

Rapport nr. 6-2007 van SEAMARCO, 17 december 2007

RWS bestelnummer 4500106089, Positie nummer: 00010, 30 november 2007

**Commentaar op de akoestische aspecten van het Deense rapport  
“Review report 2004: The Danish Offshore Wind Farm  
Demonstration Project Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms”**



**Opdrachtgever: Rijksinstituut voor Kust en Zee (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RWS)**

**Contactpersonen:**

**Drs. Marcel van der Tol , E-mail: [Marcel.vander.Tol@rws.nl](mailto:Marcel.vander.Tol@rws.nl)**

**Drs. Suzan van Lieshout, E-mail: [suzan.van.lieshout@rws.nl](mailto:suzan.van.lieshout@rws.nl)**

**Ir. Herman Peters, E-mail: [herman.peters@rws.nl](mailto:herman.peters@rws.nl)**



**Uitvoerder: SEAMARCO**

**Contactpersoon: Dr. ir. Ron Kastelein. E-mail: [researchteam@zonnet.nl](mailto:researchteam@zonnet.nl)**





# REPORT

**SEAMARCO**

Sea Mammal Research Company

Julianalaan 46  
3843CC Harderwijk  
The Netherlands

---

Author(s) : ing. W.C. Verboom  
dr. ir. R.A. Kastelein

Date : 17 december 2007

Title : **Commentaar op de akoestische aspecten van het Deense rapport  
“Review report 2004: The Danish Offshore Wind Farm  
Demonstration Project Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms”**

Report no. : 6-2007

© 2007 SEAMARCO, Harderwijk, The Netherlands

---

SEAMARCO conducts research for the conservation of marine mammals and fish in the wild, and to improve the well-being of marine animals in human care.

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without previous written consent of SEAMARCO.

In case this report was drafted on instructions, the rights and obligations of the contracting parties are subject to the relevant agreement concluded between the contracting parties. Submitting the report for inspection to parties who have a direct interest is permitted.

## INHOUDSOPGAVE

1.	Inleiding	2
2.	Uitleg over ‘potential impacts’ van windmolens in het algemeen	3
3.	Resultaten Horns Rev	7
4.	Resultaten Nysted	15
5.	Conclusies	22
6.	Samenvatting Deense rapport	26
	Bijlage 1: Opmerkingen over enkele recent verschenen Deense rapporten	28
	Bijlage 2: Voortplanting van onderwatergeluid in ondiep water	33

## 1. Inleiding

In de loop van 2005 is het Deense rapport “*Review 2004 – The Danish offshore wind farm demonstration project: Horns Rev and Nysted offshore wind farms – Environmental impact assessment and monitoring*”<sup>1</sup> verschenen. Dat rapport – verder in dit rapport aangeduid als “*het Deense rapport*” – beschrijft de milieueffecten van twee windmolenparken in zeegebieden rond Denemarken (Horns Rev en Nysted) en kan worden beschouwd als een tussentijdse rapportage in het kader van het zgn. monitoring-programma. Het rapport omvat de jaren 2000 – 2004, zijnde de aanloop-, constructie- en eerste exploitatiejaren van beide windmolenparken.

Het Deense rapport bestaat uit drie delen: een beschrijving van de, tijdens de ontwerpfase, verwachte milieueffecten van windmolenparken in het algemeen en, voor beide windmolenparken afzonderlijk, een samenvatting van de specifieke ‘Environmental Impact Assessment’, gevolgd door een samenvatting van de daadwerkelijk geconstateerde milieueffecten tijdens de aanleg en de eerste exploitatieperiode, zijnde het resultaat van het monitoring programma tot medio 2005.

Dit rapport tracht een objectieve beoordeling te geven van de in het Deense rapport beschreven akoestische passages. Om hiertoe een goed oordeel te kunnen vormen werden zo veel mogelijk onderzoeksrapporten van het Deense monitoring-programma bestudeerd. Deze worden in dit rapport in voetnoten aangegeven. Relevante passages uit het Deense rapport worden in dit rapport (woordelijk) herhaald en waar nodig – in cursief – van commentaar voorzien

In de periode na het verschijnen van het hierboven vermelde ‘Deense rapport’ werd een aantal nieuwe Deense rapporten gepubliceerd, o.a. in relatie tot een nieuw aan te leggen windpark Horns Rev II. In Bijlage 1 van dit rapport wordt beknopt commentaar gegeven op enkele van de recente rapporten.

Er is al vele jaren een stijgende bezorgdheid dat het (akoestische) zeemilieu door de vele antropogene geluidsbronnen op zee (scheepvaart, offshore constructies, visserij, seismisch onderzoek, militaire activiteiten, etc.) wordt aangetast. Bij elkaar zorgen deze geluidsbronnen voor een niet-onaanzienlijke verhoging van de gehoordetectiedrempel van zeedieren, dieren waarvoor het gehoor van primair belang is om te overleven, aangezien gezichtsvermogen onderwater een minder grote functie heeft dan bij de meeste landdieren het geval is. Het gevaar bestaat dat het akoestische milieu in zee door het creëren van grote aantallen windmolenparken nog zwaarder zal worden belast, aangezien operationele windmolens niet te verwaarlozen geluidsproducenten zijn. Ook de inhoud van het Deense rapport wijst in die richting.

Echter, met de uitgebreide kennis die er in Nederland beschikbaar is over de faunaverstoring ten gevolge van geluid moet hiervoor een verantwoorde oplossing voor het windmolengeluid kunnen worden gevonden, zodat ‘windenergie van zee’ tot de mogelijkheden blijft behoren.

---

<sup>1</sup> *Elsam, October 2005, “Review 2004 – The Danish offshore wind farm demonstration project: Horns Rev and Nysted offshore wind farms – Environmental impact assessment and monitoring”*

## 2. Uitleg over ‘potential impacts’ van windmolens in het algemeen

*Het eerste gedeelte van het Deense rapport geeft een overzicht van de milieuaspecten rond aanleg en exploitatie van windmolenparken. Niet duidelijk is wanneer deze tekst werd geschreven: de tekst lijkt te zijn overgenomen uit oudere rapporten zonder dat de kennis van later geconstateerde effecten werd verwerkt. Er wordt echter een zekere voorzichtigheid betracht voor wat betreft negatieve milieueffecten. Dit in tegenstelling tot de aanloophase van de windmolenprojecten toen in Denemarken werd gesteld dat windmolenparken geen enkele negatieve invloed zouden hebben op zeezoogdieren en vis. Dit ondanks het feit dat er op dat moment toch al negatieve berichten over (de aanleg van) windmolenparken, en vooral van het hiermee gepaard gaande heigeluid, waren gepubliceerd (vooral in USA en UK).*

### **Commentaar op passages in het Deense rapport (cursieve tekst):**

(bl. 9 – aanleg windmolenpark)

The different construction activities will generate noise. The noise will come from shipping operations, excavation work, sluicing of cables etc. The noise generated by these sources, except mono-pile driving, will primarily be of low frequencies. If mono-piles are used as foundations for the turbines, pile driving will be used to construct them and this is likely to cause high noise levels. >> *zoals later zal blijken is dit verzachtend uitgedrukt; ook ‘pile driving’ is voornamelijk een laag-frequent (maar wel breedbandig) geluid, dus vooral goed hoorbaar voor vis; bedenk dat, op basis van de audiogrammen, vis over het algemeen laagfrequent gevoeliger is dan zehonden en bruinvissen.*

Under operation, the underwater noise from the offshore wind turbines is not higher than the ambient noise in the frequency range above approximately 1 kHz. In the frequency range below approximately 1 kHz, the underwater noise emitted from the offshore wind turbines is higher than the ambient noise<sup>2</sup>. >> *dit is onjuist; de metingen (in Zweden) van Odegaard zijn in principe correct uitgevoerd, maar bij de uitwerking ervan is voorbij gegaan aan de fysische verschijnselen van geluidpropagatie in ondiep water, waardoor (veel) te lage bronniveaus werden berekend. Daarnaast gelden conclusies van metingen, gedaan in Zweden, niet voor Deense of Nederlandse kustwateren. Dit vanwege geometrische en geologische verschillen tussen de zeegebieden. Dit is overigens een algemene regel: de Zweedse meetresultaten golden dus ook niet voor de Deense wateren – zie voor een verklaring Bijlage 2.*

Under operation, the turbines will emit vibrations to the surroundings and this might have an impact on the bottom fauna, fish and mammals in the vicinity of the foundations. So far, this type of impact has not been investigated thoroughly and knowledge on the subject is very limited. >> *later zal blijken dat ze dit wel hebben onderzocht en er wel degelijk een (negatieve) invloed van operationele windmolens is; in Nederland is er kennis over de verstoring van zeezoogdieren (onderzoek door SEAMARCO en TNO).*

### 2.4 Electromagnetic fields

Electromagnetic fields are created when an electric current is running in the cables. This includes the cables interconnecting the wind turbines and the cable connecting the wind farm to land.

---

<sup>2</sup> Odegaard & Danneskiold-Samsøe, March 2000 “Offshore wind turbines – Underwater noise measurements, analysis and predictions”.

A direct current cable contains a constant unidirectional current and induces a magnetic field with fixed poles. Alternating current cables do not generate the same constant magnetic field because of the alternating and pulsating current. Therefore, alternating current cables are not expected to influence animals to the same degree as a direct current cable. The knowledge on the impact of electromagnetic fields on marine animals is, however limited. >> *deze paragraaf is ongenueanceerd; wisselstroom induceert uitstekend magnetische velden (hoe kunnen wisselstroomelektromotoren anders draaien?). Er zijn echter methoden om het magnetisch veld te verminderen. Of deze methoden ook toepasbaar zijn voor de grote vermogens die door de windmolenkabels 'naar land' worden gevoerd is niet bekend. Er kan, onzes inziens, geen uitspraak worden gedaan of de magnetische velden van stroomkabels van windmolens het gedrag van zeezoogdieren en vis al dan niet beïnvloeden. De kennis hierover is te gering – zie ook punt 3.4.*

### 2.6 Disturbances (bl. 10)

Disturbances as a result of the wind farm might occur during both the construction and the operation phase. During the construction phase, boats, machinery and people operating in the wind farm area, might disturb the animals living there. During the operation phase, boats and people entering the wind farm area to carry out maintenance work might disturb the animals living there. >> *het geluid dat operationele molens continu maken is een belangrijker stoorbron en dient zeker te worden genoemd; het heien van mono-piles geeft zeer hoge geluidsniveaus en kan fauna beschadigend zijn (afhankelijk van de afstand tot de hei-locatie; zie ook de rapporten over het heigeluid gemeten bij de Nederlandse windmolenparken).*

### 3.3 Fish (bl. 11)

Both the construction activities and the operation of the wind farm can affect the fish species living in the wind farm area.

Noise and disturbances during the construction of an offshore wind farm can affect fish and cause them to abandon the area during construction. Noise from the operation of wind turbines can also affect the fish and perhaps cause them to avoid the wind farm area completely. However, it is also possible that the fish become habituated to the noise from the wind turbines. Changes in the water quality and the food resources caused by the construction and/or operation of the wind farm can also affect the fish population in the area. Changes in the sedimentary environment can affect the fish. Sand eels and Sprats are very dependent on the availability of suitable sediment, and are particularly sensitive to changes in the content of silt and fine sand. The physical structure of the foundations and the scour protection might be attractive to some fish species, eg because the physical structure provides protection against predation or because it provides protection against the prevalent current and thus saves the fish energy.

Monitoring of fish is essential, not only to detect direct impacts of the wind farm, but also because changes in bird and marine mammal distributions around the wind farm might result from local changes in abundance of their food. >> *dit zijn alle veronderstellingen, die tijdens het monitoring programma slechts beperkt waar bleken te zijn.*

### 3.4 Mammals

Construction and operation of the offshore wind farm can potentially affect marine mammals in the area in following ways: The marine mammals can be affected by the noise and disturbances caused by the construction work. The construction work might affect the food sources and thus, make the area less attractive to the marine mammals during construction.

As a result of establishing an offshore wind farm, the habitat might change, making it less attractive to marine mammals which might abandon the area because it is no longer suitable as foraging or breeding area. >> *dit zijn alle veronderstellingen, die tijdens het monitoring programma slechts beperkt waar bleken te zijn.*

Finally the electromagnetic fields generated around the cables interconnecting the wind turbines and connecting the wind farm to land, might affect and disturb the marine mammals and cause them to avoid the area.

### 3.5 Seals (bl. 12)

The common seal (*Phoca vitulina*) and probably also the Harbour Seal (*Halichoerus grypus*) breed in Danish waters. Both species are included in Annex 11 of the EC-Habitat Directive, with the aim of maintaining a favourable conservation status of natural habitat and species of wild fauna and flora of community interest. The most significant impacts on seals are expected to come from the physical presence of the wind turbines, the noise from ships and construction work, as well as the temporary or permanent loss of habitats near offshore wind farms. >> *dit zijn alle veronderstellingen, die tijdens het monitoring programma slechts beperkt waar bleken te zijn; Halichoerus grypus = Grijze zeehond i.p.v. Harbour seal zoals in het rapport staat.*

Seals use sound to communicate and perhaps for hunting both on the surface and underwater. The seals' ability to communicate can be affected by the noise generated by the construction work and the operation of the wind turbines, and may cause them to leave the wind farm area. >> *beide zeehondsoorten gebruiken zelf nauwelijks actief geluid om prooi op te sporen; zij maken echter passief gebruik van geluid, d.w.z. zij luisteren naar hun prooi en bepalen daaruit de richting; dat is een veel kritischer systeem dan actief gebruik maken van geluid; elke verhoging van het natuurlijke geluid in zee geeft een drempelverhoging voor hun detectiesysteem en bemoeilijkt dus het vangen van voedsel. Een recent door SEAMARCO uitgevoerd onderzoek (nog niet gepubliceerd) laat zien dat gewone zeehonden veel gevoeliger zijn voor laagfrequent geluid dan tot nu toe werd aangenomen. Naar verwachting is daardoor ook de verstoring door het geluid van operationele windmolens groter dan aanvankelijk gedacht.*

### 3.6 Harbour Porpoises

The Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*) is the only whale species that breeds and resides in all Danish waters. The species is also included in Annex 11 of the EC-Habitats Directives and listed as "vulnerable" in the "Red List of Globally Threatened Animals and Plants" by the International Union for the Conservation of Nature (IUCN). The areas designated for offshore wind farms in Denmark until now are all known habitats for Harbour Porpoises. The breeding period of Harbour Porpoises begins in late June and ends by late August. Ovulation and conception typically take place by late July and early August. The calves begin suckling immediately after birth and feed by their mother until March the following year and possibly longer<sup>3</sup>.

Harbour Porpoises feed on school of fish such as herring and sprat. Porpoises are expected to follow the migrations of these species. The construction and/or operation of the wind farm might affect the distribution of food resources for the Harbour Porpoises.

---

<sup>3</sup> Sorensen & Kinze, 1994, "Reproduction and reproductive seasonality in Danish harbour porpoise, *Phocoena phocoena*".

Where pile driving is used for establishing the foundations there is a high risk of hearing damage to the Harbour Porpoises in the vicinity of pile driving. The animals will be able to hear the noise over a large area, both under and above the water, and will thus potentially be disturbed by the noise from the pile driving. >> *in theorie kan heigeluid het gehoor van bruinvissen beschadigen; echter, dit gevaar is – in de praktijk – vaak klein omdat bruinvissen door de meestal vele (scheepvaart)geluiden voorafgaand en tijdens het heien niet in de buurt zullen komen en er dus minder gevaar voor acute gehoorschade is; wel zal het heigeluid de bruinvissen tien km of meer verjagen (sommige rapporten geven hierbij een afstand van 80 km aan<sup>4</sup>); dit heeft tot gevolg dat een groot gebied niet meer als foerageergebied beschikbaar is voor een diersoort die door zijn ongunstige oppervlakte/inhoud-verhouding relatief veel voedsel nodig heeft (ca. 10% van zijn lichaamsgewicht per dag, afhankelijk van de leeftijd).*

Since the Harbour Porpoise is not by nature a stationary animal, but is believed to move around within a large sea area, it must be expected that Harbour Porpoises will leave areas in which construction activities are taking place. >> *dit geldt ook tijdens het operationele bedrijf van windmolens, indien deze geluid maken hoger dan de ‘discomfort threshold’ (die voor bruinvissen rond een  $L_{eq}$  van 100 dB<sub>w</sub> re 1 microPa ligt –  $L_{eq}$  is de maat voor een geluiddruk van een continue, maar fluctuerende, bron, gemiddeld over een bepaalde meetduur)<sup>5</sup>.*

The noise generated by the operation of the turbines can also affect the harbour porpoises and this may cause the animals to abandon the wind farm area completely. Depending on the importance of the wind farm area as feeding or breeding areas for the harbour porpoises, this can have an impact on the harbour porpoise population in the area. >> *bij Nysted zal blijken dat de bruinvissen vrijwel niet meer terugkwamen naar het park – zie ook Bijlage 1.*

---

<sup>4</sup> Madsen, P.T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. & Tyack, P., 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals: Implications of current knowledge and data needs. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 309: 279-295.

<sup>5</sup> Kastelein, R.A., Verboom, W.C., Muijsers, M., Van der Heul, S. and Vaughan, N. (2005) “The influence of acoustic emissions for underwater data transmission on the behaviour of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in a floating pen”. *Marine Environmental Research* (59), 287-307.



### 3. Resultaten Horns Rev

*Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de akoestische milieuaspecten in relatie tot het windmolenpark “Horns Rev”. Allereerst worden de verwachte milieuaspecten, zoals verwoord in de Horns Rev Environmental Impact Assessment (EIS), besproken, waarna de tijdens het monitoring-programma geconstateerde effecten worden opgesomd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in vis (fish), zeehonden (seals) en bruinvissen (harbour porpoises). Het monitoring-programma besloeg de jaren 2000 t/m 2004. Voor wat betreft de zeehonden is er weinig informatie. De reden is dat het uitrusten van zeehonden met radiozenders door technische problemen nauwelijks bruikbare informatie opgeleverd heeft. De hier gehanteerde nummering is de nummering van het Deense rapport. De betreffende bladzijdennummers worden ter ondersteuning eveneens aangegeven.*

#### **Belangrijkste paragrafen uit “5.9 EIS Fish” (bl. 27)**

At Horns Rev the hydraulic conditions are so rough, that the occurrence of fish in the wind farm area is expected to be limited in such a degree, that it is difficult to predict any eventually changes with statistic significance. >> *ondanks deze opmerking worden erin het Deense rapport toch allerlei (positieve) uitspraken over de aanwezigheid van vis gedaan.*

#### 5.9.1 Environmental Impact Assessment

It is likely that during the construction of both the wind turbines and the cable trace, many of the fish species will be disturbed. They will disappear from the relatively small area due to temporary increased turbidity of the water, underwater movements, noise and other activities on the sea bottom <sup>6</sup>.

It is not expected that the physical presence of the cables buried in the seabed will cause any changes in the abundance of fish. Furthermore, the weak magnetic fields from the wind farm at Horns Rev are not expected to pose any serious problem for the fish species. >> *dit is een onbewezen uitspraak die wordt gedaan ondanks het feit dat eerder is gesteld dat de kennis hierover beperkt is en dat wisselstroom geen velden zou induceren; in de praktijk is hierover zeer weinig bekend.*

Because of the spatial extent of the low-frequency hydrodynamic/acoustic fields from the wind turbines, fish will perceive them to be very different compared to the low-frequency fields of other animals. Therefore, fish are not expected to be impaired in their ability to detect and interpret the fields from different sources (ie wind turbines or animals). The continuous character of the wind turbine noise is likely to promote habituation in the fish. >> *deze uitspraken zijn ongegrond, aangezien niet vermeld wordt dat windmolens een soortgelijk geluidsspectrum hebben als dat van schepen en het bekend is dat sommige soorten vis op het geluidsspectrum van schepen reageren door hiervan weg te zwemmen; er is vooralsnog geen reden aan te nemen dat er gewenning, dus acceptatie, optreedt (dit is ook bij later onderzoek niet gebleken); bovendien is het geluid van windmolens niet continu door variërende windsnelheid en hydrauliekgeluid tijdens het verdraaien van de windmolenkop.*

---

<sup>6</sup> DIFRES, 2000 “Effects of marine wind farms on the distribution of fish, shellfish and marine mammals in horns Rev area”.

It is expected that the establishing of the wind turbine foundations will create an environment, which will increase the occurrence of fish in the area. The impact of fish will either be through increased productivity or simply through attraction. Considering the hydrography and material and design of the Horns Rev structures, there is no indication that the foundations will provide a significant food-chain basis. Codfish (Gadooids) and flatfish are attracted to underwater structures. >> *de praktijk laat het tegendeel zien, n.l. een geringere vispopulatie in het windmolenpark dan daarbuiten; tevens dient de negatieve invloed van het operationele windmolengeluid ook als beperking te worden genoemd; ook ziet men over het hoofd dat vissoorten die rond structuren zwemmen andere kunnen zijn dan die welke op die locatie voor die tijd aanwezig waren.*

bl. 28

The fishing activities will be affected, as it will not be allowed to fish in the wind farm area and in the vicinity of the cable to the shore. The area, which will be rendered inaccessible for trawling, is, however, only a very limited part of Horns Rev, but in view of a long-term extension with more wind turbines in the area, it may be of increased importance. On the other hand, the attracting effect of the foundations may provide new possibilities for net fishing in the area. >> *een negatieve invloed van het operationele windmolengeluid op vis wordt ook hier niet als beperking genoemd.*

### **Belangrijkste paragrafen uit “5.10 EIS Mammals” (bl. 31)**

#### 5.10.1 Environmental Impact Assessment

It is likely that during the construction period of both the wind turbines and the cable trace, the marine mammals will be disturbed. They will disappear from the relatively small area due to temporary increased turbidity of the water, underwater movements, noise and other activities on the sea bottom.

Due to the low abundance of seals in the area, it is evaluated that the establishing of an offshore wind farm at Horns Rev will not cause any significant effects on the seals in the area. >> *niet correct gesteld; het in kleine aantallen voorkomen van dieren sluit niet uit dat het effect op de wel aanwezige populatie significant kan zijn.*

It is not expected that the physical presence of the cables buried in the seabed will cause any changes in the abundance of marine mammals. The magnetic fields beyond a distance of 1 m from the cables, cable traces and underwater transformers are expected to be of the same magnitude as the geomagnetism. It does not appear likely that the magnetic fields generated by the power transmission cable will have any detectable effects on the harbour porpoises and seals in the area. >> *dit is een onbewezen uitspraak die wordt gedaan ondanks het feit dat eerder is gesteld dat de kennis hierover beperkt is en dat wisselstroom geen (constante) velden zou induceren.*

In the construction phase, noise will be generated by the different construction operations (primarily the jack-up-rig ramming operations), by shipping operations (supply vessels coming and going as well as transportation within the area) and by helicopter traffic. The noise generated by these sources will primarily be of low frequencies with most energy probably below 1 kHz.

This is not expected to affect the echolocation abilities of the harbour porpoises. >> *deze laatste zin is strikt genomen correct, echter de communicatie tussen bruinvissen (sociale geluiden) ligt tussen 700 – 1000 Hz en de laag-frequent component van de echolocatie bedraagt 1600 Hz<sup>7</sup>, zodat sterke laag-frequente geluiden zeker verstorend zullen werken. Bovendien zal de 'discomfort threshold' (= gewogen  $L_{eq}$ ) van 100 dB<sub>w</sub> re 1 microPa<sup>5</sup> ver van de molens liggen. Gebieden met geluidsniveaus hoger dan de discomfort threshold levels van de diersoorten zullen door de bruinvissen en zeehonden worden gemeden.*

During the driving of the monopiles the marine mammals was scared with pingers and a seal scammer. This measure was taken to make sure that the marine mammals were at a distance that the high noise level would not harm the animals. >> *dit is een risicovolle methode omdat, afhankelijk van het source level van de pingers/seal scammers, gehoorschade bij bruinvissen en zeehonden kan worden geïntroduceerd; vooral seal scammers zijn ontworpen om zeehonden weg te jagen bij 'fish farms', waarbij bekend is dat deze een zo'n hoog geluidniveau produceren dat bruinvissen en zeehonden op korte afstand gehoorschade kunnen oplopen. Echter, dezelfde niveaus zullen bij andere, minder gevoelige tandwalvissen (tuimelaars, gewone dolfijn, etc.) geen enkel effect sorteren, waardoor deze niet bij de heiplaats zullen worden weggejaagd. De eerste klappen van het heien kunnen dan ernstige effecten hebben op zeezoogdieren (en vis) in de nabijheid.*

In the production phase, noise will be generated by the wind turbines and by helicopter traffic. The wind turbines are expected to generate noise above ambient levels only in frequencies below 1-2 kHz. >> *dit is onjuist; het frequentiegebied is groter dan hier aangegeven en is zeer locatie- en afstandafhankelijk (hoe dicht bij de bron, hoe groter het frequentiegebied); betreffende metingen<sup>2</sup> werden uitgevoerd met schepen in de nabijheid die het achtergrondgeluid in zee verhoogden en derhalve het windmolengeluid maskeerden; bovendien werden fysische verschijnselen in het ondiepe water niet in rekening gebracht, waardoor de niveaus van het windmolengeluid (veel) te laag werden berekend – zie Bijlage 2 voor commentaar.*

Below 500Hz, noise from the wind turbines could be considerably above ambient levels. It is not clear whether harbour porpoises use sounds with frequencies below 1 kHz. The noise generated in the production phase could potentially affect the communication of porpoises in the area, if they use these frequencies. >> *bruinvissen communiceren inderdaad met signalen beneden 1 kHz (Verboom, pers. obs.); bovendien is het mogelijk dat bruinvissen naar de laagfrequente signalen van vis luisteren om hen te detecteren (waarna zij met hun echolocatiesysteem detailinformatie kunnen verkrijgen).*

---

<sup>7</sup> Verboom W.C. and Kastelein, R.A. (1995) Acoustic signals by Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). In: Harbour porpoises, laboratory studies to reduce bycatch (Eds. Nachtigall, P.E., Lien, J., Au, W.W.L. & Read, A.J.). De Spil Publishers, Woerden, The Netherlands, 1-40.

Verboom, W.C. and Kastelein, R.A. (1997) Structure of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) click train signals. In: The biology of the Harbour porpoise (Eds. Read, A.J., Wiepkema, P.R. and Nachtigall, P.E.), De Spil Publishers, Woerden, The Netherlands, 343-362.

Verboom, W.C. and Kastelein, R.A. (2003) Structure of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) acoustic signals with high repetition rates. In: Echolocation in bats and dolphins (Eds. J.A. Thomas, C. Moss and M. Vater) University of Chicago Press, Chicago, USA, 40-43.

## Belangrijkste paragrafen m.b.t. de Vis-monitoring (bl. 29)

### 5.9.4 Monitoring 2003

#### *Observations made in relation to the monitoring of the hard bottom substrate*

No separate monitoring programme concerning fish was performed in 2003 but observations were made in conjunction with the monitoring on the hard bottom substrate in March and September 2003. Estimation of epifauna biomass revealed an increase in food availability of eight times compared to that of the normal soft seabed fauna in the wind farm area. Therefore an increase of fish production related to the presence of the hard substrate is considered possible. >> *tijdens de monitoring bleek dat dit niet bewaarheid werd.*

### 5.9.5 Monitoring 2004

#### *Observations made in relation to the monitoring of the hard bottom substrate*

Seasonal variations in fish fauna diversity were found with bib and shoals of cod often observed at the scour protections as well as individuals of benthic fish species. Comparison with the fish fauna on shipwrecks in other parts of the North Sea showed that there was no indication that noise and vibrations from the turbine generators had any impact on the fish community at Horns Rev. Compared to 2003, a few more fish species seem to have established populations around the turbine sites in 2004. >> *vage, mogelijk onjuiste conclusie – zie volgende paragraaf; er werden geen visuele observaties gedaan tijdens het heien, zoals bijv. observaties naar stervende vis; overigens zal gedode vis met een, t.g.v. de drukpulsen geïmplodeerde zwemblaas, direct naar de bodem zinken en dus aan het zeeoppervlak niet zichtbaar worden.*

#### *Acoustic fish survey (bl. 20)*

In 2004 a hydroacoustic fish-monitoring programme was launched to investigate if the foundations/scour-protection have an attracting effect on the fish community and if the wind farm area in general serves as a refuge for fish. >> *bedoeld wordt een vistelling met een vissonar<sup>8</sup> – zie volgende paragraaf.*

With the use of the hydroacoustic method, comprehensive and continuous data sets of abundance, biomass and size frequencies together with behavioural observations were made available.

Four transects were surveyed within the wind farm as close to the turbine foundations as possible, and they were extended to a distance beyond 500m outside the wind farm which was defined as the reference area. On the background of the analysed data and numerical results obtained by this study, the following conclusions are derived:

- A large diurnal variation of fish densities was encountered in the entire study area, with markedly higher fish activity at night.
- The result indicates that the offshore wind farm attracts fish beyond a distance of 500 metres, and it is thus recommended to select reference areas further away than this.
- A significantly higher density of fish near turbine foundations (hard bottom substrates) was only found in one out of the four transects surveyed.
- Large fish were predominantly found in areas of coarse sand and gravel south of the wind farm.

---

<sup>8</sup> Eisam Engineering, May 2005, "Hydroacoustic registration of fish abundance at offshore wind farms, Annual report 2004, Horns Rev offshore wind farm".

>> *onjuiste weergave van de feiten: met een vissonar werden tracks gevaren en daarbij de 'vis-massa' (d.w.z. aantal en grootte van de vis) bepaald. Men heeft echter de totale tracklengte buiten het windmolenpark korter gehouden dan in het park en hiervoor niet gecorrigeerd, zodat een onjuist beeld werd verkregen. Geconstateerd werd dat buiten het park meer en grotere vis aanwezig was dan in het park (gecorrigeerd voor de tracklengte 75% meer vis buiten het park). Dit werd als volgt verwoord: "The result indicates that the offshore wind farm attracts fish **beyond** a distance of 500 metres, and it is thus recommended to select reference areas further away than this". M.a.w. vis wordt van verre aangetrokken door (het geluid van?) het windmolenpark, maar komt niet dichterbij dan op 500m afstand.*

*Een andere onvolledige weergave is de zinsnede "Large fish were predominantly found in areas of coarse sand and gravel south of the wind farm", waarbij niet werd vermeld dat hiermee gebieden werden bedoeld die buiten het windmolenpark lagen.*

*Een derde tekortkoming is het feit dat in het rapport werd medegedeeld dat de vissonar alleen bij vrij gladde zee werkte, m.a.w. de observaties zijn gedaan bij mooi weer. De weersomstandigheden werden niet vermeld in het rapport, maar in zo'n geval moet er weinig wind zijn geweest, waarbij de windmolens nauwelijks draaiden en dus ook nauwelijks geluid maakten. Richtlijn is dat het geluidniveau toeneemt met de 3<sup>e</sup> macht van het door de molen geleverde vermogen.*

*Al met al is de conclusie aannemelijk dat zelfs bij nauwelijks in bedrijf zijnde windmolens (bepaalde soorten) vis buiten het windmolenpark blijft.*

## **Belangrijkste paragrafen m.b.t. de Zeezoogdier-monitoring (bl. 32)**

### 5.10.2 Baseline 2001

#### *Harbour porpoises*

Dense populations of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) were found north-east of the wind farm area, in the deep waters named "Slugen", whereas only few porpoises were observed in the actual wind farm area. At the western part of Horns Rev, approximately 15km from the wind farm area, harbour porpoises with calves were observed during two summer registrations. Thus, this area might be a breeding area for harbour porpoises.

In 2001 eight PODs (acoustic porpoise detectors) have been deployed in the Horns Rev area and the preliminary results suggest that there was a high number of harbour porpoises in the area. The study on the distribution of harbour porpoises at Horns Rev suggests that the distribution was connected to the hydrographic conditions in the area. In a period of intermediate salinity there was a higher density of harbour porpoises in the area, compared to a period of low salinity (NERI & Ornis Consult, 2001). The connection between hydrographic conditions and the distribution of harbour porpoises has not yet been properly investigated. One explanation for the observed pattern could be that the distribution of harbour porpoise food (fish) is influenced by the distribution of plankton (eaten by the fish), which again is influenced by the hydrographic conditions. >> *SEAMARCO is geen voorstander van het gebruik van T-POD's voor statistisch onderzoek aan bruinvissen; om akoestische redenen is de bruinvis-detectiekans van T-POD's bijna nihil; bovendien worden de klik-patronen van de bruinvissen vervormd; het enige waar T-POD's voor kunnen dienen is het aantonen van het voorkomen van bruinvissen (maar hieraan kunnen geen conclusies over aantallen worden ontleend).*

*Uit een (Deens) rapport<sup>9</sup> over de toepasbaarheid van T-POD's kan worden geconcludeerd dat slechts veranderingen in een populatie groter dan ca. 20% (met 80% zekerheid) kunnen worden vastgesteld. M.a.w. verschillen kleiner dan 20% worden niet gedetecteerd, deze zijn echter ecologisch gezien wel degelijk significant.*

*Als voorbeeld van de geringe detectiecapaciteit van T-POD's moge de volgende studie dienen "Linking T-POD performance in the field to laboratory calibrations" (L.A. Kyhn et al. 2005): er werden gemiddeld (door 10 T-PODs) per etmaal 780-1450 bruinviskliks gedetecteerd, terwijl bruinvissen tussen de 20 en 600 kliks per seconde produceren. De gerapporteerde 780-1450 bruinviskliks per etmaal vertegenwoordigen slechts een gemiddelde bruinvissignaalduur van 1,3 – 72,5 seconde.*

### 5.10.3 Monitoring 2002 (bl. 32)

#### *Seals*

In the environmental impact assessment on the Horns Rev wind farm it was anticipated that seals would leave the area during construction and return again following completion of the wind farm. No firm conclusions can be reached on this issue from the present data. The animals in general spent little time in or immediately around the farm area, both before and during the construction phase. Considerable seal traffic across the reef by most of the seals was recorded however, both before and during construction. Some animals also spent shorter or longer periods in the reef area, presumably foraging, both before and during construction. There is thus no reason to believe that construction - most notably the noisy pile driving of monopiles into the seabed - had any large-scale effect on the seals in the area. >> *de conclusie in deze paragraaf is alleen zinvol als daarbij de afstanden tussen de zeehond en de activiteit worden gegeven; bovendien blijkt uit volgende paragrafen dat de observaties met radiozenders mislukt zijn – het is onduidelijk waar bovenstaande conclusie uit blijkt. Wanneer er doorgaans weinig zeehonden in het Horns Rev gebied aanwezig zijn is er over eventuele effecten van de constructie of operationeel gebruik van windmolens weinig te zeggen en zijn de waarnemingen dus niet relevant voor het trekken van conclusies.*

#### *Harbour porpoises* (bl. 34)

The programme has been designed in relation to the following hypotheses:

- During the construction phase, a major impact on harbour porpoises is expected in the wind farm area. The ratio of density and acoustic activity of harbour porpoises in the impact area to the reference areas will presumably decrease.
- During the operational phase following construction of the wind turbines, harbour porpoises will return to the wind farm area. Compared to the baseline, the change in the ratio of density and acoustic activity of harbour porpoises in the impact area to the reference areas will not exceed 25 %.

During the pile driving, a ramp-up procedures and pingers/seas scaring devices was introduced as mitigations for reducing the risk of inflicting permanent hearing damage to marine mammals. >> *zie een eerdere opmerking over het gebruik van pingers en seal scarers.*

#### ***Pile driving***

It was found that the behaviours (*of harbour porpoises*) were significantly different from periods without pile driving.

---

<sup>9</sup> *Teilmann et al. , February 2002, "Monitoring effects of offshore windfarms on harbour porpoises using PODs (porpoise detectors)".*

The impact of pile driving activity seemed to have a short-lived effect on harbour porpoise acoustic activity in the Horns Reef area in general, as the activity returned to normal levels approximately 3-4 hours after pile driving activity had ceased. The pile driving activity had an effect on positions within both impact area and control areas.

>> *bedoeld wordt dat het effect niet alleen rond het heigebied merkbaar was, maar ook in de 'control area' 10 km buiten het heigebied; de bruinvissen vluchtten meer dan 10 km weg tijdens het heien en het duurde 4 dagen voor zij terugkeerden<sup>10</sup> (de referentie naar 3-4 h kon niet worden teruggevonden); bruinvissen moeten vrijwel 24 uur per etmaal foerageren en het verdrijven uit, voor hen belangrijke, foerageergebieden kan snel leiden tot conditieverslechtering. N.B.: het gebruik van eenheden in de rapporten is niet zorgvuldig; in andere rapporten wordt een afstand van meer dan 10 mijl (ruim 18 km) aangegeven*

The statistics on daily intensities indicated a significant negative effect over the entire period, indicating that the resumed level of (*harbour porpoise acoustic*) activity in the wind farm area was lower during the construction period compared to the baseline. This would be expected, due to the potential disturbance from the large number of service vessels continuously present in the area. >> *een onduidelijke passage: betekent dit dat het heien geen invloed op de bruinvissen had?; wat wordt hier bedoeld: de gehele constructieperiode of de heiperiode?*

#### 5.10.4 Monitoring 2003

##### *Seals* (bl. 35)

In combination with the technical difficulties, the seal monitoring programme was suspended based on the results from the previous studies, indicating that the wind farm area is only of minor importance to the entire area visited by the seals. >> *de reden was dat de radiozenders, waarmee een aantal zeehonden was uitgerust, na vele pogingen niet naar behoren functioneerden.*

##### *Harbour porpoises* (windmolens in bedrijf – bl. 35)

The 2003 field campaign has been concerned with the assessment of effects of wind farm operation on harbour porpoises. As monitoring continues through 2004, conclusions are preliminary and await a complete and more thorough analysis of the entire data set after completion of the 2004 season.

Occurrence and distribution of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) were monitored using both data from acoustic data loggers (T-PODs) and visual surveys conducted from ships confirmed the presence of harbour porpoises inside the wind farm area. >> *zie de vorige opmerking over het gebruik van T-POD's.*

*Voor wat betreft de visuele waarnemingen van de bruinvissen, beschreven in een rapport<sup>11</sup>, zijn er ernstige bezwaren tegen de conclusies: de observaties werden gedaan vanaf een vissersboot, waarbij in 6 dagen 16 bruinvissen in het park en 211 daarbuiten werden gezien (dus 1 op 13); wanneer men vanaf een vissersboot bruinvissen (met een kleine, donkergrijze rugvin) kan waarnemen is de golfhoogte gering, m.a.w. de observaties werden gedaan bij mooi weer.*

---

<sup>10</sup> J. Tougaard et al. 2004, "Effects from pile driving on harbour porpoises at Horns Reef offshore wind farm, monitored by T-PODs and behavioural observations".

<sup>11</sup> Tougaard, Teilmann & Hansen, September 2004, "Effects of the Horns Reef wind farm on harbour porpoises".

*In zo'n geval moet er weinig wind zijn geweest, waarbij de windmolens nauwelijks draaiden en dus ook nauwelijks geluid maakten. Dat daarbij 16 keer een bruinvis in het park werd gezien is dan ook vrij logisch. N.B.: de hier aangegeven aantallen zijn het resultaat van tellingen; het is niet bekend of deze resultaten gecorrigeerd werden voor gelijke track-lengte binnen en buiten het park.*

Comparison with baseline data from 1999-2001 and with control areas outside the wind farm did not show a statistical significant decline in sighting rates inside the wind farm area in the first year of turbine operation. >> *hier worden waarnemingen met T-POD's vergeleken met zichtwaarnemingen; zie eerdere opmerkingen over T-POD's.*

Porpoises were present inside the wind farm on 10 out of the 12 surveys performed in 2003, with the exception of the surveys in February and July. Very few animals were sighted on the February survey whereas porpoises appeared to have a more westerly distribution on the July survey, concentrated around the shallows "Tuxen" and "Vovvov" (app. 10-20 km WNW of the wind farm). T-POD data showed porpoise activity inside the wind farm throughout all periods with T-POD's deployed. >> *zie eerdere opmerkingen over T-POD's.*

An analysis of the survey data did not show significant changes in porpoise abundance inside the wind farm (impact) area relative to control areas from baseline to post-construction. The power of this analysis is low, however, as only data from one year of post-construction is available. >> *wederom T-POD waarnemingen.*

Echolocation activity in the impact area relative to the control area almost returned to baseline levels after the end of the construction period. Of the effects tested, only encounter duration was significantly affected from baseline to post-construction period, with lower levels in the post-construction phase. Survey data also showed a return to baseline levels in the post-construction phase. The lower encounter durations seen in 2003 compared to baseline years indicate a relatively lower porpoise activity in the park. Whether this reflects a true permanent effect of the wind farm on the porpoises or just that return to baseline levels occurs over a longer period will hopefully be resolved when data from 2004 are analysed.

#### 5.10.5 Monitoring 2004 (bl. 36)

##### Harbour Porpoises

Three 2-day surveys with line transect observations of porpoises were conducted in 2004 and data from acoustic dataloggers (T-PODs) were collected from January through July. Porpoises were seen on all three surveys, with lowest density in February and highest in August. Porpoises were observed inside the wind farm in February and August, but not in April. Observations were distributed over the entire surveyed area without any obvious focus of activity. >> *zie voorgaande opmerkingen over T-POD's en observaties vanaf schepen*

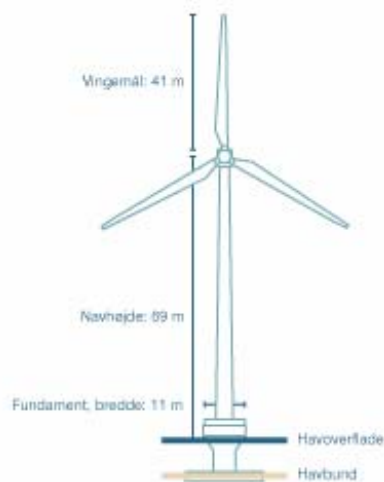
As the situation stands at this point the conclusions that can be drawn on general effects of the operating wind farm are very weak. The conclusion from 2002 on specific effects of the construction (especially pile drivings) is strong and unchanged. The analyses of T-POD data and survey data from the construction period as a whole and the following operational period points to a weak or absent negative effect, but it should be stressed that this conclusion is very weak and could well change after final analysis of the entire dataset in 2006.



## 4. Resultaten Nysted

*Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de akoestische milieuaspecten in relatie tot het windmolenpark “Nysted”. Allereerst worden de verwachte milieuaspecten, zoals verwoord in de Nysted Environmental Impact Assessment (EIS), samengevat, waarna de tijdens het monitoring programma geconstateerde effecten worden opgesomd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in vis (fish), zeehonden (seals) en bruinvissen (harbour porpoises). Het monitoring-programma besloeg de jaren 2000 t/m 2004. De hier gehanteerde nummering is de nummering van het Deense rapport. Ook de betreffende bladzijdennummers worden aangegeven.*

*Een belangrijk punt is dat de windmolens van Nysted zijn uitgerust met een betonnen fundatie die boven het wateroppervlak uitsteekt en die in zijn geheel op de zeebodem wordt neergelaten. Dit is naar verwachting een akoestisch gunstiger constructie dan de mono-piles van Horns Rev waarvoor moet worden geheid. Ook tijdens het operationele gebruik van de windmolens worden betonnen fundaties geacht een geringere geluidafstraling te hebben.*



### Belangrijkste paragraaf uit “6.9 EIS Fish” (bl. 81)

It is expected that fish will be disturbed during the construction phase, due to an increase in the amount of suspended material caused by excavation and spooling activities, underwater movements and other activities on the sea bottom. They are therefore expected to disappear from the relatively small construction area<sup>12</sup>. >> *geluidsverstoring (en erger) door schepen en het storten van stenen dient hieraan te worden toegevoegd.*

### Belangrijkste paragrafen uit “6.10 EIS Mammals” (bl. 89)

#### 6.10.1 Seals

Harbour Seals have good hearing between 1 kHz and 50 kHz, where the threshold is below 85 dB (re 1 microPa). In the immediate vicinity of a wind turbine foundation the Harbour Seal will be able to hear the noise. However, at distances greater than 20 m from the foundations it is unlikely that the seal will be able to hear the noise generated by the wind turbine.

<sup>12</sup> Bio/consult, July 2000, “EIA Study of the proposed offshore wind farm at Rodsand – Technical background report concerning fish”.

In "worst case" the seals will be able to hear the noise from the wind turbines in 0.4% of the overall area of the wind farm<sup>13</sup>. >> *dit is een veel te generieke uitspraak en daardoor niet juist; de "reikwijdte" van het geluid hangt af van de geometrische en geologische condities rond de windmolen en is dus voor elke locatie anders; daarnaast werd in het Deense rapport het bronniveau, door een foutieve propagatieberekening, (veel) te laag berekend met gevolg een optimistische inschatting van de gevolgen – zie Hoofdstuk 5 en Bijlage 2; recent onderzoek door SEAMARCO heeft uitgewezen dat zeehonden ook beneden 1 kHz nog goed kunnen horen.*

#### 6.10.5 Harbour porpoises (bl. 102)

The most important sources of stress on the species are disturbances from ship traffic, construction work, noise and loss of habitat. Only underwater noise is relevant in connection to Harbour Porpoises, as they spend all their lives in the sea and only occasionally emerge above the surface. Calculations and field experiments indicate that Harbour Porpoises are able to hear individual turbines at distances up to a few hundred m<sup>14</sup>. >> *ook hierbij werd uitgegaan van een te geringe propagatieverzwakking zodat een te optimistisch resultaat werd verkregen; berekend werd dat bruinvissen het windmolengeluid tot op 40 m afstand hoorden; zeehonden zouden het geluid onderwater tot op 360 m horen, boven water (in lucht) tot op 170 m; dit kan niet zo eenduidig worden gesteld, aangezien er tal van factoren zijn die van invloed zijn op de gehoordetectiedrempel, bijv. het niveau van het natuurlijke geluid in zee, hetgeen weer wordt bepaald door o.a. de weersgesteldheid.*

The Harbour Porpoise is not by nature a stationary animal, but is believed to move around within a large sea area. Therefore, it must be expected that Harbour Porpoises will leave areas in which construction takes place. In a worst case scenario, this will apply to the entire wind farm area and to the adjacent border areas, but the impact is expected to be important only where sediment spill or noise from construction activities significantly exceeds the natural background levels. As the impact is expected to be temporary, the Harbour Porpoises are expected to return to the wind farm area after construction activities have been completed. >> *tijdens de monitoring bleek dat dit niet het geval was; ook moet er op worden gewezen dat de constructieperiode vele maanden duurt zodat de dieren gedurende die tijd elders voedsel moeten zoeken.*

The most significant impacts on mammals are expected to be the physical presence and noise from ships and construction work as well as temporary and even permanent loss of habitat near the wind farms. >> *het onderwatergeluid van operationele windmolens dient hieraan te worden toegevoegd.*

### Vis monitoring (bl. 82)

#### 6.9.2 Monitoring 2001 en 2002

The investigations carried out in 2001 did not provide sufficient data to draw conclusions about the fish population. The classic analytical techniques used in both the baseline study of fish and baseline study of fry could not accommodate with the number of empty samples recorded. Furthermore, high variation was recorded in many samples, which posed a problem concerning the use of the classic statistical methods in the BACI (Before After Control Impact) design, which require homogeneity of the variance. Therefore, further monitoring programs on fish and fry in the wind farm area have not been established since 2001.

<sup>13</sup> NERI, June 2000, "EIA Study of offshore wind farm at Rodsand – Technical report about seals".

<sup>14</sup> Henriksen, May 2001, "Noise from offshore wind turbines – effects on porpoises and seals".

>> ook onderzoek in de jaren 2003 en 2004 heeft geen bruikbare informatie over vis opgeleverd; al met al kan er voor Nysted geen uitspraak worden gedaan over de effecten op vis in het windmolenpark – zie ook de Bijlage 1.

## **Zeezoogdier-monitoring**

### 6.10.7 Baseline 2001-2002

#### *Harbour porpoises* (bl. 103)

A pilot study on the use of PODs (acoustic Porpoise detectors), as a tool to investigate potential effects on the Harbour Porpoises in the Nysted wind farm area was carried out in 2001<sup>15</sup>. The results showed that there is a medium level of activity of Harbour Porpoises in the wind farm area and Femer Berl area.

In the area around Nysted Offshore Wind Farm, a total of six T-PODs have been deployed<sup>16</sup>: Three T-PODs in the wind farm area and three in the reference area approximately 10 km east of the wind farm area, where the construction work is taking place. The gathered T-POD data were analysed together with data on the pile driving and vibration of steel sheet piles at foundation A8, in the southwestern corner of the wind farm. During periods of vibration at foundation A8 a pinger was deployed 30 minutes prior to the onset of the vibration activity. Pingers are deterrents used to scare Harbour Porpoises in the vicinity of the construction site into what is considered a safe distance from the work site. A deterrent to scare seals was used. A significant effect on Harbour Porpoises echolocation activity was found in both the wind farm area and the reference area during the vibrations. >> *tijdens het heien van een damwand werden geen bruinvissen waargenomen; aangezien gesteld wordt dat het onwaarschijnlijk is dat de bruinvissen hun echolocatie stopten tijdens de werkzaamheden, kan het niet anders dan dat de dieren het gebied verlieten en zich verder dan 10 km van de werkzaamheden verplaatsten (bij Horns Rev werd dit dan ook daadwerkelijk geconstateerd – de dieren bleven meer dan 10 mijl – 18 km – weg).*

The statistical analysis of the gathered T -POD data has shown that there has been a significant effect from the first months (July-October 2002) of construction of Nysted Offshore Wind Farm on the Harbour Porpoise echolocation activity within the construction site (impact area) compared to the control area. The echolocation activity is considered as a direct measure of the presence of Harbour Porpoises. It is concluded that the construction has created a measurable, temporary decrease in the activity of Harbour Porpoises in the construction site. >> *in 2004 zal blijken dat de teruggang wellicht permanent is – zie ook Bijlage 1.*

#### *Seals* (bl. 91)

The probability of seals appearing on land was analysed together with the data on pile driving and vibrating of steel sheet piles at foundation A8, in the southwestern corner of the wind farm. Deterrents to scare both Harbour Porpoises and seals in the vicinity of the construction site into what is considered as a safe distance from the work site, were used. The analysis showed no systematic effect from the vibration or deterrent on seals hauling out in the sanctuary.

---

<sup>15</sup> NERI & Ornis Consult, Feb. 2002, “Monitoring effect of offshore wind farms on harbour porpoises using PODs (Porpoise detectors) Technical report”.

<sup>16</sup> Carstensen, J, e.a., in press “Impacts on harbour porpoises from offshore wind farm construction: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs)”.

>> *het is niet te verwachten dat het luchtgeluid de zeehonden op land op een zo grote afstand van 4 - >10 km zal verstoren; de verstoring van zich in het water bevindende zeehonden (wat meer voor de hand ligt) werd evenwel niet onderzocht.*

#### 6.10.8 Monitoring 2003 (bl. 104)

##### *Harbour porpoises*

The data collected in 2003 shows similar results to the data from 2002 (NERI 2004c). Both data sets reveal a significant BACI-effect (Before After Control Impact) on Harbour Porpoise echolocation activity. It indicates that the decline in echolocation activity in the wind farm area (impact area) can not be explained by natural variations in porpoise density in the Baltic Sea alone nor as a response to other human-induced disturbances. As porpoise echolocation activity is considered a direct measure of Harbour Porpoise presence, it can be concluded that the presence and behaviour of Harbour Porpoises were affected significantly by the construction of Nysted Offshore Wind Farm.

The wind farm area therefore appears to have constituted an exclusion zone for Harbour Porpoises during the construction period. Such effects are not unexpected and were anticipated. A return to baseline levels of activity during operation of the wind farm is expected. >> *er worden veel voorspellingen gedaan zonder er argumenten voor aan te voeren; na 2004 zal blijken dat de teruggang wellicht permanent is – zie ook Bijlage 1.*

##### *Seals (bl. 92)*

As mentioned in chapter 1.9.2 a seal epidemic killed between 11 and 44% of the seals in management area 4 but in 2003 the population was recovering by about 19%. Based on the aerial surveys conducted during the moulting period in late August 2003, the seal stock (corrected for animals not being on land) at Rodsand had increased 15% from about 200 in 2002 to about 230 in 2003. This indicates that the population increase at Rodsand was similar to the increase for the total area and that there was no effect on the population increase from the wind farm. >> *dit heeft betrekking op de aanlegperiode; hierbij moet wel worden bedacht dat de fundaties geen monopiles waren, zodat er niet behoefde te worden geheid waardoor de verstoring beperkt bleef tot scheepsbewegingen op een afstand van vele kilometers van de haul-out locatie; de waarnemingen betroffen alleen zeehonden op het land. N.B.: er werd slechts een maal (een damwand) geheid – zie hieronder.*

#### Bl. 97

There was no change in the disturbance rate during the construction period, probably due to a restriction on boats passing the sanctuary at an adequate distance. This suggests that remote boat traffic and other activities that the seals have experienced previously, although intensified during construction, did not affect the number of seals on land. >> *niet exact aangegeven is op welke afstand die zeehonden op het land lagen, maar bij de volgende paragraaf wordt 10 km genoemd; luchtgeluid speelt dan door de grote absorptie geen enkele rol en reacties zijn dan ook niet te verwachten; reacties van zich in het water bevindende zeehonden worden niet gerapporteerd.*

#### Bl. 98

There was, however, a significant decrease in the number of seals on land during periods with driving and vibrating of steel sheet piles at foundation A8, located approximately 10 km SW of the seal sanctuary. The observed reduction of seals varied among months, ranging from 8 to 100%. When correcting for other variables in the model, the reductions varied between 31 and 61%.

The seals may have chosen to stay in the water, swim away or haul-out further away from the wind farm than Rodsand. >> *dit is de enige keer dat er in Nysted werd geheid en dan alleen nog maar met (kleine) damwanden (geen mono-piles); de zeehonden zullen zeker niet het water zijn ingegaan, want daar zullen de geluidniveaus zeer hoog zijn geweest (de bruinvissen zwommen immers 10 km of verder weg en de discomfort threshold van bruinvissen en zeehonden is ongeveer gelijk<sup>17 18</sup>); ze zullen ongetwijfeld naar elders zijn vertrokken of het land zijn opgegaan.*

The construction of the Nysted offshore wind farm, situated approximately 4 km away from the Rodsand seal sanctuary had in general little or no effect on the presence of seals. The appearance of two Grey Seal pups was also recorded during the construction period. >> *4 km was de kortste afstand tussen de haul-out locatie en de molens; deze conclusie geldt dus niet voor hei-activiteiten, maar alleen voor de luchtgeluid- en visuele verstoring t.g.v. de werkzaamheden; van luchtgeluid op die afstand zijn, door de hoge absorptie en het relatief hoge achtergrondgeluid, geen problemen te verwachten; bedenk dat hier geen monopile fundaties werden gebruikt.*

#### 6.10.4 Monitoring 2004 – windmolens in bedrijf

Harbour porpoises (bl. 104)

Conclusions from monitoring during 2004<sup>19</sup> (NERI, 2005b), the first year of operation of the wind farm, must be considered preliminary, as monitoring continues. Conclusions on animal abundance and behaviour during 2004 are nevertheless very clear. No significant increase in abundance of porpoises in the wind farm area was seen in 2004 relative to the construction period and levels are still about a factor 5 lower than during baseline monitoring. Porpoises were not absent from the wind farm however, and when present, their acoustic behaviour was not significantly different from baseline behaviour. All indicators analyzed points to the wind farm as the direct or indirect cause of the decline (strongest effects consistently observed in wind farm area compared to reference area). The reason why fewer porpoises frequented the wind farm during its first year of operation is unknown and it is too early to establish whether the effect is permanent or recovery to baseline levels is slower than originally anticipated in the EIA. >> *niet duidelijk is of er ook bruinvissen in het windmolenpark zijn bij voldoende wind, dus wanneer de molens nominaal geluid produceren; hieruit zou kunnen worden geconcludeerd dat bruinvissen door het geluid van operationele windmolens worden verdreven.*

A significant effect of pile drivings/vibrations has previously been demonstrated<sup>20</sup>. The inclusion of data from pile drivings in Gedser Harbour in 2003 has strengthened this conclusion, as similar strong negative effects on porpoise abundance were observed.

---

<sup>17</sup> Kastelein, R.A., Van der Heul, S., Verboom, W.C., Triesscheijn, R. and Vaughan, N. (2006) *The influence of underwater data transmission sounds on the behaviour of harbour seals (Phoca vitulina) in a pool. Marine Environmental Research (61), 19-39.*

<sup>18</sup> Kastelein, R.A., Verboom, W.C., Muijsers, M., Van der Heul, S. and Vaughan, N. (2005) *“The influence of acoustic emissions for underwater data transmission on the behaviour of harbour porpoises (Phocoena phocoena) in a floating pen”. Marine Environmental Research (59), 287-307.*

<sup>19</sup> NERI 2004, July 2005, *“Effects of Nysted offshore wind farm on harbour porpoises – Annual status report for the T-POD monitoring program”.*

<sup>20</sup> Carstensen, J, e.a., in press *“Impacts on harbour porpoises from offshore wind farm construction: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs)”.*

The fact that no mitigations were used at the pile drivings in Gedser Harbour demonstrates that impact on porpoises observed also from the pile drivings inside the wind farm were related to the pile drivings and not merely an effect of the mitigations (pingers and seal scarer). This does not however, imply that mitigations were not effective in fulfilling their purpose, which is deterring animals out to safe distances before onset of pile drivings. >> *het gebruik van pingers en scarers is een wetenschap op zichzelf; de alarms dienen te worden aangepast aan de diersoort en omstandigheden; indien dat niet wordt gedaan kan het gebruik van sommige soorten alarms zelfs gehoorbeschadigend zijn.*

#### Seals (bl. 100)

During the construction of the wind farm Rodsand seal sanctuary was the second most important haul-out site after Avno with 27% of the seals in management area 4 during August. This was the lowest proportion since 1990. >> *het is onduidelijk wat dit betekent: geen effecten door de aanleg (zie eerder) maar toch het laagste aantal zeehonden sinds 1990?*

During the operation of the wind farm in 2004 the proportion at Rodsand increased to 34% of the management area 4 population and again the most important seal site in south western Baltic. However, this temporary shift was not statistically significant.

In April and June 2003 significantly fewer seals were counted at Rodsand during the construction phase compared to the baseline and operation periods. However, in May 2003 the opposite picture was seen, as significantly more seals were seen during construction compared to the baseline. No significant shift in proportion of seals at Rodsand relative to the other localities was seen during July-March. The significant seasonal variation between Rodsand and Vitten/Skrollen suggest that a higher proportion of the seals stay at Vitten/Skrollen in June and July during the breeding period, and return to Rodsand in August. Rodsand remains less important to the harbour seals during October-March. >> *deze conclusies gelden voor zeehonden op land.*

So far there are no indications that the construction activities and operation of the wind farm have affected the Rodsand seal population different from the other populations in the western Baltic Sea. Actually, the Rodsand population appears to thrive relative to the other areas and it has increased in size substantially in 2004, at least during the month of August. >> *conclusies zijn steeds gebaseerd op de aanwezigheid van zeehonden op het land op 4 - > 10 km afstand van het windmolenpark (er blijken geen gegevens over zeehonden in het water te zijn verzameld); de van nature grote jaarlijkse verschillen in zeehondaantallen gezien op het land in dit gebied staat een objectieve conclusie in de weg; de baseline- en testperioden zouden veel langer moeten zijn (in de orde van 10 jaar).*

#### Bl. 101

Whether there are any positive effects by the wind farm, e.g. by creating an artificial reef that attracts more fishes, remains to be investigated. >> *voor wat Horns Rev betreft werd in 2004 "no large-scale difference" geconstateerd.<sup>21</sup>*

---

<sup>21</sup> Elsam Engineering, May 2005, "Hydroacoustic registration of fish abundance at offshore wind farms – Annual report 2004 – Horns Rev offshore wind farm".

*Remote video registration*

There was no change in the disturbance rate (seals fleeing into the water) between baseline, construction and operation periods, probably due to a regulation on boats to pass south of the sanctuary in adequate distance. This indicates that remote boat traffic did not affect the number of seals on land significantly.

In management area 4 that covers the southern Sjaelland and the islands of Lolland and Falster, about 20% of the population died in the summer of 2002 due to the PDV seal epidemic. Despite this unusual mortality, the seals increased in numbers at Rodsand from the baseline to construction. This suggests that there has been no overall negative effect of the construction work on the number of seals at Rodsand. >> *eerder werd gesteld dat dit statistisch niet-significant was.*

There was, however, a significant decrease in the number of seal on land during the ramming periods (August-November 2002), that was carried out at a single foundation, located approximately 10 km SW of the seal sanctuary. >> *dit kan niet wegens het luchtgeluid zijn, waarschijnlijk deden de hoge onderwatergeluidniveaus hen uit het gebied wegtrekken.*

In accordance with the conditions in the consent to build the wind farm, an underwater seal scarer and porpoise pingers were used to scare the animals away from the site before the actual ramming started. Short term ramming at Gedser harbour (September 2002) and lighthouse (July 2003) did not affect the seals on land (*Rodsand haul-out gebied?*) negatively. Whether this was because no scaring devices were used, because the disturbance was less intense and further away or because the Rodsand sand bar covered for sounds coming from Gedser is unknown. >> *afstand en belemmeringen zijn de beslissende factoren voor het al of niet optreden van effecten.*

The construction and operation of the wind farm situated approximately 4 km away from the seal sanctuary had in general no or only little negative effect on the presence of seals on land. >> *voor wat luchtgeluid betreft is dat ook niet te verwachten; belangrijker is hun gedrag in het water, maar daar zijn geen observaties van bekend.*

*Als samenvattende conclusie zou kunnen worden gesteld dat op basis van de (gebrekkige) Deense onderzoeksmethoden, die zijn beschreven in de hier gerefereerde rapporten, geen uitspraak kan worden gedaan over de gevolgen van de aanleg en de exploitatie van windmolenparken in relatie tot zeehonden.*

## 5. Conclusies

In dit hoofdstuk worden de geluidsaspecten van windmolenparken in zee opgesomd, waarna in het volgende hoofdstuk de relatie wordt gelegd met de, in het Deense rapport, geconstateerde effecten rond Horns Rev en Nysted.

### *Geluidsaspecten*

De geluidsaspecten van windmolenparken in zee kunnen in eerste instantie worden onderscheiden in de twee facetten van geluid:

1. luchtgeluidafstraling
2. onderwatergeluidafstraling.

### *Luchtgeluid*

Windmolens stralen uiteraard luchtgeluid af. Hoewel de geluidniveaus hierbij niet onaanzienlijk zijn, worden, gezien de relatief hoge achtergrondgeluidniveaus boven zee (altijd enige wind, golfgeluid, etc.) en de relatief grote propagatieafstanden met de bijbehorende relatief grote absorptie, er van luchtgeluid geen wezenlijke problemen voor de mariene fauna verwacht. Een gedeelte van het luchtgeluid plant zich ook voort naar het water. Echter, deze bijdrage tot het onderwatergeluid is ondergeschikt aan de directe (trillings)afstraling van de fundatie en behoeft niet verder te worden beschouwd.

### *Onderwatergeluid*

Bij de onderwatergeluid-aspecten van windmolenparken kunnen twee fasen worden beschouwd:

1. de geluidsverstoring tijdens de aanleg van het windmolenpark, vooral het heien van mono-pile fundaties en de scheepsbewegingen tijdens de aanleg
2. de geluidsverstoring wanneer de windmolens in bedrijf zijn, zijnde het geluid van de windmolens zelf en de verstoring die het onderhoud met zich mee brengt.

Deze aspecten zullen hier kort worden besproken.

### *Scheepsbewegingen*

Vooraf tijdens de aanleg van het windmolenpark zullen er veel scheepsbewegingen in het betreffende gebied plaats vinden, hetgeen in veel mindere mate ook het geval is wanneer het park in bedrijf is en wanneer er onderhoud moet plaats vinden. De scheepsbewegingen (en andere activiteiten) zorgen weliswaar voor een grote visuele- en geluidsverstoring, maar onderscheiden zich in principe niet van de verstoring ten gevolge van de gewone scheepvaart, visserij, etc. Het verschil is dat de aanlegactiviteiten zich langdurig in een geconcentreerd gebied afspelen. De onderwatergeluid(bron)niveaus die gepaard gaan met de scheepsbewegingen liggen aanzienlijk boven de 'discomfort threshold'<sup>22</sup> (het niveau waarbij dieren zich vanwege het geluid gaan afwenden van een geluidbron) van bruinvissen en zeehonden. Het gevolg zal zijn dat bruinvissen en zeehonden het constructiegebied zullen mijden.

---

<sup>22</sup> Kastelein, R.A., Verboom, W.C., Muijsers, M., Van der Heul, S. and Vaughan, N. (2005) "The influence of acoustic emissions for underwater data transmission on the behaviour of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in a floating pen". *Marine Environmental Research* (59), 287-307.

Kastelein, R.A., Van der Heul, S., Verboom, W.C., Triesscheijn, R. and Vaughan, N. (2006) *The influence of underwater data transmission sounds on the behaviour of harbour seals (*Phoca vitulina*) in a pool. Marine Environmental Research* (61), 19-39.



Bruinvissen zullen ruim buiten het gebied blijven, zehonden in principe ook, maar deze zijn wat toleranter wanneer zij ervaren hebben dat er geen gevaar te duchten is. Ook bepaalde vissoorten zullen worden afgeschrikt door de scheepsgeluiden, maar hierover is weinig concreets bekend. Het gevolg zal zijn dat tijdens de aanleg het bewuste gebied door zeezoogdieren (en vis) zal worden gemeden.

#### *Helicopter-bewegingen*

Helicopters produceren hoge luchtgeluidniveaus. Deze zullen verstorend werken voor aan het oppervlak zwemmende zehonden en bruinvissen. Een deel van het geluid straalt af in het water. De invloed hangt ondermeer af van de vliegsnelheid van de helicopter.

#### *Heien van monopile fundaties*

Het heien van monopiles heeft grote consequenties voor de mariene fauna vanwege de extreem hoge onderwatergeluidniveaus die hieraan verbonden zijn. De piekniveaus van heien behoren tot de hoogste niveaus die de mens in zee kan produceren en zijn bijv. duizenden malen hoger dan de piekniveaus van militaire sonars.

Op basis van de meetresultaten van de Nederlandse windmolenparken, maar ook gebaseerd op Deense gegevens<sup>23</sup> kan worden berekend dat heien een (breedband) vrije-velde piekniveau geeft van 240-252 dB re 1 microPa op 1 m afstand. Deze piekniveaus zijn vele duizenden malen hoger dan de niveaus waarop bij zeezoogdieren en vis TTS ('tijdelijke gehoorbeschadiging') optreedt en hebben derhalve ernstige beschadiging, c.q. de dood, bij deze dieren tot gevolg indien zij zich op korte afstand bevonden. In de US is gebleken dat heien dodelijk is voor vis tot zo'n 300 m (of meer) rond de heiplaats.

Overigens zal in de praktijk het heien niet dodelijk zijn voor bruinvissen en zehonden, omdat deze dieren het heigebied zullen mijden vanwege de visuele en geluidsverstoring door de werkzaamheden. Wel zullen zeezoogdieren door de hoge geluidniveaus tot op vele (tientallen?) kilometers rond het gebied worden verdreven.

Om een indruk te geven hoe hoog de niveaus zijn die gepaard gaan met het heien van monopiles, de volgende informatie:

Niet alleen het piekniveau van het geluid is belangrijk voor eventuele schade bij zeedieren. Ook de duur van het geluid speelt een rol bij gehoorschade. Een maat hiervoor is het '**Source Energy Level (SL<sub>E</sub>)**' van de geluidsbron, waarin niet alleen de geluidsdruk, maar ook de duur van de geluidsimpuls is verwerkt (uitgedrukt in **dB re 1 microPa<sup>2</sup> m<sup>2</sup> s**).

Sommige tandwalvissen kunnen hoge geluidsniveaus produceren tijdens hun echolocatie-activiteiten. De SL<sub>E</sub> grenzen hiervan liggen – voor in de Noordzee levende dieren – tussen 120 dB voor de bruinvis en 167 dB re 1 microPa<sup>2</sup> m<sup>2</sup> s voor de tuimelaar.

Het SL<sub>E</sub> niveau van één klap tijdens het heien van een mono-pile is ca. 237 dB re 1 microPa<sup>2</sup> m<sup>2</sup> s (gebaseerd op metingen in Zweden<sup>22</sup>). Dit is miljoenen malen hoger dan de echolocatie-kliks van Noordzee-dolfijnen.

Een andere maat voor piekgeluid is de '**Sound Exposure Level (SEL)**', het geluid ter plaatse van het dier, 'uitgesmeerd' over de duur van 1 seconde (uitgedrukt in **dB re 1 microPa<sup>2</sup> s**).

Gemeten geluidsniveaus worden beïnvloed door de geologische en geometrische omstandigheden in het zeegebied (zie ook volgende paragraaf). Het hierboven aangegeven, in Zweden gemeten, heigeluid mag dus niet zondermeer worden gehanteerd voor het beoordelen van zeelocaties voor de Nederlandse kust. Bedenk dat een belangrijk deel van het geluid zich verspreid via het sediment.

---

<sup>23</sup> Odegaard & Danneskiold-Samsøe, October 2000 "Offshore wind turbine construction – Offshore pile driving Underwater and Above water noise measurements and analysis".

TNO heeft echter (nog niet gepubliceerde) metingen uitgevoerd bij het windmolenpark Q7, zodat nu nauwkeurige gegevens van het heigeluid voor Nederlandse condities bekend zijn. Deze tonen aan dat op een afstand van 4 km van de heiplaats een SEL wordt gemeten die nog steeds tienduizend maal hoger is dan het bronniveau van een bruinvis-echolocatieklik. Dit alles bij een waterdiepte van 25m en een zwemdiepte van het dier van 8m (dit zijn essentiële gegevens voor de beoordeling van het geluidniveau). Het zal duidelijk zijn dat het heigeluid aanzienlijke schade/verstoring bij een bruinvis, maar ook bij andere zeedieren, kan veroorzaken.

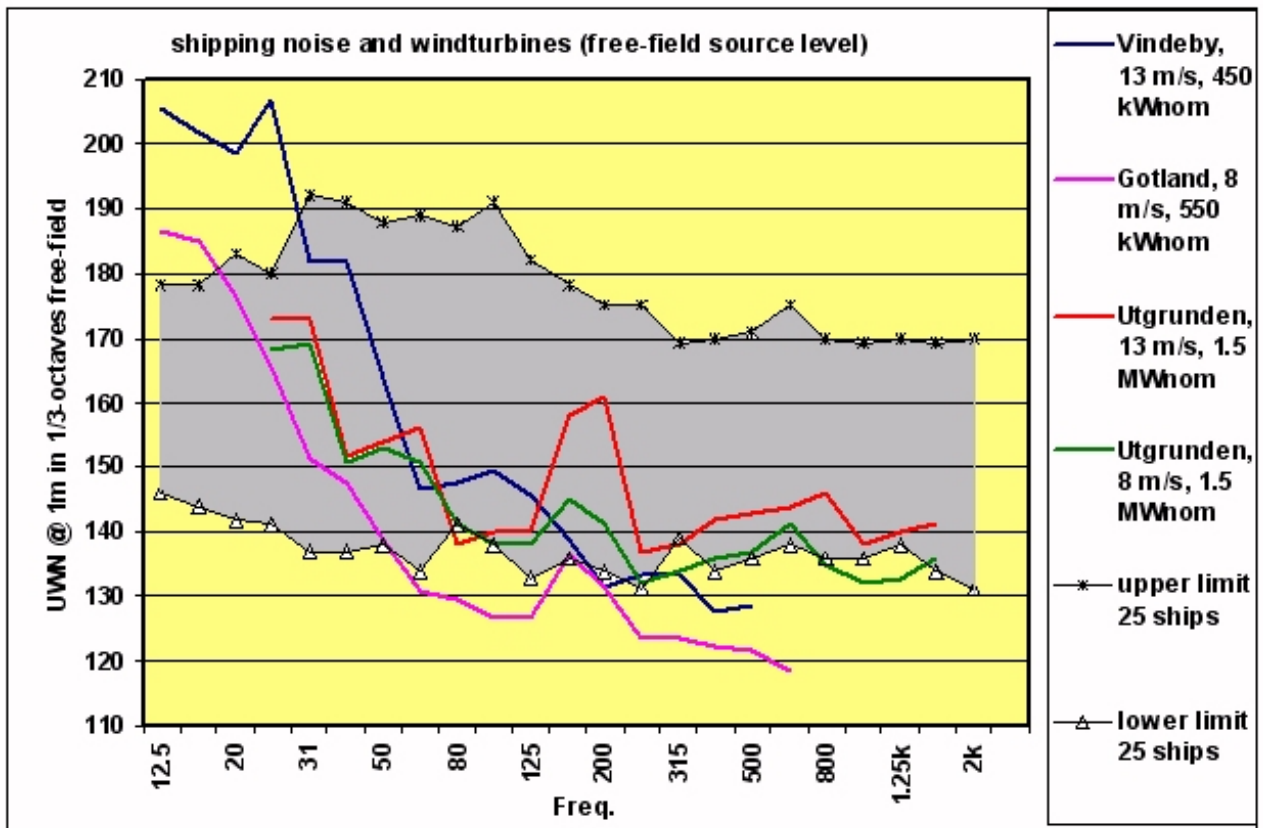
#### *Geluid operationele windmolens*

Bij normaal bedrijf zullen de windmolens onderwatergeluid afstralen als gevolg van de hoge trillingsniveaus die worden opgewekt in de generator, tandwielkast en wieken. Deze niveaus zijn sterk afhankelijk van de akoestische kwaliteit van de werktuigen en de stijfheid van de mast. Een vuistregel is dat het 'geïnstalleerd vermogen' (2-3 MW) van een windmolen gelijk is aan dat van een schip van redelijke afmetingen (100 m lengte) en windmolens dus ook evenveel geluid afstralen als een schip. Deense metingen<sup>24</sup> kunnen worden omgerekend naar een 'vrije-veld bronniveau' en kunnen worden vergeleken met een dito bronniveau van schepen – zie onderstaande figuur. Omdat metingen van een bronniveau sterk afhankelijk zijn van de geometrische en geologische omstandigheden op de meetlocatie dienen de resultaten te worden geconverteerd naar een fictief bronniveau, het 'vrije-veld bronniveau'. Uitgaande van dit bronniveau kan het werkelijk optredende bronniveau op een andere locatie worden berekend. Dit houdt in dat metingen gedaan in kustgebieden rond bijv. Denemarken niet (ongecorrigeerd) mogen dienen om conclusies te trekken voor windmolenparken voor de Nederlandse kust. Hierbij kunnen fouten van tientallen dB's optreden. Dit is ook de reden dat alle Deense akoestische windmolenrapporten met onjuiste gegevens zijn berekend, waardoor hun conclusies onjuist zijn (veel te optimistisch) – zie voor een toelichting Bijlage 2.

Onderstaande figuur geeft het geluid van windmolens in vergelijking tot het spreidingsgebied van scheepsgeluid (beide vrije-veld niveaus). Het scheepsgeluid werd gemeten op een NATO-geluidmeetbaan en heeft betrekking op 25, relatief kleine, schepen in lengte variërend van 25-100 m, in snelheid variërend van 8-16 knoop en voor wat geluidreducerende maatregelen aan boord betreft, variërend van 'geen' tot 'redelijk goede' maatregelen. De conclusie is dat het brongeluid van windmolens en schepen inderdaad over een groot frequentiegebied samenvalt. Het gevolg hiervan zal zijn dat zeezoogdieren en vis op dezelfde wijze op in bedrijf zijnde windmolens zullen reageren zoals zij dat doen voor schepen: bruinvissen blijven uit de buurt, zeehonden ook, maar zijn wat minder kritisch en (sommige) vissoorten kunnen ook uitwijkend gedrag vertonen. In de figuur worden drie metingen van windmolengeluid gepresenteerd, waarbij de resultaten van Utgrunden het meest betrouwbaar lijken.

---

<sup>24</sup> Odegaard & Danneskiold-Samsoe, March 2000 "Offshore wind turbines – Underwater noise measurements, analysis and predictions".



## 6. Samenvatting Deense rapport

De in hoofdstuk 5 geponeerde stellingen kunnen worden vergeleken met het geconstateerde effecten zoals samengevat in het Deense rapport.

*Stelling: Luchtgeluid van windmolens, ook tijdens de aanleg daarvan, is geen wezenlijk probleem.*

<i>Effect voor:</i>	<i>Aanleg Horns Rev</i>	<i>Aanleg Nysted</i>	<i>Horns Rev in bedrijf</i>	<i>Nysted in bedrijf</i>
<i>Vis</i>	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen harde conclusies mogelijk	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd
<i>Bruinvissen</i>	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Zeehonden</i>	Geen harde conclusies mogelijk	Geen reacties op 4-10 km afstand	Observaties mislukt door apparatuur	Geen reacties op 4-10 km afstand

*Stelling: Scheepsbewegingen etc. bij de aanleg en onderhoud van windmolens geeft verstoring, maar is geen wezenlijk probleem.*

<i>Effect voor:</i>	<i>Aanleg Horns Rev</i>	<i>Aanleg Nysted</i>	<i>Horns Rev in bedrijf</i>	<i>Nysted in bedrijf</i>
<i>Vis</i>	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd
<i>Bruinvissen</i>	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Bruinvissen werden verdreven en keerden niet meer terug	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd
<i>Zeehonden</i>	Observaties mislukt door apparatuur	Observaties mislukt door apparatuur	Observaties mislukt door apparatuur	Observaties mislukt door apparatuur

*Stelling: Helicopterbewegingen geeft verstoring, maar is geen wezenlijk probleem.*

<i>Effect voor:</i>	<i>Aanleg Horns Rev</i>	<i>Aanleg Nysted</i>	<i>Horns Rev in bedrijf</i>	<i>Nysted in bedrijf</i>
<i>Vis</i>	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd
<i>Bruinvissen</i>	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd
<i>Zeehonden</i>	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd

*Stelling: Het heien van mono-piles is een wezenlijk probleem en kan dodelijk zijn voor vis en zeezoogdieren.*

<i>Effect voor:</i>	<i>Aanleg Horns Rev</i>	<i>Aanleg Nysted (damwand heien)</i>		
<i>Vis</i>	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd		
<i>Bruinvissen</i>	n.v.t. (bruinvissen worden verdreven)	n.v.t. (bruinvissen worden verdreven)		
<i>Zeehonden</i>	Observaties mislukt door apparatuur	Observaties mislukt door apparatuur		

*Stelling: Het heien van mono-piles wezenlijk probleem en verdrijft zeezoogdieren en vis tot ver van de bouwlocatie.*

<i>Effect voor:</i>	<i>Aanleg Horns Rev</i>	<i>Aanleg Nysted (damwand heien)</i>		
<i>Vis</i>	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd		
<i>Bruinvissen</i>	Bruinvissen werden meer dan 10 km ver verdreven	Bruinvissen werden meer dan 18 km verdreven en keerden niet meer terug		
<i>Zeehonden</i>	Observaties mislukt door apparatuur	Observaties mislukt door apparatuur		

*Stelling: Het onderwatergeluid van in bedrijf zijnde windmolens zorgt voor aanzienlijke verstoring.*

<i>Effect voor:</i>		<i>Horns Rev in bedrijf</i>	<i>Nysted in bedrijf</i>
<i>Vis</i>		Bij mooi weer (weinig windmolengeluid) 75% meer vis buiten het park dan in het park en als tendens, grotere vis blijft buiten park	Geen observaties uitgevoerd of gerapporteerd
<i>Bruinvissen</i>		Bij mooi weer (weinig windmolengeluid) 13x meer bruinvissen buiten het park dan in het park	De bruinvissen zijn niet meer in het park teruggekeerd
<i>Zeehonden</i>		Observaties in water mislukt door apparatuur	Observaties in water mislukt door apparatuur

## **Bijlage 1: Opmerkingen over enkele recent verschenen Deense rapporten**

Na het verschijnen van het ‘Deense rapport’ werd een aantal nieuwe Deense rapporten gepubliceerd, o.a. in relatie tot een nieuw aan te leggen windpark Horns Rev II. Uit een globale controle<sup>25</sup> blijkt dat deze rapporten geen wezenlijk nieuwe gezichtspunten bevatten en voortborduren op reeds gepubliceerde uitspraken, waarbij opvalt dat de informatie soms ‘gekleurd’ wordt weergegeven en weinig acht wordt geslagen op negatieve effecten die bij Horns Rev I en Nysted werden geconstateerd. Ook in deze rapporten is geen rekening gehouden met de actuele geluidspropagatie in ondiep water, waardoor negatieve geluidseffecten worden onderschat. Er wordt door ons op gewezen dat de conclusies in de rapporten – indien correct – alleen geldig zijn voor de Deense windparken en niet voor parken voor de Nederlandse kust.

Hieronder zal beknopt commentaar worden gegeven op zeven recente rapporten. Over een aantal passages in de rapporten kan pas een uitspraak worden gedaan wanneer de achterliggende studies door ons zijn bekeken<sup>24</sup>.

### Rapporten betreffende vis

#### **1. EIA Report Fish – Horns Rev Offshore Wind Farm II - 31 July 2006, Jensen et al.**

*Dit rapport geeft de verwachte effecten op vis welke kunnen optreden als gevolg van de aanleg van een nieuw windpark ‘Horns Rev II’. De tendens is dat effecten op vis verwacht worden gering te zijn, waarbij men echter weinig of geen aandacht besteed aan de negatieve effecten die bij Horns Rev I en Nysted werden geconstateerd.*

*Verder moet worden opgemerkt dat de waterdiepte bij Horns Rev II 4-14 m is, wat een, t.o.v. locaties voor de Nederlandse kust, veel gunstiger situatie is. Dit o.a. in verband met de grotere (laag-frequente) geluidsverzwakking in het zeegebied bij Horns Rev.*

#### **Bl. 6 Summary**

The construction phase is considered the most important to fish in terms of impacts. First of all the erection of the turbines along with the establishment of scour protection is encumbered with high impacts of noise and vibrations, the most important source be the pile-driving (in case of monopile foundation). Although fish to varying extent are sensitive to both noise and vibrations, the assessments lead all to the conclusion that no significant lasting effects on fish are to be expected. Indeed fish may flee from or avoid the areas with the highest impacts, but as the emissions of noise and vibrations come to an end, things are likely to return to normal within short time. >> *gedeeltelijk juist, maar wel erg ‘verzachtend’ gesteld; heien is zeer beschadigend c.q. dodelijk voor vis op korte afstand, hetgeen betekent dat het begin van elke heicyclus gepaard gaat met schade aan vis die zich op dat moment op korte afstand bevindt; bij Horns Rev I en Nysted heeft men verzuimd hiernaar gericht onderzoek uit te voeren.*

In the operation phase the presence of the artificial reefs will increasingly have positive effects on the fish fauna, a process that is known as “the artificial reef effect”. >> *het is bij Horns Rev en Nysted niet gebleken dat dit optreedt; men gebruikt hypotheses van de vorige studies (die niet bevestigd zijn door waarnemingen) als feiten.*

---

<sup>25</sup> diepgaande bestudering van deze rapporten moest wegens tijdgebrek achterwege blijven

However, in the operation phase there will also be negative impacts in the form of both noise and vibrations and in the form of electromagnetic fields around the power cables. Based on existing knowledge, including that from the monitoring of the fish fauna at Horns Rev 1 Offshore Wind Farm, nevertheless no significant impacts on the fish fauna are to be expected. >> *dit is in tegenspraak met het geconstateerde bij Horns Rev: 75% meer (en grotere) vis buiten het park dan binnen het park (bij lage windsnelheid).*

In conclusion, the establishment of Horns Rev 2 Offshore Wind Farm invariably involve a number of human activities and alterations of the existing environment at Horns Rev, all of which are associated with impacts on the fish fauna. In a systematic review all negative impacts are nevertheless assessed to be of minor importance or insignificant to the fish fauna, spatially as well as temporally. Thus, no significant negative changes of the fish fauna are expected in the wind farm area or in the adjacent areas. On the other hand significant positive changes are expected due to the artificial reef effect. >> *zie voorgaand commentaar.*

#### Bl. 34

Regarding underwater acoustics the range from 0 - 300 dB re 1 $\mu$  Pa represents sound levels from very low to very high. To integrate sound in models a generic dB<sub>ht</sub> (deciBel hearing threshold) scale has been developed. This scale weights the sound pressure level (SPL) at different frequencies bandwidth. Noise levels in excess of 90 dB above the threshold level (dB<sub>ht</sub> species) may induce behavioural effects, especially avoidance reactions, provided that the noise is within the detectable frequencies band (Nedwell & Howell, 2004). >> *twijfelachtige stellingen; Nedwell & Howell, 2004 vereist nadere studie; recente studies bij SEAMARCO hebben aangetoond dat er voor zeevis geen vaste dB-marge boven de gehoordrempel is aan te geven (bovendien zijn hierbij veel lagere waarden dan 90 dB gevonden).*

#### Bl. 36

The distances of avoidance in Table 6.3 are generated using pile driving activity as source of noise etc. >> *Wahlberg & Westerberg 2005 vereist nadere studie.*

The possible effects from pile driving are exemplified by cod (generalist – good hearing ability) and salmon (generalist – poor hearing ability) with avoidance distances of 5.5 and 1.6 km, respectively. >> *geen melding wordt gemaakt van verstoring van haring (wellicht de gevoeligste vissoort voor verstoring); dit vereist nadere studie; recent onderzoek door SEAMARCO toont aan dat boven 100 Hz kabeljauw (cod) nauwelijks op geluid reageert; zeebaars en horsmakreel reageert veel sterker op geluid.*

Bearing in mind that Horns Rev is a windy place with a high natural background noise level, the effects of the additional noise and vibrations from the wind turbines on the fish communities in the area are considered insignificant. This assessment is strongly supported by the situation at Horns Rev 1 Offshore Wind Farm. >> *dit is in tegenspraak met het geconstateerde bij Horns Rev: 75% meer (en grotere) vis buiten het park dan binnen het park (zelfs bij lage windsnelheid).*

**2. *Hydroacoustic monitoring of fish communities at offshore wind turbine foundations – Nysted offshore wind farm – June 2006, Jensen et al.***

*Dit rapport beschrijft een vistelling rond het Nysted windpark uitgevoerd in 2005. Het doet geen duidelijke positieve noch negatieve uitspraken over de invloed van het windpark op de vispopulatie. Dus ook de veel aangehaalde toename van de visstand t.g.v. het ‘beschermd’ zeegebied is niet gebleken op te treden. De conclusies van het rapport luiden:*

*The fish communities at Nysted Offshore Wind Farm are influenced by many abiotic as well as biotic factors besides a possible effect from the wind farm itself.*

*No general and unambiguous regional effect was demonstrated from Nysted Offshore Wind Farm in the distribution pattern of pelagic and semi pelagic fish communities when comparing impact and reference areas.*

Rapporten betreffende zeezoogdieren in het algemeen

**3. *EIA Report Marine Mammals – Horns Rev 2 Offshore Wind Farm - 31 July 2006, Skov et al.***

*Dit rapport geeft de verwachte effecten op zeezoogdieren die kunnen optreden als gevolg van de aanleg van een tweede windmolenpark Horns Rev II.*

*Het rapport behandelt o.a. het gebruik van T-POD's. Zie voor commentaar hierop het gestelde in ons hoofdrapport.*

*De op de akoestiek betrekking hebbende delen van dit rapport (vooral par. 3.4) zijn dermate gebrekkig en/of foutief dat commentaar hierop niet zinvol is. Dit betreft vooral de tientallen dB's te laag aangenomen bronniveaus die als uitgangspunt voor de berekeningen werden gehanteerd, met als gevolg optimistische uitkomsten en verwachtingen – zie Bijlage 2.*

Rapporten betreffende bruinvissen

**4. *NERI Report Harbour porpoises on Horns Reef; Effects of the Horns Reef wind farm – November 2006, Tougaard et al.***

*Dit rapport is een samenvatting van de resultaten van het Horns Rev monitoring programma voor bruinvissen (1999 – 2006). Het bevat dezelfde tekortkomingen als genoemd in ons hoofdrapport. Vooral het gebrek aan kennis rond ondiepwater-propagatie maakt de conclusies twijfelachtig. De scheeps- en vliegtuigtellingen zijn uitgevoerd bij weinig wind zodat er weinig negatieve effecten van de windmolens werden geconstateerd (weinig geluidsuitstraling). De T-POD-resultaten bevatten een onverklaarbaar verschijnsel: T-POD-detectie is onafhankelijk van de windsnelheid. Het is gebruikelijk dat de agitatie van de zee bij toenemende windsnelheid een afname van de detectie veroorzaakt en een toename van de ‘false alarms’. Bij T-POD's is het niet mogelijk hiertussen onderscheid te maken. T-POD-metingen moeten dan ook met het grootste wantrouwen worden bekeken, mede vanwege hun zeer slechte detectie-eigenschappen.*

**Bl. 4 Summary**

The current dataset, which covers time before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm, indicates a weak negative general effect from the construction and semioperation on porpoises, with more specific effects linked to pile driving activities. No effects were observed from the operating wind farm. >> *in tegenspraak met het Deense rapport.*



Conclusions from the ship surveys point in the same direction as the acoustic data, i.e. a weak negative and local effect of the wind farm during construction but otherwise no significant changes. Also ship survey data indicate more porpoises in the area as a whole during the operational period than for any other of the periods, baseline included. >> *in tegenspraak met ons hoofdrapport (13x zo veel bruinvissen buiten het park dan er in); aangezien Ship surveys werden uitgevoerd bij lage windsnelheid (zie bl. 24 2.2 Ship surveys) – dus bij weinig windmolengeluid – zijn de resultaten van de diertellingen niet erg representatief voor de effecten van operationele windmolens; dit geldt ook voor de Aerial surveys, uitgevoerd bij een windkracht van minder dan 3 (zie bl. 30 par. 2.3).*

The T-POD data indicate that porpoises left the entire Horns Reef area in response to the loud impulse sound generated by the pile driving operation. >> *is dat een “weak negative and local effect” zoals in de vorige paragraaf wordt aangegeven?*

#### Bl. 13 Paragraaf 1.3

*Dit hoofdstuk verwaarloost (wederom) de laagfrequente geluidsverzwakking in ondiep water waardoor de conclusies niet relevant zijn. Figure 8 bevestigt overigens dat het brongeluid van operationele windmolens (laagfrequent) gelijk is aan het brongeluid van koopvaardij schepen (zie ons hoofdrapport “5. Conclusies”).*

#### Bl. 55 Figure 39

*Figuur 39 laat een merkwaardig resultaat zien: de windsnelheid heeft geen invloed op het aantal ontvangen kliks/min (windsnelheid range 0 - >14 m/s); dit zou betekenen dat de aanzienlijke verhoging van het achtergrondgeluidniveau, alsmede de toenemende demping door de agitatie van de zee, geen vermindering van de detectie tot gevolg heeft, hetgeen onwaarschijnlijk is.*

### **5. NERI Final Report on the effect of the Nysted offshore wind farm on harbour porpoises – July 2006, Tougaard et al.**

*Dit rapport is een samenvatting van de TPOD-resultaten van het Nysted monitoring programma voor bruinvissen (2001 – 2005).*

*Het rapport is qua beschrijving grotendeels een herhaling van “Rapport 3” hierboven en bevat dan ook dezelfde akoestische tekortkomingen als genoemd in ons hoofdrapport en hierboven.*

Although indicators are still significantly affected two years after completion of the wind farm, there is a tendency towards return to baseline (pre-construction) levels in waiting time and *porpoise positive minutes* in the wind farm area. Activity in the reference area was back to baseline levels two years after end of construction. >> *in de ‘reference area’ is de oude situatie weer ingetreden (N.B.: die had nooit mogen veranderen als het gebied goed zou zijn gekozen), maar in de ‘impact area’ zijn er nog steeds minder bruinvissen(kliks) – zie Figure 13, wat doet vermoeden dat er wel degelijk verstoring door het geluid van operationele windmolens optreedt.*

This likely indicates that porpoises have gradually habituated and returned to the wind farm during the first two years of operation. >> *maar niet zijn teruggekeerd in het windpark*

Rapporten betreffende zeehonden

**6. *Harbour seals at Horns Rev before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm - October 2006, Tougaard et al.***

*Dit rapport beschrijft dat deel van de resultaten van het Horns Rev monitoring programma voor zeehonden (2002 – 2005) waarbij gebruik werd gemaakt van op de dieren geplakte radiozenders. Het rapport geeft, qua geluidsverstoring, zwakke conclusies en veronderstellingen omdat er om technische reden weinig concrete resultaten zijn. Om die reden wordt hier geen verder commentaar gegeven – zie ook ons hoofdrapport.*

**7. *Final report on aerial monitoring of seals near Nysted Offshore Wind Farm - April 2006, Teilmann et al.***

*Dit rapport beschrijft de resultaten van het Nysted monitoring programma voor zeehonden (2002 – 2005) waarbij gebruik werd gemaakt van waarnemingen vanuit een vliegtuig. Het rapport geeft aan dat de totale populatie zeehonden op het nabijgelegen (minimale afstand 4 km) leefgebied, na het in gebruik nemen van het windpark, niet is afgenomen (mogelijk zelfs is toegenomen). Dit is een acceptabele conclusie. Het afgestraalde onderwatergeluid van de molens zal op (minimaal) 4 km afstand geen overschrijding van de ‘discomfort threshold’ geven. In hoeverre de zeehonden het windpark benaderen wordt niet aangegeven. Het rapport doet ook geen uitspraken over het voorkomen van zeehonden in het windpark. Blijkbaar is het foerageergebied buiten het park groot genoeg, zodat het park inderdaad geen invloed heeft op de populatiegrootte van zeehonden.*

## Bijlage 2: Voortplanting van onderwatergeluid in ondiep water

In deze bijlage wordt uitgelegd hoe geluid onderwater zich gedraagt. Windmolens bevinden zich in relatief ondiep water. Akoestisch gezien zijn alle waterdiepten kleiner dan 200 m *ondiep water*. Het meten van de bronsterkte is dan gecompliceerd. Er treden allerlei fysische verschijnselen op die de geluidvoortplanting in het water beïnvloeden. Deze verschijnselen zijn sterk locatiegebonden en worden door geometrische en geologische omstandigheden bepaald. Dit houdt in dat metingen gedaan in buitenlandse kustgebieden niet (ongecorrigeerd) mogen dienen om conclusies te trekken voor windmolenparken voor de Nederlandse kust. Hierbij kunnen fouten van tientallen dB's optreden. E.e.a. zal hier worden toegelicht.

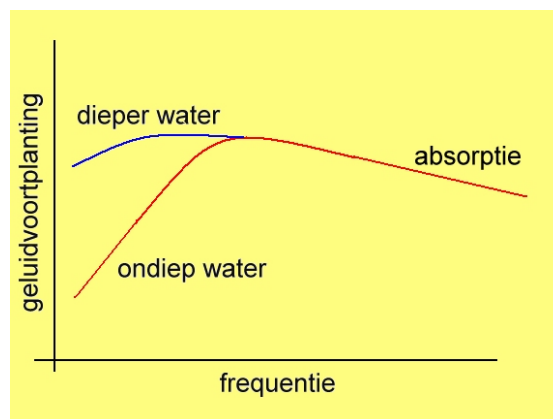
### *Het meten van onderwatergeluid*

Geluid onderwater wordt gemeten met een onderwatermicrofoon, een zgn. *hydrofoon*. Het meten van geluid in water is specialistenwerk omdat er tal van fysische verschijnselen in het water optreden die het meetresultaat beïnvloeden (veel meer dan er optreden bij metingen in lucht). Naarmate het water ondieper wordt (ondieper dan 200 m), worden deze verschijnselen steeds dominanter en kunnen er fouten van tientallen dB's ten opzichte van 'standaard formules uit het boekje' optreden. Deze dienen uiteraard te worden gecompenseerd om een goed meetresultaat te verkrijgen.

De (ondiepwater) verschijnselen zijn van geometrische en geologische oorsprong; enkele voorbeelden hiervan zijn:

- waterdiepte, hydrofoondiepte en brondiepte
- sedimentsoort, sedimentlagen en objecten op/in het sediment
- zout- en temperatuurlagen in het water
- golfhoogte, luchtbellens en stroming

Het belangrijkste verschijnsel is het optreden van het *channel effect*, een cut-off frequentie waar beneden alle geluid wordt geëlimineerd en er dus geen overdracht van bron naar ontvanger plaats vindt. Bij waterdiepten van enkele meters (Waddenzee, Duitse Bocht, etc.) ligt deze frequentie op enkele honderden Hz – figuur B2.1 geeft het principe.



*Figuur B2.1: De geluidvoortplanting in ondiep water is bij lage frequenties geringer dan in dieper water, m.a.w. er is laag-frequent een grotere verzwakking. Dit betekent dat het laag-frequente deel van een geluidsspectrum in ondiep water wordt geëlimineerd, zodat alleen het hoog-frequente deel van het spectrum overblijft. Wordt dezelfde geluidbron in dieper water geplaatst dan wordt een breder spectrum gemeten en blijkt het geluiddrukkniveau te zijn toegenomen. Bij hoge frequenties treedt bovendien nog een ander verschijnsel op, namelijk extra verzwakking van het geluid door absorptie in het water.*

### *De invloed van ondiep water*

Om bijv. een bronsterkte te kunnen berekenen dient de afstandsverzwakking tussen bron en ontvanger (meetpunt) bekend te zijn. In veel akoestische boeken wordt die opgegeven als een frequentieonafhankelijke factor, berekend met:

$$\text{Verzwakking in dB} = 20 \cdot \log [\text{afstand bron/ontvanger in meters}]$$

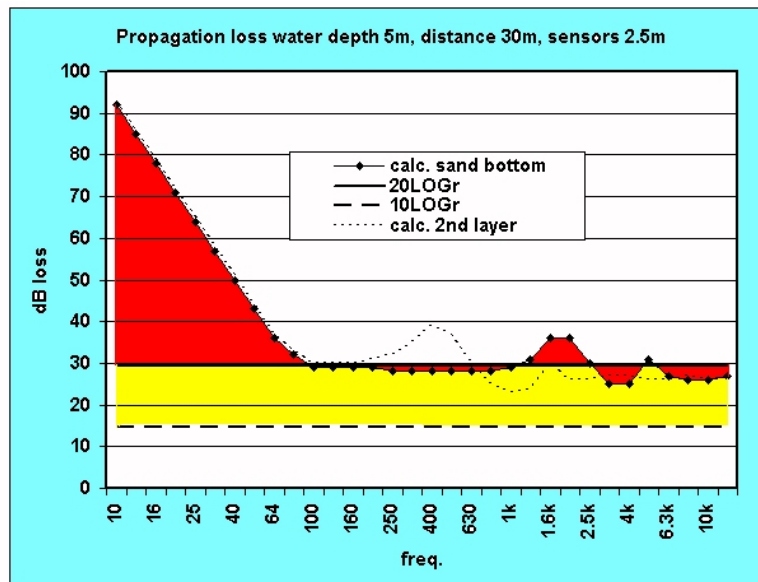
(ook wel '20 log R' wet genoemd)

Deze formule is slechts een theoretische benadering, geldend voor een oneindig groot medium (in het geval van een zee bijv. midden in de Stille Oceaan op grote diepte). Voor de ondiepe zeegebieden rond ons land is deze formule in principe niet geldig. In de biologische wereld is het bovendien nog wel eens de gewoonte om de factor 20 te vervangen door 10 of 15. Dat is een verkeerde benadering.

De werkelijke geluidverzwakking in ondiep water is frequentieafhankelijk en kan laag-frequent tientallen dB's verschillen van bovengenoemde formules. Dit betekent dat de bronsterkte (op te geven voor 1m afstand van de bron) veel te laag wordt berekend, immers

$$\text{Bronsterkte [1 m]} = \text{Gemeten niveau [op x meter afstand]} + \text{Verzwakking [tussen x en 1 m]}$$

In het frequentiegebied beneden ca. 2 kHz geeft dit een onderschatting van de bronsterkte, waarbij vooral beneden ca. 250 Hz fouten van tientallen dB's kunnen optreden, zeker als het meetpunt zich op geringe diepte bevindt. Figuur B2.2 laat een voorbeeld zien van de fouten die in ondiep water kunnen optreden bij gebruik van de formules 10 of 20 x log (afstand). E.e.a. houdt in dat metingen gedaan in een bepaald kustgebieden niet (ongecorrigeerd) mogen worden gebruikt om uitspraken te doen over de situaties in andere zeegebieden. Naar mate de waterdiepte groter wordt neemt het bronniveau toe ten opzichte van metingen gedaan in ondieper water.



*Figuur B2.2: Propagatieverzwakking in ondiep water: het werkelijk optredende verlies voor een bepaalde situatie is de curve met de zwarte balletjes. De verzwakking volgens de 20.log R wet bedraagt ca. 30 dB (frequentieonafhankelijk). Een verzwakking volgens 10.log R geeft 15 dB. De fout die optreedt door de frequentieonafhankelijke formules te gebruiken is het rode gebied (max. meer dan 60 dB !) of het rode + gele gebied (max. meer dan 75 dB).*

Zo wordt in de Deense rapporten uitgegaan van in Zweden gemeten bronniveaus, bepaald in 2,5 m diep water. De zeegebieden rond Denemarken zijn dieper (bijv. 6-10 m) waardoor men van te lage bronniveaus uitgaat in de berekeningen. Het is daarom niet toegestaan de Zweedse niveaus te gebruiken als uitgangspunt voor het geluid in windmolenparken voor de Nederlandse kust (bijv. 16-30 m diep).

De werkelijke afstandsverzwakking dient te worden berekend met geavanceerde *ray tracing* propagatiemodellen en is specialistenwerk.

### ***Vrije-veld bronniveau***

Omdat meting van een bronniveau in diep water sterk afhankelijk is van de geometrische en geologische omstandigheden op de betreffende meetlocatie dienen de meetresultaten te worden geconverteerd naar een (fictief) bronniveau, het zgn. *vrije-veld bronniveau*. Uitgaande van dit bronniveau kan het werkelijk optredende bronniveau op een andere locatie worden berekend of kunnen bronniveaus met elkaar worden vergeleken. In dat geval gebruikt men het vrije-veld niveau om, uitgaande van de geometrische en geologische omstandigheden op de gewenste locatie, het werkelijk optredend bronniveau op die locatie te berekenen. Zoals gezegd dient dit met geavanceerde ray-tracing modellen te gebeuren, hetgeen specialistenwerk is.