



VOORSPELLEN VAN DE AANWEZIGHEID VAN BRUINVISSEN

Onderzoek naar het effect van verschillende abiotische factoren op de
activiteit van de bruinvissen in de Oosterschelde



2 DECEMBER 2018

Diederik Padmos
Scharendijke



Voorspellen van de aanwezigheid van bruinvissen

Onderzoek naar het effect van verschillende abiotische factoren op de activiteit van de bruinvissen in de Oosterschelde

Scharendijke, 02-12-2018

Opdrachtgever

Frank Zanderink, Eveliene Jansen- Dinger
Coördinator van Stichting Rugvin

Uitvoerende onderzoeker

Diederik Padmos
Student aan de HAS Hogeschool
's- Hertogenbosch

Begeleidende docent

Maike de Graaf

Coverfoto

Diederik Padmos



Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport 'Het voorspellen van de activiteit van bruinvissen'. Dit onderzoeksverslag is geschreven in het kader van mijn stage voor het derde jaar van de opleiding van toegepaste biologie aan de HAS Hogenschool te 's-Hertogenbosch en in opdracht van het stagebedrijf Stichting Rugvin. Vanaf augustus tot en met november ben ik bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van dit onderzoeksrapport.

Samen met mijn collega's van de stichting is de onderzoeksvraag van dit onderzoeksrapport tot stand gekomen. Niet alles liep vanzelf met name de statistiek heeft veel tijd en moeite gekost.

Gelukkig stonden de begeleiders van Stichting Rugvin, Frank Zanderink, Eveliene Jansen- Dinger, Annemieke Podt, de begeleiders van de HAS Hogenschool, Lotte Bakermans, Maaïke de Graaf en Osama Almalik en de medestudenten Diane de Jong en Janine de Jong, altijd klaar om feedback te geven en vragen te beantwoorden.

Bij dezen wil ik graag al mijn begeleiders bedanken voor de begeleiding en ondersteuning tijdens dit onderzoek. Daarnaast wil ik alle respondenten die hebben meegewerkt aan dit onderzoek eveneens bedanken. Zonder deze medewerking was dit onderzoek niet mogelijk geweest.

Veel plezier met het lezen van dit rapport.

Diederik Padmos
Scharendijke, 02-12-2018

Samenvatting

De bruinvis (*Phocoena phocoena*) is één van de weinige zeezoogdieren die veelvoorkomend zijn in de Nederlandse kustwateren. In de Oosterschelde, een estuarium van de Noordzee, leeft een populatie van minimaal 48 dieren die jaarrond aanwezig zijn, geteld op 1 september 2018. Deze populatie wordt in kaart gebracht door Foto-identificatie en onderzocht door Stichting Rugvin. In 2017 is een project 'Studio Bruinvis' gestart. Voor dit project is er een hydrofoon aan een boei in de Oosterschelde voor de haven van Zierikzee geplaatst. Deze hydrofoon neemt bruinvisgeluiden waar, genaamd clicks en worden draadloos naar een zuil op de kant verzonden. Bij deze zuil kunnen mensen luisteren naar de clicks van de bruinvissen. Daarnaast is er opnameapparatuur in de zuil geplaatst zodat geluidsbestanden bewaard en gebruikt kunnen worden.

Deze gegevens kunnen zowel voor wetenschappelijke als educatieve doeleinden worden gebruikt. Het is nog de vraag of de waargenomen clicks overeenkomen met de waarneemkans. Als de geluidsbestanden een heel ander resultaat geven dan de werkelijke waarnemingen dan heeft het advies geven voor waarneemkans weinig nut. Tevens wordt locatie Zierikzee vergeleken met de locatie Burghsluis om aan te tonen of locaties vergelijkbaar zijn en de gegevens van de hydrofoon voor andere locaties gelden. Om deze vragen te kunnen beantwoorden is de volgende hoofdvraag opgesteld: "Hebben de abiotische factoren, watertemperatuur, waterhoogte, getij, windrichting, windkracht, en tijd invloed op de activiteit een waarneemkans van een bruinvis in de Oosterschelde?"

Om de eerste deelvraag, "Hebben de abiotische factoren effect op de het aantal waargenomen clicks van bruinvissen bij het havenhoofd in Zierikzee?", te beantwoorden is er in de periode van 28 augustus 2018 tot en met 29 september 2018 data verzameld. De geluidsdata is verkregen via Studio Bruinvis en bestond uit 144 één uurs audiobestanden, na het verwijderen van de ongeschikte bestanden. Het programma Panguard is gebruikt voor het analyseren van de geluidsbestanden. Hierbij wordt het aantal clicks per uur waargenomen. Des te hoger dit getal ligt hoe meer activiteit er wordt waargenomen. Gegevens van de abiotische factoren zijn verkregen via Rijkswaterstaat. Alle abiotische factoren zijn geklasseerd in meerdere categorieën.

Om de tweede deelvraag, "Zijn de waarnemingen van de hydrofoon vergelijkbaar met de waarnemingen tijdens de observatie bij het havenhoofd van Zierikzee?", te beantwoorden is in de periode van 29 augustus 2018 tot en met 17 oktober 2018 een monitoring uitgevoerd vanaf het havenhoofd van Zierikzee. De waarnemingen zijn vergeleken met de waarnemingen die gedaan zijn door de hydrofoon tijdens dezelfde tijden. De duur van de aanwezigheid van de bruinvissen is hierbij vergeleken.

Om de derde deelvraag "Zijn verschillende locaties in de Oosterschelde te vergelijken met de locatie Zierikzee?", te beantwoorden is zestig uur per locatie, in Burghsluis en in Zierikzee, gemonitord. Hierbij is het aantal encounters vergeleken tijdens de verschillende getijden op de verschillende locaties.

Uit de resultaten is gebleken dat de tijd op de dag en het getij significante invloed hebben op de activiteit van bruinvissen. De overige effecten hebben geen significante invloed op de activiteit van de bruinvissen. Er zijn bij elke factor wel verschillen waargenomen tussen sommige categorieën. Echter zorgt dit er niet voor dat elke factor significant invloed heeft op de activiteit van bruinvissen. Daarnaast is er geen verschil gevonden tussen de hydrofoondata en monitoringsdata. Dit betekent dat de hydrofoon data gebruikt kan worden als indicatie voor de waarneemkans van bruinvissen en dus als advies kan fungeren.

Verder is er een verschil waargenomen tussen de waarnemingen in Zierikzee en in Burghsluis. De gegevens van de hydrofoon zijn hierbij dus alleen van toepassing bij het havenhoofd van Zierikzee. Het is mogelijk dat de resultaten van andere locaties wel overeen kunnen komen met de resultaten van Zierikzee. Dit moet echter nog wel onderzocht worden.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	6
2. Materiaal en Methode	7
2.1 Gebiedsomschrijving	7
2.2 Data verzameling.....	7
2.2.1 Verzameling van de geluidsdata.....	7
2.2.2 Verzameling van de monitoringsdata	8
2.2.3 Vergelijking geluidsdata en monitoringsdata.....	8
2.3 Data analyse	9
2.3.1 Analyse geluidsdata.....	9
2.3.2 Analyse monitoringsdata.....	9
2.3.3 Analyse van de vergelijking van de geluidsdata en monitoringsdata	9
3. Resultaten.....	10
3.1 Geluidsonderzoek.....	10
3.1.1 Het uur van de dag	11
3.1.2 Getij	12
3.1.3 Windsnelheid.....	13
3.1.4 Waterhoogte	14
3.1.5 Windrichting	14
3.1.6 Watertemperatuur	15
3.1.7 Vergelijking uur van de dag met het getij	16
3.2 Monitoringsonderzoek	17
3.3 Vergelijking geluidsonderzoek en monitoringsonderzoek	18
4. Conclusie en Discussie.....	19
4.1 Geluidsonderzoek.....	19
4.2 Monitoringsonderzoek	22
4.3 Vergelijking monitoringsonderzoek en geluidsonderzoek	22
5 . Aanbevelingen	23
Literatuur:.....	24
Bijlage 1: Instellingen Pamguard64	26
Bijlage 2: Overzicht gebruikte data collectie voor geluidsonderzoek	27
Bijlage 3: Land encounter sheet	28
Bijlage 4: Data voorbereidingshandleiding	29
Bijlage 5: Invloed van windsnelheid en strijklengte op golflengte.....	30
Bijlage 6: Vaarkaart met diepte West-Oosterschelde.....	33

1. Inleiding

Voor 1950 was het waarnemen van een bruinvis (*Phocoena phocoena*) in de Noordzee heel gewoon. Vanaf de waterkant waren ze bijna altijd te zien (Ecomare, 2017). Echter nam halverwege de vorige eeuw het aantal bruinviswaarnemingen drastisch af. Zelfs zo erg dat de bruinvis van 1960 tot 1980 waarschijnlijk afwezig is geweest in de Nederlandse Noordzee (Camphuysen, 2004). Sinds 1990 begon het aantal bruinvissen weer sterk toe te nemen (Camphuysen & Siemensma, 2011). In het Nederlandse deel van de Noordzee werd de populatie in 2013 op 85.000 geschat (Geelhoed et al., 2013). In de Oosterschelde, een estuarium in de provincie Zeeland, worden tegenwoordig tevens met enige regelmaat bruinvissen waargenomen (Nationaal Park Oosterschelde, n.d.).

Zeeland staat bekend om zijn natuur, lokale gerechten en zijn kust. Zeeland is de meest, door toeristen, bezochte provincie van Nederland (Kenniscentrum Kusttoerisme, 2017). Door al dit toerisme wordt er veel aandacht gegeven aan de natuur (Provincie Zeeland, n.d.). Stichting Rugvin is een organisatie opgericht door onder andere Frank Zanderink, die zich in samenwerking met het Nationaal Park de Oosterschelde en de World Wildlife Foundation (WWF) inzet voor walvisachtigen in de Oosterschelde. Om meer aandacht te geven aan de bruinvissen in de Oosterschelde is er in 2017 een project genaamd 'Studio Bruinvis' gestart (Rugvin, 2017). Voor dit project is een boei met daaraan een hydrofoon (een waterbestendige microfoon) geplaatst die geluiden van de bruinvissen opneemt. Deze geluidsfragmenten worden naar een informatiezuil gestuurd en zijn live te horen. De hydrofoon kan de clicks van bruinvissen op 500 meter van de boei waarnemen mits de bruinvis richting de boei zwemt. De bruinvis maakt gebruik van geluidsgolven (echolocatie) met een frequentie van 120 tot 140 KHz om te navigeren en prooien te vangen (Nuuttila et al., 2017). Deze geluidsgolven gaan dus één richting op en zijn dus niet waarneembaar wanneer de bruinvis van de boei afzwemt. De geluidsfragmenten zijn niet alleen geschikt voor de toeristen die de zuil passeren. Het kan daarnaast gebruikt worden voor wetenschappelijke doeleinden en het Foto-identificatie team helpen met het kiezen van geschikte momenten om de grootste waarneemkans van bruinvissen te realiseren.

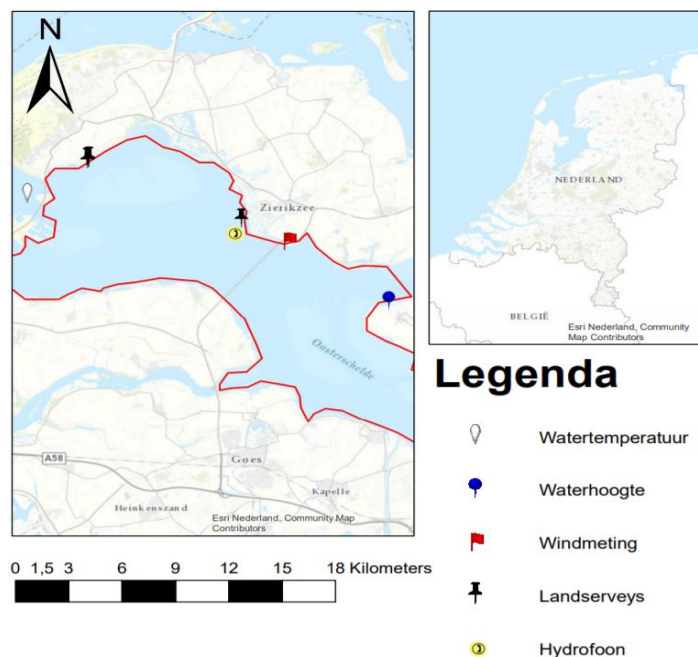
Door de geluidsbestanden te analyseren kan er aan de hand van abiotische factoren zoals; watertemperatuur, waterhoogte, windrichting, windkracht en getijdestroming worden voorspeld wanneer de kans op het waarnemen van een bruinvis het grootst is. Zo hebben verschillende onderzoeken aangetoond dat meer bruinvissen worden waargenomen tijdens opkomend water dan tijdens dalend water (IJseldijk, 2013; Johnston, 2005). Naast de waarnemingen via de hydrofoon zijn er waarnemingen gedaan door monitoring. Hier is vanaf land gekeken naar de aanwezigheid en activiteit van de bruinvissen. Zo kan worden aangetoond dat de hogere waarde aan clicks daadwerkelijk een hogere waarneemkans oplevert. De monitoring is uitgevoerd op twee locaties om aan te tonen of verschillende locaties in de Oosterschelde vergelijkbaar zijn, zodat de gegevens van de hydrofoon mogelijk voor andere locaties eveneens gebruikt kunnen worden. In eerder onderzoek is namelijk aangetoond dat op korte afstand al verschillen kunnen ontstaan (Goodwin, 2008). Door bovenstaande redenen is de onderzoeksvraag "Hebben de abiotische factoren, watertemperatuur, waterhoogte, getij, windrichting, windkracht, en tijd invloed op de activiteit van een bruinvis in de Oosterschelde?" tot stand gekomen.

Alle gegevens van de abiotische factoren zijn vanaf 28 augustus 2018 tot en met 17 oktober 2018 verkregen via Rijkswaterstaat. De geluidsbestanden zijn elke maand bij de zuil verkregen. Daarnaast is er op twee locaties gemonitord op aanwezigheid van bruinvissen. Hiervoor zijn de duur, locatie en de weeromstandigheden van de encounter genoteerd.

2. Materiaal en Methode

2.1 Gebiedsomschrijving

Het onderzoek naar de aanwezigheid en waarneemkans van bruinvissen is uitgevoerd in de Oosterschelde. De Oosterschelde is een estuarium in de provincie Zeeland en is het grootste nationale natuurpark van Nederland. Het behoort tot één van de Natura2000 gebieden (Figuur 2.1) (Ministerie van landbouw, Natuur en voedselkwaliteit, 2010). In dit onderzoek is vooral gekeken naar het gebied rondom de hydrofoon (figuur 2.1). De hydrofoon zit vast aan een boei en is op deze locatie geplaatst omdat het bekend staat om bruinvissen waar te nemen. Dat deze locatie zoveel bruinvissen aantrekt komt omdat hier een relatief diepe put zit tot wel 53 meter. De turbulentie van het water zorgt voor veel voedsel voor de prooidieren van de bruinvis (Neitzel & Niemeijer, 2012).



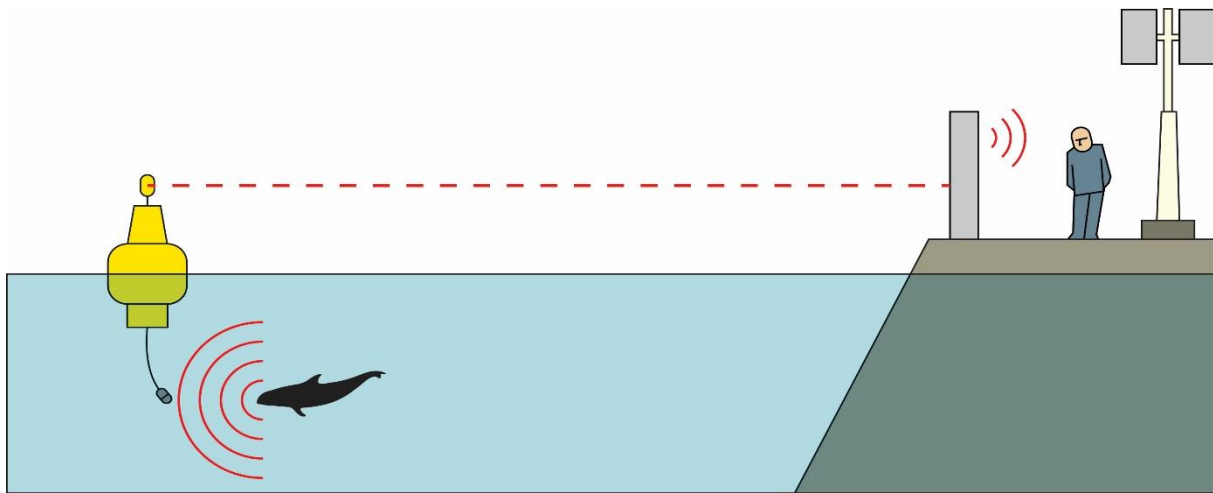
Figuur 2.1: Ligging van het onderzoeksgebied de Oosterschelde met meetlocaties in Zeeland. De coördinaten van de meetlocaties: Watertemperatuur; 51.654902, 3.711285. Waterhoogte; 51.59558, 4.005747. Windmeting; 51.628511, 3.917689. Landsurvey; 51.631541, 1.889789 & 51.674141, 3.757516. Hydrofoon; 51.634155, 3.885245.

2.2 Data verzameling

Om aan te tonen of abiotische factoren invloed hebben op de activiteit van bruinvissen is geluidsdata en monitoringsdata verzameld. Met deze gegevens is onderzocht welke factoren, watertemperatuur ($^{\circ}\text{C}$), waterhoogte (cm t.o.v. NAP), Windsnelheid (m/s), windrichting ($^{\circ}$), uur van de dag en/of het getij invloed hebben op de aanwezigheid van bruinvissen en wanneer de bruinvissen het best waar te nemen zijn. Dit is op drie manieren onderzocht. Bij de eerste manier zijn de opgenomen geluidbestanden van de hydrofoon gebruikt. De tweede manier is gebaseerd op alleen monitoringsdata. De laatste manier is een combinatie van de geluidsdata en monitoringsdata.

2.2.1 Verzameling van de geluidsdata

De geluidsdata is verkregen via een hydrofoon die aan een boei vastgemaakt is. Deze hydrofoon neemt 24 keer per dag 7 dagen in de week geluidsfragmenten van één uur op. De hydrofoon is speciaal gemaakt door het bedrijf WaterProof om echolocatie (geluiden die een bruinvis maakt om te navigeren en prooiën te zoeken) waar te nemen (Waterproof, 2017). Echolocatie van een bruinvis kent een frequentie van 120 tot 140 KHz (Nuuttila et al., 2017). Het geluid dat de hydrofoon waarneemt wordt naar een transmitter box gestuurd waar het wordt gefilterd. De clicks worden dan omgezet naar een voor ons hoorbaar geluidsbestand en verstuurd naar de zuil die op de dijk staat. De bestanden worden in de zuil opgeslagen op een USB-stick. De opname is ter plekke live te horen (Figuur 2.2).



Figuur 2.2: Schematische weergave werking hydrofoon

De geluidsbestanden zijn elke maand opgehaald. Deze geluidsbestanden zijn eerst bewerkt door bestanden met mogelijk storende geluiden zoals boten en windruis eruit te knippen (Audacity, Versie 2.2.2.exe). Daarna zijn de geschikte audiobestanden gelezen om het aantal clicks per uur te berekenen (Pamguard64, Versie 1_15.11). De instellingen van Pamguard zijn tot stand gekomen door bij verschillende fragmenten het aantal clicks handmatig te tellen en de instellingen hierop aan te passen (Bijlage 1).

In totaal zijn er 144 audiobestanden bekeken. Hiervan zijn er zes van elk uur van de dag en twaalf per klasse van het getij (Bijlage 2). De gegevens van de abiotische factoren zijn verkregen via Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat meet alle abiotische factoren in de Oosterschelde (figuur 2.1) om de tien minuten. Zes metingen zijn gebruikt om het gemiddelde van het uur te berekenen.

2.2.2 Verzameling van de monitoringsdata

De monitoringsdata is verkregen door landobservaties. Hiervoor is op twee plaatsen gemonitord. De eerste observatielocatie ligt bij Burghsluis, de tweede ligt bij het havenhoofd van Zierikzee (figuur 2.1). Gedurende de maand september is er zestig uur per observatielocatie geobserveerd. Van de zestig uur is er vijf uur per klasse van het getij gemonitord. De gegevens van de abiotische factoren zijn verkregen via Rijkswaterstaat. Ter controle zijn tijdens de observaties de gegevens van de abiotische factoren genoteerd (Bijlage 3).

2.2.3 Vergelijking geluidsdata en monitoringsdata

De vergelijking van geluidsdata en monitoringsdata is opgezet door de gegevens van de geluidsdata uit te zoeken van de tijden dat er gemonitord is. Het aantal minuten dat de bruinvissen hoorbaar zijn op de geluidsbestanden zijn handmatig geteld. De bruinvis moet richting de boei zwemmen om hem te horen. Hiervoor is een periode van maximaal twee minuten toegestaan tussen de clicks. Langere periodes zonder geluidswaarneming indiceren afwezigheid van bruinvissen en zijn niet meegerekend bij de duur van de encounter. Bij een nieuwe geluidswaarneming begint dit proces opnieuw. Voor de vergelijking is de tijd die bruinvissen aanwezig zijn geweest tijdens de landobservatie uitgezet tegen de tijd dat ze in dezelfde periode te horen zijn op de geluidsfragmenten opgenomen door de hydrofoon.

2.3 Data-analyse

2.3.1 Analyse geluidsdata

Om aan te kunnen tonen dat watertemperatuur, waterhoogte, windsnelheid, windrichting, uur van de dag en het getij daadwerkelijk invloed hebben op de activiteit van de bruinvissen worden de gegevens uitgezet in IBM SPSS Statistics 24. Met deze gegevens is een meervoudige variantieanalyse toegepast om te kijken naar significante interacties met andere factoren. Daarnaast is een Posthoc Isp-toets uitgevoerd om significantie binnen een verklarende variabele te kunnen weergeven. De responsvariabele aantal clicks is niet normaal verdeeld. Hiervoor is een log transformatie van deze responsvariabele gebruikt. De verklarende variabelen zijn allemaal opgedeeld in klassen (Bijlage 4).

2.3.2 Analyse monitoringsdata

Om te toetsen of er een verschil zit in het getij dat de bruinvissen aanwezig zijn op de verschillende locaties is de Mann-Whitney toets uitgevoerd. De locaties worden tegen elkaar uitgezet en er is getoetst of waarnemingen tijdens een bepaald getij significant meer voorkomen op een van de locaties.

2.3.3 Analyse van de vergelijking van de geluidsdata en monitoringsdata

Om te toetsen of er een verschil zit in de duur dat er bruinvissen aanwezig zijn tijdens de landobservatie en tijdens de geluidsfragmenten is er een gepaarde t-toets uitgevoerd. De duur van de landobservaties is niet normaal verdeeld. Er is voor beide responsvariabelen een log transformatie gemaakt.

3. Resultaten

3.1 Geluidsonderzoek

Om aan te tonen dat de abiotische factoren: uur van de dag; getij; windsnelheid (m/s); waterhoogte (cm); windrichting (°) en de watertemperatuur (°C) daadwerkelijk invloed hebben op de activiteit van de bruinvissen is een meervoudige variantieanalyse uitgevoerd.

Uit de resultaten is gebleken dat het uur van de dag en het getij een significante invloed ($P < 0,05$) hebben op het gemiddeld aantal waargenomen clicks van bruinvissen. De overige factoren hebben geen significante invloed ($P > 0,05$) op het gemiddeld aantal waargenomen clicks van bruinvissen (Tabel 3.1).

Tabel 3.1: Significantie waarden van de abiotische factoren op het gemiddeld aantal waargenomen clicks per uur. * geeft significantie aan met $P < 0,05$.

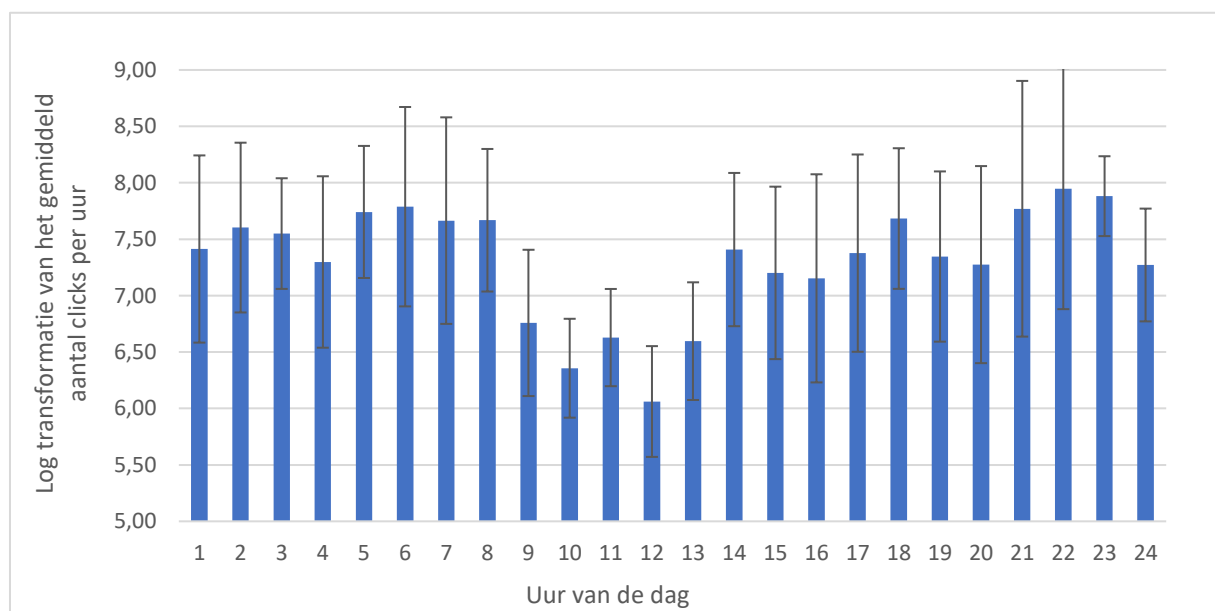
Abiotische factor	Significantie
Uur van de dag	0,022*
Getij	0,030*
Windsnelheid (m/s)	0,056
Waterhoogte (cm)	0,285
Windrichting (°)	0,650
Watertemperatuur (°C)	0,766

3.1.1 Het uur van de dag

Er is een significant verschil gevonden in het gemiddeld aantal waargenomen clicks per uur tussen de verschillende uren van de dag ($P < 0,05$) (Tabel 3.2 & Figuur 3.1).

Tabel 3.2: Overzicht significante verschillen. Zo verschilt uur 8 met de uren 9, 10, 11, 12 en 13. In figuur 3.1 is te zien of dit uur significant meer of minder clicks per uur oplevert.

Uur van de dag	Verschildt significant met
1	10 en 12
2	10, 11, 12 en 13
3	10, 11, 12 en 13
4	10 en 12
5	9, 10, 11, 12 en 13
6	9, 10, 11, 12 en 13
7	9, 10, 11, 12 en 13
8	9, 10, 11, 12 en 13
9	5, 6, 7, 8, 18, 21, 22 en 23
10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 en 24
11	2, 3, 5, 6, 7, 8, 18, 21, 22 en 23
12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 en 24
13	2, 3, 5, 6, 7, 8, 18, 21, 22 en 23
14	10 en 12
15	12
16	12
17	10 en 12
18	9, 10, 11, 12 en 13
19	10 en 12
20	10 en 12
21	9, 10, 11, 12 en 13
22	9, 10, 11, 12 en 13
23	9, 10, 11, 12 en 13
24	10 en 12



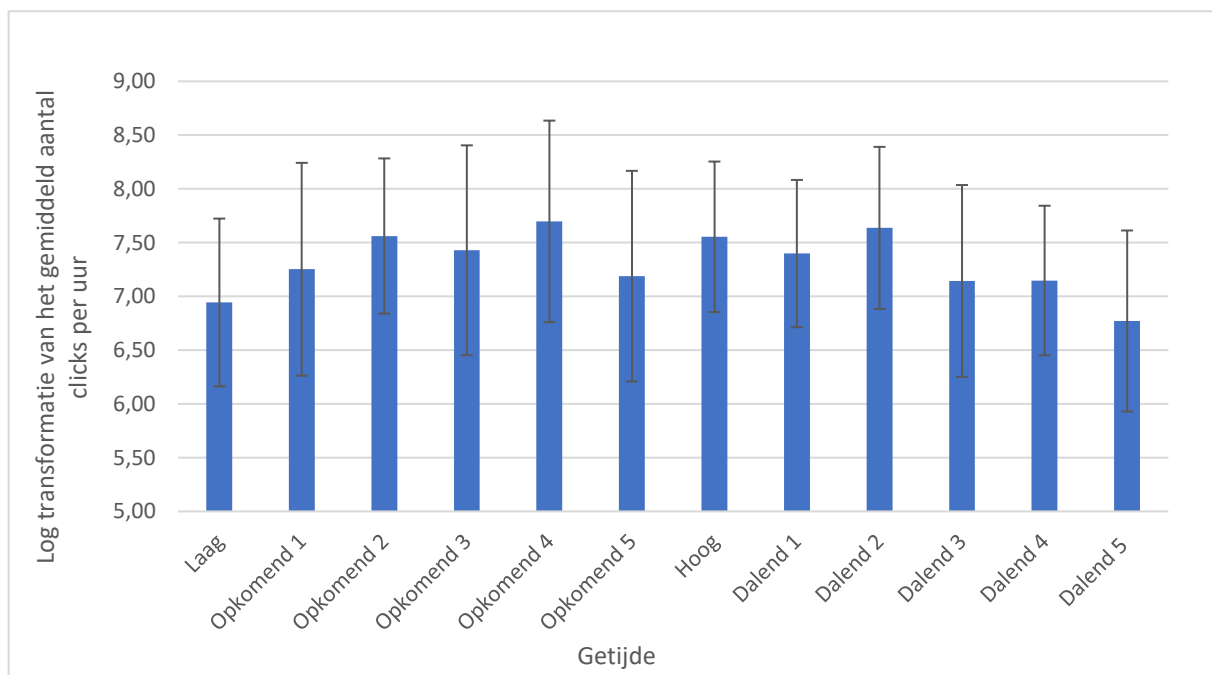
Figuur 3.1: Het gemiddelde aantal waargenomen clicks van de bruinvissen (+/- SD) tijdens de verschillende uren van de dag. Ncategorie = 6, Ntot is 144.

3.1.2 Getij

Het getijde heeft invloed op het gemiddeld aantal waargenomen clicks per uur ($P < 0,05$). Er is een verschil gevonden in het gemiddeld aantal waargenomen clicks tussen de verschillende getijden klassen ($P < 0,05$) (Tabel 3.3 & Figuur 3.2).

Tabel 3.3: Overzicht significante verschillen tussen de verschillende getijde klassen met $P < 0,05$ op het gemiddeld aantal clicks per uur. Zo verschilt Opkomend 1 met Opkomend 5, Dalend 1 en Dalend 3. In figuur 3.2 is te zien of dit significant meer of minder clicks per uur op levert.

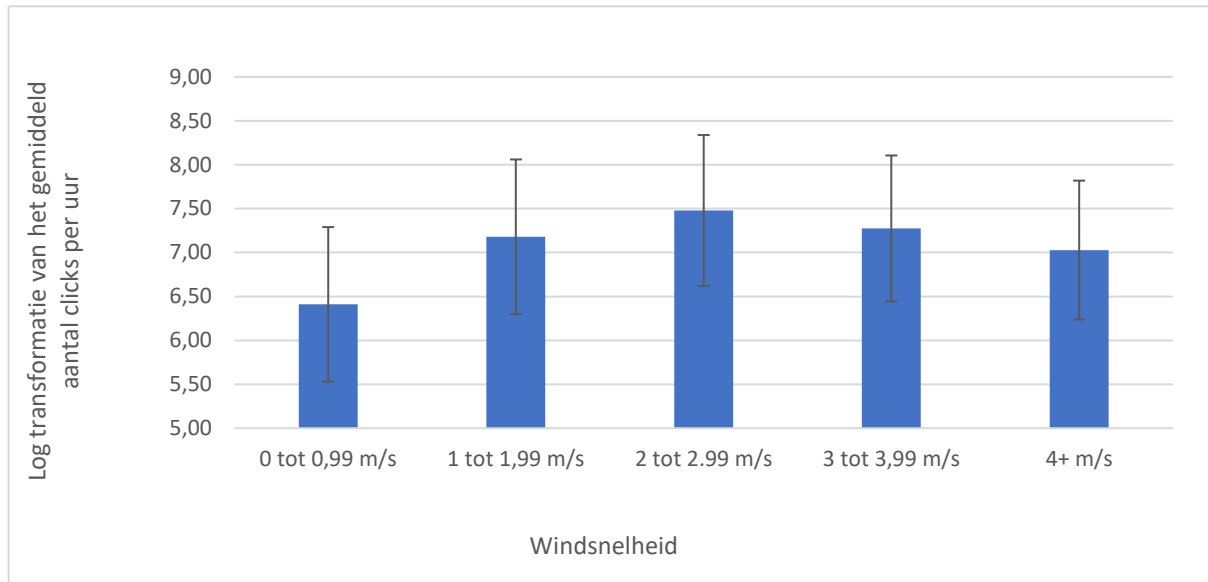
Getij	Significant verschil met
Laag	Opkomend 3
Opkomend 1	Opkomend 5, Dalend 1 en Dalend 3
Opkomend 2	Dalend 1
Opkomend 3	Laag, Opkomend 4, Opkomend 5, Hoog, Dalend 1, Dalend 2, Dalend 3 en Dalend 4
Opkomend 4	Opkomend 3
Opkomend 5	Opkomend 1 en Opkomend 3
Hoog	Opkomend 3
Dalend 1	Opkomend 1, Opkomend 2, Opkomend 3 en Dalend 5
Dalend 2	Opkomend 3
Dalend 3	Opkomend 1 en Opkomend 3
Dalend 4	Opkomend 3
Dalend 5	Dalend 1



Figuur 3.2: Het gemiddelde aantal waargenomen clicks per uur van de bruinvissen (+/- SD) tijdens de verschillende getijde klassen. Ncategorie = 12, Ntot = 144

3.1.3 Windsnelheid

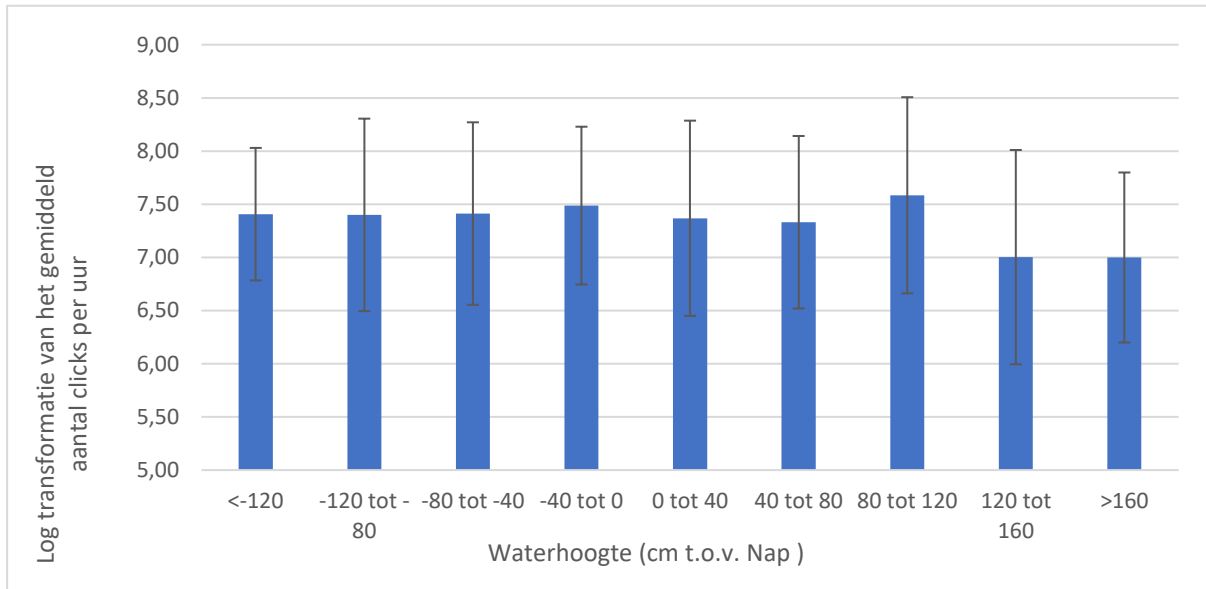
Windsnelheid heeft geen invloed op het aantal waargenomen clicks per uur ($P > 0,05$). Echter is er wel een verschil gevonden in het gemiddeld aantal waargenomen clicks tussen de verschillende windsnelheden ($P > 0,05$). Bij windsnelheden van 1 tot 1,99 m/s, 2 tot 2,9 m/s en 3 tot 3,9 worden significant meer clicks waargenomen ($P < 0,05$). Tussen de overige windsnelheden zit geen significant verschil (Figuur 3.3).



Figuur 3.3: Het gemiddelde aantal waargenomen clicks per uur van de bruinvissen (+/- SD) tijdens verschillende windsnelheden. N0=4, N1=35, N2=72, N3=22, N4= 11, Ntot=144

3.1.4 Waterhoogte

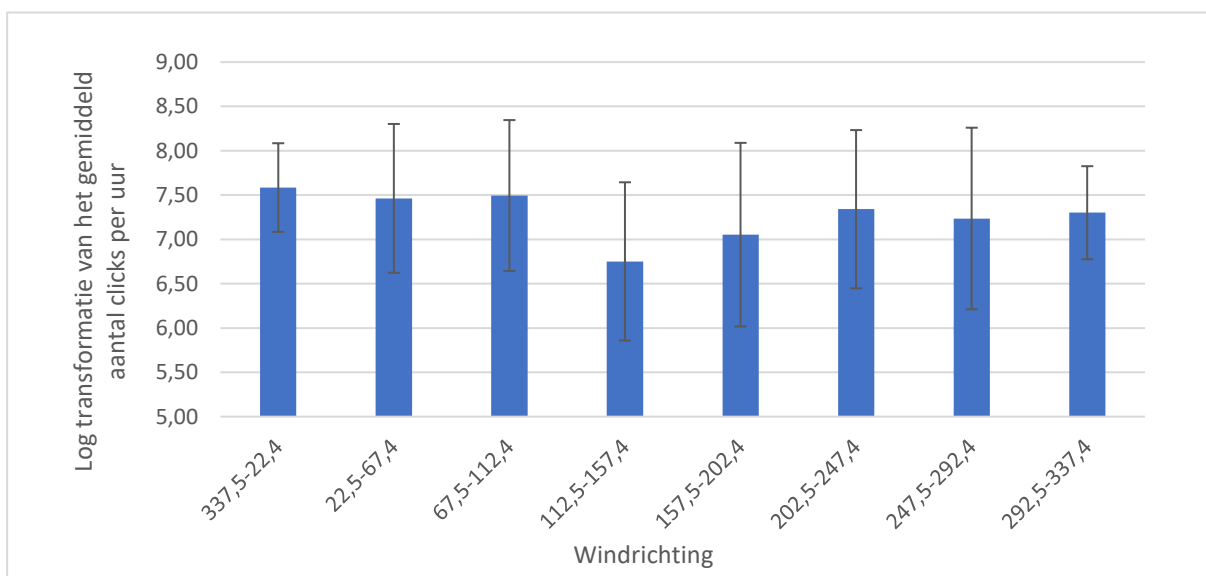
De waterhoogte heeft, in het geheel gezien, geen invloed op het gemiddeld aantal waargenomen clicks ($P > 0,05$). Er is echter wel een verschil gevonden als alle categorieën individueel worden bekeken. Zo verschilt categorie 2 met 8, categorie 4 met 8 en categorie 7 met 8 (Figuur 3.4)



Figuur 3.4: Het gemiddeld aantal waargenomen clicks per uur van de bruinvissen (+/- SD) in verschillende waterdiepten. N1=12, N2=24, N3=14, N4=21, N5=16, N6=12, N7=10, N8=19, N9=16, Ntot=144.

3.1.5 Windrichting

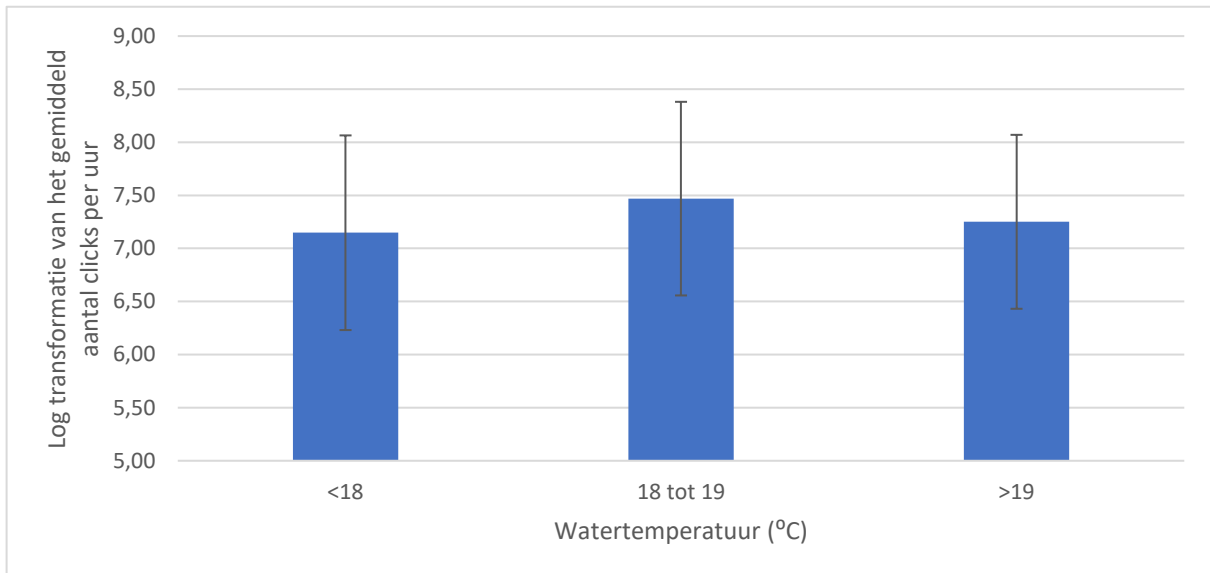
De windrichting heeft geen invloed op het gemiddeld aantal waargenomen clicks per uur ($P > 0,05$). Echter is er wel een verschil gevonden in het gemiddeld aantal waargenomen clicks tussen de verschillende windrichtingen ($P < 0,05$). Zo zijn richting 1, 2, 3 significant hoger dan wind richting 4. Tussen de andere windrichtingen is geen verschil waargenomen ($P > 0,05$) (Figuur 3.5).



Figuur 3.5: Het gemiddeld aantal waargenomen clicks per uur van de bruinvissen (+/- SD) tijdens de verschillende windrichtingen. N1=16, N2=37, N3=19, N4=12, N5=25, N6=13, N7=9, N8=13, Ntot=144

3.1.6 Watertemperatuur

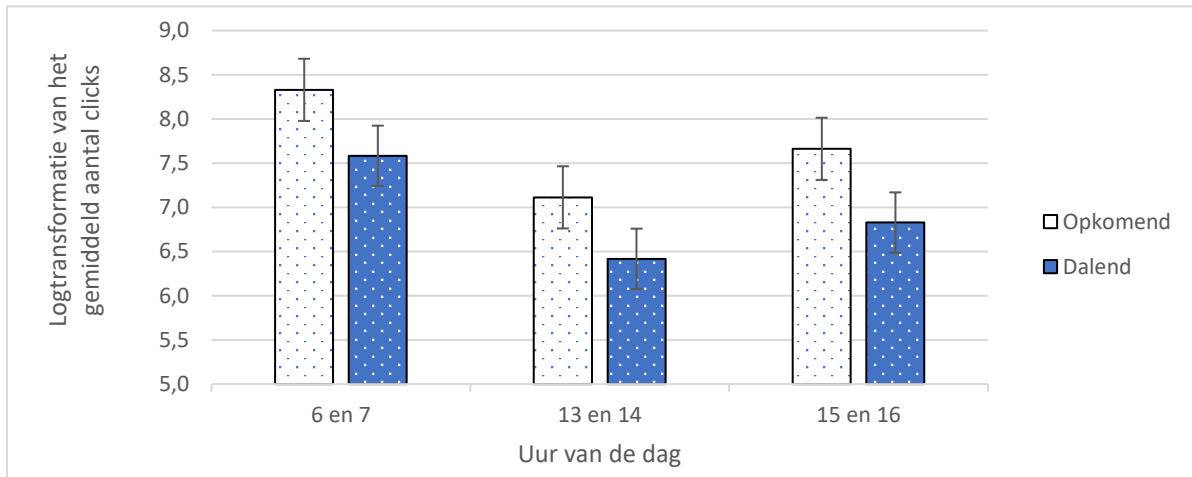
De watertemperatuur heeft geen invloed op het gemiddeld aantal waargenomen clicks ($P > 0,05$). Hier is eveneens wel een verschil in het gemiddeld aantal waargenomen clicks tussen de verschillende categorieën. Zo is het gemiddeld aantal waargenomen clicks bij een temperatuur tussen de 18 en 19°C significant hoger dan bij lager dan 18 °C ($P < 0,05$). Tussen 18 tot 19 °C en boven 19 °C zit geen significant verschil ($P > 0,05$) (Figuur 3.6).



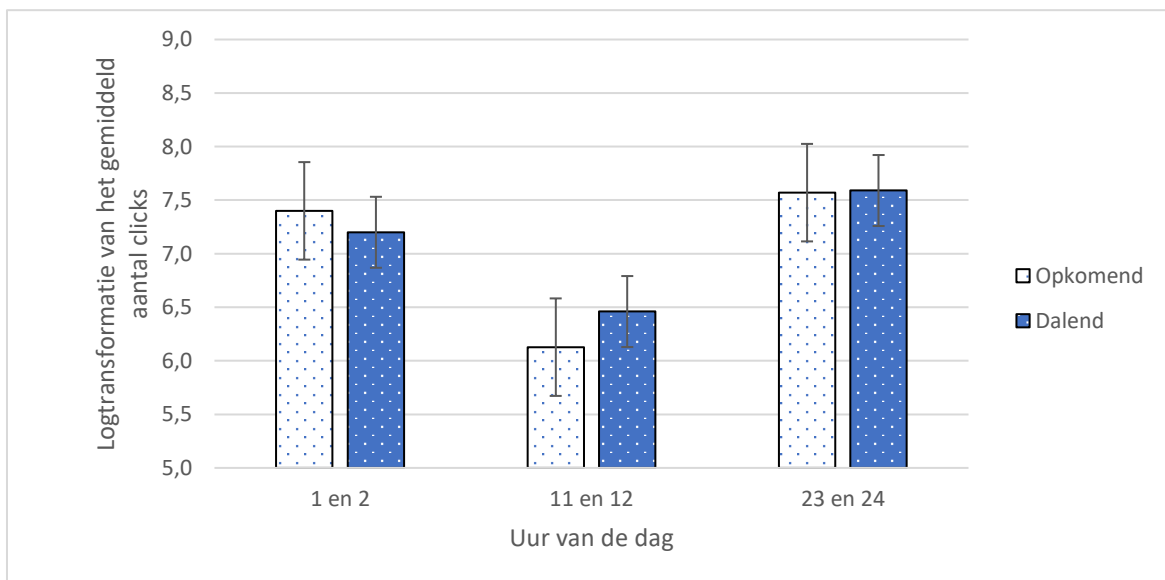
Figuur 3.6: Het gemiddeld aantal waargenomen clicks per uur van de bruinvissen (+/- SD) in verschillende watertemperaturen. N<18=28, N18-19=50, N>19=66

3.1.7 Vergelijking uur van de dag met het getij

Uit de resultaten is gebleken dat er geen significante interactie is gevonden tussen het uur van de dag met het getij ($P > 0,05$). Zo is te zien dat er tijdens het zesde en zevende, dertiende en veertiende en vijftiende en zestiende uur van de dag er meer bruinvissen zijn waargenomen tijdens opkomend water dan tijdens dalend water (Figuur 3.7). Bij de overige uren van de dag zijn het aantal waargenomen clicks vergelijkbaar tussen de verschillende getijden (Bijlage 6). Hiervan zijn een aantal voorbeelden weergegeven (figuur 3.8).



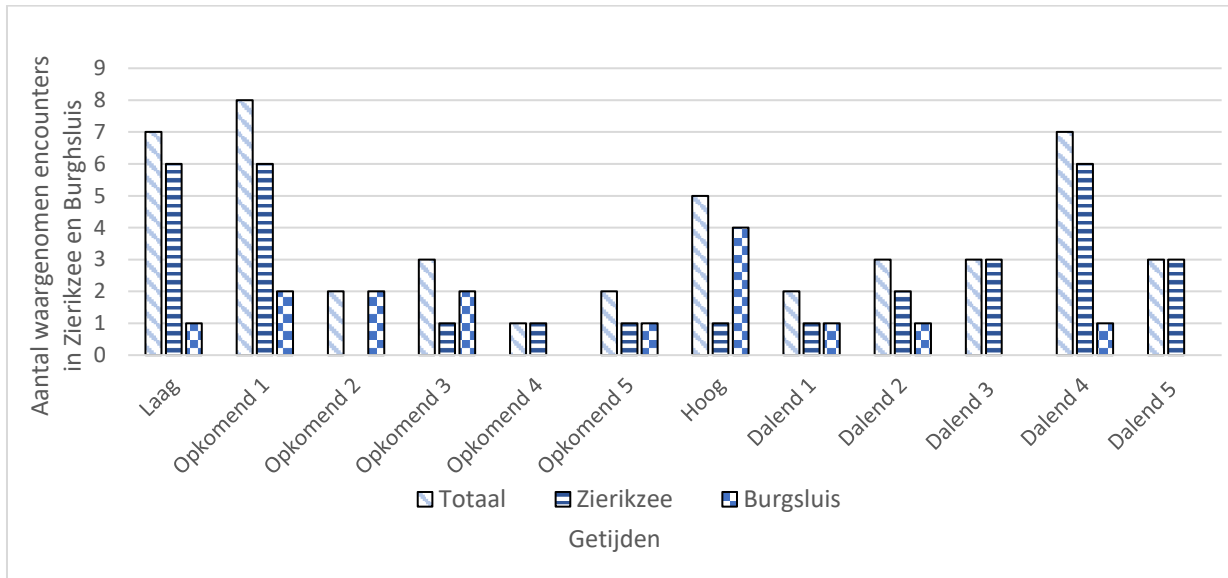
Figuur 3.7: Het gemiddelde aantal waargenomen clicks per uur van de bruinvissen tijdens opkomen/dalend water bij verschillende uren van de dag. Het gemiddelde aantal clicks van laag- en hoogwater kan niet meegenomen worden in deze grafiek door een te kleine steekproef van deze variabele.



Figuur 3.8: Het gemiddelde aantal waargenomen clicks per uur van de bruinvissen tijdens opkomend/dalend water bij verschillende uren van de dag. Het gemiddelde aantal clicks van laag- en hoogwater kan niet meegenomen worden in deze grafiek door een te kleine steekproef van deze variabele.

3.2 Monitoringsonderzoek

Om aan te kunnen tonen of er een verschil zit in het aantal keer dat een bruinvis waargenomen is tijdens een bepaald getij tussen Zierikzee en Burghsluis is de Mann-Whitney toets uitgevoerd. Uit deze resultaten is gebleken dat er geen verschil is in het aantal keer dat een bruinvis is waargenomen tijdens een bepaald getij ($P > 0,05$). Er is wel een trend dat meer bruinvissen in Zierikzee waargenomen zijn tijdens laagwater. In Burghsluis is geen duidelijke trend aanwezig (Figuur 3.9).



Figuur 3.9: Het aantal encounters tijdens de verschillende getijden op de verschillende locaties langs de Oosterschelde. Ntot=46

3.3 Vergelijking geluidsonderzoek en monitoringsonderzoek

Om te toetsen of er een verschil zit in de duur dat bruinvissen aanwezig zijn tijdens de landobservatie en tijdens de geluidsfragmenten is er een gepaarde t-toets uitgevoerd.

Uit deze resultaten is gebleken dat er geen verschil is in duur dat de bruinvissen aanwezig zijn tussen de landobservatie en tijdens de geluidsfragmenten ($P \geq 0,05$). Op twee metingen na zijn alle bruinvissen vastgelegd op de hydrofoon (Tabel 3.5).

Tabel 3.5: Overzicht van periodes dat de bruinvissen zichtbaar/hoorbaar zijn geweest tijdens het onderzoek. Het bestand van 6 september is verloren gegaan. * de waarnemingen die niet geheel zijn vastgelegd op de hydrofoon.

Datum	Observatieduur (min)	Duur encounter (min)	Duur hoorbaar op hydrofoon (min)
30-aug	240	86	157
6-sep	120	12	Niet opgenomen
7-sep	300	0	12
17-sep	300	88	145
19-sep	180	0	50
20-sep	60	55	60
26-sep	180	0	0
3-okt	300	27	61
5-okt	360	21	51
8-okt	300	8	29
10-okt *	420	137	85
15-okt *	360	102	80
17-okt	360	22	36
19-okt	120	106	98

4. Conclusie en Discussie

Het doel van dit onderzoek was om aan te tonen of de abiotische factoren: uur van de dag; getij; windsnelheid (m/s); waterhoogte (cm); windrichting (°) en de watertemperatuur (°C) effect hebben op de activiteit van bruinvissen door geluidsbestanden te onderzoeken. Daarnaast is er onderzocht of de bruinvis waarnemingen vanaf het land in Zierikzee en Burghsluis vergelijkbaar zijn. Als laatste is er een vergelijking gemaakt van geluidsdata en monitoringsdata om aan te kunnen tonen of er verschil zit in waarnemingen vanaf het land en waarnemingen door de hydrofoon.

4.1 Geluidsonderzoek

Uit de resultaten is gebleken dat het uur van de dag en het getij de grootste invloed hebben op de activiteit van de bruinvissen. Windkracht en waterhoogte hebben beide nog redelijke invloed maar significant minder dan het uur van de dag en het getij. Windrichting en watertemperatuur hebben het minste invloed op de activiteit van bruinvissen.

Het uur van de dag heeft de grootste invloed op de activiteit van bruinvissen. Hierbij komt naar voren dat tijdens de avond en nachturen de meeste clicks zijn waargenomen. In een eerder onderzoek in de Oosterschelde is echter aangetoond dat tijdens de middaguren de meeste clicks zijn waargenomen (Gansen et al., 2017). Hier zijn echter klassen gebruikt van vier uur ten opzichte van de één uurs categorieën in dit onderzoek. Daarnaast is de dataset die in dit onderzoek is gebruikt groter. Echter is huidige de populatie bruinvissen groter dan tijdens dit eerder uitgevoerde onderzoek. Beide factoren kunnen voor verschillen zorgen. Een andere mogelijke verklaring hiervoor is dat men verwacht dat bruinvissen zeer gevoelig zijn voor geluid (Karagkouni & Yunda, 2012). De hydrofoon ligt namelijk in de buurt van de haven van Zierikzee. De vele boten die hierdoor voorbij komen zorgen voor veel geluid onder water. De piekuren liggen in september tussen 11:00 en 12:00 uur voor het uitvaren en tussen 15:00 en 16:00 uur voor het invaren van de haven (E. Beije, Havenmeester Zierikzee, persoonlijke communicatie, 22 november 2018). Geluid in water verplaatst zich sneller en dus van ver hoorbaar (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2018). Als je kijkt naar figuur 3.1 dan kun je zien dat overdag minder bruinvissen zijn waargenomen. De geluidsoverlast van boten is dus een mogelijke verklaring. Uit eerder onderzoek is gebleken dat tijdens de vroege uren in de ochtend de bruinvissen het meest actief zijn. De verwachting van dit eerder uitgevoerde onderzoek is dat dit ligt aan de beschikbaarheid van voedsel (IJseldijk et al., 2015). De beschikbaarheid van voedsel is dus ook een mogelijke verklaring voor het verschil in waargenomen clicks tijdens de verschillende uren van de dag.

Het getij heeft na het uur van de dag de grootste invloed op de activiteit van bruinvissen. Zo kwam naar voren dat er tijdens Opkomend 1, 2, 3, 4 en 5 Hoog en Dalend 1 en 2 de meeste bruinvisgeluiden worden waargenomen. In eerder onderzoek is aangetoond dat tijdens opkomend water de activiteit toeneemt (Gansen et al., 2017). Een mogelijke verklaring hiervoor is de beschikbaarheid van voedsel. Zo is in eerder onderzoek in de Waddenzee aangetoond dat tijdens opkomend water de bruinvissen de Waddenzee inkomen en tijdens dalend water weer vertrekken. Volgens dit onderzoek is de meest logische verklaring de voedselbeschikbaarheid (IJseldijk et al., 2015).

Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de getijde stroming geen effect heeft op de zwemrichting van bruinvissen in de Noordzee maar wel in de Oosterschelde (Korpelshoek, 2011). Dit kan ervoor zorgen dat de bruinvissen tijdens de Opkomend 1, 2, 3, 4 en 5, Hoog, Dalend 1 en 2 door het effect van de stroming bij de hydrofoon in de buurt komen. Een andere verklaring is dat tijdens opkomend 1, 2, 3, 4 en 5 en dalend 1 en 2 meer bruinvisgeluiden zijn waargenomen, dat bruinvissen foerageren tijdens hogere stroomsnelheden (Pierpoint, 2018). Tijdens foerageergedrag gebruikt een bruinvis echolocatie om de precieze locatie van zijn prooi waar te nemen. Dit gebruikt hij tijdens het trekken eveneens, maar zendt hij minder geluidsgolven uit. Zo worden tijdens de foerageerperiode dus meer clicks waargenomen (Gaaff, 2015). Dit verklaart echter niet de hoge waarneming tijdens Hoogtij.

De derde abiotische factor is de windsnelheid. Deze heeft echter geen significante invloed op het aantal waargenomen clicks per uur. Er is wel aangetoond dat er tijdens een windsnelheid van 2 tot 2,9 m/s een hogere activiteit van de bruinvissen is waargenomen. Mogelijk is dat de windkracht invloed heeft op de stroming (Verhagen, 1994) en daarbij invloed op de activiteit van bruinvissen of op de prooien van de bruinvis.

De vierde abiotische factor die is onderzocht is de waterhoogte. Deze factor was niet significant. Er is wel aangetoond dat tijdens waterhoogten van -120 centimeter onder NAP of lager tot 120 centimeter boven NAP significant meer invloed heeft op de activiteit van bruinvissen dan bij waterhoogten van boven de 120 cm boven NAP. Uit eerder onderzoek is echter gebleken dat bruinvissen een voorkeur hebben voor hoogwater (Ijsseldijk, 2013). Een mogelijke verklaring is dat bruinvissen tijdens hoogwater minder foerageren waardoor zoals eerdergenoemd minder clicks waargenomen worden (Gaaff, 2015).

De vijfde abiotische factor die op één factor na de minste invloed heeft op de activiteit van bruinvissen is de windrichting. Deze factor heeft geen significante invloed op de activiteit van bruinvissen. Er zijn echter wel verschillen tussen de klassen. Zo is er bij klasse 1, 2 en 3 die de graden 337,5 tot 360 en 1 tot 112,4 ten op zichte van het noorden omvatten een significant hogere activiteit waargenomen vergeleken met de klassen die de graden van 112,5 tot 337,4 omvatten. De windrichtingen die de hoogste activiteit weergeven zijn de richtingen afkomstig van het land. Dit creëert een luwte achter de dijk waardoor er voor enkele tientallen meters weinig golven ontstaan (Beintema en van den Bergh, 2001) Het is mogelijk dat bruinvissen dit prefereren. Dit is echter nog niet bekend.

De zesde factor en daarmee de factor die het minste invloed heeft op de activiteit van bruinvissen is de watertemperatuur. Er zat hier wel een klein verschil in activiteit tussen de categorieën. Zo werd er bij water met een temperatuur tussen de 18 en 19 °C meer activiteit waargenomen dan bij een temperatuur van lager dan 18 °C. Temperatuur heeft op zichzelf weinig invloed op de activiteit van bruinvissen. Echter heeft de watertemperatuur wel invloed op stromingspatronen (Ooijen, 2009). Hierdoor heeft de temperatuur dus wel indirect invloed op de activiteit van bruinvissen. Er is echter maar over een periode van één maand gekeken wat nog geen goed beeld geeft van de resultaten over de rest van het jaar met grotere verschillen in temperatuur. Het is mogelijk dat door grotere verschillen in watertemperatuur deze factor wel significant invloed heeft op de activiteit van bruinvissen.

Daarnaast is de interactie tussen het uur van de dag en het getij onderzocht. Hier is aangetoond dat er geen interactie tussen de factoren plaatsvindt. Dit is echter anders dan verwacht. Bruinvissen zijn namelijk warmbloedige dieren en moeten veel eten om te overleven in koudere wateren. Ze eten tien procent van hun lichaamsgewicht en zijn daarmee bijna heel de dag bezig (Johnsen et al., 2016). Een periode niet foerageren kan dus cruciaal zijn voor een bruinvis. De verwachting was dat een combinatie van geschikte omstandigheden dus meer clicks op zouden leveren.

Echter is dus aangetoond dat de bruinvissen niet altijd komen foerageren, met gunstige omstandigheden, bij het havenhoofd van Zierikzee.

Er is wel te zien dat tijdens sommige tijden, weergegeven in figuur 3.7, er een verschil zit het aantal waargenomen clicks van de bruinvis. Zo werden er van vijf tot zeven uur in de ochtend, twaalf tot twee uur in de middag en van drie tot vijf uur in de middag meer clicks waargenomen bij opkomend water in vergelijking met dalend water.

Er is gebleken dat het zesde en zevende uur in combinatie met opkomend water de meeste clicks oplevert en het elfde en twaalfde uur van de dag de minste clicks oplevert bij welk getij dan ook. Zoals eerder vermeld is de mogelijkheid er dat de bruinvissen door geluidsoverlast van boten deze plek minder bezoeken. Echter zijn er vanaf één tot en met vier uur in de middag wel verschillen in het aantal waargenomen clicks per getij. Hiermee kun je dus zeggen dat de behoefte aan voedsel het uiteindelijk overneemt van de geluidsoverlast mits het getij gunstig is.

Dit geldt daarbij alleen in de periode rondt september. Mogelijk is dat tijdens andere maanden dit niet geldt. In de winter maanden is het vaarverkeer bijvoorbeeld veel minder. Dit zou ervoor kunnen zorgen dat bruinvissen vaker in de ochtenduren het havenhoofd van Zierikzee bezoeken om te foerageren. Het is nu eenmaal één van de beste foerageer plekken in de Oosterschelde (Neitzel & Niemeijer, 2012). Midden in de zomer ligt de mate van vaarverkeer nog veel hoger dan in september en neemt een langer dag deel in. Mogelijk is dat bruinvissen dan tijdens geschikte omstandigheden wel altijd gaan foerageren. Daarnaast is het mogelijk dat de bruinvissen met alleen hoogwater al naar de hotspot komen om te foerageren omdat het op niet veel plaatsen gunstiger is en daardoor de behoefte aan voedsel het overneemt van de geluidsoverlast. Dit moet echter wel eerst worden onderzocht voordat deze verwachtingen bevestigd kunnen worden.

Daarbij moet vermeld worden dat de hydrofoon alleen het aantal clicks waarneemt en geen onderscheid kan maken tussen verschillende bruinvissen. Dat wil zeggen dat als er meer clicks zijn waargenomen dat de bruinvis niet per se actiever is, maar het mogelijk is dat er meerdere bruinvissen aanwezig zijn.

Al met al is er dus aangetoond met het geluidsonderzoek dat het uur van de dag en het getij significante invloed hebben op de activiteit van bruinvissen in de Oosterschelde bij het havenhoofd van Zierikzee. De uren van 17:00 uur 's middags tot 8:00 uur 's ochtends leveren de hoogste activiteit op. Van vijf tot zeven uur in de ochtend, twaalf tot twee uur in de middag en van drie tot vijf uur in de middag wordt dit aantal clicks verhoogd indien het opkomend tij is. Dit resulteert in, dat tijdens het zesde en zevende uur van de dag, de meeste activiteit is waargenomen.

4.2 Monitoringsonderzoek

Uit het monitoringsonderzoek is gebleken dat de twee verschillende locaties op gebied van waarneemkans tijdens de verschillende stadia van het getij niet te vergelijken zijn. In Zierikzee zijn namelijk tijdens lager water meer bruinvissen waargenomen dan bij hoger water en in Burghsluis is er geen duidelijke trend aanwezig.

Een mogelijke verklaring van dit verschil is dat deze twee locaties heel erg veel van elkaar verschillen. Ten eerste is de ligging heel verschillend. Burghsluis ligt in een uithoek van de Oosterschelde en Zierikzee in het midden van de Oosterschelde. Dit levert een grotere kans van aanwezigheid in Zierikzee, doordat de bruinvissen nauwelijks door de Oosterscheldekering trekken (Karagkouni & Yunda, 2012).

Ten tweede ligt er voor Burghsluis een grote zandbank wat golven tegenhoudt met name tijdens laagwater. De oppervlakte van het water samen met de windsnelheid hebben invloed op de hoogte van golven (Bijlage 5). Doordat het oppervlakte enorm wordt verkleind door de zandbank zijn er minder golven bij Burghsluis tijdens laagwater. Bij hoogwater is de zandbank van geen invloed omdat hij onderwater staat. Dit verschil kan invloed hebben op de abiotische factoren zoals stroming en daarbij op de activiteit van bruinvissen zelf.

Daarnaast is er in Zierikzee een relatief diep gat aanwezig dat prooidieren voor de bruinvis aantrekt en daarmee dus de bruinvis. Dit is in Burghsluis niet het geval. Het water heeft wel een diepte van 32 meter, maar bereikt lang niet de 53 meter die bij Zierikzee wordt bereikt. 32 meter wordt daarnaast op meerde plekken in de Oosterschelde bereikt terwijl de 53 meter bij Zierikzee uniek is in de Oosterschelde (Bijlage 7). Dit zorgt er eveneens voor dat er bij Zierikzee meer waarnemingen zijn dan bij Burghsluis wat in eerder onderzoek ook is aangetoond (Neitzel & Niemeijer, 2012).

4.3 Vergelijking monitoringsonderzoek en geluidsonderzoek

Het doel van dit onderzoek was om aan te tonen of er een verschil is in de duur dat de bruinvissen tijdens het monitoringsonderzoek aanwezig zijn geweest vergeleken met de duur die ze op de geluidsbestanden hoorbaar zijn. Er is aangetoond dat hier geen significant verschil in is gevonden. Dit wil dus zeggen dat de geluidsbestanden een goede indicatie geven voor de waarneemkans van de bruinvissen. Bijna elk dier dat op de geluidsbestanden te horen is, is eveneens waargenomen tijdens de monitoring. Dit resultaat wil nog niet zeggen dat wanneer er een bruinvis te horen is, je hem altijd zult zien. Een bruinvis kan vijf minuten onder water blijven en kan dus ineens verdwijnen (Westgate, et al, 2011). Omdat er tijdens de meest gunstige dagen in september is gemonitord wil dit nog niet zeggen dat tijdens elke weersomstandigheid de bruinvissen goed zichtbaar zijn. Er moeten bijna geen golven zijn waarachter de bruinvissen kunnen wegvallen. Omdat er geen golven mogen zijn om ze goed te observeren moet de windkracht minimaal zijn. Tijdens een windsnelheid van maximaal 7,1 meter per seconden, die tijdens dit onderzoek is gemeten, heb je bij bruinvissen die hoorbaar zijn via de hydrofoon eveneens een zeer grote kans om ze waar te nemen vanaf het land.

5. Aanbevelingen

De drie onderzoeken die in dit rapport zijn omschreven zijn uitgevoerd in de periode van eind augustus tot en met begin oktober. Om een beter beeld te krijgen van de activiteit van de bruinvissen zou minstens elk seizoen van het jaar onderzocht moeten worden. Daarnaast neemt de hydrofoon veel ruis en boten op die het programma Pamguard zelf niet kan onderscheiden. Dit is met het oog wel maar slecht te zien in Pamguard. Dit leidt tot mogelijke foute waarnemingen. Indien deze bijstelling mogelijk is, levert dit een betrouwbaarder beeld op.

Het gehele onderzoek is in een vrij korte periode uitgevoerd. Dit heeft ertoe geleid dat de database een gelimiteerde grootte heeft. Een grotere database kan zorgen voor een betrouwbaarder beeld en misschien ook zorgen voor dat sommige factoren die nu niet significant zijn wel significant worden. Een vervolgonderzoek zou dus verder kunnen gaan met dit onderzoek en de database uitbreiden.

De abiotische factoren zijn in dit onderzoek allemaal opgedeeld in bepaalde klassen. Deze zijn vastgesteld om bij zoveel mogelijk factoren evenveel uur per klasse te onderzoeken. Voor een vervolgonderzoek zou een andere klasse indeling onderzocht kunnen worden om een breder beeld te krijgen van de invloeden van abiotische factoren op de activiteit van bruinvissen. Daarnaast zitten de meetpunten van de abiotische factoren in de Oosterschelde niet allemaal op éénzelfde locatie. Meetpunten dicht bij de boei op éénzelfde locatie kunnen een beter beeld geven van de invloed van de abiotische factoren.

Het monitoringsonderzoek is vanwege gelimiteerde tijd uitgevoerd op twee locaties aan de Oosterschelde. Door te onderzoeken of andere locaties wel overeenkomen met de gegevens van Zierikzee zouden de uitkomsten van het geluidsonderzoek eveneens voor deze locatie kunnen gelden. Dit kan helpen het Foto-identificatie team een hogere trefkans te realiseren. Aan de hand van de resultaten van het geluidsonderzoek wordt het Foto-identificatie team geadviseerd om tijdens opkomend water Zierikzee te bezoeken in de vroege ochtend of na twee uur 's middags.

Literatuur:

Camphuysen C.J. (2004). The return of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Dutch coastal waters. (2): 113-122.

Camphuysen C.J. & Siemensma M.L. (2011). Conservation plan for the harbour porpoise *Phocoena phocoena* in The Netherlands: towards a favourable conservation status. NIOZ, Royal Netherlands Institute for Sea Research, 183 pp.

Dannenberg, R., Mazzoni, D. (1999). Audacity, Versie 2.2.2.exe, Carnegie Mellon University.
<https://www.audacityteam.org/download/>

Ecomare (2017). De Bruinvis. <https://www.ecomare.nl/verdiep/leesvoer/dieren/bruinvissen/>.
Geraadpleegd op 25-08-2018.

Gaaff, G. (2015). Meesters van de sonar. <https://www.waddenvereniging.nl/wadweten/8318-meesters-van-de-sonar.html>, geraadpleegd op 16-11-2017.

Geelhoed S.C.V., Scheidat M., Bemmelen van R.S.A. & Aarts G. (2013). Abundance of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) on the Dutch Continental Shelf, aerial surveys in July 2010-March 2011. 56(1): 45-57.

Goodwin, L. 2008. Diurnal and Tidal Variations in Habitat Use of the Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*) in Southwest Britain. Aquatic Mammals: 34 (1): 44-53.

IJsseldijk, L., Camphuysen, K.C.J., Nauw, J.J., Aarts, G. (2015). Going with the flow: Tidal influence on the occurrence of the harbour porpoise (*phocoena phocoena*) in the Marsdiep area, The Netherlands. Journal of Sea Research. 103, 129-137

IJsseldijk, L. (2013). Tidal influences on the distribution of the Harbour Porpoise *Phocoena* in the Marsdiep area, The Netherlands. Imares.

Johnston, D. W., Westgate, A. J., Read, A. j. 2005. Effects of fine-scale oceanographic features on the distribution and movements of harbour porpoises *Phocoena phocoena* in the Bay of Fundy. Marine Ecology Progress Series, 295, 279-293.

Johnson, M., Teilmann, J., Rojas-Donate, L., Shearer, J., Sveegaard, S., Miller, L.A., Siebert, U., Madsen, P.T. (2016). Ultra-High Foraging Rates of Harbor Porpoises Make Them Vulnerable to Anthropogenic Disturbance. Current Biology: 26 (11): 1441-1446

Karagkouni, N., Yunda, C.A. (2012). Acoustic research in the Oosterschelde Estuary regarding Harbour Porpoises (*Phocoena phocoena*). Wageningen University and Research Center.
<https://tinyurl.com/yba96959>, geraadpleegd op 15-11-2018.

Kenniscentrum Kusttoerisme (2017). Kerncijfers vrijetijdseconomie Zeeland 2017.
<http://www.kenniscentrumtoerisme.nl/nl/kerncijfers-vrijetijdseconomie-zeeland-2017>,
Geraadpleegd op 24-08-2018

Korpelshoek, L.D. 2011. Resident harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Oosterschelde (Netherlands): their behaviour compared to the behaviour of migratory harbour porpoises in the southern North Sea. Leiden University and Rugvin Foundation. Msc. Thesis. 46 pp

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2010). Beschermde natuur in Nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid.

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=1&id=n2k118>. Geraadpleegd op 24-08-2018

Nationaal Park Oosterschelde (n.d.). "Kijk! Ik zie een bruinvis!". <https://www.np-oosterschelde.nl/doen/bruinvissen-kijken.htm>, geraadpleegd op 26-11-2018

National Ocean and Atmospheric Administration (2018). How far does sound travel in the ocean. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/sound.html>, geraadpleegd op 15-11-2018

Nuuttila, H.K., Courteney-Jones, W., Baulch, S., Simon, M., Evans, P.G.H. (2017). Don't forget the porpoise: acoustic monitoring reveals fine scale temporal variation between bottlenose dolphin and harbour porpoise in Cardigan Bay SAC. <https://tinyurl.com/y6uhduah>, Geraadpleegd op 22-11-2018

Neitzel, S., Niemeijer, L. (2012). Hotspot determination of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Oosterschelde. HAS Den Bosch university of Applied Sciences. https://rugvin.nl/wp-content/uploads/2012/02/Neitzel-S._Niemeijer-L.20121.pdf. Geraadpleegd op 12-11-2018.

Ooijen, T. van, (2009). Dynamiek van water en sediment in de Oost Friese Waddenzee. <https://tinyurl.com/ybrm5xga>, geraadpleegd op 16-11-2018.

Pierpoint, C. (2008). Harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) foraging strategy at a high energy, near-shore site in south-west Wales, UK. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 88(6), 1167-1173

Provincie Zeeland (n.d.). Natuur en landschap. <https://www.zeeland.nl/natuur-en-landschap>, geraadpleegd op 26-11-2018

Sea Mammal Research Unit (2012), Pamguard64, Versie 1_15.11, Detection Classification and Localisation of marine mammals. <https://www.pamguard.org/>

Verhagen, A.H.J. (1994). Modeling phytoplankton patchiness under the influence of wind driven currents in lakes. Limnology and Oceanography, 39: 1551-1565

Waterproof (2017). Underwater Acoustics. <https://waterproofbv.com/en/our-services/underwater-acoustics/> geraadpleegd op 21-11-2018

Westgate, A. J., Head, A. J., Berggren, P. Koopman, H.N., Gaskin, D.E. (2011). Diving behaviour of harbour porpoises, *Phocoena Phocoena*, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1995, 52(5): 1064-1073

Bijlage 1: Instellingen Pamguard64

The following tables represent the configuration settings shown in the screenshots:

Click Detection Parameters (Source/Trigger)

Click Length	Delays	Echoes	Noise
Source			
Raw Data Source Raw input data from Sound Acquisition			
Channel list and grouping			
Auto Grouping	Channel	Group	
☐ No grouping	☒ Channel 0	0	
☒ One group			
☐ User groups			

Click Detection Parameters (Trigger)

Click Length	Delays	Echoes	Noise
Trigger			
Threshold	21.0	dB	
Long filter	0.00001000		
Long filter 2	0.00000100	☒ Ch 0	
Short filter	0.10000000	Filter coefficient for	
Min triggered channels	1		

Click Detection Parameters (Click Length)

Source	Click Length	Delays	Echoes	Noise
Click Length				
Min Click Separation	100	samples		
Max click Length	1024	samples		
pre sample	40	samples		
post samples	40	samples		

Click Detection Parameters (Echoes)

Source	Click Length	Delays	Echoes	Noise
Echo detection policy				
☐ Run Echo Detector online				
☐ Discard Echoes				
Echo Detection				
Max interval 0.10000 (seconds)				

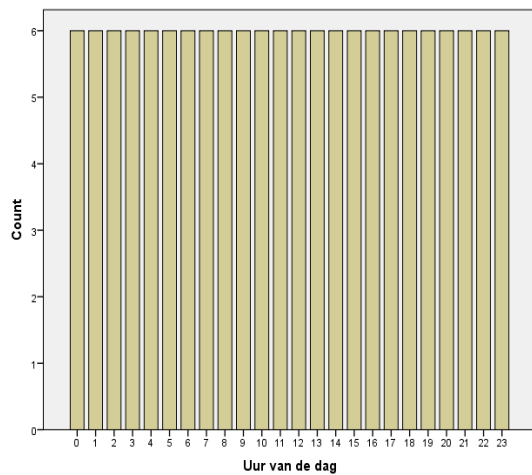
Click Train Identification

Control	
☒ Run Automatic Click Train Id	
Min number of clicks per train	6
Min angle change for TMA	5.0
Min interval between updates	5 s
ICI changes	
Min ICI	0.10
Max	2.00 s
Max ICI change ratio	1.20 old/new OR new/old
Angle changes	
Max angle error	1.00 °

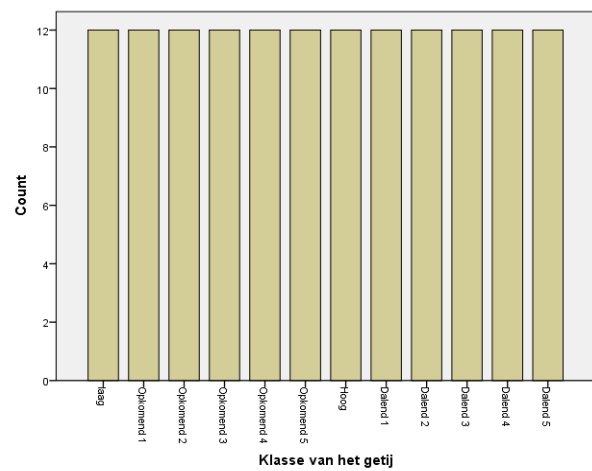
Click Detection Parameters (Noise)

Source	Click Length	Delays	Echoes	Noise
Noise Sampling				
☒ Create sample noise measurements				
Interval 5.0 s				

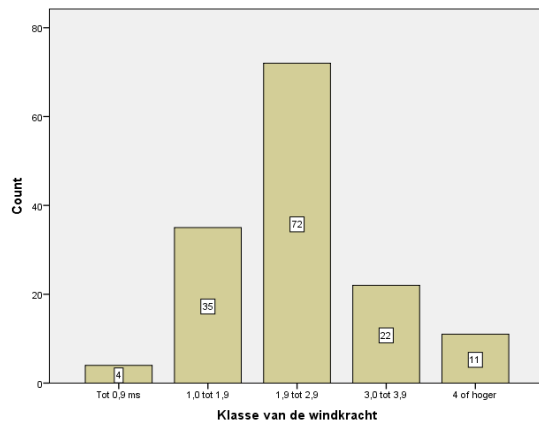
Bijlage 2: Overzicht gebruikte datacollectie voor geluidsonderzoek



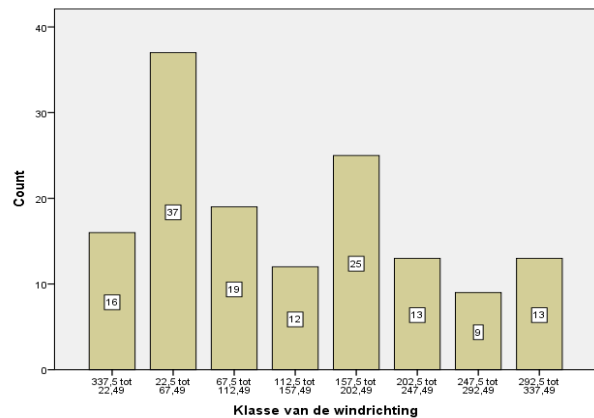
Figuur 1: Aantal individuele uren van de dag gebruikt in dit onderzoek. N=144



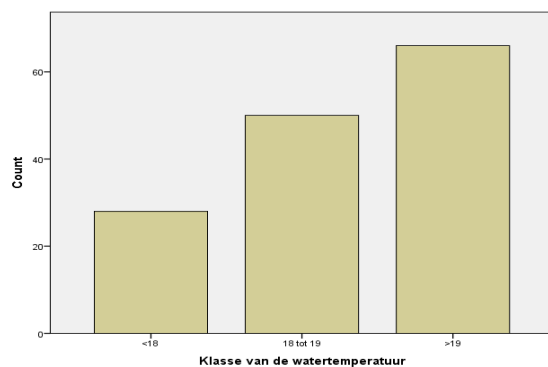
Figuur 2: Aantal uren van de verschillende getijde klassen gebruikt in dit onderzoek. N=144



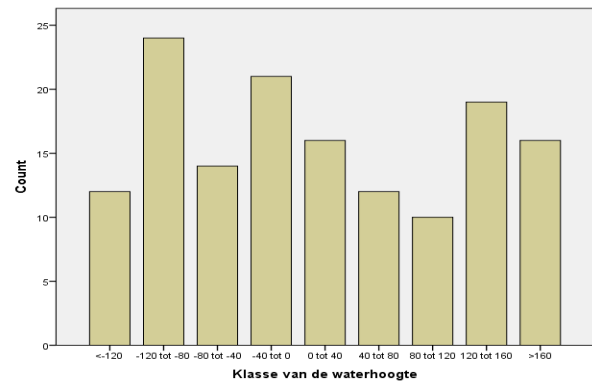
Figuur 3: Aantal uren van de verschillende gemiddelde windsnelheid klassen in m/s die gebruikt zijn in dit onderzoek. N=144, Mean= 2,457 m/s



Figuur 4: Aantal uren van de verschillende gemiddelde windrichting klassen in ° t.o.v. het noorden die gebruikt zijn in dit onderzoek. N=144



Figuur 5: Aantal uren van de verschillende watertemperatuur klassen in °C die gebruikt zijn in dit onderzoek. N=144



Figuur 6: Aantal uren van de verschillende gemiddelde waterhoogte klassen in cm die gebruikt zijn in dit onderzoek. N=144.

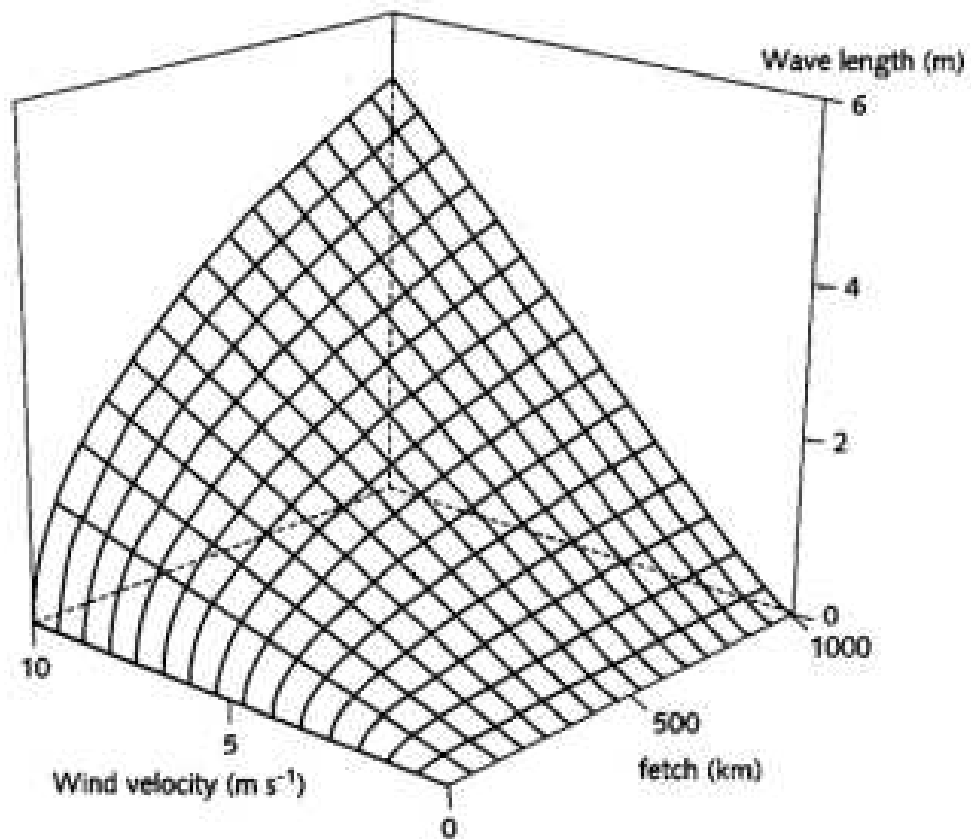
Bijlage 3: Land encounter sheet

[illegible]

Bijlage 4: Datavoorbereidingshandleiding

Factor/ Variabele	Beschrijving	Schaal	Values en omschrijving
Tijd van de dag	24 fragmenten van 1 uur	Nominaal	0 t/m 23
Clicks per uur	Waargenomen clicks per uur	Ratio	-
Waterhoogte	Waterhoogte in cm t.o.v. NAP	Nominaal	1 = <-120 2 = -120 tot -80 3 = -80 tot -40 4 = -40 tot 0 5 = 0 tot 40 6 = 40 tot 80 7 = 80 tot 120 8 = 120 tot 160 9 = > 160
Getij	Hoog, uitgaand, laag of inkomende getij	Nominaal	0 = Hoogtij (half uur voor en na hoogwater) 1 = Uitgaand 1 (eerste uur na hoogtij) 2 = Uitgaand 2 (tweede uur na hoogtij) 3 = Uitgaand 3 (derde uur na hoogtij) 4 = Uitgaand 4 (vierde uur na hoogtij) 5 = Uitgaand 5 (vijfde uur na hoogtij) 6 = Laagtij (Half uur voor en na laagwater) 7 = Inkomend 1 (eerste uur na laagtij) 8 = Inkomend 2 (tweede uur na laagtij) 9 = Inkomend 3 (derde uur na laagtij) 10 = Inkomend 4 (vierde uur na laagtij) 11 = Inkomend 5 (vijfde uur na laagtij)
Watertemperatuur	Watertemperatuur in °C	Nominaal	1 = <17 2 = 18 tot 19 3 = >19
Windsnelheid	Windsnelheid in m/s	Nominaal	0 = <1 1 = 1 tot 2 2 = 2 tot 3 3 = 3 tot 4 4 = >4
Windrichting	Windrichting in klassen van 45° gelijk aan N, NO, O, ZO, Z, ZW, W en NW	Nominaal	0 = N = 337,5 – 22,5° 1 = NO = 22,5 – 67,5° 2 = O = 67,5 – 112,5° 3 = ZO = 112,5 – 157,5° 4 = Z = 157,5 – 202,5° 5 = ZW = 202,5 – 247,5° 6 = W = 247,5 – 292,5° 7 = NW = 292,5 – 337,5°
Gedrag	Gedrag omschreven als trekken, rusten en foerageren	Nominaal	0 = Trekken (Een paar keer snel ademen in een rechte lijn. Daarna niet meer waar te nemen vanaf de kant) 1 = Rusten (Aan het wateroppervlak liggen voor een aantal seconden) 2 = Foerageren (1 tot 7 keer ademen op 1 zelfde Locatie en verschillende kanten op zwemmend)

Bijlage 5: Invloed van windsnelheid en strijk lengte op golflengte



Figuur 7: Invloed van strijk lengte (fetch) en windsnelheid op de golfhoogte. Verkregen via de HAS Hogeschool s'-Hertogenbosch

Bijlage 6: Vergelijking uur van de dag met het getij

Uur van de dag	Getij	Aantal clicks (log)	Uur van de dag	Getij	Aantal clicks (log)
1	Opkomend 5	8,16	7	Dalend 1	6,25
1	Opkomend 5	6,06	7	Opkomend 4	8,84
1	Laag	8,19	7	Dalend 5	8,18
1	Dalend 3	7,78	7	Laag	7,04
1	Hoog	7,80	7	Dalend 5	7,16
1	Dalend 1	6,49	7	Opkomend 1	8,52
2	Hoog	8,31	8	Dalend 1	7,90
2	Hoog	7,77	8	Laag	6,99
2	Opkomend 1	7,99	8	Laag	6,86
2	Dalend 4	7,88	8	Opkomend 2	7,61
2	Dalend 1	7,69	8	Opkomend 2	7,90
2	Dalend 2	5,98	8	Opkomend 3	8,75
3	Opkomend 3	7,55	9	Dalend 3	5,83
3	Opkomend 1	7,54	9	Dalend 2	7,09
3	Dalend 5	7,73	9	Opkomend 1	6,64
3	Dalend 2	7,91	9	Opkomend 1	7,95
3	Dalend 3	6,53	9	Opkomend 1	6,55
3	Dalend 1	8,04	9	Opkomend 4	6,49
4	Laag	5,99	10	Dalend 5	6,04
4	Dalend 2	6,76	10	Dalend 3	6,97
4	Opkomend 2	7,36	10	Opkomend 2	6,12
4	Dalend 3	8,15	10	Opkomend 4	6,80
4	Opkomend 3	8,15	10	Opkomend 4	5,72
4	Dalend 4	7,38	10	Opkomend 5	6,49
5	Opkomend 4	8,90	11	Dalend 5	6,26
5	Dalend 3	7,21	11	Dalend 4	6,78
5	Dalend 3	7,65	11	Hoog	6,40
5	Dalend 4	8,03	11	Opkomend 3	7,13
5	Opkomend 2	7,32	11	Opkomend 5	6,03
5	Opkomend 4	7,34	11	Hoog	7,17
6	Opkomend 5	8,77	12	Dalend 5	6,84
6	Dalend 5	8,69	12	Opkomend 4	5,23
6	Dalend 4	6,21	12	Dalend 1	6,28
6	Dalend 4	7,85	12	Opkomend 5	6,12
6	Laag	8,02	12	Hoog	5,76
6	Opkomend 3	7,19	12	Dalend 1	6,14

Uur van de dag	Getij	Aantal clicks (log)	Uur van de dag	Getij	Aantal clicks (log)
13	Laag	6,85	19	Laag	6,90
13	Dalend 2	6,66	19	Laag	8,31
13	Opkomend 5	6,58	19	Dalend 5	8,17
13	Dalend 1	5,57	19	Dalend 5	7,59
13	Hoog	7,31	19	Dalend 5	6,94
13	Dalend 1	6,61	19	Dalend 4	6,17
14	Opkomend 4	7,14	20	Hoog	5,81
14	Dalend 3	6,64	20	Laag	7,12
14	Hoog	7,99	20	Laag	7,27
14	Dalend 2	6,61	20	Opkomend 1	7,73
14	Hoog	8,45	20	Opkomend 1	8,73
14	Opkomend 5	7,62	20	Laag	6,99
15	Opkomend 3	7,59	21	Opkomend 1	9,40
15	Dalend 1	7,64	21	Opkomend 1	7,00
15	Dalend 3	6,44	21	Opkomend 2	6,70
15	Dalend 3	5,88	21	Opkomend 2	8,98
15	Opkomend 2	7,98	21	Opkomend 1	6,45
15	Hoog	7,68	21	Opkomend 1	8,09
16	Opkomend 3	6,31	22	Opkomend 2	9,11
16	Dalend 2	7,42	22	Opkomend 2	7,43
16	Dalend 4	5,91	22	Opkomend 2	6,50
16	Opkomend 3	8,77	22	Opkomend 3	8,48
16	Dalend 2	6,99	22	Opkomend 3	9,27
16	Dalend 1	7,52	22	Opkomend 2	6,90
17	Opkomend 4	6,75	23	Dalend 4	7,36
17	Opkomend 4	8,13	23	Dalend 2	7,99
17	Dalend 1	5,80	23	Opkomend 3	8,53
17	Dalend 3	7,43	23	Opkomend 3	7,81
17	Dalend 5	8,36	23	Opkomend 4	7,92
17	Dalend 2	7,79	23	Dalend 4	7,68
18	Opkomend 5	8,53	24	Opkomend 4	7,68
18	Dalend 2	6,91	24	Opkomend 5	7,18
18	Opkomend 5	6,81	24	Dalend 5	7,80
18	Dalend 4	8,09	24	Dalend 2	7,47
18	Dalend 4	7,81	24	Opkomend 5	6,27
18	Dalend 3	7,95	24	Hoog	7,23

Bijlage 7: Vaarkaart met diepte West-Oosterschelde

