

# Beregning af fortrængning og kollisionsrisiko ved opstilling af vindmøller ved Borg-Visby

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 7. maj 2026 | 28



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Beregning af fortrængning og kollisionsrisiko ved opstilling af vindmøller ved Borg-Visby

Forfattere: Ole Roland Therkildsen<sup>1</sup>, Geoff B. Groom<sup>2</sup> & Thorsten Johannes Skovbjerg Balsby<sup>1</sup>  
Institutioner: <sup>1</sup>Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience  
<sup>2</sup>Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

Faglig kommentering: Henning Heldbjerg  
Kvalitetssikring, DCE: Camilla Uldal

Ekstern kommentering: [Kommentarerne findes her](#)

Rekvirent: Urland

Bedes citeret: Therkildsen, O.R., Groom, G.B. & Balsby, T.J.S. 2026. Beregning af fortrængning og kollisionsrisiko ved opstilling af vindmøller ved Borg-Visby. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 14 s. -- [Fagligt notat nr. 2026|28](#)

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Trane. Foto: Colourbox

Sideantal: 14

# Indhold

<b>1</b>	<b>Baggrund</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Metoder</b>	<b>6</b>
2.1	Fortrængning	6
2.2	Kollisionsrisiko	7
<b>3</b>	<b>Resultater</b>	<b>11</b>
3.1	Fortrængning	11
3.2	Kollisionsrisiko	11
3.3	Kollisionsestimer for eksisterende møller	12
<b>4</b>	<b>Afsluttende bemærkninger</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Referencer</b>	<b>14</b>

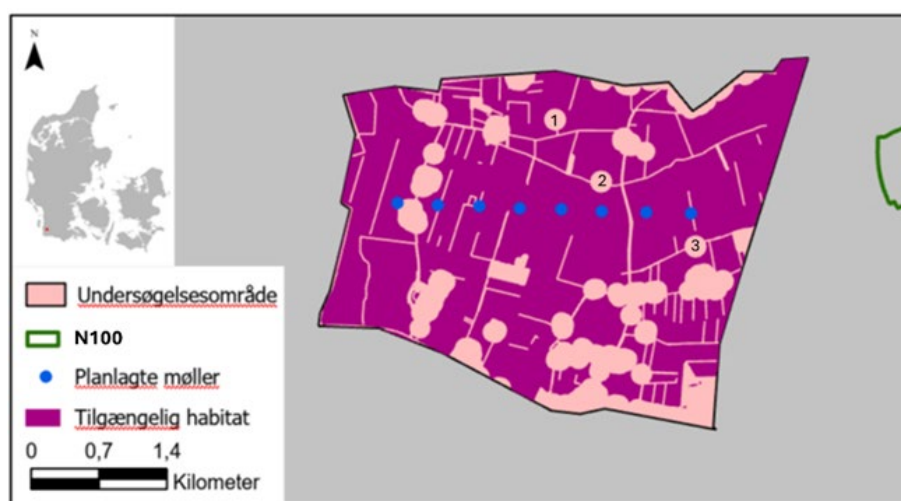
# 1 Baggrund

Denne rapport vedrører et potentielt vindmølleprojekt ved Borg-Visby i Tønder Kommune, hvor Urland har anmodet DCE – Nationalt Center for Energi og Miljø, Aarhus Universitet, om at beregne graden af fortrængning og kollisionsrisiko for fugle ved opstilling af 8 vindmøller. Møllerne har en højde på op til 185 m og ønskes placeret i en række, der strækker sig over ca. 3 km (Fig. 1.1). Samtidig planlægges to eksisterende møller i umiddelbar nærhed nedtaget.

Nærværende notat omfatter en beregning af:

1. Potentiel fortrængning af relevante fuglearter
2. Beregning af kollisionsrisiko for relevante fuglearter

**Figur 1.1.** Kort over undersøgelsesområdet med de otte nye møller samt tre eksisterende møller (nummereret 1-3), hvoraf nr. 2 og 3 vil blive nedtaget som en del af projektet.



Beregningerne er foretaget på baggrund af data, der stammer fra undersøgelser, Urland har fået gennemført i løbet af perioden fra 2023 til 2025 (Durinck, in prep.).

I området forekommer betydelige antal traner, svaner og gæs, der foretager daglige fourageringstræk gennem det planlagte mølleområde og fouragerer i nærområdet. Det er især disse forekomster, der potentielt kan blive påvirket ved etablering af vindmøller i området. Nærværende rapport omfatter dog ikke en vurdering af den potentielle påvirkning på bestandene af de fuglearter, der forekommer i området, men er alene en beregning af den forventede fortrængning og kollisionsrisiko.

Indledningsvist er det vurderet, hvilke fuglearter, der bør inkluderes i arbejdet, med særligt fokus på de arter, der er på udpegningsgrundlaget i de nærmeste Natura 2000-områder.

Vest for møllerækken ligger Natura 2000-område nr. 103 Kogsbøl og Skast Mose (Fuglebeskyttelsesområde nr. 69), hvor ynglefuglene rørhøg, hedeheg, trane, tinksmed, sortterne, mosehornugle og blåhals indgår i udpegningsgrundlaget ([Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø](#)).

Øst for møllerækken ligger Natura 2000-område nr. 100 Sølsted Mose (Fuglebeskyttelsesområde nr. 122), hvor ynglefuglene rørdrum, rørhøg, trane, blåhals og rødrygget tornskade indgår i udpegningsgrundlaget ([Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø](#)).

Udover de arter, der indgår i udpegningsgrundlaget for Natura 2000-områderne, er det desuden vurderet, hvorvidt andre arter, som fx regelmæssigt tilbagevendende trækfugle, bør indgå i vurderingen.

Notatet danner baggrund for en efterfølgende vurdering af projektets potentielle påvirkning af fugleforekomsterne i området. Notatet er således alene en beregning af den effekt på habitat anvendelsen og kollisionsrisiko, projektet vil kunne have.

## 2 Metoder

Nedenfor gennemgås de metoder, der er anvendt med henblik på at kunne beregne den fortrængning og kollisionsrisiko, opstillingen af de 8 møller vil kunne medføre.

### 2.1 Fortrængning

Der er beregnet habitattab for de relevante fuglearter på udpegningsgrundlaget for Natura 2000-området samt andre arter, der måtte have betydelige rasteforekomster i området. Der er foretaget en beregning for den planlagte møllepark med bufferzoner. Det udnyttede areal er baseret på feltundersøgelserne, som Urland har fået gennemført. Det er i praksis ikke muligt at tage højde for, at tætheden, dvs. afstanden mellem individer, for en given flokstørrelse varierer. Habitattabet udgør andelen af det udnyttede areal, der er inden for møllernes bufferzoner, idet der er taget højde for tilstedeværelsen af andre landskabselementer. Der er beregnet potentielt habitattab for alle relevante arter, dvs. arter, der er observeret rastende og fouragerende i mølleområdet.

Der er taget udgangspunkt i undersøgelsesområdet, som ses på Fig. 1.1. Dette areal udgør et bruttoareal, men da de relevante arter kun anvender åbne habitater, er arealer med fx bebyggelse, veje og skov inden for området fratrukket bruttoarealet.

Da det er velbeskrevet, at fx svaner og gæs holder en vis afstand til en række landskabselementer, er der desuden taget højde for, at fuglene også afholdes fra at udnytte disse områder til fouragering og rast. Derfor er en bufferzone omkring en række landskabselementer ligeledes fratrukket bruttoarealet. Dette gælder veje (10 m bufferzone), levende hegn (10 m), diger (20 m), skov (20 m), bygninger (100 m) og eksisterende vindmøller (1,7 × totalhøjden) analogt til proceduren anvendt ved tidligere sammenlignelige studier (se fx Kahler m.fl. 2010).

Med henblik på at beregne den teoretiske fortrængning fra de otte nye 185 meter høje (øverste vingetip) møller anvendtes en bufferzone på 1,7 gange møllernes totalhøjde.

Nedenfor vises som eksempel et kort over forekomsten af traner i undersøgelsesområdet (Fig. 2.1) og den del af det udnyttede areal, der vil blive påvirket ved opstillingen af de otte møller. Tilsvarende analyser er foretaget for de resterende arter.

**Figur 2.1.** Skraverede områder indikerer den samlede forekomst af traner i undersøgelsesområdet (blå linje) i undersøgelsesperioden fra 2023-2025. Den del af det udnyttede areal, der vil blive påvirket af opstillingen af vindmøllerne, er markeret med grå skravering.



Det antages, at de fouragerende flokke har været jævnt fordelt i de ellipser og polygoner, der udgør det datagrundlag, beregningen er foretaget på baggrund af Durinck (in prep.).

## 2.2 Kollisionsrisiko

### Transektmålinger og flyvehøjdemålinger

Beregningerne er baseret på undersøgelser, der er gennemført på vegne af Urland (Durinck, in prep.), med henblik på at kortlægge trækaktiviteten og de relevante fuglearters flyvehøjde i området, ved hhv. transektmålinger og måling af flyvehøjder ved hjælp af laser rangefinder.

### Flyvehøjder

Flyvehøjden har betydning for om fuglene kan risikere at kolliderer med vindmøllerne. På basis af observationer med laserkikkert estimeredes flyvehøjden. For hver art estimeredes andelen af individer, der flyver i de planlagte vindmøllers rotorhøjde. Denne andel er en af parametrene, der bruges i kollisionsberegningerne. Risikohøjden er den højde, der dækkes af rotoren.

### Tætheder

Tæthederne kvantificerer antallet af fugle, der passerer møllelinjen per tidsenhed. Estimatet af tæthederne baseres på de transektmålinger, der laves i det sidste kvarter af hver time fra solopgang til solnedgang. Her observeredes langs med den planlagte møllelinje. For en del fuglearter var antallet af observationer så begrænset, at det ikke var relevant at estimere kollisionsrisikoen, da estimatet ville være nært nul. En liste over de arter, der blev observeret på transekterne findes i Durinck (in prep.).

I en del af optællingsperioderne blev der ikke observeret nogle fugle i løbet af de 15 min. observationerne varede. Disse "nul-transekter" var ikke noteret i det udleverede datasæt og er efterfølgende blevet tilføjet. Hvis en art ikke er observeret i en optællingsperiode, angives antallet til at være nul. Antallet af individer forventes at følge en poissonfordeling, men pga. de mange optællingsperioder uden observationer af fugle, er der for alle arter korrigeret med en poissonfordeling for overspredning (Littell m.fl. 2006).

For hver art estimeres antallet af individer per transekt dvs. per 15 min. vha. en generaliseret lineær model: antal=måned, hvor antal angives at følge en overspredt poissonfordeling. For de tre arter af rovfugle (havørn, rørhøg og blå kærhøg), som næsten udelukkende forekommer enkeltvis, anvendte vi dog en binomial fordeling til at prediktere antallet af passager af transektlinjen.

Estimatet for hver måned baseredes på antal per time, som konverteredes til antal per måned, ved at gange med antallet af dagstimer per måned. Da observatøren kun kan overskue en del af transektet (møllelinjen) korrigeres observationer af alle arter med en faktor 1,5, da transektlinjen er forholdsvis lang.

### Band-metoden

Beregning af kollisionsrisiko forud for etableringen af en vindmøllepark sker ved hjælp af avancerede matematiske modeller. Det er på baggrund af disse muligt at estimere, hvor mange fugle, der forventes at kolliderer med vindmøllerne, når vindmølleparken er i drift. Kollisionsrisikoen blev beregnet med Bands kollisionsmodel, der er udviklet af Scottish Natural Heritage (Band 2000), og er den oftest anvendte metode til dette formål. Til beregning af artsspecifikke kollisions sandsynligheder anvendes biometriske karakteristika for den enkelte art og informationer om gennemsnitlige flyvehastigheder (Tabel 2.1). Vi har antaget, at møllerne er i drift 94 % af tiden med den maksimale rotationshastighed.

**Tabel 2.1.** Oversigt over de biometriske karakteristika, der er anvendt i kollisionsberegningerne for de enkelte fuglearter

Art	Længde (m)	Vingefang (m)	Flyvehastighed (m/s)
Blå Kærhøg	0,47	1,1	9,1
Bramgås	0,7	1,42	17,3
Grågås	0,8	1,63	17,1
Havørn	0,9	2,3	13
Hjejle	0,27	0,72	13,7
Kortnæbbet gås	0,68	1,53	16,1
Pibesvane	1,22	1,96	18,5
Rørhøg	0,55	1,4	9,1
Sangsvane	1,52	2,31	17,3
Storspove	0,6	1	15,4
Trane	1,19	2,22	14,9

Desuden har møllernes dimensioner, rotationshastighed, antal og afstand mellem møllerne betydning for kollisionsestimaterne. Møllespecifikationerne fremgår af Tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Oversigt over møllespecifikationer, der er anvendt i kollisionsberegningerne.

Vindmøllespecifikationer	
Parameter	Værdi
Navhøjde (m)	100
Radius (m)	85
Max chord (m)	4,5
Pitch	7 eller 12
Rpm	6,51
Længde af møllepark (km)	3
Antal møller	8

For de eksisterende møller er kollisionsrisikoen også estimeret. Her forudsættes det, at tætheden af fugle omkring møllerne er den samme som langs den projekterede møllelinje, hvor der blev observeret, samt at møllerne er fordelt med nogenlunde samme tæthed som de projekterede møller. Afstanden mellem de eksisterende møller har dog begrænset effekt på kollisionsestimaterne i dette tilfælde. Møllespecifikationerne er angivet i Tabel 2.3.

**Tabel 2.3.** Oversigt over møllespecifikationer for de eksisterende møller i området. Specifikationer mærket med \* er anslåede parameterverdier, da det ikke har været muligt at finde disse i tilgængelige oversigter over møllespecifikationer.

Fabrikat	Type	Radius	Navhøjde	Rpm	Max chord (m)	Antal
Vestas	V44-600	22	45	28	1,6	3
Solid Wind Power	SWP-25-25	7	18	56*	1*	3
Gaia Wind	GW133-10kW-10	6,5	18	56	1*	2

### Valg af undvigerespons

Kollisionsberegningerne er særligt følsomme over for ændringer i undvigeresponsen. Her følger derfor en gennemgang af vores valg af undvigerespons for de udvalgte arter. Vores valg har taget udgangspunkt i bl.a. de undvigeresponser som Woodward m.fl. (2023) anbefaler på baggrund af en omfattende gennemgang af litteraturen med henblik på bl.a. at indsamle den eksisterende viden om nøgleparametre til brug for modellering af kollisionsrisiko mellem vindmøller og trækkende fugle.

Det fremgår af gennemgangen, at der er usikkerhed forbundet med at bruge de anbefalede undvigeresponser. Dette gælder ikke mindst i forbindelse med beregningen af kollisionsrater for tusmørketrækket, idet man her umiddelbart vil antage, at gæs og svaner udviser ringere evne til at undvige vindmøller på grund af lysforholdene. Grünkorn m.fl. (2017) har i en omfattende analyse af kollisioner mellem fugle og vindmøller i Nordtyskland imidlertid vist, at kollisionerne overvejende forekommer i dagtimerne og primært påvirker arter med gode flyveevner. Omvendt kolliderer arter med dårlig manøvredegygtighed, såsom gæs, betydeligt sjældnere med vindmøller. Ud fra et forsigtighedshensyn har vi dog valgt at anvende en lavere undvigerespons end den anbefalede.

### Bramgås, kortnæbbet gås og grågås

Der foreligger efterhånden en nyere, omfattende viden, der viser, at gæs i høj grad er i stand til at undvige vindmøller, se fx Drachmann m.fl. 2021 og Therkildsen m.fl. 2021). Desuden slår både SNH (2018) og Woodward m.fl. (2023) fast, at gæs generelt udviser en høj undvigerespons i forhold til vindmøller. Woodward m.fl. (2023) anbefaler således en undvigerespons på  $0,9998 \pm 0,00001$  for bramgås (Svalbard/Grønland) og grågås (Island) samt  $0,9999 \pm 0,00002$  for kortnæbbet gås.

Da undvigeresponsen trods alt fortsat er forbundet med en vis usikkerhed, anvender vi ud fra et forsigtighedshensyn en værdi på 99,8 % i kollisionsberegningerne for gåsearterne.

#### **Havørn**

Woodward m.fl. (2023) anbefaler en undvigerespons på  $0,9872 \pm 0,00192$  for havørn. Da denne undvigerespons er forbundet med en vis usikkerhed, anvender vi ud fra et forsigtighedshensyn derfor en undvigerespons på 98 % i kollisionsberegningerne for havørn.

#### **Rørhøg**

Woodward m.fl. (2023) anbefaler en undvigerespons på  $0,9957 \pm 0,00006$  for rørhøg. Da denne undvigerespons er forbundet med en vis usikkerhed, anvender vi ud fra et forsigtighedshensyn derfor en undvigerespons på 99 % i kollisionsberegningerne for rørhøg.

#### **Sangsvane og pibesvane**

Der foreligger efterhånden nyere viden, der viser, at svaner i høj grad er i stand til at undvige vindmøller (Therkildsen m.fl. 2021). Woodward m.fl. (2023) anbefaler en undvigerespons på  $0,9874 \pm 0,00138$  og  $0,9885 \pm 0,00091$  for henholdsvis sangsvane og pibesvane. Da denne undvigerespons er forbundet med en vis usikkerhed, anvender vi ud fra et forsigtighedshensyn derfor en undvigerespons på 98 % i kollisionsberegningerne for begge arter.

#### **Hjejle**

Woodward m.fl. (2023) anbefaler en undvigerespons på  $0,9996 \pm 0,00002$  for hjejle. Da denne undvigerespons er forbundet med en vis usikkerhed, anvender vi ud fra et forsigtighedshensyn derfor en undvigerespons på 99 % i kollisionsberegningerne for hjejle.

#### **Storspove**

Woodward m.fl. (2023) anbefaler en undvigerespons på  $0,9996 \pm 0,00002$  for storspove. Da denne undvigerespons er forbundet med en vis usikkerhed, anvender vi ud fra et forsigtighedshensyn derfor en undvigerespons på 99 % i kollisionsberegningerne for storspove.

#### **Trane**

Woodward m.fl. (2023) angiver ingen undvigerespons for trane, mens Drachmann m.fl. (2021) sandsynliggjorde en undvigerespons på hhv. 99.93-100% og 99.88-100% baseret på to forskellige undersøgelsesår efter etableringen af Klim Fjordholme Vindmøllepark. Vi anvender ud fra et forsigtighedshensyn derfor en undvigerespons på 99 % i kollisionsberegningerne for trane.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at kollisionsfrekvenserne er grove estimater. Det er således ikke muligt at tage højde for sæsonmæssige variationer, særlige vejrforhold, døgnvariation, m.v.

### 3 Resultater

Nedenfor præsenteres resultaterne af beregningerne af fortrængning og kollisionsrisiko for de udvalgte arter.

#### 3.1 Fortrængning

For hver art, bortset fra rovfuglene, er beregnet arealet af tabt habitat som følge af etablering af de otte nye vindmøller og andelen i procent af det oprindelige, udnyttede areal (Tabel 3.1). Der er desuden beregnet habitattab med og uden to eksisterende møller, der begge er placeret inden for undersøgelsesområdet (Fig. 1.1). Imidlertid blev der ikke registreret fugle i nærheden af de to møller, hvorfor deres eventuelle nedtagning som en del af projektet, ikke vil have betydning for graden af fortrængning. Det areal, der måtte blive gjort tilgængeligt efter nedtagning af de to vindmøller, vil således være marginalt.

**Tabel 3.1.** Oversigt over anvendt areal og arealtab ved etablering af de otte vindmøller. For hver art vises arealet, der blev anvendt af de enkelte arter, tilgængeligt areal efter etablering af de nye møller, arealet, der tabes som følge af denne etablering og arealtabet i procent af det oprindelige, udnyttede areal

Art	Areal uden nye møller (ha)	Areal med nye møller (ha)	Tab af areal (ha)	Tab af areal (%)
Bramgås	3,28	1,00	-2,28	69,5
Grågås	4,07	1,68	-2,39	58,7
Hjejle	8,45	5,62	-2,83	33,5
Kortnæbbet gås	2,57	1,21	-1,36	52,9
Pibesvane	2,72	0,79	-1,93	71,0
Sangsvane	3,08	1,00	-2,08	67,5
Storspove	2,94	2,94	0,00	0,0
Trane	17,96	8,78	-9,18	51,1

#### 3.2 Kollisionsrisiko

For hver art er beregnet det årlige, forventede antal kollisioner ved opstilling af i alt 8 vindmøller. Nedenfor præsenteres således det forventede årlige antal kollisioner ved pitch 7 med anvendelse af hhv. den anbefalede undvigerespons og den undvigerespons, vi har anvendt ud fra et forsigtighedshensyn (konservativ). Der er kun marginal forskel på kollisionsrisikoen ved henholdsvis pitch 7 og 12. Pitch refererer til vingernes vinkel i forhold til vinden med henblik på at justere energiproduktionen.

**Tabel 3.2.** Det forventede antal kollisioner per år ved opstilling af i alt 8 vindmøller ved pitch 7.

Art	Antal kollisioner per år (konservativ undvigerespons)	Antal kollisioner per år (anbefalede undvigerespons)
Bramgås	7,42	0,37
Grågås	1,99	0,10
Kortnæbbet gås	1,51	0,08
Pibesvane	0,40	0,23
Sangsvane	1,41	0,89
Storspove	0,03	0,00
Hjejle	1,18	0,05
Havørn	0,01	0,00
Blå Kærhøg	0,00	0,00
Rørhøg	0,00	0,00
Trane	0,60	0,04

### 3.3 Kollisionsestimater for eksisterende møller

Kollisionsestimater for de eksisterende møller i området fremgår af Tabel 3.3. For sangsvane er det samlede kollisionsestimat 0.022 individer per år, hvilket svarer til én kollision omtrent hvert femte år. For alle andre arter var summen af kollisioner for de tre typer af vindmøller mindre end 0,1 kollision per år.

**Tabel 3.3.** Kollisionsestimater for hver af de tre eksisterende mølletyper i undersøgelsesområdet. Estimaterne er angivet for det samlede antal møller af hver type.

	VESTAS V44	SW25	GAIA	Sum
Bramgås	0,0262	0,0008	0,0005	0,0275
Grågås	0,0026	0,0003	0,0002	0,0032
Kortnæbbet gås	0,0058	0,0008	0,0003	0,0069
Pibesvane	0,0239	0,0381	0,0247	0,0867
Sangsvane	0,1477	0,0460	0,0266	0,2203
Storspove	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hjejle	0,0041	0,0014	0,0008	0,0063
Havørn	0,0005	0,0002	0,0001	0,0008
Blå kærhøg	0,0003	0,0000	0,0000	0,0003
Rørhøg	0,0000	0,0004	0,0003	0,0007
Trane	0,0141	0,0041	0,0026	0,0208

## 4 Afsluttende bemærkninger

Det er vigtigt at være opmærksom på, at feltundersøgelserne er gennemført over en forholdsvis kort periode. Fugles trækadfærd påvirkes således i væsentlig grad af vejrforholdene. Det er for eksempel faktorer som sigtbarhed, vindhastighed og -retning, der kan påvirke trækretning og flyvehøjder, ligesom ændringer i afgrødesammensætningen i undersøgelsesområdet kan have indflydelse på, hvordan særligt traner, gæs og svaner udnytter området og dermed også deres forekomst nær vindmøllerne. Disse forhold kan variere fra år til år og dermed kan de overordnede trækbevægelser variere tilsvarende.

Der kan således være væsentlige forskelle på forekomsten af disse arter i undersøgelsesområdet mellem årene, men næppe på de overordnede træk- og fourageringsmønstre samt trækadfærden, hvorfor disse forhold vurderes at have mindre betydning for beregningen af fortrængning og kollisionsrisiko.

Der er desuden værd at bemærke, at der er anvendt et forsigtighedsprincip i vores beregning af kollisionsrisikoen, idet vi har anvendt lavere undvigelsesponser end de anbefalede.

## 5 Referencer

Band, W. 2000. Windfarms and birds: calculating a theoretical collision risk assuming no avoiding action. In S. N. Heritage (Ed.): Guidance Notes Series.

Drachmann, J., S. R. Waagner & H. Haaning Nielsen. 2021. Pink-footed Goose and Common Crane exhibit high levels of collision avoidance at a Danish onshore wind farm. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift* (vol. 115), pp. 253–271.

Durinck, J. In prep. Fugleforekomster ved Borg-Visby. Notat til Urland.

Grünkorn, T., Blew, J., Krüger, O., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., ... & Nehls, G. 2017. A Large-Scale, Multispecies Assessment of Avian Mortality Rates at Land-Based Wind Turbines in Northern Germany. In: Köppel, J. (eds) *Wind Energy and Wildlife Interactions*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51272-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51272-3_3)

Kahlert, J. A., Therkildsen, O. R., Haugaard, L., & Elmeros, M. 2010. Vurdering af effekten på fugle ved ændringer af en vindmøllepark ved Klim Fjordholme. Faglig redegørelse af Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet for Vattenfall Vindkraft A/S.

Littell, R. C., Milliken, G. A., Stroup, W. W., Wolfinger, R. D., & Oliver, S. 2006. *SAS for Mixed Models*. SAS Institute Inc., Cary, NC.

SNH, 2018. Avoidance rates for the onshore SMH wind farm collision risk model. Scottish Natural Heritage Guidance Note. Version 2.

Therkildsen, O. R., Balsby, T. J. S., Kjeldsen, J. P., Nielsen, R. D., & Fox, A. D. 2021. Changes in flight paths of large-bodied birds after construction of large terrestrial wind turbines. *Journal of Environmental Management*, 290, 112647. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112647>

Woodward, I.D., Franks, S.E., Bowgen, K., Davies, J.G., Green, R.M.W., Griffin, L.R., Mitchell, C., O'Hanlon, N., Pollock, C., Rees, E.C., Tremlett, C., Wright, L. & Cook, A.S.C.P. 2023. Strategic study of collision risk for birds on migration and further development of the stochastic collision risk modelling tool Work Package 1: Strategic review of birds on migration in Scottish waters. Report by British Trust for Ornithology, Royal Society for the Protection of Birds and ECO-LG to The Scottish Government, Crown Estate Scotland and The Crown Estate, 547 s.