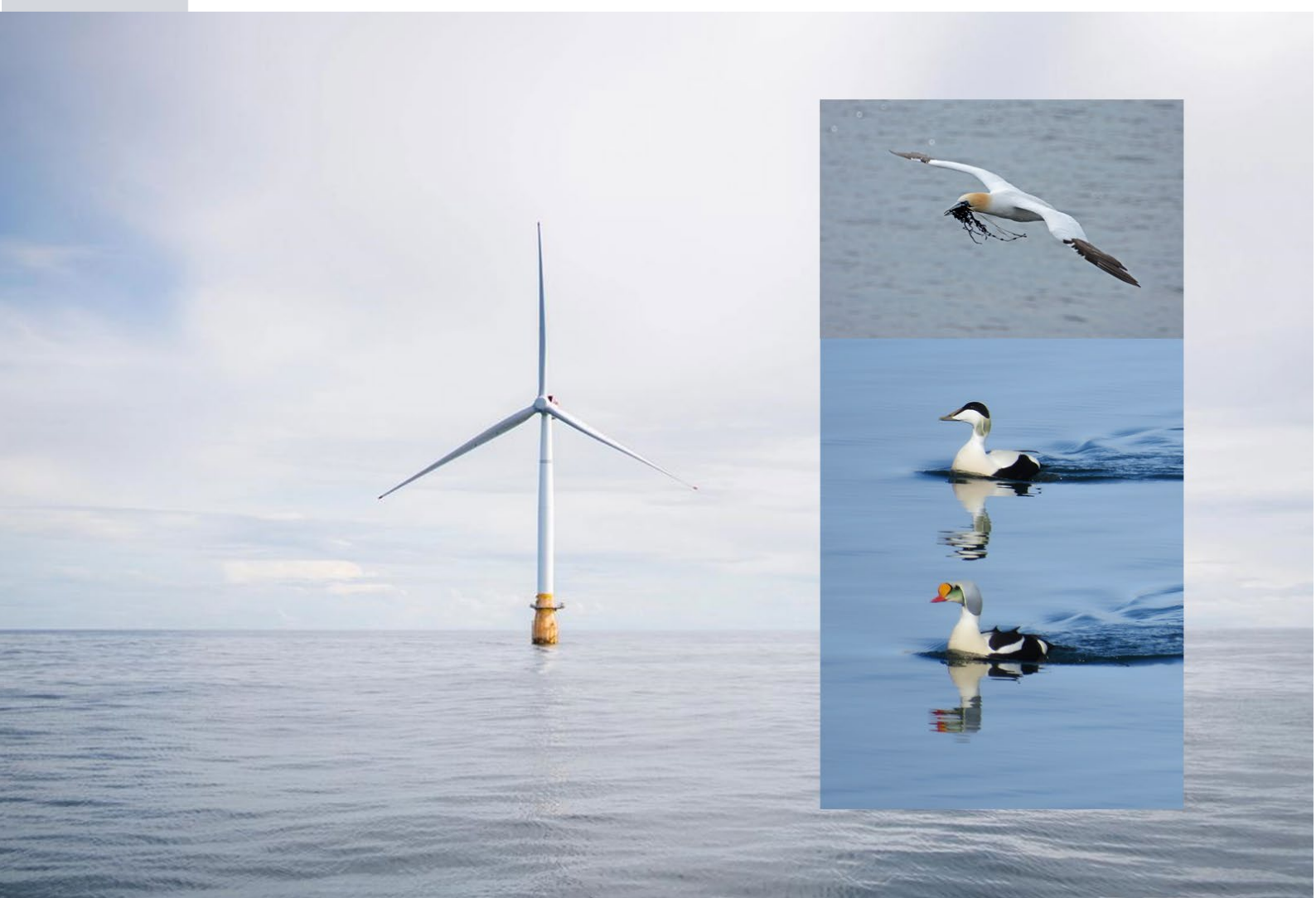


2184

NINA Rapport

Verdisetting av sjøfuglers sensitivitet for havvind i norske kyst- og havområder

Per Fauchald, Signe Christensen-Dalsgaard, Manuel Ballesteros, Victoria Marja Sofia Ollus, Arild Breistøl, Sindre Molværsmyr, Arnaud Tarroux, Geir Systad, Børge Moe



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Verdisetting av sjøfuglers sensitivitet for havvind i norske kyst- og havområder

Per Fauchald
Signe Christensen-Dalsgaard
Manuel Ballesteros
Victoria Marja Sofia Ollus
Arild Breistøl
Sindre Molværsmyr
Arnaud Tarroux
Geir Systad
Børge Moe

Fauchald, P., Christensen-Dalsgaard, S., Ballesteros, M., Ollus, V.M.S., Breistøl, A., Molværsmyr, S., Tarroux, A., Systad, G.H.R & Moe, B. 2023. Verdisetting av sjøfuglers sensitivitet for havvind i norske kyst- og havområder. NINA Rapport 2184. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, oktober 2023

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4978-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Torkild Tveraa

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Svein-Håkon Lorentsen (sign.)

OPPDRAKSGIVERE

Olje- og energidepartementet (OED), direktoratsgruppen

KONTAKTPERSONER HOS OPPDRAGSGIVER (direktoratsgruppen)

Anette Ødegård (NVE), Ingvild Andersson (NVE) og Jørund Braa (Miljødirektoratet).

FORSIDEBILDE

Vindturbin til havs, havsule, praktærfugl og ærfugl © Equinor, Rob Barrett, Børge Moe

NØKKEWORD

- Norsk økonomisk sone
- sjøfugl
- sensitivitet
- SSI
- WSI
- havvind

KEY WORDS

Norwegian economic sone, seabirds, sensitivity, SSI, WSI, offshore wind

KONTAKTOPPLYSNINGER

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

NINA Oslo
Sognsveien 68
0855 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

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

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

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

www.nina.no

Sammendrag

Fauchald, P., Christensen-Dalsgaard, S., Ballesteros, M., Ollus, V.M.S., Breistøl, A., Molværsmyr, S., Tarroux, A., Systad, G.H.R & Moe, B. 2023. Verdisetting av sjøfuglers sensitivitet for havvind i norske kyst- og havområder. NINA Rapport 2184. Norsk institutt for naturforskning.

Norge er i startgropen av en stor satsing på havvind som er fornybar energiproduksjon til havs basert på produksjon av elektrisk kraft fra vindturbiner. Olje- og energidepartementet (OED) har gitt Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i oppdrag å lede en direktoratsgruppe som skal identifisere nye områder for havvind. Målet er å identifisere arealer tilsvarende minimum 30 GW til havs innen 2040. Norge har store bestander av sjøfugl. Mange arter har hatt en negativ bestandsutvikling, og hele 34 av 54 arter er på den norske rødlisten. Havvind kan påvirke sjøfugl negativt hovedsakelig gjennom risiko for kollisjon eller habitatforstyrrelser i form av unnvikelse og fortrengning.

På bakgrunn av dette har direktoratsgruppen bedt Norsk institutt for naturforskning (NINA) om kunnskapsstøtte på fugl. NINA har levert denne kunnskapsstøtten i form av sensitivitetsskart for sjøfugl og vannfugl i norsk økonomisk sone NØS inkludert sjøterritorium og indre farvann. Kartet gir en verdisetting av sensitivitet for havvind, en såkalt sensitivitetsindeks, i et rutenett på 10 x 10 km. Sensitivitetsindeksen er beregnet for totalt 58 arter sjøfugl og vannfugl på bakgrunn av fuglenes habitatpreferanser, deres generelle sensitivitet og deres sensitivitet for havvind, enten kollisjon eller habitatforstyrrelse. Det er beregnet en samlet sensitivitet for hver årstid, som summerer sensitiviteten til alle artene og som samtidig tar hensyn til funksjonsområder, dvs nærhet til større sjøfuglkolonier. En samlet indikator for sensitivitet, uavhengig av sesong, ble beregnet ved å benytte den høyeste sesongbaserte sensitivitetsindikatoren fra hver rute og normalisere den mellom 0 og 100.

Hensikten med denne rapporten er å beskrive metodikken og datagrunnlaget vi har benyttet til å beregne sensitivitetsindeks for sjøfugl og vannfugler på oppdrag for direktoratsgruppen. Rapporten presenterer kartproduktet, og de artsspesifikke og sesongspesifikke indeksene som ligger til grunn. Rapporten gir en kort diskusjon av hvordan sensitivitetsindeksen skal tolkes og anvendes, samt hvilke begrensninger den har.

Per Fauchald, Norsk institutt for naturforskning, Framsenteret, 6606 Langnes, 9296 Tromsø, Norge, per.fauchald@nina.no

Signe Christensen-Dalsgaard, Norsk institutt for naturforskning, 5685 Torgarden, 7485 Trondheim, Norge, signe.dalsgaard@nina.no

Manuel Ballesteros, Norsk institutt for naturforskning, Framsenteret, 6606 Langnes, 9296 Tromsø, Norge, manuel.ballesteros@nina.no

Victoria Marja Sofia Ollus, Norsk institutt for naturforskning, Framsenteret, 6606 Langnes, 9296 Tromsø, Norge, victoria.ollus@nina.no

Arild Breistøl, Norsk institutt for naturforskning, Thormøhlens gate 55, 5006 Bergen, Norge, arild.breistol@nina.no

Sindre Molværsmyr, Norsk institutt for naturforskning, Thormøhlens gate 55, 5006 Bergen, Norge, sindre.molvarsmyr@nina.no

Arnaud Tarroux, Norsk institutt for naturforskning, Framsenteret, 6606 Langnes, 9296 Tromsø, Norge, arnaud.tarroux@nina.no

Geir Helge Rødli Systad, Norsk institutt for naturforskning, Thormøhlens gate 55, 5006 Bergen, Norge, geir.systad@nina.no

Børge Moe, Norsk institutt for naturforskning, 5685 Torgarden, 7485 Trondheim, Norge, borge.moe@nina.no

Abstract

Fauchald, P., Christensen-Dalsgaard, S., Ballesteros, M., Ollus, V.M.S., Breistøl, A., Molværsmyr, S., Tarroux, A., Systad, G.H.R & Moe, B. 2023. Assessing seabird sensitivity to offshore wind developments in Norway. NINA Report 2184. Norwegian Institute for Nature Research.

Norway is starting to develop offshore wind which is renewable energy production at sea by wind turbines. The Ministry of Petroleum and Energy has assigned Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) to lead an inter-directorate group for identifying new areas for offshore wind developments. The goal was to identify areas equivalent to minimum 30 GW offshore wind production by 2040. Norway has large and important seabird populations. Many seabird populations have declined, and a total of 34 of 54 species are on the Norwegian Red List for Species. Offshore wind developments may affect seabirds negatively mainly by risk for collision or habitat disturbance/displacements.

In this context, the inter-directorate group commissioned Norwegian Institute for Nature Research (NINA) to provide evidence-based support on birds. NINA provided this support by means of a sensitivity map for seabirds and waterbirds in the Norwegian Exclusive Economic Zone (NEEZ) including the Norwegian near shore sea territory. The map provides an assessment of sensitivity, a so-called sensitivity index, in a 10 x 10 km grid. The sensitivity index is calculated for a total of 58 seabird and waterbird species from their habitat preference, general sensitivity, specific sensitivity to offshore wind, both to collision and habitat disturbance/displacements. We calculated an overall sensitivity for each season, by summing sensitivity for all species in each season and accounted for high concentrations of birds around the major colonies. The final map product provides a total sensitivity by applying the highest season-specific sensitivity index from each cell and normalizing the values from 0 to 100.

This report aims to describe the method and the data we have used to calculate the sensitivity index for seabirds and waterbirds, as commissioned by the inter-directorate group. The report presents the map product, and the species-specific and season-specific indices underlying the total sensitivity. The report provides a short discussion of how the sensitivity index should be interpreted and applied, as well as its limitations.

Per Fauchald, Norwegian Institute for Nature Research, The Fram Centre, P.O. Box 6606 Langnes, NO-9296 Tromsø, Norway, per.fauchald@nina.no

Signe Christensen-Dalsgaard, Norwegian Institute for Nature Research, P.O. Box 5685 Torgarden, NO-7485 Trondheim, Norway, signe.dalsgaard@nina.no

Manuel Ballesteros, Norwegian Institute for Nature Research, The Fram Centre, P.O. Box 6606 Langnes, NO-9296 Tromsø, Norway, manuel.ballesteros@nina.no

Victoria Marja Sofia Ollus, Norwegian Institute for Nature Research, The Fram Centre, P.O. Box 6606 Langnes, NO-9296 Tromsø, Norway, victoria.ollus@nina.no

Arild Breistøl, Norwegian Institute for Nature Research, Thormøhlens gate 55, 5006 NO-Bergen, Norway, arild.breistol@nina.no

Sindre Molværsmyr, Norwegian Institute for Nature Research, Thormøhlens gate 55, 5006 NO-Bergen, Norway, sindre.molvarsmyr@nina.no

Arnaud Tarroux, Norwegian Institute for Nature Research, The Fram Centre, P.O. Box 6606 Langnes, NO-9296 Tromsø, Norway, arnaud.tarroux@nina.no

Geir Helge Rødli Systad, Norwegian Institute for Nature Research, Thormøhlens gate 55, 5006 NO-Bergen, Norway, geir.systad@nina.no

Børge Moe, Norwegian Institute for Nature Research, P.O. Box 5685 Torgarden, NO-7485 Trondheim, Norway, borge.moe@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Materiale og metoder	9
2.1 Arter.....	9
2.2 Datagrunnlag.....	11
2.2.1 Analyseområde og sesonger.....	11
2.2.2 Funksjonsområde rundt hekkekoloniene.....	11
2.2.3 SEATRACK NEAS datasett.....	11
2.2.4 Sjøfugl i åpent hav.....	11
2.2.5 Kystdatasett.....	12
2.2.6 Skjevhet i datainnsamling.....	13
2.2.7 Miljødatasett.....	13
2.3 Habitatmodeller.....	14
2.3.1 Analytisk tilnærming.....	14
2.3.2 SDM analyser.....	14
2.3.3 Habitatkart – habitategnethet.....	15
2.4 Artsspesifikke sensitivitetsindikatorer.....	15
2.4.1 Generell sensitivitet.....	16
2.4.2 Sensitivitet for havvind.....	17
2.5 Sensitivitetsindikatorer for analyseområdet.....	19
2.5.1 Nærhet til hekkekoloniene -funksjonsområde.....	19
2.5.2 Definisjon av sensitivitetsindikatorer.....	20
2.5.3 Normalisering og standardisering av indikatorene.....	20
2.5.4 Kartprodukt.....	21
3 Resultater	22
3.1 Artsspesifikk sensitivitet.....	22
3.2 Sensitivitet i analyseområde.....	23
3.2.1 Artsspesifikk sensitivitet (AWSI).....	23
3.2.2 Samlet sensitivitet (WSI) for hver årstid.....	25
3.2.3 Total sensitivitet (WSItot).....	27
4 Diskusjon	29
5 Referanser	31
Vedlegg	33
Vedlegg 1.....	33
Vedlegg 2.....	35
Vedlegg 3.....	37

Forord

Olje- og energidepartementet (OED) har gitt Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i oppdrag å identifisere nye områder for havvind, dvs. fornybar energiproduksjon til havs. NVE har gjennomført oppdraget som leder av en direktoratsgruppe bestående av NVE, Oljedirektoratet, Miljødirektoratet, Fiskeridirektoratet, Kystverket, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap og Forsvarsbygg. Oppdraget har gått ut på å vurdere om noen av de områdene som ble konsekvensutredet i 2012, men ikke åpnet, skal konsekvensutredes på nytt. Det har gått ut på å identifisere nye områder som skal vurderes videre i en strategisk konsekvensutredning, og vurdere om arealutnytting på de to områdene som var åpnet, Utsira nord og Sørlige Nordsjø II, kunne økes. OED har satt som mål at det skal tildeles arealer tilsvarende minimum 30 GW havvind innen 2040.

På bakgrunn av dette har NVE og direktoratsgruppen bedt Norsk institutt for naturforskning (NINA) om kunnskapsstøtte på fugl. NINA har levert denne kunnskapsstøtten i form av sensitivitetskart for sjøfugl og vannfugl i hele NØS. Førsteutkast ble levert i november og endelig versjon i desember 2022. Sensitivitetskartet er en verdisetting av fuglenes sensitivitet for havvind.

Formålet med denne rapporten er å beskrive metodikken og dataene som ligger til grunn for dette sensitivitetskartet. I tillegg gir vi en diskusjon om hva sensitivitetskartet betyr og dets mulige begrensninger.

Vi takker for godt samarbeid med Anette Ødegård (NVE), Ingvild Andersson (NVE) og Jørund Braa (Miljødirektoratet) som har vært kontaktpersonene hos oppdragsgiver (direktoratsgruppen). Vi takker Tale Eirum (NVE) for bistand omkring kartdata, og alle som deltok fra NINA, Norsk Polarinstitutt, Miljødirektoratet og NVE på forankringsmøte om verdisetting av sensitivitet 11. oktober 2022. Vi takker SEATRACK, SEAPOP, Artsobservasjoner og European Seabirds at Sea databasen for tilgang til sporingsdata, bestandsdata og observasjoner.

Trondheim, oktober 2023

Per Fauchald, Signe Christensen-Dalsgaard, Manuel Ballesteros, Victoria Marja Sofia Ollus, Arild Breistøl, Sindre Molværsmyr, Arnaud Tarroux, Geir Systad & Børge Moe

1 Innledning

Havvind er fornybar energiproduksjon til havs, basert på produksjon av elektrisk kraft fra vindturbiner. Norge er i startfasen av satsing på havvind. Hywind Tampen ble tildelt etter petroleumsloven, og er nylig satt i drift med elleve flytende vindturbiner i Nordsjøen. I mai 2022 la Regjeringen frem sitt ambisjonsnivå for videre satsing på havvind etter havenergiloven. Målet er at det skal tildeles områder for 30 GW havvindproduksjon i Norge innen 2040. Det tilsvarer like mye kraft som Norge produserer totalt i dag.

På vegne av Olje- og energidepartementet (OED) har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) ledet en direktoratsgruppe med oppdrag om å identifisere nye områder for fornybar energiproduksjon til havs. Områder som ble konsekvensutredet i 2012, men ikke åpnet, skulle vurderes i denne prosessen for om de skal inngå i en ny strategisk konsekvensutredning, samt størrelsen på de to områdene er åpnet, Utsira Nord og Sørlige Nordsjø II (**Figur 1.1**). I tillegg skulle det vurderes om nye områder skal inngå i ny strategisk konsekvensutredning. Det ble identifisert arealer som kan gi minimum 30 GW havvind. Dette tilsvarer ca. 3500 vindturbiner hvis man regner med samme effekt som Hywind Tampen (8,6 MW). Avhengig av kapasitetstetthet og utnyttelsesgrad vil dette kunne tilsvare et totalt havareal på mellom 4000 og 18000 km².

Det hekker om lag 5 millioner par sjøfugl i de norske havområdene, og totalt hekker 20-25% av Europas sjøfugler i Norge (Anker-Nilssen et al. 2015, Fauchald et al. 2015a). Mange av våre sjøfuglbestander har kraftige nedadgående trender, og hele 34 av 54 sjøfuglarter er på den nasjonale rødlisten (Artsdatabanken 2021). Næringsmangel er trukket fram som en viktig årsak, men bildet er sammensatt og mange faktorer spiller inn (Fauchald et al. 2015b). Når det nå skal satses på utbygging av havvind, vil dette komme i tillegg til eksisterende faktorer som påvirker sjøfuglbestandene negativt.

Havvind kan hovedsakelig påvirke sjøfugl gjennom kollisjon og habitatforstyrrelse (Dierschke et al. 2016, Drewitt & Langston 2006). Mange sjøfugl flyr i samme høyde som rotorsonen, og det gjør dem sårbare for kollisjon med rotorbladene som kan føre til direkte mortalitet. I dårlig sikt kan sjøfugl også kolliderer med basen til vindturbinene. Det er også mange sjøfugl som viser unntakelsesatferd til havvind. Det gir habitatforstyrrelse fordi sjøfuglene unngår og fortrenkes fra områdene med havvind og kan dermed miste tilgang til viktige beiteområder. Unntakelsesatferd og fortrenning kan også føre til ekstra energiforbruk og såkalte barriere-effekter.

Risikoen for negativ påvirkning fra havvind varierer mellom arter og sesonger. Det er utviklet sensitivitetsindekser for å beregne effekten av havvind på sjøfugl (Garthe & Hüppop 2004, Furness et al. 2013). Sensitivitet tar ikke bare hensyn til atferden til sjøfuglene og risiko for kollisjon eller habitatforstyrrelse, den tar også hensyn til faktorer som rødlistestatus, bestandsstørrelse og andel av global bestand, sesongvis distribusjon/habitatpreferanse, voksenoverlevelse og hekkestatus.

Hensikten med denne rapporten er å beskrive metodikken og datagrunnlaget vi har benyttet til å beregne sensitivitetsindeks for sjøfugl og vannfugler på oppdrag for OED og direktoratsgruppen. Det har resultert i et eget kartprodukt med sensitivitetsindeks for hele norsk økonomisk sone (NØS), inkludert sjøterritorium og indre farvann, som NVE og direktoratsgruppen har benyttet som kunnskapsstøtte i prosessen med å identifisere nye områder for havvind. Rapporten presenterer kartproduktet og gir en diskusjon av hvordan indikatorene skal tolkes og hvilke begrensninger de har.



Figur 1.1. Norsk økonomisk sone inkludert sjøterritorium og indre farvann (NØS, blått) og 15 områder som inngikk i strategisk konsekvensutredning for havvind i 2012 (oransje polygoner). To av disse områdene ble åpnet for havvind, dvs Utsira nord og Sørige Nordsjø II. Direktorsgruppen skulle vurdere om noen av de andre områdene skulle konsekvensutredes på nytt, samt størrelsen på de to som var åpnet. I tillegg skulle direktorsgruppen vurdere om nye områder skulle inngå i ny strategisk konsekvensutredning. Direktorsgruppen har i denne prosessen identifisert arealer (ikke angitt i kartet) som kan gi minimum 30 GW havvind.

2 Materiale og metoder

2.1 Arter

I Norge defineres 54 arter som sjøfugler av norsk miljøforvaltning. Målsettingen var å inkludere alle disse i arbeidet med sensitivitetsindeksen, og i tillegg inkludere 20 vannfugler som kan ha tilknytning til saltvann og kysten. Av disse 74 artene, ble 18 arter ekskludert pga. manglende data til å kunne gjennomføre sensitivitetsanalysene. Hovedsakelig skyldtes dette manglende data på forekomst (spøringsdata eller observasjoner) for å modellere utbredelse. Totalt er det derfor inkludert 58 arter, derav 46 sjøfugler og 12 vannfugler (**tabell 2.1**). Vi deler inn sjøfuglene i taksonomiske grupper i henhold til Dias et al. (2019), med følgende modifikasjoner. Vi slår sammen 'Large petrels and shearwaters' med 'Storm-petrels' til 'stormfugler'. Vi splitter 'seaducks and allies' til 'dykkender', 'dykkere' og 'lommer'.

Tabell 2.1. Arter som har inngått i arbeidet. Arter som ble ekskludert og marint tilknyttede vannfugl er indikert med ett-tall.

Norsk	Latin	Gruppe sjøfugl	Ekskludert	Vannfugler
Alke	<i>Alca torda</i>	Alkefugler		
Alkekonge	<i>Alle alle</i>	Alkefugler		
Bergand	<i>Aythya marila</i>	Dykkender		
Brilleand	<i>Melanitta perspicillata</i>		1	1
Brunnakke	<i>Marcea penelope</i>		1	1
Dvergdykker	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Dykkere		
Dverggås	<i>Anser erythropus</i>		1	1
Dvergmåke	<i>Larus minutus</i>	Måker	1	
Dvergsvane	<i>Cygnus columbianus</i>		1	1
Fiskemåke	<i>Larus canus</i>	Måker		
Fjelljo	<i>Stercorarius longicaudus</i>	Joer		
Gravand	<i>Tadorna tadorna</i>			1
Grønlandsmåke	<i>Larus glaucoides</i>	Måker		
Grågås	<i>Anser anser</i>			1
Grålire	<i>Puffinus griseus</i>	Stormfugler	1	
Gråmåke	<i>Larus argentatus</i>	Måker		
Gråstrupedykker	<i>Podiceps grisegena</i>	Dykkere		
Gulneblom	<i>Gavia adamsii</i>	Lommer		
Havelle	<i>Clangula hyemalis</i>	Dykkender		
Havhest	<i>Fulmarus glacialis</i>	Stormfugler		
Havlire	<i>Puffinus puffinus</i>	Stormfugler	1	
Havsule	<i>Morus bassanus</i>	Suler		
Havsvale	<i>Hydrobates pelagicus</i>	Stormfugler		
Hettemåke	<i>Larus ridibundus</i>	Måker		
Horndykker	<i>Podiceps auritus</i>	Dykkere		
Hvitkinngås	<i>Branta leucopsis</i>			1
Islom	<i>Gavia immer</i>	Lommer		
Ismåke	<i>Pagophila eburnea</i>	Måker	1	
Kanadagås	<i>Branta canadensis</i>		1	1
Knekkand	<i>Spatula querquedula</i>			1
Knoppsvane	<i>Cygnus olor</i>			1

Kortnebbgås	<i>Anser brachyrhynchus</i>			1
Krykkje	<i>Rissa tridactyla</i>	Måker		
Kvinand	<i>Bucephala clangula</i>	Dykkender		
Laksand	<i>Mergus merganser</i>	Dykkender		
Lappfiskand	<i>Mergellus albellus</i>	Dykkender	1	
Lomvi	<i>Uria aalge</i>	Alkefugler		
Lunde	<i>Fratercula arctica</i>	Alkefugler		
Makrellterne	<i>Sterna hirundo</i>	Terner		
Polarjo	<i>Stercorarius pomarinus</i>	Joer		
Polarlomvi	<i>Uria lomvia</i>	Alkefugler		
Polarmåke	<i>Larus hyperboreus</i>	Måker		
Polarsvømmesnipe	<i>Phalaropus fulicarius</i>	Svømmesniper	1	
Praktærfugl	<i>Somateria spectabilis</i>	Dykkender		
Ringgås	<i>Branta bernicla</i>			1
Rosenmåke	<i>Rhodostethia rosea</i>	Måker	1	
Rødhalsgås	<i>Branta ruficollis</i>		1	1
Rødnebbterne	<i>Sterna paradisaea</i>	Terner		
Sabinemåke	<i>Larus sabini</i>	Måker	1	
Sangsvane	<i>Cygnus cygnus</i>			1
Siland	<i>Mergus serrator</i>	Dykkender		
Sildemåke	<i>Larus fuscus</i>	Måker		
Sjørørre	<i>Melanitta fusca</i>	Dykkender		
Skjeand	<i>Spatula clypeata</i>			1
Smålom	<i>Gavia stellata</i>	Lommer		
Snadderand	<i>Mareca strepera</i>			1
Splitterne	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	Terner		
Stellerand	<i>Polysticta stelleri</i>	Dykkender		
Stokkand	<i>Anas platyrhynchos</i>			1
Storjo	<i>Stercorarius skua</i>	Joer		
Storlom	<i>Gavia arctica</i>	Lommer		
Stormsvale	<i>Hydrobates leucorhous</i>	Stormfugler	1	
Storskarv	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Skarver		
Svartand	<i>Melanitta nigra</i>	Dykkender		
Svartbak	<i>Larus marinus</i>	Måker		
Svømmesnipe	<i>Phalaropus lobatus</i>	Svømmesniper		
Taffeland	<i>Aythya ferina</i>	Dykkender		
Taigasædgås	<i>Anser fabalis</i>		1	1
Teist	<i>Cephus grylle</i>	Alkefugler		
Toppand	<i>Aythya fuligula</i>	Dykkender		
Toppdykker	<i>Podiceps cristatus</i>	Dykkere	1	
Toppskarv	<i>Gulosus aristotelis</i>	Skarver		
Tundragås	<i>Anser albifrons</i>			1
Tundrasædgås	<i>Anser serrirostris</i>		1	1
Tyvjo	<i>Stercorarius parasiticus</i>	Joer		
Ærfugl	<i>Somateria mollissima</i>	Dykkender		

2.2 Datagrunnlag

I dette kartproduktet har vi inkludert alle kjente datasett som systematisk angir observasjoner av sjøfugl, inkludert marint tilknyttede vannfugl (**Tabell 2.1**), i tid og rom i NØS. Dette omfatter SEAPOP og European Seabirds at Sea (ESAS) datasett for sjøfugl i åpent hav (kapittel 2.2.4), SEAPOP kystdatasett og BirdLifes registrerte artsobservasjoner av sjøfugl langs kysten fra databasen artsobservasjoner.no (kapittel 2.2.5). Basert på disse datasettene laget vi for hver art heldekkende modeller for utbredelse (habitatmodeller) i fire sesonger (kapittel 2.3).

SEATRACK har allerede utarbeidet heldekkende habitatkart for 6 pelagiske sjøfuglarter. For disse artene brukte vi derfor SEATRACK sitt NEAS (NorthEast Atlantic Seabird distribution) datasett (kapittel 2.2.3).

Områdene rundt de store hekkekoloniene er spesielt viktige leveområder i sommerhalvåret. Basert på data fra SEAPOP ble det laget funksjonsområder rundt de store hekkekoloniene (kapittel 2.2.2).

2.2.1 Analyseområde og sesonger

Dette dataproduktet omfatter NØS, inkludert sjøterritorium og indre farvann. Som en følge av dårlig datadekning vinterstid, ble området beskåret i nord (en stripe i Barentshavet østover fra Bjørnøya). For analyseområdet laget vi et 10 x 10 km² rutenett (UTM sone 33, EPSG:32633). Analyseområde og observasjonsdatasett er vist i **Figur 2.1**.

Data ble hentet ut for rutenettet og analyser og prediksjonene er basert på det samme rutenettet.

Habitat og sensitivitetsanalyser ble gjennomført for analyseområdet for totalt 58 sjøfuglarter (**Tabell 2.1**) i fire sesonger: Vår (februar-april), sommer (mai-juli), høst (august-oktober) og vinter (november-februar).

2.2.2 Funksjonsområde rundt hekkekoloniene

I hekkesesongen vil områdene i nærheten av de store sjøfuglkoloniene være spesielt sårbare for forstyrrelser inkludert havvind. For å sikre at disse områdene får tilstrekkelig vekt i analysene, hentet vi inn data for funksjonsområder rundt koloniene. Funksjonsområde er definert som området rundt kolonien hvor hekkende fugl henter næring. Basert på forventet bruk som funksjon av avstand fra koloniene, beregnet Systad et al. (2018) funksjonsområdene til sjøfuglkoloniene langs norskekysten. Sammen med data over hekkebestander, ble dette datasettet inkludert som en komponent i sensitivitetsberegningene (kapittel 2.5.1).

2.2.3 SEATRACK NEAS datasett

SEATRACK har utviklet heldekkende habitatkart for seks vanlige pelagiske sjøfuglarter i Nordøst Atlanteren: havhest (*Fulmarus glacialis*), krykkje (*Rissa tridactyla*), polarlomvi (*Uria lomvia*), lomvi (*Uria aalge*), alkekonge (*Alle alle*) og lunde (*Fratercula arctica*). Habitatmodellene er basert på sporingsdata fra kolonier i Nordøst Atlanteren kombinert med bestandsdata, og er beskrevet i detalj i Fauchald et al. (2021). NEAS datasettet består av månedlig fordeling av de seks artene for alle kolonier som er dekket med sporingsdata. Totalt representerer datasettet 87% av de Nordøst Atlantiske bestandene. For norske havområder er dekningsgraden større, og nær 100%.

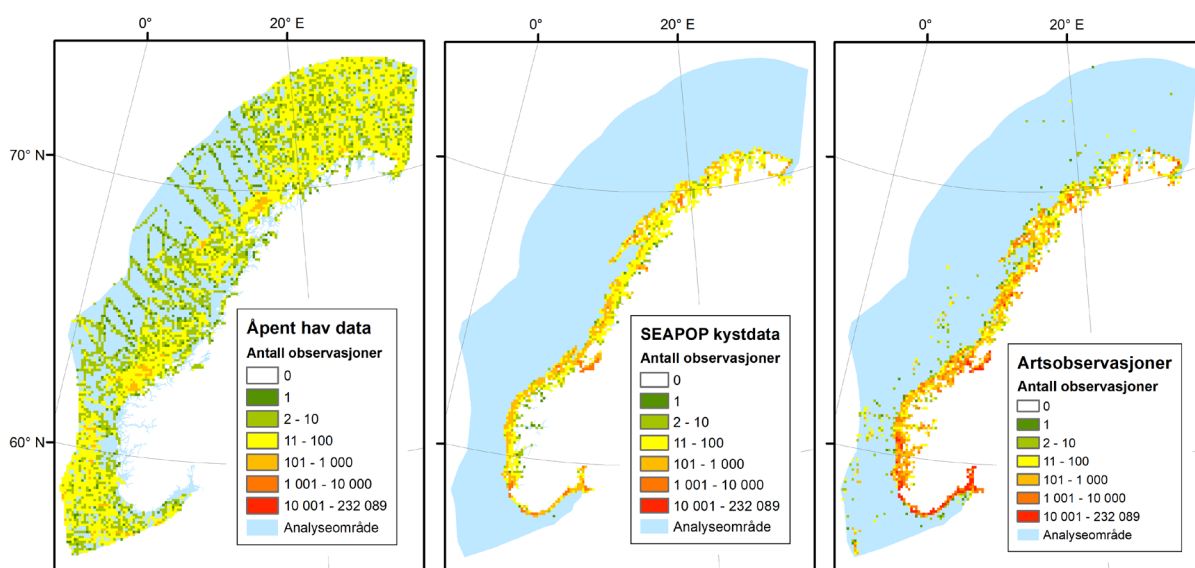
Fra NEAS datasettet hentet vi ut den estimerte fordelingen for hver art i NØS, og beregnet gjennomsnittlig tetthet for hver sesong i analyseområdet.

2.2.4 Sjøfugl i åpent hav

Data over fordelingen av sjøfugl i åpent hav ble hentet fra ESAS databasen (European Seabirds at Sea: ESAS (2022), Fauchald et al. (2011)) og fra SEAPOP datasett fra åpent hav (Fauchald

2011). Åpent hav data er innhentet gjennom standardisert metodikk for telling av sjøfugl fra båt (Tasker et al. 1984). I korte trekk blir sjøfugl telt fra broen i en sektor med en radius på 300 meter mens båten går med konstant hastighet. Sjøfugl blir dermed telt i et transekt med en bredde på 300 meter. De observerte fuglene blir bestemt til lavest mulig taksonomisk nivå, og atferd blir notert. En del sjøfugl, som havhest og noen måkearter følger gjerne båten, og tettheten av disse artene blir derfor overestimert. Disse artene blir derfor telt som punktobservasjoner i sektoren hvert tiende minutt.

Totalt, omfatter SEAPOP og ESAS datasettene 120 717 observasjoner av sjøfugl i analyseområdet. Datasettet dekker hele NØS, men høyest dekning finner vi i Barentshavet, sørøstlige Norskehavet og Nordsjøen. Spesielt lav dekning er det i de dypere områdene av Norskehavet (**Figur 2.1**). De nyeste dataene er fra økosystemtøktet i Barentshavet som foregår hver høst i september.



Figur 2.1. Analyseområde og datasett brukt i habitatmodellering. Analyseområdet er vist som blått område, og datasett er vist som totalt antall observasjoner av sjøfugl i hver 10 x 10 km² rute. Venstre panel viser åpent hav data fra ESAS og SEAPOP, midtre panel viser SEAPOP kystdatasett og høyre panel viser BirdLife sine observasjoner registrert i Artsobservasjoner.no.

2.2.5 Kystdatasett

Observasjoner av sjøfugl langs kysten ble innhentet fra SEAPOPs datasett for kartlegging og overvåking av sjøfugl langs kysten (se <https://seapop.no/aktiviteter/metoder/metoder-kartlegging-kyst/>) og fra Artsobservasjoner (2022). SEAPOP sine datasett er samlet inn gjennom kartlegging- og overvåkingsarbeid, hvor definerte lokaliteter telles gjennom standardisert metodikk fra båt, fly/helikopter, droner eller fra land. Datasettene omfatter både bestandstallinger i sjøfuglkoloniene og standardiserte tellinger av ikke-hekkende fugl vinterstid og under fjærfelling på sensommeren. Totalt inneholder dette datasettet 256 610 observasjoner i analyseområdet. Alle observasjoner er kystnært med spesielt høy dekning i overvåkingsområdene langs kysten (**Figur 2.1**).

Artsobservasjoner (2022) er en observasjonsdatabase, og er en samling av data fra mange ulike kilder. Arter blir registrert til lavest mulig taksonomisk nivå, samt atferd, observatør, metodikk, tidspunkt og geografisk posisjon m.m. BirdLife Norge, tidligere Norsk ornitologisk forening, har lagt inn mange observasjoner av høy kvalitet i databasen. I datasettet inkluderte vi kun data innhentet i regi av BirdLife Norge. Datasettet omfatter i alt 3 965 542 observasjoner fra analyseområdet. Stort sett alle observasjoner finner vi langs kysten med høyest dekning i sør, spesielt langs kysten av Skagerrak til Rogaland og i Trondheimsfjorden (**Figur 2.1**).

Kombinert, inneholdt kystdatasettene hele 5 681 000 observasjoner av sjøfugl. Til tross for at hele kysten og alle sesonger er dekket, har datasettet en geografisk skjevhet hvor kyststrekninger nært større byer og tettsteder har høyere tetthet av observasjoner. Datasettet har også noen tydelige «hotspot» med svært mange observasjoner på kjente lokaliteter som Lista og Jomfruland.

2.2.6 Skjevhet i datainnsamling

I motsetning til data fra åpent hav, inneholder ikke data fra Artsobservasjoner informasjon om innsats eller hvorvidt dataene representerer telling av spesifikke områder. Datasettet er som navnet tilsier observasjonsdata, eller «presence-only» data, hvor kun positive observasjoner er registrert uavhengig av innsats, og innsatsen er som beskrevet over, svært skjev. Kystdatasettene fra SEAPOP representerer flere forskjellige typer metodikk med ulik innsats, og man kan ikke umiddelbart sammenligne innsatsen fra kystdatasettene med datasettene fra åpent hav.

Det er med andre ord ikke mulig å inkludere standard informasjon om innsats i datasettene gjennom for eksempel timer observert (antall fugl observert per time) eller areal dekket (antall fugl observert per arealenhet). For å kunne slå dataene sammen, ble derfor alle data behandlet som «presence-only» data, det vil si at informasjon om innsats i form av tid eller areal ikke inngikk i de videre analysene. Hvordan vi likevel har korrigert for innsats i analysene er beskrevet i kapittel 2.3.1.

2.2.7 Miljødatasett

I habitatmodellene modellerer vi sammenhengen mellom tilstedeværelsen av en art og ulike miljøvariabler, og så bruker vi denne sammenhengen til å predikere leveområdet til arten i heldekkende områder. Habitatmodellene krever derfor heldekkende data over miljøvariabler som vi forventer skal ha betydning for kvaliteten til habitatet.

I habitatmodellene brukte vi følgende 7 miljøvariabler og datasett:

1. **Dyp (Depth).** Dyp er en viktig parameter for produktivitet og dermed mattilgang for sjøfugl. Dyp er spesielt viktig for arter som skarv og havdykkender som henter sin mat fra bunnen. Data over dybde ble hentet fra ETOPO 1 datasettet (Amante & Eakins 2009).
2. **Helning (Slope).** Bunntopografi er viktig for oseanografiske prosesser som danner produktive og rike områder til havs, spesielt dannelsen av fronter og oppstrømming. Man finner for eksempel ofte høye konsentrasjoner sjøfugl og marine pattedyr langs Eggakanten. Fra dybde-dataene kalkulerte vi derfor romlig forandring i dyp (helning).
3. **Overflatetemperatur (SST).** Temperatur er ofte en god prediktor for utbredelsen til arter. Vi innhentet interpolerte satellittdata over overflatetemperatur (Sea Surface Temperature -SST) fra National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (<https://www.ncei.noaa.gov/products/optimum-interpolation-sst>) (Huang et al. 2020).
4. **SST gradient (TGrad).** Romlig gradient i SST beskriver temperaturfronter hvor ulike vannmasser møtes, og som ofte er produktive områder med høy konsentrasjon av bytedyr for sjøfugl. Fronter har ofte sterke gradienter i temperatur, og fra SST dataene kalkulerte vi romlig forandring i SST (SST gradient).
5. **Saltholdighet (SSS).** Saltholdighet i overflatevannet varierer ut fra kysten avhengig av kyststrømmen og avrenning fra land. Saltholdighet er en viktig miljøparameter for biologisk produktivitet og leveområdene til marine dyr, og dermed også en viktig parameter som kan beskrive leveområdene til sjøfugl langs kysten. Data over saltholdighet i overflaten (< 5meter) ble hentet fra CTD data i ICES sin dataportal (ICES Data Portal, 2022). Dataene ble interpolert for å dekke heldekkende områder.
6. **Distanse til kyst (DFCoast).** Distanse til kyst er viktig i forhold til biologisk produksjon, utvalg av næringsemner, eksponering for vær, vind og bølger, men ikke minst i forhold til artenes tilknytning til land i forbindelse med reproduksjon (hekkeplass) eller hvileområder. Distanse til kyst ble beregnet for heldekkende områder.
7. **Distanse langs kysten (DACoast).** Kyststrømmen i Norge går nær kysten fra svenskegrensen i sørøst til russergrensen i nordøst. Den utgjør en bioklimatisk gradient som har

betydning for spredning og utbredelse av marine organismer. Det er naturlig at denne gradienten også vil være viktig for utbredelsen av ulike sjøfuglarter. Punkter ble projisert perpendikulært på grunnlinja (definert linje langs de ytterste skjærene langs kysten), og DACoast ble beregnet som distansen langs grunnlinja fra svenskegrensa for det projiserte punktet.

2.3 Habitatmodeller

Vi brukte habitatmodeller eller «Species Distribution Models» (SDM) for å modellere sesongbaserte leveområder for hver enkelt art. I disse modellene blir artsobservasjoner modellert med miljøvariabler, og så blir disse modellene brukt til å predikere leveområdene til de ulike artene.

Modeller ble laget for hver art i fire sesonger; vinter (november-januar), vår (februar-april), sommer (mai-juli), høst (august-oktober). Analyseområdet er vist i **Figur 2.1**, det vil si at dette er området hvor vi har hentet og modellert data, og hvor vi predikerer leveområdene for artene. Modeller ble laget for 58 arter (**Tabell 2.1**) med unntak av de seks pelagiske artene hvor vi brukte SEATRACK sitt NEAS datasett (se kapittel 2.2.3).

2.3.1 Analytisk tilnærming

Habitatmodeller basert på artsobservasjoner sammenligner miljøet der arten er til stede med miljøet i bakgrunns punkter eller i punkter hvor arten ikke har blitt observert. Datasettet for sjøfugl i NØS har svært variabel dekning av observasjoner, med mange observasjoner langs kysten i tett befolkede områder, særlig i sør, og få observasjoner til havs, spesielt i dyphavsområdene i Norskehavet (**Figur 2.1**). Hvis man ikke kontrollerer for observasjonsbias, vil de estimerte leveområdene bli feil fordi de vil reflektere befolkningsrike områder med mange observatører og stor innsats, snarere enn artenes prefererte leveområder (Elith et al. 2009).

I dette arbeidet har vi brukt «Target Group» -metoden foreslått av Phillips et al. (2009) for å kontrollere for observasjonsinnsats. I denne metoden bruker man observasjon av andre arter innen samme artsgruppe («Target Group» TG) som bakgrunns punkter. Dette betyr at man i prinsippet introduserer samme bias i bakgrunns punktene som den bias man har i observasjonene av arten. Det har vært vist at TG metoden effektivt fjerner effekten av variabel observasjonsinnsats i habitatmodeller (se f.eks. Barber et al. 2022), men områder med mange arter vil generelt få et noe høyere antall bakgrunns punkter, noe som gjør at estimatene i områder med mange arter og høyt biologisk mangfold, er noe underestimert (e.g., Ranc et al. 2016, Vollering et al. 2019).

2.3.2 SDM analyser

I analysene modellerer vi sammenhengen mellom artsobservasjonene (responsvariabel) og miljøvariablene (prediktorer).

Responsvariabel. I henhold til Target Group metoden (se kapittel 2.3.1), hentet vi ut for hver rute i studieområdet, antall observasjoner av arten vi analyserte (*Presence*) og antall observasjoner av andre arter observert (*Background*). Proporsjonen mellom *Presence* og *Background* i hver rute med data utgjorde responsvariabelen i analysene.

Prediktorvariable. For hver rute i rutenettet hentet vi ut verdier for de 7 ulike miljøvariablene: dyp (*Depth*), helning (*Slope*), overflatetemperatur (*SST*), SST gradient (*TGrad*), saltholdighet (*SSS*), distanse til kyst (*DFCoast*) og distanse langs kysten (*DACoast*) (se kapittel 2.2.7). I tillegg inkluderte vi en kategorisk variabel (*Source*) for å kontrollere for datakilde, det vil si om datakilden var åpent hav data, SEAPOP kyst data eller data fra Artsobservasjoner.no.

Vi brukte en logistisk modell for å modellere hvordan proporsjonen mellom *presence* og *background* varierte med miljøvariablene. Dette innebærer at vi brukte binomial fordeling og logit link funksjon i regresjonsmodellene. For å ta høyde for ikke-lineære sammenhenger mellom prediktor og respons brukte vi GAM (Generalized Additive Model) hvor responsvariabelen blir modellert

som en kombinasjon av ikke-lineære prediktorer (smooth funksjoner). I analysene brukte vi pakene *mgcv* (Wood 2011) og *terra* (Hijmans 2022) i R (R Core Team 2022).

Følgende generelle modell ble brukt:

$$gam(Presence/Background \sim s(Depth) + s(Slope) + s(SST) + log(TGrad) + s(SSS) + DFCoast + s(DACoast) + factor(Source), family = binomial, data=data) \quad (1)$$

Legg merke til at smooth funksjoner (*s*) ble modellert for dyp, helning, SST, saltholdighet og distanse langs kysten. For de andre variablene antok vi en lineær sammenheng med responsvariabelen.

Fordi datasettet har svært ulik dekningsgrad, måtte modellen modifiseres for en rekke arter og sesonger. Dette gjelder først og fremst for sjeldne arter med få observasjoner. Spesielt var «overfitting» et problem for sjeldne arter. Overfitting oppstår når modellen tilpasser funksjonene mer eller mindre nøyaktig til et begrenset sett med datapunkter. Resultatet kan bli urealistiske prediksjoner i områder med lav datadekning. Vi undersøkte diagnoseplott og prediksjoner for hver enkelt modell, og tilpasset modellene for å redusere overfitting og urealistiske prediksjoner. Spesifikt fjernet vi prediktorer fra modellen og/eller reduserte antall *knots* i *smooth* funksjonene for å redusere urealistiske tilpasninger.

For en del arter og sesonger var observasjonene for fåtallige til at vi kunne produsere realistiske habitatkart, og dette var hovedårsaken til at antall arter analysert ble begrenset til 58 (se **Tabell 2.1** for oversikt).

2.3.3 Habitatkart – habitategnethet

SDM modeller ble utviklet for hver art og sesong og verdier for sannsynlig tilstedeværelse ble predikert for analyseområdet. For de seks pelagiske artene brukte vi SAETRACK NEAS habitatkart.

Habitatkartene skal angi hvor **egnet** områdene er for en art, uavhengig av bestandsstørrelse. De predikerte verdiene for tilstedeværelse ble derfor standardisert i forhold til den sesongen som hadde høyest samlet predikert tilstedeværelse i analyseområdet. I prinsippet betyr dette at verdiene i habitatkartene er uavhengig av hvor vanlig eller tallrik arten er totalt sett, men de tar hensyn til om arten migrerer ut eller inn av analyseområdet gjennom året. Habitatkartene vil derfor variere mellom sesonger, men er standardisert mellom arter.

Habitategnethet i celle *i* og sesong *j* ($c_{i,j}$) ble kalkulert som:

$$c_{i,j} = n \times \frac{p_{i,j}}{\max_j \sum_i p_{i,j}} \quad (2)$$

hvor *n* er antall celler i analyseområdet, $p_{i,j}$ er predikert verdi i celle *i* og sesong *j* fra enten habitatmodellene eller SEATRACK NEAS datasettet, og $\max_j \sum_i p_{i,j}$ er summen av predikerte verdier i analyseområdet for sesongen med høyest sum av predikerte verdier.

2.4 Artsspesifikke sensitivitetsindikatorer

Den artsspesifikke sensitiviteten for vindkraft ble beregnet som en sjøfugl sensitivitetsindeks (SSI). Sensitivitetsindeksen er utviklet av Garthe & Hüppop (2004), og er siden blitt brukt og raffinert i andre studier (f.eks. Furness et al. 2013, Bradbury et al. 2014, Kelsey et al. 2018). Metodikken er også brukt i tidligere utredninger om havvind i Norge (Christensen-Dalsgaard et al. 2010, 2011, Moe et al. 2018).

Sensitivitetsindeksen kvantifiserer og kombinerer tre ulike typer faktorer som er vurdert som mest relevante i forhold til sjøfuglers sårbarhet for vindkraft: (1) generell sensitivitet til sjøfugl på

bestandsnivå, (2) direkte påvirkning av vindkraft gjennom økt dødelighet som følge av *kollisjon* med vindturbinene og (3) indirekte påvirkning av vindkraft ved at utbyggingen av vindkraft fører til *habitatsforstyrrelse* som gjør at fuglene unngår utbyggingsområdene. Faktorene er skalert på en skala fra 1 (minst sårbare) til 5 (mest sårbare).

Faktorene er enten vurdert på bakgrunn av reelle data, publiserte og upubliserte (Garthe & Huppopp 2004, King et al. 2009, Furness et al. 2013, Robinson Willmot et al. 2013, Bradbury et al. 2014) og subjektive vurderinger som er gjort av en internasjonal ekspertgruppe (navngitt i Furnes et al. 2013). Der det var nødvendig, har vi tilpasset artslisten til norske forhold. For arter hvor det ikke var tilstrekkelig informasjon, har vi brukt verdier fra de artene som er vurdert å være mest sammenlignbare. En oversikt over kategorier og referanser brukt er gitt i vedleggene (**Tabell V1, V2 og V3**).

2.4.1 Generell sensitivitet

Faktorer knyttet til demografi, bestandsstørrelse og bestandsutvikling påvirker sårbarheten til sjøfugler for havvind på bestandsnivå. For å inkludere dette, ble det estimert en **generell sensitivitet** som kombinerer:

- den nasjonale andelen av den europeiske bestand (a)
- rødlistestatus til arten (b)
- voksenoverlevelse (c)

I beregning av generell sensitivitet er fuglenes sesongavhengige sensitivitet inkludert, for å ta høyde for at noen av sjøfuglene oppholder seg i ferskvann, og derfor ikke er så sensitive for vindkraft i hekkesesongen. Verdiene for den sesongavhengig sensitivitet er:

- sommer (sjøfugl som hekker i ferskvann): 0,5
- sommer (sjøfugl som hekker tilknyttet marine områder): 1
- vinter, vår, høst: 1

Den generelle sensitivitet (SSI_g) er gitt som:

$$SSI_g = \text{sesongavhengig sensitivitet} \times (a + b + c) / 3 \quad (3)$$

Nasjonal andel av den europeiske bestand (a). Nasjonal andel av europeisk bestand er uttrykt i prosent. Det ble beregnet som antall hekkende individer i Norge + Svalbard i forhold til antall hekkende individer i Europa. Bestandstall for Norge og Svalbard ble hentet fra den nasjonale rødlisten (Artsdatabanken 2021), og bestandstall for Europa ble hentet fra de artsspesifikke omtalene til den europeiske rødlisten for fugler (BirdLife International 2015). Nasjonal andel av europeisk bestand er gruppert i 5 kategorier (**Tabell 2.2**).

Tabell 2.2. Kategorier for nasjonal andel av europeisk bestand.

Kategori	Nasjonal andel av europeisk bestand
1	< 1%
2	1-4%
3	5-9%
4	10-19%
5	>=20%

Rødlistestatus til arten (b). Rødlistestatus ble hentet fra den nasjonale rødlisten (Artsdatabanken 2021). Hvis den aktuelle arten hadde ulik status i Norge og på Svalbard, ble den mest alvorlige statusen benyttet til å representere arten. Rødlistestatus er gruppert i 5 kategorier (**Tabell 2.3**).

Tabell 2.3. Kategorier for rødlistestatus

Kategori	Rødlistestatus
1	LC, livskraftig
2	NT, nært truet
3	VU, sårbar
4	EN, sterkt truet
5	CR, kritisk truet

Voksenoverlevelse (c). Arter med høy voksenoverlevelse vil generelt være mer sårbare for en økt dødelighet forårsaket av vindkraft enn arter med lav voksenoverlevelse. Voksenoverlevelse er derfor inkludert i den generelle sensitiviteten, og gruppert i 5 kategorier definert av Garthe & Hüppop (2004) (**Tabell 2.4**).

Tabell 2.4. Kategorier for voksenoverlevelse

Kategori	Voksenoverlevelse
1	< 0,749
2	0,75 – 0,799
3	0,80 – 0,849
4	0,85 – 0,899
5	> 0,90

2.4.2 Sensitivitet for havvind

Sensitiviteten for havvind ble beregnet separat for **kollisjon** og for **habitatforstyrrelse**. Sensitivitetsindeksen for kollisjon baserer seg på fire faktorer som er relevante for sjøfuglers sårbarhet i forhold til kollisjon:

- Natlig flygeaktivitet (d)
- Andel av tid flygende (e)
- Andel tid i rotorhøyde (f)
- Unnvikelse (kollisjon) (g)

Habitatforstyrrelse sensitivitetsindeksen baserer seg på to faktorer som er relevante for sjøfuglers sårbarhet i forhold til habitatforstyrrelse:

- Unnvikelse (fortrenging) (h)
- Fleksibilitet i habitatbruk (i)

Sensitiviteten for kollisjon (SSI_k) er definert som:

$$SSI_k = \frac{(d + e)/2 + f + g}{3} \quad (4)$$

Sensitiviteten for habitatforstyrrelse (SSI_{hf}) er definert som:

$$SSI_{hf} = (h + j)/2 \quad (5)$$

d: Natlig flygeaktivitet. Unnvikelsesadferden til fugler og dermed sannsynligheten for kollisjon kan variere mellom natt og dag (når det er mørkt og lyst), og det antas at det er større sannsynlighet for kollisjon for fugler som flyr mye når det er mørkt. På grunn av begrenset informasjon

om nattlig flygeaktivitet, ble det gjort en subjektiv klassifisering på en skala fra 1 (omtrent ikke noe nattlig flygeaktivitet) til 5 (mye nattlig flygeaktivitet).

e: Andel av tid flygende. Hvor stor en andel av tiden fugler bruker flygende antas å ha en sammenheng med sannsynlighet for kollisjon, der fugler som bruker mye tid på å fly, vil ha en større sannsynlighet for å kollidere med vindturbiner. Andel av tid observert flygende er vurdert basert på transekttellinger i åpent hav (Garthe & Huppopp 2004) og ved ekspertvurderinger. Andel av tid observert flygende er gruppert i 5 kategorier (**Tabell 2.5**).

Tabell 2.5. Kategorier for andel av tid observert flygende.

Kategori	Andel av tid observert flygende
1	0-20%
2	21-40%
3	41-60%
4	61-80%
5	81-100%

f: Andel tid i rotorhøyde. Andelen av tid fuglene flyr i rotorhøyde er avgjørende for sannsynligheten for at fuglene blir drept ved kollisjon. Faktoren er primært vurdert med bakgrunn i klassifiseringer gjort under regulære takseringer av sjøfugl i åpent hav. Det er imidlertid stor variasjon i hvilke flygehøyde som er rapportert, og stor usikkerhet knyttet til de rapporterte verdiene. Vi har derfor valgt å gruppere flygehøyde i tre overordnede kategorier (**Tabell 2.6**), slik det er gjort i Kelsey et al. (2018).

Tabell 2.6. Kategorier for andel av tid i rotorhøyde.

Kategori	Andel tid i rotorhøyde
1	< 5 %
3	5-20 %
5	> 20 %

g: Unnvikelse av vindturbiner (kollisjon). I hvilken grad fugler risikerer å kollidere med vindturbiner avhenger av i hvor høy grad de unnviker vindkraftanlegget. Fugler som unnviker områder med utbygging, vil ha en mindre risiko for kollisjon. Det er fortsatt begrenset kunnskap om hvordan ulike sjøfuglarter oppfører seg i tilknytning til vindkraftanlegg og i hvilken grad fuglene tilpasser seg vindkraftanlegget. Det er derfor noe usikkerhet knyttet til den estimerte unnvikelse. Unnvikelse (kollisjon) er gruppert i 5 kategorier (**Tabell 2.7**).

Tabell 2.7. Kategorier for unnvikelse (kollisjon).

Kategori	Unnvikelse
1	> 40%
2	30 – 40%
3	18 – 29%
4	6 – 17%
5	0 – 5%

h: Unnvikelse av vindturbiner (forstyrrelse/fortrengning). I hvilken grad fugler blir fortrent fra områder med utbygging av vindkraft avhenger av i hvor høy grad de unnviker vindkraftanlegget. Det er altså en omvendt sammenheng mellom risikoen for kollisjon og risikoen for habitat fortrengning, der fugler som unnviker vindkraftanlegg har en mindre risiko for å dø ved

kollisjon, men kan bli påvirket negativt ved å miste viktige beiteområder. Unnvikelse (forstyrrelse/fortrengning) er gruppert i 5 kategorier (**Tabell 2.8**).

Tabell 2.8. Kategorier for unnvikelse (forstyrrelse/fortrengning).

Kategori	Unnvikelse
1	0 – 5%
2	6 – 17%
3	18 – 29%
4	30 – 40%
5	> 40%

i: Fleksibilitet i habitatbruk. Arter med en større fleksibilitet i habitatbruk anses å være mindre sårbare for utbygging av vindkraft, enn arter som er lite fleksible i forhold til bruk av områder eller valg av byttedyr (Kelsey et al. 2018). Sjøfuglarter er vurdert som fleksible hvis de brukte store sjøområder; dvs. ble observert over mange forskjellige vannmasser, og høyt hvis de var knyttet til spesielle habitater (f.eks. sjøender over grunne områder med høy forekomst av skjell). Faktoren ble vurdert på en skala fra 1 (veldig fleksibel habitatbruk) til 5 (avhengig av spesielle habitatkarakteristika).

2.5 Sensitivitetsindikatorer for analyseområdet

For å kalkulere sensitivitetsindikatorer for hver celle i analyseområdet kombinerte vi habitatkartene med de artsspesifikke sensitivitetsindikatorene. Resultatet blir sesongavhengig og artsspesifikk sensitivitet i hver rute i analyseområdet.

De artsspesifikke indikatorene ble kombinert i en indikatorer for total sensitivitet. For å ta hensyn til nærhet til store hekkekolonier, inkluderte vi også data over hekkebestander og funksjonsområder i den endelige indikatoren.

I kapittel 2.5.1 definerer vi hvordan nærhet til hekkekoloniene er inkludert. I kapittel 2.5.2 definerer vi artsspesifikk og samlet sensitivitetsindikatorer. I kapittel 2.5.3 definerer vi hvordan indikatorene er standardisert og normalisert, og i kapittel 2.5.4 spesifiserer vi kartproduktet.

2.5.1 Nærhet til hekkekoloniene -funksjonsområde

I hekkesesongen vil områdene i nærheten av de store sjøfuglkoloniene være spesielt sårbare for forstyrrelser. Denne informasjonen er inkludert i sensitivitetsindikatoren gjennom funksjonsområdene.

Funksjonsområdene rundt koloniene, hvor hekkende fugl henter næring, ble kalkulert av Systad et al. (2018). Funksjonsområdene ble kombinert med hekkebestanden av fugl som sogner til de spesifikke områdene. For hver rute (i) i analyseområdet ble antall hekkende fugl (n_i) som bruker ruten som funksjonsområde beregnet.

Funksjonsverdien vil være avhengig av sesong. Funksjonsverdien $F_{i,j}$ for rute i i sesong j ble definert på en skala fra 1 til 5 som gitt i **Tabell 2.9**.

Tabell 2.9. Definisjon av funksjonsverdi ($F_{i,j}$) som funksjon av antall hekkende fugl (n_i) som potensielt kan bruke ruten i en gitt sesong (j).

Antall hekkefugl (n_i) som kan bruke ruten	Funksjonsverdi, $F_{i,j}$				
	0	0 - 1000	1000 - 10 000	10 000 – 100 000	> 100 000
Sommer, $j = 2$	1	2	3	4	5
Høst, $j = 3$	1	1,33	1,67	2	2,33
Vår, $j = 1$	1	1,5	2	2,5	3
Vinter, $j = 4$	1	1	1	1	1

2.5.2 Definisjon av sensitivitetsindikatorer

Indikatoren for **artsspesifikk sensitivitet (AWSI)** kombinerer bestandens habitatpreferanse ($c_{i,j}$), bestandens generelle sårbarhet for forstyrrelser (SSI_g) og artens spesifikke sårbarhet for havvindanlegg (SSI_k eller SSI_{hf}) med hensyn til havvindanlegg. AWSI ble definert som:

$$\begin{aligned} AWSI_{i,j} &= c_{i,j} \times SSI_g \times SSI_k && \text{for } SSI_k \geq SSI_{hf} \\ AWSI_{i,j} &= c_{i,j} \times SSI_g \times SSI_{hf} && \text{for } SSI_k < SSI_{hf} \end{aligned} \quad (6)$$

Hvor:

- $AWSI_{i,j}$ er artsspesifikk sensitivitet for havvind i rute i og sesong j .
- $c_{i,j}$ er habitategnethet for arten i rute i og sesong j (fra habitatkartet; ligning 2, kapittel 2.3.3)
- SSI_g er generell sensitivitet for arten (andel av europeisk bestand, rødlistestatus og voksenoverlevelse; kapittel 2.4.1)
- SSI_k er artsspesifikk sensitivitet med hensyn til kollisjonsrisiko (andel tid flygende, nattlig flygeaktivitet, andel tid i rotorhøyde og unnvikelse; kapittel 2.4.2)
- SSI_{hf} er artsspesifikk sensitiviteten med hensyn til habitatforstyrrelse (unnvikelse og fleksibilitet i habitatbruk; kapittel 2.4.2).

Legg merke til at vi i beregningen enten bruker artens sensitivitet for kollisjon *eller* sensitivitet for habitatforstyrrelse avhengig av hvilken av disse to som har høyest verdi.

Indikator for **sesongspesifikk sjøfuglsensitivitet (WSI)** finner vi ved å legge sammen artsspesifikk sensitivitet (AWSI) og funksjonsverdi (F). WSI ble definert som:

$$WSI_{i,j} = F_{i,j} \sum_s AWSI_{i,j,s} \quad (7)$$

Hvor:

- $WSI_{i,j}$ er samlet sensitivitet for havvind i rute i og sesong j
- $F_{i,j}$ er funksjonsverdien til rute i i sesong j (nærhet til store sjøfuglkolonier; kapittel 2.5.1)
- $AWSI_{i,j,s}$ er artsspesifikk sensitivitet for havvind i rute i i sesong j for art s (ligning 6).

Endelig verdi for **sjøfuglsensitivitet (WSI_{tot})**, uavhengig av årstid, ble definert som den maksimale sensitiviteten i rute i over de fire sesongene, det vil si: $WSI_{i,jmax}$

2.5.3 Normalisering og standardisering av indikatorene

WSI indikatoren har en svært skjev fordeling med mange lave verdier og noen få svært høye verdier. For å normalisere fordelingen av indikatorene ble de $\log_e(x + 1)$ transformert.

Indikatorene er dimensjonsløse og relative verdier. For å gi dem en spesifikk mening, ble de standardisert mot den høyeste og laveste verdien i analyseområdet. De oppgitte indikatorene

representerer dermed prosent i intervallet mellom den laveste og høyeste verdien i analyseområdet.

Standardisert **Artsspesifikk WSI** er oppgitt som:

$$100 \times \frac{\log_e(AWSI_{i,j} + 1) - \min AWSI}{\max AWSI - \min AWSI} \quad (8)$$

Hvor

$$\begin{aligned} \min AWSI &= \log_e(\min_{i,j}(AWSI_{i,j}) + 1) \\ \max AWSI &= \log_e(\max_{i,j}(AWSI_{i,j}) + 1) \end{aligned}$$

Standardisert **Sesongspesifikk WSI** er oppgitt som:

$$100 \times \frac{\log_e(WSI_{i,j} + 1) - \min WSI}{\max WSI - \min WSI} \quad (9)$$

Standardisert **Total WSI** er oppgitt som:

$$100 \times \frac{\log_e(WSI_{i,jmax} + 1) - \min WSI}{\max WSI - \min WSI} \quad (10)$$

Hvor

$$\begin{aligned} \min WSI &= \log_e(\min_{i,j}(WSI_{i,j}) + 1) \\ \max WSI &= \log_e(\max_{i,j}(WSI_{i,j}) + 1) \end{aligned}$$

2.5.4 Kartprodukt

Kartproduktet består av følgende rasterkart:

1. Standardisert artsspesifikk WSI for 58 arter og fire sesonger, totalt 204 kart (ikke alle sesonger er dekket for alle arter).
 - Filnavn: AWSI_std_Latin name_Season.tif
2. Standardisert WSI for fire sesonger, totalt 4 kart.
 - Filnavn: WSI_Season_std.tif
3. Standardisert total WSI, ett kart.
 - Filnavn: WSI_tot_std.tif

Kartformat: GeoTIFF

Projeksjon: WGS 84 / UTM sone 33N (EPSG:32633)

- Dimensjon (rader, kolonner): 193, 146
- Oppløsning: 10000 meter x 10000 meter
- X-min = -290000; X-maks = 1170000; Y-min = 6280000; Y-maks = 8210000
- Rutenettet dekker den norske økonomiske sonen med unntak av et område helt i nord hvor datagrunnlaget for en del arter var for lavt.

3 Resultater

3.1 Artsspesifikk sensitivitet

Det ble verdisatt sensitivitet for alle de 58 arter som ble inkludert i dette arbeidet, derav 46 sjøfugler og 12 vannfugler. I **tabell 3.1** angir vi generell sensitivitet (SSI_g) og sensitivitet for havvind (SSI_k og SSI_{hf}).

Tabell 3.1. Sesongavhengig generell sensitivitet (SSI_g) og sensitivitet for havvind gitt som sensitivitet for kollisjon (SSI_k) og sensitivitet for habitatforstyrrelse (SSI_{hf}) for alle artene som inngår i sensitivitetsindeksen.

Norsk	Latin	Vinter, vår, høst		Sommer	
		SSI_g	SSI_g	SSI_k	SSI_{hf}
Alke	<i>Alca torda</i>	4,33	4,33	1,25	3,00
Alkekonge	<i>Alle alle</i>	3,00	3,00	1,75	2,00
Bergand	<i>Aythya marila</i>	2,00	1,00	1,88	3,50
Dvergdykker	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	2,00	1,00	1,25	4,50
Fiskemåke	<i>Larus canus</i>	3,33	3,33	3,13	1,50
Fjelljo	<i>Stercorarius longicaudus</i>	3,67	1,83	2,75	1,50
Gravand	<i>Tadorna tadorna</i>	1,67	1,67	2,75	2,50
Grønlandsmåke	<i>Larus glaucoides</i>	2,33	2,33	3,00	2,00
Grågås	<i>Anser anser</i>	2,33	2,33	3,50	3,00
Gråmåke	<i>Larus argentatus</i>	4,00	4,00	3,13	1,00
Gråstrupedykker	<i>Podiceps grisegena</i>	2,00	2,00	1,25	4,00
Gulnebbblom	<i>Gavia adamsii</i>	4,00	4,00	1,38	4,50
Havelle	<i>Clangula hyemalis</i>	1,67	0,83	2,38	3,50
Havhest	<i>Fulmarus glacialis</i>	4,67	4,67	1,75	2,00
Havsule	<i>Morus bassanus</i>	2,33	2,33	2,63	2,00
Havsvale	<i>Hydrobates pelagicus</i>	2,33	2,33	2,38	1,00
Hettemåke	<i>Larus ridibundus</i>	3,00	3,00	2,88	2,00
Horndykker	<i>Podiceps auritus</i>	1,67	0,83	1,00	4,50
Hvitkinngås	<i>Branta leucopsis</i>	2,67	2,67	1,75	4,50
Islom	<i>Gavia immer</i>	3,00	3,00	1,38	4,00
Knekkand	<i>Spatula querquedula</i>	2,33	1,17	1,13	4,50
Knoppsvane	<i>Cygnus olor</i>	1,67	0,83	3,50	3,00
Kortnebbgås	<i>Anser brachyrhynchus</i>	3,00	3,00	3,50	3,00
Krykkje	<i>Rissa tridactyla</i>	3,67	3,67	2,75	2,00
Kvinand	<i>Bucephala clangula</i>	1,67	0,83	1,88	4,00
Laksand	<i>Mergus merganser</i>	1,67	0,83	1,50	4,00
Lomvi	<i>Uria aalge</i>	4,67	4,67	1,38	3,00
Lunde	<i>Fratercula arctica</i>	4,67	4,67	1,50	2,50
Makrellterne	<i>Sterna hirundo</i>	4,00	4,00	2,75	2,00
Polarjo	<i>Stercorarius pomarinus</i>	2,00	2,00	2,50	1,50
Polarlomvi	<i>Uria lomvia</i>	5,00	5,00	0,75	4,00
Polarmåke	<i>Larus hyperboreus</i>	3,67	3,67	2,88	1,50
Praktærfugl	<i>Somateria spectabilis</i>	3,00	3,00	2,75	4,50
Ringgås	<i>Branta bernicla</i>	3,67	3,67	1,75	4,50
Rødnebbterne	<i>Sterna paradisaea</i>	2,67	2,67	2,75	2,00

Sangsvane	<i>Cygnus cygnus</i>	2,00	1,00	3,50	3,00
Siland	<i>Mergus serrator</i>	2,33	2,33	1,63	4,00
Sildemåke	<i>Larus fuscus</i>	3,00	3,00	3,13	1,00
Sjørørre	<i>Melanitta fusca</i>	2,67	1,33	1,13	4,00
Skjeand	<i>Spatula clypeata</i>	1,67	0,83	1,75	4,50
Smålom	<i>Gavia stellata</i>	2,33	1,17	1,38	4,50
Snadderand	<i>Mareca strepera</i>	1,67	0,83	0,63	4,50
Splitterne	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	2,00	2,00	1,63	4,00
Stellerand	<i>Polysticta stelleri</i>	3,33	3,33	1,63	3,50
Stokkand	<i>Anas platyrhynchos</i>	1,33	0,67	2,00	4,50
Storjo	<i>Stercorarius skua</i>	2,67	2,67	2,63	1,50
Storlom	<i>Gavia arctica</i>	2,33	1,17	1,50	4,50
Storskarv	<i>Phalacrocorax carbo</i>	2,67	2,67	2,38	2,00
Svartand	<i>Melanitta nigra</i>	2,00	1,00	1,13	4,50
Svartbak	<i>Larus marinus</i>	4,00	4,00	3,13	1,50
Svømmesnipe	<i>Phalaropus lobatus</i>	2,00	1,00	2,38	2,00
Taffeland	<i>Aythya ferina</i>	1,00	0,50	1,88	3,50
Teist	<i>Cephus grylle</i>	3,67	3,67	1,25	3,50
Toppand	<i>Aythya fuligula</i>	1,33	0,67	1,88	3,50
Toppskarv	<i>Gulosus aristotelis</i>	3,00	3,00	2,38	2,00
Tundragås	<i>Anser albifrons</i>	1,00	1,00	3,50	3,00
Tyvjo	<i>Stercorarius parasiticus</i>	3,67	3,67	2,75	1,50
Ærfugl	<i>Somateria mollissima</i>	3,67	3,67	1,63	3,50

3.2 Sensitivitet i analyseområde

3.2.1 Artsspesifikk sensitivitet (AWSI)

Artsspesifikk sensitivitet (AWSI) ble beregnet for 58 arter i 4 sesonger og beregningene omfatter totalt 204 rasterkart. Merk at som en følge av at noen arter migrerer ut av analyseområdet i noen sesonger, har vi ikke fungerende habitatmodeller, og dermed ikke AWSI beregninger for noen arter i noen sesonger. Legg merke til at artsspesifikk sensitivitet *ikke* tar hensyn til funksjonsområder.

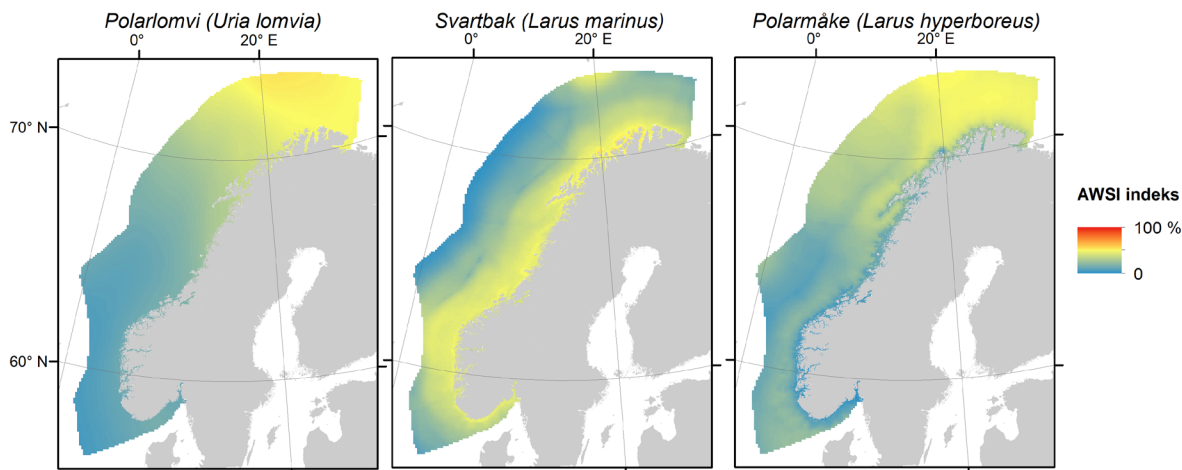
AWSI indikatoren er normalisert mellom 0 og 100, hvor 100 representerer den høyeste sensitiviteten i analyseområdet for alle arter og alle sesonger, mens 0 representerer den laveste verdien. For artsspesifikk sensitivitet var den laveste verdien i analyseområdet lik 0. AWSI indikatoren kan brukes til å sammenligne artene sin sensitivitet for havvindanlegg mellom områder og sesonger.

For hver av de fire sesongene hentet vi ut kart for de tre artene som samlet hadde høyest AWSI i analyseområdet (**Figur 3.1-3.4**). Migrasjonsmønster ut og inn av analyseområdet påvirker hvilke arter som samlet sett er mest sårbare i ulike sesonger, og rangeringen av de mest sensitive artene varierer derfor mellom sesonger. For eksempel migrerer makrellterna til havområdene utenfor Vest- og Sør-Afrika om vinteren, og denne arten er derfor bare sårbar om sommeren i analyseområdet. Motsatt hekker størstedelen av polarlomvibestanden på Svalbard, og denne arten er derfor mindre sensitiv i analyseområdet om sommeren.

De mest sårbare artene omfattet tre pelagiske arter (polarlomvi, krykkje og polarmåke), fem kystnære arter (svartbak, fiskemåke, gråmåke, makrellterne og gulnebbblom), samt ringgås. De ulike artene har forskjellige habitatpreferanser, og sensitiviteten deres fordeler seg derfor ulikt i

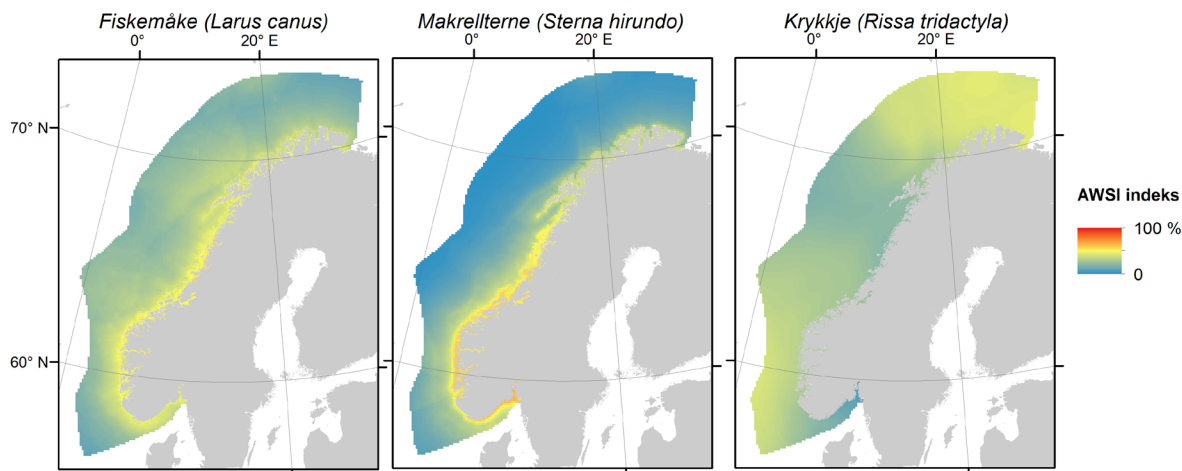
analyseområdet. De pelagiske artene finner man spredt utover ganske store områder til havs, mens de kystnære artene, og da kanskje spesielt makrellterna (sommer) og gulnebbblom (vinter), finner vi langs kysten, først og fremst innaskjærs og i fjorder. Vi finner også tydelige nord-sør gradienter, effekter av dyp og nærhet til hekkekolonier.

Vår (februar - april):

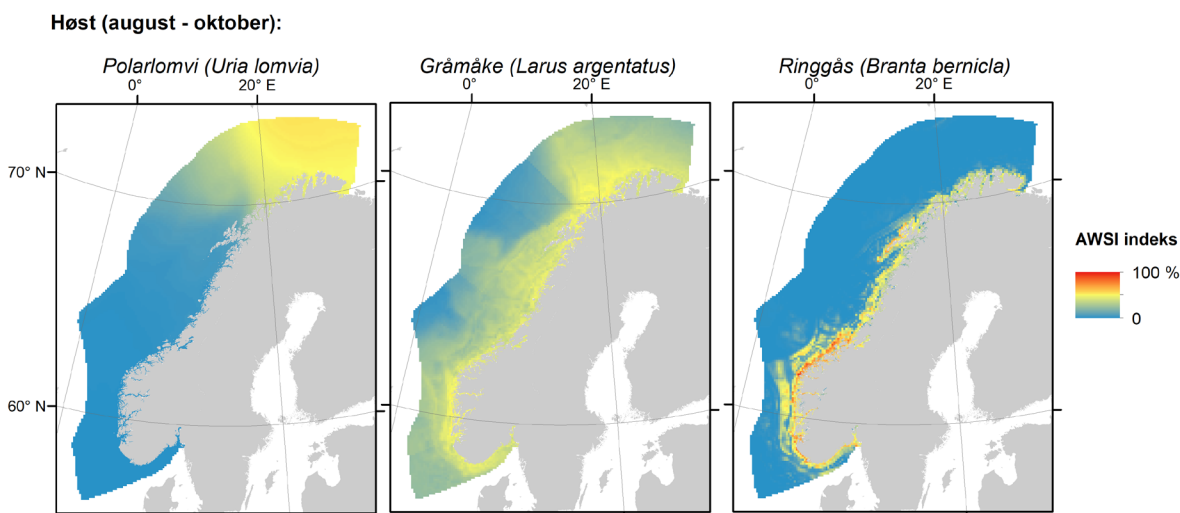


Figur 3.1. Artsspesifikk sensitivitet (AWSI) om våren for de tre artene som samlet sett hadde høyest sensitivitet i analyseområdet i denne årstiden. AWSI er et relativt mål for sensitivitet for havvindanlegg og måles fra 0 (lavest sensitivitet) til 100 (høyest sensitivitet), hvor 100 representerer den høyeste sensitiviteten i analyseområdet for alle arter og sesonger. AWSI tar hensyn til bestandens habitatbruk, bestandenes sårbarhet for generelle forstyrrelser og artens spesifikke sensitivitet for havvindanlegg.

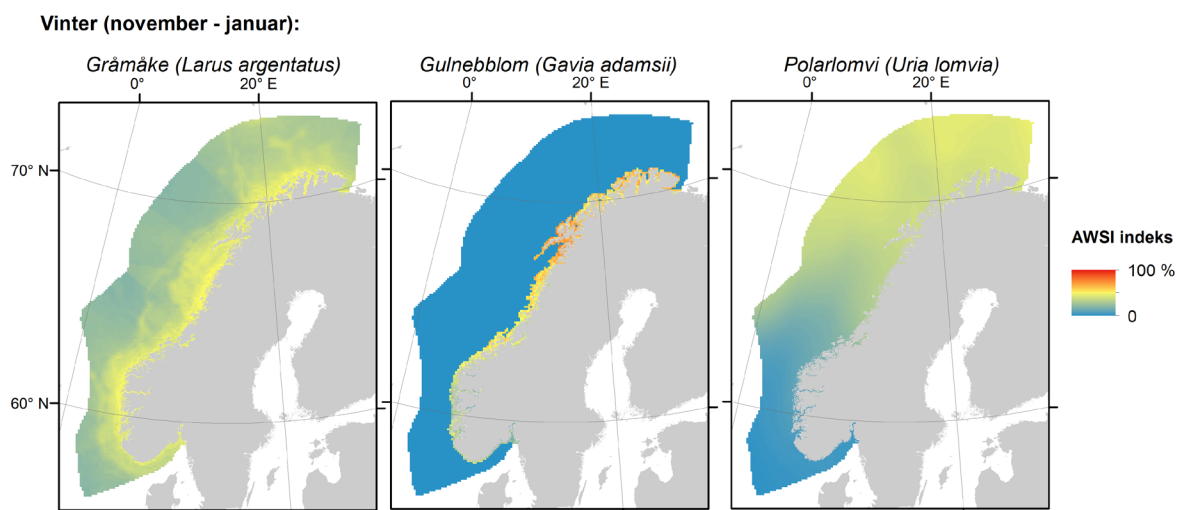
Sommer (mai - juli):



Figur 3.2. Artsspesifikk sensitivitet (AWSI) om sommeren for de tre artene som samlet sett hadde høyest sensitivitet i analyseområdet i denne årstiden. AWSI er et relativt mål for sensitivitet for havvindanlegg og måles fra 0 (lavest sensitivitet) til 100 (høyest sensitivitet), hvor 100 representerer den høyeste sensitiviteten i analyseområdet for alle arter og sesonger. AWSI tar hensyn til bestandens habitatbruk, bestandenes sårbarhet for generelle forstyrrelser og artens spesifikke sensitivitet for havvindanlegg.



Figur 3.3. Artsspesifikk sensitivitet (AWSI) om høsten for de tre artene som samlet sett hadde høyest sensitivitet i analyseområdet i denne årstiden. AWSI er et relativt mål for sensitivitet for havvindanlegg og måles fra 0 (lavest sensitivitet) til 100 (høyest sensitivitet), hvor 100 representerer den høyeste sensitiviteten i analyseområdet for alle arter og sesonger. AWSI tar hensyn til bestandens habitatbruk, bestandenes sårbarhet for generelle forstyrrelser og artens spesifikke sensitivitet for havvindanlegg.



Figur 3.4. Artsspesifikk sensitivitet (AWSI) om vinteren for de tre artene som samlet sett hadde høyest sensitivitet i analyseområdet i denne årstiden. AWSI er et relativt mål for sensitivitet for havvindanlegg og måles fra 0 (lavest sensitivitet) til 100 (høyest sensitivitet), hvor 100 representerer den høyeste sensitiviteten i analyseområdet for alle arter og sesonger. AWSI tar hensyn til bestandens habitatbruk, bestandenes sårbarhet for generelle forstyrrelser og artens spesifikke sensitivitet for havvindanlegg.

3.2.2 Samlet sensitivitet (WSI) for hver årstid

Samlet sesongspesifikk sensitivitet fant vi ved å slå sammen sensitiviteten til alle artene i hver enkelt årstid. For denne indikatoren har vi også inkludert funksjonsområder, det vil si områdene rundt større hekkekolonier hvor hekkende fugl henter næring og hviler.

WSI indikatoren representerer relative verdier, og den ble derfor normalisert fra 0 til 100, slik at 100 representerer den høyeste WSI indikatoren i analyseområdet i alle sesonger, mens 0 er den

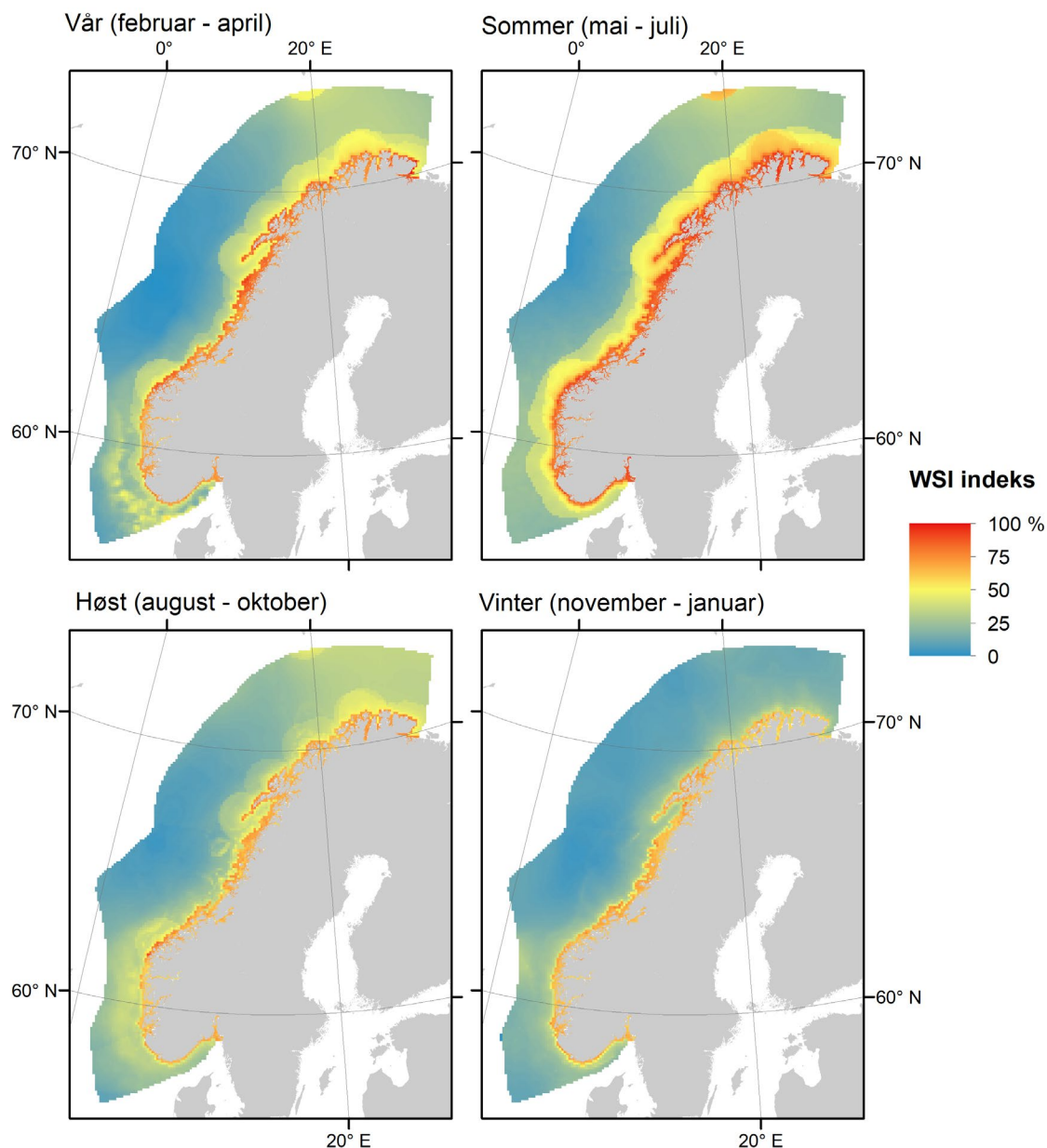
laveste verdien i analyseområdet. WSI indikatoren kan brukes til å sammenligne sjøfugl sin sensitivitet til havvindanlegg mellom områder og sesonger.

WSI indikatoren for vår, sommer, høst og vinter er vist i **Figur 3.5**. Ettersom en god del arter migrerer ut av analyseområdet om vinteren, finner vi generelt en noe lavere sensitivitet om vinteren enn i de andre sesongene.

Det er en tydelig økt sensitivitet kystnært for alle sesonger. Dette skyldes at kun få arter bruker åpent hav som leveområde, det vil si at det er relativt få arter som er pelagiske, mens de fleste sjøfuglarter faktisk lever langs kysten. Dette betyr ikke at de pelagiske artene ikke er sårbare (se 3.2.1), men at det er betydelig høyere artsmangfold, og derfor rikere og mer sensitive sjøfuglsamfunn nært kysten.

Barentshavet kommer ut som et sensitivt område. Dette er knyttet til høy biologisk produksjon med noen av de største forekomstene av sjøfugl på den nordlige halvkule. Relativt høy sensitivitet finner vi også i Nordsjøområdet. Legg merke til at Barentshavet har høyere sesongmessig variasjon, med lav sensitivitet om vinteren, sammenlignet med Nordsjøen. Lavest sensitivitet finner vi i dyphavsområdene i Norskehavet.

Funksjonsområdene kommer fram på kartene som ringer rundt de store koloniene på våren, sommeren og høsten.



Figur 3.5. Samlet sensitivitet (WSI) for havvindanlegg med hensyn til sjøfugl for sesongene; vår, sommer, høst og vinter. WSI indikatoren slår sammen artsspesifikk sensitivitet, og inkluderer funksjonsområdene rundt de store hekkekoloniene. WSI er et relativt mål for sensitivitet for havvindanlegg, og måles fra 0 (lavest sensitivitet) til 100 (høyest sensitivitet), hvor 100 representerer den høyeste sensitiviteten i analyseområdet for alle sesonger. WSI tar hensyn til sjøfuglbestandenes habitatbruk, bestandenes sårbarhet for generelle forstyrrelser, artenes spesifikke sensitivitet for havvindanlegg og nærhet til større hekkekolonier.

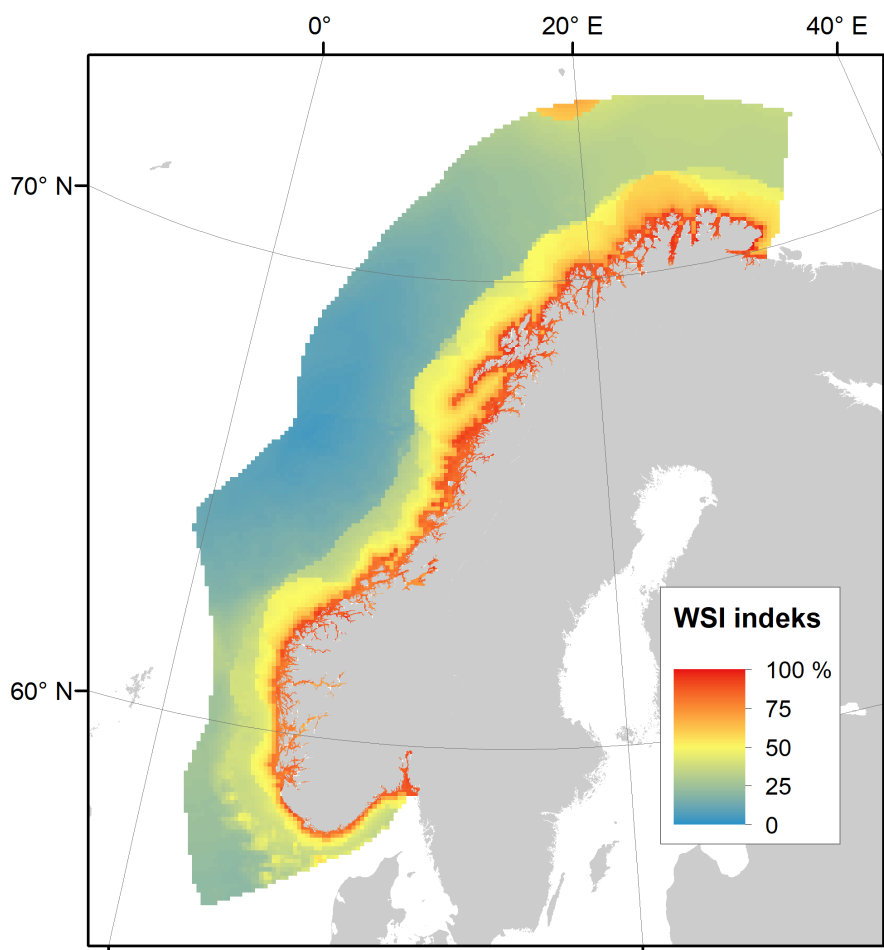
3.2.3 Total sensitivitet (WSItot)

Total sensitivitet fant vi ved å hente ut den høyeste sesongbaserte WSI indikatoren i hver rute. Denne indikatoren viser derfor den maksimale sensitiviteten i et område gjennom året og er vist i **Figur 3.6**.

Som for de to andre indikatorene, ble denne indikatoren også normalisert mellom 0 og 100. Hvor 100 representerer den høyeste WSI indikatoren i analyseområdet i alle sesonger, mens 0 er den

laveste verdien i analyseområdet. Total WSI indikator kan brukes til å sammenligne sjøfugl sin sensitivitet til havvandinlegg mellom områder, uavhengig av årstid og art.

Som for den sesongspesifikke sensitiviteten, finner vi generelt økt sensitivitet kystnært. Nordsjø- og Barentshavområdene har høyere sensitivitet, mens lavest sensitivitet finner vi offshore i Norskehavet. Funksjonsområdene sees som forhøyede verdier ut fra de store hekkekoloniene.



Figur 3.6. Samlet sensitivitet (WSI) for havvandinlegg med hensyn til sjøfugl gjennom året. WSI indikatoren slår sammen artsspesifikk sensitivitet, og inkluderer funksjonsområdene rundt de store hekkekoloniene. Denne indikatoren representerer maksimal sensitivitet gjennom året. Den er et relativt mål for sensitivitet for havvandinlegg, og måles fra 0 (lavest sensitivitet) til 100 (høyest sensitivitet), hvor 100 representerer den høyeste sensitiviteten i analyseområdet. WSI tar hensyn til sjøfuglbestandenens habitatbruk, bestandenes sårbarhet for generelle forstyrrelser, artenes spesifikke sensitivitet for havvandinlegg og nærhet til større hekkekolonier.

4 Diskusjon

I dette arbeidet har vi satt sammen eksisterende kunnskap og data til sensitivitetsskart som beskriver sjøfuglbestandenenes sensitivitet til havvind i NØS. Indikatorene er satt sammen av kunnskap om sjøfuglens generelle sårbarhet, artenes spesifikke sårbarhet til havvinnanlegg, habitatbruk og nærhet til større sjøfuglkolonier.

Dataprodukt

Dataproduktet fra dette arbeidet omfatter et kartgrunnlag som kan brukes i utredningen av mulige effekter av havvinnanlegg på sjøfugl. Kartproduktet er gitt som indikatorverdier på 10x10 km² ruter som dekker NØS, sjøterritorium og indre farvann. Kartproduktet dekker de viktigste sjøfuglartene og andre marint tilknyttede fuglearter som opptrer regelmessig i Norge.

På laveste nivå omfatter kartproduktet artsspesifikke sensitivitetsskart med hensyn til havvind for 58 sjøfuglarter i 4 årstider. Disse kartene kan brukes til å identifisere de mest sensitive artene og sammenligne artene sin sensitivitet mellom områder og sesonger.

Sensitivitet for artene er slått sammen til sensitivitetsskart for fire årstider. I dette kartproduktet har vi også inkludert områdene rundt de store sjøfuglkoloniene som en faktor. Dette dataproduktet kan brukes til å sammenligne sensitivitet mellom områder og sesonger.

På høyeste nivå har vi hentet ut de høyeste sensitivetsverdiene gjennom året til et kart som viser total sensitivitet gjennom året. Dette produktet kan brukes til å identifisere de mest sårbare områdene for havvindutbygging med hensyn til sjøfugl i NØS.

Det er viktig å merke seg at indikatorene i kartproduktet representerer relative verdier for sensitivitet, og er ikke noe forsøk på å kvantifisere effekten på sjøfuglbestander. Verdiene er gitt på en skala fra 0 til 100, hvor 100 representerer den høyeste sensitiviteten i analyseområdet.

Kartproduktet omfatter *ikke* terrestriske fugler som trekker over norske havområder mellom hekkeplass og vinterområder. Utredning av hvordan trekkende terrestriske fugl kan bli påvirket av havvinnanlegg må eventuelt utredes i spesifikke studier.

Artsspesifikk sårbarhet

I indikatorene er bestandenes generelle sårbarhet for forstyrrelser omfattet av rødlistestatus, andel av europeisk bestand i norske områder og voksenoverlevelse. Spesifikk sårbarhet til havvinnanlegg omfatter risiko for kollisjon og arealbeslag. I indikatorene er kollisjonsrisiko beskrevet av tiden artene bruker til flyging og nattlig flygeaktivitet, andel tid som brukes i rotorhøyde og grad av unnvikelse i forhold til havvinnanlegg. I motsetning til kollisjonsrisiko, omfatter habitatfortrengning arealbeslag knyttet til at arter unngår områder med havvinnanlegg. I indikatorene er habitatfortrengning beskrevet av i hvilken grad arten unnviker områder med havvinnanlegg og hvor fleksibel arten er med hensyn til habitatbruk. Fortrengning og kollisjonsrisiko er delvis motsatser, og vi har derfor brukt den av indikatorene som vi forventer gir størst negativ effekt på arten.

Data for klassifisering av artsspesifikk sårbarhet er hentet fra litteraturen (kapittel 2.4). Til tross for at klassifiseringen bygger på empiriske studier av sjøfugl og havvind, er det empiriske grunnlaget for en del arter og bestander mangelfull, og klassifiseringen er derfor kvalitativ og gjort på en skala fra 1 til 5. Dette gjør de endelige indikatorene sårbare for hvordan de ulike variablene er vektet og satt sammen. Flere empiriske studier og modellstudier av sjøfuglbestander og sjøfugls atferd i forhold havvinnanlegg vil kunne bedre dette kunnskapsgrunnlaget. Samtidig vil det være viktig å gjennomføre analyser for å undersøke hvor robuste resultatene er for ulik vektning og sammenstilling av de kvalitative variablene.

Habitatkart

Artsspesifikk sårbarhet er koblet til artenes utbredelse gjennom habitatmodeller. For seks pelagiske sjøfuglarter har vi allerede habitatkart opparbeidet gjennom SEATRACK. For de resterende 52 artene har vi for første gang satt sammen åpent hav data, SEAPOP kystdatasett og data fra Artsobservasjoner i habitatmodeller. Totalt omfatter datasettet nærmere 6 millioner observasjoner av sjøfugl.

Habitatmodellene er basert på observasjonsdata, og er derfor sårbare for observasjonsbias, det vil si ulik observasjonsinnsats i ulike områder. Dette ble korrigert for ved hjelp av «Target Group» metoden (Phillips et al. 2009), hvor proporsjonen av antall observasjoner av en art og antall observasjoner av andre arter blir brukt som responsvariabel. Denne metodikken korrigerer effektivt for observasjonsbias, men har en tendens til å gi noe lavere habitatverdier i artsrike områder.

Ikke-lineær regresjon (GAM) ble brukt i habitatmodellene. Disse modellene håndterer store datasett effektivt, men de er sårbare for ubalansert sampling, og kan ofte gi overfitting og urealistiske prediksjoner. Framtidige analyser bør se på alternativ metodikk og muligheter for re-sampling for mer balansert design.

Empiriske studier av habitatbruk ved hjelp av sporing av individer har økt kunnskapen på dette området betraktelig, og sporingstudier i regi av SEATRACK og SEAPOP vil øke dette kunnskapsgrunnlaget ytterligere.

Anvendelse

Kartproduktet er ment til å inngå i direktoratgruppens arbeid med å identifisere nye områder for havvindanlegg i norske havområder. Kartproduktet er spesielt egnet til verdisetting og rangering av områder med hensyn til sårbarhet for sjøfugl, og vil derfor kunne legge grunnlag og føringer for videre miljøundersøkelser og prosjektspesifikke konsekvensutredninger.

Kartproduktet er spesielt rettet mot effekten av havvindanlegg, men kan enkelt modifiseres til å omfatte generell sårbarhet så vel som sårbarhet for andre stressorer som bifangst i fiskeriene, forstyrrelse fra skipstrafikk og oljeforurensning. I en slik sammenheng vil modifiserte kartprodukt kunne inngå i eksisterende arealverktøy hos sektormyndighetene.

5 Referanser

- Amante, C., Eakins, B. W. 2009. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. National Geophysical Data Center, NOAA. (besøkt 7.10.2022)
- Anker-Nilssen, T., Barrett, R.T., Lorentsen, S.-H., Strøm, H., Bustnes, J.O., Christensen-Dalsgaard, S., Descamps, S., Erikstad, K.E., Fauchald, P., Hanssen, S.A., Lorentzen, E., Moe, B., Reiertsen, T.K. & Systad, G.H. 2015. SEAPOP. De ti første årene. Nøkkeldokument 2005-2014. – SEAPOP, Norsk institutt for naturforskning, Norsk Polarinstitut & Tromsø Museum – Universitetsmuseet. Trondheim, Tromsø. 58 s.
- Artsdatabanken (2021, 24. november). Norsk rødliste for arter 2021. www.artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter/2021
- Artsobservasjoner (2022). Artsdatabanken, Trondheim. www.artsobservasjoner.no (besøkt 25.10.2022)
- Barber, R. A., Ball, S. G., Morris, R. K. A. & Gilbert, F. 2022. Target-group backgrounds prove effective at correcting sampling bias in Maxent models. *Diversity and Distributions* 28 :128–141.
- BirdLife International 2015. European Red List of Birds. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Bradbury, G., Trinder, M., Furness, B., Banks, A. N., Caldow, R. W., & Hume, D. 2014. Mapping seabird sensitivity to offshore wind farms. *PloS one*, 9(9), e106366.
- Christensen-Dalsgaard, S., Lorentsen, S.-H., Dahl, E. L., Follestad, A., Hanssen, F. & Systad, G. H. 2010. Offshore vindenergianlegg - sjøfugl, havørn, hubro og vadere. En screening av potensielle konfliktområder. NINA Rapport 557. Norsk institutt for naturforskning.
- Christensen-Dalsgaard, S., Lorentsen, S.-H., Hanssen, F. & Systad, G. H. 2011. Offshore vindkraftverk og sjøfugl. Oppdatert screening av potensielle konfliktområder på nasjonal skala. NINA Rapport 616. Norsk institutt for naturforskning.
- Dias, M.P., Martin, R., Pearmain, E.J., Burfield, I.J., Small, C., Phillips, R.A., Yates, O., Lascelles, B., Borboroglu, P.G. & Croxall, J.P. 2019. Threats to seabirds: a global assessment. *Biological Conservation* 237: 525–537.
- Dierschke, V., Furness, R. W. & Garthe, S. 2016. Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biological Conservation* 202: 59-68.
- Drewitt, A. L. & Langston, R. H. W. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148: 29-42.
- Elith, J. & Leathwick, J. R. 2009. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 677–697.
- European Seabirds At Sea (ESAS) 2022. ICES, Copenhagen. www.esas.ices.dk
- Fauchald, P. 2011. Sjøfugl i åpent hav. Utbredelsen av sjøfugl i norske og tilgrensende havområder. NINA Rapport 786. Norsk institutt for naturforskning.
- Fauchald, P., Anker-Nilssen, T., Barrett, R.T., Bustnes, J.O., Bårdsen, B.-J., Christensen-Dalsgaard, S., Descamps, S., Engen, S., Erikstad, K.E., Hanssen, S.A., Lorentsen, S.-H., Moe, B., Reiertsen, T.K., Strøm, H., & Systad, G.H. 2015a. The status and trends of seabirds breeding in Norway and Svalbard. NINA Report 1151. Norsk institutt for naturforskning.
- Fauchald, P., Barrett, R. T., Bustnes, J. O., Erikstad, K. E., Nøttestad, L., Skern-Mauritzen, M. & Vikebø, F. B. 2015b. Sjøfugl og marine økosystemer. Status for sjøfugl og sjøfuglenes næringsgrunnlag i Norge og på Svalbard. NINA Rapport 1161. Norsk institutt for naturforskning.
- Fauchald, P., Skov, H., Skern-Mauritzen, M., Hausner, V. H., Johns, D. & Tveraa, T. 2011. Scale-dependent response diversity of seabirds to prey in the North Sea. *Ecology* 92: 228-239.
- Fauchald, P., Tarroux, A., Amélineau, F., Bråthen, F. S., Descamps, S., Ekker, M., Helgason, H. H., Johansen, M. K., Merkel, B., Moe, B., Åström, J., Anker-Nilssen, T., Bjørnstad, O., Chastel, O.,

- Christensen-Dalsgaard, S., Danielsen, J., Daunt, F., Dehnhard, N., Erikstad, K. E., Ezhov, A., Gavriilo, M., Hallgrimsson, G. T., Hansen, E. S., Harris, M., Helberg, M., Jónsson, J. E., Kolbeinson, Y., Krasnov, Y., Langset, M., Lorentsen, S.-H., Lorentzen, E., Newell, M., Olsen, B., Reiertsen, T. K., Systad, G. H., Thompson, P., Thórarinsson, T. L., Wanless, S., Wojczulanis-Jakubas, K. & Strøm, H. 2021. The year-round distribution of Northeast Atlantic seabird populations: Applications for population management and marine spatial planning. *Marine Ecology Progress Series* 676: 255-276.
- Furness, R. W., Wade, H. M. & Masden, E. A. 2013. Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of environmental management* 119: 56-66.
- Garthe, S. & Hüppop, O. 2004. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology* 41: 724–734.
- Hijmans, R. 2022. *_terra: Spatial Data Analysis_*. R package version 1.6-7. <https://CRAN.R-project.org/package=terra>
- Huang, B., Liu, C., Banzon, V., Freeman, E., Graham, G., Hankins, B., Smith, T., & Zhang, H.-M., 2020. Improvements of the Daily Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (DOISST) Version 2.1. *Journal of Climate* 34: 2923-2939. doi: 10.1175/JCLI-D-20-0166.1
- ICES Data Portal (2022). Dataset on Ocean Hydrochemistry. ICES, Copenhagen. www.ices.dk/data/dataset-collections (besøkt 20.10.2022)
- Kelsey, E. C., Felis, J. J., Czapanskiy, M., Pereksta, D. M. & Adams, J. 2018. Collision and displacement vulnerability to offshore wind energy infrastructure among marine birds of the Pacific Outer Continental Shelf. *Journal of environmental management* 227: 229-247.
- King, S., Maclean, I., Norman, T. & Prior, A. 2009. Developing Guidance on Ornithological Cumulative Impact Assessment for Offshore Wind Farm Developers. COWRIE.
- Moe, B., Christensen-Dalsgaard, S., Follestad, A., Hanssen, S.A., Systad, G.H.R. & Lorentsen S-H. 2018. Hywind Tampen vindpark. Vurdering av konsekvenser for sjøfugl. NINA Rapport 1521. Norsk institutt for naturforskning.
- Phillips, S. J., Dudík, M., Elith, J., Graham, C. H., Lehmann, A., Leathwick, J. & Ferrier, S. 2009. Sample selection bias and presence-only distribution models: Implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications* 19: 181–197.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ranc, N., Santini, L., Rondinini, C., Boitani, L., Poitevin, F., Angerbjörn, A. & Maiorano, L. 2017. Performance tradeoffs in target-group bias correction for species distribution models. *Ecography* 40(9): 1076–1087.
- Robinson Willmott, J. C., Forcey, G. & Kent, A. 2013. The Relative Vulnerability of Migratory Bird Species to Offshore Wind Energy Projects on the Atlantic Outer Continental Shelf: An Assessment Method and Database. Final Report to the U.S. Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Office of Renewable Energy Programs. OCS Study BOEM 2013-207. 275 pp.
- Systad, G. H. R., Bjørgesæter, A., Brude, O. W. & Skeie, G. M. 2018. Standardization and facilitation of seabird data for use in impact and environmental risk assessments. NINA Report 1509. Norwegian Institute for Nature Research.
- Tasker, M. L., Jones, P. H., Dixon, T. I. M., & Blake, B. F. 1984. Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. *The Auk* 101(3): 567-577.
- Vollering, J., Halvorsen, R., Auestad, I. & Rydgren, K. 2019. Bunching up the background betters bias in species distribution models. *Ecography* 42(10): 1717–1727.
- Wood, S. N. 2011. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73(1): 3-36.

Vedlegg

Vedlegg 1

Tabell V1. Artsvis vurdering av faktorene som er brukt til å beregne generell sensitivitet for kollisjon (SSI_g). **(a)** Nasjonal andel av europeisk bestand. **(b)** Rødlistestatus. **(c)** Voksenoverlevelse. **(Ses. avh)** Sesongavhengig sensitivitet.

Norsk	Latin	a	b	c	Ses. avh.
Alke	<i>Alca torda</i>	4	4	5	1
Alkekonge	<i>Alle alle</i>	4	1	4	1
Bergand	<i>Aythya marila</i>	1	4	1 ¹	0,5
Dvergdykker	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	1	4	1	0,5
Fiskemåke	<i>Larus canus</i>	4	3	3	1
Fjelljo	<i>Stercorarius longicaudus</i>	4	3	4 [§]	0,5
Gravand	<i>Tadorna tadorna</i>	2	1	2 [^]	1
Grønlandsmåke	<i>Larus glaucoides</i>	1	1	5 [§]	1
Grågås	<i>Anser anser</i>	3	1	3 [^]	1
Gråmåke	<i>Larus argentatus</i>	4	3	5	1
Gråstrupedykker	<i>Podiceps grisegena</i>	1	1	4 [*]	1
Gulnebbblom	<i>Gavia adamsii</i>	5	3	4 [§]	1
Havelle	<i>Clangula hyemalis</i>	2	2	1	0,5
Havhest	<i>Fulmarus glacialis</i>	5	4	5	1
Havsule	<i>Morus bassanus</i>	1	1	5	1
Havsvale	<i>Hydrobates pelagicus</i>	2	1	4	1
Hettemåke	<i>Larus ridibundus</i>	1	5	3	1
Horndykker	<i>Podiceps auritus</i>	1	3	1 [§]	0,5
Hvitkinngås	<i>Branta leucopsis</i>	3	1	4 ²	1
Islom	<i>Gavia immer</i>	4	1	4	1
Knekkand	<i>Spatula querquedula</i>	4	1	3 ³	1
Knoppsvane	<i>Cygnus olor</i>	1	1	3 ⁴	0,5
Kortnebbgås	<i>Anser brachyrhynchus</i>	5	1	3 [^]	1
Krykkje	<i>Rissa tridactyla</i>	4	4	3	1
Kvinand	<i>Bucephala clangula</i>	2	1	2	0,5
Laksand	<i>Mergus merganser</i>	3	1	1 [*]	0,5
Lomvi	<i>Uria aalge</i>	4	5	5	1
Lunde	<i>Fratercula arctica</i>	5	4	5	1
Makrellterne	<i>Sterna hirundo</i>	4	4	4	1
Polarjo	<i>Stercorarius pomarinus</i>	1	1	4 [§]	1
Polarlomvi	<i>Uria lomvia</i>	5	5	5 [*]	1
Polarmåke	<i>Larus hyperboreus</i>	3	3	5	1
Praktærflugl	<i>Somateria spectabilis</i>	2	2	5 [*]	1
Ringgås	<i>Branta bernicla</i>	5	2	4 [*]	1
Rødnebbterne	<i>Sterna paradisaea</i>	3	1	4	1
Sangsvane	<i>Cygnus cygnus</i>	2	1	3 [^]	0,5
Siland	<i>Mergus serrator</i>	4	1	2 [*]	1
Sildemåke	<i>Larus fuscus</i>	3	1	5	1
Sjørørre	<i>Melanitta fusca</i>	2	3	3	0,5
Skjeand	<i>Spatula clypeata</i>	1	3	1 [^]	0,5
Smålom	<i>Gavia stellata</i>	3	1	3	0,5
Snadderand	<i>Mareca strepera</i>	1	2	2 [*]	0,5
Splitterne	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	1	1	4	1

Stellerand	<i>Polysticta stelleri</i>	3	3	4 ⁵	1
Stokkand	<i>Anas platyrhynchos</i>	2	1	1*	0,5
Storjo	<i>Stercorarius skua</i>	3	1	4	1
Storlom	<i>Gavia arctica</i>	2	1	4	0,5
Storskarv	<i>Phalacrocorax carbo</i>	3	2	3	1
Svartand	<i>Melanitta nigra</i>	1	3	2	0,5
Svartbak	<i>Larus marinus</i>	5	2	5	1
Svømmesnipe	<i>Phalaropus lobatus</i>	2	3	1 [§]	0,5
Taffeland	<i>Aythya ferina</i>	1	1	1 ⁶	0,5
Teist	<i>Cephus grylle</i>	5	2	4	1
Toppand	<i>Aythya fuligula</i>	2	1	1 ⁶	0,5
Toppskarv	<i>Gulosus aristotelis</i>	5	1	3	1
Tundragås	<i>Anser albifrons</i>	1	1	1 [^]	1
Tyvjo	<i>Stercorarius parasiticus</i>	4	3	4*	1
Ærfugl	<i>Somateria mollissima</i>	4	3	4	1

For verdiene for overlevelse er tatt utgangspunkt i Furness et al. (2014). For de artene som ikke var inkludert i Furness et al. (2014), brukte vi informasjon fra § Bradbury et al. (2014) (markert med § i tabellen), Robinson Willmott et al. (2013) (markert med * i tabellen) eller King et al. (2009) (markert med ^ i tabellen). For de artene hvor det ikke var tilgjengelig informasjon, brukte vi verdier tatt for arter som ble vurdert mest lik i overlevelse og adferd. ¹ Verdier tatt fra horndykker, ² Verdier tatt fra ringgås, ³ Verdier tatt fra svartand, ⁴ Verdier tatt fra sangsvane, ⁵ Verdier tatt fra ærfugl, ⁶ Verdier tatt fra bergand.

Vedlegg 2

Tabell V2. Artsvis vurdering av faktorene som er brukt til å beregne sensitivitet for kollisjon (*SSI_k*). **(d)** Natlig flygeaktivitet. **(e)** Andel tid flygende. **(f)** Andel tid i rotorhøyde. **(g)** Unnvikelse (kollisjon).

Norsk	Latin	d	e	f	g
Alke	<i>Alca torda</i>	1	1	1	3
Alkekonge	<i>Alle alle</i>	1	3*	1	4
Bergand	<i>Aythya marila</i>	5	2	1	3
Dvergdykker ¹	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	4 [#]	2	1	1
Fiskemåke	<i>Larus canus</i>	3	2	5	5 α
Fjelljo	<i>Stercorarius longicaudus</i>	1 [§]	5 [§]	3	5 [§]
Gravand	<i>Tadorna tadorna</i>	5 [^]	5 [^]	1 [^]	5 [^]
Grønlandsmåke	<i>Larus glaucooides</i>	3	3*	5	4 [§]
Grågåås	<i>Anser anser</i>	5 [^]	5 [^]	5 [^]	4 [^]
Gråmåke	<i>Larus argentatus</i>	3	2	5	5 α
Gråstrupedykker	<i>Podiceps grisegena</i>	1*	1*	3*	1 α
Gulnebbblom	<i>Gavia adamsii</i>	1 [§]	2 [§]	3 [§]	1 [§]
Havelle	<i>Clangula hyemalis</i>	4*	3*	3*	3 α
Havhest	<i>Fulmarus glacialis</i>	4	2	1	3 α
Havsule	<i>Morus bassanus</i>	2	3	5*	1 α
Havsvale	<i>Hydrobates pelagicus</i>	4	3	1	5
Hettemåke	<i>Larus ridibundus</i>	2	1	5	5 α
Horndykker	<i>Podiceps auritus</i>	2	2 [§]	1	1
Hvitkinngås ²	<i>Branta leucopsis</i>	1	1	5	1
Islom	<i>Gavia immer</i>	1	2	3	1
Knekkand ³	<i>Spatula querquedula</i>	3	3	1	1
Knoppsvane ⁴	<i>Cygnus olor</i>	5	5	5	4
Kortnebbgås	<i>Anser brachyrhynchus</i>	5 [^]	5 [^]	5 [^]	4 [^]
Krykkje	<i>Rissa tridactyla</i>	3	3	3	5 α
Kvinand	<i>Bucephala clangula</i>	3	2	3	2
Laksand	<i>Mergus merganser</i>	1*	1*	3 [§]	2 [§]
Lomvi	<i>Uria aalge</i>	2	1	1	3
Lunde	<i>Fratercula arctica</i>	1	1	1	4
Makrellterne	<i>Sterna hirundo</i>	1	5	3	5 α
Polarjo	<i>Stercorarius pomarinus</i>	1 [§]	3*	3 [§]	5 [§]
Polarlomvi	<i>Uria lomvia</i>	1	1*	1*	1
Polarmåke	<i>Larus hyperboreus</i>	3 [§]	2 [§]	5 [§]	4 [§]
Praktærfugl	<i>Somateria spectabilis</i>	5*	5*	5*	1
Ringgås	<i>Branta bernicla</i>	1*	1*	5*	1
Rødnebbterne	<i>Sterna paradisaea</i>	1	5	3	5 α
Sangsvane	<i>Cygnus cygnus</i>	5 [^]	5 [^]	5 [^]	4 [^]
Siland	<i>Mergus serrator</i>	2 [§]	1*	3 [§]	2
Sildemåke	<i>Larus fuscus</i>	3	2	5	5 α
Sjørørre	<i>Melanitta fusca</i>	3	2	1	1
Skjeand	<i>Spatula clypeata</i>	5*	5*	1*	1 [^]
Smålom	<i>Gavia stellata</i>	1	2	3	1 α
Snadderand	<i>Mareca strepera</i>	5	1*	1*	1
Splitterne	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	1	4*	3	1 [^]
Stellerand ⁵	<i>Polysticta stelleri</i>	3	2	1	3
Stokkand	<i>Anas platyrhynchos</i>	1*	3*	5*	1

Storjo	<i>Stercorarius skua</i>	1	4	3	5
Storlom	<i>Gavia arctica</i>	1	3	3	1 α
Storskarv	<i>Phalacrocorax carbo</i>	1	2	3	5 α
Svartand	<i>Melanitta nigra</i>	3	2	1	1
Svartbak	<i>Larus marinus</i>	3	2	5	5 α
Svømmesnipe	<i>Phalaropus lobatus</i>	2 \S	3*	3 \S	4
Taffeland ⁶	<i>Aythya ferina</i>	5	2	1	3
Teist	<i>Cephus grylle</i>	1	1	1	3
Toppand ⁶	<i>Aythya fuligula</i>	5	2	1	3
Toppskarv	<i>Gulosus aristotelis</i>	1	2	3	5 α
Tundragås	<i>Anser albifrons</i>	5 [^]	5 [^]	5*	4 [^]
Tyvjo	<i>Stercorarius parasiticus</i>	1	5	3	5
Ærfugl	<i>Somateria mollissima</i>	3	2	1	3

For verdiene for overlevelse er tatt utgangspunkt i Furness et al. (2014). For de artene som ikke var inkludert i Furness et al. (2014), brukte vi informasjon fra King et al. (2009) (markert med [^] i tabellen), Robinson Willmott et al. (2013) (markert med * i tabellen), Bradbury et al. (2014) (markert med \S i tabellen) eller Dierschke et al. (2016) (markert med α i tabellen). For noen arter, har vi gjort egen vurdering (markert med # i tabellen). For de artene hvor det ikke var tilgjengelig informasjon, brukte vi verdier tatt for arter som ble vurdert mest lik i overlevelse og adferd. ¹ Verdier tatt fra hornedykker, ² Verdier tatt fra ringgås, ³ Verdier tatt fra svartand, ⁴ Verdier tatt fra sangsvane, ⁵ Verdier tatt fra ærfugl, ⁶ Verdier tatt fra bergand.

Vedlegg 3

Tabell V3. Artsvis vurdering av faktorene som er brukt til å beregne sensitivitet for habitatforstyrrelse (SSI_{hf}). **(h)** Unnvikelse/ (fortrengning). **(i)** Fleksibilitet i habitatbruk.

Norsk	Latin	h	i
Alke	<i>Alca torda</i>	3	3
Alkekonge	<i>Alle alle</i>	2	2
Bergand	<i>Aythya marila</i>	3	4
Dvergdykker ¹	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	5	4
Fiskemåke	<i>Larus canus</i>	1 \square	2
Fjelljo	<i>Stercorarius longicaudus</i>	1 \S	2
Gravand	<i>Tadorna tadorna</i>	1 \wedge	4 $\#$
Grønlandsmåke	<i>Larus glaucooides</i>	2 \S	2*
Grågås	<i>Anser anser</i>	2 \wedge	4 $\#$
Gråmåke	<i>Larus argentatus</i>	1 \square	1
Gråstrupedykker	<i>Podiceps grisegena</i>	5 \square	3
Gulnebbblom	<i>Gavia adamsii</i>	5 \S	4 \S
Havelle	<i>Clangula hyemalis</i>	3 \square	4
Havhest	<i>Fulmarus glacialis</i>	3 \square	1
Havsule	<i>Morus bassanus</i>	5 \square	1
Havsvale	<i>Hydrobates pelagicus</i>	1	1
Hettemåke	<i>Larus ridibundus</i>	1 \square	3
Horndykker	<i>Podiceps auritus</i>	5*	4
Hvitkinngås ²	<i>Branta leucopsis</i>	5	4
Islom	<i>Gavia immer</i>	5	3
Knekkand ³	<i>Spatula querquedula</i>	5	4
Knoppsvane ⁴	<i>Cygnus olor</i>	2	4
Kortnebbgås	<i>Anser brachyrhynchus</i>	2 \wedge	4 $\#$
Krykkje	<i>Rissa tridactyla</i>	1 \square	3
Kvinand	<i>Bucephala clangula</i>	4	4
Laksand	<i>Mergus merganser</i>	4 \S	4 \S
Lomvi	<i>Uria aalge</i>	3	3
Lunde	<i>Fratercula arctica</i>	2	3
Makrellterne	<i>Sterna hirundo</i>	1 \square	3
Polarjo	<i>Stercorarius pomarinus</i>	1 \S	2
Polarlomvi	<i>Uria lomvia</i>	5*	3*
Polarmåke	<i>Larus hyperboreus</i>	2 \S	1 \S
Praktærfugl	<i>Somateria spectabilis</i>	5*	4*
Ringgås	<i>Branta bernicla</i>	5*	4 $\#$
Rødnebbterne	<i>Sterna paradisaea</i>	1 \square	3
Sangsvane	<i>Cygnus cygnus</i>	2 \wedge	4 $\#$
Siland	<i>Mergus serrator</i>	4*	4 \S
Sildemåke	<i>Larus fuscus</i>	1 \square	1
Sjørørre	<i>Melanitta fusca</i>	5	3
Skjeand	<i>Spatula clypeata</i>	5 \wedge	4 $\#$
Smålom	<i>Gavia stellata</i>	5 \square	4
Snadderand	<i>Mareca strepera</i>	5*	4 $\#$
Splitterne	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	5 \wedge	3*
Stellerand ⁵	<i>Polysticta stelleri</i>	3	4
Stokkand	<i>Anas platyrhynchos</i>	5*	4 $\#$

Storjo	<i>Stercorarius skua</i>	1	2
Storlom	<i>Gavia arctica</i>	5 [♠]	4
Storskarv	<i>Phalacrocorax carbo</i>	1 [♠]	3
Svartand	<i>Melanitta nigra</i>	5	4
Svartbak	<i>Larus marinus</i>	1 [♠]	2
Svømmesnipe	<i>Phalaropus lobatus</i>	2 [*]	2 [§]
Taffeland ⁶	<i>Aythya ferina</i>	3	4
Teist	<i>Cephus grylle</i>	3	4
Toppand ⁶	<i>Aythya fuligula</i>	3	4
Toppskarv	<i>Gulosus aristotelis</i>	1 [♠]	3
Tundragås	<i>Anser albifrons</i>	2 [^]	4
Tyvjo	<i>Stercorarius parasiticus</i>	1	2
Ærfugl	<i>Somateria mollissima</i>	3	4

For verdiene for overlevelse er tatt utgangspunkt i Furness et al. (2014). For de artene som ikke var inkludert i Furness et al. (2014), brukte vi informasjon fra King et al. (2009) (markert med ^ i tabellen), Robinson Willmott et al. (2013) (markert med * i tabellen), Bradbury et al. (2014) (markert med § i tabellen) eller Dierschke et al. (2016) (markert med ♠ i tabellen). For noen arter, har vi gjort egen vurdering (markert med # i tabellen). For de artene hvor det ikke var tilgjengelig informasjon, brukte vi verdier tatt for arter som ble vurdert mest lik i overlevelse og adferd. ¹ Verdier tatt fra horndykker, ² Verdier tatt fra ringgås, ³ Verdier tatt fra svartand, ⁴ Verdier tatt fra sangsvane, ⁵ Verdier tatt fra ærfugl, ⁶ Verdier tatt fra bergand.

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

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

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

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4978-2

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger