De fint is een anadrome vissoort die paait in het zoetwater-getijdengebied, maar opgroeit in de benedenloop van het estuarium en de zee. De soort stelt hoge eisen aan haar habitat en werd daarom opgenomen als een Habitatrictlijnsoort. Om de soort te behouden, is het belangrijk om een effectenbeoordeling uit te voeren op nieuwe, potentiële stressoren. In dit rapport analyseren we de mogelijke impact van elektromagnetische velden als gevolg van de stroomkabels die van Borssele naar een windmolenpark in de Noordzee lopen op het bewegingsgedrag van fint. De resultaten tonen globaal (op schaal van de Westerschelde) geen effect van de kabels op zowel het foerageergedrag als de paaimigratie van fint. De verblijftijd van finten aan de detectiestations nabij de kabels was niet significant verschillend tussen de periode voor en na activatie van de kabels. Tijdens de paai migreren de finten snel door de Westerschelde heen en lijken ze niet gehinderd te worden door de kabels. Er moet echter opgemerkt worden dat de detectiestations verder dan 50 m van de stroomkabels lagen, de maximum afstand tot waar elektromagnetische velden konden worden waargenomen. Om meer inzicht te verkrijgen in het lokale bewegingsgedrag van fint vlakbij de stroomkabels is een andere set-up van het detectienetwerk nodig. Daarenboven kunnen zenders die elektromagnetische velden detecteren een meerwaarde bieden, zodra die op de markt komen.



## English abstract

The Scheldt Estuary is one of the last large estuaries in Western Europe with a well-developed salinity gradient, salt marshes and (artificial) flooding areas. Water quality improvement in the early 2000s had a positive impact on the biosphere, such as the reestablishment of a spawning twaite shad (*Alosa fallax*) population. The twaite shad is an anadromous fish species which spawns in the freshwater tidal area but grows in the lower reach of the estuary and sea. The species puts high standards to its habitat and is therefore enlisted as a Habitat Directive species. To preserve the species, it is important to conduct impact assessments on new, potential stressors. In this report we analyse the potential impact of the electromagnetic field from power cables from Borssele to an offshore wind farm in the North Sea on the movement behaviour of twaite shad. The results show no significant effect of the cables on both the foraging movement behaviour and the spawning migration of twaite shad at the scale of the entire estuary. The residence time of twaite shads at the detection stations near the cables did not differ significantly between the periods before and after cable activation. During the spawning season twaite shads migrate fast through the Westerschelde and seem not to be hampered by the cables. However, it should be noted that the detection stations were further than 50 m from the power cables, the maximum distance to which electromagnetic fields could be observed. To gain more insight into the local movement behaviour of shads near the power cables, a different set-up of the detection network is needed. In addition, transmitters that detect electromagnetic fields may add value once they come on the market.



## Inhoudstafel

1	Inleiding.....	6
2	Methode.....	8
2.1	Studiegebied.....	8
2.2	Zenderen en telemetrienetwerk.....	10
2.3	Data processing.....	14
2.4	Data analyse.....	16
3	Resultaten.....	17
4	Discussie.....	20
5	Referenties.....	22



# 1 INLEIDING

Estuaria zijn wereldwijd sterk onderhevig aan antropogene activiteiten (Simenstad & Cordell 2000; Van Eck & De Rooij 1993), gezien de grootste havens en economische activiteiten zich langs de oevers van estuaria en dichtbij zee bevinden (Meire et al. 2005). Door hun hoge habitatdiversiteit vervullen estuaria een cruciale rol in de levenscyclus van veel organismen zoals residente brakwatersoorten, maar ook migrerende soorten zoals mariene en diadrome vissen (Haedrich, 1983). Diadrome vissoorten migreren tussen de zee en rivier om hun levenscyclus te voltooien, waarin twee types onderscheiden worden: anadrome vissoorten paaien in de rivier, maar groeien op in zee (vb. de Atlantische zalm (*Salmo salar*)), terwijl katadrome vissoorten net het tegenovergestelde doen (vb. paling (*Anguilla anguilla*)). Bijgevolg moeten alle diadrome vissoorten estuaria doorkruisen om van hun paaihabitat naar hun opgroeihabitat te migreren en vice versa (Breine et al. 2007). Toch is de rol die estuaria voor diadrome soorten spelen nog steeds relatief onbekend. Kennisleemtes variëren van de migratieroutes tot het temporeel gebruik van estuaria als foerageergebied.

Dit onderzoek focust op de fint (*Alosa fallax*). De fint is een anadrome vissoorten die paait in het zoetwater-getijdengebied van het estuarium, maar opgroeit in zee en de stroomafgelegen delen van estuaria. De soort stelt hoge eisen aan haar habitat en wordt daardoor beschouwd als een indicatorsoort voor estuaria en kustgebieden (Rochard et al. 2009). De populatie is sterk gedaald in alle Europese estuaria en op bepaalde plaatsen zelfs verdwenen. Ze werd dan ook opgenomen als een Europese Habitatrichtlijnsoort. De voornaamste redenen voor de achteruitgang zijn vervuiling en het bouwen van obstakels zoals sluizen en stuwen (zogenaamde migratiebarrières). Sinds 2012 is een paaiende populatie teruggekeerd naar het Schelde-estuarium, waarschijnlijk door een verbetering van de waterkwaliteit vanaf 2007. Ondanks de terugkeer is het van essentieel belang om het effect van nieuwe antropogene activiteiten op de populatie te analyseren via een zogenaamde impact assessment.

De vraag naar hernieuwbare energie is hoog wat leidt tot de bouw van heel wat windmolenparken, waaronder ook op zee. Dit gaat gepaard met de aanleg van elektriciteitskabels die de opgewekte gelijkstroom van op zee naar land transporteren. De impact van deze kabels op vissen is echter weinig gekend, in het bijzonder het elektromagnetische stralingsveld. TenneT TSO is de elektriciteit netbeheerder van Nederland en een groot deel van Duitsland. Door een vergunning van de Wet Natuurbescherming heeft TenneT een plicht om onderzoek te doen naar de effecten van elektromagnetische velden op vissen en zeezoogdieren. In deze studie werd onderzocht of de elektromagnetische velden afkomstig van de elektriciteitskabels, die aangelegd werden tussen het windenergiegebied Borssele op zee en de gemeente Borssele op Zuid-Beveland, een significante invloed hebben op de migratie en het habitatgebruik van fint in de Westerschelde. Het effect werd onderzocht door het bewegingsgedrag van de fint in de Westerschelde te bestuderen m.b.v. akoestische telemetrie. Sinds 2015 worden in de Zeeschelde, nabij Sint-Amands (België), jaarlijks finten voorzien van een akoestische zender, die een unieke ID uitstuurt. Dit signaal kan bijgevolg gedetecteerd worden door de detectiestations onder water. Deze detectiestations worden ook wel ontvangers, hydrofoons of receivers genoemd. In dit rapport spreken we telkens over detectiestations. In het stroomgebied van de Schelde hebben we sinds 2014 een netwerk van circa 120 detectiestations in de Zeeschelde, Westerschelde en het Belgisch deel van de





Noordzee (BDNZ) (Reubens et al. 2019) en kan het migratiegedrag en habitatgebruik van fint doorheen het gebied opgevolgd worden.

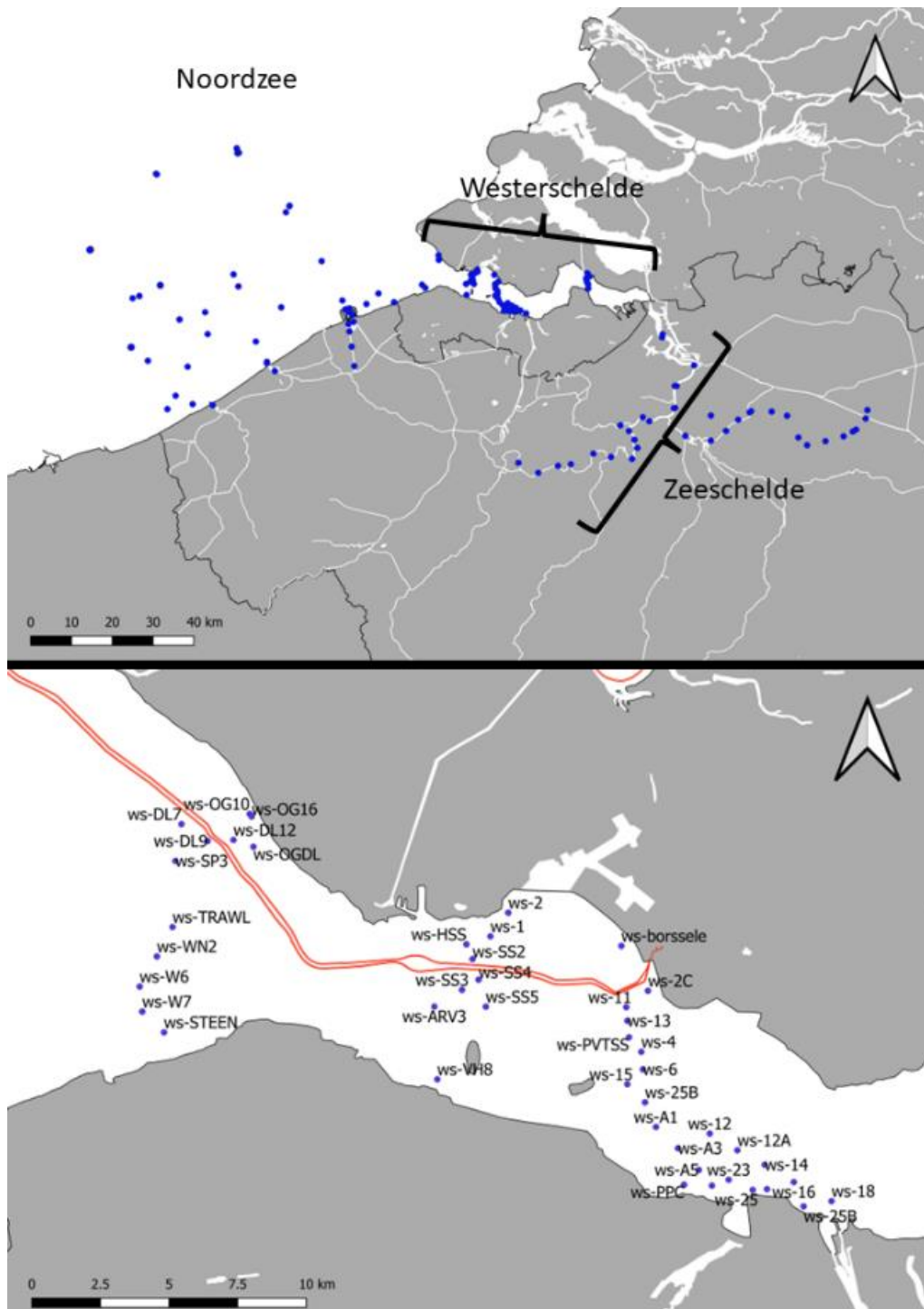
Er is weinig geweten over het habitatgebruik en migratiegedrag van fint en het onderzoek van de effecten van elektromagnetische velden op vissen staat nog in de kinderschoenen. Dit onderzoek bestaat uit twee delen. In het eerste deel werd het habitatgebruik en migratiegedrag van fint onderzocht vóór de activatie van de stroomkabels. In voorliggende tweede deel van de studie belichten we het effect van de stroomkabels op het habitatgebruik en het migratiegedrag van de fint. We onderzoeken een potentieel effect aan de hand van de detecties van gezenderde finten op de detectiestations in de nabijheid van de stroomkabels in de Westerschelde en we vergelijken de detecties voor en na de activatie van de eerste stroomkabel in november 2020.



## 2 METHODE

### 2.1 STUDIEGEBIED

Het Schelde-estuarium vormt de overgang tussen de Boven-Schelde en de Noordzee. Het wordt gekenmerkt door een saliniteitsgradiënt van 30 tot < 5 PSU die lokaal varieert door het getij en de afvoer ten gevolge van neerslag. Het estuarium wordt opgedeeld in de Zeeschelde en de Westerschelde. De Zeeschelde is het Belgisch deel van het estuarium tussen de sluisen in Merelbeke en de Belgisch-Nederlandse grens in Antwerpen. Vanaf daar tot Vlissingen-Breskens spreken we van de Westerschelde. In het estuarium vindt intensieve bedrijvigheid plaats, waarvan de voornaamste scheepvaart (transport), baggerwerken en visserij zijn. In augustus 2018 werden vier elektriciteitskabels gelegd waarvan de eerste kabel sinds 27 november 2020 operationeel is (Figuur 1).



Figuur 1 Boven: Het Schelde-estuarium bestaat uit de Zeeschelde in België en de Westerschelde in Nederland. De detectiestations van het permanente Belgische telemetrienetwerk zijn aangeduid met blauwe punten en geeft de status weer op het moment van schrijven (oktober 2022). Onder: het studiegebied met de detectiestations waarop finten sinds het begin van de studie werden gedetecteerd. De vier stroomkabels die door het telemetrienetwerk in de Westerschelde lopen, zijn aangeduid met rode lijnen. De codes duiden de namen van de detectiestations aan.

## 2.2 ZENDEREN EN TELEMETRIENETWERK

Sinds 2015 worden jaarlijks in het voorjaar (april – mei) finten gevangen en gezenderd op de paaigronden in Sint-Amands (België) door het INBO. De finten worden gevangen met een ankerkuil of dubbele schietfuisen (Figuur 2). Na de vangst worden ze overgebracht in een reservoir van ca. 1000 L. Hierin wordt een constante toevoer van vers estuarien water voorzien m.b.v. een pomp.



Figuur 2 Een overzicht van de vangstmethodes: a) fuisvisserij en c) ankerkuilvisserij. De opstelling van het veldlabo met het 1000 L reservoir, meetplanken operatiebak zijn weergegeven in b).

Door hun hoge gevoeligheid voor behandeling en stress zenderden we de finten aanvankelijk (van 2015 tot en met 2017) extern. Met twee fijne naalden in de spier vlak onder de dorsale vin werd de zender aan het lichaam van de fint vastgemaakt, tegen de lichaamswand (Breine et al. 2017). Het voordeel van deze methode was dat er geen incisie in de vis gemaakt moest worden en dus mogelijks de overlevingskans na zenderen verhoogde. Na succesvolle toepassing van interne zendering in het Verenigd Koninkrijk (Bolland et al. 2012), besloten we sinds 2018 ook om geleidelijk over te schakelen op interne zendering (Tabel 1). Bij een interne zendering wordt een verticale incisie vlak boven de buikvin gemaakt en de zender in de buikholte gebracht (Figuur 3). Vervolgens wordt de incisie gesloten met twee tot drie chirurgische hechtingen (Ethilon

draad). Na het zenderen wordt de fint onmiddellijk terug in het estuarium vrijgelaten. De zender inwendig plaatsen heeft als voordeel dat er minder impact is op de hydrodynamische vorm van de fint, lagere kans dat de zender los komt en minder kans op aangroei van bacteriën en andere aquatische organismen (i.e. biofouling), met mogelijks ontstekingen tot gevolg.

Op het moment van schrijven werden 157 finten gezenderd. Overheen de jaren werden zenders van een verschillend formaat en levensduur gebruikt (InnovaSea Systems Inc., USA en Thelma Biotel, Noorwegen). De levensduur varieerde van 64 dagen tot 1219 dagen (Tabel 2). De zenders met de korte batterijduur van slechts 64 dagen werden voor vier studiedieren gebruikt en twee zenders hadden een batterij levensduur van 132 dagen. De overige 151 finten kregen een zender die meer dan een jaar batterijduur had. De lange batterijduur liet toe om finten die een jaar na zenderen terugkeren naar de paaigronden in het estuarium waar te nemen.

De zenders verschillen in specificaties omdat in de eerste jaren enkel zenders gebruikt werden die oorspronkelijk aangekocht waren voor andere projecten. Sinds de beschikbaarheid van budget voor de monitoring van fint worden zenders gebruikt van 9 mm diameter met een batterijduur van 610 dagen (Tabel 2).



Figuur 3 Via een verticale incisie boven de buikvin wordt een akoestische zender in de buikholte gebracht.

Tabel 1 Overzicht van het aantal gezenderde finten, de zender-methode (extern of intern), aantal finten gedetecteerd op < 5 detectiestations en het aantal finten dat terugkeerde naar de paaigronden een jaar na zenderen. Van fint die op < 5 detectiestations gedetecteerd werd, wordt verwacht dat ze gestorven zijn (door zending of door predatie) of dat ze de zender verloren zijn. Deze dieren worden uiteindelijk uit de dataset verwijderd (zie ook sectie 'data processing').

Jaar	Extern of intern	Aantal	Aantal fint op < 5 detectiestations (%)	Aantal finten die 1 jaar na zending opnieuw in de Schelde komen voortplanten (% van overlevers)
2015	Extern	8	3 (38%)	0 (0%)
2016	Extern	26	3 (12%)	0 (0%)
2017	Extern	5	1 (20%)	0 (0%)
2018	Extern	2	1 (50%)	0 (0%)
	Intern	3	3 (100%)	0 (0%)
2019	Extern	1	1 (100%)	0 (0%)
	Intern	4	0 (0%)	2 (50%)
2020	Intern	19	3 (16%)	7 (44%)
2021	Intern	37	9 (24%)	11 (39%)
2022	Intern	52	3 (6%)	nog te bepalen



Tabel 2 Overzicht van het aantal verschillende modellen akoestische zenders met hun specificaties.

Merk	Model	Lengte(mm)	Diameter (mm)	Gewicht in lucht (g)	Gewicht in water (g)	Batterijlevensduur (dagen)	Aantal
InnovaSea Systems Inc. (USA)	V7-2x	19.5	7	1.5	0.7	64	4
	V9-2x	27.5	9	1.7	0.8	626	2
						484	47
						458	15
						132	2
	V13-1x	30.5	13	9.2	5.1	782	19
1219						26	
Thelma Biotel (Norwegen)	ID-LP9L	24	9	4	2.5	610	42

De unieke ID's van de zenders worden gedetecteerd door de detectiestations in het netwerk van het Schelde-estuarium en het Belgisch Deel van de Noordzee (BDNZ). Het gehele netwerk noemen we het 'Permanent Belgian Acoustic Receiver Network' of PBARN (Reubens et al. 2019) (Figuur 1).

Het PBARN bestaat uit meer dan 100 detectiestations die verspreid zijn over het BDNZ, de Schelde (Westerschelde en Zeeschelde), de zijrivieren van de Schelde (de Rupel en de Grote Nete), en de havens van Antwerpen, Oostende, Zeebrugge en Nieuwpoort. Het detectienetwerk wordt sinds 2014 onderhouden door het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) en het Instituut voor natuur- en bosonderzoek (INBO) met steun van LifeWatch (<https://www.lifewatch.be>). Het bereik van de detectiestations waarbinnen een gezenderde vis gedetecteerd kan worden (ook detectierange genoemd) is gemiddeld 200 m, maar verschilt naargelang de locatie in het PBARN en andere externe factoren zoals o.a. het weer (vb. windsterkte en golfhoogte), de stroomsnelheid, de hoeveelheid opgelost sediment, het substraat, onderwater geluid (vb. van voorbijvarende schepen), maar ook de tilt van de detectiestations (Reubens et al. 2018).

In dit rapport focussen we ons op het stuk van de Westerschelde waar de stroomkabels lopen (Figuur 1). Merk op dat de detectiestations ws-1, ws-2, ws-HSS, ws-SS2, ws-SS3, ws-SS4, ws-SS5, ws-ARV3 en ws-VH8 geïnstalleerd werden in september 2021 en dus na de activatie van de stroomkabels. De stations zijn met kettingen bevestigd aan navigatieboeien, waardoor ze drie meter onder het wateroppervlak hangen om passerende vissen te detecteren (Figuur 4). Omdat we voor de bevestiging afhankelijk zijn van de navigatieboeien overschrijden de afstanden tussen de detectiestations vaak de detectierange. Vooral bij de meest stroomafwaartse gordel is de gemiddelde afstand tussen de detectiestations ongeveer 1 km waardoor het netwerk niet volledig sluitend is. Twee tot drie keer per jaar wordt de data van de detectiestations uitgelezen. Een verloren of defect detectiestation wordt dan vervangen.





Figuur 4 De detectiestations op de Westerschelde worden met de antenne naar beneden opgehangen aan navigatieboeien. Een gewicht houdt de kabels en het detectiestation op hun plaats.

## 2.3 DATA PROCESSING

Van de in totaal 157 gezenderde finten werden er 147 gedetecteerd. Omdat de zeven gedetecteerde finten uit 2015 zenders hadden die geen jaar meegingen, werden die uit de analyse gelaten. Vervolgens hebben we dode finten of losgekomen zenders buiten beschouwing gelaten: een fint werd als dood beschouwd of een zender als losgekomen indien die op minder dan vijf detectiestations gedetecteerd werd. Dit resulteerde in het weglaten van nog eens 20 finten uit de analyse.

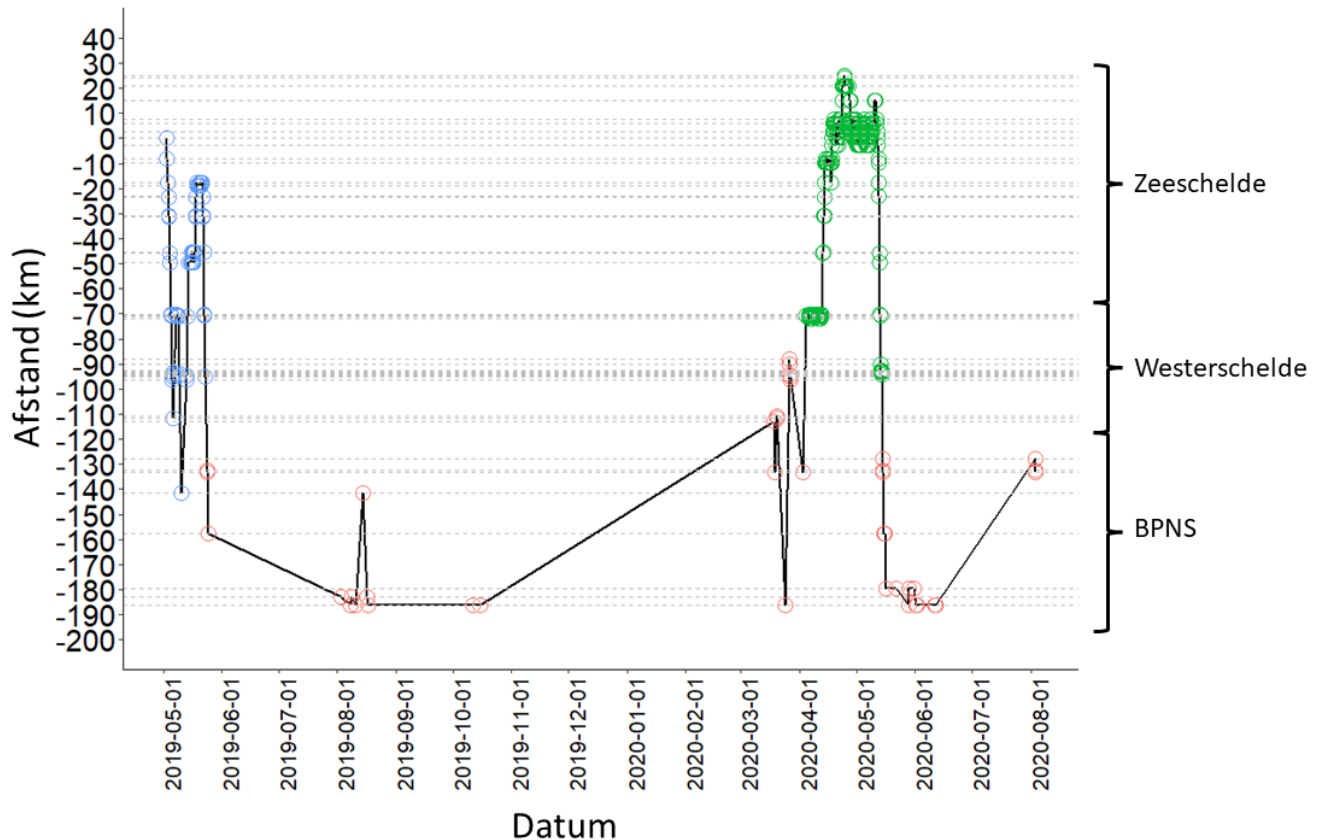
Van de overgebleven 120 finten werden drie verschillende gedragingen geclassificeerd (Figuur 5):

- *Paaimigratie*: we klasseerden detecties als migratiegedrag zodra fint in de Westerschelde werd gedetecteerd en doorzwoom naar de Zeeschelde om te paaien tot wanneer ze na de paai terugkeerden naar de Noordzee. Merk op dat dit gedrag ook de effectieve paai omvat, maar om de tekst helder te houden, spreken we in dit geval van paaimigratie.
- *Tagging effect*: uit de data komt naar voor dat een fint afwijkend gedrag vertoont na het zenderen. Specifiek gaan ze binnen de 24u na zenderen terug naar zee om vervolgens terug te keren naar de paagronden. In sommige gevallen wordt dit 'heen en weer' zwemgedrag nog één tot twee keer herhaald. Omdat we dit gedrag niet observeren bij finten die een jaar na zenderen terugkeren om te paaien, veronderstellen we dat het



'heen en weer' gedrag op een 'tagging effect' wijst. We beschouwen het tagging effect als het moment dat fint wordt vrijgelaten na het zenderen tot wanneer hij in de Noordzee gedetecteerd wordt en niet meer terugkeert naar de Zeeschelde.

- *Foerageergedrag*: de rest van het gedrag klasseerden we als foerageergedrag.



Figuur 5 Voorbeeld van het bewegingsgedrag van een individuele fint (A69-1602-12461), gezenderd op 2 mei 2019. We deelden het geobserveerde gedrag in drie klassen in, namelijk 'tagging effect' (blauw), 'paaimigratie' (groen) en 'foerageergedrag' (rood); zie tekst voor de classificatieregels. Deze figuur toont een weergave van de verschillende types gedrag voor fint 'A69-1602-12461'. De y-as geeft de afstand weer ten opzichte van de locatie waar de fint werd vrijgelaten (afstand '0'). De negatieve afstand is het gebied stroomafwaarts van de uitzetlocatie en de positieve afstand is het stroomopwaarts gebied. De gebieden Zeeschelde, Westerschelde en het Belgisch deel van de Noordzee (BPNS) zijn aangeduid op de rechterkant van de figuur.

Vervolgens werd de data geclassificeerd als 'tagging effect' verwijderd uit de data. Omdat 35 finten relatief kort gedetecteerd werden waarbij hun gedrag enkel als 'tagging effect' werd geclassificeerd, werd de dataset gereduceerd tot 85 individuen. Tenslotte werden nog zeven finten uit de data verwijderd omdat die minder dan één week gedetecteerd werden. Bijgevolg werd een dataset van 78 finten gebruikt om de impact van de stroomkabels te analyseren. Van dit aantal werden 25 finten gedetecteerd vóór de activatie van de stroomkabels op 27 november 2020 en 57 finten erna. Vier individuen werden zowel voor als na de activatie van de kabels gedetecteerd.

## 2.4 DATA ANALYSE

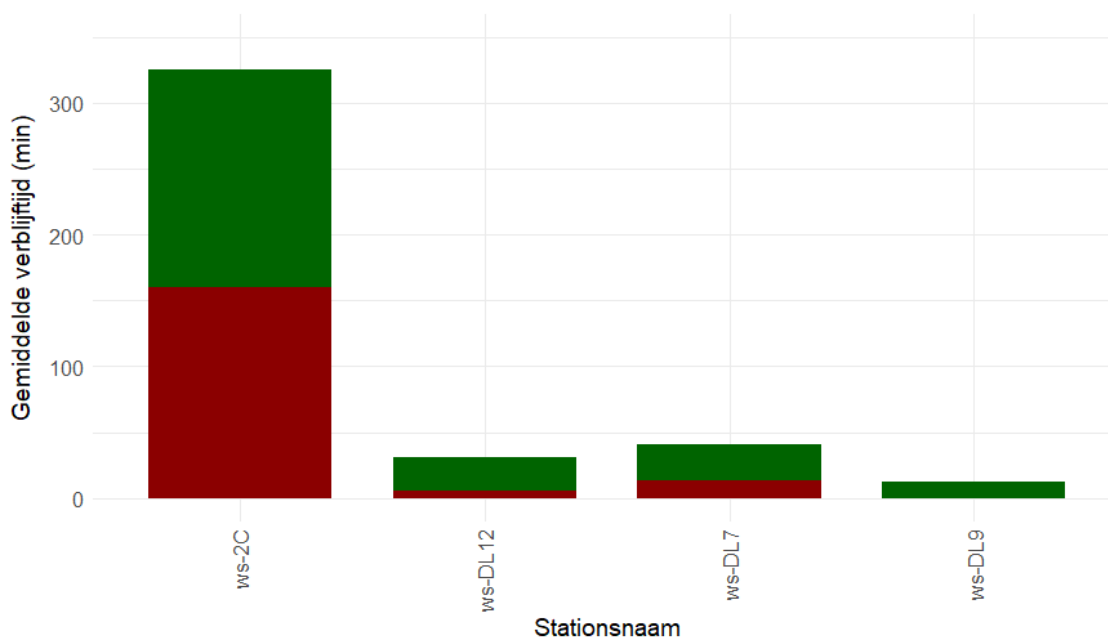
Om het potentieel effect van elektromagnetische velden afkomstig van de stroomkabels te onderzoeken, maakten we een onderscheid tussen foerageergedrag en migratiegedrag. Elk type gedrag kan namelijk gedreven worden door andere stimuli waardoor het effect van stroomkabels dus kan verschillen. Vervolgens werd gekeken naar de detectiestations die op minder dan 400 m van de stroomkabels lagen. Het station ws-DL9 lag op minder dan 200 m van de kabels, het station ws-DL12 op minder dan 300 m en de stations ws-2C en ws-DL7 op minder dan 400 m. Daarna bepaalden we de verblijftijd per station per kabelsituatie (niet-actief vs. actief). Omdat niet alle stations door een gelijk aantal finten bezocht werd en omdat het aantal gedetecteerde finten de verblijftijd beïnvloedt, deelden we de verblijftijd door het aantal gedetecteerde finten. Tot slot voerden we een niet-parametrische Kruskal-Wallis test uit om het verschil in verblijftijd voor en na de activatie van de stroomkabels statistisch na te gaan op het 5% significantieniveau. We deden deze analyse zowel op detecties van foerageergedrag als op detecties van migratiegedrag.

Echter, omdat er vóór de activatie van de kabels geen migratiegedrag gedetecteerd werd, konden we geen statistische test uitvoeren. We hebben in de plaats nagegaan of finten die een jaar na zenderen terugkeren naar de Westerschelde doortrekken tot de Zeeschelde om te paaien. Dit was dus een louter kwalitatieve analyse.



### 3 RESULTATEN

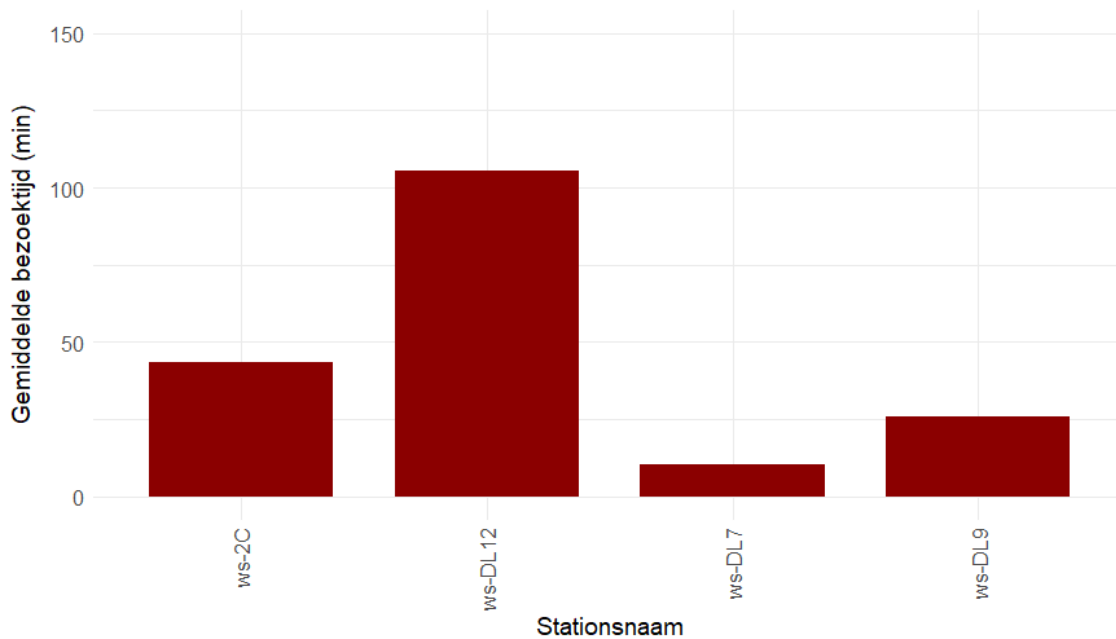
Tijdens het foerageren was er geen significant verschil in gemiddelde verblijftijd aan de onderzochte detectiestations nabij de stroomkabels voor en na de activatie van de kabels (Kruskal-Wallis test, Chi-squared = 1.33, p-value > 0.05) (Figuur 6).



Figuur 6 De gemiddelde verblijftijd per station onder het foerageergedrag voor (groen) en na (rood) de activatie van de stroomkabels. Het station ws-DL9 lag op minder dan 200 m van de kabels, station ws-DL12 op minder dan 300 m en de stations ws-2C en ws-DL7 op minder dan 400 m.

Tijdens de paaimigratie werden geen finten gedetecteerd op de vier stations in de periode voor de activatie van de stroomkabels. Het was pas vanaf het voorjaar 2020 dat twee finten terugkeerden naar de paaigronden een jaar na hun zendering in 2019. Dit was dus voor de activatie van de stroomkabels en dit geringe aantal verklaart waarom er geen data is voor de periode voor de activatie van de kabels. In 2021 keerden 18 finten terug die in 2020 gezenderd werden in de Zeeschelde (Figuur 7). Al deze finten migreerden voorbij de kabels en zwommen de Zeeschelde op tot de paaigronden (zie Figuur 5 en bijlage voor de figuren met de trajecten van de 20 terugkerende finten). Merk op dat finten heel snel door de Westerschelde migreren om te gaan paaien. Van de 18 finten die sinds 2021 het jaar na zenderen terugkeerden naar de paaigronden, werden er 15 gedetecteerd in de zone Borssele/Terneuzen – Vlissingen/Breskens (dus de zone waar de kabels liggen) op weg naar de paaigronden. Hun gemiddelde migratieduur was  $3.87 \pm 4.07$  dagen (range: 0.40 – 12.45 dagen). Op de terugweg na de paai werden 12 finten in dezelfde regio gedetecteerd aan een gemiddelde duur van  $0.84 \pm 0.61$  dagen (range: 0.06 – 1.94 dagen).

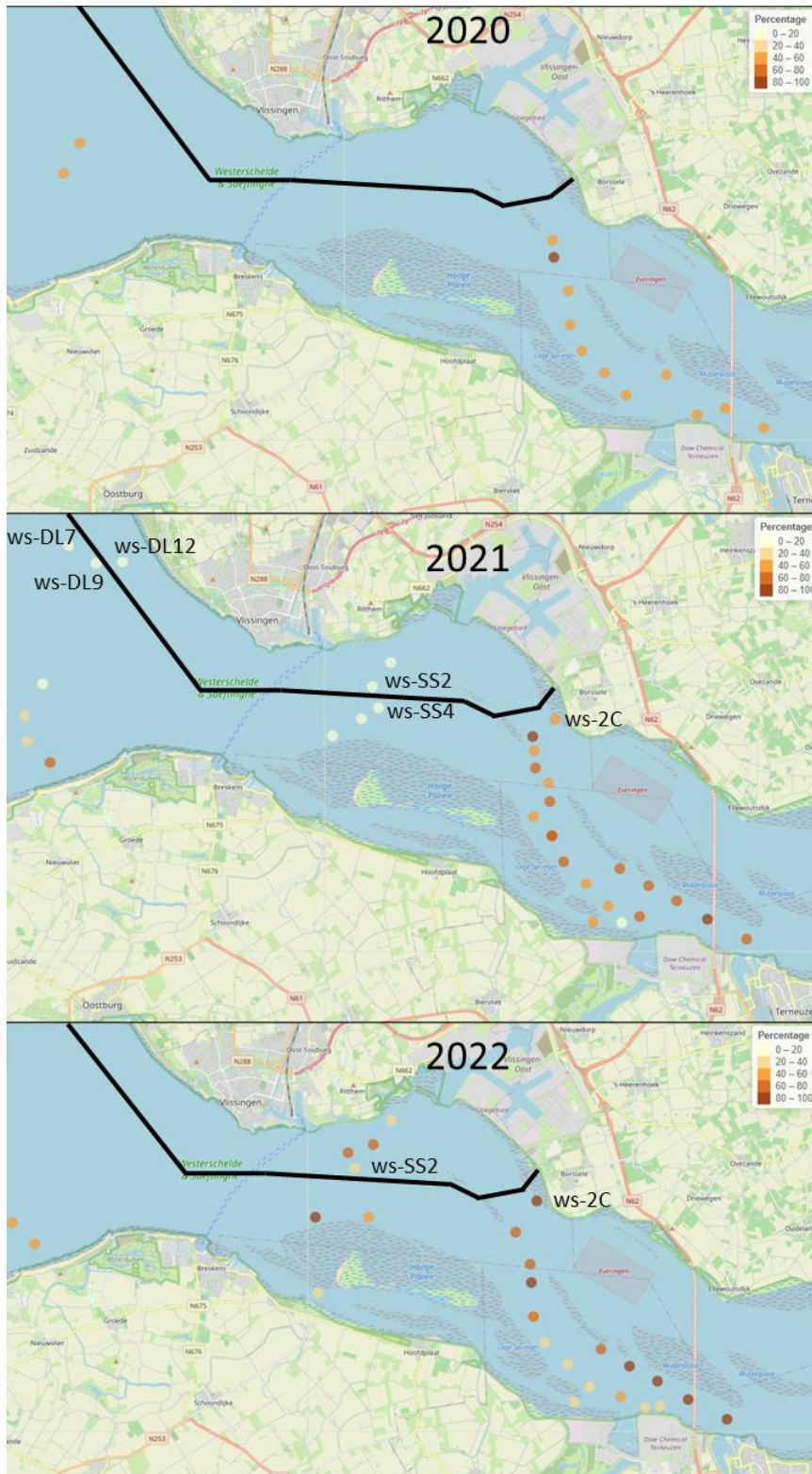




Figuur 7 De gemiddelde verblijftijd per station onder het migratiegedrag na de activatie van de stroomkabels. Het station ws-DL9 lag op minder dan 200 m van de kabels, het station ws-DL12 op minder dan 300 m en de stations ws-2C en ws-DL7 op minder dan 400 m.

Tenslotte tonen we per detectiestation het percentage gedetecteerde terugkerende finten een jaar na zending tijdens hun paaimigratie om de migratieroutes in kaart te brengen; dit voor de drie jaren waarop terugkerende finten werden gedetecteerd afzonderlijk (Figuur 8). De twee migrerende finten in 2020 werden niet op de detectiestations nabij de stroomkabels gedetecteerd. Merk op dat de gordel met detectiestations waartoe ws-SS2 en ws-SS4 behoren pas in september 2021 werden geïnstalleerd. In 2021 werden acht migrerende finten op de detectiestations nabij de stroomkabels gedetecteerd: de helft werd gedetecteerd op ws-2C (50%), maar op de andere vier stations werd slechts één exemplaar (12.5%) gedetecteerd. Dit was echter ook het geval voor de naburige stations van ws-SS2 en ws-SS4. Uit de figuur valt af te leiden dat de meeste individuen (62.5 %) via het zuiden de Westerschelde in en uit zwom. In 2022 werd 64% van de 10 finten op ws-2C gedetecteerd. Verder werd nog eens 27% op ws-SS2 gedetecteerd, maar niet op de andere stations nabij de stroomkabels. Ook uit de figuur voor 2022 lijken de meeste finten via de zuidelijke kant de Westerschelde in en uit te zwemmen. Verder stellen we vast dat het hoogste percentage detecties over de drie jaar zich in de geul ten zuiden van de Middelplaat en ten oosten van de Hooge Platen bevindt (m.a.w. de overloop tussen Terneuzen en Borssele).





Figuur 8 Het percentage gedetecteerde finten tijdens hun paaimigratie in de regio Vliessing/Breskens – Borssele/Terneuzen voor de drie afzonderlijke jaren. De stroomkabels zijn aangeduid met een zwarte lijn. De stationsnamen van de detectiestations die op minder dan 400 m van de stroomkabels lagen zijn eveneens weergegeven.

## 4 DISCUSSIE

Door het toenemende aantal kabels op de zeebodem wordt geopperd om meer onderzoek te doen naar de mogelijke impact van de effecten van stroomkabels op vissen (Öhman et al. 2007). Verschillende studies tonen immers aan dat bepaalde vissoorten gevoelig zijn voor elektromagnetische golven en dat hun gedrag, zoals zwemoriëntatie, kan veranderen volgens variaties in die golven (Kalmijn 1982; Taylor 1986; Souza et al. 1988; Tesch et al. 1992). In deze studie belichten we de mogelijke impact van stroomkabels in de Westerschelde, namelijk van gemeente Borssele naar het windmolenpark Borssele in de Noordzee, op het bewegingsgedrag van de anadrome fint.

Deel 1 van de studie naar de impact van de stroomkabels op het bewegingsgedrag van fint toonde aan dat de soort de Westerschelde gebruikt als opgroei gebied en migratieroute. Deel 2 van de studie zoomt in op het gedrag van fint in de nabijheid van de stroomkabels. We evalueerden het eventuele verschil in gedrag in de periode voor en na de aanleg en werking van de kabels. We kozen er in dit tweede deel van de studie voor om de analyse op te splitsen voor twee types gedrag dat we observeerden in deel 1 van de studie: foerageergedrag en migratiegedrag. Vismigratie gebeurt vaak in een unidirectionele richting, getriggerd door specifieke omgevingsvariabelen zoals veranderingen in temperatuur en stroomsnelheden. Foerageergedrag kent vaak langere verblijftijden in bepaalde gebieden en kan zowel een gerichte beweging naar bepaalde voedselgronden zijn als het willekeurig foerageren in een groot gebied. Het effect van de stroomkabels op het bewegingsgedrag tijdens foerageren en tijdens de paaimigratie werd enkel op de schaal van enkele 100-en meters onderzocht met behulp van een bestaand netwerk aan detectiestations. De verblijftijd op de bestaande stations werd met elkaar vergeleken in de periodes voor en na de werking van de kabels. Gegevens uit de periode voor de werking van de kabels werden verzameld in het kader van andere studies en zijn bijgevolg beperkt tot twee individuen die stroomopwaarts migreerden naar hun paaigronden en daarbij niet in de buurt van de kabels zwommen. Deze beperking van de dataset moet in acht genomen worden bij de finale conclusie over de impact van de kabels op de paaimigratie van de fint.

Tijdens het foerageren was er op minder dan 400 m van de stroomkabels geen verschil in verblijftijd op dezelfde stations in de periode voor versus na de activatie van de kabels. Hoewel we slechts vier stations in beschouwing konden nemen die op relatief korte afstand van de kabels lagen, geeft dit een indicatie dat de stroomkabels geen effect hebben op het foerageergedrag van fint op de schaal van 150 tot 400 m. Voor een analyse op het migratiegedrag hadden we echter geen detecties van migrerende finten op de vier geselecteerde stations nabij de kabels. Dit komt omdat we pas vanaf het voorjaar van 2020 terugkerende finten detecteerden; in 2020 keerden twee gezenderde finten uit 2019 terug naar de paaigronden. Hoewel we sinds 2015 finten zenderen, waren we pas in 2019 succesvol bij het inwendig inplanten van de zender, waarbij de kans op het verliezen van een zender aanzienlijk werd verkleind. Bovendien konden we slechts vanaf 2020 grotere aantallen zenderen, wat resulteerde in een groter aantal terugkerende finten. Ondanks het tekort aan data voor de periode voor de activatie van de kabels, konden we toch een expert-based inschatting maken over een mogelijk desoriëntatie- en vertragingseffect van de stroomkabels op het migratiegedrag van fint. Alle 20 finten die het jaar na hun zending terugkeerden, bereikten succesvol de paaigronden. Uit de data blijkt bovendien dat finten tijdens hun migratie vrij snel door de zone Vlissingen/Breskens – Borssele/Terneuzen migreren waar de stroomkabels liggen,



mogelijks om op een specifiek tijdstip op de paaigronden te arriveren. Ook tijdens hun migratie na de paai op weg naar zee zwommen ze snel door het gebied. Bovendien werden de finten gedetecteerd op zo goed als alle detectiestations in de Westerschelde (gelijkmatige verdeling), maar wel iets vaker dichter bij de oever en vooral in de geul tussen Terneuzen en Borssele. Zo ook aan station ws-2C nabij de gemeente Borssele en de stroomkabels.

Merk op dat de detecties aan de monding van de Westerschelde, namelijk Vlissingen-Breskens, relatief laag zijn. Er zijn verschillende mogelijke oorzaken. Ten eerste hangen de detectiestations meer dan een kilometer uit elkaar waardoor het netwerk niet sluitend is. Ten tweede staan er sterke waterstromen wat de detectierange van de detectiestations verkleint. Het is niet ondenkbaar dat finten de sterke stromen gebruiken om in en uit de Westerschelde te zwemmen, maar dat moet verder onderzocht worden en ligt buiten het doel van deze studie.

Verder merken we op dat de afstand van de stations tot de kabels varieerde tussen 150 m en 400 m. Volgens metingen van het elektromagnetisch veld uitgevoerd door WaterProof zou er geen straling gemeten worden verder dan 50 m van de kabels. Dit is gelijkaardig aan de resultaten van metingen op andere stroomkabels in het Nederlands deel van de Noordzee (Snoek et al. 2020). Omdat we geen detectiestations hebben binnen die afstand konden we het effect dichterbij de kabels niet nagaan.

We concluderen op basis van deze analyse en onze expert-judgement dat fint geen hinder ondervindt van de stroomkabels tijdens de paaimigratie en het foerageergedrag. Het is volgens ons niet nodig om dit onderzoek naar fint een jaar te verlengen, maar er moet gewaakt worden dat er (cumulatieve) effecten kunnen ontstaan indien meer kabels worden gelegd. We bevelen daarom aan om bij de aanleg van nieuwe kabels het foerageer- en migratiegedrag van fint opnieuw te onderzoeken. Hierbij moet opgemerkt worden dat wij een effect op macroschaal bekeken en niet konden nagaan wat het gedrag was binnen het elektromagnetisch stralingsveld van de kabels. Dit vraagt een andere setup, bijvoorbeeld in de vorm van een grid aan detectiestations waardoor een stroomkabel loopt. Hoewel de gevoeligheid van fint (en haringachtigen in het algemeen) voor elektromagnetische golven nog niet werd aangetoond, is dit wel het geval voor andere vissoorten. Soorten die lange afstanden afleggen zoals Europese paling (*Anguilla anguilla*), haaien en roggen, geelvin tonijn (*Thunnus albacares*), Atlantische zalm (*Salmo salar*) en verschillende Pacifische zalmsoorten hebben eigenschappen om magnetische velden te detecteren (Hanson, Karlsson, and Westerberg 1984; Walker et al. 1984; Kirschvink et al. 1985; Mann et al. 1988; Moore, Freake, and Thomas 1990). In het Schelde-estuarium hebben we telemetriedata van uittrekkende palingen van 2015 tot en met 2019. Ook werd in het verleden data verzameld door Sportvisserij Nederland van gezenderde stekelroggen (*Raja clavata*). Omdat deze soorten dus wel gevoelig zijn voor elektromagnetische velden bevelen we aan om naast fint ook voor hen de mogelijke impact van de stroomkabels te onderzoeken. Daarenboven kunnen zenders met magnetometers (i.e. sensoren die magnetische velden registreren) een relevante toepassing zijn in de toekomst. Omdat kennis over het effect van elektromagnetische stralingen door stroomkabels op het aquatisch milieu nog steeds beperkt is, raden we aan om maatregelen te treffen om de emissies van elektromagnetische velden door stroomkabels zoveel mogelijk te minimaliseren.



## 5 REFERENTIES

- Bolland, JD, AD Nunn, MC Lucas, and IG Cowx. 2012. 'The importance of variable lateral connectivity between artificial floodplain waterbodies and river channels', *River Research and Applications*, 28: 1189-99.
- Breine, Jan J, Joachim Maes, Paul Quataert, Erica Van den Bergh, Ilse Simoens, Gerlinde Van Thuynes, and Claude Belpaire. 2007. 'A fish-based assessment tool for the ecological quality of the brackish Schelde estuary in Flanders (Belgium)', *Hydrobiologia*, 575: 141.
- Breine, Jan, Ine S Pauwels, Pieterjan Verhelst, Lore Vandamme, Raf Baeyens, Jan Reubens, and Johan Coeck. 2017. 'Successful external acoustic tagging of twaite shad *Alosa fallax* (Lacépède 1803)', *Fisheries Research*, 191: 36-40.
- Hanson, M, L Karlsson, and H Westerberg. 1984. 'Magnetic material in European eel (*Anguilla anguilla* L.)', *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 77: 221-24.
- Kalmijn, Ad J. 1982. 'Electric and magnetic field detection in elasmobranch fishes', *Science*, 218: 916-18.
- Kirschvink, JL, MM Walker, S-B Chang, AE Dizon, and KA Peterson. 1985. 'Chains of single-domain magnetite particles in chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*', *Journal of Comparative Physiology A*, 157: 375-81.
- Mann, Stephen, NH Sparks, MICHAEL M Walker, and JOSEPH L Kirschvink. 1988. 'Ultrastructure, morphology and organization of biogenic magnetite from sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*: implications for magnetoreception', *Journal of Experimental Biology*, 140: 35-49.
- Meire, Patrick, Tom Ysebaert, Stefan Van Damme, Erika Van den Bergh, Tom Maris, and Eric Struyf. 2005. 'The Scheldt estuary: a description of a changing ecosystem', *Hydrobiologia*, 540: 1-11.
- Moore, A, SM Freake, and IM Thomas. 1990. 'Magnetic particles in the lateral line of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 329: 11-15.
- Öhman, Marcus C, Peter Sigray, and Håkan Westerberg. 2007. 'Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish', *AMBIO: A journal of the Human Environment*, 36: 630-33.
- Reubens, Jan, Pieterjan Verhelst, Inge van der Knaap, Klaas Deneudt, Tom Moens, and Francisco Hernandez. 2018. 'Environmental factors influence the detection probability in acoustic telemetry in a marine environment: results from a new setup', *Hydrobiologia*: 1-14.
- Reubens, Jan, Pieterjan Verhelst, Inge Van der Knaap, Benny Wydooghe, Tanja Milotic, Klaas Deneudt, Francisco Hernandez, and Ine Pauwels. 2019. 'The need for aquatic telemetry networks – The Permanent Belgian Acoustic Receiver Network', *Animal Biotelemetry*, 7: 2.
- Rochard, Eric, Patricia Pellegrini, Julie Marchal, Mélanie Béguer, DOMINIQUE Ombredane, Géraldine Lassalle, Erwan Menvielle, and JL Baglinière. 2009. "Identification of diadromous fish species on which to focus river restoration: an example using an eco-anthropological approach (the Seine basin, France)." In *Challenges for diadromous fishes in a dynamic global environment. American Fisheries Society, Symposium*, 691-711.
- Simenstad, Charles A, and Jeffery R Cordell. 2000. 'Ecological assessment criteria for restoring anadromous salmonid habitat in Pacific Northwest estuaries', *Ecological Engineering*, 15: 283-302.





- Snoek, RC, R de Swart, K Didden, W Lengkeek, and M Teunis. 2020. 'Potential effects of electromagnetic fields in the Dutch North Sea. Phase 2 - Pilot field study', *WP2018\_1130\_R3r3*: 64.
- Souza, Joseph J, John J Poluhowich, and Richard J Guerra. 1988. 'Orientation responses of American eels, *Anguilla rostrata*, to varying magnetic fields', *Comparative Biochemistry and physiology. A, Comparative Physiology*, 90: 57-61.
- Taylor, PB. 1986. 'Experimental evidence for geomagnetic orientation in juvenile salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* Walbaum', *Journal of Fish Biology*, 28: 607-23.
- Tesch, F-W, T Wendt, and L Karlsson. 1992. 'Influence of geomagnetism on the activity and orientation of the eel, *Anguilla anguilla* (L.), as evident from laboratory experiments', *Ecology of Freshwater Fish*, 1: 52-60.
- Van Eck, G Th M, and NM De Rooij. 1993. 'Potential chemical time bombs in the Schelde estuary', *Land Degradation & Development*, 4: 317-32.
- Walker, Michael M, Joseph L Kirschvink, Shih-Bin R Chang, and Andrew E Dizon. 1984. 'A candidate magnetic sense organ in the yellowfin tuna, *Thunnus albacares*', *Science*, 224: 751-53.

