

# DCE's vurdering af en række spørgsmål og forhold vedrørende offshore vindmølleparker i almindelighed og projektet Kattegatt Offshore i særdeleshed.

---

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 15. september 2014

Jakob Tougaard

Institut for Bioscience

Rekvirent:  
Renew Consulting and Construction  
Antal sider: 15

Faglig kommentering:  
Lonnie Mikkelsen  
Kvalitetssikring, centret:  
Vibeke Vestergaard Nielsen



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000  
E-mail: [dce@au.dk](mailto:dce@au.dk)  
<http://dce.au.dk>

# Indhold

1	Baggrund	3
2	Baggrund om offshorevindmøller, støj og havpattedyr	4
3	Svar på spørgsmål stillet af Favonius AB	5
4	Samlet vurdering	9
5	Referencer	10
6	Om DCE og forfatteren	12
7	CV Jakob Tougaard	13

# 1 Baggrund

Kattegatt Offshore er en planlagt havmøllepark med op til 50 vindmøller, som er påtænkt placeret ca. 8 km vest for Falkenberg på den svenske vestkyst på 20-30 m's dybde.

Som fundamenter tænkes anvendt enten monopæle, fackverk/tripod eller gravitationsfundamenter.

Mark- og Miljødomstolen i Sverige har i 2014 afgjort, at der ikke kan gives tilladelse til opførelse af vindmølleparken, da domstolen anser, at nedramning af møllefundamenter (monopiles) vil påvirke bestanden af marsvin (sv. *tumlare*) i Kattegat, Bælthavet og Øresund.

På baggrund af dommen fra Mark og Miljødomstolen har Favonius AB, der er selskabet bag Kattegatt Offshore, efterspurgt DCE's svar på en række spørgsmål vedrørende effekter af byggeri og drift af havvindmølleparker på marsvin. (sv. *tumlare*)

## 2 Baggrund om offshorevindmøller, støj og havpattedyr

Udbygningen af havvindmølleparker tog for alvor fart i 2002/2003 med byggeriet af verdens på daværende tidspunkt to absolut største havmølleparker ved Nysted og Horns Rev i Danmark. DCE/Aarhus Universitet var ansvarlig for overvågningen af effekter på sæler og marsvin ved byggeri og drift af havmølleparkerne. DCE har siden da deltaget i en lang række andre projekter. Disse projekter spænder fra udarbejdelse af miljøkonsekvensvurderinger (VVM), kvalitetskontrol af VVM-redegørelser udført af andre, overvågningsprogrammer og målrettede forskningsprojekter til afdækning af effekter af havvindmøller på marsvin og sæler.

Der skelnes som hovedregel mellem effekter af byggefasen, der er kortvarig, og driftsfasen, der er mangeårig. Effekter af byggefasen er afgørende afhængig af valget af fundamenttype. Der er almindelig enighed om, at nedramning (sv. *nedslagning*) af monopæle eller tripods udgør en kraftig, om end midlertidig påvirkning på marsvin, mens installation af gravitationsfundamenter betragtes som langt mere skånsomt. Der er i de senere år udviklet en række metoder til reduktion af støjen fra nedramning af monopæle/tripods.

Effekter af undervandsstøj fra byggeriet kan påvirke marsvin på flere måder, hvoraf høreskader og adfærdspåvirkning (sv. *beteendepåverkan*) betragtes som de mest betydelige. Risikoen for høreskader vurderes oftest ud fra risikoen for, at marsvin får en midlertidig hørenedsættelse (Temporary Threshold Shift, TTS) eller en permanent hørenedsættelse (Permanent Threshold Shift, PTS). Der kræves betydelig eksponering over for støj for at udløse TTS og PTS, men eksponeringen akkumuleres over lang tid (minutter til timer).

Marsvin påvirkes i de fleste tilfælde negativt ved selv ret lave niveauer af støj (sv. *ljud/buller*) og byggeri af en havvindmøllepark forventes at forårsage en fortrængning af marsvin fra et større eller mindre område omkring byggepladsen. Igen er effekten langt størst ved pæleramning, mens den er minimal ved installation af gravitationsfundamenter.

### 3 Svar på spørgsmål stillet af Favonius AB

Nedenfor følger spørgsmål stillet af Favonius AB og DCE's svar.

"Vilka risker kan man undvika genom att använda ljuddämpning, ramp-up och pingers (ADD)? "

Negative effekter af støj (høreskader, adfærdspåvirkning mm. jf. ovenfor) kan reduceres med tre forskellige metoder, i prioriteret rækkefølge: reduktion af den genererede støj, reduktion af den udstrålede støj og reduktion af den modtagne støj.

1. Reduktion af den genererede støj. Dette er den bedste løsning (uden at inddrage økonomiske betragtninger) og kan realiseres for offshore-vindmøller ved at ændre typen af fundament til f.eks. gravitationsfundament eller suction bucket, der kan installeres med meget mindre støj til følge. Monopæle kan også installeres med alternative metoder, f.eks. vibration, hvilket også vil reducere støjen.
2. Reduktion af den udstrålede støj. Dette er næstbedste løsning, hvor støjen dæmpes ved brug af boblegardin, kofferdam eller andre metoder til afskærmning.
3. Reduktion af den modtagne støj. Dette er den dårligste løsning, hvor påvirkningen fra støjen på marsvin formindskes ved at sikre sig, at marsvin ikke opholder sig tæt på fundamentet, når der nedrammes. Dette kan ske ved at nedramme på tidspunkter, hvor der er meget få marsvin i området eller ved aktivt at skræmme marsvin ud af påvirkningsområdet med f.eks. pingere (ADD), sælskræmmere (AHD) og brug af gradvis opstart (ramp-up protokol).

De to første metoder vil effektivt reducere den afstand, hvori marsvin vil kunne pådrage sig TTS og PTS, og vil reducere den afstand, hvor negative påvirkninger på marsvins adfærd vil kunne forekomme. Den sidste metode er alene effektiv til at reducere risikoen for, at marsvin udsættes for TTS og PTS, idet afstanden, hvori marsvins adfærd påvirkes, er uændret. To metoder, evt. alle tre, kan kombineres, hvorved der kan opnås større reduktion af støjpåvirkningen, idet reduktionerne er additive.

"Vilka konsekvenser för tumlare kan förutses uppstå för tumlare vid anläggandet av Kattgatt Offshore? "

Ved installation af vindmøllefundamenter ved ramning må man forvente meget høje lydtryk (Tougaard et al., 2009a; Betke og Matuchek, 2011). Såfremt disse ikke reduceres, vil man kunne forvente påvirkning af marsvins adfærd i stor afstand af fundamentet og risiko for påvirkning af marsvin med TTS og PTS. Det er ikke muligt at angive præcise afstande, men en række studier på forskellige havvindmølleparker (Horns Rev 1, Horns Rev 2, Alpha Ventus m.fl.) indikerer, at marsvin reagerer negativt på støj fra nedramning (sv. *pålning*) i mindst 20 km's afstand (Tougaard et al., 2009a; Brandt et al., 2011; Dähne et al., 2013). Risikoen for skader på marsvins hørelse kan reduceres ved at anvende passende afværgeforanstaltninger, (sv. *skyddsåtgärder*) såsom pingere/sælskræmmere (ADD/AHD) og ramp-up protokol. Påvirkningen på adfærd (sv. *beteende*) kan kun reduceres ved at dæmpe støjen, jf. punkt 1 og 2 ovenfor. Ved

anvendelse af f.eks. boblegardiner (sv. *bubbelridåer*) kan støjen reduceres 10-20 dB (Betke og Matuchek, 2011), hvorved afstanden, hvor adfærdsreaktioner kan forventes, vil reduceres til under 10 km. Støjen fra installation af andre typer af fundamenter, f.eks. gravitationsfundamenter, er ikke målt, men må forventes at ligge meget langt under de lydtryk, der fremkommer ved nedramning, fordi denne metode ikke involverer brug af en hydraulisk hammer, og reaktionsafstandene er derfor ligeledes betydeligt mindre.

Det er ikke muligt at påvise TTS og PTS direkte som følge af ramning, men beregninger baseret på tærskler (sv. *tröskelvärden*) målt på dyr i fangenskab (Lucke et al., 2009; Popov et al., 2011; Kastelein et al., 2012; 2013; 2014) indikerer, at marsvin, der befinder sig i flere km's afstand fra monopælen vil kunne pådrage sig TTS eller PTS, også selvom marsvinet svømmer væk fra lydkilden med stor fart (f.eks. Nehls et al., 2014). Risikoen for at marsvin får TTS eller PTS kan reduceres betydeligt ved fornuftig anvendelse af ADD, AHD og ramp-up procedurer (jf. ovenfor), men det er næppe muligt at fjerne risikoen helt. Ligeledes kan risikoen reduceres betydeligt ved dæmpning af lyden, f.eks. ved brug af boblegardiner. Det er ikke os bekendt vurderet, om TTS/PTS vil kunne forekomme ved installation af andre fundamenttyper, men det anses for usandsynligt, at installation af f.eks. gravitationsfundamenter vil kunne generere tilstrækkeligt høje lydtryk til at kunne inducere TTS selv i marsvin på tæt hold.

*"Är de undvikandebeteenden som har observerats vid pålning av bestående eller temporär karaktär? Återvänder tumlaren till området efter pålning och hur lång tid tar detta i normalfallet?"*

Der findes en række studier, der belyser dette spørgsmål. Mindst tre studier har undersøgt effekterne af pæleramninger (Brandt et al., 2009; Tougaard et al., 2009a; Dähne et al., 2013) og alle viser samstemmende, at marsvinene vender tilbage til området efter en periode fra nogle timer til få dage efter ramningen er afsluttet. Det er ikke muligt fra disse studier at afgøre, om det er de samme marsvin, der blev fortrængt, (sv. *undanträngd*) der vender tilbage, eller om der er tale om nye marsvin, der kommer ind i området. Fem vindmølleparker er blevet undersøgt med henblik på generelle effekter af byggeri og drift på marsvin (Horns Rev1, Sprogø, Rødsand 2, Egmond an Zee og Nysted).

### **Horns Rev 1**

Horns Rev 1 er en stor havvindmøllepark med 80 møller i den danske Nordsø. Forekomsten af marsvin gik ned under byggeperioden og i det efterfølgende år, hvor der var stor aktivitet af skibe i området, men tætheden af marsvin i driftsfasen var uændret i forhold til baseline (Tougaard et al., 2006). Dataindsamlingen var imidlertid plaget af store tekniske vanskeligheder og de statistiske konklusioner er ikke robuste.

### **Sprogø**

Sprogø er en mindre vindmøllepark (7 møller) opført i Storebælt i et område med meget høj tæthed af marsvin. Der kunne ikke påvises ændringer i forekomsten af marsvin efter byggeriet var slut (Tougaard, 2011).

### **Rødsand 2**

Rødsand 2 er en stor vindmøllepark (90 vindmøller), som er opført umiddelbart i forlængelse af Nysted havmøllepark i 2009-10. Der kunne ikke

påvises nogen ændring i forekomsten af marsvin fra baseline til driftsfase (Teilmann et al., 2012). Målinger af undervandsstøj kunne ligeledes ikke påvise øget støj i mølleområdet i driftsfasen (Teilmann et al., 2012).

### **Egmond aan Zee**

Egmond aan Zee er en havvindmøllepark med 36 vindmøller i en hollandske Nordsø, bygget i 2005. I denne møllepark var tætheden af marsvin større inde i mølleparken end udenfor, efter parken var sat i drift (Scheidat et al., 2011). Der er tale om et meget stort og velbalanceret datasæt, så konklusionerne betragtes som meget robuste. De positive effekter af denne vinmøllepark er omtalt nærmere nedenfor.

### **Nysted**

En stor møllepark i vestlige Østersø (72 vindmøller). Målinger af forekomsten af marsvin i området før og efter byggeriet af parken peger på en kraftig og vedvarende negativ effekt af mølleparken på forekomsten af marsvin (Teilmann and Carstensen, 2012). Der er imidlertid flere problemer med denne konklusion. Den statistiske konklusion lider under at baselinematerialet er meget lille (2-3 måneder) og det er derfor en reel mulighed at den meget høje aktivitet under baselinemålingerne ikke er repræsentativ for området og perioden som helhed. Der er imidlertid ingen mulighed for at efterprøve denne hypotese. Der er ikke fremsat gode, testbare forklaringer på det bemærkelsesværdige i at Nysted mølleparken tilsyneladende havde en meget stor effekt, mens byggeriet af en tilsvarende møllepark (Rødsand 2, se ovenfor), ikke havde nogen yderligere effekt. Den voldsomme negative effekt af mølleparken er desuden ikke i overensstemmelse med andre målinger foretaget i driftsfasen, hvor der ikke kunne påvises nogen systematiske forskelle i forekomsten af marsvin inde i mølleparken og udenfor (Blew et al., 2006). Det er ikke forstået hvad mekanismen bag den angiveligt vedvarende effekt skulle være. Der er intet, der tyder på at møllerne i Nysted støjer mere end andre, tilsvarende møller (Blew et al., 2006; Tougaard et al., 2009b) og det var ikke muligt at måle en øget baggrundsstøj i hverken Nysted eller Rødsand 2 mølleparken efterfølgende (Teilmann et al., 2012). Begge mølleparker brugte gravitationsfundamenter og det er ikke forstået hvordan installationen af disse skulle kunne have en blivende effekt efter 11 år. Der foregik ramning under konstruktionen af Nysted mølleparken, men der var ikke tale om monopiles men spunsvægge og de blev vibreret ned, ikke rammet. Der foreligger ingen målinger af støjen fra disse spunsvægge, men det er givet at den har været markant lavere end støjen fra installation af monopiles i andre mølleparker. Samlet set må det konkluderes at der ikke er klarhed over hvordan byggeriet af Nysted havmøllepark har påvirket marsvinene. Det er ikke klart om den markante nedgang observeret i data er udtryk for en reel nedgang i forekomsten af marsvin i området og selv hvis nedgangen accepteres som reel er det helt uklart hvad der fortrængte marsvinene i første omgang og har forhindret dem i at vende tilbage igen, selv efter 11 år.

Det er vanskeligt at konkludere samlet på resultaterne fra de 5 mølleparker. I 3 havvindmølleparker var der ingen ændring i forhold til baseline, i en vindmøllepark var ændringen negativ (Nysted), og i en anden (Egmond aan Zee) var den positiv. Det bør dog lægges til grund i den samlede vurdering, at der hersker stor usikkerhed om, hvor generel den negative effekt i Nysted er, da årsagen til den store nedgang fra baseline til driftsfase er helt ukendt, og det er uvist, om nedgangen overhovedet kan henføres til byggeriet og driften af vindmølleparken.

*"Vilka positiva effekter för tumlare kan man förvänta vid en vindkraftspark av denna typ?"*

I et studie fra den hollandske Nordsø (Scheidat et al., 2011) blev der observeret langt flere marsvin i en havmøllepark (Egmond aan Zee, nævnt ovenfor) efter den var bygget i forhold til før byggeriet. Den største del af stigningen henføres til en generel stigning i marsvinebestanden i den sydlige Nordsø, men selv når det blev taget i betragtning, var der stadig flere marsvin inde i vindmølleparken end udenfor. Denne stigning kan skyldes større fødetilgængelighed inde i vindmølleparken, på grund af rev-effekt fra møllefundamenterne, men det kan også skyldes, at området nu er afskærmet fra skibstrafik og fiskeri med bomtrawl (Scheidat et al., 2011). Det er påvist, at sæler i hollandske og engelske vindmølleparker aktivt opsøger vindmøllefundamenter for at fouragere (Russell et al., 2014), men der findes ingen data om dette for marsvin. Et studie med akustiske målestationer (T-PODs) ved Læsø Trindel, hvor et stenrev blev genetableret har dog vist en positiv effekt på marsvin af genopretningen (Mikkelsen et al., 2013), hvilket peger på muligheden for, at marsvin også kunne anvende møllefundamenter til fouragering.



## 4 Samlet vurdering

Det ligger udenfor rammerne af dette notat at foretage en egentlig vurdering af effekten af Kattegatt Offshore på marsvin i Kattegat. Baseret på erfaringerne gennemgået ovenfor og det meget store antal miljøkonsekvensvurderinger, der er gennemført i Danmark og udlandet de sidste 15 år, virker det dog rimeligt sikkert at konkludere følgende:

- Konstruktion af en møllepark med monopile-fundamenter eller tripods vil give en betydelig påvirkning med undervandsstøj, der kan påvirke marsvins adfærd i stor afstand af møllefundamentet.
- Brug af pingere, sælskræmmere og ramp-up protokol forud for nedramningerne vil kunne reducere risikoen for at marsvin pådrager sig midlertidige og/eller permanente høreskader (TTS/PTS).
- Brug af egnet afskærmning, i form af f.eks. boblegardiner, vil kunne reducere påvirkningsafstandene betydeligt, både for så vidt angår høreskader og påvirkning af adfærd.
- Brug af gravitationsfundamenter vil sandsynligvis eliminere risikoen for, at marsvin pådrager sig TTS/PTS og vil reducere den afstand, hvor marsvins adfærd påvirkes meget betydeligt.
- Det er overvejende sandsynligt, at *driften* af en havmøllepark vil være uden effekt på bestanden af marsvin i området, baseret på erfaringer fra adskillige andre mølleparker. Muligheden for en væsentlig nedgang i den lokale bestand som følge af mølleparken kan ikke vurderes, da mekanismen bag den observerede nedgang i Nysted Havmøllepark ikke er klarlagt og ikke med sikkerhed kan henføres til tilstedeværelsen af mølleparken.

## 5 Referencer

Betke, K. and Matuchek, R., 2011. Messungen von Unterwasserschall beim Bau der Windenergieanlagen im Offshore-Testfeld "alpha ventus". ITAP, Hamburg.

Blew, J., Diederichs, A., Grünkorn, T., Hoffmann, M., and Nehls, G., 2006. Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farms at Horns Rev, North Sea and Nysted, Baltic Sea, in Denmark. Status report 2005 to the Environmental Group. BioConsult SH, Hamburg.

Brandt, M.J., Diederichs, A., Betke, K., and Nehls, G., 2011. Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 421, 205-216.

Brandt, M.J., Diederichs, A., and Nehls, G., 2009. Harbour porpoise responses to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. Final report to DONG Energy. BioConsult SH, Husum, Germany.

Dähne, M., Gilles, A., Lucke, K., Peschko, V., Adler, S., Krügel, K., Sundermeyer, J., and Siebert, U., 2013. Effects of pile-driving on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) at the first offshore wind farm in Germany. *Environmental Research Letters* 8, 025002.

Kastelein, R.A., Gransier, R., Hoek, L., and Olthuis, J., 2012. Temporary threshold shifts and recovery in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after octave-band noise at 4kHz. *J.Acoust.Soc.Am.* 132, 3525-3537.

Kastelein, R.A., Gransier, R., Hoek, L., and Rambags, M., 2013. Hearing frequency thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by a continuous 1.5 kHz tone. *J.Acoust.Soc.Am.* 134, 2286-2292.

Kastelein, R.A., Hoek, L., Gransier, R., Rambags, M., and Clayes, N., 2014. Effect of level, duration, and inter-pulse interval of 1-2kHz sonar signal exposures on harbor porpoise hearing. *J.Acoust.Soc.Am.* 136, 412-422.

Lucke, K., Siebert, U., Lepper, P.A., and Blanchet, M.-A., 2009. Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. *J.Acoust.Soc.Am.* 125, 4060-4070.

Mikkelsen, L., Mouritsen, K.N., Dahl, K., Teilmann, J., and Tougaard, J., 2013. Re-established stony reef attracts harbour porpoises *Phocoena phocoena*. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 481, 239-248.

Nehls, G., Mueller-Blenkle, C., Dorsch, M., Giradello, M., Gauger, M., Laczny, M., Meyer-Löbbecke, A., and Wengst, N., 2014. Horns Rev 3 Offshore Wind Farm. Technical report no. 7 - marine mammals . Energinet.dk.

Popov, V.V., Supin, A.Y., Wang, D., Wang, K., Dong, L., and Wang, S., 2011. Noise-induced temporary threshold shift and recovery in Yangtze finless porpoises *Neophocaena phocaenoides asiaorientalis*. *J.Acoust.Soc.Am.* 130, 574-584.

Russell, D.F., Brasseur, S.M.J.M., Thompson, D., Hastie, G.D., Janik, V.M., Aarts, G., McClintock, B.T., Matthiopoulos, J., Moss, S.E.W., and McConnell, B.J., 2014. Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Current Biology* 24, R638-R639.

Scheidat, M., Tougaard, J., Brasseur, S., Carstensen, J., Petel, T.v.P., Teilmann, J., and Reijnders, P., 2011. Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms: a case study in the Dutch North Sea. *Environmental Research Letters* 6, 025102.

Teilmann, J. and Carstensen, J., 2012. Negative long term effects on harbour porpoises from a large scale offshore wind farm in the Baltic – evidence of slow recovery. *Environmental Research Letters* 7, 45101.

Teilmann, J., Tougaard, J., and Carstensen, J., 2012. Effects on harbour porpoises from Rødsand 2 offshore wind farm. Commissioned report to E.ON Vind Sverige. DCE/Aarhus University, Roskilde.

Tougaard, J., Carstensen, J., Teilmann, J., Skov, H., and Rasmussen, P., 2009a. Pile driving zone of responsiveness extends beyond 20 km for harbour porpoises (*Phocoena phocoena*, (L.)). *J.Acoust.Soc.Am.* 126, 11-14.

Tougaard, J., Carstensen, J., Wisz, M.S., Teilmann, J., Bech, N.I., and Skov, H., 2006. Harbour porpoises on Horns Reef in relation to construction and operation of Horns Rev Offshore Wind Farm. Technical report to Elsam Engineering A/S. National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark.

Tougaard, J., Henriksen, O.D., and Miller, L.A., 2009b. Underwater noise from three offshore wind turbines: estimation of impact zones for harbor porpoises and harbor seals. *J.Acoust.Soc.Am.* 125, 3766-3773.

Tougaard, J., and Carstensen, J., 2011. Porpoises north of Sprogø before, during and after construction of an offshore wind farm. NERI commissioned report to Sund&Bælt A/S, Roskilde, Denmark.

## 6 Om DCE og forfatteren

DCE (Danmarks Nationale Center for Energi og Miljø) ved Aarhus Universitet er en institution, der varetager uafhængig forskning og rådgivning vedrørende miljøforhold i Danmark og udlandet. Sektionen for havpattedyrforskning (tidligere en del af afdeling for Arktisk Miljø under Danmarks Miljøundersøgelser) har siden de første store havvindmølleparker blev bygget i Danmark i 2002 været førende indenfor studiet af effekter af havvindmøller på sæler og marsvin og har udviklet mange af de metoder, der i dag anvendes som standard i hele Europa. Medarbejdere ved DCE har været direkte involveret i miljøkonsekvensvurderinger og overvågningsstudier eller fungeret som faglig kvalitetskontrol på konsekvensvurderinger og overvågningsstudier på en lang række havvindmølleprojekter, bl.a. Nysted Havmøllepark, Horns Rev Havmøllepark, Rødsand 2 Havmøllepark, Sprogø Havmøllepark, Egmond aan Zee offshore wind farm, Anholt Havmøllepark, DanTysk Offshore Wind Farm, Kriegers Flak Havmøllepark og Horns Rev 3 Havmøllepark.

Forfatteren er seniorforsker ved sektionen og har mere end 10 års erfaring indenfor områderne havvindmøller, undervandsstøj og havpattedyr. Kortfattet CV findes på de næste sider.

## 7 CV Jakob Tougaard

Seniorforsker i marin bioakustik i Institut for Bioscience, Aarhus Universitet. Jakob Tougaard er uddannet biolog med speciale i hørefysiologi og bioakustik og solid baggrund i signalanalyse. Han har siden 1998 primært arbejdet med hørelse og lydproduktion hos sæler og marsvin, herunder effekter af undervandsstøj. Siden 2000 har Jakob Tougaard arbejdet bl.a. med overvågning af sæler og marsvin omkring havvindmølleparker og andre kilder til undervandsstøj og har spillet en væsentlig rolle i udviklingen af metoder til passiv akustisk overvågning af marsvin og monitoringsprogrammer for undervandsstøj. Jakob Tougaard er i dag en af landets førende eksperter indenfor effekter af undervandsstøj på marine organismer.

### Karriere

2004 og frem. Seniorforsker, Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

2003 Rådgiver, Orbicon, Afdeling for Energi og Miljø, Roskilde

1998-2002 Forskningsadjunkt, Syddansk Universitet, Center for Lydkommunikation, Biologisk Institut

### Uddannelse

1987-1994 Cand.scient i biologi, Aarhus Universitet

1994-1998 Ph.D i bioakustik, Zoofysiologi, Biologisk Institut, Aarhus Universitet

### Udvalgte projekter

2012-2016 Baltic Sea Information on the Acoustic Soundscape (BIAS). EU-LIFE. Implementering af overvågningsprogram i henhold til Havstrategidirektivet ang. deskriptor 11 - undervandsstøj i Østersøområdet (HELCOM).

2012 og frem. Rådgiver for Det danske Forsvar vedr. problemstillinger om undervandsstøj fra eksplosioner, sonar mm.

2012-2013. Monitoring of underwater noise from seismic surveys in Baffin Bay, Greenland. Grønlands Råstofdirektorat. Overvågningsprogram med 7 faste målestationer i Baffin Bugt sommeren 2013.

2011-2015. Static Acoustic Monitoring of BALTic Harbour porpoises (SAMBAH). EU-LIFE. Passiv akustisk overvågning af marsvin i Indre Østersø med henblik på bestemmelse af bestandsstørrelsen.

2009-2012 BaltSeaPlan, EU Interreg. Arealplanlægning af de marine områder i Østersøen, herunder støjeffekter af skibstrafik. Inkluderede måleprogram.

## Udvalgte rådgivningsrapporter

Mortensen LO, Tougaard J, Teilmann J. Effects of underwater noise on harbour porpoises around major shipping lanes. BaltSeaPlan - www.baltseaplan.eu, 2012. 42 s.

Bach H, Petersen IK, Nielsen RD, Fox AD, Topping CJ, Nygaard B et al. Review af udkast til VVM-redegørelse for en fast forbindelse over Femern Bælt. 2012. 116 s.

Teilmann J, Tougaard J, Carstensen J. Effects on harbour porpoises from Rødsand 2 Off-shore Wind Farm. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 2012. 66 s. (Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy ; Nr. 42).

Tougaard J. Undervandsstøj i danske farvande - status og problemstillinger i forhold til økosystemer. 2012. 29 s., (Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi).

Kyhn LA, Boertmann D, Tougaard J, Johansen KL, Mosbech A. Guidelines to environmental impact assessment of seismic activities in Greenland waters: 3rd edition, Dec. 2011. 2011. 61 s.

Kyhn LA, Tougaard J, Sveegaard S. Underwater noise from the drillship Stena Forth in Disko West, Baffin Bay, Greenland. National Environmental Research Institute, Aarhus University, 2011. 30 s. (NERI Technical Report; Nr. 838).

Nabe-Nielsen J, Tougaard J, Teilmann J, Sveegaard S. Effects of wind farms on harbour porpoise behaviour and population dynamics. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 2011. 49 s. (Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy; Nr. 1).

Teilmann J, Tougaard J, Carstensen J, Renvald L. Baseline monitoring of harbour porpoises - Rødsand 2 Offshore Wind Farm. National Environmental Research Institute, Aarhus University, 2009. 58 s. (NERI Commissioned Report).

Tougaard J, Teilmann J. Rødsand 2 Offshore Windfarm. Environmental Impact Assessment - Marine Mammals: Commissioned Report to DONG Energy. National Environmental Research Institute, 2007. 77 s.

Tougaard J, Carstensen J, Bech NI, Teilmann J. Final report on the effect of Nysted Offshore Wind Farm on harbour porpoises. Technical report to Energi E2 A/S. National Environmental Research Institute, 2006. 65 s.

Tougaard J, Carstensen J, Wisz MS, Jespersen M, Teilmann J, Bech NI et al. Harbour porpoises on Horns Reef. Effects of the Horns Reef Windfarm. Final Report to Vattenfall A/S. NERI Commissioned Report, 2006. 111 s.

## Udvalgte videnskabelige publikationer

Kyhn, L.A., Sveegaard, S., and Tougaard, J. (in press). Underwater noise emissions from a drillship in the Arctic. *Marine Pollution Bulletin*.

Hermannsen, L., Beedholm, K., Tougaard, J., and Madsen, P. T. (in press). "High frequency components of ship noise in shallow water: implications for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*)," *J. Acoust. Soc. Am.*

Nabe-Nielsen, J.; Sibly, R. M.; Tougaard, J.; Teilmann, J.; Sveegaard, S. 2014, Effects of noise and by-catch on a Danish harbour porpoise population. *Ecological Modelling*, Vol. 272, s. 242-251.

Kyhn, LA, Tougaard, J, Thomas, L, Duve, LR, Stenback, J, Amundin, M, Desportes, G & Teilmann, J 2012, 'From echolocation clicks to animal density - acoustic sampling of harbour porpoises with static dataloggers', *Acoustical Society of America. Journal*, vol 131, nr. 1, s. 550-560.

Scheidat, M, Tougaard, J, Brasseur, S, Carstensen, J, van Polanen Petel, T, Teilmann, J & Reijnders, P 2011, 'Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms: a case study in the Dutch North Sea', *Environmental Research Letters*, vol 6, nr. 2, s. 025102.

Sveegaard, S, Teilmann, J, Tougaard, J, Berggren, P, Mouritsen, K & Gillespie, D 2011, 'Acoustic surveys confirm the high-density areas of harbour porpoises found by satellite tracking', *I C E S Journal of Marine Science*, vol 68, nr. 5, s. 929-936.

Sveegaard, S, Teilmann, J, Tougaard, J, Dietz, R, Mouritsen, KN, Desportes, G & Siebert, U 2011, 'High-density areas for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) identified by satellite tracking', *Marine Mammal Science*, vol 27, nr. 1, s. 230-246.

Tougaard, J & Wisz, M 2010, 'General models of the spatial distribution of porpoises require representative data and parsimony: Comment on Skov & Thomsen (2008)', *Marine Ecology - Progress Series*, vol 399, s. 295-297.

Tougaard, J, Carstensen, J, Teilmann, J, Skov, H & Rasmussen, P 2009, 'Pile driving zone of responsiveness extends beyond 20 km for harbor porpoises (*Phocoena phocoena* (L.)) (L)', *Acoustical Society of America. Journal*, vol 126, nr. 1, s. 11-14.

Tougaard, J, Henriksen, OD & Miller, LA 2009, 'Underwater noise from three types of offshore wind turbines: estimation of impact zones for harbor porpoises and harbor seal', *Acoustical Society of America. Journal*, vol 125, nr. 6, s. 3766-3773.

Tougaard, J, Madsen, PT & Wahlberg, M 2008, 'Underwater noise from construction and operation of offshore wind farms', *Bioacoustics*, vol 17, nr. 1-3, s. 143-146.