

1721

NINA Rapport

Tap av insekter i vindkraftanlegg under drift

Kort vurdering av problemstillingen og kunnskapsnivået for Norge

Jens Åström
Roel May



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Tap av insekt i vindkraftanlegg under drift

Kort vurdering av problemstilling og kunnskapsnivå for Norge

Jens Åström
Roel May

Åström, J., May, R. 2019. Tap av insekt i vindkraftanlegg . NINA
Rapport 1721. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, Oktober 2019

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3473-3

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Anne Sverdrup-Thygeson

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Signe Nybø (sign.)

OPPDRAAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAAGSGIVERS REFERANSE

M-1521|2019

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Svein Grotli Skogen

FORSIDEBILDE

Vindkraftverk i soloppgang © Roel May

NØKKELOD

- Norge
- Vindkraft
- Insekter
- Konsekvens
- Kunnskapsnivå

KEY WORDS

- Norway
- Windpower
- Insects
- Consequences
- State of knowledge

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo
Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen
Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Åström, J., May, R. 2019. Tap av insekt i vindkraftanlegg under drift - Kort vurdering av problemstilling og kunnskapsnivå for Norge. NINA Rapport 1721. Norsk institutt for naturforskning.

Denne rapporten gir en kort vurdering av problemstillingen knyttet til tap av insekter i vindkraftanlegg i drift. Rapporten vurderer fremst en kjent studie fra 2017 som angir tapet av insekter i Tyskland til 1 200 tonn årlig (Trieb 2018). Den inkluderer ikke noen vurdering av effekten på insekter av arealbeslag ved utbygging av vindenergianlegg. Vurderingen er spesielt interessant med tanke på arbeidet med en Nasjonal ramme for vindkraft. Norges vassdrags- og energidirektorat nevner insekter i sitt forlag til ramme for vindkraft kun i forbindelsen som mat for flaggermus, samt som en påvirkningsfaktor for sesongmigrasjon hos reinsdyr. Vindkraft kan imidlertid også potensielt påvirke insektpopulasjoner direkte, selv om dette tradisjonelt har blitt sett bort ifra. Internasjonalt er dokumentert tilfeller av tidvis store antall kollisjoner mellom insekt og rotorblader. Mengdene drepte insekter kan her være så store at det kan kreves manuell rengjøring av rotorbladene for å unngå betydelige tap i energiproduksjon (Wilcox & White 2016, BladeCleaning 2018). Dette er så vidt vi vet ikke observert i Norge.

Den tyske studien fra 2018 er i prinsippet en enkel modelleringsøvelse, der resultatene er helt avhengig av hvilket tallgrunnlag som brukes. Flere av disse er usikre, særlig verdien på tetthet av insekter i luften. Vi mener at dette tallet sannsynligvis er for høyt. Hvis man aksepterer resultatene fra Trieb sin studie uten korrigering av tallgrunnlaget, utgjør likevel de beregnede tapene av insekter en liten del av Tysklands hele insektfauna. En grov overslagsberegning viser at det kan utgjøre omkring 0,1 – 0,2 % av den totale populasjonen.

For Norge er den samlede påvirkningen sannsynligvis enda mindre enn i Tyskland, fordi omfanget av utbygd vindkraft er mindre. I tillegg er vindkraftanlegg i Norge mer perifert plassert i landskapet. En lignende beregning for Norge, gitt nivået på den etablerte vindkraften i dag og Trieb sine antakelser, antyder at det årlige tapet i Norge kan utgjøre mellom 0.01 – 0.02 % av alle insekter. Vår vurdering er at dette sannsynligvis utgjør en liten påvirkning for insektbestandene på landsbasis, men at påvirkningen lokalt kan være av betydning og derfor interessant å undersøke videre.

Det råder en nærmest total mangel på empiriske data på temaet, og det er derfor svært vanskelig å estimere effekten av vindkraft på insekter på en robust måte. Vi mener det er mulig å gjennomføre en undersøkelse på den potensielle effekten av vindkraft på insekter empirisk. Vi anbefaler at man måler tetthetene av insekter i relevante luftsjikt gjennom sesongen og setter dette i sammenheng med lokale og regionale bestandsstørrelser for å få et bedre mål på den potensielle påvirkningen. Den realiserte effekten av vindkraft kan i prinsipp også testes ved å sammenligne områder med og uten vindturbiner. Ved nyetablering vil det i tillegg være mulig å gjennomføre såkalt føre-etter/kontroll-effekt studier (BACI) for å måle effektene med større sikkerhet. Disse undersøkelser vil kreve utvikling av innsamlingsmetodikk for innsamling av insekter høyt opp i luften, men Lidar eller Radar er en mulig løsning for å unngå en fysisk innsamling. Gitt insekters store variasjon i antall over sesongen og respons på vindforhold er det trolig at man kan identifisere tidspunkter med særlig høy risiko og dermed muliggjøre effektive tiltak for å redusere omfanget av drepte insekter. En vurdering av effekten på særlig sårbare lokale insektpopulasjoner bør også inngå i konsekvensvurderinger ved utbygging av vindkraftanlegg.

Det finnes indikasjoner på at vindkraftverk kan virke tiltrekkende på insekt, men at dette til dels kan reduseres med hensiktsmessig maling av turbinene. Dette bør ses i spesiell sammenheng med kunstig belysing av vindmøllene som visibilitetstiltak for fly. Ugunstige kombinasjoner av plassering, farge og belysing kan potensielt føre til stor tiltrekking av flygende insekter, spesielt på sensommeren, noe som potensielt kan ha negative konsekvenser for populasjonene.

Vi mener at det bør til utføres norske undersøkelser av tettheter og artstilhørighet av flygende insekter i de luftsjikt og forhold som er relevante for vindkraftproduksjon, samt undersøkelser av

tiltrekkingen av insekter ved vindkraftverk. Uten slike undersøkelser er det vanskelig å vurdere nåværende og fremtidig påvirkning fra vindkraftverk på insektbestander. Likevel vurderer vi det som lite sannsynlig at vindkraftverk forårsaker en generell betydelig nedgang i insektbestander på nasjonalt nivå i Norge.

Jens Åström, Norsk institutt for naturforskning, Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Roel May, Norsk institutt for naturforskning, Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Abstract

Åström, J., May, R. 2019. Insect loss from wind power operation – a brief assessment of the issue and knowledge status in Norway. NINA Report 1721. Norwegian Institute for Nature Research.

This report is a short evaluation of the issue of loss of insects in wind farms. The main purpose is to evaluate a well-known study from 2017 that estimated the loss of insects in Germany to 1 200 metric tons per year (Trieb 2018). It does not include the potential habitat loss from the area required by the wind farms. This evaluation is relevant for Norway especially considering the current work towards a national plan for wind power development. The Norwegian Water Resources and Energy Directorate mentions insects in their proposal for a national plan only in terms of food for bats, and briefly as a cause for seasonal migration in reindeer. However, wind power has the potential to also affect insect populations themselves, even though this has traditionally been disregarded. There are documented cases internationally of occasionally large number of collisions of insects with rotor blades in wind farms, where the problem can be large enough to necessitate manual cleaning of the rotor blades to avoid significant losses in power production (Wilcox & White 2016, BladeCleaning 2018). This is to our knowledge not observed in Norway.

The German study from 2018 is in principle a simple modelling exercise, where the results are directly dependent on the input variables used. Several of these comes with considerable uncertainty, especially the density of insects in the air that passes through the turbines. We think this value is likely overestimated. If you nevertheless take the results of Trieb's calculation at face value, the estimated losses of insects will still constitute a small part of the whole insect fauna of Germany. A rough back-of-the-envelope calculation indicates that the losses could represent about 0.1 – 0.2 % of the total insect population.

The overall effect on insects in Norway is likely even smaller than in Germany, given the lower amount of established wind power, and the generally more peripheral placement of the wind farms. A corresponding coarse calculation for Norway, indicates that, given the current level of wind farm development and the assumptions made in the Trieb study, the yearly loss of insects in Norway due to wind farms might account for about 0.01 – 0.02% of the overall insect fauna. Our evaluation is that this likely has a small effect on the amount of insect on a country level, but that local effects still can be considerable and warrants further investigation.

There is an almost complete lack of empirical data on this issue, and it is therefore very difficult to robustly estimate the effect of wind farms on insects. We believe it is feasible to investigate the potential effect empirically, by measuring the densities of insects in the relevant air-columns throughout the season and placing this in context with local and regional population sizes. The realized effect could in principle be analyzed by comparing the densities to similar areas without wind farms. In the case of new constructions, it would also be possible to conduct so called Before-After/Control-Impact studies (BACI), to facilitate a more conclusive analysis. This would require some development of new surveying methods for collecting insects at higher altitudes however, but Lidar or Radar are potential technical solutions to avoid a physical collection. Considering the large variation in insect population numbers over the season and their response to wind speeds, it is likely possible to identify time periods with especially high collision risk, and thereby to develop effective management practices. An evaluation of the effects on especially vulnerable local insect populations should also be a part of environmental assessments related to the construction of wind farms.

There are indications that wind mills can attract insects, and that this can be partially modified by suitable painting of the turbines. This should be considered with respect to artificial lighting of wind mills as measures to increase visibility for aircrafts. Unfavorable combinations of placement, color and lighting could potentially lead to large aggregations of flying insects, especially in the late summer, with potentially large consequences for local populations.

Vi suggest initiating studies in Norway of densities and species identity of flying insects within the air columns and conditions that are relevant for wind power production, as well as investigations of the aggregation of insects near wind mills. Without such investigations, it is difficult to evaluate present and future effects. Nevertheless, we consider it unlikely that wind farms would have caused general, considerable declines in insects populations on the country level.

Jens Åström, Norwegian institute for nature research, Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim
Roel May, Norwegian institute for nature research, Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	5
Innhold	7
Forord	8
1 Inledning og bakgrunn	9
2 Modellen fra Trieb	10
2.1 Mengde luft som passerer gjennom rotorbladene	10
2.2 Tettheten av insekter i luften	10
2.3 Andel av insektene som treffer rotorbladene	11
2.4 Triebs beregning	11
3 Mengden drepte insekter satt i sammenheng	12
4 Relevansen for norske forhold	14
4.1 Gjennomsnittstall gjengir ikke hele bildet	14
4.2 Kunnskapsbehov	14
5 Konklusjon og anbefalinger	16
6 Referanser	17

Forord

Denne rapporten er resultatet av et meget begrenset prosjekt vi fikk fra Miljødirektoratet, der oppdraget var å gjøre en enkel vurdering av en tysk studie som beskrev tap av insekter i vindkraftanlegg i drift i Tyskland (Trieb 2018). Bakgrunnen var at Miljødirektoratet ønsket en uavhengig vurdering av studien, da den også har blitt brukt i den norske debatten om vindkraft, særlig i arbeidet med en Nasjonal ramme for vindkraft.

Resultatet av prosjektet er dermed en kort vurdering av logikken og datakildene i Trieb sin studie, og i hvilken grad resultatene kan være relevante for norske forhold. I mangel av empiriske data, både fra Tyskland og Norge, samt det begrensede omfanget på prosjektet blir diskusjonen av nødvendighet ført på et generelt nivå. Rapporten bør derfor leses som et kort, første skritt mot å vurdere påvirkningen på insekter av vindkraft. Rapporten inkluderer heller ingen vurdering av effekten på insekter av arealendring og habitatødeleggelse i forbindelse med utbygging av vindenergianlegg.

Vi takker Svein Grotli Skogen, og Ingrid Regina Reinkind på Miljødirektoratet for god dialog under prosjektet.

10.10.2019 Jens Åström

1 Inledning og bakgrunn

De eventuelle konsekvensene av vindkraft på insekter har tradisjonelt blitt vurdert å være små nok til å se bort ifra. Derfor har insekter vanligvis ikke blitt tatt med i miljøkonsekvensvurderinger for etablering av vindkraftverk. Prinsippet har vært at insekter hovedsakelig flyr i lavere høyder og ved lavere vindhastigheter enn vindturbiner opererer. Nylig har disse antakelser blitt trukket i tvil, først og fremst etter en beregning av den potensielle påvirkningen av vindturbiner på insekt i Tyskland (Trieb 2018), på bakgrunn av urovekkende signaler om stor, pågående nedgang av insekter i Tyskland (Hallman et al. 2017, nylig også Seibold et al. 2019), samt observasjoner av insektrester på rotorblader (mest i Tyskland og USA), se figur 1.

På grunn av disse bekymringer, og sett i sammenheng med den aktuelle nasjonale rammen for vindkraft (NVE 2019), har Miljødirektoratet gitt Norsk institutt for naturforskning i oppdrag å gjøre en kort vurdering av studien til Trieb (2018) og dens relevans for Norge.



Figur 1. Eksempler på rester av insekter på rotorblader til vindkraftverk. Venstre: rester av en svermende bille (*Omophlus lepturoides*) (BladeCleaning 2018). Senter: ikke identifiserte insektrester på rotorblad (Wilcox et al. 2017). Høyre: Nedsølt bladfront på rotorblad nær bladets spiss (Hinsch & Westermann 1996). Bildekomposisjonen er hentet fra Trieb (2018).

2 Modellen fra Trieb

Trieb sin studie (2018) konkluderer med at påvirkningen av vindkraft på flyvende, og spesielt trekkende, insekter kan være betydelig større enn hva man tidligere har antatt. Mengden drepte insekter i Tyskland, målt i biomasse, beregnes til mellom 1 200 – 3 200 tonn per år. Argumentet er at insekter kan forekomme i betydelige mengder også i høye vindhastigheter, særlig ved grensene til konveksjonssjikt i tilfelle av temperatuurinversjon. Insekter ved disse tilfeller drive opp med konveksjonsstrømmer da luften nære marken varmes opp, men kan stoppe opp og samles der disse luftstrømmer møter varmere luft høyere opp. Studien prøver ikke å sette de beregnede mengdene i sammenheng med den totale mengden insekter i landet.

Studien inneholder ikke noen nye empiriske undersøkelser, men er en modelleringsøvelse som baserer seg på en rekke antakelser og verdier, tatt fra ulike litteraturkilder. Modellen beregner biomassen av insekter som treffer rotorbladene til vindturbiner per år i Tyskland. Den kan i kort-het sammenfattes som en funksjon av disse komponentene:

- **Mengde luft som passerer gjennom rotorbladene**
- **Tetthet av insekter i luften**
- **Andel av insektene som treffer rotorbladene**

Vi diskuterer de relevante delene i rekkefølge.

2.1 Mengde luft som passerer gjennom rotorbladene

Denne delen er relativt enkel å beregne og bør kunne faststilles med tilstrekkelig nøyaktighet. Mengden luft beregnes av Trieb ved å multiplisere det totale rotorarealet i Tyskland med gjennomsnittlig vindhastighet og antallet timer vindturbinene er i drift. Studien bruker et gjennomsnitt for rotorarealet per watt (2 800 m²/MW), Tysklands totale vindkraftskapasitet (56 356 MW), et gjennomsnitt for vindhastigheten da vindturbinene er i drift (14 m/s) og antakelsen at de er i drift på full belastning 1000 timer (~41 dager) innenfor sesongen insekter er aktive (slutten av april tom. oktober). Denne beregning kan i prinsippet forfines gjennom å skaffe mer nøyaktig informasjon om den totale mengden rotorareal og vindhastighetene når hver turbin roterer, men vi bedømmer at generaliseringen er god nok for denne overslagsberegningen. Trieb beregner fra dette mengden luft som passerer tyske vindturbiner til $8 \cdot 10^6$ km³ per år.

2.2 Tettheten av insekter i luften

Dette er svært vanskelig å beregne og det finnes få empiriske studier. Oppgaven her er å beregne tettheten av insekter i det luftsjiktet som passerer gjennom rotorbladene på vindturbinene når de er i operasjon. Det finnes svært lite informasjon om disse tetthetene og hvordan de varierer over tid og rom i forhold til lokale habitat-, klima- og livssyklusforhold. Trieb benytter seg av to komponenter for å beregne tettheten:

1) Gjennomsnittsverdien av insekttetthet i et stort luftvolum over regionen Schleswig-Holstein målt i en doktorgrads-studie mellom årene 1998 og 2004 (Weidel 2008).

2) En statistisk/matematisk modell over hvordan mengden insekter varierer i ulike høydelag fra 1957, estimert ut fra flere empiriske datasett (Johnson 1957). Trieb bruker både gjennomsnittstettheten av insekter fra 2008 på 3 kg/km³, og den modellerte høyere tettheten nær bakken på 9 kg/km³ for å beregne insekttapet. For å sette disse verdiene i sammenheng så tilsvarer 3 kg insekt i et 1 km³ luftvolum, fra bakken og oppover, sannsynligvis i størrelsesorden mindre en 0.1% av den totale mengden insekter på landarealet under dette luftvolumet (se beregninger nedenfor av totale mengden insekter).

Studien som Trieb henter tallene på insekttetthet fra nevner at tetthetene varierte sterkt fra dag til dag, og at de samlet insekter utelukkende på de fineste sommerdagene for å maksimere fangstene, ettersom insekter flyr i mindre grad i kaldt og vindfullt vær. En

studie fra 2013 over hvordan tetthetene av flyvende insekter varierer med vindhastighet i Danmark, og konsekvensene av dette på låvesvale, viste at tettheten av insekter minker kraftig med økt vindhastighet (Møller 2013). Denne studien angir at insekttetthetene er omtrent 80% lavere ved vindhastigheter mellom 8-10 m/s, sammenlignet med vindstille forhold. Tetthetene vil fortsette å minske med økt vindhastighet. Trieb er åpenbart kjent med dette fenomenet. Han presenterer for eksempel en 'insekthypotese' (s. 9) som inkluderer forholdet mellom flyveaktivitet og vindhastighet (etter Corten 2001). Likevel er andelen flyvende insekter ved 14 m/s antatt å være upåvirket i hans modellering, tilsynelatende på grunn av at han mener insekter kan nå konveksjonssjikt som har høye hastigheter. Insektenes adferd ved lave vindhastigheter, der de iblant kan fly opp til, eller passivt transporteres gjennom konveksjon til raskere, høye konveksjonssjikt, i kontrast til deres adferd ved høye vindstyrker, ser ut til å være en viktig distinksjon som Trieb ikke tar hensyn til. Videre fant studien av insekttettheten i luft fra 2008 (Weidel 2008) de største tetthetene av insekter ved et konveksjonslag på omtrent 1 km høyde, hvilket ikke samsvarer med den statistiske modellen fra Johnson (1957), der antallet insekter antas være størst nær bakken. Dette konveksjonslaget ligger altså betydelig høyere enn der vindmøller opererer.

Det er derfor svært usikkert om gjennomsnittsverdien på 3 kg/km³ er relevant for luftsjiktet der vindturbiner opererer, og særlig hva insekttettheten er på dager med høy vindhastighet. I tillegg setter Trieb fokus på insekter i trekkfasen som antas til å være den mest kritiske livsfasen iht. kollisjonsrisiko. Ifølge rapporten tar overgangsperiodene mellom ulike livsfaser ikke mer enn noen timer eller dager. Men det er altså ukjent om trekkfasen tidsmessig er påvirket av værforhold for å optimalisere spredning. **Vi mener at det er sannsynlig at insekttetthetene i luftsjiktet som passerer rotorbladene når de er i drift er betydelig mindre enn hva som brukes i modellen, men vi poengterer at dette er svært dårlig undersøkt.** De mest tallrike insekttaksa fra studien av luftmassene i Schleswig-Holstein var for øvrig bladlus, trips, og mygg.

2.3 Andel av insektene som treffer rotorbladene

Dette beregnes fra en fysisk modell som kalibreres med empiriske data. Trieb benytter seg her av en modell utviklet av Wilcox & White (2016) som samsvarer med resultatene fra Fiore & Selig (2015). Vi har liten mulighet å kritisere denne modellen, men noterer i likhet med Trieb at det trolig er et konservativt mål, da den kun beregner insekter som treffer rotorbladene, mens skader også kan opptre fra såkalt «barotrauma», dvs. ved kraftige endringer i lufttrykk som oppstår nære rotorbladene. Trieb beregner med hjelp av formlene i Wilcox & White andelen insekter som treffer rotorbladene til 5% av de som passerer gjennom rotorbladarealet. Det er altså mulig at andelen som skades av rotorbladene er høyere enn de 5% som brukes i modellen.

2.4 Triebs beregning

Ut fra verdiene som har blitt beskrevet ovenfor, så kan man beregne mengden biomasse insekter som drepes av sammenstøt med rotorbladene i vindenergianlegg årlig.

Biomasse drept = $8 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ (luftgjennomstrømning) $\cdot 3 \text{ kg/km}^3$ (insekttetthet) $\cdot 0.05$ (andel drept)

Biomasse drept = $1.2 \cdot 10^6 \text{ kg}$, dvs. 1 200 tonn insekt årlig.

Ved å bruke den modellerte, enda høyere tettheten av insekter på 9 kg/km³ får man resultatet 3 600 tonn insekter årlig.

3 Mengden drepte insekter satt i sammenheng

1 200 til 3 600 tonn drepte insekter per år for Tyskland høres urovekkende mye ut. Men det bør settes i sammenheng med hvor mange insekter det er totalt sett. Det er vanskelig å vite hvor mange insekter det er per km² i Tyskland, men vi kan ta noen tall fra andre studier for å få et grovt overslag.

To studier fra skoger i USA angir mengden insekt per km² til 1.1 respektive 2.7 milliarder (Pearse 1946, respektive Sabrosky 1952). Hvis vi antar (som Trieb gjør) at gjennomsnittsvekten av et insekt er 1 mg, viser disse studier at det finnes 1 100 respektive 2 700 kg insekter per km². 1 mg kan være et lavt estimat på gjennomsnittsvekt, men det viktige her er at vi baserer oss på de samme tallene som Trieb.

Williams (1960) har også beregnet den totale mengden insekt i verden til $1 \cdot 10^{18}$. Gitt dette estimat, og at jordens totale isfrie landareal er omtrent $1.3 \cdot 10^8$ km², er biomassen insekter per km² i gjennomsnitt 7 700 kg. Til sist bruker Bar-On et al. (2018) flere kilder for å lage et estimat på i gjennomsnitt 6 900 kg insekter per km². Merk at disse to tall er et gjennomsnitt over hele kloden, og at tetthetene i Tyskland sannsynligvis er lavere. Dette er bare grove overslag, og bare noen eksempel av flere relevante studier, men vi noterer at de alle oppgir tall i samme størrelsesorden og mener de kan være gode nok til en enkel sammenligning med tallene til Trieb.

Hvis man for enkelhets skyld tar et gjennomsnitt av disse tallene, kan vi bruke 4 600 kg insekt per km². Gitt landarealet til Tyskland på 357 386 km² har Tyskland da totalt sett omtrent 1 600 000 tonn insekter. Gitt disse overslagene dreper vindkraftparkene i Tyskland årlig omtrent 0.075% av insektene i Tyskland hvis man bruker gjennomsnittstettheten insekter i luften (3 kg/km³) eller 0.23% hvis man bruker den høyere modellerte tettheten (9 kg/km³). **Gitt alle usikkerheter i disse beregninger, og den høye insekttettheten Trieb bruker, kan man summere analysen hans som at tyske vindkraftparker årlig dreper i størrelsesorden tilsvarende 0.1 – 0.2% av Tysklands insekter.** Dette inkluderer altså ikke effekten av vindhastighet på insekttetthet som vi mener ville redusere disse tallene ytterligere.

Det bør dog noteres at denne sammenligningen er basert på det totale antallet insekter, og skiller ikke ut de flyvende insektene. For flyvende insekter vil det prosentvise tapet kunne være betydelig større da det bare er disse som er aktuelle for kollisjoner med vindturbiner. Dessverre har vi ikke noen gode estimater på hvor stor andel av insektene som er flyvende, men andelen drepte flyvende insekter kan i prinsippet beregnes som:

Andel drepte flyvende insekter = beregnet andel drepte insekter totalt / andel flyvende insekter.

Mengden flyvende insekter varierer mye gjennom sesongen, og øker som regel kraftig utover sommeren. De fleste insekter overvintrer enten som egg eller larve, og utvikles til flyvende voksne individer i løpet av sommeren. Noen har relativt korte flyveperioder på sensommeren og vil da være mest utsatt med tanke på vindturbiner. Andre insekter overvintrer som voksne og flyr tidlig på våren for å pare seg, og da har de relativt lave populasjonsstørrelser. Disse vil derfor kunne påvirkes mest om våren, selv om tetthetene denne perioden ikke er så stor. Det er kjent at kollisjoner med flaggormus på vindkraftverk øker på sensommeren, hvilket kan være en effekt av større tettheter insekter ved vindkraftverk disse tider. Men kollisjoner med flaggormus kan også ha forskjellige forklaringer (se Barclay et al. 2017): tiltrekning til turbiner pga. lyd, lys eller rotorbladenes overflate som vannressurs (McAlexander 2013), kurtise og parring (ofte rundt høyere strukturer; Cryan et al. 2012), bruk av turbiner som hvileplass (Bennett et al. 2017), matsøking tilknyttet åpent landskap rundt turbinene eller insektenes flyveaktivitet eller migrasjon (Rydell et al. 2010). Disse korte betraktninger viser selvfølgelig ikke hele bildet av insektenes flyveaktivitet, men peker bare på begrensingene ved å kun benytte enkle gjennomsnitt.

Tallene på årlige tap av insekter, selv om de er grove overslag, betyr heller ikke nødvendigvis at insektbestanden vil minke fra år til år med denne mengden. Insektforekomster er i stor grad avhengig ressursmengden i et habitat og vil være i stand til å takle en viss andel av årlige tap av

flyvende individer. Man bør derfor inkludere i hvert fall en enkel populasjonsmodell i vurderingen, for å kunne beregne de faktiske effektene av vindkraftverk på insekter.



Figur 2. Å måle tetthetene av insekter i relevant høyde under høye vindstyrker vil by på praktiske utfordringer. Her vises en vindmølle fra Smøla (Roel May).

4 Relevansen for norske forhold

Mengden etablert vindkraft i Norge er til dags dato mye lavere enn i Tyskland, selv om vi har et tilsvarende landareal. Per i dag har Norge cirka 1 700 MW installert, mot Tysklands cirka 56 000 MW. Det er per i dag planlagt utbygging av ytterligere cirka 2 400 MW i Norge, for en total fremtidig kapasitet på 4 100 MW. Sett utfra hvilket landareal vindturbinene kan dekke (siden de kan rotere 360 grader), dekker tyske vindturbiner cirka 0.044% av Tysklands landareal. Hvis Norge bygger ut etter nåværende planer, vil vindparker dekke cirka 0.003%, det vil si omtrent en tiendedel av det i Tyskland. **Gitt Trieb sine egne tall skulle dermed norsk vindkraft, i et grovt overslag, potensielt kunne drepe i størrelsesorden 0.01 - 0.02% av landets insekter hvert år, eller opp til 0.1 - 0.2% av landets flyvende insekter, hvis man for eksempel antar at kun 10% av dem er flyvende.** Men tallene er sannsynligvis mindre, av flere grunner:

- Plasseringen av vindturbiner i Norge er hovedsakelig konsentrert i kystregionene, der man kan forvente seg mindre insekttettheter enn i de produktive landbruksarealene der tyske vindkraftverk i stor grad er plassert. Langveis migrasjon hos insekt, som Trieb fokuserer på, er sannsynligvis heller ikke så vanlig langs norskekysten, sammenlignet med Tysklands innland.
- Som nevnt tidligere, er tettheten av flyvende insekter i rotorbladarealet ved operasjon sannsynligvis betydelig lavere enn de tallene Trieb har brukt, da han benytter seg av innsamlinger gjennomført kun i finværsdager om sommeren.
- I Norge blåser det mest om vinterhalvåret og vindkraftproduksjonen går som regel ned noe over sommermånedene da insektene flyr som mest. Insektene vil også ha en noe kortere aktivitetsperiode i Norge enn i det varmere klimaet til Tyskland. En stor del av vindkraftproduksjonen vil dermed foregå på tider da insektene ikke er aktive i det hele tatt. Samtidig blåser det oftere i Norge enn i Tyskland, slik at en vindturbin her kan være i full drift cirka 3 ganger så lenge som i Tyskland. Likevel ligger mesteparten av produksjonen utenfor insektenes værmessige aktivitetstoleranse.
- Det er så vidt vi vet ikke notert noe betydelige mengder insekter på rotorbladene til norske vindkraftverk, og det foregår ikke noen spesiell rengjøring av rotorbladene grunnet tilgrising fra insekter. Dette skulle til dels kunne forklares med hyppig regnvær som vasker bladene rene, men vi noterer at tildekking av insekter på rotorblader virker å være et ukjent fenomen i Norge.

4.1 Gjennomsnittstall gjengir ikke hele bildet

Beregningene til Trieb og i dette notatet må kun ses som grove overslagsberegninger. Beregningene uttaler seg om insekter sett under ett, på tvers av ulike type habitat og klimaforhold (i tillegg til variasjon i turbintyper og plasseringer). Insekters forekomster er i virkeligheten betydelig mer variert, både i tid og rom. Det er for eksempel sannsynlig at insektfaunaen nær vindkraftverk har visse særpreg, da disse som oftest plasseres i relativt likt habitat, typisk sett i treløse områder langs kysten. Selv om vindkraftanlegg mest sannsynlig ikke truer den norske insektfaunaen i sin helhet, er det derfor mulig at de kan ha lokale negative påvirkninger på enkelte insektgrupper/arter.

Som Trieb diskuterer, er det dokumentert tilfeller av store mengder insekter på vindkraftverk i andre land, som iblant resulterer i kraftig reduksjon av energien kraftverket produserer. Det er derfor ikke tvil om at store antall insekt kan kollidere med vindkraftverk under visse forhold. **En antatt lav påvirkning på landsskala skal derfor ikke tas som argument for at man ikke trenger gjøre lokale vurderinger.** Situasjonen vil også kunne endre seg hvis man i stor skala anlegger vindkraftverk i andre habitatstyper i framtiden (f.eks. innlandsfjellene) enn der det bygges nå (mest kystnære fjellområder).

4.2 Kunnskapsbehov

Det kan finnes pågående negative påvirkninger av vindkraft som vi ikke kjenner til, simpelthen fordi ingen har sjekket. I hvilken grad vindturbinene tiltrekker insekter med eller uten ekstra be-lysning, er så vidt vi vet fortsatt ukjent, selv om det er velkjent at noen insektgrupper tiltrekkes

sterkt av lyse overflater og lamper, og at fargen på overflatene er betydningsfull (Long et al. 2010). I tillegg er det ukjent hvordan insekter påvirkes av turbulens og såkalte 'wake effects' rundt vindturbiner, dvs endrete vindforhold på lesiden av turbinene. I likhet med hva studier på flaggermus viser, er det trolig at man kan minke effekten av vindkraftverk på insekter gjennom å stenge driften i bestemte perioder og vindforhold (såkalt 'smart curtailment'; Baerwald, et al. 2009, Behr et al. 2016), men omfanget på problemet er etter hva vi vurderer fortsatt usikkert. Gitt de lokalt store tetthetene av vindturbiner, og forventet økning av utbygging i fremtiden, mener vi at det bør gjennomføres noen form for empiriske studier over insektforekomst og påvirkning i norske vindkraftverk. En enkel skisse på gjennomførbare punkter kan se ut slik:

- Undersøke insekttettheter i rotorbladarealet under relevante operasjonsforhold. Dette bør gjøres gjennom hele sesongen, i varierende vindforhold, og kan sammenlignes med upåvirkede miljøer for å fange realiserte effekter på insekter. Dette vil by på noen praktiske utfordringer (Figur 2), men bør være gjennomførbart.
- Analysere insektrester på rotorblad manuelt og med DNA-teknikk.
- Kartlegge forekomst av særlig truede insektarter ved vindkraftverk. Dette bør ses i sammenheng med insektenes totale habitatsmengde.
- Undersøke konsekvensen av belysing av vindturbinene, farge og andre mulige tiltrekkende egenskaper på insekter.

5 Konklusjon

For å sammenfatte denne korte vurderingen så ser studien til Trieb ut å være prinsipielt grei for en grov overslagsberegning på tapet av insekter fra vindkraft, bortsett fra at han ikke tar høyde for at insektene flyr mindre på dager med mye vind. Studien er viktig ved at den identifiserer en potensiell, ikke ubetydelig negativ påvirkning på insekter, men øvelsen setter først og fremst fingeren på de store kunnskapshullene vi har. Modellresultatene er sensitive for inputverdiene, der særlig tettheten av insekter i luften er usikker og muligens kraftig overvurdert.

Gitt inputverdiene og et grovt overslag på den totale mengden insekter i Tyskland, tyder Trieb sin studie på at tyske vindkraftverk dreper i størrelsesordenen 0.1-0.2% av alle insekter i Tyskland hvert år. Hvis dette stemmer, er det en relativt liten påvirkning på insektfaunaen generelt, men den kan være større for enkelte grupper da ikke alle insekter flyr. Gitt usikkerhetene ved å bruke tetthetsestimater av insekter fra godværsdager som et mål på mengden insekter som passerer gjennom vindturbinene, vurderer vi at disse tallene kan være en tierpotens mindre.

Gitt omfanget på vindkraft i Norge, inkludert den nå planlagte utbyggingen, skulle samme beregning antyde at tap av insekter fra vindkraft i Norge ligger på omtrent en tiendedel av nivåene i Tyskland, dvs. 0.01 – 0.02% av insektene totalt sett, men disse tallene er svært usikre. Mest sannsynlig er påvirkningen på insekter mer lokal i Norge sammenlignet med Tyskland, gitt at vindturbinene her er hovedsakelig plassert i kyststrøk over skoggrensen, mens de i Tyskland er spredd over store jordbruksarealer.

Vi vurderer altså at påvirkningen av vindkraft på insekter sannsynligvis er mindre enn hva Trieb beregner, og at det er en relativt liten påvirkning på insekter totalt sett. Derimot kan det forekomme større påvirkninger lokalt, og særlig av enkelte insektgrupper. Hovedpoenget er likevel at vi ikke vet med sikkerhet.

6 Referanser

Baerwald, E. F. & Barclay, R. M. R. Geographic variation in activity and fatality bats at wind energy facilities. *Journal of Mammalogy*. 2009, 90: 1341–1349.

Barclay, R. M. R., E. F. Baerwald, and J. Rydell. 2017. Bats. Pages 191–221 in M. R. Perrow, editor. *Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions*. Volume 1 Onshore: Potential Effects. Pelagic Publishing.

Bar-On, Y. M., Phillips, R. & Milo, R. 2018. The biomass distribution on Earth. - *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 10.1073/pnas.1711842115

Bennett, V.; Hale, A.; Williams, D. 2017. When the Excrement Hits the Fan: Fecal Surveys Reveal Species-Specific Bat Activity at Wind Turbines. *Mammalian Biology*, 87, 125-129.

Behr, O.; Brinkmann, R.; Korner-Nievergelt, F.; Nagy, M.; Niemann, I.; Reich, M.; Simon, R. 2016. Reducing the Collision Risk for Bats at Onshore Wind Turbines (RENEBAT II). Report by Friedrich Alexander Universität Erlangen Nürnberg and Leibniz Universität Hannover. pp 374.

BladeCleaning (2018): BladeCleaning - Limpieza de Palas, Quick Facts, website accessed 19.06.2018 http://www.bladecleaning.com/problematica_EN.htm

Corten, G.P. 2001. Flow separation on wind turbines. PhD thesis, Utrecht University. 107 pp.

Cryan, P.; Jameson, J.; Baerwald, E.; Willis, C.; Barclay, R.; Snider, E.; Crichton, E. 2012. Evidence of Late-Summer Mating Readiness and Early Sexual Maturation in Migratory Tree-Roosting Bats Found Dead at Wind Turbines. *Plos One*, 7(10), 9.

Fiore, G. and Selig, M.S. 2015. Simulation of Damage for Wind Turbine Blades Due to Airborne Particles, *Wind Engineering*, Volume 39, No. 4, 399–418. <https://doi.org/10.1260/0309-524X.39.4.399>

Hallmann C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., et al. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12 (10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

Johnson, C.G. 1957. The distribution of insects in the air and the empirical relation of density to height, *Journal of Animal Ecology*, Vol. 26, No. 2 pp. 479-494. DOI: 0.2307/1760. <https://www.jstor.org/stable/1760>

Long, C.V., Flint, J.A., and Lepper, P.A. 2010. Insect attraction to wind turbines: Does colour play a role? *European Journal of Wildlife Research*. 57, 2:323-331.

McAlexander, A. 2013. Evidence that Bats Perceive Wind Turbine Surfaces to be Water. Master's Thesis, Texas Christian University.

Møller, A. P. 2013. Long-term trends in wind speed, insect abundance and ecology of an insectivorous bird. *Ecosphere* 4(1):6. <http://dx.doi.org/10.1890/ES12-00310.1>

NVE, Norges vassdrags- og energidirektorat. 2019. Forslag til nasjonal ramme for vindkraft. Rapport Nr. 12-2019. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_12.pdf

Pearse, A. S. 1946. Observations on the Microfauna of the Duke Forest. *Ecological monographs*, Volume 16: 127-150.

Rydell, J., et al. 2010. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *European Journal of Wildlife Research*. 56:823–827.

Sabrosky, C. W. 1952. How many insects are there? in *Insects: The Yearbook of Agriculture*. U.S. Dept. of Agr., Washington, D. C.

Seibold, S., Gossner, M.M., Simons, N.K. et al. 2019. Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574, 671–674 doi:10.1038/s41586-019-1684-3

Trieb, F. 2018. Interference of Flying Insects and Wind Parks (FliWip). Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. <https://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/st/FliWip-Final-Report.pdf>

Weidel, H. 2008. Die Verteilung des Aeroplanktons über Schleswig-Holstein, Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel.
<https://d-nb.info/1019553197/34>

Wilcox, B., White, E. 2016. Computational analysis of insect impingement patterns on wind turbine blades, *Wind Energy* 19, 483–495, DOI: 10.1002/we.1846
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/we.1846>

Williams, C. B. 1960. The Range and Pattern of Insect Abundance. *The American Naturalist* 94, no. 875:137-151.

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3473-3

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger