



Vindkraftens påverkan på smålom

The effects of wind power on Red-throated divers

Joel Hallingfors & Marcus Åsberg Genctürk

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för Skogens ekologi och skötsel
Jägmästarprogrammet
Kandidatarbete I Skogsvetenskap • 2023:10
Umeå 2023



Vindkraftens påverkan på smålom

The effects of wind power on Red-throated divers

Joel Hallingfors & Marcus Åsberg Genctürk

Handledare: Johan Svensson, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för vilt, fisk och miljö

Bitr. handledare: Wiebke Neumann, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för vilt, fisk och miljö

Examinator: Torgny Lind, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig resurshushållning

Uppdragsgivare: Pelagia Nature & Environment AB

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt kandidatarbete i Skogsvetenskap

Kurskod: EX0911

Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Kursansvarig inst.: Skogens ekologi och skötsel

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2023

Omslagsbild: Joel Hallingfors

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Serietitel: Kandidatarbeten i skogsvetenskap

Delnummer i serien: 2023:10

Nyckelord: *smålom, vindkraftsetablering, skyddszon, buffertzoner, QGIS, habitatpåverkan*

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Sammanfattning

Vindkraftsetableringar i Sverige ökar och har ökat kraftigt de senaste åren. Etableringen leder till att olika intressen krockar med varandra och hänsyn måste tas till drabbade arter som exempelvis smålom (*Gavia stellata*). Fåglar drabbas direkt och indirekt genom bland annat kollisioner, habitatförluster och störningar som kan leda till undvikande beteenden vid vindkraftverk. Olika rekommenderade skyddszoner för fågelarter används i dagsläget. Den nuvarande rekommendationen för smålom är på en kilometer och baseras på expertutlåtande, vetenskapliga rekommendationer samt försiktighetsprincipen. Vid vindkraftsetablering krävs miljökonsekvensanalyser samt rekommenderas utlåtanden från experter och ornitologer för att avgöra huruvida specifika områden är särskilt känsliga för mänsklig exploatering. Dagens forskning visar på olika grader av mortalitet och habitatpåverkan för fåglar i allmänhet. Det handlar främst om kollisioner mellan fåglar och vindkraftverk samt att etableringen av vindkraftverken ofta sammanfaller med områden där fåglarna häckar eller födosöker. Syftet med studien var att sammanställa den nuvarande kunskapen om vindkraftens påverkan på smålom. För att besvara detta kombinerades litteraturstudier med rumsliga analyser i GIS verktyget QGIS. Analysen i QGIS begränsades till Västerbottens län, men aktuell forskning har studerats oberoende av område med hjälp av litteraturstudier. Buffertzoner på en respektive fem kilometer skapades för att kalkylera andel smålomshabitat inom zonerna för alla vindkraftverk i Västerbotten. Resultatet visar att en väldigt liten del av de klassade smålomshabitaten hamnar inom buffertzonerna. Antalet bekräftade häckningsplatser för smålom var som störst inom buffertzonerna på fem kilometer och betydligt färre inom en kilometer. Behovet av utökade skyddszoner till smålom är i dagsläget svår att bedöma men det finns belegg för att dagens rekommendation är tillräcklig, som exempelvis att antalet häckningsplatser inom skyddszonerna i Västerbotten är få.

Nyckelord: smålom, vindkraftsetablering, skyddszon, buffertzoner, QGIS, habitatpåverkan

Abstract

The establishment of wind turbines in Sweden is increasing and has been increasing the last few years. Different interests need to be considered since this establishment often leads to clashing interests. Consideration for species such as the Red-throated diver (*Gavia stellata*) needs to be taken into account. Birds are affected directly and indirectly through collisions and habitat loss. Different recommendations are applied today regarding protective zones. The current recommendation for Red-throated diver is one kilometre and is based on expert assessment, scientific recommendations, and a general precautionary principle. Environmental impact analyses are required when establishing wind farms and verdicts from experts and ornithologists are recommended to assess whether certain habitats are more or less sensitive for anthropological exploitation, such as wind farm establishment. Current research indicates varying levels of mortality and habitat effects on birds as a whole. Primarily habitat loss and collisions are mentioned since wind turbines generally are placed in areas where birds forage and breed. The purpose of this study was to compile the current knowledge regarding the effects of wind power on the Red-throated diver. To answer this, a combination of literature studies and analyses in QGIS was used. For the GIS-analysis, the area of interest was limited to Västerbotten county, Sweden. The results show that a very small part of the classified Red-throated diver habitats coincide with the QGIS created buffer zones around wind turbines. The number of confirmed nesting sites for Red-throated diver was largest in the five kilometre buffer zones and smallest for the one kilometre zones. It is difficult to establish whether the current use of protective zones is sufficient, but evidence suggests that the recommended use of protective zones is enough since a very small amount of the reported nesting sites are found within the created buffer zones around wind farms in Västerbotten.

Keywords: Red-throated diver, Wind turbine establishment, Protective zone, Buffer zone, QGIS, habitat effect

Innehållsförteckning

Ordlista	6
1. Inledning	7
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Problembakgrund.....	8
1.3 Syfte och frågeställningar	10
1.4 Avgränsningar	10
2. Metod	11
2.1 Litteraturstudie	11
2.2 Indata och analysmetod.....	11
3. Resultat	15
3.1 Litteraturstudier av vindkraftens påverkan på fåglar.....	15
3.2 Skyddszoner	18
3.3 Potentiella häcknings- och födosöksområden	19
3.4 Häckningar inom buffertzoner.....	21
4. Diskussion	23
4.1 Potentiella och konstaterade häckningsplatser	23
4.2 Nuvarande hänsyn och problematik	24
4.3 Är en kilometer skyddszon tillräcklig?.....	25
4.4 Metoddiskussion	27
4.5 Slutsats	27
5. Referenslista	27
Tack	32
Bilaga 1	33
Bilaga 2	34

Ordlista

Turbin	Används synonymt med vindkraftverk i rapporten
Vindkraftverk	Används synonymt med turbin i rapporten
Skyddszon	Det skyddsområde som används vid hänsyn av en specifik art
Buffertzon	Det skyddsområde som skapas och visualiseras med hjälp av GIS verktyget QGIS

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I takt med de ökande klimatförändringarna i världen observeras ett större stöd för vindkraftsetableringar kopplat till den gröna omställningen, där fossilfria alternativ ska prioriteras (Ek & Matti 2015). Landbaserad vindkraft är den dominerande formen i Sverige och vindkraften har byggts ut i hela landet (Hartmann & Ros 2022). Som det ser ut idag är vindkraften Sveriges tredje största kraftkälla för el (Bolin et al. 2021). Teknikutveckling under senare år har lett till större möjligheter för vindkraftsturbiner att motstå kyla vilket i sin tur leder till att en större etablering har skett i norra Sverige (Hartmann & Ros 2022). Riksdagen har bestämt att vi i Sverige till år 2040 ska ha 100 % förnybar elproduktion där fler energislag än vindkraft inkluderas under denna kategori (Bolin et al. 2021). Då Sverige lägger mer fokus på förnybara energisystem så expanderar vindkraftsetableringar i snabb takt enligt statistik från energimyndigheten (Dyfelsten & Berard 2022). Mellan åren 2012 och 2021 fördubblades nästan antalet vindkraftverk i Sverige, från 2300 turbiner till 4200 (Bolin et al. 2021). Etableringen väntas öka fram till främst 2040 då målen ska vara uppfyllda (Bolin et al. 2021). Även globalt ser vi att energiförsörjning från vindkraft blir en allt mer betydande del av energikällan i många länder som resultat av en större etablering, som till exempel i Spanien (Solaun & Cerdá 2020) och Storbritannien (Drewitt & Langston 2006).

Vindkraftsetableringar leder till att olika markanvändningsintressen krockar med varandra och att andra värden påverkas negativt (Ek & Matti 2015). Renbetesmarker, rekreationsområden samt skyddad natur är områden som behöver beaktas (Ek & Matti 2015). Det finns en negativ påverkan på biologisk mångfald generellt och även på vissa arter och artgrupper specifikt (Ek & Matti 2015). Precis som vid etablering av andra miljöskadliga verksamheter kräver vindkraftsetablering tillstånd enligt miljöbalken, samt medgivande från berörda kommuner (Bolin et al. 2021). Det handlar om en strikt reglerings- och tillståndsprocess där den som avser att etablera vindkraft måste utföra en miljökonsekvensanalys samt beskriva hur de avser att minimera denna påverkan (Bolin et al. 2021).

1.2 Problembakgrund

Den snabba etableringen betyder att olika samhällsintressen måste tas i beaktning, men även hänsyn till värdefulla naturmiljöer och djurarter (Bolin et al. 2021). Etableringen av vindkraft riskerar att påverka miljön negativt, bland annat vid grävning av grunden för vindkraftsparken så finns det risker för ekosystem att påverkas (Dai et al. 2015). Växter som tas bort från marker kan leda till exponerad markjord som med påverkan från vind och vatten eroderar och miljöfarliga ämnen såsom oljor och spillvatten kan läcka ut i grundvatten (Dai et al. 2015). Känsliga ekosystem tillhör de som kan påverkas värst av etableringarna då det kan ta lång tid för dessa att återhämta sig (Dai et al. 2015). Som tidigare nämnts riskerar även enskilda arter och artgrupper att drabbas negativt, varav fåglar är en grupp som är extra känslig (Ek & Matti 2015).

Fågelarter med längre livslängd, få avkommor och de som är specialister påverkas mest av vindkraft (Rydell et al. 2017; Balotari-Chiebao et al. 2021). En starkt bidragande faktor till mortalitet är vindkraftverkens lägen där våtmarker och andra blöta miljöer står ut som platser där riskerna är störst (Rydell et al. 2017). De flesta fåglar som dödas är småfåglar och dödligheten är högre för fåglar som vistas i ett område över en längre tidsperiod som i samband med häckning, övervintring och rastning under flyttperioden på våren och hösten (Kuvlesky et al. 2007; Erickson et al. 2014; Rydell et al. 2017; Balotari-Chiebao et al. 2021). Rastplatser för fåglar finns ofta i områden som är vindutsatta och sammanfaller därför med vindkraftsetableringar som också finns på områden med bra vindförhållanden (Schuster et al. 2015).

Fåglar med låg reproduktivitet kan få svårt att kompensera för en tydligt ökad dödlighet (Rydell et al. 2017). Ett exempel på en sådan art är smålom (*Gavia stellata*) (Rizzolo et al. 2020). Arten har ett cirkumpolärt utbredningsområde och häckar i små arktiska och boreala sjöar och övervintrar framför allt i marina miljöer (Rizzolo et al. 2020). Arten födosöker i närliggande sjöar där den även letar efter mat åt sina ungar (Rizzolo et al. 2020). Den flyger därför frekvent mellan häcknings- och födosöksområden som kan ligga upp till tio kilometer ifrån varandra (Rizzolo et al. 2020). Det svenska beståndets ungfågelproduktion bedöms vara bekymmersam och den långsiktiga trenden är minskande (Eriksson 2019). Eriksson (2019) menar att de nordiska länderna har ett internationellt ansvar för arten då två tredjedelar av det europeiska beståndet häckar i dessa länder, varav 13–19 % beräknas häcka i Sverige. Smålom räknas som en indikatorart för miljöförändringar inom sin häckningsmiljö på grund av dess känslighet mot störningar (Rizzolo et al. 2020). Det svenska beståndet har haft en långsiktigt minskande trend i häckningsutfallet vilket delvis varit kopplat till ökat predationstryck och i stora delar av landet har häckningsutfallet ej kompenserat för den årliga dödligheten

(Eriksson 2019). Häckningsbiotoper kan överges och ny- respektive återetableringar kan ske i sjöar vilket innebär att smålommens val av häckningsplatser är komplex och leder till att bedömningar av smålomsförekomst inte kan baseras på ett enskilt år (Eriksson 2019).

Mark- och miljööverdomstolen (MÖD) har i flera domar hänvisat till smålom i sina beslut (Energimyndigheten 2020). I en utredning (MÖD M 1413-16) ansågs beskrivningen av smålom i området vara bristfällig och denna brist var en av anledningarna till att sökanden inte kunde visa att platsen var lämplig och därmed avslogs ansökan. En annan dom (MÖD M 7648-17) avslog en ansökan om bygglov där platsen inte ansågs lämplig eftersom häckande smålom nämndes i domslutet och där det påtalades att den är klassad som nära hotad. Ytterligare en dom (MÖD M 2504-13) avslog en ansökan om tillstånd för vindkraftverk där smålom nämns ha observerats i området och att den är upptagen på bilaga 1 till EU:s fågeldirektiv som handlar om bevarande av vilda fåglar.

Med hänsyn till infrastrukturens påverkan på mortalitet så ökar risken för kollisioner som resultat av vindkraftsetablering (Drewitt & Langston 2006). Orsaker till kollisioner beror huvudsakligen på utformningen av en vindkraftspark och hur parken har placerats i landskapet, vindkraftverkens utseende, väderförutsättningar, områdets topografi, områdets fågelfauna och fågelarternas unika beteenden (Drewitt & Langston 2006). För att undvika hög mortalitet hos fåglar krävs därmed en anpassning av vindkraftsetablering med hänsyn till exempelvis flyttvägar hos fåglar (Thaxter et al. 2017). Det finns studier som visar att högre turbiner resulterar i ett större antal dödade fåglar och ett ökat undvikande beteende jämfört med lägre turbiner (Hötker 2006; Loss et al. 2013; Hjernquist 2016). Dessa undersökningar har dock genomförts för turbiner som är lägre än de flesta som byggs i Sverige idag (Rydell et al. 2017). Vindkraftsturbinernas utformning tros påverka fåglarnas uppfattning om närliggande habitatområden enligt följande två hypoteser; större risk för predation samt en rädsla för nya objekt i habitatet (Walters et al. 2014). Det grundar sig i att stora och höga objekt är potentiellt effektiva utkiksplatser för rovfåglar (Walters et al. 2014).

Ett annat problem är den infrastruktur som uppstår i samband med uppförandet av nya vindkraftverk (Kuvlesky et al. 2007). Kuvlesky et al. (2007) visade att de vägar som måste anläggas i samband med vindkraftsetableringar kan ge upphov till skadlig fragmentering och orsaka större skada än vindkraftverken själva. Dessutom kan uppförande av högspänningsledningar skapa problem i form av kollisioner (Kuvlesky et al. 2007). Samma källa menar också att infrastrukturen kan leda till att nya invasiva arter etablerar sig i ett landskap via tillförsel av material till vägar och slänter.

1.3 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta arbete var att sammanställa kunskap om påverkan på smålom av vindkraft med fokus på förväntad skyddseffekt av en buffertzona runt vindkraftsturbiner. Syftet var också att analysera potentiell och faktisk påverkan inom olika buffertzoner runt turbiner i Västerbottens län. Ett antal frågeställningar undersöktes:

- Vilken är den huvudsakliga påverkan av vindkraft på smålom?
- På vilka grunder antas att just en buffertzona på en kilometer ger en förväntad skyddseffekt?
- Är den nuvarande rekommenderade skyddszonen på en kilometer för smålom vid vindkraftsetablering rimlig?
- Hur stor andel av potentiella häcknings- och födosökshabitat för smålom finns inom en kilometer respektive fem kilometer radie runt turbiner i Västerbottens län?
- Hur många fastställda häckningar för smålom finns inom en kilometer respektive fem kilometer radie runt turbiner i Västerbottens län?

1.4 Avgränsningar

I den här rapporten kommer påverkan från vindkraftsetableringar runt om i hela världen att behandlas i litteraturstudien medan GIS-analysen endast behandlar data från Västerbottens län, med en uppskattad population i storleksordningen 180-240 par (Ottosson et al. 2012).

2. Metod

2.1 Litteraturstudie

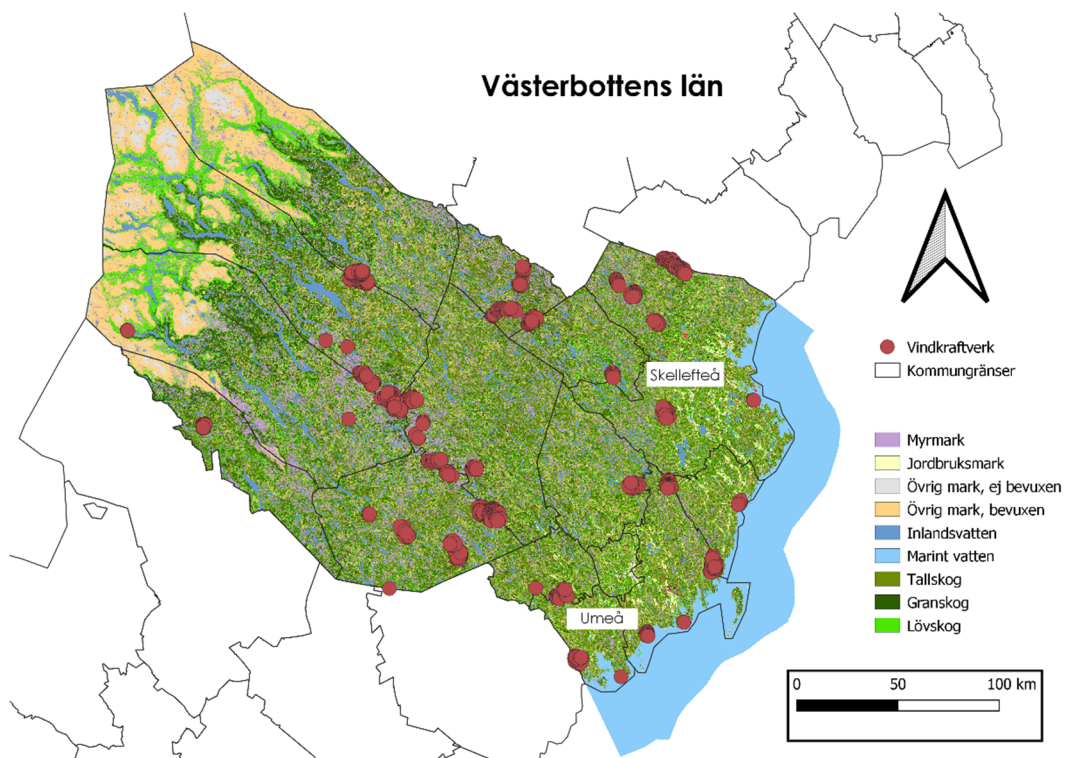
Genom litteraturstudier har rådande kunskap sammanställts. Litteraturen insamlades med hjälp av databaserna Primo och Google scholar med sökord, samt litteratur som insamlades via Google som sökmotor. Sökorden var exempelvis "smålom", "vindkraft", "fåglar", "vindkraftsetablering", "hänsyn" samt kombinationer av dessa söktermer. Information har också insamlats från myndigheter och fågelföreningar som Energimyndigheten och BirdLife Sverige. Relevanta källor funna via sökmotorer som refererat till andra källor inom ämnet har också använts.

2.2 Indata och analysmetod

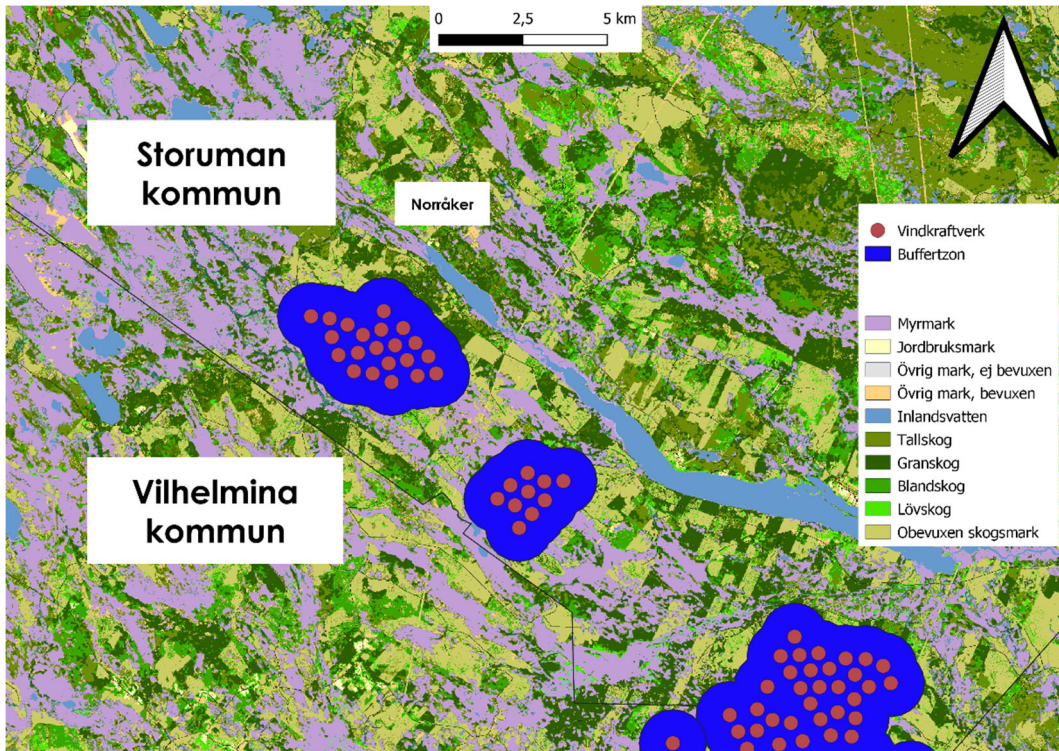
Rumslig analys med GIS har använts för att beräkna förekomsten av potentiella smålomshabitat i anslutning till vindkraftverk. Dessutom har en analys över konstaterade häckningsplatser genomförts, inom en kilometer och fem kilometer buffertzonen. Buffertzonen skapas med ett verktyg som heter "buffer" i QGIS där användaren själv bestämmer hur stort område buffertzonen utgör (QGIS 2023 version 3.20.3-Odense). Med hjälp av QGIS har vi kartlagt alla uppförda samt godkända planerade vindkraftverk i Västerbotten (se figur 1). För kartan har ett raster (Länsstyrelsen & Energimyndigheten 2023) med marktyper använts för hela Västerbotten med kartprojektionen SWEREF99 där vi utnyttjat buffertzoner för att kartera hur vindkraftverken är placerade i förhållande till potentiella habitat för smålom (se figur 2a och 2b).

Definition av potentiella smålomshabitat är att marktyp ska vara inlandsvatten, eftersom det är den marktyp som bäst beskriver smålommens habitatkrav. Buffertzonen är den cirkulära ytan runt varje vindkraftverk på kartan. De beräknas från koordinater på ett rasterlager (vindkraftverkens placering) samt rasterkartan för Västerbotten (Länsstyrelsen & Energimyndigheten 2023). Koordinater för

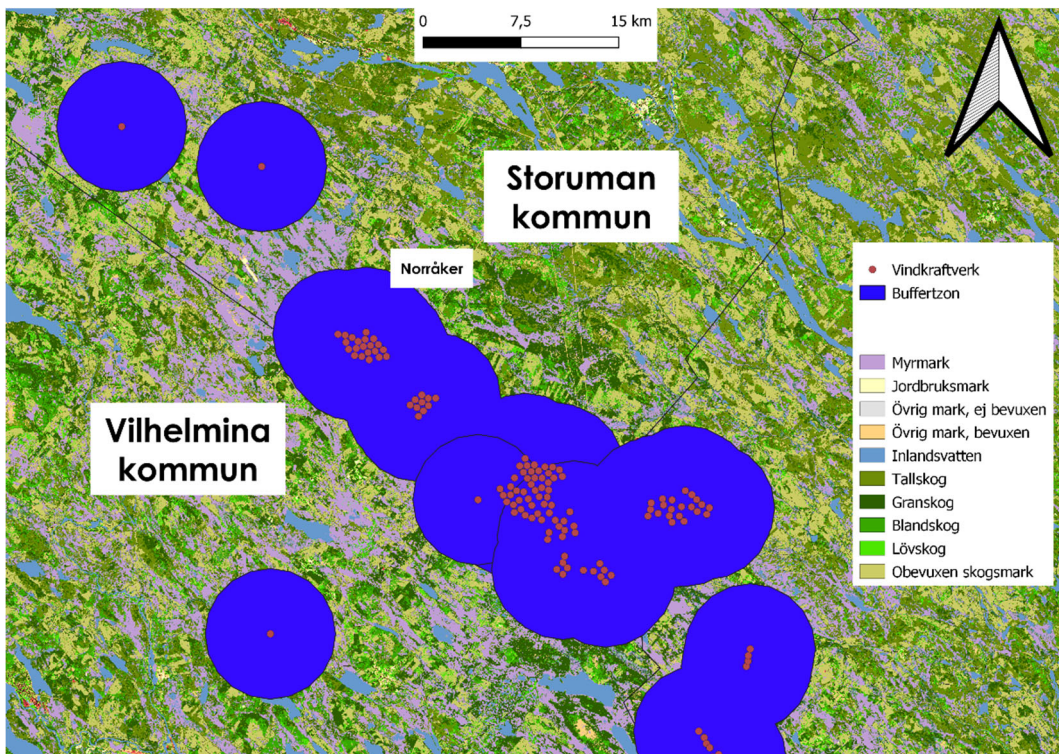
vindkraftverken importerades från vindbrukskollen, tillhörande Energimyndigheten som hanterar vindkraftsetablering (Energimyndigheten 2022). Buffertzonerna överlappar mycket och därför använde vi verktyget "dissolve" som tar bort de överlappande zonerna och bildar en gemensamt större buffertzon (se bilaga 1 och 2). Inom varje buffertzon summeras antalet pixlar som motsvarar inlandsvatten för att se hur stor andel av buffertzonerna som utgörs av potentiella habitat med verktyget "zonal histogram". Det handlar alltså om att skatta hur stor andel smålomshabitat som finns inom vindkraftparkernas buffertzoner i Västerbotten. Därefter beräknades samma pixelandel för varje enskild kommun i Västerbotten för att jämföra med varandra. Slutligen användes verktyget "distance matrix" för att beräkna avståndet från häckningsplats till närmaste vindkraftverk. Vi utnyttjade data för att beräkna medelavstånd, standardavvikelse samt kortaste avstånd till närmaste häckningsplatser för varje kommun i Västerbotten.



Figur 1. Översiktsskarta över befintliga och planerade vindkraftverk i Västerbottens län (QGIS 2023 version 3.20.3-Odense, 2023-04-14).



Figur 2a. Buffertzoner på en kilometer med borttagna överlappande zoner för varje vindkraftspark (QGIS 2023 version 3.20.3-Odense, 2023-04-14).



Figur 2b. Buffertzoner på fem kilometer med borttagna överlappande zoner för varje vindkraftspark (QGIS 2023 version 3.20.3-Odense, 2023-04-14).

För att analysera nuvarande häckningsplatser i förhållande till turbiner inom Västerbotten ansökte vi om tillstånd från Artdatabanken för att få tillgång till den sekretessbelagda informationen om häckningsplatser för smålom. Vi fick tillståndsansökan till informationen beviljad och därmed ett dataset med smålomsobservationer i hela Västerbottens län. Vi sorterade informationen efter de rapporter som var rapporterade med aktiviteter från aktivitetskategorin ”Säkerställd reproduktion”. Detta innebar att vi inte inkluderade alla rapporter där smålom observerats, utan endast observationer där häckning har konstaterats. Häckningsplatserna har rapporterats mellan 1971 och 2022 och innefattar totalt 170 häckningslokaler.

3. Resultat

3.1 Litteraturstudier av vindkraftens påverkan på fåglar

Enligt Balotari-Chiebao et al. (2021) påverkas fåglar i allmänhet negativt av vindkraft genom direkta kollisioner med vindkraftsturbiner eller indirekt genom habitatförluster och störningar. Ett av de mest effektiva sätten att minska den negativa påverkan på fåglarna är att anlägga vindkraftverken där det är lägre risk att skada fåglarna (Green & Ottvall 2017). Påverkan handlar främst om kollisioner med rotorbladen men också mot gondolen av vindkraftverket (motorn som sköter rotationen), staglinor och elledningar (Drewitt & Langston 2006). Turbinernas höjd, rotorbladens längd, bladens hastighet, bladens utseende, förekomst och typ av ljus på turbinerna är alla viktiga faktorer som påverkar fåglarnas risk att kollidera med vindkraftverken (Drewitt & Langston 2006; Pearce-Higgins et al. 2012). Större blad och långsammare rotationer minskar dödligheten bland fåglar och detta tros vara ett resultat av fåglarnas begränsade syn och att de då lättare ser turbinerna i landskapet (Smallwood & Karas 2009). Nattetid föreslås att vindkraftsturbinerna är belysta för att fåglarna ska se dem tydligare (Marsh 2007), men Arnett et al. (2005) observerade inga skillnader i dödsfall från turbinerna oavsett om de var belysta eller ej. Ett annat förslag är att vindkraftsturbinerna stannar av när fåglar närmar sig dessa (de Lucas et al. 2012). Studien observerade en minskning i dödsfall på ca 50 % på ett år med enbart en energiproduktionsminskning av 0.07 % i försöket. Liechti et al. (2013) observerade effekten av att temporärt stänga ned turbinerna vid tider med mycket flyttfåglar, och föreslår att platser med hög intensitet av flyttfåglar ej bör etableras med vindkraft. Detta både för att undvika den ekonomiska förlusten av att turbinerna periodvis inte genererar ström, men också för att undvika dödlighet hos fåglar (Liechti et al. 2013). Metoden bör däremot inte användas som en ersättning för noggranna konsekvensanalyser (Liechti et al. 2013).

Mellan fem och tio fåglar dödas per turbin i genomsnitt varje år även om variationen är stor mellan olika turbiner (Rydell et al. 2017). Det kan jämföras med fladdermöss där studier har visat att 10-15 individer dödas per turbin varje år (Rydell et al. 2017). Liechti et al. (2013) nämner att tio fåglar per vindkraftsturbin och år kan vara en acceptabel nivå på antalet döda individer per år. Detta kan däremot förändras om

det handlar om en fågelart där tio döda individer signifikant påverkar den lokala populationen av arten i fråga (Liechti et al. 2013). En finsk studie har inte funnit att fågelpopulationer i stort påverkas negativt av vindkraftsetableringar (Meller 2017) och trots få svenska studier menar Rydell et al. (2017) att siffrorna från studier i andra länder inte bör skilja sig från de i Sverige. Även om många fåglar dödas av vindkraftverk är siffrorna inte så höga att exempelvis småfågelpopulationer drabbas på ett allvarligt sätt (Drewitt & Langston 2006; Erickson et al. 2014). Däremot riskerar rovfågelspopulationer att påverkas negativt, då de (liksom lommarna) har längre livslängd och lägre reproduktionstal (Drewitt & Langston 2006).

Vindkraftverken kan även bilda barriärer i fåglarnas flyttstråk eller tvinga fåglarna att ändra sin flygsträcka mellan övernattnings- och födosöksområden vilket kan leda till högre energiförlust för fåglarna (Drewitt & Langston 2006; Kuvlesky et al. 2007). Energiförlust kan leda till en minskad vitalitet som leder till en mindre chans för överlevnad och gäller framför allt i samband med havsbaserad vindkraft (Foote 2010; Garvin et al. 2011). En studie som kontrollerade fåglarnas undvikande beteende gentemot vindkraft fann att mellan 14 och 22 % av fåglarna ökade sin flyghöjd i förhållande till vindkraftsparken i fråga (Christensen et al. 2003). Samma studie visade att majoriteten av fåglarna ändrade flygriktning i förhållande till vindkraftsparken. Det har även undersökts hur vindkraft påverkar fåglar vid häck- och rastplatser samt födosöksområden (Drewitt & Langston 2006). En begränsning av byggnationer av vindkraft till perioder utanför häckningstid kan reducera störningsnivåerna för fåglarna (Pearce-Higgins et al. 2012). Drewitt & Langston (2006) visade att födosöksområden samt rastplatser för fåglarna var de områden som påverkade fåglarna mest i samband med vindkraft. Det är inte bara den direkta mortaliteten som påverkar fåglarna utan etableringen av vindkraft riskerar också att förstöra och negativt påverka habitat hos fåglar (Drewitt & Langston 2006). Habitatförluster till följd av vindkraftsetableringar kan vara till större skada än vindkraftverken själva och undvikandet för vindkraftverk minskar för flertalet artgrupper under häckningstid (Drewitt & Langston 2006; Rydell et al. 2017). Vid konstaterande av undvikande beteende handlar det oftast om några hundra meter (Rydell et al. 2017). Turbinerna riskerar också att skapa fysiska barriärer som hindrar fåglarnas tillgång till födoområden (Dai et al. 2015).

Planeringen och utformningen av en vindkraftspark är av yttersta vikt för att minska dödligheten hos fåglar (Drewitt & Langston 2006). Det har till exempel visat sig att turbiner som står på rad orsakar fler dödsfall jämfört med vindkraftverk som står i kluster (Drewitt & Langston 2006). En studie som fokuserat på övervintrande spetsbergsgäss (*Anser brachyrhynchus*) visade att gässen undvek kluster av

vindkraftverk mer (undveks med 200 meter) jämfört med vindkraftverk som stod i rad (undveks med 100 meter) (Larsen & Madsen 2000). Fåglarnas flygväg i förhållande till turbinernas placering i landskapet korrelerar starkt med kollisionrisken (Holmstrom et al. 2011). Ett område med kolonihäckande tärnor i Belgien påverkades kraftigt av kollisioner med vindkraftverk som placerades mellan kolonin och födosöksområden, men dödligheten minskade när vindkraftverken placerades på andra mindre störningskänsliga platser (Everaert 2014). Dödligheten hos fåglar tenderar att öka då vindkraftverken är placerade på bergsryggar i landskapet, i närheten av vattendrag och längs flyttvägar för fåglar (Hötker 2006; Sovacool 2009).

I en forskningsstudie i Finland rangordnades olika fågelarter efter hur stor risk de har att drabbas negativt av landbaserade vindkraftsetableringar (Balotari-Chiebao et al. 2021). Smålom hamnade på plats 115 av 214 för regelbundet häckande fågelarter i studien som fokuserade på arternas utbredningsområde i förhållande till de befintliga och planerade vindkraftverkens placering (Balotari-Chiebao et al. 2021). Artgrupper som hamnade högt på studiens lista och riskerar att drabbas mest var till exempel tärnor, rovfåglar, måsfåglar, vissa skogslevande tättingar och en del änder. På grund av studiens utformning hamnade arter som endast häckar i fjällen långt ner på listan, till följd av en liten andel vindkraft i den miljön i förhållande till övriga platser i landet.

Bedömningar av att smålom kan påverkas negativt till följd av vindkraft grundar sig på att de är stora och har svårt att manövrera för hinder i terrängen (Eriksson 2012). Studier i marina miljöer pekar på att lommar ofta undviker vindkraftsparker som är baserade till havs även om undersökningar över längre tidsintervall behöver genomföras för att verifiera att det inte bara gäller på kort sikt (Rydell et al. 2011). Det finns undersökningar som visar att sjöfåglar i vissa fall undviker områden till havs med vindkraft upp till fyra kilometer från turbinerna (Drewitt & Langston 2006). Heinänen et al. (2020) hänvisar till ännu längre avstånd och menar att denna förändring i beteende gäller för avstånd på upp till 15 kilometer från turbiner. Vid Horns Rev i Danmark observerades att lommar (både stor- och smålom) tydligt undvek områden i samband med vindkraftsetableringar och antalet smålommar minskade upp till två kilometer från där vindkraftverken byggdes (Elsam Engineering 2005). En annan undersökning från samma område visade att lommar nästan aldrig sågs flyga mellan vindkraftverk men enstaka observationer förekom (Petersen et al. 2006; Leopold et al. 2010). För havsbaserad vindkraft i ett annat område minskade antalet smålommar inom en zon på 500 meter från turbinerna, medan antalet ökade i en zon som sträckte sig två till tre kilometer bort från dem (Percival 2010). Detta föreslås bero på byggnationen av vindkraftverken (Percival 2010). Författarna till studien påpekar också att lommarna ökat något under slutet

på inventeringsperioden och att det finns en chans att lommarna efter ett tag vänjer sig vid turbinerna och därefter inte undviker dem på samma sätt. Trots att många studier pekar på att smålommar undviker vindkraftverken finns det andra arter som dras till dem och använder dem som exempelvis sittplatser (Rydell et al. 2011). Rydell et al. (2017) menar att det i allmänhet inte blir färre fågelindivider, då undanträngda fåglar inte försvinner helt utan söker sig till nya områden som är belägna längre bort från turbinerna. Konsekvenserna av att de trängs undan beror på hur många andra lämpliga miljöer det finns i omgivningen, något som det bör tas hänsyn till i planeringen av vindkraftsetableringar (Rydell et al. 2017). Enligt data som Rydell et al. (2011) tagit del av från en tysk studie hittades endast en vindkraftsdödad lom (ej specificerad till art) av totalt 1192 döda fåglar under vindkraftverk (Dürr 2010).

Liechti et al. (2013) föreslår samråd med ornitologer för att säkerställa att vindkraftverken inte byggs i närheten av viktiga fågelhabitat eller flyttvägar. Denna typ av samråd kan också fungera som en konsekvensanalys på fågelfaunan vid etableringar. Utbredningen av häckande fåglar kan kontrolleras med hjälp av olika miljökonsekvensanalyser i de fall då informationen om häckningarna är okänd (Liechti et al. 2013). Rörelsemönster hos flyttfåglar är fortfarande ett relativt okänt ämne, detta för att det ofta påverkas av väder och säsong från år till år (Liechti et al. 2013). Att studera aktiviteten från fåglar runt planerade etableringar av vindkraftverk är ett effektivt hjälpmedel för att öka kunskapen om effekten på fåglar vid eventuella framtida etableringar (Foote 2010).

3.2 Skyddszoner

Idag rekommenderas en skyddszon på en kilometer från sjöar där smålom regelbundet häckar och att en kilometer bred fri flygkorridor lämnas som skyddszon mellan häckningsplatsen och födosöksområdet (Eriksson 2012; BirdLife 2013; Rydell et al. 2017). Den nuvarande rekommendationen grundar sig på farhågor om att arten skulle undvika häckningsplatserna på grund av vindkraftsetablering (SLU Artdatabanken 2023). Smålommens känslighet för störningar handlar främst om påverkan på habitat i samband med etableringen av vindkraft (Meek et al. 1993). Vid Burgar Hills försökspark på Orkneyöarna observerades en minskande häckningsframgång då häckningsplatserna var precis intill turbinerna, medan kontrollområdet två kilometer från etableringen var opåverkad (Meek et al. 1993). Denna studie ligger till grund för den rekommendation som finns idag (BirdLife 2013). Bright et al. (2006) anser att en kilometers skyddsavstånd är ett generellt bra mått på skyddsavstånd för fågelarter och inkluderar de allra flesta särskilt känsliga

arterna. Samma källa hänvisar till att en kilometer är den mest lämpliga skydds-zonen för sådana arter utifrån dagens kunskapsläge. Här inkluderas därmed smålommen som tidigare nämnt är en känslig art (Bright et al. 2006; Balotari-Chiebao et al. 2021).

För olika arter rekommenderas olika skyddsavstånd, där det exempelvis för jaktfalk (*Falco rusticolus*) föreslås tre kilometer (BirdLife 2013). Skydds-zoner används vid vindkraftsetablering för att minska risken för att särskilt känsliga arter ska skadas och är en försiktighetsåtgärd (Green & Ottvall 2017). Skyddsavstånden grundar sig i en samlad bedömning av hur känsliga arterna är utifrån expertutlåtande, vetenskapliga rekommendationer och den så kallade försiktighetsprincipen (BirdLife 2013). Denna princip säger att man ska ta extra hänsyn när man inte vet vilken skada ett ingrepp kan medföra (BirdLife 2013). Försiktighetsprincipen har en stor betydelse vilket bland annat Mark- och miljödomstolen har ansett i samband med miljöbedömningar där betydande osäkerhet råder (Bengtsson, skriftl. kommentar). Det framhävs också i BirdLife (2013) att varje plats är unik och att det i tillägg till skyddsrekommendationerna också behövs en individuell bedömning av varje område.

3.3 Potentiella häcknings- och födosöksområden

Andelen inlandsvatten inom en och fem kilometers buffertzonen beräknades för varje kommun inom Västerbottens län och visar på hur stor andel potentiella häckningsplatser som finns inom respektive kommun (se tabell 1).

Tabell 1. Andel inlandsvatten av totalareal inom en och fem kilometer buffertzona för vindkraftverk per kommun i Västerbottens län, %.

Kommun	Andel (%) inlandsvatten inom en kilometer	Andel (%) inlandsvatten inom fem kilometer
Nordmaling	2,3	2,0
Bjurholm	0,5	5,5
Vindeln	0,1	1,7
Robersfors	0,6	1,3
Norsjö	8,8	23,1
Malå	0,7	5,4
Storuman	3,0	8,8
Sorsele	30,8	10,7
Dorotea	0,8	6,9
Vilhelmina	0,0	5,9
Åsele	1,1	6,6
Umeå	2,4	1,4
Lycksele	0,2	2,4
Skellefteå	0,4	2,5
Västerbotten	1,5	4,5

3.4 Häckningar inom buffertzoner

Inom vindkraftverkens buffertzoner på fem kilometer har 27 häckningar av smålom kunnat fastställas inom Västerbottens län med hjälp av skyddsklassad data från SLU Artdatabanken. Av dessa är tio i Malå kommun, tre i Nordmalings kommun, sju i Umeå kommun, fem i Robertsfors kommun och två i Skellefteå kommun. Åtta häckningar kunde konstateras inom en kilometers buffertzona och av dessa är tre i Nordmalings kommun, tre i Umeå kommun och två i Robertsfors kommun.

Medelavstånd, standardavvikelse och kortaste avstånd från häckningsplats till närmaste turbin har beräknats (se tabell 2). En stor spridning på avstånd från turbin till närmaste häckningsplats observeras i vissa kommuner, som exempelvis Storuman kommun med en standardavvikelse på 41 528 meter. Kortast avstånd observeras i Nordmaling kommun där det endast är 68 meter mellan en häckningsplats och närmaste turbin, vilket också är lägst för hela länet. För fem kommuner är kortaste avståndet mindre än fem kilometer och för tre kommuner mindre än en kilometer.

Tabell 2. Medelavstånd, standardavvikelse¹ samt kortaste avstånd för respektive kommun från häckningsplatser till närmaste turbin. Antal häckningsplatser; n=170.

Kommun	Medelavstånd (m)	Standardavvikelse (m)	Kortast avstånd (m)
Nordmaling	8 349	6 422	68
Vindeln	29 412	0	29 412
Robertsfors	12 064	7 411	493
Malå	6 925	4 187	1 270
Storuman	47 272	41 528	6 880
Sorsele	33 516	0	33 516
Dorotea	29 224	8 987	20 461
Vilhelmina	61 564	31 828	21 926
Åsele	33 556	19 018	11 596
Umeå	4 763	7 272	703
Skellefteå	21 044	10 860	3 997
Västerbotten	20 782	22 453	68

¹ Standardavvikelse för Vindeln och Sorsele kommuner har inte beräknats då dessa kommuner endast hade en häckningsplats var.

4. Diskussion

4.1 Potentiella och konstaterade häckningsplatser

Den här studien har tagit utgångspunkt i att "inlandsvatten" är en trolig biotop för häckande smålom. Sett till hela Västerbottens län är andelen av denna biotop inom en kilometer från vindkraftverk 1,5 % (se tabell 1). Den procentuellt låga andelen i förhållande till andra marktyper kan bero på hänsyn som tagits i samband med uppförandet av turbinerna eller att platserna där de har anlagts ofta inte sammanfaller med typiska smålomshabitat. Räknas det på större buffertzoner på fem kilometer är andelen inlandsvatten högre, ca 4,5 % (se tabell 1). Sett till andra marktyper är denna andel dock fortfarande väldigt låg. Möjligheten finns alltså att smålom kan häcka inom buffertzonerna oavsett om det väljs en buffertzon på en eller fem kilometer, men ytan de potentiellt kan häcka på är relativt liten. Av kommunerna i Västerbotten är det bara Sorsele kommun (andel 30 %) som på en kilometers buffertzon har större andel inlandsvatten än 10 %. Här finns det potentiellt större risk att smålomshäckningar påverkas av vindkraften jämfört med andra kommuner beroende av hur stor total andel inlandsvatten kommunen har. Räknat på fem kilometers buffertzon har både Norsjö (23,1 %) och Sorsele (10,7 %) över 10 % inlandsvatten inom buffertzoner och har störst risk att smålomshäckningar påverkas negativt utifrån befintliga biotoper.

Efter att ha räknat på medelavstånd från kända häckningsplatser av smålom till närmaste vindkraftverk kan konstateras att medelvärdet för Västerbotten är 20,8 kilometer (se tabell 2). Det har endast räknats på vindkraftverk som är belägna inom länet och intilliggande läns vindkraftverk är inte inkluderade. Hade dessa räknats med hade medelvärdena sannolikt varit lägre. En jämförelse mellan olika kommuner visar att kommuner som är belägna närmare fjällen i regel uppvisar längre avstånd mellan häckningsplats och närmaste turbin. Vilhelmina är den kommun som har längst medelavstånd (61,6 kilometer) och bidrar starkt till att öka länets medelavstånd. Umeå har längst medelavstånd (4,8 kilometer) och om den rekommenderade skyddszonen utökas till fem kilometer skulle större arealer inom kommunen vara olämpliga för vindkraft. Det kortaste avståndet mellan en

häckningsplats och närmaste turbin är 68 meter och visar att det finns en risk att häckningar av smålom sammanfaller med områden där det etableras vindkraft.

4.2 Nuvarande hänsyn och problematik

Skydds zoner på en kilometers avstånd rekommenderas av olika forskningsstudier (Eriksson 2012; BirdLife 2013; Rydell et al. 2017). Resultat från dessa studier är dock inte entydiga. I vissa fall observerades tydliga minskningar av smålom i häckningsområden direkt intill vindkraftsetableringar medan det i andra fall inte kunde påvisas någon särskild effekt av vindkraftsetableringarna (Meek et al. 1993). Påverkan skiljer sig också åt beroende på om det handlar om landbaserad eller havsbaserad vindkraft. Skyddszonerna rekommenderas allmänt att vara en kilometer när det gäller landbaserad vindkraft och gäller för de flesta fågelarter, inklusive de särskilt känsliga som exempelvis smålom (Bright et al. 2006). Det är mycket möjligt att ett ökat skyddsavstånd kan leda till en större häckningsframgång för arten då födosöksområdet för smålom kan vara upp till tio kilometer och ibland ännu längre från boet (Bright et al. 2006). Det kan betyda att nuvarande skyddsavstånd leder till att födosöksområden överlappar med vindkraftsområdena vilket i sin tur kan leda till att smålommarna undviker dessa områden. Om det finns rikligt med både häcknings- och födosöksområden och det är ett frekvent använt område för smålom, behövs en utökad skyddszon, alternativt att vindkraft inte etableras alls.

Idag är kunskapsläget kring hur lommar påverkas av landbaserad vindkraft ganska begränsad. Som Loss et al. (2013) funnit verkar höjden på turbinerna påverka mortaliteten hos fåglarna. Detta undersöktes på turbiner som var lägre än de turbiner som anläggs i Sverige idag. En ökande storlek av turbiner kan leda till en ökad mortalitet hos fåglar i allmänhet. Det skulle behöva göras fler studier för att veta hur smålommar påverkas och vilka konsekvenser vindkraftsetableringar kan ha på enskilda individer och på smålomspopulationer. Det finns annars en betydande risk för en barriäreffekt efter att lommar tvingas till omvägar kring vindkraftverk, vilket kan få en direkt effekt även på ägg och ungar. Energibehovet för att transportera en bytesfisk lämnar inga stora marginaler för ytterligare energikostnader (Norberg & Norberg 1976), och smålommens strategi för att föda upp ungar har föreslagits vara anpassad till att minska antalet fisketurer (Rizzolo m.fl. 2015). Därför kan en barriäreffekt beroende på att smålommen tvingas till en omväg förbi ett vindkraftverk i flygstråket mellan häckningstjärn och fiskevatten utgöra en stressfaktor som försvårar matningen av ungen eller ungarna.

Då vindkraftverk etableras mellan en arts häckplats och dess födosöksområde riskerar många individer att kollidera med vindkraftverken (Everaert 2014). Vindkraftsetableringar bör därför undvikas i smålommens flygstråk mellan bopplatsen och fiskesjöarna. Flygstråket kan vara flera kilometer långt och ett stort område bör i så fall avsättas som mark där vindkraft inte bör etableras. Detta är därmed ett tydligt exempel på konflikt och begränsning för dem som vill anlägga vindkraft. Det finns annars en betydande risk att många smålommar dör på väg mellan häckningsplats och födoplatz, vilket får en direkt effekt även på ägg och ungar. Så utöver att skydda sjöar med konstaterade häckningar av smålom bör även fokus läggas på att begränsa exploateringar inom de zoner som smålommar frekvent använder i samband med när de ska fiska. Att skapa vindkraftsfria korridorer för smålommarna är därmed en stark uppmaning till de som vill etablera vindkraft i områden med häckande smålommar. Att planera för vindkraftsetablering handlar om att ta hänsyn till väldigt många aspekter vid val av placering och miljökonsekvensanalyser är ett väldigt viktigt verktyg för att minska påverkan och införa restriktioner.

När vindkraft ska anläggas och den rekommenderade hänsynen tas är det även viktigt att planera vindkraftsparkens utformning som huruvida turbinerna ska stå på rad eller i kluster samt utseendet på turbinerna (Drewitt & Langston 2006; Pearce-Higgins et al. 2012). Vindkraftens påverkan på ekosystem är komplex vilket gör det svårt att fastställa vad som beror på vindkraftverken och vad som beror på andra orsaker. Men en viktig del i processen att minimera den negativa påverkan är att ta hänsyn utifrån rådande kunskap och att utgå från försiktighetsprincipen. Detta är delar som använts i framtagandet av den nuvarande rekommenderade skyddszonen för smålom (BirdLife 2013). Miljökonsekvensanalyser är också starkt rekommenderade och är idag också lagstadgade i Sverige (Bolin et al. 2021). Hur pass omfattande dessa analyser är och hur de kan förbättras är däremot en fråga som inte är helt besvarad. Det handlar om väldigt komplexa dynamiska system som är föränderliga över tid, till exempel var smålommar häckar från år till år.

4.3 Är en kilometer skyddszon tillräcklig?

Fåglar påverkas negativt på flera sätt i samband med vindkraftsetableringar (Balotari-Chiebao et al. 2021). En störningskänslig art som smålom (Rizzolo et al. 2020) kan därmed drabbas extra hårt och försiktighet bör tas vid etablering av nya vindkraftverk för att inte skada deras häckningshabitat. För att minimera skadan bör det därför vara lämpligt att rekommendera en skyddszon som tar stor hänsyn till riskerna som en vindkraftsetablering kan medföra. Försiktighetsprincipen är en av

grunderna i den rekommendation som finns idag och bör vara så även i framtiden med tanke på den osäkerhet som idag råder kring hur smålommen påverkas av vindkraft. Ett till argument för att använda försiktighetsprincipen är det faktum att Eriksson (2019) menar att de nordiska länderna har ett internationellt ansvar för arten och att de åtgärder som vidtas för att skydda arten kan få konsekvenser på global skala. Dessutom hänvisar samma källa till att situationen för smålom är bekymmersam och att häckningsutfallet har blivit sämre vilket gör att större hänsyn bör tas vid vindkraftsetablering. Studien av Liechti et al. (2013) visade att vindkraftsturbinerna kunde stängas av vid hög trafik av migrerande fåglar vilket åtminstone kan skapa möjligheter att minska mortaliteten hos smålom och andra fågelarter då kollisionsrisken minskar. Det har även utvecklats teknik som gör det möjligt för turbinerna att känna av när fåglarna närmar sig och därefter stanna av. En storskalig applicering av denna teknik skulle avsevärt kunna reducera antalet kollisioner. Detta ger inte en fullständig lösning på problemet då vindkraftsparkerna fortfarande utgör hinder i det naturliga habitatet för fåglarna.

Till havs har det visat sig att smålom tydligt undviker vindkraftverk (Elsam Engineering 2005). Det är svårt att svara på huruvida samma beteende finns i samband med landbaserad vindkraft då forskningen kring detta är begränsad. Smålommarna till havs är ofta övervintrande individer och är därmed inte bundna till en specifik plats som häckande individer i en sjö är. Men antar vi att samma beteende finns både på land och till havs så är dagens rekommenderade skyddszon generellt för liten, då vissa studier visat att lommarna påverkas upp till två kilometer från turbinerna i samband med havsbaserad vindkraft (Elsam Engineering 2005). Utnyttjas försiktighetsprincipen skulle en skyddszon på ännu längre avstånd kunna rekommenderas. Vissa sjöfåglar har visats undvika vindkraftverk upp till fyra kilometer i marina miljöer (Drewitt & Langston 2006) och antas det att smålom beter sig som andra sjöfåglar ute till havs finns det argument för att utöka den nuvarande skyddszonen.

Nuvarande vindkraft finns ofta på höga lägen i landskapen. Med en ökande turbinhöjd kan andra delar av landskapen användas, t.ex. lägre liggande områden som kan vara rikare på lämpliga miljöer för smålom. Detta innebär att skyddszonernas längd behöver anpassas till förutsättningarna, både vad gäller kända häckningsområden och vad gäller möjliga livsmiljöer. Tätheten av vatten inom ett projekteringsområde, i synnerhet vatten i skogsmiljö, kan vara en lämplig indikator för skyddszonens längd.

4.4 Metoddiskussion

Häckningsplatserna är rapporterade till artdatabanken under olika år, vilket leder till att de rapporterade fynden möjligen uppkommit före eller efter vindkraftsetableringar i länet. För att utveckla GIS-arbetet kunde tidsperspektivet inkluderas i analysen för att se om häckningsfynd finns inom buffertzonerna idag. En analys av total andel inlandsvatten av alla marktyper för varje kommun kunde också inkluderas i GIS-analysen. Med detta hade vi kunnat analysera hur stor andel inlandsvatten som finns inom varje buffertzona och jämföra mellan kommuners totala andel inlandsvatten. Dessutom hade angränsande läns vindkraftverk kunnat tagits med i beräkningarna och genererat bättre data på avstånd från häckningsplats till närmaste turbin. Det är också viktigt att tänka på att de rapporterade fynden inte utgör hela underlaget för häckningsområden för smålom, utan endast de som identifierats och rapporterats. Det är inte heltäckande data som kan användas för att identifiera områden, t.ex. kommuner eller delar av kommuner, som har en större population av smålom och som därför bör undvikas för vindkraftsetablering eller ha restriktioner för större skyddsområden. I brist på sådana data är areal och andel småvatten, som potentiella häcknings- och födosökslokaler, möjliga faktorer att ta hänsyn till. Eftersom smålom ofta använder vatten i skogsmark eller vatten med skog runtomkring (Rizzolo et al. 2020) så kan denna typen av småvatten analyseras snarare än småvatten generellt som har gjorts här.

4.5 Slutsats

Det finns skäl att behålla den nuvarande rekommendationen på en kilometers skyddszon då det finns studier som visat på skadliga effekter på smålomshäckningar i närheten av turbiner. Varje plats är unik och för varje enskilt fall rekommenderas unika bedömningar. Den rådande forskningen kring hur smålom påverkas är begränsad och därför bör man också använda sig av försiktighetsprincipen. Med mer kunskap skulle en utökning eller åtstramning av skyddszonen kunna tillämpas.

Alla som planerar att anlägga vindkraft bör ta stor hänsyn till häckande smålommar. Man bör därför skydda kända häckningsplatser, inventera om det finns häckningar inom ett område, smålommens fiskevatten i ett område upptill ca 10 km från varje häckningsplats, flygkorridorerna mellan häckningsplatser och födosöksområden samt att genomföra miljökonsekvensanalyser. Med hjälp av dessa åtgärder kan vindkraftens påverkan på smålom minimeras.

5. Referenslista

- Arnett, E.B., Erickson, W.P., Kerns, J. & Horn, J. (2005). An Assessment of Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines.
- Balotari-Chiebao, F., Valkama, J. & Byholm, P. (2021). Assessing the vulnerability of breeding bird populations to onshore wind-energy developments in Finland. *Ornis Fennica*, 98, 59-73. <https://www.ornisfennica.org/pdf/latest/21Balotari-Chiebao.pdf>.
- BirdLife (2013). *Sveriges Ornitologiska Förenings policy om vindkraft*. <https://cdn.birdlife.se/wp-content/uploads/2018/11/SOF-policy-om-vindkraft-2013.pdf>
- Bolin, K., Hammarlund, K., Mels, T. & Westlund, H. (2021). Vindkraftens påverkan på människors intressen. *Naturvårdsverket*,. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7013-7.pdf>
- Bright, J.A., Langston, R.H.W., Bullman, R., Evans, R.J., Gardner, S., Pearce-Higgins, J. & Wilson, E. (2006). Bird Sensitivity Map to provide locational guidance for onshore wind farms in Scotland.
- Christensen, T.K., Hounisen, J.P., Clausager, I. & Petersen, I.K. (2003). Visual and radar observations of birds in relation to collision risk at the Horns Rev offshore wind farm. Annual status report 2003.
- Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W.-N. & Huang, Z. (2015). Environmental issues associated with wind energy – A review. *Renewable Energy*, 75, 911–921. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.074>
- Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148 (s1), 29–42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>
- Dürr, T. 2010. Vogelverluste an Windenergieanlagen in Deutschland. Stand: 10 September 2010. Landesumweltamt Brandenburg. http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbml.a.2334.de/wka_vogel.xls
- Dyfelsten, P. & Berard, J. (2022). *Ny statistik visar på ökad installationstakt av vindkraft*. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/Ny-statistik-visar-pa-okad-installationstakt-vindkraft/> [2023-03-24]
- Ek, K. & Matti, S. (2015). Valuing the local impacts of a large scale wind power establishment in northern Sweden: public and private preferences toward economic, environmental and sociocultural values. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58 (8), 1327–1345. <https://doi.org/10.1080/09640568.2014.922936>
- Elsam Engineering (2005). *Elsam Offshore Wind Turbines - Horns rev*. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/104/37104864.pdf?r=1
- Energimyndigheten (2020). *Fåglar och fladdermöss*. <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/vindlov/rattsfall/faglar-och-fladdermoss/> [2023-04-13]
- Energimyndigheten (2022). *Vindbrukskollens karttjänst*. <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/vindlov/vindbrukskollen/> [2023-04-25]

- Erickson, W.P., Wolfe, M.M., Bay, K.J., Johnson, D.H. & Gehring, J.L. (2014). A Comprehensive Analysis of Small-Passerine Fatalities from Collision with Turbines at Wind Energy Facilities. *PLOS ONE*, 9 (9), e107491. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107491>
- Eriksson, M.O.G. (2012). Projekt Lom 2011. – Sid. 45–55 i Fågelåret 2011. – Sveriges Ornitologiska Förening, Halmstad. <https://cdn.birdlife.se/wp-content/uploads/sites/30/2018/10/F%c3%a5gel%c3%a5ret-2011-44-55-Projekt-LOM.pdf>
- Eriksson, M.O.G. (2019). *Projekt LOM 25 år*. <https://projektlom.birdlife.se/fagelaret-2018-lommarnas-hackningsutfall-under-25-ars-perioden-1994-2018/>
- Everaert, J. (2014). Collision risk and micro-avoidance rates of birds with wind turbines in Flanders. *Bird Study*, 61 (2), 220–230. <https://doi.org/10.1080/00063657.2014.894492>
- Foote, R. (2010). The wind is blowing the right way for birds. *Renewable Energy Focus*, 11 (2), 40–42. [https://doi.org/10.1016/S1755-0084\(10\)70052-1](https://doi.org/10.1016/S1755-0084(10)70052-1)
- Garvin, J.C., Jennelle, C.S., Drake, D. & Grodsky, S.M. (2011). Response of raptors to a windfarm. *Journal of Applied Ecology*, 48 (1), 199–209. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01912.x>
- Green, M. & Ottvall, R. (2017). Fåglar och vindkraft – om avstånd. <https://www.naturvardsverket.se/4a5d16/contentassets/3b2d5b1a1eca466e9841275cf9e6f0c2/faktablad-vindval-faglar-avstand.pdf>
- Hartmann, M. & Ros, A. (2022). *Vindkraft i Sverige. Energimyndigheten*. <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/marknadsstatistik/vindkraft-i-Sverige/> [2023-02-28]
- Heinänen, S., Žydelis, R., Kleinschmidt, B., Dorsch, M., Burger, C., Morkūnas, J., Quillfeldt, P. & Nehls, G. (2020). Satellite telemetry and digital aerial surveys show strong displacement of red-throated divers (*Gavia stellata*) from offshore wind farms. *Marine Environment Research* 160: 104989, <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104989>.
- Hjernquist, M.B. (2016). Effekter på fågellivet vid ett generationsskifte av vindkraftverk. https://group.vattenfall.com/se/siteassets/sverige/varverksamhet/vindprojekt/nasudden/bilaga_04_slutrapport_kontrollprogram_fagel.pdf
- Holmstrom, L.A., Hamer, T.E., Colclazier, E.M., Denis, N., Verschuyf, J.P. & Ruché, D. (2011). Assessing Avian-Wind Turbine Collision Risk: An Approach Angle Dependent Model. *Wind Engineering*, 35 (3), 289–312. <https://doi.org/10.1260/0309-524X.35.3.289>
- Hötker, D.H. (2006). The impact of repowering of wind farms on birds and bats. https://cdn.birdlife.se/wp-content/uploads/2019/01/NABU_Impact_of_repowering_2006.pdf
- Kuvlesky, W.P., Brennan, L.A., Morrison, M.L., Boydston, K.K., Ballard, B.M. & Bryant, F.C. (2007). Wind Energy Development and Wildlife Conservation: Challenges and Opportunities. *Journal of Wildlife Management*, 71 (8), 2487–2498. <https://doi.org/10.2193/2007-248>
- Larsen, J.K. & Madsen, J. (2000). Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese (*Anser brachyrhynchus*): A landscape perspective. *Landscape Ecology*, 15 (8), 755–764. <https://doi.org/10.1023/A:1008127702944>
- Leopold, M.F., Camphuysen, C.J., Verdaat, H., Dijkman, E.M., Meesters, H.W.G., Aarts, G.M., Poot, M. & Fijn, R. (2010). Local Birds in and around the Offshore Wind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (Tc0 & Tc1). <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/307011>

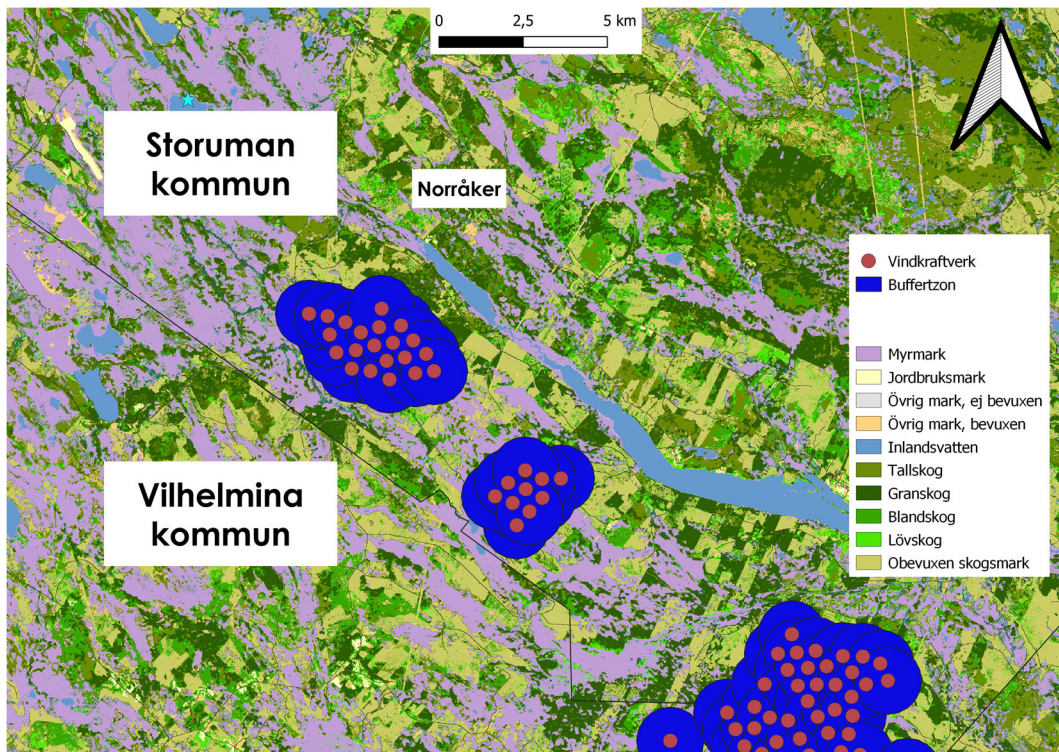
- Liechti, F., Guélat, J. & Komenda-Zehnder, S. (2013). Modelling the spatial concentrations of bird migration to assess conflicts with wind turbines. *Biological Conservation*, 162, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.03.018>
- Loss, S.R., Will, T. & Marra, P.P. (2013). Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. *Biological Conservation*, 168, 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.007>
- de Lucas, M., Ferrer, M., Bechard, M.J. & Muñoz, A.R. (2012). Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures. *Biological Conservation*, 147 (1), 184–189. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.029>
- Länsstyrelsen, Energimyndigheten (2023). Vindbrukskollen. Om Vindbrukskollen. <https://storymapsdev.arcgis.com/arcgis/apps/storymaps/collections/a9669b589604411f9bbb0d56c857e4d3> [2023-06-06]
- Marsh, G. (2007). WTS: the avian dilemma. *Renewable Energy Focus*, 8 (4), 42–45. [https://doi.org/10.1016/S1471-0846\(07\)70106-3](https://doi.org/10.1016/S1471-0846(07)70106-3)
- Meek, E.R., Ribbands, J.B., Christer, W.G., Davy, P.R. & Higginson, I. (1993). The effects of aero-generators on moorland bird populations in the Orkney Islands, Scotland. *Bird Study*, 40 (2), 140–143. <https://doi.org/10.1080/00063659309477139>
- Meller, K.I. (2017). Kirjallisuusselvitys tuulivoimaloiden vaikutuksista linnustoon ja lepakoihin. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/231469/TEMrap_27_2017_verkk ojulkaisu.pdf?sequence=1
- Norberg, R.Å. & Norberg, U.M. 1976. Size of fish carried by flying Red-throated Divers *Gavia stellata* (Pont.) to nearly fledged young in nesting tarn. *Ornis Fennica* 53: 92-95. https://lintulehti.birdlife.fi:8443/pdf/artikkelit/988/tiedosto/of_53_92-95_artikkelit_988.pdf#view=FitH.
- Ottosson, Ü., Ottvall, R., Elmberg, J., Green, M., Gustafsson, R., Haas, F., Holmqvist, N., Lindström, Å., Nilsson, L., Svensson, M., Svensson, S. & Tjernberg, M. 2012. Fåglarna i Sverige – antal och förekomst. Sveriges Ornitologiska Förening, Halmstad.
- Pearce-Higgins, J.W., Stephen, L., Douse, A. & Langston, R.H.W. (2012). Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis. *Journal of Applied Ecology*, 49 (2), 386–394. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02110.x>
- Percival, S. (2010). *Kentish Flats Offshore Wind Farm: Diver Surveys 2009-10*. <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Percival-2010.pdf>
- Petersen, I.K., Kj, T., Kahlert, J., Desholm, M. & Fox, A.D. (2006). *Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark*. https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/NERI_Bird_Studies.pdf
- Rizzolo, D.J., Schmutz, J.A. & Speakman, J.R. 2015. Fast and efficient: Postnatal growth and energy expenditure in an Arctic-breeding waterbird, the Red-throated Loon (*Gavia stellata*). *Auk* 132: 657–670. <https://doi.org/10.1642/AUK-14-261.1>.
- Rizzolo, D.J., Gray, C.E., Schmutz, J.A., Barr, J.F., Eberl, C. & McIntyre, J.W. (2020). Red-throated Loon (*Gavia stellata*), version 2.0. *Birds of the World*, <https://doi.org/10.2173/bow.retloo.02>
- Rydell, J., Ottvall, R., Pettersson, S. & Green, M. (2017). Vindkraftens påverkan på fåglar och fladdermöss – Uppdaterad syntesrapport 2017. *Naturvårdsverket rapport 6740*. <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/6400/vindkraftens-effekter-pa-faglar-och-fladdermoss/>
- Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Larsen, J.K., Pettersson, J. & Green, M. (2011). *Vindkraftens effekter på fåglar och fladdermöss*. *Naturvårdsverket rapport 6467*. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/6400/978-91-620-6467-9.pdf>

- Schuster, E., Bulling, L. & Köppel, J. (2015). Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects. *Environmental Management*, 56 (2), 300–331. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0501-5>
- SLU Artdatabanken (2023). *Smålom - Naturvård från SLU Artdatabanken*. <https://artfakta.se/naturvard/taxon/gavia-stellata-100063> [2023-04-13]
- Smallwood, K.S. & Karas, B. (2009). Avian and bat fatality rates at old-generation and repowered wind turbines in California. *Journal of Wildlife Management*, 73 (7), 1062–1071. <https://doi.org/10.2193/2008-464>
- Solaun, K. & Cerdá, E. (2020). Impacts of climate change on wind energy power – Four wind farms in Spain. *Renewable Energy*, 145, 1306–1316. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.129>
- Sovacool, B.K. (2009). Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity. *Energy Policy*, 37 (6), 2241–2248. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.011>
- Thaxter, C.B., Buchanan, G.M., Carr, J., Butchart, S.H.M., Newbold, T., Green, R.E., Tobias, J.A., Foden, W.B., O'Brien, S. & Pearce-Higgins, J.W. (2017). Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284 (1862), 20170829. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0829>
- Walters, K., Kosciuch, K. & Jones, J. (2014). Can the effect of tall structures on birds be isolated from other aspects of development? *Wildlife Society Bulletin*, 38 (2), 250–256. <https://doi.org/10.1002/wsb.394>

Tack

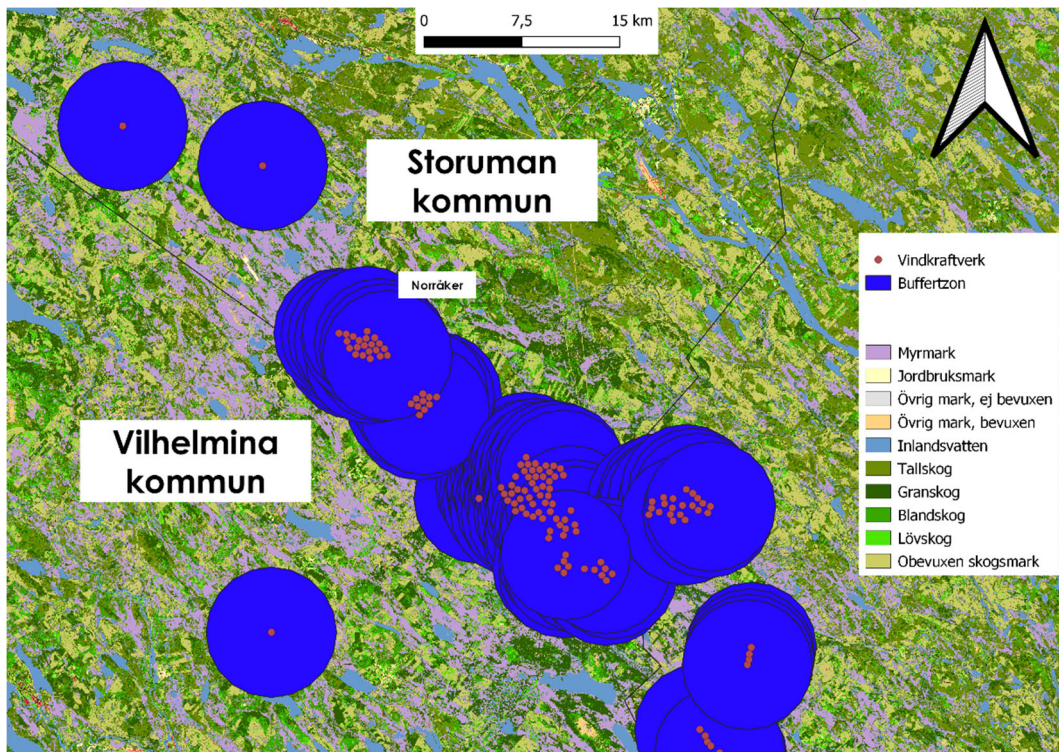
Vi vill rikta ett stort tack till Johan Svensson för väldigt bra handledning och Wiebke Neumann för hennes support i GIS-arbetet. Tack även till Pelagia för möjligheten att skriva ett arbete som kan ge stöd till dem och stort tack till SLU Artdatabanken för tillgången till information om häckande smålom.

Bilaga 1



Figur Buffertzoner på en kilometer genererade för alla turbiner (QGIS 2023 version 3.20.3-Odense, 2023-04-14).

Bilaga 2



Figur. Buffertzön på fem kilometer genererade för alla turbiner (QGIS 2023 version 3.20.3-Odense, 2023-04-14).

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.