

RAPPORT

## Deelstudie Onderwatergeluid CO2 transport en opslag

Klant: Porthos Development C.V.

Referentie: BF8260WATRP2006091310

Status: S0/P01.01

Datum: 18-6-2020

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35  
3818 EX AMERSFOORT  
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**  
+31 33 463 36 52 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Deelstudie Onderwatergeluid CO2 transport en opslag

Ondertitel: Deelstudie onderwatergeluid  
Referentie: BF8260WATRP2006091310  
Status: P01.01/S0  
Datum: 18-6-2020  
Projectnaam: CCS Porthos  
Projectnummer: BF8260

---

---

---

---

---

Classificatie

Projectgerelateerd



*Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever..*

## Inhoud

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Methodologie en uitgangspunten</b>	<b>1</b>
2.1	Onderzoek TNO uit 2011 in het kader van CCS ROAD	1
2.2	Onderzoek TNO uit 2011 afstraling	2
<b>3</b>	<b>NORMSTELLING</b>	<b>3</b>
3.1	BEREKENINGEN	3
<b>4</b>	<b>Ecologische effecten aanleg van de transportleiding</b>	<b>4</b>
4.1	Samenvatting geluidproductie activiteiten	4
4.2	Zeezoogdieren	5
4.3	Zeehonden	5
4.4	Walvisachtigen	6
4.5	Vissen	8
4.6	Overige soortgroepen	9
<b>5</b>	<b>Bronnen</b>	<b>9</b>

## Bijlagen

A1	Afstand en/of verblijftijd samenhangend met TTS en mijding
A2	Afstanden PTS
A3	Drempelwaarden o.a. bruinvis (HF) en zeehond (PW)

## 1 Inleiding

In de voorliggende rapport gaan we in op het te verwachten onderwatergeluid door de aanleg van de CCS Porthos transportleiding en de CO<sub>2</sub> injectie bij platform P18A. Hierbij maken we gebruik van door TNO in 2011 verricht onderzoek. Dit onderzoek actualiseren we voor wat betreft de beoordeling van de verwachte geluidniveaus, de gehanteerde uitgangspunten en de rekenresultaten behoeven geen wijziging.

Om de verwachte hoeveelheden onderwatergeluid in verband te brengen met de invloed ervan op dieren wordt in de onderzoeken d.d. 2011 door TNO uitgegaan van het begrip TTS ofwel tijdelijke gehoorschade en 'veilige' afstand. In de onderhavige actualisatie beschouwen we ook gedragsbeïnvloeding (mijding) en PTS (permanente gehoorschade).

De verslaglegging van het genoemde TNO onderzoek bestaat uit twee rapportage. Onderstaand vatten we, voor elk van de rapportages, de onderzochte aspecten en de bijbehorende rekenresultaten samen. Vervolgens komen de actuele normstelling en de (her-)berekeningen aan bod, ten slotte volgt een inschatting van de ecologische effecten.

## 2 Methodologie en uitgangspunten

### 2.1 Onderzoek TNO uit 2011 in het kader van CCS ROAD

Het rapport 'Onderwatergeluid bij de aanleg en het in bedrijf zijn van de CO<sub>2</sub> opslag in het kader van het ROAD project' d.d. 5 april 2011 betreft onderwatergeluid zowel bij de aanleg van de CCS (carbon capture and storage) installaties als bij het in bedrijf zijn daarvan.

De aanleg is verdeeld in de aspecten:

1. Het aanpassen van het satelliet productieplatform P18A om dit geschikt te maken voor CO<sub>2</sub> injectie, zoals het wegboren van pluggen;
2. Het boren ten behoeve van de CO<sub>2</sub> leiding in het havengebiedtraject;
3. Het ingraven van de CO<sub>2</sub> transportleiding en de elektriciteitskabel in de waterbodem in het zeetraject alsmede het baggeren van zandduintjes.

Het in bedrijf zijn kent de volgende onderdelen:

4. Het onderwatergeluid ten gevolge van regelkleppen en het stromen van het CO<sub>2</sub> in de leiding en de risers bij het platform;
5. Het onderwatergeluid bij een calamiteit waarbij de leiding kapot gaat.

Ad 1. Het gehanteerde breedbandige geluidniveau voor boren en machinegeluiden op het boorplatform is 150 dB re 1 µPa op een afstand van 100 meter, overeenkomend met een sound exposure level van 199 dB re 1 µPa. De boor staat hierbij in rechtstreeks contact met het water.

Helikoptergeluid en scheepsgeluid komen kwalitatief aan bod. Helikopters en bevoorradingsschepen leiden niet tot een langdurige blootstelling van dieren aan geluid. De bijdrage van deze bronnen aan de totale blootstelling is verwaarloosbaar.

Ad 2. In het havengebied wordt de CO<sub>2</sub> leiding geboord op 7 meter onder de waterbodem. De verwachting is dat het boorgeluid lokaal wellicht waarneembaar zal zijn, maar ten opzichte van het scheepvaartgeluid een ondergeschikte rol zal spelen.

Ad 3. Bij de aanleg van de buisleiding wordt een zogenoemde pijpenlegger ingezet. Dit schip produceert onderwatergeluid en heeft een bronniveau van 188 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{m}^2$ . Op 100 meter afstand en bij een waterdiepte van 25 meter geeft dit een geluiddrukkniveau (SPL) van 154 dB re 1  $\mu\text{Pa}$ . Het bijbehorende sound exposure level op 100 meter afstand is hiermee 203 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ .

Voor het baggerschip is uitgegaan van een bronniveau van 185 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{m}^2$ . Het geluiddrukkniveau en het sound exposure level zijn eveneens 3 dB lager dan de bovenstaande waarden behorend bij de pijpenlegger.

Ad 4. Het stromen van CO<sub>2</sub> is onderzocht en gerapporteerd in een aparte bijlage 2. Vertaald naar een afstand van 100 meter uit de leiding is het geluiddrukkniveau (SPL) ca. 56 dB re 1  $\mu\text{Pa}$ .

Ad 5. De voornoemde bijlage 1 verwijst naar een risicoanalyse van Tebodin. De kans op een calamiteit wordt zodanig klein geacht dat een inventarisatie van het hiermee samenhangende onderwatergeluid niet is onderzocht.

## 2.2 Onderzoek TNO uit 2011 afstraling

Het onderzoek heeft referentie TNO-MEM-2011-00560 'CO<sub>2</sub> injectie P-18A: onderwatergeluid afstraling' d.d. 5 april 2011 van TNO.

Belangrijkste bronnen:

1. Turbulente stroming in de CO<sub>2</sub> riser naar P18A en;
2. Aardgas risers van P18A naar P-15.

De upstream CO<sub>2</sub> riser (en de downstream aardgasproductieriser) is potentieel relevant, de overige risers bestaan uit meerdere concentrisch geplaatste buizen met een zeer goede geluidisolatie.

Klepgeluid is niet relevant en stromings-geïnduceerd geluid wordt door de lage stroomsnelheid van het CO<sub>2</sub> niet verwacht. Ten slotte is afstraling van de geïsoleerde CO<sub>2</sub> leiding onder de zeebodem verwaarloosbaar. Daarom zijn als geluidbron uitsluitend de risers van belang.

Omdat de bepaling van de geluidafstraling beperkt nauwkeurig is en onzekerheid bestaat omtrent de input data wordt geluid van CO<sub>2</sub> injectie (injectiescenario) vergeleken met geluid van aardgasproductie (productiescenario). Het injectiescenario is nog verdeeld in 4 cases die variëren in pijpleiding druk en temperatuur.

Het afgestraalde geluidvermogen  $L_{wo}$  uitgedrukt in dB re 1 pW (1 picowatt) is:

- 2 tot 41 dB voor CO<sub>2</sub> injectie;
- 27 tot 75 dB voor gasproductie.

De geluidafstraling tijdens CO<sub>2</sub> injectie geeft in de luidste case een geluiddrukkniveau van ca. 91 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{m}^2$ .

Bevindingen:

- Zowel voor de productie- als de injectiescenario's ligt het maximum van het afgestraalde spectrum rond 4 kHz;

- Stromingsgeluid door CO<sub>2</sub> injectie is voor de meeste cases minder dan bij aardgasproductie;
- Het geprognoseerde geluiddrukkniveau is tijdens CO<sub>2</sub> injectie ca. 91 dB re 1 μPa<sup>2</sup>m<sup>2</sup>. Op 100 meter afstand (en bij 25 meter waterdiepte) is dit een geluiddrukkniveau ofwel SPL van ca. 56 dB re 1 μPa.

### 3 NORMSTELLING

De gehanteerde normen zijn afkomstig van:

- Marine Mammal Acoustic Technical Guidance 2018 revision to: Technical Guidance for Assessing the effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing;
- Voor vissen in het kader van gedragsverandering (het mijden van een gebied) een geluiddrukkniveau van 150 dB re 1 μPa (effectieve waarde). De bron hiervoor is Stadler and Woodbury (2009);
- Voor vissen wordt in het kader van gehoorschade een cumulatieve geluidsbelasting aangehouden van 187 dB re 1μPa<sup>2</sup>s (SEL) voor vissen zwaarder dan 2 gram;
- En 183 dB re 1μPa<sup>2</sup>s (SEL) voor vissen lichter dan 2 gram. De bron hiervoor is Stadler and Woodbury (2009).

#### 3.1 Berekeningen

De afstanden en/of tijden die samenhangen met TTS van bruinvis, zeehond en vissen zijn herberekend. Hierbij is gebruik gemaakt van de technische gegevens uit de TNO-rapportage. De (her-)berekeningen betreffen naast het aspect TTS ook mijding en PTS. Voor mijding en TTS zie bijlage A2 van dit rapport. Bijlage A3 van dit rapport geeft de afstanden waarop van PTS sprake is, de geplande activiteiten beschouwen we hierbij als zijnde stationair met een continue geluiduitstraling. Bijlage A3 maakt gebruik van de User Spreadsheet Tool (MS Excel) van NOAA. De berekeningen bevatten de WFA weegfactoren voor bruinvis (een high-frequency cetacean ofwel HF) en zeehond (Phocid Pinniped ofwel PW).

We merken op dat in bijlage A2 de mijdingsafstand in meter in eerste instantie is aangegeven uitgaande van een drempelwaarde (SPL) van 120 dB re 1 μPa voor bruinvis en zeehond. Door NOAA wordt bij de genoemde waarde van 120 dB re 1 μPa opgemerkt dat bij achtergrondgeluidniveaus van 120 dB re 1 μPa of hoger de drempelwaarde enigszins mag worden verhoogd, zie ook bijlage A4. In bijlage A2 is daarom bij mijding naast 120 dB re 1 μPa ook gerekend uitgaande van een verhoogd achtergrondgeluidniveau leidend tot een gehanteerde drempelwaarde van 130 dB re 1 μPa. Scheepvaartbewegingen in de omgeving van het platform kunnen aanleiding vormen om de verhoogde drempelwaarde toe te passen.

## 4 Ecologische effecten tijdens aanleg en gebruik

Hieronder volgen de ecologische effecten die kunnen optreden ten gevolge van de aanleg van de CO<sub>2</sub> transportleiding en de CO<sub>2</sub> injectie.

### 4.1 Samenvatting geluidproductie activiteiten

In voorgaande hoofdstukken zijn de geluidwaarden van de verschillende activiteiten berekend. Bijlage A2 bevat het gehele overzicht van berekeningen. Hieronder volgt een beknopte weergave van belangrijkste punten die nodig zijn om een indruk te krijgen van de ecologische effecten. In Tabel 4-1 staan de gemodelleerde cumulatieve geluidniveaus (SEL dB re 1 µPa<sub>2s</sub>) van de vier verschillende activiteiten die bij dit project plaatsvinden. In Tabel 4-2 staat een overzicht van de gehanteerde drempelwaarden voor zeezoogdieren en vissen.

Tabel 4-1. Overzicht berekende geluidniveaus van de vier verschillende activiteiten.

Bron	SEL (dB re 1 µPa <sub>2s</sub> ) op 100 m afstand cumulatief 24 uur
Boren	199
Pijp leggen	203
Baggeren	200
CO <sub>2</sub> injectie stromingsgeluid	105

Tabel 4-2. Overzicht drempelwaarden zeezoogdieren en vissen. Zie Hoofdstuk 3.

Soort	Drempel TTS SEL in dB re 1 µPa <sub>2s</sub>	Drempel mijding SPL in dB re 1 µPa	Drempel mijding SPL in dB re 1 µPa (bij verhoogd achtergrondgeluid)	Drempel PTS SEL cum dB re 1 µPa <sub>2s</sub>
Zeezoogdieren				
Bruinvis (high-frequentie cetacean)	153	120	130	173
Witsnuitdolfijn/dwergvinvis (mid-frequentie cetacean)				198
Gewone zeehond	181	120	130	201
Vissen				
Grote vis	187	150	150	
Kleine vis	183	150	150	

Uit bovenstaande blijkt dat van drie soorten activiteiten het geproduceerde onderwatergeluid de drempelwaarden voor (tijdelijke) gehoorschade aan vissen en zeezoogdieren overschrijdt, te weten:

- Boren
- Pijpen leggen
- Baggeren

Bij boren wordt onderwatergeluid veroorzaakt door het contact tussen de draaiende boor en het gesteente. Bij de aanleg van pijpen zorgt het schip (een zogenaamde pijpenlegger) voornamelijk voor het onderwatergeluid. Dit schip heeft hele sterke 'thrusters' om het schip goed te kunnen manoeuvreren en op zijn plaats te behouden. Ook bij baggeren zorgt het werkschip voor de aanwezigheid van onderwatergeluid.

Bovenstaande drie soorten activiteiten kunnen mogelijk leiden tot negatieve effecten op vissen en zeezoogdieren, bijvoorbeeld doordat (tijdelijke) gehoorschade optreedt en/of gedragsverandering (verstoring). Dit wordt in onderstaande paragrafen nader toegelicht.

Van andere activiteiten behorende bij de CO<sub>2</sub> injectie, zoals het stromingsgeluid, zijn geen overschrijdingen van drempelwaardes berekend. Negatieve effecten van stromingsgeluid op dieren zijn daarom niet waarschijnlijk.

## 4.2 Zeezoogdieren

Zeezoogdieren zijn gevoelig voor verstoring door onderwatergeluid; het kan belemmeren in foerageren en communiceren. Daarnaast is er kans op mogelijke fysieke of fysiologische effecten, bestaande uit tijdelijke- of permanente gehoordrempelverschuiving en in het ergste geval verwondingen. Hoe dichter zeezoogdieren zich bij de geluidsbron bevinden, hoe groter de verstoring zal zijn, waarbij permanente gehoorschade (PTS = Permanent Threshold Shift) het meest ingrijpende effect is, daarna tijdelijke gehoordrempelverschuiving (TTS = Temporary Threshold Shift) en tot slot vermijding van een gebied en gedragsverandering.

'Masking' kan leiden tot gedragsverandering en vindt plaats wanneer een hard geluid een zachter geluid overstemt of wanneer achtergrondgeluid dezelfde frequentie heeft als geluidssignalen van zeezoogdieren. Masking is vooral een probleem als onderwatergeluid een soortgelijke frequentie heeft als die van biologisch belangrijke signalen, zoals bij onderlinge communicatie of benodigd voor foerageren. Geluid kan worden onderverdeeld in impulsief geluid en continu geluid. Impulsief geluid is kortstondig, repetitief aanwezig, zoals bij het heien van palen. Continu geluid is geluid dat aaneengeschaald aanwezig is, zoals scheepvaartgeluid. De werkzaamheden in dit project leiden tot een continue vorm van onderwatergeluid, die een aantal weken achter elkaar aanwezig is. Masking is vooral relevant indien er continu onderwatergeluid aanwezig is.

Hieronder wordt per type effect gekeken in welke mate het optreedt op zeehonden respectievelijk walvisachtigen (cetaceans).

## 4.3 Zeehonden

### Tijdelijke gehoorschade (TTS)

Zeehonden kunnen tijdelijke gehoorschade (TTS) oplopen door het boren, pijpen leggen en baggeren. De veilige afstand bij verblijf van 24 uur voor boren, pijpen leggen en baggeren is respectievelijk ongeveer 1,6 km (8,3 km<sup>2</sup>), 4 km (52,1 km<sup>2</sup>) en 2 km (13,1 km<sup>2</sup>) (*Tabel 4-3*). Als een zeehond gedurende 24 uur binnen deze afstand is dan krijgt het dier te maken met TTS.



Tabel 4-3. Overzicht berekende effecten TTS gewone zeehond.

Geluidbron	Veilige afstand (m) bij verblijf van		Veilige verblijftijd op 100m afstand in uren
	24 uur	3 uur	
Boren	1622	203	1,36
Pijpleggen	4074	509	0,54
Baggeren	2042	255	1,08

### Permanente gehoorschade (PTS)

Er is gemodelleerd dat permanente gehoorschade kan optreden als een zeehond binnen 107,5 meter van de werkzaamheden (pijpleggen) is. PTS dient te allen tijde voorkomen te worden, bijvoorbeeld door het treffen van mitigerende maatregelen.

Tabel 4-4 PTS waarden voor zeehonden.

Hearing group	Phocid Pinnipeds
PTS contour afstand (meters)	107,5

### Vermijding

De mijdingsafstanden van zeehonden bij deze werkzaamheden liggen in de orde van 26 (boren) tot meer dan 65 kilometer (pijpleggen). Maar wanneer de activiteit plaatsvindt in een gebied met een verhoogd achtergrondgeluid zijn de mijdingsafstanden kleiner namelijk 2,6 (boren) tot 6,5 (pijpleggen) kilometer. Dat betekent dat zeehonden in principe zullen wegzwemmen van de werkzaamheden. Dit betreft een tijdelijke verkleining van hun leef- en foerageergebied. De werkzaamheden vinden plaats in de kustzone, een plek waar zeehonden bij voorkeur foerageren, omdat het in de nabijheid van hun rustplaatsen is, en waar ze migreren tussen Deltawateren en Waddenzee. Door de werkzaamheden zullen zeehonden grotere afstanden afleggen wat hen energie kost.

Tabel 4-5. Overzicht berekende effecten mijding gewone zeehond.

Geluidbron	Mijding op afstand in km	Mijding op afstand in km mits verhoogde achtergrond geluid
Boren	26	2.6
Pijpleggen	65	6.5
Baggeren	32	3.2

## 4.4 Walvisachtigen

Naast de algemeen voorkomende bruinvis komen er diverse andere walvisachtigen voor op het Nederlandse deel van de Noordzee. Baleinwalvissen zijn schaars; alleen de dwergvinvis komt regelmatig in de Noordzee voor, omdat deze soort relatief ondiep water preferereert. Van de tandwalvissen komt alleen de witsnuitdolfijn regelmatig voor in de Noordzee. Deze walvisachtigen zijn allebei mid-frequentie

cetacean. Dit betekent dat ze, in tegenstelling tot de bruinvis, ook lagere geluidfrequenties kunnen waarnemen.

### Masking

Voor walvisachtigen kan masking optreden indien de frequentie waarop het dier communiceert overlapt met de frequentie van het geluid van de activiteit en het geluid daarbij continu aanwezig is. De activiteiten van dit project leiden met name tot continu laagfrequent geluid. De bruinvis is een soort dat vooral hoogfrequent geluid waarneemt en produceert. Van masking zal bij bruinvis geen tot zeer beperkt sprake zijn.

Voor andere walvisachtigen, zoals dwergvinvis en witsnuitdolfijn, kan er wel sprake zijn van masking. Deze soorten communiceren op een vergelijkbare frequentie als het geluid dat bij de werkzaamheden vrijkomt.

Masking kan leiden tot een verlies op mogelijkheid tot foerageren, communiceren en zogen (moeder/kalf interactie). Het is bekend dat dieren deels in staat zijn zich aan te passen als masking optreedt, zoals het aanpassen van de frequentie of het wegzwemmen van de geluidbron. Maar omdat geluid onder water ver reikt, kan masking ook over grote afstanden optreden. Er is nog veel onbekend over de mate van het effect van masking. Er zijn dan ook nog geen normen voor masking.

De werkzaamheden van dit project vinden dicht bij de kust plaats. Grote walvisachtigen bevinden zich normaal gesproken niet nabij de kust, maar omdat geluid ver reikt onder water is het niet uitgesloten dat masking optreedt op walvisachtigen die op laag- of midden frequent geluid communiceren, zoals dwergvinvis of witsnuitdolfijn.

### Tijdelijke gehoorschade (TTS)

De bruinvis heeft een drempel TTS van 153 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$  (Tabel 4-2), daarbij opgemerkt dat dit vooral bij hoogfrequent geluid van toepassing is. Baggeren en boren zijn niet goed waarneembaar voor een bruinvis.

Van de onderzochte werkzaamheden heeft het leggen van de pijp het grootste effect. Hierbij is de veilige afstand bij een verblijf van 24 uur bijna 2 km. Dit betekent dat een bruinvis die zich gedurende 24 uur ophoudt binnen 2 kilometer van de werkzaamheden te maken krijgt met tijdelijke gehoorschade. Er is dan sprake van een oppervlakteverlies om te foerageren en migreren van 12,56 km<sup>2</sup>. Dit gebied zal zich verplaatsen gedurende de werkzaamheden.

Voor het boren en het baggeren is de veilige afstand gedurende 24 uur respectievelijk 700 en 881 meter. Dit geeft een oppervlakte van 1,53 km<sup>2</sup> en 2,43 km<sup>2</sup>. De veilige verblijftijd op 100 meter afstand van het boren, de pijp leggen en baggeren is: 3,15 uur, 1,26 uur en 2,5 uur. De bruinvis zal waarschijnlijk bij het horen van het eerste geluid uit het gebied vluchten.

Naast de gehoorschade die de bruinvis kan ondervinden is er ook oppervlakteverlies voor de bruinvis. Door het oppervlakteverlies heeft de bruinvis een kleiner leefgebied en daarmee ook een kleiner foerageergebied.

Tabel 4-6. Overzicht berekende effecten TTS bruinvis. NB. Dit zijn gewogen waarden.

Geluidbron	Veilige afstand (m) bij verblijf van		Veilige verblijftijd op 100m afstand in uren
	24 uur	3 uur	
Boren	700	87	3,15
Pijpleggen	1758	220	1,26
Baggeren	881	110	2,50

### Permanente gehoorschade (PTS)

De afstand waarbij de bruinvis permanente gehoorschade kan oplopen ligt op 61,4 meter vanaf de bron (Tabel 4-7). De afstand waarbij witsnuitdolfijn en dwergvinvis permanente gehoorschade kunnen oplopen ligt op 4,8 meter vanaf de bron. Dit is berekend aan de hand van de activiteit met het hoogste geluidniveau, te weten het pijpen leggen. Bruinvissen komen in de kustzone voor, dus is het niet uitgesloten dat een enkele bruinvis te maken krijgt met PTS. Permanente gehoorschade dient te allen tijde voorkomen te worden, zodat mitigerende maatregelen nodig zijn bij de werkzaamheden om effecten te voorkomen.

Tabel 4-7 PTS waarden voor cetaceans.

Hearing group	Low- frequentie cetacean	Mid- frequentie cetacean	High- frequentie cetacean
PTS contour afstand (meters)	357,6	4,8	61,4

### Vermijding

De mijdingsafstanden van bruinvis bij deze werkzaamheden liggen op minder dan 50 meter afstand van het schip. Dit betekent dat slechts klein gebied rondom het schip tijdelijk ongeschikt is voor de bruinvis als leefgebied. Wanneer de activiteit plaatsvindt in een gebied met verhoogde achtergrond geluid is mijdingsafstand verwaarloosbaar klein (2-4 meter van het schip).

Tabel 4-8. Overzicht berekende effecten mijding bruinvis.

Geluidbron	Mijding op afstand in km	Mijding op afstand in km mits verhoogde achtergrondgeluid
Boren	0.018	0.002
Pijpleggen	0.044	0.004
Baggeren	0.022	0.002

## 4.5 Vissen

In tegenstelling tot zeezoogdieren hebben vissen geen extern gehoororgaan. Geluid, in de vorm van drukverschillen onder water, kan door vissen op verschillende manieren worden waargenomen (Thomsen *et al.*, 2006). Er wordt onderscheid gemaakt in gehoorspecialisten, waartoe soorten behoren met een relatief lage gehoordrempel en hoge gevoeligheid voor geluid, en gehoorgeneralisten: soorten die geen zwemblaas hebben of waarbij speciale structuren voor een efficiënte geluidsoverdracht ontbreken. De meeste bodemvissen, zoals platvissen en grondels, zijn gehoorgeneralisten terwijl de meeste vissen die hoger in de waterkolom leven gehoorspecialisten zijn. De gehoorspecialisten kunnen over het algemeen eerder negatieve effecten ondervinden van onderwatergeluid. Daarentegen zijn deze vissoorten mobieler, hebben een grotere leefgebied en kunnen snel grotere afstanden afleggen dan gehoorgeneralisten, zodat zij eerder vervelende geluiden kunnen ontvluchten.

Voor vissen is er in de modelberekeningen verschil gemaakt tussen kleine vissen (<2 g) en grote vissen (>2 g). In de kustzone is het aandeel kleine vis relatief hoger dan verder offshore.

Voor kleine vissen is de veilige afstand bij verblijf van 24 uur voor boren, pijp leggen en baggeren respectievelijk ongeveer 4 km, 10 km en 5 km. Voor grote vissen zijn de afstanden ongeveer 1,5 km, 4 km en 2 km (Tabel 4-9). Doordat de veilige afstand voor vissen in de kilometers loopt zal een groot aantal

vissen beïnvloedt kunnen worden door de werkzaamheden. Zeker vissen die aan de bodem gebonden en weinig mobiel zijn kunnen door het onderwatergeluid schade ondervinden. De vissen kunnen fysieke of fysiologische effecten ondervinden aan de zwemblaas, bloedvaten of het gehoorapparaat. Viseieren en vislarven kunnen eveneens effecten van onderwatergeluid ondervinden (Van Damme *et al.*, 2011). De eieren hebben geen voortbewegings mogelijkheden en drijven dus veelal passief in het water of zijn afgezet op of aan de bodem. De eieren die zich op dat moment in het projectgebied bevinden kunnen dus schade oplopen of kapot gaan.

Tabel 4-9. Overzicht berekende effecten TTS vissen.

Geluidbron	Veilige afstand (m) bij verblijf van		Veilige verblijftijd op 100m afstand in uren
	24 uur	3 uur	
<i>Kleine vis</i>			
Boren	3.981	498	0,55
Pijpleggen	10.000	1.250	0,22
Baggeren	5.012	626	0,44
<i>Grote vis</i>			
Boren	1.585	198	1,39
Pijpleggen	3.981	498	0,55
Baggeren	1.955	249	1,11

## 4.6 Overige soortgroepen

Naast de zeezoogdieren en vissen kunnen ook andere soortgroepen van dieren effecten ondervinden door onderwatergeluid. Op dit moment wordt onderzoek gedaan naar de effecten van onderwatergeluid op schelpdieren, weekdieren, kreeftachtigen en zeevogels. In grote lijnen is bekend dat er effecten van onderwater geluid op deze soortgroepen kunnen optreden. In welke mate is momenteel echter nog onbekend. Zeevogels worden in dit gebied waarschijnlijk ook door de visuele aanwezigheid boven water verstoord, zodat het effect van geluid onder water beperkt zal zijn. Schelpdieren en andere bodemgebonden soorten hebben echter geen mogelijkheid om zich te verplaatsen van de geluidsbron. De aanwezige individuen kunnen door het onderwatergeluid in potentie aangetast worden.

## 5 Bronnen

NOAA, 2018. Marine Mammal Acoustic Technical Guidance 2018 revision to: Technical Guidance for Assessing the effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing

Stadler and Woodbury (2009). Assessing the effects to fishes from pile driving: Application of new hydroacoustic criteria. Inter-noise 2009, innovations in practical noise control.

Thomsen, M. S., McGlathery, K. J., & Tyler, A. C. (2006). Macroalgal distribution patterns in a shallow, soft-bottom lagoon, with emphasis on the nonnative *Gracilaria vermiculophylla* and *Codium fragile*. *Estuaries and Coasts*, 29(3), 465-473.



Van Damme C., R. Hoek, D. Beare, L. Bolle, C. Bakker, E. van Barneveld, M. Lohman, E. Os-Koomen, P. Nijssen, I. Pennock & S. Tribuhl (2011). Shortlist Master plan Wind Monitoring fish eggs and larvae in the Southern North Sea: Final report Part A. Wageningen, IMARES. Report number C098/11.

## A1 Afstand en/of verblijftijd samenhangend met TTS en mijding

**BIJLAGE A: Afstand en/of verblijftijd samenhangend met TTS en mijding**

Bron van onderwater geluid	TTS gerelateerd							Mijding gerelateerd				
	Diersoort	Drempel TTS SEL in dB re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> s	SEL op 100m 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> s (24u)	SPL op 100m 1 $\mu$ Pa	Veilige afstand in m bij verblijf van 24 uur	Veilige afstand in m bij verblijf van 3 uur	Veilige verblijftijd op 100m afstand in uren	Drempel mijding SPL in dB re 1 $\mu$ Pa	Drempel mijding SPL in dB re 1 $\mu$ Pa verhoogde achtergrond	Mijding op afstand in m	Mijding op afstand in m mits verhoogde achtergrond	
Boren	Bruinvis	153	199	150	700	87	3,15	120	130	18	2	
	Grote vis	187	199	150	1585	198	1,39	150	n.v.t.	100	n.v.t.	
	Kleine vis	183	199	150	3981	498	0,55	150	n.v.t.	100	n.v.t.	
	Zeehond	181	199	150	1622	203	1,36	120	130	25704	2570	
Pijpen leggen	Bruinvis	153	203	154	1758	220	1,26	120	130	44	4	
	Grote vis	187	203	154	3981	498	0,55	150	n.v.t.	251	n.v.t.	
	Kleine vis	183	203	154	10000	1250	0,22	150	n.v.t.	251	n.v.t.	
	Zeehond	181	203	154	4074	509	0,54	120	130	64565	6457	
Baggeren	Bruinvis	153	200	151	881	110	2,50	120	130	22	2	
	Grote vis	187	200	151	1995	249	1,11	150	n.v.t.	126	n.v.t.	
	Kleine vis	183	200	151	5012	626	0,44	150	n.v.t.	126	n.v.t.	
	Zeehond	181	200	151	2042	255	1,08	120	130	32359	3236	
Stromingsgeluid CO2-injectie	Bruinvis	153	105	56	geen beperking	geen beperking	geen beperking	120	130	geen beperking	geen beperking	
	Grote vis	187	105	56				150	150			
	Kleine vis	183	105	56				150	150			
	Zeehond	181	105	56				120	130			

De drempels 'TTS SEL' voor bruinvis en zeehond betreffen gewogen waarden, de wegingen zijn ook verwerkt in de berekeningen van de mijdingsafstanden

A2 **Afstanden PTS**



A: STATIONARY SOURCE: Non-Impulsive, Continuous						
VERSION 2.0: 2018						
KEY						
User Provided Information						
NMFS Provided Information (Technical Guidance)						
Resultant Isopleth						
STEP 1: GENERAL PROJECT INFORMATION						
PROJECT TITLE	Porthos, bijlage B					
PROJECT/SOURCE INFORMATION	CO2 opslag samenhangend met platform P18-A, luidste bron 'pijpenlegger'					
Please include any assumptions						
PROJECT CONTACT						
STEP 2: WEIGHTING FACTOR ADJUSTMENT						
Weighting Factor Adjustment (kHz)*	1	default value				
* Broadband: 95% frequency contour percentile (kHz) OR Narrowband: frequency (kHz); For appropriate default WFA: See INTRODUCTION tab		† If a user relies on alternative weighting/dB adjustment rather than relying upon the WFA (source-specific or default), they may override the Adjustment (dB) (row 47), and enter the new value directly. However, they must provide additional support and documentation supporting this modification.				
* BROADBAND Sources: Cannot use WFA higher than maximum applicable frequency (See GRAY tab for more information on WFA applicable frequencies)						
STEP 3: SOURCE-SPECIFIC INFORMATION						
Source Level (RMS SPL)	188					
Duration of Sound Production (hours) within 24-h period	24					
Duration of Sound Production (seconds)	86400					
10 Log (duration of sound production)	49,37					
Propagation (xLogR)	15					
		NOTE: The User Spreadsheet tool provides a means to estimate distances associated with the Technical Guidance's PTS onset thresholds. Mitigation and monitoring requirements associated with a Marine Mammal Protection Act (MMPA) authorization or an Endangered Species Act (ESA) consultation or permit are independent management decisions made in the context of the proposed activity and comprehensive effects analysis, and are beyond the scope of the Technical Guidance and the User Spreadsheet tool.				
RESULTANT ISOPLETHS						
	Hearing Group	Low-Frequency Cetaceans	Mid-Frequency Cetaceans	High-Frequency Cetaceans	Phocid Pinnipeds	Otariid Pinnipeds
	SEL <sub>cum</sub> Threshold	199	198	173	201	219
	PTS isopleth to threshold (meters)	357,6	4,8	61,4	107,5	7,9
WEIGHTING FUNCTION CALCULATIONS						
	Weighting Function Parameters	Low-Frequency Cetaceans	Mid-Frequency Cetaceans	High-Frequency Cetaceans	Phocid Pinnipeds	Otariid Pinnipeds
	a	1	1,6	1,8	1	2
	b	2	2	2	2	2
	f <sub>1</sub>	0,2	8,8	12	1,9	0,94
	f <sub>2</sub>	19	110	140	30	25
	C	0,13	1,2	1,36	0,75	0,64
	Adjustment (dB)†	-0,06	-29,11	-37,55	-5,90	-4,87
$W(f) = C + 10 \log_{10} \left\{ \frac{(f/f_1)^{2a}}{[1 + (f/f_1)^2]^a [1 + (f/f_2)^2]^b} \right\}$						

**A3 Drempelwaarden o.a. bruinvis (HF) en zeehond (PW)**

**Bijlage 3: Drempelwaarden o.a. bruinvis (HF) en zeehond (PW): PTS en mijding**

NOAA Fisheries in-water acoustic thresholds		
Criterion	PTS Onset (Received Level)	
Level A: Hearing Groups	Impulsive	Non-Impulsive
	Low-Frequency Cetaceans (LF)	PK: 219 dB SEL <sub>cum</sub> : 183 dB
Mid-Frequency Cetaceans (MF)	PK: 230 dB SEL <sub>cum</sub> : 185 dB	SEL <sub>cum</sub> : 198 dB
High-Frequency Cetaceans (HF)	PK: 202 dB SEL <sub>cum</sub> : 155 dB	SEL <sub>cum</sub> : 173 dB
Phocid Pinnipeds (PW)	PK: 218 dB SEL <sub>cum</sub> : 185 dB	SEL <sub>cum</sub> : 201 dB
Otariid Pinnipeds (OW)	PK: 232 dB SEL <sub>cum</sub> : 203 dB	SEL <sub>cum</sub> : 219 dB
Criterion	Criterion Definition	Threshold
Level B	Behavioral disruption for <u>impulsive</u> noise  (e.g., impact pile driving)	160 dB <sub>rms</sub>

Level B	Behavioral disruption for <u>continuous</u> noise  (e.g., vibratory pile driving, drilling)	120* dB <sub>rms</sub>
<p>Level A:</p> <p>Dual Thresholds (impulsive): Use one resulting in large effect distance (isopleth) SEL<sub>cum</sub> thresholds incorporates weighting functions</p> <p>Level B:</p> <p>All decibels referenced to 1 micro Pascal (re: 1uPa). Note all thresholds are based off root mean square (rms) levels. *The 120 dB threshold may be slightly adjusted if background noise levels are at or above this level.</p>		