

OTTVALL CONSULTING AB

Fåglar och vindkraft:

Fågelförekomst i Vindpark Sylen



Richard Ottvall

2024-01-12

Ottvall Consulting AB
Frostavallsvägen 325
243 93 Höör

Mobil: 0705-64 28 22
E-post: richard@ottvall.com

Rapportförfattare:

Fil dr Richard Ottvall, fågelekolog med bakgrund som fågelforskare vid Lunds universitet. Disputerade med en avhandling om vadarfåglars populationsekologi. Medförfattare till Vindvals syntesrapporter 6740 och 7049.

GPS-studie östersjötrut:

Heliaca Naturkonsulting som drivs av Ulrik Lötberg. Mångårig erfarenhet av fåglars flygrörelser med GPS-telemetri och inventering i havsmiljöer. Samarbetar med professor Susanne Åkesson vid Lunds universitet.

Fågelinventering från båt:

Martin Rydberg Hedén, Grouse Expeditions med egen båt. Mångårig erfarenhet av fågelinventeringar.

Fågelinventering från flyg:

Richard Ottvall, Ottvall Consulting och Henrik Bergendal, Grouse Expeditions med flyg och pilot från Prop Express.

Bakgrundskartor: © OpenStreetMap bidragsgivare.

Innehåll

Sammanfattning	3
1. Inledning.....	4
2. Potentiella påverkansfaktorer.....	5
3. Avgränsningar av arturval	5
4. Data och metoder.....	7
4.1 Fågelinventering från flyg.....	8
4.2 Fågelinventering från båt	9
4.3 GPS-studier av häckande silltrut (östersjötrut), sillgrissla och tordmule	9
4.3.1 Analyser av GPS-data.....	10
4.4 Kollisionsriskmodellering.....	11
5. Natura 2000-områden och berörda fåglar	15
6. Häckande fåglar.....	15
6.1 Silltrut (östersjötrut).....	15
6.2 Sillgrissla och tordmule	18
7. Rastande sjöfåglar	20
7.1 Fågelinventering från båt 2021	20
7.2 Fågelinventering från flyg 4 februari 2023	22
8. Migrerande fåglar.....	23
9. Konsekvensbedömning	24
9.1 Anläggnings- och avvecklingsfas	26
9.1.1 Undanträngningseffekter av livsmiljö	26
9.1.2 Kollisionsrisk	27
9.1.3 Barriäreffekter	28
9.2 Driftsfas	28
9.2.3 Sillgrissla och tordmule	28
9.2.4 Silltrut (östersjötrut).....	30
9.2.5 Migrerande sjöfåglar	30
9.2.6 Nattmigrerande småfåglar	31
10. Kumulativa effekter	33
11. Slutsatser	35
12. Referenser	36

Sammanfattning

Havsbaserad vindkraft kan riskera att påverka fågelfaunan genom undanträngning från betydelsefulla födosöksområden, genom olycksfall av rotorblad, samt genom så kallade barriäreffekter då fåglar väljer att flyga runt en vindkraftspark. Forskning har visat att för de fågelarter som födosöker till havs är undanträngning den faktor som kan innebära störst påverkansrisk. Rotorblad orsakar endast sällsynt olycksfall av dessa fåglar då de antingen undviker att flyga i närheten av vindkraftverk, flyger lågt över vattnet lägre än rotorbladen, eller är skickliga på att parera för rotorblad vid vindkraftverk. Barriäreffekt är av marginell betydelse då den extra flygsträcka som det innebär för fåglarna att flyga runt en vindkraftspark vid migration ligger väl inom de extra marginaler som fåglarna har under migrationen.

Projektområdet för *Vindpark Sylen* är lokaliserad till ett havsområde i södra Bottenhavet med främst större djup än 30 m. Det innebär att djupförhållanden är sådana att förutsättningar saknas för sjöfåglar som födosöker av bottenlevande fauna. Marina dykänder såsom alfågel, ejder, sjöorre och svärta, förväntas inte förekomma på *Vindpark Sylen* mer än undantagsvis under migrationsperioder. *Vindpark Sylen* bedöms innebära en försumbar påverkan på Finngrundens utsjöbankar, som regelbundet hyser ett antal övervintrande alfåglar, eftersom avståndet till utsjöbankarna är tillräckligt stort. Då avståndet till den bitvis fågelrika Gävleborgskusten är långt bedöms *Vindpark Sylen* innebära en försumbar påverkan på kusthäckande fågelarter inklusive havsörn. Östersjötrut skiljer sig från andra kusthäckande fågelarter då forskning har visat att dessa fåglar kan flyga 100 km eller mer enkel väg för att hitta föda till ungarna. Det innebär att östersjötrutar från häckningskolonier längs kusten kan passera projektområdet *Vindpark Sylen* under sina födosök. Fågelmigrationen är välstuderad längs kusten men inte undersökt i samma omfattning längre ut till havs i Bottenhavet.

Fågelinventering har utförts på *Vindpark Sylen* från båt 18–19 mars 2021 samt 20 maj 2021. Inventeringarna bekräftade att antalet rastande, födosökande sjöfåglar är fåtaligt på *Vindpark Sylen*. Förutom måsar och trutar sågs enstaka tordmular, tobisgrisslor, ejdrar och silvertärnor. Merparten av fåglarna var förbipasserande individer som inte födosökte eller vilade i området. Därutöver gjordes en fågelinventering från flyg 4 februari 2023 med ett likartat resultat som inventeringarna från båt. Ett fåtal fågelindivider observerades av arterna fiskmås och tordmule.

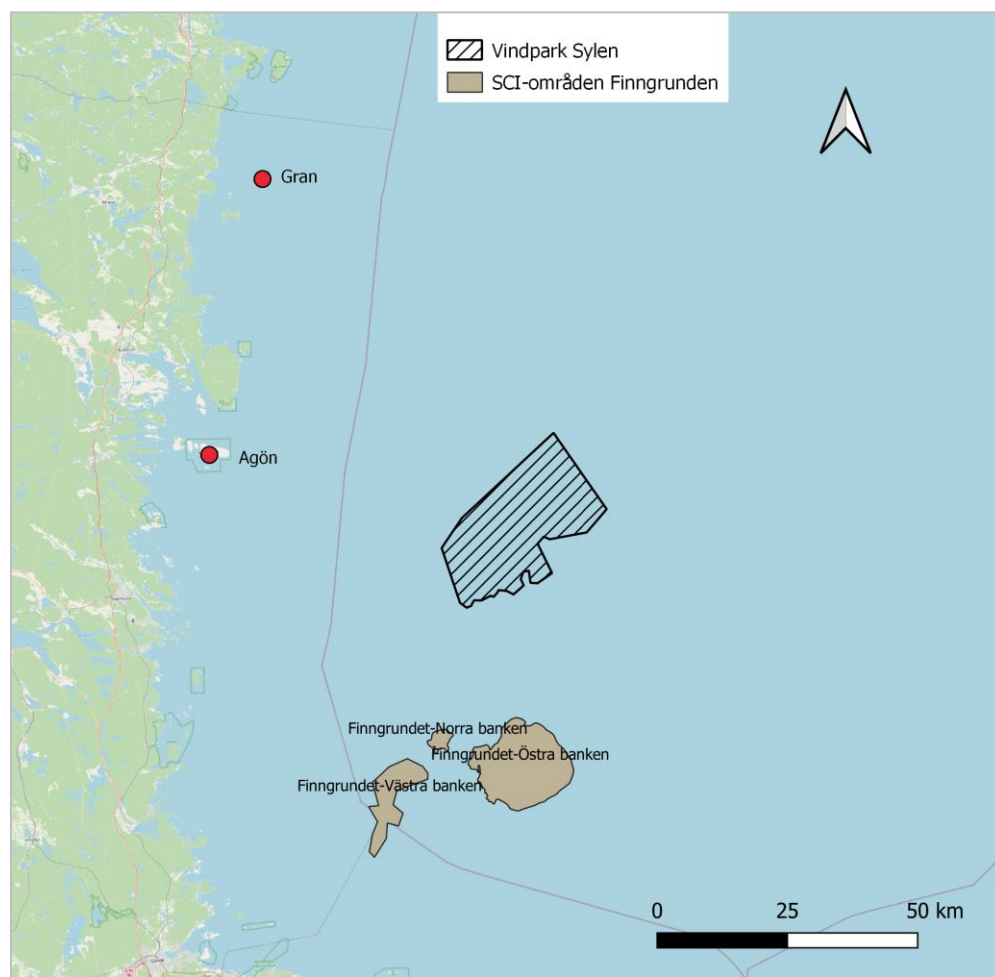
Data som insamlats med GPS-telemetri på silltrut (östersjötrut), sillgrissla och tordmule från häckningskolonier i Gävlebukten analyserades för fåglarnas flygrörelser i förhållande till *Vindpark Sylen*.

Sammantaget bedöms *Vindpark Sylen* kunna medföra försumbar påverkan på fåglar utan att någon population påverkas negativt.

1. Inledning

Vindkraftsbolaget Svea Vind Offshore AB planerar ett havsbaserat projekt med maximalt 347 vindkraftverk under namnet *Vindpark Sylen* lokaliserat ca 50 km utanför Söderhamn i svensk ekonomisk zon (Figur 1). Projektområdet omfattar en areal av cirka 524 km² med maximalt 350 m höga vindkraftverk. Ottvall Consulting AB fick uppdraget att insamla data om fågelförekomst i projektområdet och utvärdera påverkan på fåglar vid anläggning, drift och avveckling av *Vindpark Sylen*.

Vindkraftsparkens exakta utformning på *Vindpark Sylen* är i dagsläget inte beslutad. Vindkraftverkens exakta lokalisering kommer bestämmas utifrån den tekniska lösning som anses vara mest lämplig när vindkraftsparken ska anläggas. Därför beskrivs påverkan på fåglarna utifrån ett worst case-scenario, dvs. det scenario som förväntas ge störst påverkan på fågelarter i vindkraftsparken och i närområdet.



Figur 1. Projektområde för *Vindpark Sylen*. Öarna Agön och Gran visas med röda cirklar.

2. Potentiella påverkansfaktorer

Havsbaserade vindkraftsparker kan påverka fåglar på tre sätt; undanträngning från området där vindkraftsparken etableras, kollisionsrisk med rotorblad samt leda till barriäreffekter då fåglar ska passera vindkraftsparker (Fox & Petersen 2019, Bergström m.fl. 2022). Olika slags fåglar uppvisar varierande beteenden vid kontakt med vindkraftverk och risker för påverkan varierar mellan fågelarter.

Havsbaserad vindkraft berör främst sjöfåglar som hittar sin föda i vatten men kan också påverka aktivt flyttande (migrerande) landfåglar som passerar vindkraftsparker under flyttningen. Barriäreffekter av att flyga en extra sträcka för att runda en vindkraftspark är dock av marginell betydelse och biologiskt irrelevant för migrerande sjöfåglar, det vill säga svanar, gäss, änder, storskarv (Masden m.fl. 2009, Masden m.fl. 2010). Den största risken för påverkan på sjöfåglar är vanligtvis genom undanträngning då en vindpark placeras i ett område som fåglarna i mer eller mindre grad undviker efter etablering av vindkraft (Dierschke m.fl. 2016, Fox & Petersen 2019).

Nattmigrerande fåglar flyger i normalfallet i optimala väderförhållanden med klart väder och svag medvind. Vid sällsynta tillfällen kan en hög migrationsaktivitet av fåglar och lokala väderförhållanden med nedsatt sikt eller nederbörd som tvingar ned fåglarna på lägre flyghöjd inträffa. I dessa situationer kan en förhöjd kollisionsrisk uppstå för fåglar, särskilt om de flyger efter ljuskällor som stör deras orienteringsförmåga.

3. Avgränsningar av arturval

Lokaliseringen av *Vindpark Sylen* på djupt vatten innebär att lämpliga födosöksområden saknas för fåglar som äter av bottenlevande föda. Avståndet till kusten och kolonier för häckande fåglar är för långt för flertalet fågelarter för att vindkraftsparken ska kunna utgöra en risk för påverkan på dessa fåglar. Havsrör ingår därför inte i bedömningen eftersom den bedöms kunna passera området för *Vindpark Sylen* endast vid sällsynta tillfällen. Migrerande rovfåglar bedöms flyga över land eller nära kustlinjen samt nyttja passagen över havet via Ålands skärgård (Hansson 2019). Lokaliseringen av *Vindpark Sylen* betyder att främst fåglar som födosöker ute till havs ingår i arturvalet, men också fågelarter som passerar regelbundet under flyttningen.

Arturvalet för konsekvensbedömning begränsas till arter som är listade på EU:s fågeldirektiv bilaga 1 eller 2 eller är hotade enligt den nationella Rödlistan (sårbar, starkt hotad eller akut hotad). Landlevande fåglar som vistas hela året på land ingår inte i denna rapport då bedömningen är att dessa inte riskerar att påverkas. Det är ett relativt stort antal fågelarter som

kan vistas tillfälligt på *Vindpark Sylen* då de rastar på vattnet (vattenlevande fåglar) eller passerar förbi snabbt under migrationen (främst landlevande småfåglar).

Bland de fågelarter som kan passera *Vindpark Sylen* under flyttningen bedöms smålom, storlom, sångsvan och tajgasädgåås regelbundet kunna förekomma i Bottenhavet i antal som utgör minst 1 procent av den migrerande populationen (jämför rapport om Storgundet av Nilsson & Green 2007).

Fisk- och silvertärna förekommer som häckande längs kusten i Gävleborgs län och arterna är listade på fågeldirektivets bilaga 1 med ökande och livskraftiga populationer i Sverige (Wirdheim 2023). Arterna flyger generellt lågt över vattenytan med liten kollisionsrisk (Cook m.fl. 2012). Tärnor har liknande förmåga att undvika vindkraftverkens rotorblad som flertalet måsfåglar, med liten kollisionsrisk som följd av detta beteende (Skov m.fl. 2018). De kan förväntas flyga upp till 20–25 km från en häckningskoloni, även om det oftast är kortare avstånd (Carloni 2020, Minias m.fl. 2020). *Vindpark Sylen* bedöms därmed vara lokaliserad på ett allt för stort avstånd från arternas häckningskolonier längs kusten för att kunna påverka dessa.

Vindpark Sylen är lokaliserad ca 110 km från Åland och omkring 130 km från Finlands västkust där det också finns betydelsefulla häckningsförekomster av till exempel tordmule och silltrut (östersjötrut). Avståndet till ön Gran mellan Hudiksvall och Sundsvall, där betydande häckningsförekomster av fågel påträffas är ca 72 km. Vid Agön finns också några betydande fågelförekomster och avståndet dit är ca 47 km. Detta är förhållandevis stora avstånd som diskuteras närmare i avsnitt 6.1 om silltrut (östersjötrut) samt avsnitt 6.2 om sillgrissla och tordmule.

De grunda utsjöbankarna på Finngrunden ligger som närmast ca 22 km från *Vindpark Sylen* och bedöms därmed inte utgöra någon påverkansrisk för de fåglar som rastar och födosöker där. Den mest betydelsefulla artförekomsten där gäller alfågel under vinter och vår. Vid inventering från flyg som utfördes 2016 bedömdes omkring 8 400 alfåglar övervintra i havet utanför norra Upplandskusten–Gävlebukten inklusive Finngrunden (Nilsson 2016). Små- och storlom, ejder, sjöorre och tobisgrissla är andra fågelarter som rastar på Finngrunden. Ett avstånd av ca 22 km från *Vindpark Sylen* betyder att även de för havsbaserad vindkraft känsliga lommarna som kan rasta på Finngrunden inte bedöms påverkas genom undanträngning från vindkraftsparken.

I Tabell 1 listas de fågelarter eller artgrupper som konsekvensbedöms i den här rapporten.

Tabell 1. Urvalet av fåglar som bedömts för *Vindpark Sylen*.

Artgrupp	Arter som konsekvensbedöms	Påverkansrisk
Svanar och gäss	Sångsvan och tajgasädgås	Kollision
Änder	Alfågel	Undanträngning, kollision
Lommar	Storlom, smålom	Undanträngning, kollision
Måsfåglar	Silltrut (östersjötrut)	Undanträngning, kollision
Alkor	Sillgrissla, tordmule	Undanträngning
Nattmigrerande fåglar	Inga specifikt, men gäller främst småfåglar	Kollision

4. Data och metoder

Länsstyrelserna i Gävleborg och Uppsala län har utfört fågelinventeringar i skärgårdsmiljöerna i respektive län (Pettersson 2005, Aspenberg & Axbrink 2009, Douhan 2015). Fågelinventering från flyg har utförts av Lunds universitet på Finngrundens och längs kusten (Nilsson & Green 2007, Nilsson 2016). På flera öar längs kusten i Gävlebukten, till exempel i Björns skärgård, har riktade studier på bland annat silltrut och skrântärna utförts med GPS-telemetri (Lötberg m.fl. 2020). Till den här rapporten gjordes kompletterande analyser av GPS-försedda silltrutar, sillgrissla och tordmule som häckat olika år längs kusten.

En kompletterande flygning över *Vindpark Sylen* gjordes av Ottvall Consulting den 4 februari 2023 då rastande sjöfåglar inventerades. Fågelinventering från båt gjordes av Grouse Expeditions i samarbete med Ottvall Consulting 18–19 mars 2021 samt 20 maj 2021.

Tabell 2. Befintliga och genomförda fågelinventeringar med relevans för *Vindpark Sylen*.

Art/artgrupp	Plats	Typ av inventering	År	Referens
Häckande sjöfåglar i skärgården	Uppsala län	Par- och boräkning	2002–2003	Pettersson 2005
Häckande sjöfåglar i skärgården	Gävleborgs län	Par- och boräkning	2007	Aspenberg & Axbrink 2009
Häckande sjöfåglar i skärgården	Norrtälje kommun	Par- och boräkning	2014	Douhan 2015
Flyttande fåglar	Storgrundet	Landbaserade räkningar	2007	Nilsson & Green 2007
Rastande sjöfåglar	Vindpark Sylen	Med båt	2021	Den här rapporten
Rastande sjöfåglar	Vindpark Sylen	Med flyg	2023	Den här rapporten
Rastande alfåglar	Finngrunden	Med flyg	2007, 2009, 2016	Nilsson & Green 2007, Nilsson 2016
Flyttande tajgasädgås	Bottenhavet	GPS-studie	2019–2020	Piironen m.fl. 2021
Häckande silltrut och skrântärna	Öar i Gävleborgs och Uppsala län	GPS-studie	2013ff	Ericsson & Lötberg 2020, Hedh m.fl. 2023, den här rapporten
Samtliga arter under hela året	Svenskt territorium	Observationer vid fågelskadning	1900ff	Artportalen

4.1 Fågelinventering från flyg

Inventeringar från flyg har genomförts som linjetaxeringar där planet har flugit efter förutbestämda linjer och navigerat efter GPS. Avståndet mellan linjerna har varierat mellan 3 och 4 kilometer. I flygplanet fanns två erfarna observatörer för täckning av båda sidor om flygplanet. Fågelobservationerna har klassats efter avståndet från flygplanet i tre band: A = upp till 163 m (25–90° vinkel från flygplanet), B = 163–432 m (10–25° vinkel) samt C = 432–1 000 m (4–10° vinkel). Det är inte möjligt att avgöra fåglarnas avstånd till flygplanet utan kalibrering, vilken gjordes kontinuerligt med hjälp av en inklinometer på motsvarande sätt som vid

trädhöjdsbestämning. Band A täcker inte fullt ut 326 m (163 m på båda sidor om flygplanet) på grund av en död zon (ca 60 m) under flygplanet, vilket tas hänsyn till vid beräkning av fågeltätheter. Dessa bandavstånd började användas vid svenska flyginventeringar hösten 2019 och ersatte då de tidigare banden A = upp till 200 m, B = 200–500 m och C = 500–1 000 m. De nya bandavstånden är den internationella standarden.

Vid flygningarna framfördes planet med cirka 180 km/h (100 knop) på cirka 70 m höjd (250 fot) över vattenytan. Positionen fastställdes kontinuerligt och sparades i en särskild fil. Alla observationer av sjöfåglar noterades på en diktafon med uppgift om tidpunkt, art, antal, band och beteende. Efter avslutad inventering har fågelobservationerna kopplats till en position (latitud/longitud) från GPS:ens fil. Flygningar gjordes i medelvindar av maximalt 6 m/s och enbart i god sikt utan nederbörd.

4.2 Fågelinventering från båt

Två fågelinventeringar gjordes från båt vid två tillfällen under 2021. Fyra transekter med ca 4 kilometers bredd avverkades med lämplig båt. En Stor Uttern Deluxe användes för inventeringen där två erfarna observatörer bevakade båda sidor om båten. Samtliga observerade fåglar inom 300 m från båten räknades och bokfördes längs en förutbestämd rutt. Sedda fåglar bestämdes till art och avstånd till båten bedömdes. Avstånd delades upp i olika band där band A = 0–50 m från båten, band B = 50–100 m från båten, C = 100–200 m från båten och D = 200–300 m från båten. Koordinater för båtens position vid varje observationstillfälle togs med GPS i båten.

Den första inventeringen delades upp på två dagar. Den 18 mars var det mulet större delen av dagen med 5 m/s vind från nordost som senare vred mot sydost och mojnade något. Nästföljande dag var det mest klart väder och sol med vind från nordväst 3–6 m/s som senare vred upp mot sydost 3 m/s och var SSO 7 m/s när inventeringen avslutades. Sikten var utmärkt båda dagarna.

Hela projektområdet kunde inventeras på en dag den 20 maj 2021 med start 05:00, en lunchpaus mellan 11:10 och 14:00 samt slut 20:16. Vädret var mest mulet med upplärning sen eftermiddag då även sol tidvis kom fram. Sikten var utmärkt och vinden var inledningsvis måttlig från NV och vred senare upp mot O och avslutningsvis till S 3–6 m/s på eftermiddagen.

4.3 GPS-studier av häckande silltrut (östersjötrut), sillgrissla och tordmule

För att följa flygrörelser av häckande silltrutar längs kusten i Gävleborgs län användes GPS-loggar av modellen OrniTrack-15. Loggern som väger ungefär 15 g är utrustad med en GPS-mottagare som registrerar positioner för fågeln. Enheten är utrustad med ett internt batteri och solceller som kan ladda batteriet så att enheten kan fungera i flera års tid.

Vuxna fåglar fångades på bo under maj och juni år 2021–2023 (Lötberg m.fl. 2023). Monteringen av GPS-loggarna har gjorts med en sele som går runt benen på fåglarna, så kallad ”leg-loop-

harness”. Detta är en välprövad metod för att montera GPS-loggar på skrântärna med en kort monteringsstid. Totaltiden för en hanterad fågel är mindre än 15 minuter. Selen runt benen har i tidigare studier på intet sätt påverkat fåglarnas vingar och bröstmuskulatur, och möjliggör därmed ett naturligt rörelsemönster vid flygning.

Loggarna fungerar så att de efter att ha startats tar en GPS-position enligt ett inställt intervall och den registrerade data skickas via GSM nätet till en central server varifrån fåglarnas rörelser kan studeras. Data som samlas in omfattar förutom GPS position även flyghastighet och flyghöjd. Loggarna är försedda med solpaneler och fungerar i flera år och GPS-position registrerades var 5:e minut och data överförs till servern var 6:e timme.

Tordmular utrustades i juli 2021 och sillgrisslor 27 juni 2023 med en GPS-logger av modell och betäckning ”nanoFix-GEO+RF GPS & UHF tag in Guillemot/Razorbill configuration (with depth sensing)” från företaget Pathtrack Ltd. Denna logger väger ca 14 gram. Den saknar solceller för uppladdning av det interna batteriet. Eftersom alkor kan dyka ganska djupt i sin jakt på föda så måste loggern vara förstärkt för att klara det höga trycket vid djupa dyk. Loggern kommunicerar inte via mobilnätet utan skickar med UHF-teknik sin data till en basstation som placeras på eller i närheten av häckningsön. För att komma åt insamlade data hämtar man in basstationen och laddar över informationen till en dator. Eftersom loggerns batteri inte laddas upp så begränsas tiden man får data från loggern av batteriets livslängd eller tills dess att loggern ramlar av fågeln. Varje logger är inställd för att spara en position var 10:e minut.

Loggern monteras genom att den tejpas fast på några av fågelns ryggfjädrar. Detta gör att en logger teoretiskt sett som längst kan sitta till dess att fågeln ruggar bort fjädrarna vilket sker en gång om året men i realiteten lyckas fåglarna göra sig av med loggern betydligt snabbare än så. Anledningen till att loggern tejpas fast, i stället för att man använder en sele som skulle kunna få loggern att sitta kvar längre är att en sele skulle riskera lyfta fågelns fjädrar under djupa dyk och göra att fågelns annars täta fjäderdräkt släpper in kallt vatten som kan komma i kontakt med dess hud.

Vuxna tordmular och sillgrisslor fångas på sina boplatser under stora stenar och i grottor under klippblock. Man använder långa pinnar med en liten hake längst ut som hakas runt alkans ben för att sedan dra fram fågeln ur boet.

4.3.1 Analyser av GPS-data

Vid analys av insamlade data togs först manuellt datapunkter med färre än fem satelliter samt uppenbarligen felaktiga datapunkter (exempelvis punkter på ekvatorn) bort. Även punkter inom ett visst avstånd från respektive koloni togs bort, eftersom enbart turer till havs var av intresse för den här studien (tabell 3). Så kallade 50, 75 och 90 % besöksområden togs fram med mjukvaran ”R” (version 4.1.1, <https://www.R-project.org/>). Besöksområdena togs fram genom kernel density analys inom paketet adehabitatHR där referensvärdet användes som

utjämningsparameter. Kartorna togs fram med QGIS (version 3.10.0, <https://qgis.org/en/site/>).

Notera att när fåglarna använder flera olika områden flitigt, så kan det hända att referensvärdet för utjämningsparametern är för stort. Detta innebär att de resulterande besöksområdena sammansvetsar de olika aktivitetscentra även om fågeln inte besökt mellanliggande områden. Samtidigt så tenderar denna typ av kernel density analys på högupplöst GPS-data att generera konservativa uppskattningar, det vill säga att det beräknade besöksområdet centreras kraftigt kring höga koncentrationer av GPS punkter.

R-script ”paket” som användes vid analys var:

- adehabitatHS (klasser och metoder som hanterar habitatsvalsanalys)
- sp (klasser och metoder för spatiella data)
- raster (generera avståndet mellan punkter för raster, generera rutnät)
- rgdal (länkar till Geospatial Data Abstraction Library, GDAL)
- rgeos (metoder för analys av spatiala data)

4.4 Kollisionsriskmodellering

Antalet fåglar som förväntas kollidera med vindkraftverk i *Vindpark Sylen* har uppskattats med Band-modellen från 2012. Band-modellen har tagits fram bland annat av forskare vid British Trust for Ornithology (BTO) och används internationellt som en metod för att beräkna kollisionsrisker för migrerande fåglar och lokala sjöfåglar. Modellen använder tekniska data om vindkraftverken i vindkraftsparken samt fågelinformation om till exempel antalet individer som passerar, fåglarnas storlek, flyghastighet, flyghöjd och i vilken utsträckning olika arter undviker att flyga i områden med risk att träffas av rotorbladen. Även om fåglarnas flygbeteende kan variera mellan olika platser ger modelleringen av kollisionsrisken en indikation på omfattningen av antalet årliga olyckor i en vindpark.

För att uppskatta risken för fågelkollisioner krävs kvantitativ information om fåglar som rastar eller flyger förbi det aktuella området, samt information om enskilda vindkraftverk och vindkraftsparkens egenskaper. Uppskattningarna av kollisionsrisken bygger dessutom på ett antal antaganden. För det första förutsätter kollisionsberäkningarna att sannolikheten för att träffas av rotorbladen endast beror på fågelns storlek (både längd och vingspann), rotorbladens bredd och lutning, rotationshastighet och fågelns flyghastighet. För att underlätta beräkningen antas fågeln ha en enkel korsform, med vingarna mitt mellan näbb och stjärt. Rotorbladet antas ha en bredd och en lutningsvinkel, men ingen tjocklek, och det antas att fågelns flygning inte påverkas av en nära miss, trots luftströmmen som uppstår runt rotorbladet. Dessutom antas fåglarna alltid korsa rotorn i 90 grader, även för fåglar som närmar sig rotorn i sned vinkel. Logiken bakom detta är att

minskningen av den korsade ytan och ökningen av den tid det tar för fågeln att korsa rotorplanet vid sned inflygning förmodligen tar ut varandra. Band (2012) beskriver modellen i sex steg:

Steg A: insamling av uppgifter om antalet flygningar som, om fåglar inte förflyttas eller andra åtgärder vidtas för att undvika, eller attraheras av vindkraftsparken, potentiellt riskerar att drabbas av vindkraftverkens rotorblad.

Steg B: dessa uppgifter om flygaktivitet används för att uppskatta det potentiella antalet fågelpassager genom rotorerna i vindkraftsparken.

Steg C: sannolikheten för kollision beräknas för en enskild fågels rotorpassage.

Steg D: uppgifterna från steg A, B och C multipliceras för att få fram den potentiella kollisionsdödligheten för fågelarten i fråga, med hänsyn till den andel av tiden då vindkraftverken inte är i drift, under förutsättning att fåglarna för närvarande använder platsen och att inga undvikande åtgärder vidtas.

Steg E: hänsyn tas till hur stor andel av fåglarna som sannolikt undviker vindkraftsparken eller vindkraftverken, antingen på grund av att de trängs undan från platsen eller för att de vidtar undvikande åtgärder. Hänsyn tas till om fåglar lockas till vindkraftsparken, till exempel till följd av förändrade livsmiljöer.

Steg F uttrycker osäkerheten kring en sådan uppskattning av kollisionsrisken.

Kollisionsberäkningarna görs genom att kombinera de fem första stegen och därefter lägga till den tillhörande osäkerheten. I steg A definieras fåglarnas flygaktivitet som används i steg B för att uppskatta "flödet" av fåglar genom rotorerna beroende på fågeltäthet (rastande fåglar) eller passagehastighet (migrerande/förflygande fåglar). I steg C beräknas sannolikheten för kollisioner under en enskild passage utifrån vindkraftverkets och fågelns egenskaper. Steg B och C kombineras ytterligare i steg C genom att multiplicera antalet fågelpassager med kollisionsrisken vid en enskild passage och den andel av tiden då vindkraftsparken är i drift, vilket ger antalet kollisioner per månad om man antar att inga undvikande reaktioner sker. I steg D adderas sedan de undvikande reaktionerna vilket ger den slutliga kollisionsberäkningen per månad.

I det sista steget (F) uttrycks de tillhörande osäkerheterna kring varje steg. Det finns osäkerheter i alla steg i beräkningarna av kollisionsrisken (det vill säga fågeltäthet/passagefrekvens, nattlig aktivitet, andel på rotorns höjd, vindkraftverkets storlek och drifttid samt förenklingar av kollisionsmodellen). Osäkerheten för de olika stegen bygger på expertbedömningar och bör därför användas som ett proportionellt osäkerhetsintervall, en indikation på osäkerheten. Eftersom det saknas mer exakta uppgifter om osäkerheterna har vi använt samma proportion för alla arter. Felen är baserade på ett 95-procentigt konfidensintervall. Osäkerheten i fråga om fågeltäthet/passagefrekvens antas vara minst 50 procent ($e1 = 0,50$). Eftersom det finns få tillgängliga uppgifter om nattlig aktivitet antar vi att osäkerheten är minst 25 procent ($e2 = 0,25$).

Osäkerheten med fåglar som flyger på rotorhöjd bedöms vara minst 25 procent ($e3 = 0,25$, Band 2012) och drifttiden minst 10 procent ($e4 = 0,10$). Slutligen definieras osäkerheten på grund av modellförenklingar som 25 procent ($e5 = 0,25$). De olika osäkerhetskomponenterna kombineras med hjälp av följande formel:

$$E = \sqrt{(e12, e22, e32, e42, e52,)} = \pm 0,61 (\pm 61\text{procent})$$

Tabell 3. Ingångsvärden för parametrar kopplade till typ av vindkraftsverk.

Vindkraftverksmodell	Symbol	350 m totalhöjd	Källa/beskrivning
Antal blad		3,0	Från typexempel på vindkraftverksmodell
Rotationshastighet (varv/min)	Ω	10	Från typexempel på vindkraftverksmodell
Rotorradie (m)	R	150	Halva den angivna rotordiametern
Navets höjd (m)	H	200	rotorns radie +50 m som är höjden mellan vattnet och rotorns lägsta spets
Drifttid (%)		98,0	Antas vara 98 %
Maximal bladbredd (m)	c	10	Antas vara cirka 0,4 m mindre eller större än det kända värdet för modellen
Lutning (grader)	γ	10,0	Standardvärde används
Latitud (grader)		61,40	Vindkraftsparkens latitud
Antal		347	Antal vindkraftverk

Tabell 4. Ingångsvärden för parametrar relaterade till silltrutarnas fysiologi och flygbeteenden.

Parameter	
Fågels längd (m)	0,52
Fågels vingbredd (m)	1,26
Flyghastighet (m/s)	13,1
Nattaktivitetsfaktor (1-5)	3
Flygbeteende (aktiv flykt eller glidflykt)	Aktiv flykt
Proportion av flygningar upp mot vinden (%)	50,0



Figur 2. En adult silltrut (östersjötrut) på häckningsö i Björns skärgård. Foto Ulrik Lötberg.

5. Natura 2000-områden och berörda fåglar

Vindpark Sylen bedöms ligga på tillräckligt avstånd från samtliga Natura 2000-områden i regionen för att försumbar påverkansrisk på utpekade fågelarter ska föreligga. Som tidigare har beskrivits ovan i rapporten bedöms *Vindpark Sylen* inte utgöra en påverkansrisk för fågelarter i utpekade livsmiljöer i SCI-områden på de grunda utsjöbankarna på Finngrunden. I avsnitt 6.1 redovisas flygrörelser av silltrut (östersjötrut) som häckat på kolonier längs Gävleborgskusten från ön Gran i norr till Björns skärgård i söder. Aktivitetsområden för sillgrissla och tordmule från häckningskolonier vid Agön redovisas i avsnitt 6.2.

6. Häckande fåglar

Av fåglar som häckar längs kusten i Gävleborgs och Uppsala län bedöms framför allt silltrut (östersjötrut) flyga längre sträckor ut till havs för att söka efter föda till ungarna. Sillgrissla och tordmule som häckar på Stora Karlsö flyger regelbundet ca 50 km, ibland ännu längre, från häckningskolonin (Isaksson m.fl. 2019). Här presenteras analysresultat av GPS-försedda silltrutar, tordmule och sillgrissla och aktivitetsområden för dessa i förhållande till *Vindpark Sylen*.

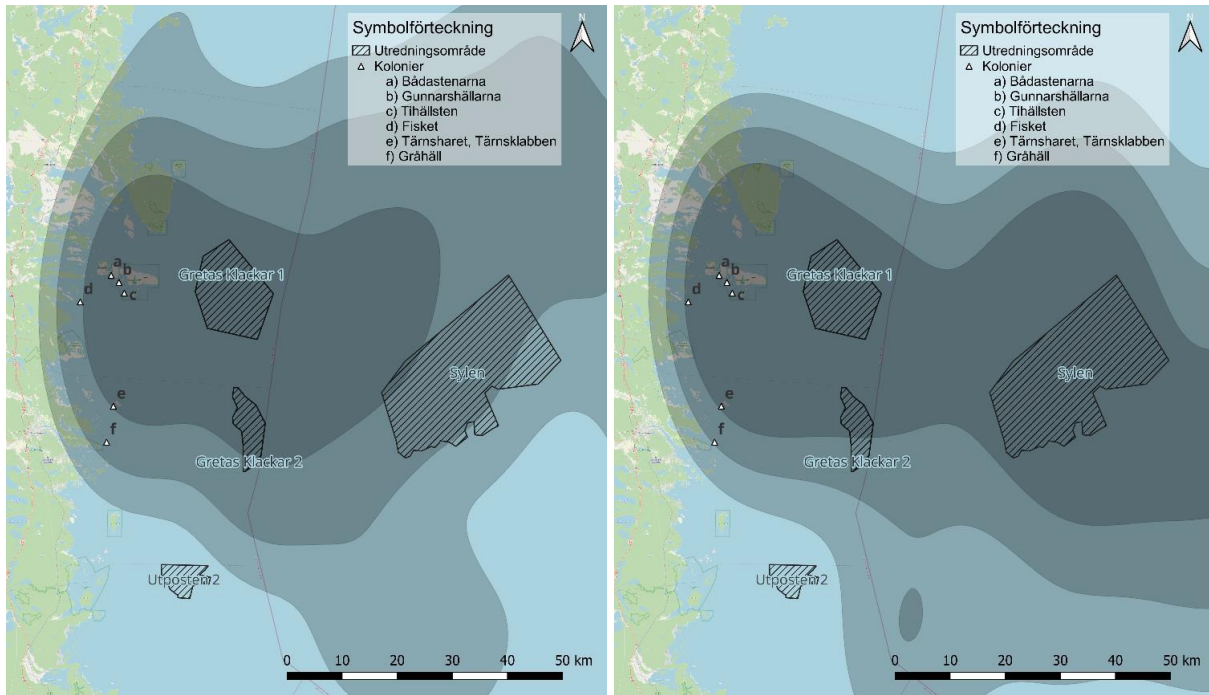
6.1 Silltrut (östersjötrut)

I sex kolonier med totalt ca 500 par silltrut fångades individer som fick GPS-sändare (Lötberg m.fl. 2023). Totalt användes data från elva vuxna silltrutar, i fyra fall under två olika häckningssäsonger. Därutöver analyserades data från sju vuxna individer från ön Gran samt sex individer från Eggegrund och Tågstuparna.

Totalt registrerades 160 besök av silltrut i *Vindpark Sylen* under häckningssäsongerna (Figur 3). Merparten av dessa besök (61 procent) bedömdes utgöra av fiske (födosök) i projektområdet. Det var framför allt individer från kolonin på Gunnarshällarna som besökte *Vindpark Sylen* (Figur 3b), men besök gjordes av individer från samtliga undersökta kolonier. Det rörde sig dock inte om frekventa besök och den högsta aktiviteten noterades närmare häckningskolonierna.

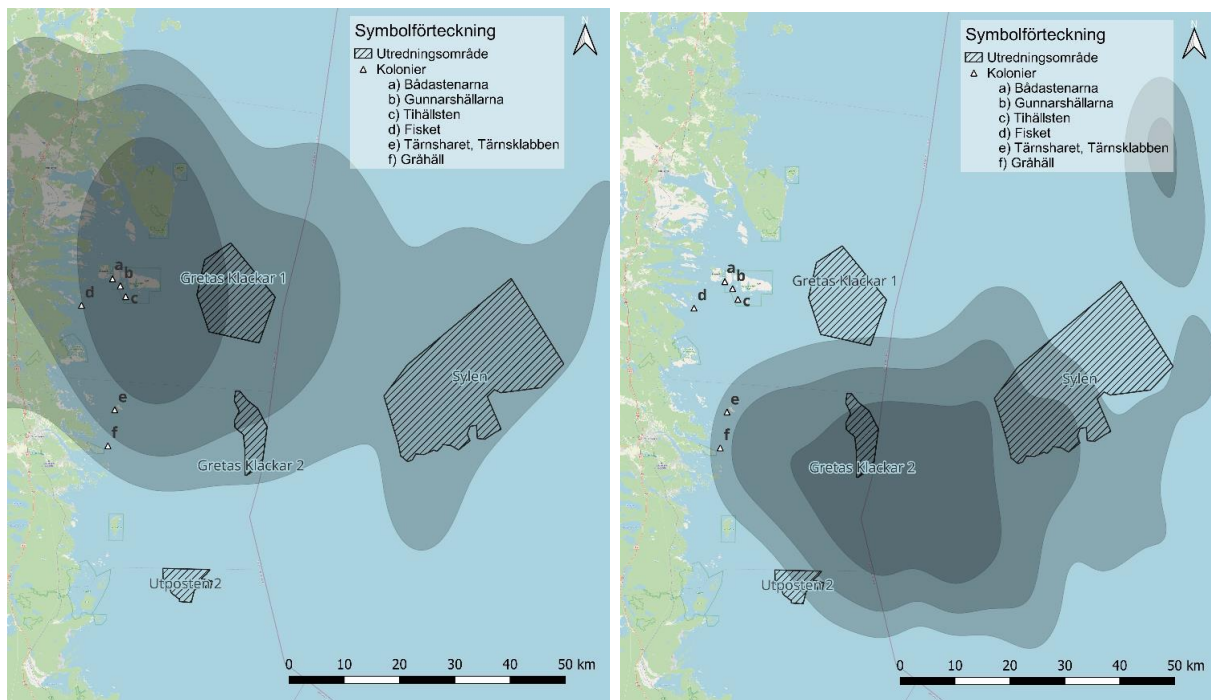
Kollisionsrisken för silltrutarna som besöker *Vindpark Sylen* modellerades med tre olika nivåer av undvikande. Vilket ingångsvärde för undvikandebeteendet som används påverkar utfallet av modelleringen. Cook (2021) anger 97,9 procent undvikande som rimligt att använda vid modellering av kollisionsrisken med Band-modellen. Detta värde gav ett beräknat årligt kollisionsfall av en individ. Skov m.fl. (2018) anger 99,8 procent undvikande som rimligt baserat på egna studier, en undvikandenivå som resulterade i färre än ett (närmare noll) beräknat kollisionsfall per år.

Fågelförekomst Vindpark Sylén



3a) Bådaastenarna

3b) Gunnarshällarna

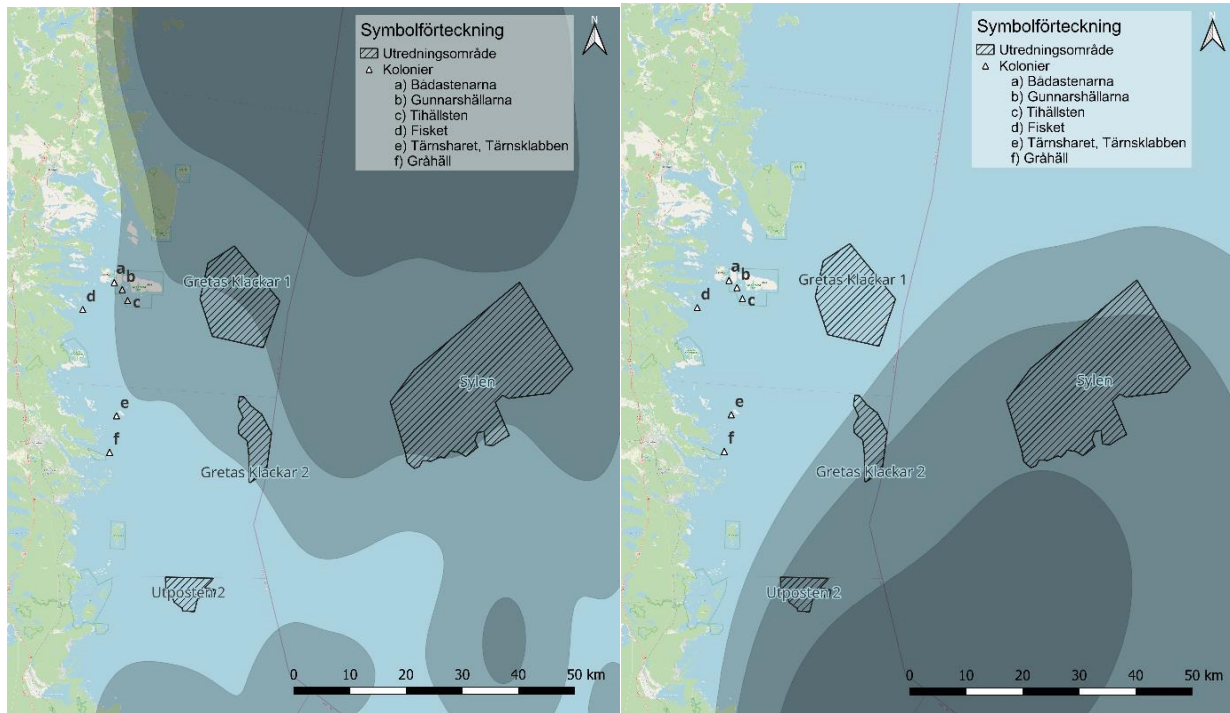


3c) Tihällsten

3d) Gråhäll

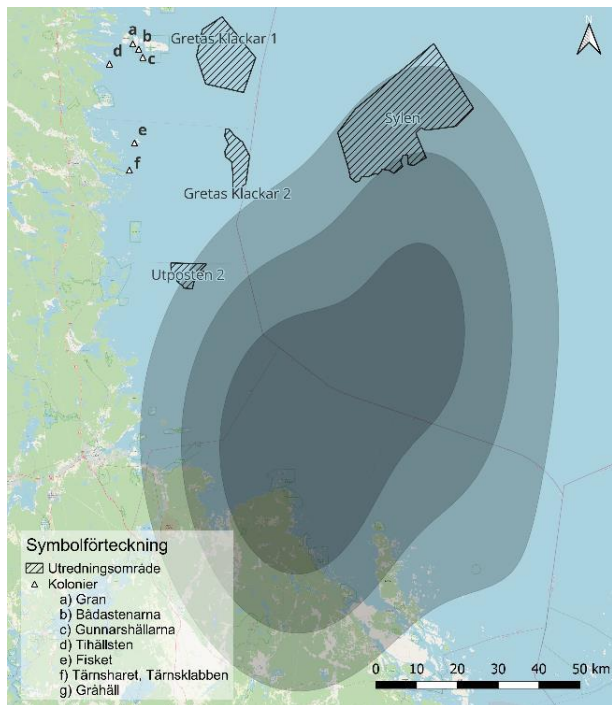
Figur 3. Aktivitetscentra (kernel density estimate) baserat på data från häckningsperioden från GPS-märkta individer av silltrut från olika kolonier, uppdelat utifrån koloni (delfigur a-d). Aktivitetscentra för 90%, 75% och 50% är markerade i ljus till mörkt grå.

Fågelförekomst Vindpark Sylén



3e) Gran

3f) Eggegrund

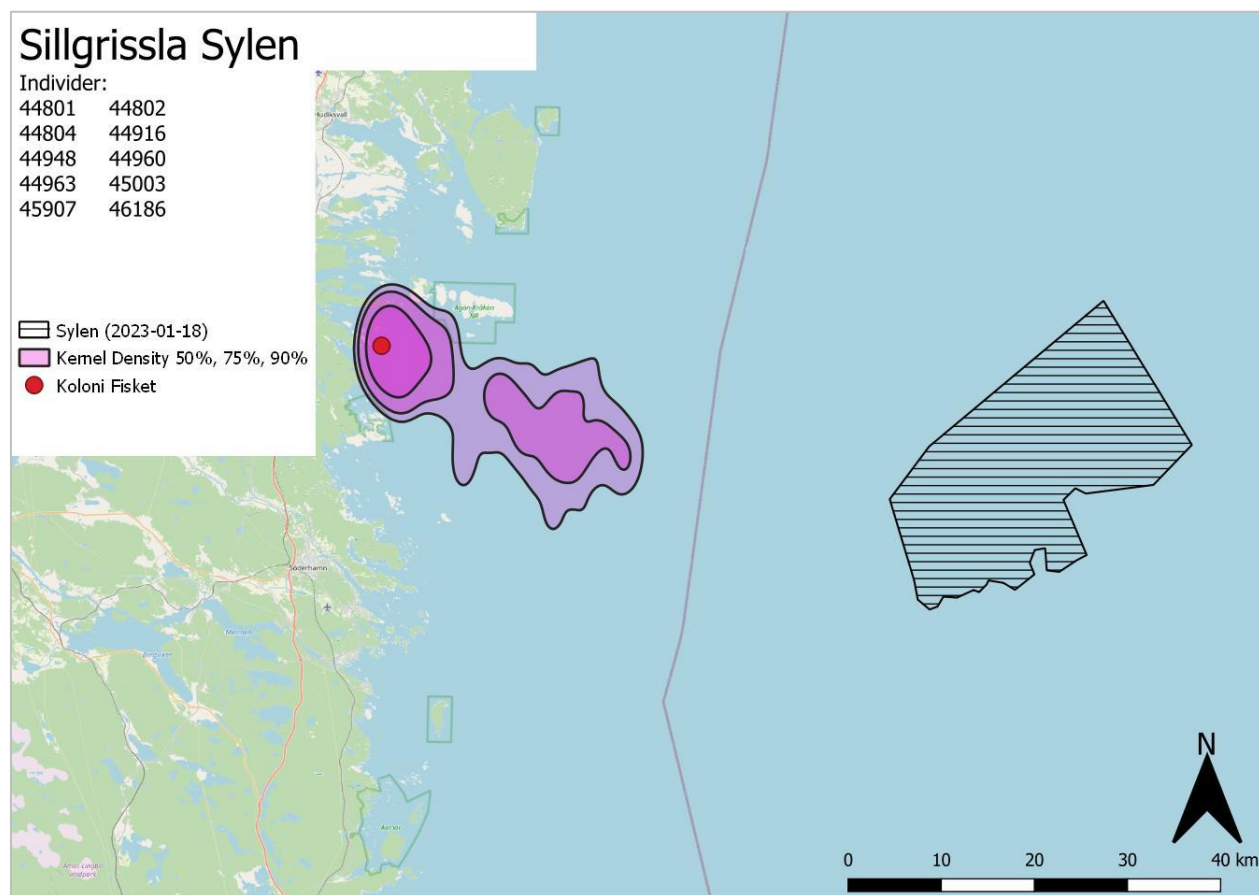


3g) Tågstuparna

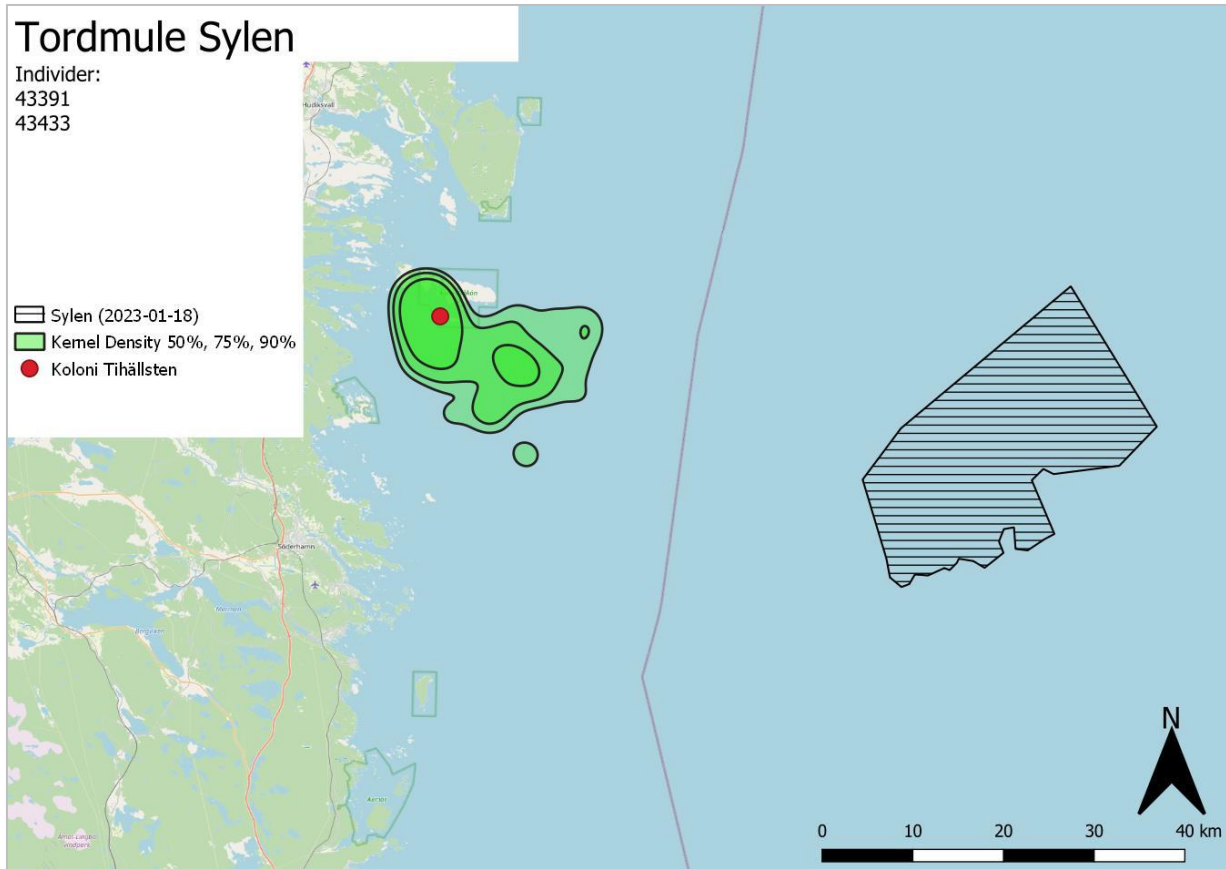
Figur 3 forts. Aktivitetscentra (kernel density estimate) baserat på data från häckningsperioden från GPS-märkta individer av silltrut från olika kolonier, uppdelat utifrån koloni (delfigur e-g). Aktivitetscentra för 90%, 75% och 50% är markerade i ljus till mörkt grå.

6.2 Sillgrissla och tordmule

Tio individer av sillgrissla respektive två individer av tordmule fångades och försågs med GPS-sändare vid kolonier i Agö-området (Bergendal m.fl. 2023). Det längsta avståndet från kolonin som registrerades var en sillgrissla som flög ca 40 km bort från häckningskolonin på Fisket. Detta betyder att ingen individ med GPS-sändare besökte *Vindpark Sylen*. Merparten av aktiviteten var koncentrerad till närområdet av kolonierna (Figur 4 och 5). Fisketurer gjordes i riktning mot sydost från kolonierna, ett mönster som observerades hos båda arterna.



Figur 4. Aktivitetscentra (kernel density estimate) baserat på data från häckningsperioden från GPS-märkta individer av sillgrissla från Fisket. Aktivitetscentra för 90%, 75% och 50% är markerade i ljus till mörkt violett.



Figur 5. Aktivitetscentra (kernel density estimate) baserat på data från häckningsperioden från GPS-märkta individer av tordmule från Tihällsten. Aktivitetscentra för 90%, 75% och 50% är markerade i ljus till mörkare grönt.



Figur 6. Tordmule i häckningskoloni. Foto: Ulrik Lötberg.

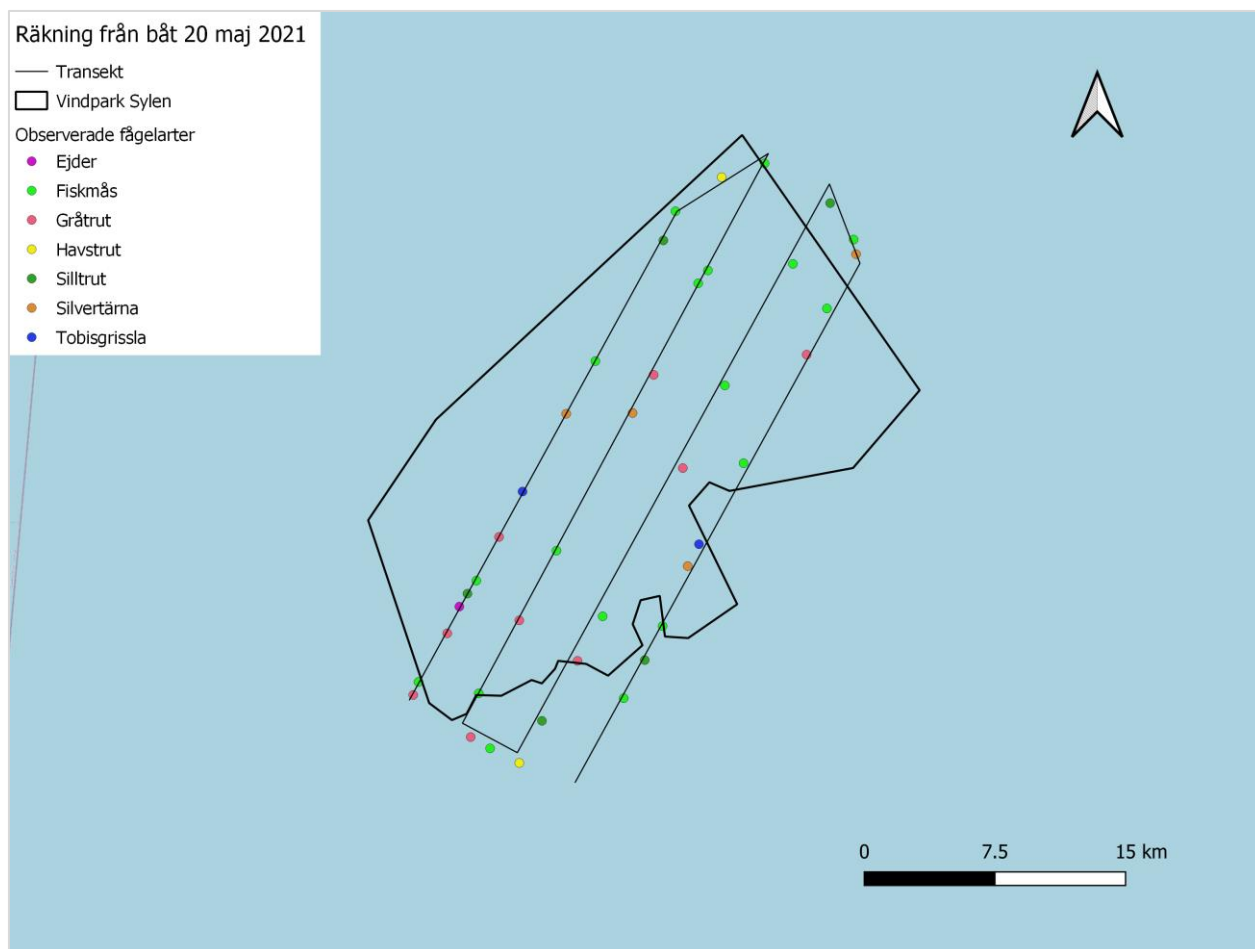
7. Rastande sjöfåglar

7.1 Fågelinventering från båt 2021

Fågelinventeringarna med båt resulterade i ett fåtal fynd av ett begränsat antal fågelarter. Vid inventeringen 18–19 mars 2021 räknades 78 fiskmås, 7 gråtrut, 4 tordmule, 3 tobisgrissla samt 2 havstrut (Figur 7). Färre fågelindivider noterades vid inventeringen 20 maj 2021 jämfört med inventeringen i mars 2021. Fiskmås var återigen talrikast med 21 fåglar, följt av 12 gråtrut, 9 silvertärna, 5 ejder, 5 silltrut (östersjötrut), 2 havstrut samt 2 tobisgrissla. Ejdrarna utgjordes av en samlad grupp som flög aktivt norrut. Samtliga silltrutar var vuxna (köns mogna) individer medan endast en av gråtrutarna var en vuxen individ och ingen av havstrutarna var vuxen. Fördelningen av observationer presenteras i Figur 8.



Figur 7. Transektlinjer och registrering av fåglar från båt 18–19 mars 2021.



Figur 8. Transektlinjer och registrering av fåglar från båt 20 maj 2021.

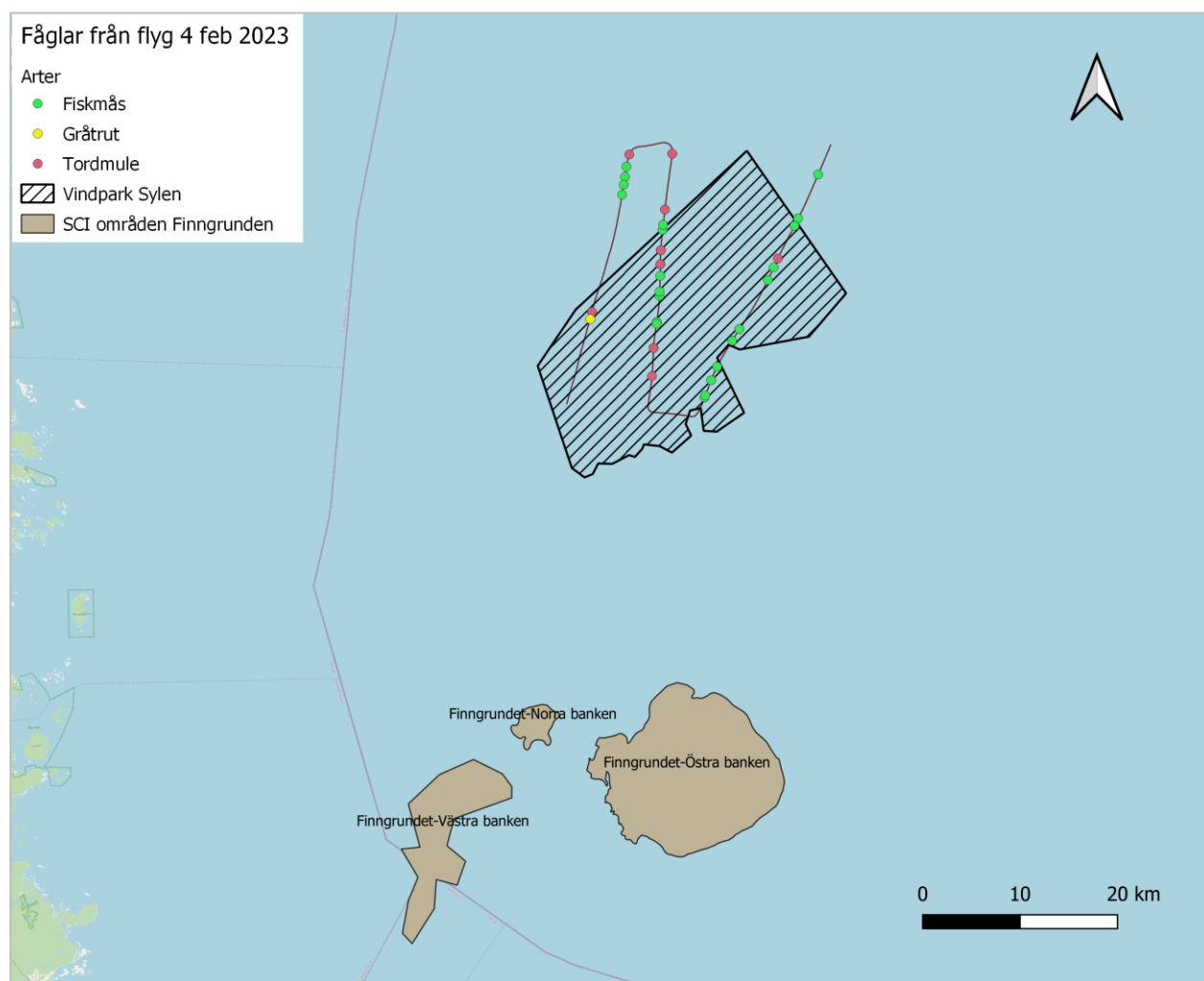


Figur 9. Tobisgrisslor noterade i projektområdet. Foto: Martin Rydberg Hedén.

7.2 Fågelinventering från flyg 4 februari 2023

Vid flygningen på *Vindpark Sylen* i februari 2023 registrerades totalt 43 fågelindivider av tre arter. Flest sågs av fiskmås med 27 individer, följt av 15 tordmule och en gråtrut. Fördelningen av observationer presenteras i Figur 10. I projektområdet observerades 20 fiskmås, 12 tordmule och en gråtrut.

Fiskmåsaarna och gråtruten sågs flygande medan samtliga tordmular låg på vattnet. Tätheten av observerade tordmular motsvarar ca 0,4–0,5 individer/km², en förhållandevis låg täthet.



Figur 10. Fördelningen av fågelobservationer vid flygning på *Vindpark Sylen* 4 februari 2023.

8. Migrerande fåglar

Nattetid migrerar många fåglar, främst småfåglar, över Östersjön på relativt hög höjd (Bruderer m.fl. 2018, Pettersson 2011, Welcker & Vilela 2019). Radarstudier vid Rügen och Fehmarn Bält längs den tyska Östersjökusten och från havsbaserade vindkraftsparker i södra Östersjön och i Nordsjön indikerar att omkring 60 % av de nattmigrerande fåglarna flyger på över 400 m höjd (Bruderer m.fl. 2018, referenser i Welcker & Vilela 2019). I en annan radarstudie vid Utgrunden vindkraftspark i södra Kalmarsund (Pettersson 2011) flög nattmigrerande fåglar på lägre höjd jämfört med studierna i Welcker & Vilela (2019), men avståndet från vindkraftsparken till land kan påverka flyghöjder då fåglarna går ner i flyghöjd när de närmar sig land på morgonen. Utgrunden låg ungefär 7 km från Öland respektive det småländska fastlandet.

Nattmigrationen är som intensivast vid svaga vindar (helst medvind) och klart väder utan nederbörd (Nilsson m.fl. 2019, Welcker & Vilela 2019). Även om fåglarna startar en nattetapp i optimalt väder kan fåglarna möta kraftiga motvindar, nederbörd eller nedsatt sikt, vilket kan pressa ner fåglarna till lägre höjd där de riskerar att passera i kollisionkurs med rotorbladen (Bruderer m.fl. 2018). Vid Utgrunden i södra Kalmarsund noterades att fåglarna passerade på högre höjd vid dimma, sannolikt för att undvika att flyga genom dimman (Pettersson 2006).

Typiskt för nattmigration av småfåglar är att det under flertalet nätter är låg aktivitet för att däremellan bli nätter med hög migrationsaktivitet (Zehnder m.fl. 2001, Welcker & Vilela 2019). Migrationsaktiviteten är vanligtvis som störst på förnatten med en topp några timmar före midnatt.

Det saknas data på migrationsflöden av nattmigrerande småfåglar genom projektområdet, men det är högst sannolikt att uppträdet liknar det som dokumenterats på andra platser i Östersjön i olika studier. Det innebär att i de fall nätter med högt migrationsflöde av småfåglar sammanfaller med väderförhållanden som trycker ned fåglarna, kanske i kombination med nedsatt sikt, kan en förhöjd kollisionsrisk för fåglarna uppstå när de flyger i vindkraftsverkens rotorhöjd.

Individriekdomen av migrerande småfåglar över Bottenhavet är dock lägre jämfört med havsområden i Östersjön och Nordsjön.

Studier indikerar att det årligen i Europa omkommer i genomsnitt 5–10 fåglar per vindkraftverk på land (Rydell m.fl. 2017). Merparten av dessa olycksfall utgörs av småfåglar då det är den mest talrika artgruppen. I radarstudier genomförda vid havsbaserade vindkraftsparker i tyska Östersjön och Nordsjön bedömdes att 88 % av nattmigrerande fågelindivider utgjordes av småfåglar (Welcker & Vilela 2019). Flera undersökningar indikerar att kollisionsrisken är lägre för de småfåglar som flyger på natten (Welcker m.fl. 2017). Vissa nätter med hög migrationsaktivitet och sämre väderförhållanden med dimma och dålig sikt kan kollisionsrisken för migrerande småfåglar sannolikt vara högre. Likväl menar Krijgsveld m.fl. (2015), Welcker m.fl. (2017) och Welcker & Vilela (2019) att sådana väderomständigheter, det vill säga stort antal migrerande

småfåglar och dimma med dålig sikt samtidigt, är sällsynta och främst inträffar på hösten. Hinderbelysning på vindkraftverk innebar inte fler kollisioner av nattmigrerande småfåglar än vid vindkraftverk utan sådan belysning enligt en studie av landbaserade vindkraftsparker i Nordamerika (Kerlinger m.fl. 2010). Blinkande ljus tycks innebära en lägre kollisionsrisk än ett fast sken (Gehring m.fl. 2009, Rebke m.fl. 2019).

Antalet migrerande småfåglar genom *Vindpark Sylen* bedöms kunna vara flera hundra tusen individer under ett år utan att någon exakt siffra kan preciseras. Vid de tyska havsbaserade vindkraftsparkerna Baltic 2 och Wikinger i Arkonabassängen bedömdes att långt under 1 % (promille) av den årliga förväntade mängden nattmigrerande småfåglar över dessa vindkraftsparker skulle kunna komma till skada vid kollisioner (Welcker & Vilela 2019).

Över Bottenhavet finns en dokumenterad migrationsrörelse av sädgäss av den underart som går under namnet tajgasädgås (Piironen m.fl. 2021). Det bedöms vara omkring 50 000 individer, motsvarande omkring 70 % av världspopulationen, som passerar Ålands hav och Bottenhavet under migration vår och höst (SLU Artdatabanken 2020). De fåglar som använder denna migrationsrutt häckar huvudsakligen i norra Finland och i delar av västra Ryssland. Den senaste populationsskattningen har visat att den globala populationen av tajgasädgås har ökat, vilket har resulterat i en bedömning att populationen är livskraftig (SLU Artdatabanken 2020). Den i Sverige häckande populationen av rasen, vilken omfattar ca 840 köns mogna individer, har uppgraderats till en högre hotnivå och bedöms som sårbar. Dessa individer passerar dock i normalfallet inte över Bottenhavet som ligger utanför deras flyttningssväg som går över land väster om Gävlebukten. I en studie av Piironen m.fl. (2021) flög 58 GPS-försedda tajgasädgäss i ett stråk över Bottenhavet inklusive *Vindpark Sylen* men också delar av Ålands hav i söder.

9. Konsekvensbedömning

I följande kapitel redogörs för de påverkansfaktorer och den påverkan som kan uppstå på fåglar i samband med etablering, drift och avveckling av *Vindpark Sylen* (Tabell 5). Bedömningskriterier är i grunden de som tagits fram och används av Svea Vind Offshore vid havsbaserad vindkraft (Tabell 6). Vissa anpassningar av kriterierna för påverkansgraden har gjorts för att bättre passa ihop med förutsättningarna för fåglarna i projektområdet.

Tabell 5. Påverkansfaktorer på fåglar vid de tre olika faserna av vindkraftsparken.

Påverkansfaktor	Anläggningsfas	Driftsfas	Avvecklingsfas
Undanträngning av livsmiljö	X	X	X
Kollisioner	-	X	-
Barriäreffekter	X	X	X

Tabell 6. Bedömningskriterier som används av Svea Vind Offshore vid havsbaserad vindkraft.

RUMSLIG OMFATTNING	
	Begränsad: Påverkar närmiljön 0–100 m avstånd
	Liten: 100–1 000 m avstånd
	Stor: över 1 000 m
	Omfattande: Effekter även utanför vindparken
TIDSMÄSSIG OMFATTNING	
	Momentan: ett tidsspänn på timmar, ex: 1–48 tim.
	Kort: dagar till månader, under anläggningsfasen så länge som den aktuella aktiviteten pågår
	Medel: har koppling till aktivitet som endast sker under anläggningsfasen men påverkansfaktorn finns kvar 1–2 år efteråt
	Lång: finns kvar så länge som driftsfasen pågår
	Mycket lång: permanent
GRAD AV PÅVERKAN	
	Positiv: Bidrar till gynnsamma förhållanden för biota
	Försumbar: Ingen negativ effekt på populationsnivå, kan ha negativ påverkan på enskilda individer av ej hotade arter.
	Låg: Negativa effekter på beteende eller fysiologi som är övergående, död av enstaka individer men har sannolikt inte negativ effekt på populationens utveckling.
	Medel: Kan till exempel skada individers fysiologiska kapacitet, död av enstaka individer av hotade arter. Risk för ej hotade populationers utveckling men är beroende av sammanhanget.
	Hög: Dödlig effekt på en mängd individer, sannolika negativa effekter på populationers utveckling. Risk för hotade populationers utveckling men är beroende av sammanhanget.
SÄKERHET I BEDÖMNINGEN	
1.	Litteraturen ger god grund för en vetenskaplig grundad bedömning
2.	Även om litteraturens omfattning är begränsad eller att resultat från olika studier delvis ger olika resultat beroende på sammanhanget, så ges en grund för vetenskapligt grundad bedömning.
3.	Det förekommer brister i kunskapsläget och/eller visar olika studier en stor variation i resultat beroende på sammanhang. Därav är bedömningen något osäker.
4.	Litteratur saknas om det relevanta sambandet och bedömningen baseras på expertbedömning av studier utan direkt koppling till sambandet. Därav förekommer osäkerhet i bedömningen.
5.	Litteratur saknas, och vetenskapligt grundad bedömning går inte att genomföra. Bedömningen baseras på expertbedömning utan stöd av litteratur och studier. Därav förekommer stor osäkerhet i bedömningen.

9.1 Anläggnings- och avvecklingsfas

I anläggningsfasen byggs först fundament och därefter ett eller ett fåtal vindkraftverk i taget, vilket innebär en lokal effekt vid varje vindkraftverk under en begränsad tid. Den totala tiden för att få hela vindkraftsparken på plats och färdigbyggd tar sannolikt två-tre år. Fartygsaktivitet blir under denna period högre än den idag befintliga med fartygsled och fiskeaktiviteter.

Vindkraftverken går i drift löpande då de ansluts, provkörs och producerar el allt eftersom.

Avvecklingsfasen är likartad anläggningsfasen men bedöms vara än mer kortvarig. Såväl undanträngningseffekter som barriäreffekter bedöms som försumbara under anläggnings- och avvecklingsfasen av vindkraftsparken. Eftersom vindkraftverken kommer att vara ur drift och nedmonteras efterhand är kollisionsrisken för fåglarna försumbar under avvecklingsfasen. Detta betyder inte att fåglar inte kan kollidera med vindkraftverk som står still men att sådana händelser är fåtaliga i förhållande till riskerna med vindkraftverk i drift.

9.1.1 Undanträngningseffekter av livsmiljö

Under anläggnings- och avvecklingsfasen bedöms fartygsaktivitet och arbeten kopplade till vindkraftsparken utgöra en marginell påverkan i förhållande till redan befintlig fartygsaktivitet. Flera studier har undersökt i vilken grad olika sjöfåglar störs av fartygsaktivitet, vilken potentiellt kan tränga undan fåglar från projektområdet. Lommar har i hög grad visats undvika områden med hög fartygsaktivitet medan alkor inte är lika känsliga (Schwemmer m.fl. 2011, MMO 2018). Alkor, men troligen inte lommar, kan vänja sig till viss grad av upprepad störning från fartygsaktiviteter (MMO 2018).

Aktiviteter vid anläggning och avveckling av vindkraftsparken bedöms ha liten negativ påverkan på de fåtaligt rastande och födosökande sjöfåglarna, vilka bedöms att kunna påverkas i ringa grad av fartygsaktivitet och undanträngning från vindkraftområdet av densamma.

Undanträngningseffekter av livsmiljö vid anläggning och avveckling bedöms ha försumbar påverkan på fåglar.

Sammantaget kan undanträngningseffekter uppstå i anläggnings- och avvecklingsfasen, men dessa faser är relativt korta med lokalt förhöjd aktivitet och en eventuell påverkan bedöms som försumbar utan några effekter på populationerna av fåglar som finns i regionen (Tabell 7).

Tabell 7. Konsekvensbedömning av undanträngningseffekter av livsmiljö på fåglar under anläggnings- och avvecklingsfasen.

	RUMSLIG OMFATTNING
	Stor: över 1000 m avstånd
	TIDSMÄSSIG OMFATTNING
	Kort: dagar till månader, under faserna så länge som den aktuella aktiviteten pågår
	GRADEN AV PÅVERKAN (på populationsnivå)
	Försumbar: Påverkar inte beteendet, häckningsförutsättningar eller överlevnad negativt på populationsnivå
	SÄKERHET I BEDÖMNING
2	Även om litteraturens omfattning är begränsad eller att resultat från olika studier delvis ger olika resultat beroende på sammanhanget, så ges grund för en vetenskapligt grundad bedömning

9.1.2 Kollisionsrisk

Med kollisionsrisk avses risk för fåglar att träffas av vindkraftverkens rotorblad i drift. Fåglar flyger ibland in i verkens torn men utgör i normalfallet (dokumenterat för hönsfåglar på land; Rydell m.fl. 2017) en begränsad andel av samtliga kollisionsfall. Under anläggningsfasen finns en teoretisk risk att fåglar kolliderar med vindkraftverken trots att de inte tagits i drift men denna risk bedöms som försumbar. Efterhand som vindkraftverk installeras ett i taget och sätts i drift löpande bedöms dessa som en konsekvens under driftsfasen.

Anläggnings- och avvecklingsfasen pågår under en relativt kort tid och kollisionsrisken under denna period är i det närmaste obefintlig då väsentlig kollisionsrisk med rotorblad blir aktuell först när verken är i drift, det vill säga under driftsfasen (Tabell 8).

Tabell 8. Konsekvensbedömning av kollisionsrisk på fåglar under anläggnings- och avvecklingsfasen.

	RUMSLIG OMFATTNING
	Begränsad: Påverkar närmiljön 0–100 m avstånd
	TIDSMÄSSIG OMFATTNING
	Kort: dagar till månader, under faserna så länge som den aktuella aktiviteten pågår
	GRADEN AV PÅVERKAN (på populationsnivå)
	Försumbar: Påverkar inte beteendet, häckningsförutsättningar eller överlevnad negativt på populationsnivå
	SÄKERHET I BEDÖMNING
1	Litteraturen ger grund för en vetenskapligt grundad bedömning

9.1.3 Barriäreffekter

Risken för påverkan av barriäreffekter är inledningsvis mycket begränsad men blir större allt eftersom fler vindkraftverk färdigställs. Det är dock först i anläggningsfasens slutskede som barriäreffekter på migrerande fåglar kan vara aktuellt då vindkraftverken upptar allt större del av vindkraftområdet. Samtidigt utgör anläggnings- och avvecklingsfasen en begränsad period av vindkraftsparkens totala livslängd och konsekvensbedömning av eventuella barriäreffekter är endast relevant för driftsfasen. Konsekvensen av barriäreffekter bedöms som försumbar under vindkraftsparkens anläggnings- och avvecklingsfas baserat på samma grunder som under driftsfasen (Tabell 9). Den viktigaste faktorn är att en barriäreffekt som leder till en längre flygsträcka är biologiskt försumbar för långt flyttande fåglar.

Tabell 9. Konsekvensbedömning av barriäreffekter på fåglar under anläggnings- och avvecklingsfasen.

	RUMSLIG OMFATTNING
	Omfattande: Effekter även utanför vindkraftsparken
	TIDSMÄSSIG OMFATTNING
	Kort: dagar till månader, under anläggningsfasen så länge som den aktuella aktiviteten pågår
	GRADEN AV PÅVERKAN (på populationsnivå)
	Försumbar: Påverkar inte beteendet, häckningsförutsättningar eller överlevnad negativt på populationsnivå
	SÄKERHET I BEDÖMNING
1	Litteraturen ger grund för en vetenskapligt grundad bedömning

9.2 Driftsfas

Här följer en genomgång av de fågelarter eller artgrupper som bedöms relevanta att bedöma risk för påverkan avseende barriäreffekt, kollision eller undanträngning. Flera arter är upptagna på fågeldirektivets bilaga 1, men långt ifrån samtliga.

9.2.3 Sillgrissla och tordmule

Sillgrissla och tordmule har livskraftiga och ökande populationer i Sverige (26 000 respektive 35 000 par enligt Wirdheim 2023). Merparten av det nationella beståndet finns emellertid lokaliserat till Karlsöarna och särskilt sillgrissla har få häckningsförekomster i Sverige norr om Karlsöarna. Båda arterna övervintrar till stor del i Östersjön men då i huvudsak längre söderut än området för *Vindpark Sylen*.

Tidigare studier av havsbaserade vindkraftsparkers påverkan på alkor, det vill säga sillgrissla och

tordmule, visar på en viss undanträngning av livsmiljö på dessa arter. Tendensen är att båda arterna de första åren efter vindkraftsetablering trängs undan och minskar i antal vid vindkraftsparken, men undanträngningseffekten är inte konsekvent och högst variabel mellan områden. I vissa vindkraftsparker har ingen antalsförändring observerats, och i några andra fall har alkorna i stället ökat i antal efter vindkraftsetablering (Dierschke m.fl. 2016).

De undersökningar som har gjorts på sillgrissla och tordmule av undanträngning har oftast varit utanför områden där fåglarna har häckat. En GPS-studie av sillgrisslors flygrörelser från en koloni på den tyska ön Helgoland i Nordsjön fann ett tydligt undvikande av tre befintliga vindkraftsparker med en 75 % minskning i utnyttjandet av dessa områden (Perschko m.fl. 2020). Dessa vindkraftverk var belägna mellan 25 och 35 km från kolonin.

När undanträngning har säkerställts i tidigare studier har antalet alkor oftast minskat med upp till 50 % inne i vindkraftsparken samt upp till 30 % inom en kilometer från vindkraftsparken (APEM 2016, APEM 2022). Studien på sillgrisslor från Helgoland indikerar att undanträngningseffekten kan vara högre och så mycket som 75 %. Ett rimligt konservativt worst-case scenario för *Vindpark Sylen* är en undanträngningseffekt av 50 % i projektområdet samt 30 % upp till 1 km från vindkraftverken.

Studien med GPS-sändare på alkor från Agö-området visar att *Vindpark Sylen* inte utgör en påverkansrisk för häckande sillgrissla och tordmule i Gävlebukten eller i Åland. Fågelinventeringarna från båt och flyg indikerar låga tätheter av tordmule i projektområdet utanför häckningssäsongen medan sillgrissla tycks vara sällsynt då den inte alls observerades. Dessa bedöms kunna påverkas genom undanträngning men i så låg grad att konsekvensen blir liten (Tabell 10).

Tabell 10. Konsekvensbedömning av undanträngningseffekter på livsmiljö, kollisionrisk och barriäreffekter samt påverkan på sillgrissla och tordmule under driftfasen.

	RUMSLIG OMFATTNING
	Omfattande: Effekter även utanför vindkraftsparken
	TIDSMÄSSIG OMFATTNING
	Lång: Finns kvar så länge som driftfasen pågår
	GRADEN AV PÅVERKAN (på populationsnivå)
	Låg: Risk för undanträngning från födosöksområden som inte bedöms ha negativ effekt på populationens utveckling
	SÄKERHET I BEDÖMNING
2	Även om litteraturens omfattning är begränsad eller att resultat från olika studier delvis ger olika resultat beroende på sammanhanget, så ges grund för en vetenskapligt grundad bedömning

9.2.4 Silltrut (östersjötrut)

Silltrutspopulationen i Gävlebukten är nationellt viktig och sårbar. GPS-studier visar att silltrutarna under häckningssäsongen i någon grad flyger ut till *Vindpark Sylen* för att födosöka. En viss undanträngning kan inte uteslutas men störst risk för påverkan bedöms kollisionsrisken utgöra. Modellering gav upp till ett kollisionsfall årligen av *Vindpark Sylen*, vilket inte bedöms ha någon negativ effekt på populationens utveckling i Gävlebukten.

Tabell 11. Konsekvensbedömning av påverkan på silltrut (östersjötrut) under driftsfasen.

	RUMSLIG OMFATTNING
	Begränsad: Påverkar närmiljön 0–100 m avstånd
	TIDSMÄSSIG OMFATTNING
	Lång: Finns kvar så länge som driftsfasen pågår
	GRADEN AV PÅVERKAN (på populationsnivå)
	Låg: Risk för död av enstaka individer under total driftstid men bedöms inte ha negativ effekt på populationens utveckling
	SÄKERHET I BEDÖMNING
2	Även om litteraturens omfattning är begränsad eller att resultat från olika studier delvis ger olika resultat beroende på sammanhanget, så ges grund för en vetenskapligt grundad bedömning

9.2.5 Migrerande sjöfåglar

Under vår och höst passerar vanligtvis migrerande sjöfåglar (änder, gäss, dykande fåglar, vadarfåglar) området för *Vindpark Sylen* i relativt låga antal. De arter som flyger förbi mer än med enstaka individer utgörs bland annat av storlom, smålom, sångsvan och tajgasädgå. Få sjöfåglar torde flyga in i vindkraftsparken då den här typen av fåglar i väldigt hög utsträckning undviker att flyga in i vindkraftsparker under aktiv flyttning (Pettersson 2011, Fox & Petersen 2019). De sjöfåglar som eventuellt gör detta ändå på grund av de stora avstånden mellan varje enskilt vindkraftverk i vindkraftsparken justerar och anpassar flygkurs och flyghöjd för att undvika kollision med vindkraftverken såsom dokumenterat för migrerande ejdrar (Petersen m.fl. 2005, Fox & Petersen 2019). Sammantaget bedöms påverkan av kollisionsrisk vara försumbar för migrerande sjöfåglar vid *Vindpark Sylen* (Tabell 12).

Barriäreffekter på långt migrerande sjöfåglar som leder till ändrade flytt- eller flygrutter och flyghöjder och därmed till energikostnader för fåglarna har utifrån befintliga havsbaserade vindkraftsparker beskrivits av Masden m.fl. (2009, 2010) som fann att effekterna var försumbara och biologiskt irrelevanta. Erfarenheter av artspecifika reaktioner har samlats in vid Nysted mellan Lolland i Danmark och Fehmarn i Tyskland samt Utgrunden vindkraftsparker. Sjöfåglar

reagerade på omkring 5 km avstånd från vindkraftverken och avvek i allmänhet på 3 km avstånd från vindkraftsparken (Petersen m.fl. 2006, Pettersson 2011). Inom ett avstånd på 1–2 km undvek mer än 50 procent av de fåglar som flög mot vindkraftsparken att passera genom den. Undvikandeavstånd var kortare på natten än på dagtid. Extrema reaktioner, som att vända om när sjöfåglar mötte vindkraftsparken, observerades inte i dessa studier av migrerande sjöfåglar.

En justering av flygkursen för aktivt flyttande sjöfåglar för att flyga runt *Vindpark Sylen* bedöms innebära maximalt ca 10 km längre flygväg. Denna minimala extra energiåtgång utgör en mindre del av den totala flygvägen för till exempel smålom, storlom, sångsvan och tajgasädgås. Sammantaget görs bedömningen att barriäreffekter på migrerande sjöfåglar är försumbar (Tabell 12).

Tabell 12. Konsekvensbedömning av påverkan, barriäreffekt och kollisionsrisk, på migrerande sjöfåglar under driftsfasen.

	RUMSLIG OMFATTNING
	Omfattande: Effekter även utanför vindkraftsparken
	TIDSMÄSSIG OMFATTNING
	Lång: Finns kvar så länge som driftsfasen pågår
	GRADEN AV PÅVERKAN (på populationsnivå)
	Försumbar: Påverkar inte migrationsbeteendet negativt på individ- eller populationsnivå
	SÄKERHET I BEDÖMNING
1	Litteraturen ger grund för en vetenskapligt grundad bedömning

9.2.6 Nattmigrerande småfåglar

Studier som utförts vid vindkraftsparker i Nordsjön och tyska Östersjön tyder på få kollisioner av nattmigrerande fåglar i förhållande till mängden passerande fåglar (Krijgsveld m.fl. 2015, Welcker & Vilela 2019). Under antagande att 55 fågelindivider/km/timme i medeltal passerar *Vindpark Sylen* nattetid under den mest intensiva migrationsperioden på hösten i september-oktober, ett värde hämtat från en väderadar i Arlanda i studien av Nilsson m.fl. (2019), förväntas 22 km (projektområdets bredd) · 55 = 1 210 fåglar/timme passera i genomsnitt över *Vindpark Sylen*. Detta motsvarar drygt 10 000 fåglar som passerar vindkraftsparken under en höstnatt. I september och oktober finns totalt ca 750 timmar nattetid som med 1 210 fåglar/timme ger omkring 900 000 nattmigrerande fåglar över *Vindpark Sylen* under dessa två höstmånader. Denna beräkning ger en grov uppfattning om att det kan vara flera miljoner fåglar som passerar

vindkraftsparken årligen. Kollisionsrisker som estimerades för nattmigrerande fåglar vid de tyska havsbaserade vindkraftsparkerna Baltic 2 och Wikingen (Welcker & Vilela 2019) resulterade i att långt färre än 1‰ (promille) av den förväntade mängden av nattmigrerande fåglar över området under ett år förolyckades. Bedömningen av risken för påverkan av kollisionsfall med nattmigrerande fåglar bedöms därför som låg (Tabell 13).

Tabell 29. Konsekvensbedömning kollisionsriskers påverkan på nattmigrerande småfåglar under driftsfasen.

	RUMSLIG OMFATTNING
	Begränsad: Påverkar närmiljön 0–100 m avstånd
	TIDSMÄSSIG OMFATTNING
	Lång: Finns kvar så länge som driftsfasen pågår
	GRADEN AV PÅVERKAN (på populationsnivå)
	Låg: Risk för död av individer under total driftstid men bedöms inte ha negativ effekt på populationernas utveckling
	SÄKERHET I BEDÖMNING
2	Även om litteraturens omfattning är begränsad eller att resultat från olika studier delvis ger olika resultat beroende på sammanhanget, så ges grund för en vetenskapligt grundad bedömning.

10. Kumulativa effekter

Det finns i nuläget inga uppförda vindkraftsparker i Gävlebukten och Bottenhavet (Storgrundet har ett tillstånd men har ansökt om nytt med högre totalhöjd på vindkraftverken och fått ett sådant beviljat i mark- och miljödomstolen). Däremot har ansökningar skickats in för flera vindkraftsparker i regionen. Vindkraftsparker som har beaktats i den kumulativa bedömningen presenteras i Tabell 30.

Tabell 30. Planerade och tillståndsgivna vindkraftsparker i Bottenhavet som ingår i den kumulativa bedömningen.

Projektör	Vindkraftspark	Antal verk	Totalhöjd (m)
Svea Vind Offshore	Sylen (SY)	347	350
Svea Vind Offshore	Utposten 2 (UP2)	32	350
Svea Vind Offshore	Gretas Klackar 1 (GK1)	107	350
Eolus Vind	Najaderna (NA)	67	365
Skyborn Renewables	Storgrundet (SG) tillståndsgivet	51	290
Skyborn Renewables	Fyrskippet (FY)	187	350
Skyborn Renewables	Eystrasalt (EY)	256	370

Andra verksamheter och anläggningar som kan bidra till kumulativa effekter är fiskeaktiviteter, sjöfartstrafik, undervattenskablar och Försvarens eventuella verksamhet i området. Av dessa kan undervattenskablar avskrivas då liten påverkansrisk föreligger på fåglar från kablar som ligger på botten. Den störning som kan uppstå är den fartygsaktivitet som är en förutsättning vid utläggning av undervattenskabel. En sådan kortvarig störning bedöms dock kunna medföra försumbar påverkan.

Fiskeaktiviteter kan möjligen öka utanför vindkraftsparkerna om fisket minskar inne i vindkraftsparkerna och på så sätt eventuellt leda till en lokal påverkan på fåglar som trängts undan från vindkraftsparker söker sig till områden med förhöjd fiskeaktivitet. Med de låga tätheter av sjöfåglar som observerats i *Vindpark Sylen* bedöms denna påverkansrisk som liten. Försvarens aktiviteter är ytterst svåra att förutsäga men eventuella övningar är till sin natur relativt kortvariga och förläggs så vitt känt vanligtvis inte till Bottenhavet. Sjötrafiken förväntas inte öka från nuvarande omfattning, vilken bedöms medföra en liten påverkansrisk på fågellivet. Den absolut största risken för de fåglar som ligger regelbundet på vattnet där vindkraftsparker planeras är oljeutsläpp som kan förekomma vid en fartygsolycka eller från illegala utsläpp, d.v.s. från en annan källa än ansökt verksamhet.

Den planerade vindkraftsparken Storgrundet ligger inte i ett område som frekventeras i någon betydande omfattning av häckande silltrutar eller sillgrisslor och tordmular. Därmed bedöms inte *Vindpark Sylen* medföra mer än försumbar kumulativ påverkan på häckande fåglar.

Barriäreffekter som kan uppstå för migrerande sjöfåglar av *Vindpark Sylen* och de i Tabell 30 angivna vindkraftsparkerna sammantaget bedöms som försumbara utan biologisk relevans för migrerande fåglar.

Med den kunskap som finns idag kring omfattningen av kollisionsfall av nattmigrerande småfåglar vid vindkraftverk utgör den förväntade dödligheten av fåglar till följd av etablering av *Vindpark Sylen* en mycket liten andel av de antal som passerar genom detta område under migration vår och höst. Kumulativa effekter på nattmigrerande småfåglar till följd av *Vindpark Sylen* bedöms som försumbar med förväntade kollisionsfall utan negativ effekt på fågelpopulationernas utveckling.

Andra aktiviteter bedöms kunna medföra försumbar påverkan och kumulativ konsekvens på fågellivet.

Vindkraftsparkerna som ingår i den kumulativa bedömningen i Tabell 30 inkluderar 1 047 vindkraftverk. Det är osannolikt att samtliga dessa vindkraftverk kommer att byggas. Men om det osannolika att samtliga 1 047 vindkraftverk kommer till stånd, skulle detta kunna innebära en påverkan på fåglar som vistas i Bottenhavet.

Med ovan resonemang kring påverkansrisk och konsekvens av *Vindpark Sylen* på fåglar tillför denna vindkraftspark enskilt en försumbar risk för påverkan.

Analyser av aktivitetsområden för silltrut, sillgrissla och tordmule i de delar av Bottenhavet som omfattar Svea Vind Offshores projekt (*Gretas Klackar 1, Vindpark Sylen och Utposten*) indikerar en liten påverkansrisk på dessa fågelarter med försumbar konsekvens på populationerna (Bergendal m.fl. 2023, Lötberg m.fl. 2023).

Vid en maximal vindkraftsutbyggnad, det vill säga om samtliga eller merparten av projekten förverkligas, rekommenderas ett ansvarstagande hos samtliga bolag med uppföljning av eventuell påverkan på silltrut och nattmigrerande fåglar.

11. Slutsatser

Lokaliseringen av *Vindpark Sylen* långt ut till havs på relativt stora djup i Bottenhavet medför få påverkansrisker för fåglar. Genomförda inventeringar från båt och flyg samt analyser av GPS-data från häckande silltrut (östersjötrut), sillgrissla och tordmule visar att förekomsten av rastande och födosökande sjöfåglar i projektområdet är liten. Häckande silltrutar flyger ut till projektområdet med en viss risk för undanträngning men framför allt genom kollisioner med roterande rotorblad på vindkraftverken. En frigång på minst 30 m och gles placering av verken samt ett flygbeteende där silltrutarna i mycket hög utsträckning undviker att flyga nära rotorbladen resulterar i maximalt **ett** beräknat kollisionsfall av silltrut per år i den häckande populationen längs Gävlebukten. Migrationsaktiviteten av fåglar bedöms vara förhållandevis låg mitt ute på Bottenhavet. Sjöfåglar bedöms flyga runt vindkraftsparken med försumbar extra energiåtgång. Nattmigrerande fåglar bedöms kunna råka ut för kollisionsfall i vindkraftsparken men i en omfattning långt ifrån antalet individer som passerar över Bottenhavet.

Sammantaget görs bedömningen att påverkansrisken av *Vindpark Sylen* bedöms vara försumbar utan risk för negativ påverkan på någon fågelpopulation.

12. Referenser

- APEM. 2016. Assessment of Displacement Impacts of Offshore Windfarms and Other Human Activities on Red-throated Divers and Alcids. Natural England Commissioned Reports, Number 227.
- APEM. 2022. Review of evidence to support auk displacement and mortality rates in relation to offshore wind farms. APEM Scientific Report P00007416. Ørsted, January 2022, Final, 49 pp.
- Band. B. 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore wind farms. Rapport, mars 2012.
- Bergendal, H., Lötberg, U., Isaksson, N. & Åkesson, S. 2023. GPS-studie av sillgrissla och tordmule under häckning vid Agön i Hälsingland och deras nyttjande av undersökningsområden för vindkraftparkerna Gretas Klackar 1, Gretas Klackar 2, Sylen samt Utposten 2. Rapport från Heliaca Naturvårdskonsulting.
- Bergström, L. m.fl. 2022. Effekter av havsbaserad vindkraft på marint liv: en syntesrapport om kunskapsläget 2021. Rapport 7049, Naturvårdsverket.
- Bruderer, B., Peter, D. & Korner-Nievergelt, F. 2018. Vertical distribution of bird migration between the Baltic Sea and the Sahara. *Journal of Ornithology* 159:315–336.
- Carloni, J.M. 2018. Analysis of long-term productivity monitoring and foraging area identification of breeding common terns in coastal New Hampshire. Master's Theses and Capstones. 1263.
- Cook, A.S.C.P., Johnson, A., Wright, L.J. & Burton, N.H.K. 2012. A review of flight heights and avoidance rates of birds in relation to offshore wind farms. Strategic Ornithological Support Services. Project SOSS-02. British Trust for Ornithology.
- Cook, A.S.C.P. 2021. Additional analysis to inform SNCB recommendations regarding collision risk modelling.
- Dierschke, V., Furness, R.W. & Garthe, S. 2016. Seabirds and offshore wind farms in European waters: avoidance and attraction. *Biological Conservation* 202:59–68.
- Fox, A.D. & Petersen, I.K. 2019. Offshore wind farms and their effects on birds. *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 113 (2019): 86–101.
- Isaksson, N., Evans, T.J., Olsson, O. & Åkesson, S. 2019. Foraging behavior of Razorbills *Alca torda* during chick-rearing at the largest colony in the Baltic Sea. *Bird Study* 10.1080/00063657.2018.1563044
- Krijgsveld, K.L., Fijn, R.C. & Lensink, R. 2015. Occurrence of peaks in songbird migration at rotor heights of offshore wind farms in the southern North Sea, Final Report. Bureau Waardenburg bv/Culemborg (NDL), S:28.
- Lötberg, U., Isaksson, N. & Åkesson, S. 2020. The Caspian terns of Fågelsundet – a report on Caspian terns in Björn archipelago. Rapport från BirdLife Sverige 2020-06-25.
- Lötberg, U., Sjöstrand, S., Bergendal, H., Isaksson, N. & Åkesson, S. 2023. GPS-märkta silltrutar (*Larus fuscus fuscus*) nyttjande av utredningsområde Gretas Klackar 1 och 2, Sylen och Utposten 2. Rapport från Heliaca Naturvårdskonsulting.
- Masden, E.A., Haydon, D.T., Fox, A.D., Furness, R.W., Bullman, R. & Desholm, M. 2009. Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. *ICES J. Mar. Sci.* 66, 746–753.
- Masden, E.A., Haydon, D.T., Fox, A.D. & Furness, R.W. 2010. Barriers to movement: modelling energetic costs of avoiding marine wind farms amongst breeding seabirds. *Marine Pollution Bulletin* 60:1085-1091.

- Minias, P., Gach, K., Włodarczyk, R., Bartos, M., Drzewińska-Chańko, J., Rembowski, M. et al. 2020. Colony size as a predictor of breeding behaviour in a common waterbird. PLoS ONE 15(11): e0241602. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241602>.
- MMO. 2018. Displacement and habituation of seabirds in response to marine activities. A report produced for Marine Management Organisation. MMO Project No: 1139, May 2018, 69 pp.
- Nilsson, C. m.fl. 2019. Revealing patterns of nocturnal migration using the European weather radar network. *Ecography* 42:876–886.
- Nilsson, L. 2016. Changes in numbers and distribution of wintering Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* in Swedish waters during the last fifty years. *Ornis Svecica* 26:162-176.
- Nilsson, L. & Green, M. 2007. Rastande och flyttande fåglar vid Storgrundet. En förstudie inför etablering av vindkraftverk till havs. Ekologiska institutionen, Lunds universitet.
- Peschko, V., Mercker, M. & Garthe, S. 2020. Telemetry reveals strong effects of offshore wind farms on behaviour and habitat use of common guillemots (*Uria algae*) during the breeding season. *Marine Biology* 167:118.
- Petersen, I.K., Christensen, T.K., Kahlert, J., Desholm, M. & Fox, A.D. 2006. Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. Report request. Commissioned by DONG energy and Vattenfall A/S. National Environmental Research Institute.
- Petersen, I.K., Mackenzie, M.L. & Scott-Hayward, L.A.S. 2018. Long-term impacts on Long-tailed Duck distributions resulting from the construction of the Rødsand II and Nysted offshore wind farms, Denmark. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 20 pp. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 120. <http://dce2.au.dk/pub/TR120.pdf>
- Pettersson, J. 2006. Flyttande små- och sjöfåglar - en förstudie med lokalradar i Kalmarsund. Rapport 5568, Naturvårdsverket.
- Pettersson, J. 2011. Night migration of songbirds and waterfowl at the Utgrunden off-shore wind farm. Rapport 6438, Naturvårdsverket.
- Piironen, A., Paasivaara, A. & Laaksonen, T. 2021. Birds of three worlds: moult migration to high Arctic expands a boreal-temperate flyway to a third biome. *Movement Ecology* 9:47. <https://doi.org/10.1186/s40462-021-00284-4>.
- Rydell, J., Ottvall, R., Pettersson, S. & Green, M. 2017. Vindkraftens påverkan på fåglar och fladdermöss. En uppdaterad syntesrapport. Rapport 6740, Naturvårdsverket.
- Schwemmer, P., Mendel, B., Sonntag, N., Dierschke, V. & Garthe, S. 2011. Effects of ship traffic on seabirds in offshore waters: implications for marine conservation and spatial planning. *Ecological Applications* 21:1851–1860.
- Skov, H., Desholm, M., Heinänen, S., Kahlert, J.A., Laubek, B., Jensen, N.E., Žydelis, R. & Jensen, B.P. 2016. Patterns of migrating soaring migrants indicate attraction to marine wind farms. *Biology Letters* 12: 20160804. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2016.0804>.
- Skov, H., Heinänen, S., Norman, T., Ward, R., Méndez-Roldán, S. & Ellis, I. 2018. ORJIP Bird collision and avoidance study. Final Report – April 2018. The Carbon Trust, London.
- SLU Artdatabanken. 2020. Rödlistade arter i Sverige 2020. SLU, Uppsala.
- Welcker, J. & Vilela, R. 2019. Weather-dependence of nocturnal bird migration and cumulative collision risk at

offshore wind farms in the German North and Baltic Seas. Technical report. Bio-Consult SH, Husum. 70 pp.

Wirdheim, A. 2023. Sveriges fåglar 2022. BirdLife Sverige i samarbete med Svensk Fågeltaxering vid Lunds universitet.

Zehnder, S., Åkesson, S., Liechti, F. & Bruderer, B. 2001. Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, South Sweden. *Journal of Avian Biology* 32:239-248.