

Flagermus, vindmøller og solceller

Uddybning af udvalgte emner i Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets bilag IV, del 2

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 10. februar 2025 | **07**



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Flagermus, vindmøller og solceller - Uddybning af udvalgte emner i Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets bilag IV, del 2

Forfatter(e): Morten Elmeros, Julie Dahl Møller
Institution(er): Institut for Ecoscience

Faglig kommentering: Signe Marie Mygind Brinkløv
Kvalitetssikring, DCE: Jesper R. Fredshavn, Camilla Uldal

Ekstern kommentering: Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV). DCE har desuden d. 17/12/2024 via SGAV modtaget faglige og andre kommentarer til notatudkastet fra Danmarks Naturfredningsforening (DN), Dansk Erhverv (DE), Dansk Industri (DI), Energistyrelsen (ENS) og Green Power Denmark (GP). Det fremgår ikke hvem der er ansvarlig for kommentarerne fra interessenterne. Hvilke andre interessenter og fora notatudkastet er præsenteret for, er DCE ikke vidende om. ENS fik mulighed for at kommentere på et specifikt afsnit om havvindmøller i 2. udkast til notatet.

[Kommentarer til notatet kan findes her:](#)

Rekvirent: Miljøstyrelsen, nu Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø

Bedes citeret: Elmeros M, Møller JD 2024. Flagermus, vindmøller og solceller - Uddybning af udvalgte emner i Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets bilag IV, del 2. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 28 s. - Fagligt notat nr. 2025 | 07

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Der kan forventes lav påvirkning af flagermusbestandenes status og færre behov for restriktioner i driften for vindmøller opstillet i større monotone landskaber langt fra vigtige levesteder og trækområder for flagermus. Foto: Morten Elmeros.

Sideantal: 28

Indhold

1	Forord	4
2	Vindmøller	5
2.1	Længden af før-undersøgelser	8
2.2	Afværgetiltag ved vindmøller	14
2.3	Variationer i driftsstop ift. landskaber	16
2.4	Driftsstop på havvindmøller i forskellige farvande	17
3	Solcelleanlæg	18
3.1	Afværgetiltag ved solcelleanlæg	19
3.2	Videnshuller om solceller og flagermus	20
4	Litteratur	21

1 Forord

Aarhus Universitet, Center for Miljø og Energi publicerede i april 2024 rapporten "Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets bilag IV, del 2 - Odder og flagermus", der blev rekvireret af Miljøstyrelsen - nu Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) (Elmeros m.fl. 2024).

Rapporten ("Håndbogen") gengav bl.a. seneste forskning om flagermus og vindmøller og solceller. Ud fra denne forskning gav rapporten overordnede anbefalinger og retningslinjer til at bevare flagermusbestandes status i forhold til bl.a. vindmøller og solcelleanlæg. Håndbogen er ikke skrevet som en vejledning i håndtering af alle problematikker omkring flagermus, vindmøller eller solceller, men er DCE/AUs forskningsbaserede, faglige rådgivning, vurderinger og anbefalinger til at sikre eller forbedre beskyttelsen af flagermus, bl.a. i forhold til opstilling og drift af vindmøller og solcelleanlæg. Den faglige rådgivning i Håndbogen tager udgangspunkt i flagermusenes økologi og adfærd og risikoen for påvirkning af lokale, nationale og internationale bestande. Rådgivningen forholder sig ikke til forvaltningsmæssig praksis. Den faglige rådgivning, vurderinger og anbefalinger bygger på den nyeste forskning og er udarbejdet under hensyntagen til manglende viden om problematikker om anlæg til produktion af vedvarende energi og beskyttelse af flagermus.

Håndbogen resulterede i en del henvendelser til styrelsen fra interessenter i energibranchen. Derfor bestilte SGAV et notat, der uddyber udvalgte emner i relation til før-undersøgelser, afværgetiltag og effektundersøgelser af vindmøller og solcelleanlæg. Som i Håndbogen tager DCE/AUs faglige rådgivning, vurderinger og anbefalinger i notatet udgangspunkt i flagermusenes biologi og beskyttelse, og den seneste forskning om flagermus og flagermus i relation til vindmøller og solcelleanlæg. Da der løbende publiceres ny litteratur, også siden Håndbogen blev udgivet, udvikler vurderinger og anbefalinger sig løbende med den øgede viden. I det omfang, vurderinger og anbefalinger i Notatet er anderledes end i Håndbogen, er det notatet, der repræsenterer DCE/AUs vurderinger og anbefalinger.

2 Vindmøller

Mens der har været en løbende udbygning af vindmølleparker i Danmark, har forskningen og overvågningen af mulige påvirkninger af vindmøller på individer såvel som bestande af flagermus og deres status derimod været meget begrænset. Aarhus Universitet udførte en mindre undersøgelse i det Nationale testcenter for vindmøller i Østerild i de to første år efter centrets etablering, hvor der kun var hhv. to møller og én mølle i drift (Therkildsen & Elmeros 2017). Der blev blandt andet foretaget systematiske eftersøgninger af døde flagermus og fugle med hunde. Eftersøgningerne blev gennemført i de perioder, hvor risikoen for kollisioner med fugle var størst. Eftersøgningerne var begrænset til de åbne områder lige omkring vindmøllerne og resulterede ikke i fund af døde flagermus under vindmøllerne. I forbindelse med andet arbejde i Østerild blev der fundet to døde troldflagermus ved den vindmølle, der var i drift i begge undersøgelsesår (Therkildsen & Elmeros 2017). Eftersøgningen med hunde var dermed ikke tilstrækkelig intensiv til at give et retvisende billede af den faktiske størrelsesorden af flagermusmortalitet forårsaget af vindmøllerne. Rapporten konkluderede, at nogle af resultaterne af undersøgelserne ved vindmøllerne i Østerild må formodes at være repræsentative for generelle aspekter af flagermus' adfærd omkring vindmøller i andre habitater, landskaber og landsdele (Therkildsen & Elmeros 2017). Dette gælder nærmere bestemt at der var højere flagermusaktivitet ved vindmøllerne end langs omkringliggende skovbryn samt at flagermusaktivitet og insektforekomst på vindmølletårnene var positivt korreleret. Rapporten understregede dog også, at niveauerne for flagermusaktivitet og mortalitet ved vindmøllerne i Østerild ikke kunne ekstrapoleres til vindmøller i andre landsdele, i andre landskaber og skovtyper med større flagermusbestande, -diversitet og trækaktivitet, hvor der kan forventes højere mortalitetsrater og risiko for større negative effekter på bestande på lokale, nationale og internationale niveauer (Therkildsen & Elmeros 2017). Desuden manglede studiet i Østerild undersøgelser af flagermusaktivitet om foråret og i forsommeren. Rapporten fra 2017 påpegede endvidere, at der burde foretages undersøgelser ved vindmøller i forskellige landskaber og habitattyper for at indsamle dokumentation om vindmøllers påvirkning på flagermus og bestandenes status, så vindenergiproduktion fremadrettet (dvs. fra 2017) med større sikkerhed kunne blive mere bæredygtig i forhold til beskyttelse af flagermus og bestandenes status (Therkildsen & Elmeros 2017).

Bortset fra den ovennævnte undersøgelse af flagermus ved de første vindmøller i Østerild, der blev publiceret i 2017, er der ikke publiceret videnskabelige undersøgelser af vindmøllers påvirkning på flagermus og deres bestande i Danmark. Imidlertid er der tilvejebragt megen viden om flagermus og vindmøller fra forskning i Europa (fx Barré m.fl. 2018, Ellerbrok m.fl. 2022, 2023, 2024, Gaultier m.fl. 2020, 2023, Kirkpatrick m.fl. 2017, Lagerveld m.fl. 2021, 2023, Leroux m.fl. 2023, 2024, McKay m.fl. 2024, Millon m.fl. 2018, Reusch m.fl. 2022, 2023, Roeleke m.fl. 2016, Roemer m.fl. 2017, 2019, Voigt & Kingston 2016, Voigt m.fl. 2012, 2022, 2024). De fleste af flagermusarterne fra disse studier, heriblandt de mest almindeligt forekommende arter og de arter, der er mest udsatte for mortalitet ved vindmøller i andre europæiske lande, er også almindeligt forekommende arter i Danmark (fx Rydell m.fl. 2010, EUROBATS 2015, Roemer m.fl. 2019, Gaultier m.fl. 2023, Elmeros m.fl. 2024). For nogle arter er det ligefrem individer af de samme bestande, der forekommer i Danmark, Tyskland, Frankrig samt andre omkringliggende, europæiske lande på forskellige tidspunkter af året (fx Ahlén 1997, Hutterer m.fl. 2005, Lehnert m.fl. 2014, Kruszynski m.fl.

2020, Seebens-Hoyer m.fl. 2021, Bach m.fl. 2022, Voigt m.fl. 2012, 2024). Den stigende viden om flagermusenes mortalitetsrisiko og adfærd omkring vindmøller har ført til større opmærksomhed omkring nødvendigheden af at afværge vindmøllers effekter på flagermusbestandes bevaringsstatus, specielt set i lyset af den planlagte udbygning af vindenergiproduktionen (fx Barré m.fl. 2022, Gaultier m.fl. 2020, Voigt m.fl. 2015, 2024).

Publikationerne nævnt i ovenstående afsnit og de fleste publikationer, der refereres senere i notatet, bygger primært på undersøgelser fra landskaber i tempererede dele af Europa. Indtil det modsatte er bevist med tilsvarende eller bedre forskning om flagermus og vindmøller i danske landskaber, må resultaterne i de refererede, europæiske studier om flagermusenes mortalitetsrisiko og adfærd i forhold til vindmøller samt vindmøllers påvirkning på individ- og bestandsniveau, forventes at svare til forholdene ved vindmøller i danske landskaber og farvande. Selvom flagermusenes mortalitetsrisiko og adfærd omkring vindmøller samt andre effekter af vindmøller opstillet i eller nær skov må forventes at være sammenlignelig i Danmark og andre lande indtil andet er bevist, kan der dog være forskelle i forhold til betydningen af skove i Danmark og andre lande. Skovarealet i Danmark er lavt sammenlignet med skovarealet i flere andre europæiske lande, hvorfor påvirkningen af bestandene af arter med tilknytning til skov kan være større i Danmark. Skove er vigtige levesteder for mange flagermusarter. Nogle arter bruger skove som yngle- og rasteplasser samt jagthabitater gennem hele året, andre arter findes primært i skove sæsonmæssigt, fx i yngle- og træktiden (se fx artsbeskrivelser i Elmeros m.fl. 2024). Diversiteten og aktivitetsniveauet af flagermus stiger med skoves alder og strukturelle diversitet, men skove og plantager med lav diversitet af arter og struktur kan også være vigtige for lokale bestande af flagermus, inkl. sjældne arter (Jung m.fl. 2012, Kirkpatrick m.fl. 2017, Buchholz m.fl. 2021, Ellerbrok m.fl. 2022).

Der er ikke publiceret studier om reduktionen af mortaliteten ved driftstop ved forskellige vindhastigheder eller modelleringer af påvirkning af vindmøller på bestandsniveau for europæiske arter. Derfor refereres til amerikanske studier ift. disse aspekter (se side 13). Amerikanske og europæiske flagermusarter har samme adfærd omkring vindmøller, og bestandsdynamikken for arterne er den samme, dvs. lave reproduktionsrater og relativ lang levetid (fx Altringham 2011, Voigt & Kingston 2016, Friedenbergs & Frick 2021). Indtil andet er dokumenteret, må resultaterne fra de amerikanske studier om betydning af driftsstop af vindmøller for overlevelsessandsynligheden for bestandene (Friedenbergs & Frick 2021) forventes at kunne overføres til europæiske forhold og til de flagermusarter, der forekommer i Danmark.

Vindmøller kan påvirke flagermusene ved direkte mortalitet som følge af kollisioner og tab af levesteder betinget af fysisk ødelæggelse eller fortrængning fra egnede levesteder omkring vindmøllerne (Roeleke m.fl. 2016, Reusch m.fl. 2023, Ellerbrok m.fl. 2022, 2024, Gaultier m.fl. 2023, Voigt m.fl. 2024). Den højeste risiko for kollision ses hos arter, der jager højt eller mellemhøjt i luftrummet, og mortaliteten er højest i sensommer- og efterårsperioden (fx Rydell m.fl. 2010, EUROBATS 2015, Roeleke m.fl. 2016, Roemer m.fl. 2017, Reusch m.fl. 2023). Der ses dog også en øget aktivitet i foråret ved nogle vindmøller.

I gennemsnit dræbes omkring 14 flagermus per vindmølle per år ved vindmøller i Europa (se referencer i Voigt m.fl. 2022). Det estimat er baseret på undersøgelser ved flere vindmølleparker i forskellige europæiske lande, hvor antallet af døde flagermus er optalt og korrigeret for effektiviteten af eftersøgningerne og andelen af døde flagermus, der forsvinder mellem eftersøgningerne (jf. metode beskrevet i fx Korner-Nievergelt m.fl. 2013). Ved enkelte vindmøller kan der være over 100 døde flagermus per år (Voigt m.fl. 2022, Sánchez-Navarro m.fl. 2023). Det fremgår ikke af opsummeringen af mortalitetsraten af flagermus i forskellige europæiske vindmølleparker (Voigt m.fl. 2022), hvor mange af de undersøgte vindmøller, der var underlagt driftsstop og driftsstopets eventuelle betingelser (fx perioder af året og døgnnet, vindhastigheder). Driftsstop er den eneste dokumenterede effektive metode til at reducere mortaliteten af flagermus ved vindmøller (Voigt & Kingston 2016, Voigt m.fl. 2024). Pettersson m.fl. (2024) estimerede en mortalitetsrate på 6,0 flagermus fra midt-juli til midt-september per ureguleret vindmølle per år i Sydsverige. Der var meget stor forskel (faktor 5) i de årlige mortalitetsrater. Der var lavere mortalitetsrater ved vindmøller længere mod nord. Mortalitetsraterne i forskellige dele af Sverige var positivt korrelerede med den generelle flagermusaktivitet. Der blev ikke fundet statistiske forskelle i mortalitetsraterne mellem uregulerede og regulerede (driftsstop ved 5 m/s eller 6 m/s) vindmøller i den svenske undersøgelse (Pettersson m.fl. 2024).

Der er ikke offentliggjort opgørelser af typiske mortalitetsrater ved vindmøller i Danmark eller en oversigt over, hvor stor andelen af de eksisterende land- og havvindmøller i Danmark, der er underlagt driftsstop og eventuelle betingelser for driftsstoppet. Den information er essentiel, hvis man vil skønne, om mortalitetsrater ved eksisterende vindmøller i Danmark er sammenlignelige med de publicerede mortalitetsestimater fra forskellige europæiske lande.

Tab af levesteder er især tydelig for skovtilknyttede arter ved opstilling af vindmøller i skov (fx Ellerbrok m.fl. 2022, Gaultier m.fl. 2023, Reusch m.fl. 2023, McKay m.fl. 2024). Tab af levesteder strækker sig ind i skoven og er, for de mest skovtilknyttede arter, ikke begrænset til selve lysningen omkring vindmøllerne. Fortrængningen af skovtilknyttede arter fra vindmøller i skov er registreret op til 800 m fra vindmøllerne (fx Ellerbrok m.fl. 2022, Gaultier m.fl. 2023, Reusch m.fl. 2023, McKay m.fl. 2024). Lysninger i skov omkring vindmøller øger desuden risikoen for kollisioner for arter, der jager langs strukturer og i det åbne luftrum, fordi flagermusene fouragerer på insekter, der samles i lysningerne omkring vindmøllerne (Kirkpatrick m.fl. 2017, Ellerbrok m.fl. 2023). Fortrængningen fra levesteder er ikke begrænset til de mest skovtilknyttede arter. Selv for arter, der jager langs skovbryn og levende hegn ude i mosaiklandskabet eller højt og mellemhøjt over mere åbne områder, er aktivitetsniveauet påvirket af vindmøller i drift (fx Reusch m.fl. 2022, 2023). Der kan være nedsat flagermusaktivitet mere end en kilometer fra vindmøller (fx Leroux m.fl. 2024, Sotillo m.fl. 2024). Disse forhold er bestemt ved akustiske registreringer af aktiviteten af flagermus i forskellige afstande fra vindmøller (fx Ellerbrok m.fl. 2022, Gaultier m.fl. 2023, McKay m.fl. 2024) og vha. GPS-sporing af brunflagermus (fx Reusch m.fl. 2023). Der er ikke publiceret studier, der specifikt har undersøgt eventuel fortrængning af skovtilknyttede arter fra yngle- og rastesteder i træer tæt på vindmøller, men Reusch m.fl. (2023) fandt, at fortrængningen af brunflagermus syntes at være mindre nær yngle- og rastesteder (de enkelte træer som flagermusene bor i). Risikoen for tab af yngle- og rastesteder synes således at være mindre end det generelle habitattab, men vindmøller i og nær skov medfører så blot en øget mortalitetsrisiko for flagermusene i deres yngle- og rasteområder.

Den eneste veldokumenterede, effektive metode til at begrænse mortaliteten af flagermus generelt ved vindmøller er ved at stoppe vindmøllerne på tidspunkter, hvor der er risiko for kollisioner (fx Bennett m.fl. 2022, Barré m.fl. 2023, Whitby m.fl. 2024). Driftsstop anvendes i flere europæiske lande (fx Tyskland og Frankrig), i Nordamerika og Australien. Der foreligger ingen opgørelse over omfanget af tilsvarende hensyntagen til flagermus i driften af eksisterende vindmøller i Danmark. Driftsstop af vindmøller opstillet i skov (inkl. produktionsskov og plantager) reducerer fortrængningen af de mest skovtilknyttede arter fra skovarealerne nær vindmøllerne (Ellerbrok m.fl. 2024). Driftsstop afhjælper derimod ikke det direkte tab af levesteder, inkl. potentielle yngle- og rastemråder for de mest skovtilknyttede arter og arter med yngle- og rastesteder i træhulheder, som opstår ved rydning af lysninger og arealer til adgangsveje til vindmøller i skov.

2.1 Længden af før-undersøgelser

På grund af de negative påvirkninger, som vindmøller kan have på både lokale, nationale og trækkende bestande af flagermus, er det vigtigt at undgå opstilling af vindmøller på lokaliteter, hvor der er høj risiko for vindmølle-drab og habitattab, hvis man vil opretholde de forskellige flagermusarters status. Områder med høj risiko for påvirkning af flagermus er typisk landskaber med skov (inkl. produktionsskove og plantager), større søer, vandløb, vådområder, fjord- og kystnære arealer samt over havet i trækområder (fx Ahlén m.fl. 2007, Heim m.fl. 2015, Jung m.fl. 2012, Leroux m.fl. 2023, Roemer m.fl. 2019, Rydell m.fl. 2014, Reusch m.fl. 2022).

Før-undersøgelser bør generere data, der giver et solidt grundlag for vurdering af vindmølleprojekters påvirkning på flagermusene på de forskellige undersøgte lokaliteter. I før-undersøgelser anvendes primært akustiske registreringer for at få et mål for artsforekomsten og flagermusaktiviteten i et undersøgelsesområde. Ud fra den registrerede flagermusaktivitet vurderes risikoen for flagermusdrab og andre påvirkninger på bestandene, hvis der opstilles vindmøller i projektområdet. Evalueringer viser, at der er dårlig sammenhæng mellem aktiviteten af flagermus registeret i før-undersøgelser og mortaliteten ved vindmøllerne i driftsfasen (Hein m.fl. 2013, Lintott m.fl. 2016, Solick m.fl. 2020). Det kan dels skyldes, at før-undersøgelserne har været utilstrækkelige i tid og rum som grundlag for vurdering af risikoen for vindmølle-drab (fx blot enkelte nætter midt på sommeren og i sensommeren på få lokaliteter i et projektområde). Yderligere kan det skyldes, at der anvendes forkerte statistiske parametre til at vurdere risikoen i miljøvurderingerne (Lintott & Mathews 2018), og/eller at landskabet ændres med opstillingen af vindmøllerne, samt at flagermusene ændrer deres adfærd og "tiltrækkes" af vindmøller for at jage insekter, der samles omkring vindmøllerne (Voigt & Kingston 2016, Leroux m.fl. 2022, Jonasson m.fl. 2024).

Det er også muligt, at den dårlige sammenhæng mellem flagermusaktiviteten i før-undersøgelser og mortalitetsraten, når vindmøllerne er i drift, kan skyldes forskelle i flagermusenes brug af forskellige undersøgelsesområder. I trækområder kan hver enkelte registrering med større sandsynlighed repræsentere en forbi-flyvende flagermus, mens registreringer af flagermus i andre områder med større sandsynlighed kan repræsentere ganske få individer, der jager på stedet i en længere periode og derfor genererer mange registreringer. Derfor kan antallet af registreringer pr. time eller nat i hhv. træk- og fourageringsområder på havet, hvor der kan være udpræget trækaktivitet, og over land, hvor der oftest ikke registreres udpræget trækaktivitet, ikke umiddelbart sammenlignes.

Vurderinger af risiko for påvirkning af flagermusbestande overfor forøget mortalitet fra vindmøller i forskellige områder kan ikke forsimples til aktivitetsniveauer registeret akustisk, fx antal registreringer per nat i trækperioderne. Aktiviteten skal ses i forhold til andelen af bestandene, der trækker gennem et område. Få registreringer kan repræsentere en højere andel af en lille bestand og dermed en større risiko for påvirkning af bestandens status, end et tilsvarende eller højere antal registreringer per nat i et andet område, hvor en mindre andel af individer fra større bestande trækker over.

Aktiviteten af flagermus er meget variabel i tid og rum. Derfor er det nødvendigt med undersøgelser, der dækker andet end enkelte steder på enkelte netter midt på sommeren, for at kunne vurdere risikoen for påvirkning af flagermus i miljøvurderinger af anlægsprojekter. Specielt i trækområder er der stor variation i løbet af året, og formentlig også fra år til år. Bortset fra sæsonmæssig forekomst af flagermus i trækområder, er intensitet, korridorer og variation fra år til år i forbindelse med trækbevægelser dårligt undersøgt over både land og marine områder. Variationen i flagermusaktivitet i tid og rum og de potentielle ændringer i brugen af landskabet, gør det vanskeligt at komme med pålidelige vurderinger af mortalitetsrisikoen ud fra før-undersøgelser, især hvis før-undersøgelserne har været korte og kun dækket enkelte netter gennem én sommer. Med den øgede viden om vindmøllers påvirkning af flagermus og behovet for beskyttelse af flagermus, bør før-undersøgelser for både hav- og landvindmøller i udgangspunkt være toårige fra april til og med oktober (fx Klop m.fl. 2024, McKay m.fl. in press). Før-undersøgelser skal dække både foråret, hvor insektmængderne er meget små, og enkelte små områder derfor kan være meget vigtige for flagermus (se nærmere beskrivelse i Elmeros m.fl. 2024), og forårstræktiden, sommeren og efteråret for at få grundig viden om flagermusaktiviteten i og omkring et projektområde. De seneste årtiers tekniske udvikling af små ultralydsoptagere med stor lagerplads og lave strømkrav muliggør en sådan længerevarende passiv akustisk monitoring (PAM) af flagermusaktiviteten. Før-undersøgelser med PAM bør så vidt muligt være kontinuerlige over hele perioden, men som minimum skal de dække 14 netter per måned. Den valgte overvågningsintensitet i tid (som beskrevet ovenfor) og i rum (dvs. tætheden af detektorer og dækningen af vigtige flagermushabitater i og omkring projektområdet) bør efterfølgende inkluderes i tolkningen af data og risikovurderingerne af projektet, som før-undersøgelserne skal danne grundlag for.

Lintott m.fl. (2016) evaluerede, hvor godt miljøvurderinger af 29 vindmølleparker i Storbritannien beskyttede flagermus. De fandt, at de afværgetiltag, der var implementeret i driften af vindmøller på lokaliteter, hvor miljøvurderingerne korrekt havde forudset en høj risiko for flagermusdrab, var utilstrækkelige til at afværge risikoen. I Storbritannien anvendes driftsstop ("curtailment") til at forsøge at afværge vindmøllers påvirkning af flagermus. Om danske miljøvurderinger af vindmøller og graden af afværgetiltag (betingelserne for driftsstop) er mere eller mindre præcise end de britiske er uvist, da der ikke foreligger opfølgende undersøgelser af vindmølleparker i Danmark.

Miljøvurderinger kan ikke dokumentere vindmøllers eller andre anlægsprojekters påvirkning af flagermus eller bestandenes status, men kan alene betragtes som netop vurderinger af potentielle påvirkninger fra projekterne på individer og flagermusbestandes status. Grundige før-undersøgelser, fx toårige undersøgelser, kan give et godt datagrundlag for disse vurderinger. Dokumentation for vindmøllers og andre anlægsprojekters effekt på fx mortali-

teten af flagermus eller på bestandenes status kan kun tilvejebringes ved undersøgelser efter anlæggene er i drift (Lintott m.fl. 2016, Voigt m.fl. 2022, Klop m.fl. 2024). Systematisk indsamling af data fra grundige før- og efterundersøgelser (bl.a. PAM af flagermusaktiviteten og eftersøgning af døde flagermus) og supplerende forskning (fx flagermusadfærd omkring møller, træk- og bestandsdynamik) vil give en bedre viden om mortalitetsrisiko og anden påvirkning af flagermus, og dermed mere præcise vurderinger fremadrettet. Desuden kan grundig dokumentation af vindmøllers påvirkning af flagermusbestandene bidrage til udvikling af kvantitative modeller til evaluering af effekter fra enkelte projekter såvel som vindmølleprojekternes kumulative effekter på flagermusbestandene. Det skal understreges, at den nationale overvågning af flagermus i NOVANA ikke er designet til, og derfor ikke kan anvendes til, at overvåge eller evaluere effekter af enkelte anlægsprojekter eller kumulative effekter (<https://novana.au.dk>, Søgaard m.fl. 2018).

Der er mangel på systematiske undersøgelser under danske forhold, der viser de faktiske mortalitetsrater i driftsfasen ved vindmøller i forskellige landskaber og landsdele. Ud fra sådanne undersøgelser kan risikoen for kollisioner vurderes, og betingelser for driftsstop kan justeres til lokale forhold, så risikoen for negative effekter på flagermusbestandenes status reduceres. Det vil derfor være hensigtsmæssigt, om der i højere grad systematisk gennemføres efterundersøgelser (både akustiske og mortalitetsundersøgelser) ved eksisterende og fremtidige vindmøller (Lintott m.fl. 2016, Klop m.fl. 2024, Voigt m.fl. 2024). I givet fald bør data og metadata (præcise beskrivelser af undersøgelsesdesign, detektor- og mikrofontyper, indstillinger, kalibrering af mikrofoner mv.) indsamles centralt og være offentligt tilgængelige, så undersøgelserne kan danne grundlag for mere præcise miljøvurderinger og potentielt til estimering af kumulative effekter af de mange vindmøller, samt bidrage til at optimere driften af vindmøllerne uden at kompromittere beskyttelsen af flagermusbestandene signifikant.

Ovenstående tekst om før-undersøgelser omhandler vindmølleprojekter. De samme overvejelser og anbefalinger om længden af før-undersøgelser (to-årige i april til og med oktober indtil der er tilvejebragt bedre data på emnet) og behov for efter-undersøgelser gælder alle typer anlægsprojekter, der kan medføre væsentlig mortalitet for flagermus, fx visse veje og jernbaner.

Undersøgelsesperiode for vindmøller ift. landskabstyper

På grund af flagermusenes ændrede brug af landskabet efter opførelse af vindmøller, herunder den tidligere nævnte adfærd hos flagermusene, der kan opsøge vindmøller for at jage, er det nødvendigt at undersøge mere end blot selve projektområdet for at kende forekomsten af flagermus omkring projektområdet og risikoen for kollisioner. Før-undersøgelser bør inkludere potentielt vigtige flagermushabitater (fx skove, større vådområder, søer og vandløb, enge, og lignende naturområder) inden for en afstand af 1-2 km omkring et projektområde (fx Reusch m.fl. 2022, 2023, Leroux m.fl. 2024, Sotillo m.fl. 2024, Klop m.fl. 2024). Disse omkringliggende habitater bør undersøges efter samme metode og intensitet som selve projektområdet, dvs. fra april til og med oktober i to år. Desuden skal man være opmærksom på, om der er flyveruter mellem yngle- og rastesteder og jagtområder samt sæsonmæssige træk gennem undersøgelsesområdet, fx træk til og fra store vinterrastesteder, så disse kan sikres og de relativt kortvarige, store forekomster af flagermus kan inkluderes i vurderingen af projektet.

I områder, der er domineret af monotone, intensivt udnyttede landbrugsarealer med store marker i omdrift, uden brede læhegn, langt fra skove, større søer, vandløb, vådområder og fjorde, er der typisk relativ lav diversitet og aktivitet af flagermus (fx Heim m.fl. 2015, 2018, Kelm m.fl. 2016, Froidevaux m.fl. 2019, Finch m.fl. 2020, Treitler m.fl. 2016, Tortosa m.fl. 2023). Derfor kan der forventes begrænsede påvirkninger fra vindmøller på flagermusbestande i sådanne områder. I store områder med intensivt industrilandbrug kan étårige før-undersøgelser af vindmølleprojekter formentligt give et tilstrækkeligt fagligt grundlag til at vurdere potentielle påvirkninger på flagermus. Étårige før-undersøgelser kan dog give et misvisende billede af flagermusforekomsten afhængigt af afgrødevalget i området, og hvis vejrforholdene det pågældende år er særligt afvigende fra andre år (fx meget koldt forår eller meget nedbørstig sommer). Før-undersøgelserne i monotone landskaber domineret af industrielt landbrug bør stadig dække hele perioden april til og med oktober.

Man bør være opmærksom på, om det monotone landbrugslandskab ligger i trækområder for flagermus, inkl. træk til og fra store overvintringssteder. I sådanne tilfælde (fx hvis første års undersøgelser antyder dette) bør før-undersøgelser stadig være toårige. Som minimum bør de dække trækperioderne (april-maj samt august-oktober) i det andet år.

Hvor store arealer med monoton, agroindustriell drift skal være, og hvor stor afstand, der skal være til skove, fjorde, større søer, og større lysåbne naturområder, for at man eventuelt kan nøjes med et-årige før-undersøgelser, er der ikke tilstrækkelige data fra danske landskaber til at modellere nærmere. Flagermusene har meget store aktionsradier (>40 km for nogle arter) på deres natlige jagttogter i løbet af sommeren (fx Catto m.fl. 1996, Ciechanowski m.fl. 2017, Haarsma A-J 2023, Kirkpatrick m.fl. 2017, 2018, Lagerveld & Mostert 2023, Roeleke m.fl. 2016, 2020).

Med det nuværende datagrundlag for flagermus i danske landskaber anbefales det, at der gennemføres 2-årige før-undersøgelser, hvis der er mindre end 3 km til større skove (>10 ha), større søer, vandløb og lysåbne naturområder såsom vådområder, enge og overdrev. Efterhånden som man får indsamlet mere systematiske datasæt om flagermusaktivitet og mortalitetsrater ved vindmøller i danske landskaber, kan man mere præcist vurdere risikoen for påvirkninger fra vindmøller på flagermus i forhold til arealer og afstande af de enkelte habitattyper og landskabssammensætningen samt nødvendigheden af toårige før-undersøgelser i forskellige landsdele og landskaber.

Udenlandske vejledninger for vindmøller på land

Fra Nederlandene foreligger en ny vejledning om flagermus og landvindmøller baseret på den nyeste forskning om flagermus og vindmøller, som også refereres i Håndbogen og i dette notat (Klop m.fl. 2024). Vejledningen er udarbejdet for Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur og anbefaler toårige før-undersøgelser i alle landskaber. Desuden anbefaler den nederlandske vejledning, at der foretages systematiske undersøgelser i driftsfasen (både akustisk monitoring og eftersøgning af døde flagermus under vindmøllerne) for alle vindmølleprojekter (Klop m.fl. 2024). Efterundersøgelserne er helt essentielle for at indsamle lokalitetsspecifik viden til at kunne justere driften af vindmøllerne, så negative effekter på flagermusbestandene kan undgås. Intensiteten (antal detektorer og hvor mange vindmøller der skal eftersøges døde flagermus under) af både før- og efterundersøgelserne afhænger af antallet af vindmøller i vindmølleparken.

En norsk vejledning udarbejdet af forskere ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet og University of Sussex, UK, som er under publicering, anbefaler ligeledes toårige før-undersøgelser (McKay m.fl. in press). Desuden anbefales akustisk overvågning og eftersøgning af døde flagermus i driftsfasen.

Undersøgelsesperiode for havvindmøller

Det er velbeskrevet, at flagermus trækker over de indre danske farvande og Østersøen fra ynglebestandene på Den Skandinaviske Halvø, Finland og muligvis også fra Estland, Letland, og det nordvestligste Rusland (Ahlén 1997, Ahlén et al. 2007, Kruszynski m.fl. 2020, Rydell et al. 2014, Seebens-Hoyer m.fl. 2021). Akustiske registreringer og observationer fra få udvalgte kystlokaliteter på den rette årstid dokumenterer blot, at der sker et udtræk på den lokalitet, men siger intet om individernes ruter over havet, eller om der er udtræk fra andre steder langs kysten. Trækområder og egentlige trækkorridorer er dårligt beskrevet, bl.a. fordi det først i de seneste år er blevet muligt at følge enkeltindividets flyveruter vha. radiomærkning (Bach m.fl. 2022, Lagerveld m.fl. 2024, Hurme m.fl. 2025).

Der er ikke fundet faste forekomster af flagermusbestande på Læsø og Anholt (fx Baagøe 2001, Baagøe & Jensen 2007), men fund af flagermus på øerne i sensommeren indikerer, at der formentlig også er et vist træk over Kattegat. Det er uvist, om de flagermus, der med mellemrum tilfældigt findes på skibe og boreplatforme i Nordsøen (Petersen m.fl. 2014, J van der Kooij, pers. medd. 31/08/2023), er udtryk for træk fra Norge og Nordsverige over Skagerrak, fx af individer fra den lille norske bestand af troldflagermus, der kun forekommer i Norge om sommeren (McKay m.fl. in press, og referencer deri).

Flagermus jager også over de indre danske farvande i løbet af sommeren (Ahlén m.fl. 2007). Brunflagermus og troldflagermus er registreret jagende >10 km fra kysten og trækkende over havet, i højder op til flere hundrede meter og ved vindhastigheder op til 10 m/s (Ahlén m.fl. 2007, Lagerveld & Mostert 2023, Lagerveld m.fl. 2024). Over land er brunflagermus registreret trækkende ved vindhastigheder op til 11 m/s (Hurme m.fl. 2025). Der er ingen grund til at formode, at brunflagermus og andre arter udnytter gunstige vindretninger og hastigheder forskelligt ved træk over hhv. land og havet. Når flagermus trækker i relativt kraftig vind (op til 10-11 m/s) ved gunstige vindretninger, flyver de ofte også så højt (Lagerveld m.fl. 2024, Hurme m.fl. 2025), at det ikke er muligt at registrere dem med akustiske detektorer i lav højde pga. dæmpningen af ultralyd i luft (Voigt m.fl. 2021).

Flagermus fouragerer også under trækket, så de to adfærdstyper er ikke klart adskilt i tid og rum (Šuba m.fl. 2012, Voigt m.fl. 2012, 2024). Trækkende flagermus kan raste i kortere perioder i løbet af trækket, mens de venter på gunstige vejrforhold til trækket (fx FEBI 2013, Ijäs m.fl. 2017, Lagerveld m.fl. 2024, Hurme m.fl. 2025). Dvs. at der er også jagende flagermus i trækområder i træktiden.

På grund af Danmarks centrale placering i trækområder for flagermus fra Skandinavien og Nordøsteuropa, kan havvindmøller i danske farvande udgøre en stor risiko for disse bestandes status (fx Ahlén et al. 2007, Kruszynski m.fl. 2020, Rydell et al. 2014, Seebens-Hoyer m.fl. 2021).

I Østersøen og de indre danske farvande (sydlige Kattegat, sunde og bælter), er der dels væsentlige, sæsonmæssige træk af flagermus, og dels jagende flagermus hen over sommeren (Ahlén m.fl. 2007, Seebens-Hoyer m.fl. 2021, WSP

2024a, 2024b). Ved vindmølleprojekter i Østersøen og de indre danske farvande (sydlige Kattegat, sunde og bælder) anbefales før-undersøgelser på minimum to år i perioden fra start-april til slut-oktober, som for før-undersøgelser for vindmøller på land.

Over Skagerrak og det nordlige Kattegat kan der være risiko for væsentlig påvirkning af trækkende flagermus fra små flagermusbestande i Norge, fx af troldflagermus. Indtil der er indsamlet flere data om trækaktiviteten af flagermus i de farvande, bør før-undersøgelser for vindmølleprojekter i Skagerrak og det nordlige Kattegat strække sig over minimum to år.

Over Nordsøen viser data indsamlet ifm. forundersøgelser af udbudsområder for havvindmøller, at der er faldende forekomst af flagermus med afstanden til kysten (Brinkløv & Elmeros 2024, Brinkløv m.fl. 2024). Der er registreret flagermus mere end 75 km fra kysten, men flagermus blev primært registreret op til 20 km fra kysten i sensommeren og det tidlige efterår over Nordsøen. Dataindsamlingen fra det sidste studie (Brinkløv m.fl. 2024) er endnu uafsluttet. De foreløbige data tyder på, at der er lav forekomst af flagermus længere end 20 km fra kysten i Nordsøen, men om ét-årige før-undersøgelser vil være tilstrækkelige for miljøvurdering må afvente afslutningen af den igangværende undersøgelse.

Disse anbefalinger om længden af før-undersøgelse for havvindmøller i forskellige farvande er baseret på et review af eksisterende viden fra flagermusundersøgelser og risiko for påvirkning af flagermusbestande fra havvindmøller i danske farvande under hensyn til kvaliteten af undersøgelserne (fx undersøgelser over længere perioder, intensitet og undersøgelsesdesign) og den begrænsede både kvalitative og kvantitative viden, der er om flagermustræk over danske farvande (Brinkløv m.fl., 2025). DCE/AU har desuden fået til opgave at foretage en samlet rumlig analyse af flagermusforekomst over de danske farvande ud fra tilgængelige brugbare datasæt fra de eksisterende flagermusundersøgelser fra danske farvande. Når resultaterne fra den rumlige analyse foreligger, vil der være et bedre grundlag for at vurdere videnshuller i forhold til forekomsten af flagermus over danske farvande i tid og rum, risikoen fra havvindmøller og behovet for kortere eller længere før-undersøgelser og efterfølgende overvågning.

Udenlandske vejledninger for vindmøller på havet

Den tyske vejledning for miljøvurdering af offshore vindmøller publiceret af Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie tilbage i 2013, anbefaler før-undersøgelser af flagermus over minimum to år (BSH 2013). Før-undersøgelserne skal inkludere et tredje undersøgelsesår, hvis der går mere end to år mellem før-undersøgelsen og byggestart. Hvis der går mere end fem år, anbefaler den tyske vejledning (BSH 2013), at der skal gennemføres en ny, komplet toårig undersøgelse, som dog kan reduceres, hvis første års undersøgelser viser samme resultater som den første før-undersøgelse.

Den norske vejledning om flagermus og vindmøller anbefaler ligeledes to-årige før-undersøgelser for havvindmøller og undersøgelser efter møllerne er opstillet for at få dokumentation for vindmøllernes potentielle påvirkning af flagermus (McKay m.fl. in press).

2.2 Afværgetiltag ved vindmøller

Afværgetiltag ift. flagermusmortalitet ved vindmøller er de samme for vindmøller på land og på havet. Effektiviteten af afværgetiltag er dog altovervejende undersøgt på vindmøller på land (Voigt & Kingston 2016, Berthinussen m.fl. 2021), da der ikke er metoder til at registrere mortaliteten ved havvindmøller og andre vindmøller langs havne og søer, hvor de døde flagermus falder ned på vandoverfladen og ikke kan eftersøges.

Som tidligere nævnt i notatet og som anbefalet gentagne gange i Håndbogen, er driftsstop af vindmøller den mest effektive og bedst dokumenterede metode til at beskytte flagermus (fx Arnett m.fl. 2011, Berthinussen m.fl. 2021, Bennett m.fl. 2022, Voigt m.fl. 2024, Whitby m.fl. 2024). Driftsstop iværksættes typisk under bestemte vejrforhold og er her strikst defineret, så det forudsættes, at vindmøllevingerne under driftsstop stoppes helt, eller at rotationshastigheden reduceres til under 1 omgang pr. minut, hvilket fx kan gøres ved at kantstille vingerne, så de ikke fanger vinden ("feathering"). De vejrforhold, der kan indarbejdes i nedlukningen af vindmøller, inkluderer vindhastighed (cut-in-vindhastighed), temperatur, vindretning, atmosfærisk tryk og nedbør (fx Barré m.fl. 2023, Klop m.fl. 2024, Voigt m.fl. 2024). Ved kantstilling af vingerne for at reducere flagermusmortaliteten er det væsentligt at sikre, at rotationshastigheden er tilstrækkelig lav til at flagermusene kan detektere møllevingerne fra alle vinkler og undvige inden de rammes af møllevingerne (Long m.fl. 2010). Dvs. jo længere møllevinger, jo langsommere rotationshastighed for at holde hastigheden af det yderste af vingerne tilstrækkelig lav. Driftsstop af vindmøllerne afværger ikke påvirkningen i form af tab af levesteder ved opstilling af vindmøller i skov.

Der forsøges også at udvikle metoder (fx akustisk, radar eller termografi) til at registrere flagermus omkring vindmøllerne, så de kun stoppes, når der er flagermus til stede (fx EPRI 2017, DHI 2023). Der er dog endnu ikke præsenteret operationelle metoder, der kan detektere flagermusene på tilstrækkelig stor afstand til, at det er muligt at stoppe vindmøllerne inden flagermusene kan være henne ved møllevingerne.

Driftsstop

Driftsstop af vindmøller under bestemte vejrforhold, eksempelvis lave vindhastigheder på nætter med lune temperaturer i sommerhalvåret, er den mest enkle metode til at beskytte flagermus ved vindmøller. Fx kunne kriterierne for nedlukningen for vindmøller et sted, hvor der ikke er stor aktivitet i trækperioden om foråret, være driftsstop hver nat fra solnedgang til solopgang i perioden start-juni til og med oktober, når vindhastigheden er under 8 m/s i nacelle-højde og temperaturen er over 12° C, og forventet mindre end 1 mm nedbør i løbet af natten. Sådanne driftsstop, baseret på simple tærskelværdier for vejrparametre og ikke specifikt tilpasset flagermusaktiviteten og mortalitetsrisikoen ved den konkrete lokalitet, kan sikre, at vindmøllerne er stoppet, når der er høj risiko for kollisioner. Omvendt kan de simple driftsstopbetingelser også resultere i, at vindmøllerne er stoppet på tidspunkter af sommerhalvåret eller natten, hvor der er lav risiko, fordi flagermusaktiviteten vil variere fra nat til nat og fra år til år på en given lokalitet. Metoden er dog den eneste måde at sikre beskyttelse af flagermusbestandene, indtil der er indsamlet robuste data for flagermusaktivitet og mortalitetsrisikoen ved de enkelte vindmøller eller vindmølleparker. Yderligere analyser og mere viden kan med tiden nok identificere, hvilken bestemt kombination af vejrparametre, der mest nøjagtigt forudsiger risikoen for flagermustræk (Barré m.fl. 2023, Lagerveld m.fl. 2024, Hurme m.fl. 2025).

Vejrparametre og perioder for driftsstop kan gradueres ift. mortalitetsrisikoen på specifikke lokaliteter, fx ved at ændre på tærsklen for vindhastighed og temperatur, som blev nævnt i eksemplet i foregående afsnit. Der er i løbet af de senere år udviklet mere dynamiske modeller og algoritmer til at styre driftsstopperioder og betingelser i forhold til flagermusaktiviteten og mortalitetsrisikoen i de enkelte vindmølleparker, så man kan optimere energiproduktionen uden at kompromittere beskyttelsen af flagermusene (fx Voigt m.fl. 2024, Klop m.fl. 2024). Det er vigtigt, at sådanne metoder er tilpasset de specifikke forhold og artssammensætningen på den enkelte lokalitet. Det kan være problematisk blot at implementere algoritmer, der er udviklet til vindmøller i andre dele af Europa, hvor artssammensætningen og flagermusaktiviteten er anderledes end ved vindmøllelokaliteter i Danmark. Fx kan der være samme eller højere flagermus- og insektaktivitet i landskaber i Danmark ved lavere temperaturer end i Centraleuropa. Modeller og algoritmer, der ikke er tilpasset lokale forhold, kan således risikere at standse vindmøller på tidspunkter, hvor det ikke er nødvendigt, eller undlade at stoppe møllerne på tidspunkter, hvor der er høj risiko for flagermuskollisioner.

Ud over at sikre et dækkende datagrundlag for flagermusenes brug af et projektområde gennem hele sommerhalvåret og bedre databaserede miljøvurderinger, kan grundige før-undersøgelser (2-årige) også tilvejebringe datagrundlag for at fastsætte mere præcise perioder (måneder) for eventuelle driftsstop. Data om driftsstop ift. vindhastigheder og temperatur kan først indsamles, når møllerne er sat op, da der er behov for detaljeret information om flagermusenes adfærd ved møllerne.

Vindhastigheder for driftsstop

Aktiviteten af flagermus ved vindmøller er højest ved forholdsvis lave vindhastigheder både på land og marint (fx Lagerveld m.fl. 2021, Voigt m.fl. 2024). Typisk ses 90% af aktiviteten ved vindhastigheder under 7-8 m/s. Der er dog registreret flagermus omkring vindmøller ved >15 m/s på land (Voigt m.fl. 2024). Trækkende flagermus er registreret ved vindhastigheder op til 10-11 m/s (Lagerveld m.fl. 2024, Hurme m.fl. 2025).

Ellerbrok m.fl. (2024) undersøgte aktiviteten af flagermus omkring vindmøller i skov ift. vindhastigheden (mellem 0-4 m/s) målt i 10 m højde i lysningerne ved vindmøllerne og inde i skoven. Aktiviteten af flagermusarter, der søger føde i skove eller tæt på vegetationen, faldt med stigende vindhastighed, når vindmøller var i drift, mens aktiviteten af flagermusarter, der jager mellemhøjt eller højt i luftrummet, ikke var påvirket af vindhastighed. Hvorledes aktiviteten af forskellige flagermusarter varierer ved højere vindhastigheder, kræver yderligere undersøgelser at belyse. Ud fra resultaterne i Ellerbrok m.fl. (2024) kunne man forestille sig, at man kunne afværge risikoen for flagermusdrab af skovtilknyttede arter tilstrækkeligt ved driftsstop ved relativt lave vindhastigheder (fx 3-4 m/s). Der er dog ingen landskabstyper, hvor man vil kunne nøjes med kun at tage hensyn til de mest skovtilknyttede arter og nøjes med lave cut-in-vindhastigheder. Med lav cut-in-vindhastighed for vindmøller opstillet i og nær skov vil der være en meget høj risiko for vindmøllebrud af de flagermusarter, der jager insekter i lysningerne omkring vindmøllerne og over skoven.

Arnett m.fl. (2011) fandt, at cut-in-vindhastigheder (driftsstop ved lavere vindhastigheder) på 5-6 m/s reducerede mortaliteten af flagermus ved vindmøller med omkring 50%. På baggrund af denne undersøgelse fra Nordamerika (Arnett m.fl. 2011) anbefalede Forvaltningsplanen for flagermus (Naturstyrelsen 2013) cut-in-vindhastigheder (driftsstop ved lavere vindhastigheder) på 5-6 m/s for vindmøller i Danmark. En opsamling af data fra flere systematiske studier af effekten af forskellige cut-in hastigheder på flere forskellige amerikanske vindmølleparker fandt, at reduktionen i flagermusmortalitet ved cut-in-vindhastigheder på 5 m/s varierede fra 33% til 79% afhængig af flagermusart, vindmøllepark og år (Whitby m.fl. 2024). Ved en cut-in-vindhastighed på omkring 6,5 m/s (den højeste der indgik i undersøgelserne) var reduktionen i flagermusmortaliteten omkring 70% på tværs af arter, vindmølleparker og år (Whitby m.fl. 2024). Fordi flagermus reproducerer sig meget langsomt, er flagermusbestandes status meget afhængig af lav dødelighed (fx Altringham 2011, Voigt & Kingston 2016).

Der er ingen forskning eller andre studier, der dokumenterer, at en reduktion i flagermusmortaliteten på 50% eller 60% ved vindmøller på land eller marint er tilstrækkelig til at beskytte flagermusbestandens status. Det afhænger selvfølgelig af det samlede antal af vindmøller i bestandenes udbredelsesområde og trækområder. Modelleringer viser dog, at en reduktion på 50% af flagermusmortaliteten ved vindmøller ikke er tilstrækkeligt til at beskytte flagermusbestande i Nordamerika med den forventede udvikling i vindenergiproduktionen (Frick m.fl. 2017, Friedenberg & Frick 2021). Der foreligger ikke tilsvarende modelleringer af de kumulative effekter af vindmøller på status for flagermusbestande i Europa og hvilken påvirkning udbygningen af vindenergiproduktionen vil få på status for flagermusbestande i Europa.

2.3 Variationer i driftsstop ift. landskaber

I områder med høj risiko for kollisioner eller tab af levesteder for flagermus bør der ikke opstilles vindmøller, hvis man vil undgå at påvirke flagermusenes status. Områder med høj risiko er i og omkring (<1 km) skov (inkl. produktionsskov og plantager), i og ved større vådområder, søer, vandløb og fjorde, nær (<5 km) store vinterraststeder, og ved kyster i trækområder (fx Ellerbrok m.fl. 2022, Gaultier m.fl. 2023, Jung m.fl. 2012, Heim m.fl. 2018, Leroix m.fl. 2022, Rydell m.fl. 2014, Bach m.fl. 2022, Reusch m.fl. 2022).

Hvis man vælger at opstille vindmøller i sådanne områder med høj risiko for negative påvirkninger af flagermusene, vil det være nødvendigt at pålægge vindmøllerne større restriktioner i driftsfasen for at undgå væsentlig negativ påvirkning, end ved vindmøller opstillet i områder med lavere risiko så som større områder med monotone landskaber med industriel landbrugsproduktion. For vindmøller opstillet i sådanne monotone landskaber kan betingelserne for driftsstop formentlig være mere lempelige uden risiko for signifikante påvirkninger af flagermusene.

De mere restriktive betingelser for driftsstop for vindmøller i områder med høj risiko for påvirkning af flagermus bør inkludere nætter i perioden april-oktober (begge måneder inklusive), hvor cut-in-vindhastighed fastsættes til 8-10 m/s i nacellehøjde ved relativt lave temperaturer.

2.4 Driftsstop på havvindmøller i forskellige farvande

Der er ikke foretaget systematiske undersøgelser og analyser af forekomsten af flagermus og deres adfærd over danske farvande. Nyere, geografisk afgrænsede, akustiske undersøgelser ifm. planlægning af havvindmøller viser, at der er stor variation i forekomsten af flagermus over de forskellige danske farvande og nabolandes farvande (Seeben-Hoyer m.fl. 2021, Brinkløv & Elmeros 2024, Brinkløv m.fl. in press, WSP 2024a, 2024b). Trækkorridorer er ikke systematisk kortlagte med de gennemførte eller igangværende akustiske registreringer. Det synes dog klart, at der er størst risiko for påvirkning af flagermusbestande i kystnære farvande (<20 km) og i sunde og bæltter. På grund af undersøgelserne kan anbefalingerne for driftsstop ved havvindmøller differentieres for forskellige farvande. En fremtidig overvågning af flagermusaktivitet, både generelt og fra havvindmøller i danske farvande, herunder fra før-undersøgelser kan skaffe data til at kvalificere nedlukningskriterier mere præcist ift. vejrparametre og årstid i forskellige farvande.

Over Nordsøen falder aktiviteten af flagermus med stigende afstand til kysten (Brinkløv m.fl. 2024). Der er primært registeret flagermus i sensommeren og efteråret under 20 km fra kysten, men der forekommer også flagermus længere ude og i forsommeren, fx omkring vindmøllerne på Horns Rev. På det foreliggende vidensgrundlag anbefales driftsstop på vindmøller op til 40 km fra kysten i trækperioderne (april-maj og august-oktober). Formentlig kan betingelserne for driftsstop differentieres (vindhastigheder, temperaturer, vindretning, mv.) for vindmøller under 20 km og 20-40 km fra kysten, fx højere cut-in-vindhastighed for vindmøller <20 km fra kysten. Yderligere dataindsamling og analyser kan præcisere anbefalinger til betingelserne. Længere end 40 km fra kysten i Nordsøen vil vindmøller uden driftsstop næppe have væsentlig betydning for flagermusbestandens status.

Over Skagerrak og det nordlige Kattegat er der formentlig begrænset aktivitet af flagermus, men det kan være vigtigt at tage hensyn til trækaktivitet ved opstilling og drift af vindmøller. Det er formentlig relevant med driftsstop på vindmøller i Skagerrak og det nordlige Kattegat i trækperioderne (april-maj og august-oktober). Ved vindmøller opstillet kystnært (<20 km) bør der tillige være driftsstop i juni og juli. Fremtidig kortlægning og overvågning af flagermusaktivitet og adfærd er nødvendig for at præcisere betingelser (vindhastigheder, temperatur, periode, mv.) for driftsstop for havvindmøller i Skagerrak og det nordlige Kattegat.

Over de indre farvande (sydlige Kattegat, sunde og bæltter) og Østersøen kan der være relativt høje forekomster af jagende og trækkende flagermus (Ahlén m.fl. 2007, Seebens-Hoyer m.fl. 2021, WSP 2024a, 2024b). Aktiviteten af flagermus synes også at være faldende med stigende afstand til kysten i Østersøen (WSP 2024a, 2024b). I trækperioderne (april-maj og august-oktober) bør der være driftsstop ved relativt høje vindhastigheder (fx 8-10 m/s i nacellehøjde) på kystnære vindmøller (<20 km fra kysten) og på vindmøller længere ude fra kysten. Der bør også være driftsstop på vindmøller i de indre farvande og Østersøen i juni og juli, men her kan der formentlig differentieres mellem kystnære vindmøller (< 20 km fra kysten) og vindmøller længere end 20 km fra kysten, fx mindre restriktive betingelser for vindmøller > 20 km fra kysten (fx lavere cut-in-vindhastighed på 6 m/s i nacellehøjde, højere temperatur). Mere systematisk viden om flagermusaktivitet med en større geografisk dækning kan udgøre datagrundlag for differentiering i driftsbetingelserne.

3 Solcelleanlæg

Effekter af solcelleanlæg på flagermus, deres brug af landskabet og flagermusbestandes status er meget dårligt undersøgt (Gómez-Catasús m.fl. 2023). Der er ikke identificeret danske undersøgelser om emnet. De få europæiske studier viser, at områder med solcelleanlæg anvendes som jagthabitater af flagermusene (Montag m.fl. 2016, Szabadi m.fl. 2023, Tinsley m.fl. 2023, Barré m.fl. 2024). Undersøgelserne viser dog også, at aktiviteten af flagermus er lavere både over solcelleanlæg og langs eksisterende levende hegn omkring anlæggene end aktiviteten over kontrollokaliteter på marker og langs eksisterende levende hegn i det omkringliggende landskab (Montag m.fl. 2016, Tinsley m.fl. 2023, Barré m.fl. 2024). Artsdiversiteten af flagermus var den samme ved solcelleanlæg som kontrolområderne (Montage m.fl. 2016, Tinsley m.fl. 2023). De undersøgte solcelleanlæg var typisk anlagt på tidligere landbrugsarealer (marker i omdrift og græsmarker) eller på tidligere industriområder, dvs. områder, hvor der formentlig var lav flagermusaktivitet før etablering af solcelleanlæggene, lige som i kontrolområderne ((Montage m.fl. 2016, Tinsley m.fl. 2023, Barré m.fl. 2024). Et ungarsk studie inkluderede dog i kontrolområderne også skov og fiskedamme, da studiet også undersøgte solceller opstillet i lysninger i skov (Szabadi m.fl. 2023). Barré m.fl. (2024) undersøgte flagermusenes adfærd og flyvemønstre mere specifikt end de andre studier af flagermus og solcelleanlæg. Flagermusene flyver hurtigere, mere retlinet og jager mindre over solcelleanlæg end over omkringliggende landbrugsflader.

Samlet indikerer resultaterne, at solcelleanlæg kan medføre en forringelse af kvaliteten eller tab af fourageringsområder for flagermus, og forringelsen vil (sandsynligvis) være mere markant, jo større flagermusaktivitet der er på den lokalitet, hvor anlægget placeres. Hvorvidt den lavere aktivitet skyldes en lavere forekomst af føde over solcelleanlæg eller andre effekter, fx støj fra transformatorstationer, er uvist. Store, glatte overflader kan fungere som akustiske spejle (Greif & Siemers 2010). Det fænomen anvender flagermusene til at finde vandflader, når de skal drikke (Greif & Siemers 2010, Russo m.fl. 2012). Store, glatte flader som på solcellepaneler kan dog også, afhængigt af hvordan de er vinklet, forstyrre flagermusenes ekkolokalisering og øge risikoen for, at flagermus kolliderer med solcellepanelerne (Greif m.fl. 2017).

Mortaliteten af flagermus ved solcelleanlæg vurderes at være markant lavere end mortaliteten af fugle (Gómez-Catasús m.fl. 2023), og den vurderes ikke at være en væsentlig faktor for lokale og nationale bestandes status. Solcelleanlægs påvirkning på flagermus begrænser sig formentlig derfor primært til tab af jagtområder på de arealer, som solcelleanlæggene beslaglægger, modsat effekterne af vindmøller, der pga. mortalitet påvirker bestandene langt udenfor vindmølleparkerne (se referencer i kap. 2).

Ved etablering af solcelleparker fjernes typisk et antal levende hegn og småbiotoper. Levende hegn og småbiotoper med træer og buske, vandhuller, enge og andre permanente græsarealer fremmer forekomsten og aktiviteten af flagermus i landbrugslandskaber (fx Frey-Ehrenbold m.fl. 2013, Heim m.fl. 2015, 2018, Kelm m.fl. 2016, Froidevaux m.fl. 2019, Finch m.fl. 2020, Sotillo m.fl. 2024, Treitler m.fl. 2016, Tortosa m.fl. 2023). Der er højere flagermusaktivitet langs brede, ældre, artsrige levende hegn med træer end langs nyetablerede, artsfattige hegn (fx Boughey m.fl. 2010, Foxley m.fl. 2023, Biffi m.fl. 2024). Afstanden fra hegn, skovkanter, vandhuller og lign., hvor flagermusaktiviteten ikke længere er forhøjet, varierer for forskellige arter og funktionelle grupper af flagermus ift. deres jagtadfærd og landskabssammensætningen i de forskellige undersøgelser. Nyetablerede levende hegn er dog mange år (op mod 10 år) om at opnå en stor effektivitet som ledelinje og jagtområde for flagermus (NACHTaktiv & SWILD 2014, Biffi m.fl. 2024).

De publicerede undersøgelser af flagermus og solcelleanlæg er alle korttidsstudier ved eksisterende anlæg (Montag m.fl. 2016, Szabadi m.fl. 2023, Tinsley m.fl. 2023). Undersøgelserne er foretaget i sommer- og efterårsmåneder én gang over få nætter (op til 10) på hver lokalitet. Resultaterne er dog robuste, i og med at der er undersøgt flere anlæg i hvert studie, hhv. 11, 15, 19, og 9 anlæg (Montag m.fl. 2016, Szabadi m.fl. 2023, Tinsley m.fl. 2023, Barré m.fl. 2024).

Det er på baggrund af disse undersøgelser og viden om flagermusenes brug af landskabet, at Håndbogen (Elmeros m.fl. 2024) anbefaler, at solcelleanlæg ikke bør anlægges i eller tæt på gode levesteder for flagermus, fx skove, tørre og våde naturområder (fx søer, moser, enge, overdrev), lavbundsarealer og lign. arealer med potentiale som naturområder og gode jagtområder for flagermus (fx drænedede enge og afvandede søer). Baseret på de europæiske undersøgelser af flagermusenes forekomst i forskellige mosaiklandskaber domineret af landbrug anbefales det, at der er 100 m mellem solcelleanlæg og skove, vådområder og andre naturområder (fx Frey-Ehrenbold m.fl. 2013, Kelm m.fl. 2016, Finch m.fl. 2020, Treitler m.fl. 2016, Tortosa m.fl. 2023) for at undgå væsentlige forringelser af jagtforholdene for flagermus. Der bør også tages hensyn til potentielle habitattab og fragmentering ved meget store solcelleanlæg og kumulative effekter af talrige solcelleparker i et område.

3.1 Afværgetiltag ved solcelleanlæg

Afværgetiltag ift. landskabet

Det vigtigste tiltag for at undgå, at solcelleanlæg får negative effekter på flagermusenes brug af landskabet og på bestandenes status, er at vurdere alternative placeringer, og at anlægge solcelleanlæggene i områder, der i forvejen har lav aktivitet af flagermus, fx på intensivt udnyttede arealer med marker i omdrift (fx, Finch m.fl. 2020, Heim m.fl. 2018, Kelm m.fl. 2016).

Diversiteten og aktiviteten af flagermus i landbrugslandskaber er positivt korreleret med tætheden af og sammenhængen mellem landskabselementer som skove, levende hegn, småbiotoper, vandhuller og vandløb samt græsarealer (se fx Heim m.fl. 2018, Jung m.fl. 2012, Kelm m.fl. 2016). Anlæg af brede, varierede og artsrige læhegn med mange blomstrende og bærbærende træer og buske omkring og gennem solcelleanlæg, samt etablering af småbiotoper og vandhuller i "lysninger" i fladerne med solcellepaneler kunne være en mulig metode til at reducere negative påvirkninger af solcelleanlæggene som fourageringsområde for flagermus. Der må selvfølgelig ikke opstilles vindmøller på eller nær arealer med afværgetiltag pga. mortalitetsrisikoen for flagermus ved vindmøller.

En britisk undersøgelse, der sammenlignede 11 solcelleparker, der var anlagt på tidligere landbrugsarealer (marker i omdrift og græsmarker) viste, at der var en højere artsdiversitet af urtevegetation og højere forekomst af sommerfugle og fugle i de undersøgte solcelleanlæg sammenlignet med de omkringliggende områder (Montage m.fl. 2016). Den forbedrede artsdiversitet og forekomst af udvalgte organismegrupper var afhængig af forvaltningen af solcelleanlægget, fx tilsåning efter anlægsarbejdet, brug af herbicider, græsningstryk og slåningspraksis (Montage m.fl. 2016). Montage m.fl. (2016) undersøgte også flagermusaktiviteten i op til 10 nætter med passiv akustisk monitoring ved 8 af de 11 (pga. tekniske fejl) solcelleanlæg og kontrolområder. Flagermusaktivitet over solcelleanlæggene var lavere end i kontrolområderne, som i de andre europæiske studier (Szabadi m.fl. 2023, Tinsley m.fl. 2023). Man kan således ikke konkludere eller forvente, at tiltag til at forbedre "biodiversiteten" generelt i solcelleanlæg i danske landskaber fremmer jagtmulighederne og andre forhold for flagermus. Om de biodiversitetstiltag, der foretages i solcelleanlæg i Danmark, har

en positiv virkning på flagermusene, må dokumenteres ved undersøgelser af problemstillingen i danske landskaber (se afsnit 3.2).

Afværgetiltag ift. solcellepaneler

Eksperimentelt er det vist, at et net af liner/wirer over glatte flader gør det nemmere for flagermusene af opfange ekko fra fladerne og dermed forhindre, at flagermusene flyver ned mod de glatte overflader for at drikke (Rahman m.fl. 2024). Hvis den lavere aktivitet af flagermus over solcelleanlæg skyldes forstyrrelse af flagermusenes ekkolokation (Greif & Siemers 2010, Rahman m.fl. 2024), kunne et groft net af liner eller andre ujævnheder lige over overfladen af solcellepanelerne, så flagermusene får et ekko fra panelerne, muligvis reducere den negative effekt af solcelleanlæg. Hvor tæt nettet af wire/liner skal være for at være effektivt på de store paneler, er ikke undersøgt.

3.2 Videnshuller om solceller og flagermus

Som nævnt, er der ingen danske undersøgelser af flagermusaktivitet og -adfærd omkring solcelleanlæg i danske landskaber. Før biodiversitetsfremmende tiltag eller specifikke tiltag for at fremme forholdene for flagermus kan anbefales generelt som afværge- eller kompensations tiltag ved solcelleanlæg, skal det dokumenteres, at tiltagene er effektive. Før sådan dokumentation foreligger, må tiltagene betragtes som eksperimentelle tiltag.

1/ Der mangler robuste og veldokumenterede før- og efterundersøgelser på arealer, hvor der er opført solcelleanlæg, og på sammenlignelige kontrollokaliteter i det omkringliggende landskab, fx marker, levende hegn, skovbryn, mv.

2/ Ligeledes mangler der langtidsstudier, som sammenligner aktiviteten af flagermus over solcelleanlæg med og uden tiltag for at fremme "biodiversiteten" generelt, eller med mere specifikke afværgetiltag for flagermus.

3/ Det skal tillige dokumenteres, hvor meget "natur" (fx antal kilometer læhegn pr. ha solcelleanlæg, arealet af artsrige enge og overdrev pr. ha solcelleanlæg, bredden af korridorer gennem solcelleanlæg), der er nødvendig for at kompensere for de forringede fourageringsmuligheder for flagermus over arealerne med solpaneler.

4/ Efterundersøgelser bør dække hele sommerhalvåret (april-oktober), så resultaterne kan vise eventuelle forskelle i flagermusaktivitet over solcelleanlæg og i det omkringliggende landskab på forskellige tidspunkter af året.

5/ For at sikre robuste data skal afværgetiltagenes effektivitet undersøges og overvåges på flere solcelleanlæg og kontrollokaliteter, parallelt over en længere årrække, så udviklingen i effekterne dokumenteres.

6/ Ideen med et groft net af liner eller ujævnheder på overfladen af solcellepanelerne som afværgetiltag for flagermus, skal dokumenteres på solceller i felten, før metoden kan anbefales og implementeres.

4 Litteratur

Ahlén I 1997. Migratory behaviour of bats at south Swedish coasts. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 62, 375-380

Ahlén I, Bach L, Baagøe HJ, Pettersson J 2007. Fladdermöss och havsbaserade vindkraftverk studerade i södra Skandinavien. Rapport 5748. Naturvårdsverket.

Altringham JD 2011. *Bats: from evolution to conservation*. Oxford University Press, Oxford.

Arnett EB, Huso MMP, Schirmacher MR, Hayes JP 2011. Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9, 209-214.

Baagøe HJ 2001. Danish bats (Mammalia: Chiroptera): Atlas and analysis of distribution, occurrence, and abundance. *Steenstrupia* 26, 1-117.

Baagøe H, Jensen TS (Red.). *Dansk pattedyratlas*. Gyldendal, København.

Bach P, Voigt CC, Göttsche M, m.fl. 2022. Offshore and coastline migration of radio-tagged *Nathusius' pipistrelles*. *Conservation Science and Practice* 4, e12783.

Barré K, Le Viol I, Bas Y, m.fl. 2018. Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: implications for European siting guidance. *Biological Conservation* 226, 205-214.

Barré K, Froidevaux JSP, Leroux C, m.fl. 2022. Over a decade of failure to implement UNEP/EUROBATS guidelines in wind energy planning: a call for action. *Conservation Science and Practice*, e12805

Barré K, Froidevaux JSP, Sotillo A, m.fl. 2023. Drivers of bat activity at wind turbines advocate for mitigating bat exposure using multicriteria algorithm-based curtailment. *Science of the Total Environment* 866, e161404.

Barré K, Baudouin A, Froidevaux JSP, m.fl. 2024. Insectivorous bats alter their flight and feeding behaviour at ground-mounted solar farms. *Journal of Applied Ecology* 61, 328-339.

Berthinussen A, Richardson OC, Altringham JD 2021. *Bat Conservation: Global Evidence for the Effects of Interventions*. Synopses of Conservation Evidence Series. University of Cambridge, Cambridge, UK.

Bennett EM, Florent SN, Venosta M, m.fl. 2022. Curtailment as a successful method for reducing bat mortality at a southern Australian wind farm. *Austral Ecology* 47, 1329-1339.

BSH 2013. *Investigation of the Impacts of Offshore Wind Turbines on the Marine Environment (StUK4)*. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. BSH-Nr. 7003.

Biffi S, Chapman PJ, Engler JO, m.fl. 2024. Using automated passive acoustic monitoring to measure changes in bird and bat vocal activity around hedgerows of different ages. *Biological Conservation* 296, 110722.

Boughy KI, Lake IR, Haysom KA, Dolman PM 2010. Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. *Biological Conservation* 144, 1790-1798.

Brinkløv SMM, Elmeros M 2024. North Sea Energy Island. Environmental pre-investigations for bats. Technical report. NIRAS og DCE, Aarhus Universitet.

Brinkløv SMM, Smeele SQ, Uebel AS, m.fl. 2024. Bats surveys - pre-investigations for offshore wind farms in the area North Sea I. NIRAS og DCE, Aarhus Universitet.

Brinkløv SMM, Uebel AS, Fjederholt ET, Elmeros M 2025. Sensitivity mapping of relative risks to bats from Danish offshore wind energy. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy. Teknisk rapport.

Buchholz S, Kelm V, Ghanem SJ 2021. Mono-specific forest plantations are valuable bat habitats: implications for wind energy development. *European Journal of Wildlife Research* 67, 1.

Catto CMC, Hutson AM, Racey PA, Stephenson PJ 1996. Foraging behaviour and habitat use of the serotine bat (*Eptesicus serotinus*) in southern England. *Journal of Zoology, London* 238: 623-633.

Ciechanowiski M, Zapart A, Kokurewicz T, m.fl. 2017. Habitat selection of the pond bat (*Myotis dasycneme*) during pregnancy and lactation in northern Poland. *Journal of Mammalogy* 98, 232-245.

DHI 2023. Bat and bird monitoring guidance. DHI og Ørsted.

Ellerbrok JS, Delius A, Peter F, m.fl. 2022. Activity of forest specialist bats decreases towards wind turbines at forest sites. *Journal of Applied Ecology* 59, 2497-2506.

Ellerbrok JS, Farwig N, Peter F, m.fl. 2023. Forest gaps around wind turbines attract bat species with high collision risk. *Biological Conservation* 288, e110347.

Ellerbrok JS, Farwig N, Peter F, m.fl. 2024. Forest bat activity declines with increasing wind speed in proximity of operating wind turbines. *Global Ecology and Conservation* 49, e02782.

EPRI 2017. Bat detection and shutdown system for utility-scale wind turbines. Final report 3002009038 from The Electric Power Research Institute Palo Alto.

EUROBATS 2015. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects - Revision 2014. EUROBATS Publication Series No. 6. Bonn, Germany.

FEBI 2013. Fehmarnbelt Fixed Link EIA Fauna and Flora - Impact assessment. Bats of the Fehmarn belt Area. Baseline Report No. E3TR0016.

- Frick WF, Baerwald EF, Pollock JF, m.fl. 2017. Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation* 209, 172177.
- Friedenberg NA, Frick WF 2021. Assessing fatality minimization for hoary bats amid continued wind energy development. *Biological Conservation* 262: 109309.
- Finch D, Schofield, Mathews F 2020. Habitat associations of bats in an agricultural landscape: Linear features versus open habitats. *Animals* 10, 1856.
- Foskolos I, Pedersen MB, Beedholm K, m.fl. 2022. Echolocating Daubenton's bats are resilient to broadband, ultrasonic masking noise during active target approaches. *Journal of Experimental Biology* 225, jeb242957.
- Foxley T, Lintott P, Stone E 2023. What drives bat activity at field boundaries? *Journal of Environmental Management* 329, 117029.
- Frey-Ehrenbold A, Bontadina F, Arlettaz R, Obrist MK 2013. Landscape connectivity, habitat structure and activity of bat guilds in farmland dominated matrices. *Journal of Applied Ecology* 50, 252–261.
- Froidevaux JSP, Boughy KL, Hawkins CL, m.fl. 2019. Managing hedgerows for nocturnal wildlife: Do bats and their insect prey benefit from targeted agri-environment schemes? *Journal of Applied Ecology* 56, 1610-1623.
- Gaultier SP, Blomberg AS, Ijäs A, m.fl. 2020. Bats and wind farms: The role and importance of the Baltic Sea countries in the European context of power transition and biodiversity conservation. *Environmental Science & Technology* 54, 10385-10398.
- Gaultier SP, Lilley TM, Vesterinen EJ, Brommer JE 2023. The presence of wind turbines repels bats in boreal forests. *Landscape and Urban Planning* 231, 104636.
- Gómez-Catasús J, Morales MB, Giralt D, m.fl. 2023. Solar photovoltaic energy development and biodiversity conservation: Current knowledge and research gaps. *Conservation Letters* 17, e13025.
- Greif S, Siemers BM 2010. Innate recognition of water bodies in echolocating bats. *Nature Communications* 1, 107.
- Greif S, Zsebók S, Schmieder D, Siemers BM 2017. Acoustic mirrors as sensory traps for bats. *Science* 357, 1045–1047.
- Haasma A-J. 2023. Pond Bat *Myotis dasycneme* (Boie, 1825). I: Hackländer K, Zachos FE (red.). *Handbook of the Mammals of Europe*, Springer Nature.
- Heim O, Treitler JT, Tschapka M, m.fl. 2015. The importance of landscape elements for bat activity and species richness in agricultural areas. *PLoS ONE* 10, e0134443.
- Heim O, Lenski J, Schulze J, m.fl. 2018. The relevance of vegetation structures and small water bodies for bats foraging above farmland. *Basic and Applied Ecology* 27, 9–19.

Hein CD, Gruver J, Arnett EB 2013. Relating pre-construction bat activity and post-construction bat fatality to predict risk at wind energy facilities: a synthesis. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. Bat Conservation International, Austin, TX, USA.

Hurme E, Linzi I, Wikelski M, Wild TA, Deckmann DKN 2025. Bats surf storm fronts during spring migration. *Science* 387, 97-102.

Ijäs A, Kahilainen A, Vasko VV, Lilley TM 2017. Evidence of the migratory bat, *Pipistrellus nathusii*, aggregating to the coastlines in the northern Baltic Sea. *Acta Chiropterologica* 19, 127-139.

Jonasson KA, Adams AM, Brokaw AF, m.fl. 2024. A multisensory approach to understanding bat responses to wind energy developments. *Mammal Review* 54, 229-242.

Jung K, Kaiser S, Böhm S, m.fl. 2012. Moving in three dimensions: effects of structural complexity on occurrence and activity of insectivorous bats in managed forest stands. *Journal of Applied Ecology* 49, 523-531.

Kelm DH, Lenski J, Kelm V, Toelch U, Dziock F 2016. Seasonal bat activity in relation to distance to hedgerows in an agricultural landscape in central Europe and implications for wind energy development. *Acta Chiropterologica* 16, 65-73.

Klop E, Lagerveld S, Boonman M, Jonge Poerink B, Halters S, Epe MJ 2024. Monitoring van vleermuizen in windparken op land. Rapport 2023.41. Zoogdiervereniging, Nijmegen.

Korner-Nievergelt F, Brinkmann R, Niermann I, Behr O 2013. Estimating bat and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. *PLoS ONE* 8, e67997.

Kirkpatrick L, Oldfield IF, Park K 2017. Responses of bats to clear fell harvesting in Sitka Spruce plantations, and implications for wind turbine installation. *Forest Ecology and Management* 395, 1-8.

Kirkpatrick L, Graham J, McGregor S, m.fl. 2018. Flexible foraging strategies in *Pipistrellus pygmaeus* in response to abundant but ephemeral prey. *PLoS ONE* 13: e0204511.

Kruszynski C, Bailey LD, Courtiol A, m.fl. 2020. Identifying migratory pathways of Nathusius' pipistrelles (*Pipistrellus nathusii*) using stable hydrogen and strontium isotopes. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 35, e9031.

Lagerveld S, Jonge Poerink B, Geelhoed SCV 2021. Offshore occurrence of a migratory bat, *Pipistrellus nathusii*, depends on seasonality and weather conditions. *Animals* 2021 11, 3442.

Lagerveld S, Mostert K 2023. Are offshore wind farms in the Netherlands a potential threat for coastal populations of noctule? *Lutra* 66, 39-53.

Lagerveld S, Wilkes T, van Puikenbroek MEB, m.fl. 2023. Acoustic monitoring reveals spatiotemporal occurrence of *Nathusius' pipistrelle* at the southern North Sea during autumn migration. *Environmental Monitoring and Assessment* 195, 1016.

Lagerveld S, de Vries P, Harris J, m.fl. 2024. Migratory movements of bats are shaped by barrier effects, sex-biased timing and the adaptive use of winds. *Movement Ecology* 12, 81.

Lehnert LS, Kramer-Schadt S, Schönborn S, m.fl. 2014. Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far. *PLoS ONE* 9, e103106.

Leroux C, Kerbiriou C, Le Viol I, Valet N, Barré K 2022. Distance to hedgerows drives local repulsion and attraction of wind turbines on bats: Implications for spatial siting. *Journal of Applied Ecology* 59, 2142 - 2153.

Leroux C, Le Viol I, Valet N, Kerbiriou C, Barré K 2023. Disentangling mechanisms responsible for wind energy effects on European bats. *Journal of Environmental Management* 346, 118987.

Leroux C, Barré K, Valet N, Kerbiriou C, Le Viol I 2024. Distribution of common pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*) activity is altered by airflow disruption generated by wind turbines. *PLoS ONE* 19, e0303368.

Lintott PR, Richardson SM, Hosken DJ, m.fl. 2016. Ecological impact assessments fail to reduce risk of bat casualties at wind farms. *Current Biology* 26, R1135-R1136.

Lintott PR, Mathews F 2018. Basic mathematical errors may make ecological assessments unreliable. *Biodiversity and Conservation* 27, 265-267.

Long CV, Flint JA, Lepper PA 2010. Wind turbines and bat mortality: Doppler shift profiles and ultrasonic bat-like pulse reflection from moving turbine blades. *Journal of the Acoustical Society of America* 128, 2238-2245.

McKay RA, Johns SE, Bischof R, m.fl. 2023. Wind energy development can lead to guild-specific habitat loss in boreal forest bats. *Wildlife Biology*, e01168.

McKay RA, Mathews F, Eldegard E (in press). Bats and wind turbines onshore and offshore. Norwegian national guidelines for monitoring surveys, assessments, and mitigation. *Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet*.

Millon L, Colin C, Brescia F, Kerbiriou C 2018. Wind turbines impact bat activity, leading to high losses of habitat use in a biodiversity hotspot. *Ecological Engineering* 112, 51-54.

Montag H, Parker G, Clarkson T 2016. The effects of solar farms on local biodiversity; A Comparative Study. Clarkson and Woods and Wychwood Biodiversity.

NACHTaktiv & SWILD 2014. Monitoring von Schadensbegrenzungsmaßnahmen für die Kleine Hufeisennase, BAB 17, VKE 391.3 - Ergebnisse der Funktionskontrolle 2013. Unveröffentlichter. Bericht im Auftrag der DEGES, Berlin.

Naturstyrelsen 2013. Forvaltningsplan for flagermus. Beskyttelse og forvaltning af de 17 danske flagermusarter og deres levesteder. Naturstyrelsen, Miljøministeriet.

Petersen A, Jensen J-K, Jenkins P, Bloch D, Ingimarsson F 2014. A review of the occurrence of bats (Chiroptera) on islands in the North East Atlantic and on North Sea installations. *Acta Chiropterologica* 16, 169–195.

Pettersson S, Elfström M, Eklöft J, Ottvall R 2024. Vindkraft i skogsmiljö. Beräkning dödliggheit hos fladdermöss och fåglar. Vindval rapport 7169, November 2024. Naturvårdsverket.

Reusch C, Lozar M, Kramer-Schadt S, Voigt CC 2022. Coastal onshore wind turbines lead to habitat loss for bats in Northern Germany. *Journal of Environmental Management* 310: 114715.

Reusch C, Paul AA, Fritze M, Kramer-Schadt S, Voigt CC 2023. Wind turbines in forests conflict with habitat use of tree-roosting bats. *Current Biology* 33, 737–743.

Roeleke M, Blohm T, Kramer-Schadt S, m.fl. 2016. Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Scientific Reports* 6, 28961.

Roeleke M, Blohm T, Hoffmeister U, m.fl. 2020. Landscape structure influences the use of social information in an insectivorous bat. *Oikos* 129, 912–923.

Roemer C, Disca T, Coulon A, m.fl. 2017. Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. *Biological Conservation* 215, 116–122.

Roemer C, Bas Y, Disca T, Coulon A, 2019. Influence of landscape and time of year on bat-wind turbines collision risks. *Landscape Ecology* 34, 2869–2881.

Russo D, Cistrone L, Jones G 2012. Sensory ecology of water detection by bats: a field experiment. *PLoS One* 7, e48144.

Rydell J, Bach L, Bach P, m.fl. 2014. Phenology of migratory bat activity across the Baltic Sea and the south-eastern North Sea. *Acta Chiropterologica* 16, 139–147.

Sánchez-Navarro S, Gálvez-Ruiz D, Rydell J, Ibáñez C. 2023 High bat fatality rates estimated at windfarms in southern Spain. *Acta Chiropterologica* 25, 125–134.

Seebens-Hoyer A, Bach L, Bach P, m.fl. 2021. Fledermausmigration über der Nord- und Ostsee. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Auswirkungen von Offshore-Windparks auf den Fledermauszug über dem Meer“.

Solick D, Pham D, Nasman K, Bay K 2020. Bat activity rates do not predict bat fatality rates at wind energy facilities. *Acta Chiropterologica* 22, 135–146.

Sotillo A, le Viol I, Barré K, Bas Y, Kerbiriou C 2024. Context-dependent effects of wind turbines on bats in rural landscapes. *Biological Conservation* 295, 110647.

- Šuba J, Petersons G, Rydell J 2012. Fly-and-forage strategy in the bat *Pipistrellus nathusii* during autumn migration. *Acta Chiropterologica* 14, 379–385.
- Søgaard B, Elmeros M, Baagøe HJ 2018. Overvågning af flagermus *Chiroptera* sp., version 3. Teknisk anvisning til ekstensiv overvågning. Institut for Bioscience & Nationalt Center for Miljø og Natur, Aarhus Universitet.
- Szabadi KL, Kurali A, Kurali NAA, m.fl. 2023. The use of solar farms by bats in mosaic landscapes: Implications for conservation. *Global Ecology and Conservation* 44, e02481.
- Therkildsen OR, Elmeros M 2017. Second year post-construction monitoring of bats and birds at Wind Turbine Test Centre Østerild. Inst. for Bioscience, Aarhus Universitet. Nationalt Center for Miljø og Energi, AU, nr. 232.
- Tinsley E, Froidevaux JSP, Zsebők S, m.fl. 2023. Renewable energies and biodiversity: Impact of ground-mounted solar photovoltaic sites on bat activity. *Journal of Applied Ecology* 60, 1752–1762.
- Tortosa A, Giffard B, Barbaro L, m.fl. 2023. Diverse agricultural landscapes increase bat activity and diversity: Implications for biological pest control. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 345, 108318.
- Treitler JT, Heim O, Tschapka M, Jung K 2016. The effect of local land use and loss of forests on bats and nocturnal insects. *Ecology and Evolution* 6, 4289–4297.
- Voigt CC, Sörgel K, Šuba J, Keišs O, Petersons G 2012. The insectivorous bat *Pipistrellus nathusii* uses a mixed-fuel strategy to power autumn migration. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279, 3772–3778.
- Voigt CC, Kingston T (red.) 2016. Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world. Springer Open.
- Voigt CC, Popa -Lisseanu AG, Niermann I, m.fl. 2012. The catchment area of wind farms for European bats: a plea for international regulations. *Biological Conservation* 153, 80–86.
- Voigt CC, Lehnert LS, Petersons G m.fl. 2015. Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats. *European Journal of Wildlife Research* 61, 213–219.
- Voigt CC, Russo D, Runkel V, Goerlitz HR. 2021. Limitations of acoustic monitoring at wind turbines to evaluate fatality risk of bats. *Mammal Review* 51, 559–570.
- Voigt CC, Kaiser K, Look S, m.fl. 2022. Wind turbines without curtailment produce large numbers of bat fatalities throughout their lifetime: A call against ignorance and neglect. *Global Ecology and Conservation* 37: e02149.
- Voigt CC, Bernard E, Huang JC, m.fl. 2024. Toward solving the global green-green dilemma between wind energy production and bat conservation. *Bio-science* 74, 240–252.

Voigt CC, Currie SE, McGuire L 2024. Bat migration and foraging. I: Russo D, Fenton B. A Natural History of Bat Foraging. Academic Press

Whitby MD, O'Mara MT, Hein CD, m.fl. 2024. A decade of curtailment studies demonstrates a consistent and effective strategy to reduce bat fatalities at wind turbines in North America. Ecological Solutions and Evidence 5, e12371

WSP 2024a. Flagermus ved Krigers Flak havmøllepark 2022 og 2023. Rapport til Energistyrelsen.

WSP 2024b. Energy Island Bornholm. Technical report – bats. Rapport til Energinet.