

.....

Bilaga 3 – Miljökonsekvensbeskrivning

Bothnia Offshore Sigma

Framtagen av
Sweco Sverige AB

Datum
5 december 2024



Miljökonsekvens- beskrivning

Bothnia Offshore Sigma

Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av
1	2024-12-05	Slutlig version	Inger Poveda Björklund	Lina Sultan

Innehållsförteckning

1	Bakgrund och syfte.....	8
2	Tillståndsprocess.....	9
2.1	Tillståndsprocess och miljöbedömning	9
2.2	Samrådsprocess	9
3	Alternativredovisning	11
3.1	Alternativa lokaliseringar	11
3.2	Alternativ utformning	13
3.3	Nollalternativ	16
4	Lokalisering	17
4.1	Havsplaner	17
4.2	Riksintressen.....	19
4.3	Natura 2000 och övriga skyddade områden	24
4.4	Djup- och bottenförhållanden	28
4.5	Hydrografi och vindförhållanden	31
4.6	Marina dumpningsområden	35
4.7	Andra planerade vindparker inom havsområdet	36
5	Planerad verksamhet.....	37
5.1	Huvudalternativ	37
5.2	Verksamhetens faser	42
5.3	Följdverksamheter.....	45
6	Metod konsekvensbedömning.....	47
6.1	Underlag för beskrivning av miljöförutsättningar och bedömningar	47
6.2	Metod för konsekvensbedömningar	48
6.3	Övriga bedömningar	50
6.4	Avgränsningar	50
7	Förväntade miljöeffekter	54
7.1	Bedömda miljöeffekter	54
7.2	Avskrivna miljöeffekter	71
8	Förutsättningar och konsekvenser näringar	81
8.1	Yrkesfiske	81
8.2	Sjöfart	85
8.3	Luftfart	93
8.4	Försvaret	95
9	Miljöförutsättningar och miljökonsekvenser	97
9.1	Bottenfauna	97

9.2	Fisk.....	101
9.3	Marina däggdjur	110
9.4	Fåglar	120
9.5	Natura 2000	126
9.6	Fladdermöss	129
9.7	Landskapsbild	132
9.8	Marinarkeologi.....	139
10	Havsmiljödirektivet och Baltic Sea Action Plan	145
10.1	Havsmiljödirektivet	145
10.2	Baltic Sea Action Plan.....	148
11	Gränsöverskridande påverkan	149
11.1	Fisk, marina däggdjur, fåglar och Natura 2000.....	149
11.2	Yrkesfiske	150
12	Risk och säkerhet	151
12.1	Nautiska risker	151
12.2	Miljörisker	156
12.3	Risk för försvårande av räddningsinsatser.....	157
12.4	Isbildning och iskast	157
13	Klimat.....	159
13.1	Verksamhetens klimatpåverkan.....	159
13.2	Verksamhetens känslighet för klimatförändringar.....	159
14	Avstämning mot miljömål	161
15	Samlad bedömning.....	163
15.1	Bedömning av huvudsakliga konsekvenser	163
15.2	Bedömning av överensstämmelse med miljöbalken.....	165
15.3	Sammanvägd bedömning	165
16	Uppföljning och kontroll	167
17	Sakkompetens.....	168
18	Referenser.....	170
19	Bilagor	177

Icke teknisk sammanfattning

Bakgrund

Sigma Offshore Wind AB (nedan Bolaget) har för avsikt att söka tillstånd för en havsbaserad vindpark med tillhörande infrastruktur. Den planerade vindparken benämns Bothnia Offshore Sigma (nedan vindpark Sigma eller vindparken) och planeras i Bottenhavet, inom Sveriges ekonomiska zon, i höjd med Hudiksvall och Sundsvall. Området som tillståndsansökan avser, benämns nedan som "projektområdet".

Vindparken planeras inom ett område som bedöms ha goda förutsättningar för etablering av havsbaserad energiutvinning, med hänsyn till vindförhållanden, djup, avstånd till land samt med få motstående intressen.

Det övergripande syftet med vindpark Sigma är att producera fossilfri el och på så sätt bidra till att nå Sveriges energi- och klimatmål, samt att förse samhälle och näringsliv med konkurrenskraftig el.

Denna miljökonsekvensbeskrivning utgör Bilaga 3 till ansökan.

Planerad verksamhet

Ansökt verksamhet omfattar anläggande, drift och avveckling av vindpark Sigma, inklusive tillhörande internt kabelnät samt transformatorstationer och eventuella omriktarstationer. Bolaget ansöker i dagsläget inte om tillstånd för anslutningskabel till land. Ansökan omfattar inte heller geotekniska eller geofysiska undersökningar av havsbotten, då detta tillstånd söktes vid tidigare tillfälle.

Vindpark Sigma planeras omfatta upp till 143 vindkraftverk med en totalhöjd på upp till 370 meter. Vindparken möjliggör en total installerad kapacitet om cirka 3 700 MW, och en årlig energiproduktion på upp till cirka 13,6 TWh, vilket motsvarar nästan tre gånger Gävleborgs läns årliga energiproduktion.

Den slutliga utformningen av vindparken kommer att anpassas till den tekniska utvecklingen och ske med hänsyn till bland annat bottenförhållanden och i dialog med relevanta myndigheter.

Ett omfattande kunskapsunderlag i form av fältundersökningar och studier av projektområdet har tagits fram, som underlag till miljökonsekvensbeskrivningen. Underlaget omfattar expertutredningar, undersökningar av havsbotten, inventeringar av fågel samt modelleringar av sedimentspridning, strömning och ljudutbredning. Resultaten redovisas i underlagsrapporter som inarbetats och bilagts miljökonsekvensbeskrivningen. Graden av miljöpåverkan samt omfattning och utformning av miljökonsekvensbeskrivningen har samråtts om genom avgränsningssamråd.

Förväntade miljöeffekter

Följande miljöeffekter har utvärderats och bedömts:

- Undervattensbuller
- Suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter
- Habitatförändring och reveffekt
- Barriäreffekt

- Kollisionsrisk
- Elektromagnetiska fält
- Visuell effekt
- Undanträngningseffekt
- Fysisk störning på havsbotten

För att inte underskatta verksamhetens påverkan utgår miljöbedömningen från så kallade värsta möjliga scenarier. Det innebär att bedömningar av miljöeffektens storlek utgår från den teknik eller utformning som har den största påverkan på respektive intresse, i de fall alternativa tekniker eller utformningar är aktuella.

En rad skyddsåtgärder har tagits fram för att minimera eller i möjligaste mån undvika negativa effekter. Föreslagna skyddsåtgärder utgörs exempelvis av anpassningar i utformning och anläggande av vindparken och återges under respektive konsekvensavsnitt i miljökonsekvensbeskrivningen.

Bedömning av konsekvenser

Naturmiljö

Projektområdet är beläget i ett område utan höga naturvärden. Konsekvenserna av vindpark Sigma för naturmiljön bedöms som **inga/försumbara** för samtliga förekommande artgrupper och livsmiljöer, givet de skyddsåtgärder som föreslås. Den planerade verksamheten bedöms inte påverka livsmiljöerna eller skada de arter som skyddas i omkringliggande Natura 2000-områden och därmed inte påverka möjligheterna att uppnå Natura 2000-områdenas bevarandemål.

Marinarkeologi

Det finns inga kända kulturhistoriska lämningar inom projektområdet. Däremot har ett troligt vrak identifierats vid genomförda bottenundersökningar. Med föreslagna skyddsåtgärder bedöms konsekvenserna för de marinarkeologiska värdena som **inga/försumbara** till **små**.

Landskapsbild

Då den planerade verksamheten är belägen cirka åtta mil från land är det osannolikt att vindkraftverken kommer att synas med blotta ögat. Konsekvenserna för landskapsbilden bedöms som **inga/försumbara**.

Näringar

Yrkesfiske och sjötrafik förkommer generellt i liten omfattning inom projektområdet för vindpark Sigma. Det finns ingen flygplats i närheten och heller inga kända intressen för försvaret. Konsekvenserna för näringar bedöms sammantaget som **inga/försumbara**.

Kumulativa effekter

Inga kumulativa effekter med pågående eller tillståndsgivna verksamheter har identifierats. Om de planerade närliggande vindparkerna Eystrasalt, Sylen, Fyrskeppet samt Lambda North anläggs kan en liten kumulativ effekt uppstå för sjöfart och fåglar och en måttlig kumulativ effekt för säl (om påning utförs). Konsekvenserna av de kumulativa effekterna bedöms generellt som **försumbara**, med undantag för säl där konsekvenserna av undervattensbuller under anläggning bedöms som **små**.

Gränsöverskridande påverkan

Verksamheten innebär en potentiell gränsöverskridande påverkan på fisk, marina däggdjur, fåglar och yrkesfiske i Finland. Med vidtagna skyddsåtgärder bedöms konsekvenserna som **försumbara**.

Risk och säkerhet

Verksamheten medför risker för sjöfarten i form av kollisioner, påsegling och radarstörningar. Även risk för utsläpp av miljöfarliga ämnen, försvårande av räddningsinsatser och isbildning/iskast har identifierats. Riskerna bedöms med föreslagna skyddsåtgärder sammantaget som **acceptabla**.

Samlad bedömning

Den planerade verksamheten har en stor potential att producera fossilfri el inom ett område med få motstående intressen. Vindparken kan anläggas, drivas och avvecklas med försumbara till små konsekvenser för människors hälsa och miljön. Verksamheten är förenlig med såväl gällande som föreslagna nya havsplaner och den är inte i konflikt med några områden av riksintresse. Vindpark Sigma bedöms inte påverka möjligheten att uppnå god miljöstatus eller att upprätthålla/uppnå miljökvalitetsnormerna i Bottenhavets utsjövatten. Av de vindparker som planeras inom samma havsområde är Sigma den park som är belägen längst ifrån land och därmed de skyddade områden som finns längs kusten.

Sammantaget bedöms nyttan med en stor klimatvänlig elproduktion överväga de försumbara till små miljökonsekvenserna.

1 Bakgrund och syfte

Sigma Offshore Wind AB (nedan Bolaget) har för avsikt att söka tillstånd för anläggning, drift och underhåll samt avveckling av en vindpark med tillhörande nedläggning av internt kabelnät. Den planerade vindparken benämns Bothnia Offshore Sigma (nedan vindpark Sigma eller vindparken) och planeras i Bottenhavet, inom Sveriges ekonomiska zon, i höjd med Hudiksvall och Sundsvall.

Vindpark Sigma planeras omfatta maximalt 143 vindkraftverk. Vindparken möjliggör en installerad effekt på upp till cirka 3 700 MW, vilket motsvarar en årlig energiproduktion på upp till cirka 13,6 TWh. Vindparkens potentiella årliga energiproduktion motsvarar nästan tre gånger Gävleborgs läns årliga energiproduktion (4 970 GWh) (Regionfakta, 2022).

Vindparken planeras till stor del inom ett område som bedöms ha goda förutsättningar för etablering av havsbaserad energiutvinning, med hänsyn till vind, djup och förutsättningar för elnätsanslutning (Statens energimyndighet, 2023). Vidare kan havsbaserad vindkraft i Bottenhavet anslutas till elområdena 1, 2 och 3. Elbehovet bedöms för närvarande vara som störst i elområde 3, men bedöms öka stort även i norra Sverige (elområde 1 och 2) i och med många planerade industrisatsningar.

Att minska utsläppen av växthusgaser är en av de viktigaste frågorna på den världspolitiska agendan. FN:s klimatpanel pekar ut omställningen till förnybar energi som en av åtgärderna för att minska utsläppen och behovet av att begränsa klimatpåverkan betonas i både FN:s globala hållbarhetsmål och i de svenska miljö kvalitetsmålen. Med mer förnybar el i elsystemet kan en snabbare elektrifiering ske av sektorer med stora klimatpåverkande utsläpp som transportsektorn och tillverkningsindustrin.

2 Tillståndprocess

2.1 Tillståndprocess och miljöbedömning

För att anlägga och driva en vindpark inom Sveriges ekonomiska zon krävs tillstånd enligt 5 § lagen om Sveriges ekonomiska zon (1992:1140) (SEZ). För utläggning av undervattenskablar (som utgör en del av en vindpark) krävs därutöver tillstånd enligt kontinentalsockellagen (1966:314) (KSL). Tillstånd enligt SEZ och KSL prövas av regeringen.

Verksamheten ska antas medföra en betydande miljöpåverkan enligt 6 § miljöbedömningsförordningen (2017:966), med hänvisning till 21 kap. 13 § miljöprövningsförordningen (2013:251). I samband med tillståndsprövningen ska en specifik miljöbedömning göras och samråd ske enligt 6 kap. 28–46 §§ miljöbalken. Samrådsprocessen beskrivs i avsnitt 2.2.

Den specifika miljöbedömningen innebär att den som söker tillstånd till en verksamhet tar fram en miljökonsekvensbeskrivning. Färdigställd miljökonsekvensbeskrivning lämnas in till den prövningsmyndighet som ska pröva tillståndsfrågan. Miljökonsekvensbeskrivningen tillsammans med den tekniska beskrivningen utgör det huvudsakliga underlaget avseende den planerade verksamhetens miljöpåverkan, utifrån vilket prövningsmyndigheten ska fatta beslut om verksamhetens tillåtlighet.

Föreliggande dokument utgör ovan nämnda miljökonsekvensbeskrivning.

2.2 Samrådsprocess

2.2.1 Samråd inom Sverige

Då den planerade verksamheten antas medföra betydande miljöpåverkan har inget undersökningssamråd genomförts. Avgränsningssamråd genomfördes under hösten 2023.

Ett samrådsunderlag med uppgifter om verksamheten, lokalisering och bedömd miljöpåverkan togs fram. Samrådsmöte med Länsstyrelsen Västernorrland och Länsstyrelsen Gävleborg hölls den 29 augusti 2023. Därefter genomfördes skriftligt samråd med övriga myndigheter, organisationer och berörd allmänhet under perioden oktober – december 2023. Inbjudan till samrådet skickades ut via e-post där samrådsunderlaget bifogades. Allmänheten bjöds in via kungörelse i de lokala dagstidningarna Tidningen Ångermanland, Sundsvalls Tidning och Hudiksvalls Tidningen. Samrådsunderlaget har varit tillgängligt på Bolagets hemsida.

Av totalt 44 myndigheter, organisationer och föreningar har 20 yttrat sig över samrådsunderlaget. Synpunkterna har berört många områden varav några var:

- påverkan på flyttande fåglar och fladdermöss
- påverkan på sjöfart samt isproblematik
- områdets betydelse för fisk och yrkesfiske
- påverkan på landskapsbild
- kumulativ påverkan från flertalet vindparker.

Bolaget har beaktat de inkomna synpunkterna vid planering av underlagsutredningar och i arbetet med föreliggande miljökonsekvensbeskrivning. En utförlig beskrivning av avgränsningssamrådet, de inkomna synpunkterna samt Bolagets bemötanden på dessa finns att läsa i samrådsredogörelsen, se Bilaga 1.

2.2.2 Samråd enligt Esbo-konventionen

Verksamheten kan ge upphov till gränsöverskridande påverkan varför ett samråd har genomförts med Finland under november – december 2023 i enlighet med Konventionen om miljökonsekvensbeskrivningar i ett gränsöverskridande sammanhang (Esbo-konventionen). Utskick har gjorts via Esbo-handläggare på Naturvårdsverket. Elva yttranden har inkommit från finska parter, vilka har sammanfattats i ett samlat yttrande av Finlands Miljöcentral.

Finlands samlade synpunkt är att landet fortsatt vill delta i processen för den kommande miljökonsekvensbeskrivningen. Yttrandet betonar vikten av att miljökonsekvensbeskrivningen behandlar de kumulativa effekterna av ett stort antal kommande vindparker i Bottenhavet, med särskild hänsyn till fisk- och fågelliv samt effekter på sjöfart, med särskild hänsyn till sjöfart under vinterförhållanden, och påverkade isförhållanden. Yttrandet betonar vidare att miljökonsekvensbeskrivningen tydligt ska behandla gränsöverskridande effekter ur Finlands perspektiv.

Finlands samlade yttrande finns att läsa i sin helhet i samrådsredogörelsen, se Bilaga 1.

3 Alternativredovisning

3.1 Alternativa lokaliseringar

Statkraft har genomfört en lokaliseringsutredning med syfte att hitta lämpliga områden där havsbaserade vindparker kan etableras. Lokaliseringsutredningen finns att läsa i sin helhet i Bilaga 2.

Vind är en värdefull naturresurs, men platser med goda förutsättningar för storskalig vindkraft är begränsade. Ett lämpligt område för vindkraftsutbyggnad behöver ha gynnsamma vindförhållanden och få motstående intressen, samt möjligheter till storskalighet för att kunna täcka de relaterade kostnaderna, exempelvis för nätanslutning.

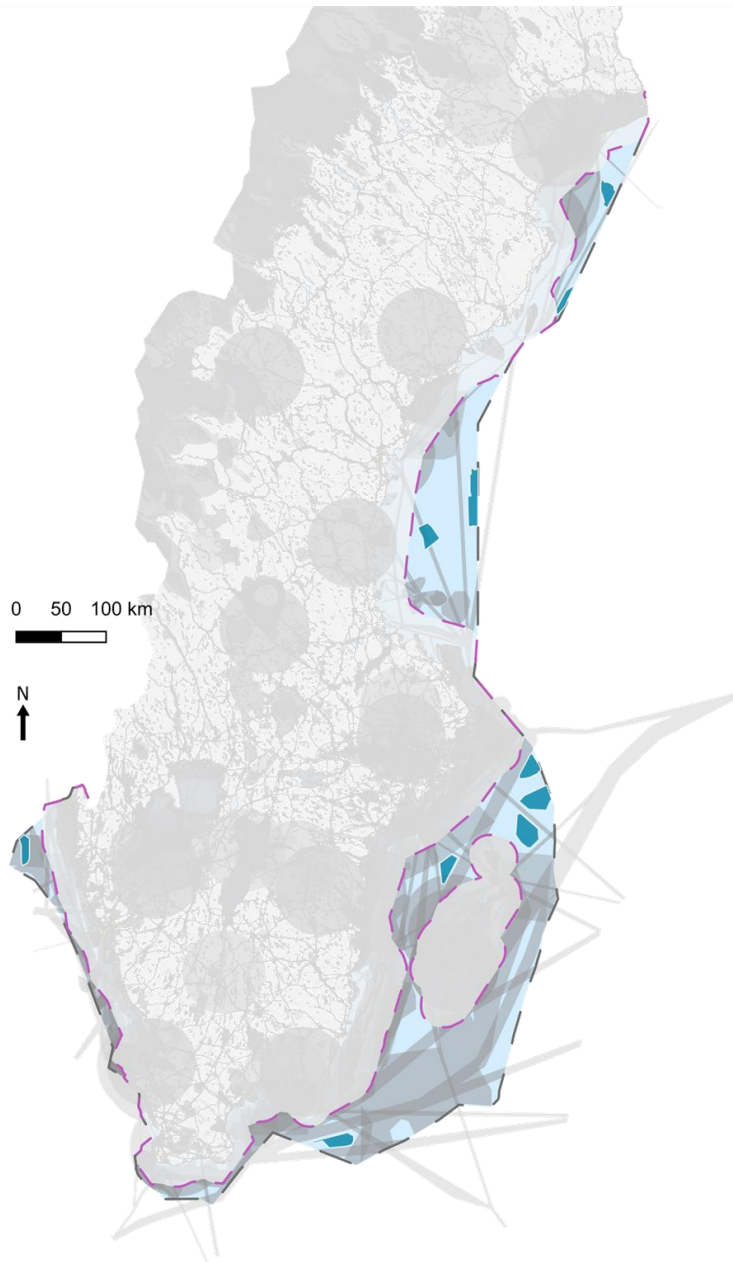
Det finns ingen fastställd arbetsgång, och varje projektområde kräver ett skräddarsytt tillvägagångssätt. Det handlar om en iterativ process där flera parametrar beaktas och vägs mot varandra. Under arbetet med att identifiera lämpliga projektområden har flera yttre faktorer förändrats, så som det nationella politiska styret, arbetet med havsplanerna och möjligheterna att ansluta till elnäten.

Lokaliseringsutredningen har gjorts i tre steg, från övergripande nationella intressen för att avgränsa större områden, till mer detaljerade avvägningar utifrån lokala förutsättningar för att hitta rätt avgränsning av projektområdena:

1. Analys av hela Sveriges ekonomiska zon där nationella intressen vägts in.
2. Analys av havsområden: Bottenhavet/Bottenviken, Östersjön samt Västerhavet.
3. Avgränsning av projektområdesgränser.

Arbets sättet har avgränsat bort flera alternativa lokaliseringar och därför kommer inte specifika alternativa projektområden att redovisas. Genom att utesluta lokaliseringar med motstående intressen, utpekade naturvärden, djupa havsområden med mera, har ett antal potentiella lokaliseringar för vindparker identifierats.

Således har tio projektområden för havsbaserad vindkraft identifierats, inom ramen för lokaliseringsutredningen, se Figur 3-1. Analysen av dessa projektområden inleddes med en kartering av intressen. Efter detta steg valde Statkraft att gå vidare med en fördjupad kartering av olika havsområden. Inom Bottenhavet identifierades Sigma och Lambda vilka båda har få motstående intressen.



Figur 3-1. Samtliga intressen tillsammans med Statkrafts identifierade projektområden inom Sveriges ekonomiska zon.

I lokaliseringsutredningen identifierades projektområdet Sigma som ett lämpligt område för vindkraftsetablering utifrån flera aspekter. Dels berör projektområdet inga utpekade riksintressen, dels har Försvarsmakten vid genomfört samråd yttrat att de inte har några synpunkter på uppförandet av Sigma. Projektområdet utgör inte heller någon konflikt med luftfarten.

Vidare innebär det stora avståndet från land att vindparken ger en mycket liten, eller ingen, visuell påverkan. Det finns därtill goda förutsättningar för uppförande av vindparken, med hänsyn till miljön. Projektområdet berör inte några utpekade riksintressen, naturreservat eller andra utpekade områden.

Projektområdet är inte heller utpekade som ett viktigt område för tumlare eller andra arter och ligger inte inom några kända flyttstråk eller övervintringsområden för fåglar.

Projektområdet ligger till största del inom områden föreslagna för energiutvinning; B160 och B161, i förslag till ändrade havsplaner (Havs- och Vattenmyndigheten, u.å.a), inom vilka det anses finnas mycket goda förutsättningar för energiutvinning. I Energimyndighetens förslag till lämpliga energiutvinningsområden framgår att området för Sigma är ett av de fem områden inom svenska vatten som har minst motstående intressen och därmed anses kunna ha särskilt stor potential att pekas ut som lämpliga energiutvinningsområden i kommande havsplaner (Energimyndigheten, 2023).

Valet av plats för vindparken samt dess utformning har föregåtts av en analys av projektets tekniska och kommersiella genomförbarhet, utifrån vilken den planerade vindparken bedöms kunna utformas på ett sätt som utnyttjar såväl vindresursen som batymetrin på bästa sätt.

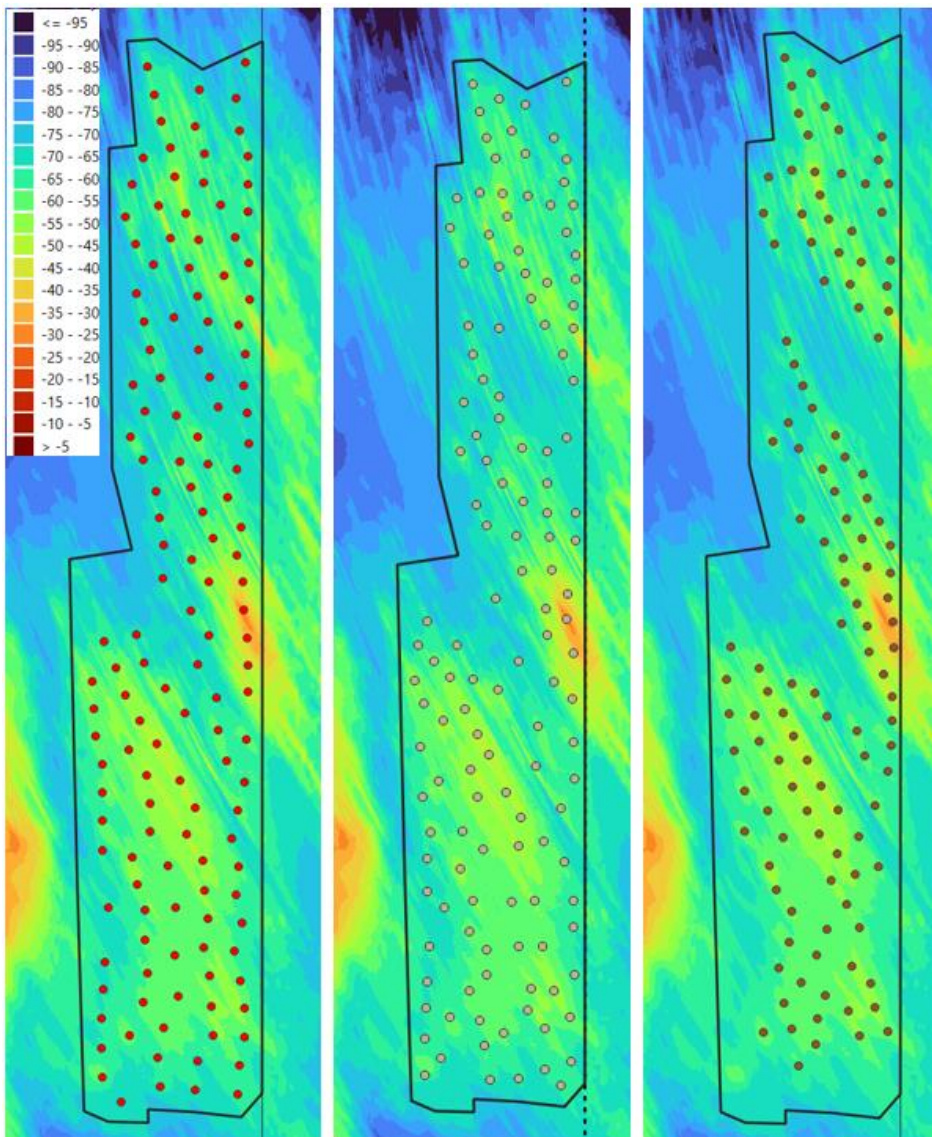
Sammanfattningsvis bedöms projektområdet för vindpark Sigma ha gynnsamma förutsättningar. Det finns få konflikter med motstående intressen samtidigt som de tekniska och kommersiella förutsättningarna är goda.

3.2 Alternativ utformning

3.2.1 Alternativ layout

Huvudalternativet för vindpark Sigma beskrivs i kapitel 5.

Bolaget har jämfört huvudalternativet (Full) med alternativa utformningar, med hjälp av analys utifrån produktionskapacitet i relation till bottendjup, se Bilaga 13. Jämförelser har gjorts mellan huvudalternativet, som har ett genomsnittligt bottendjup om cirka 70 meter, och bottendjup om 55, 60 respektive 65 meter. De grundare delarna av projektområdet är fördelade på tre delområden. Ett av utformningsalternativen baseras därför på en placering av vindkraftverken fördelade på tre olika delområden (Syd, Mitt och Nord). De olika utformningsalternativen presenteras i Figur 3-2. De olika delområdenas bottendjup visas i Tabell 3-1.



Figur 3-2. Full layout enligt tillståndsansökan till vänster (Full). I mitten reducerad layout för att få maximalt bottendjup under 65 meter (Full max 65m). Till höger reducerad layout för maximalt bottendjup under 60 meter (Full max 60 m). Den högra layouten har också tre delområden: syd, mitt och nord. Färgskalan visar bottendjup i meter.

Tabell 3-1. Antal vindkraftverk och bottendjup för turbinpositioner i de olika delområdena.

Delområde	Antal	Medeldjup (m)	Max. djup (m)	Min. djup (m)
Full	143	58,2	69,6	32,0
Full max 65 meter	136	56,7	64,8	27,2
Full max 60 meter	122	53,8	59,9	32,5
Syd	52	54,3	58,5	46,2
Mitt	27	51,0	59,9	32,9
Nord	35	54,2	59,7	38,6

Resultatet av analysen visar att placering av vindkraftverken på 60 (full max 60 meter) respektive 65 (full max 65 meter) meters djup, jämfört med huvudalternativet, innebär att produktionskapaciteten reduceras med 5–15 %. Om vindkraftverk endast placeras där bottendjupet är grundare än 55 meter blir produktionskapaciteten reducerad med 50 % och ger därtill ett väldigt splittrat område, varför det inte tas vidare som ett realistiskt alternativ.

Total installerad effekt samt beräknad nettoproduktion med fullasttimmar visas i Tabell 3-2. Produktionsberäkningar för de olika alternativen har gjorts med ett vindkraftverk på 20 MW med 300 meters totalhöjd.

Det är enbart delområde Syd som bedöms kunna byggas enskilt. De två andra delområdena (Mitt och Nord) är för små och behöver därför byggas i kombination med minst ett annat delområde. Således presenteras varken Nord eller Mitt var för sig, utan enbart i kombination med ytterligare ett delområde.

Tabell 3-2. Beräknad installerad effekt, vindhastighet, produktion och fullasttimmar för de olika utförningsalternativen och olika kombinationer av delområden.

Utförningsalternativ	Antal	Effekt (MW)	Fullasttimmar	Produktion (TWh)
Full	143	2860	4019	11,5
Full max 65 meter	136	2720	4044	11,0
Full max 60 meter	122	2440	4020	9,8
Syd, mitt och nord	114	2280	4021	9,2
Syd	52	1040	4078	4,2
Mitt och nord	62	1240	4040	5,0
Syd och mitt	79	1580	4038	3,2

3.2.2 Alternativ teknik

Havsbaseade vindkraftverk kan placeras på bottenfasta eller flytande fundament. Användningsområdet för bottenfasta fundament sträcker sig med dagens teknik ner till cirka 60–70 meters havsdjup, men det pågår teknikutveckling som förväntas möjliggöra bottenfasta installationer på betydligt större djup. Flytande fundament är en nyare teknik som vid nuvarande kostnadsläge är en relativt dyr lösning och i det korta perspektivet konkurrenskraftig endast på stora bottendjup.

Bolaget har utifrån en analys av bottendjup, geofysik och förväntade geotekniska egenskaper bedömt att bottenfasta fundament är den lämpligaste tekniken inom projektområdet. Ansökan baseras därför på fyra bottenfasta fundamentals-teknologier, vilka beskrivs vidare i avsnitt 5.1.3:

- fackverksfundament som anläggs med pålar
- fackverksfundament som anläggs med sugkassuner
- monopiles
- gravitationsfundament.

3.3 Nollalternativ

Enligt 6 kap. 35 § tredje punkten miljöbalken ska en miljökonsekvensbeskrivning innehålla en beskrivning av hur rådande förhållanden förväntas utvecklas om verksamheten inte påbörjas. Detta scenario kallas vanligen "nollalternativ". I det aktuella fallet innebär nollalternativet ett scenario där Bolaget inte erhåller ansökt tillstånd.

I det fall Bolaget inte erhåller tillstånd för verksamheten, innebär det att vindpark Sigma inte anläggs. Det innebär således också att tillhörande kablar inte förläggs på havsbotten, samt att drift, underhåll och avveckling av vindparken inte sker.

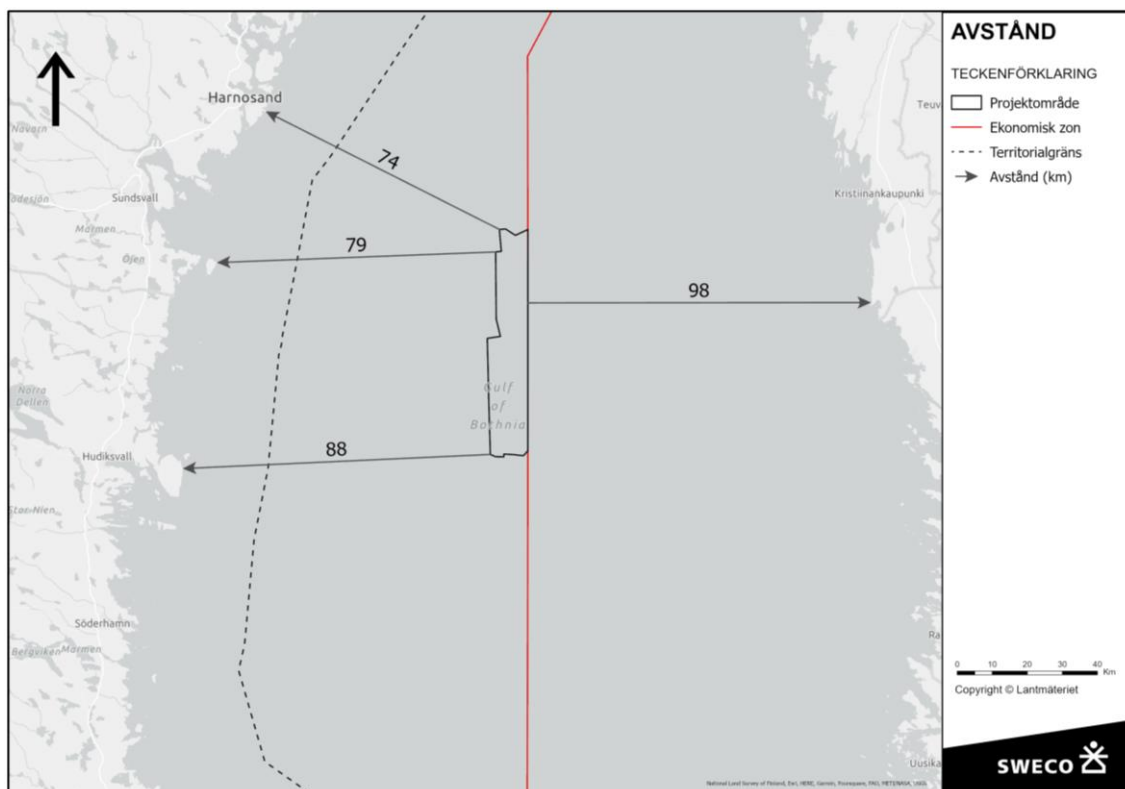
Projektområdet, inom vilket vindparken planeras, utvecklas därmed på ett annorlunda sätt än vad som varit fallet om den planerade verksamheten hade kommit till stånd. Rådande förhållanden inom projektområdet förväntas därför förbli relativt oförändrade. Bortsett från sjöfarten, som förväntas öka oavsett om vindparken anläggs eller inte, förväntas befintliga verksamheter och aktiviteter inom projektområdet fortgå på liknande sätt som idag.

De effekter som den planerade verksamheten bedöms ha på naturmiljön, intressen och värden, som beskrivs i föreliggande miljökonsekvensbeskrivning, utblir i nollalternativet.

Nollalternativet innebär vidare att en stor mängd förnybar energi, i form av den el som den planerade verksamheten skulle producera, utblir. Normalt kan producerad förnybar el ersätta en del av den fossilbaserade elproduktionen, vilken medför utsläpp av koldioxid och därmed en fortsatt växthuseffekt, vilken i sin tur orsakar försurning av mark och vatten samt global uppvärmning. Nollalternativet kan därmed bidra till att uppfyllandet av nationella och globala miljömål om sänkta utsläpp försvåras.

4 Lokalisering

Vindpark Sigma planeras att uppföras inom svensk ekonomisk zon utanför Västernorrlands och Gävleborgs län, se Figur 4-1. Projektområdet ligger cirka tio mil öster om Sundsvall och cirka åtta mil öster om Hudiksvall. Projektområdet är cirka 640 kvadratkilometer stort. Bottendjupet inom området varierar mellan 30 och 80 meter.



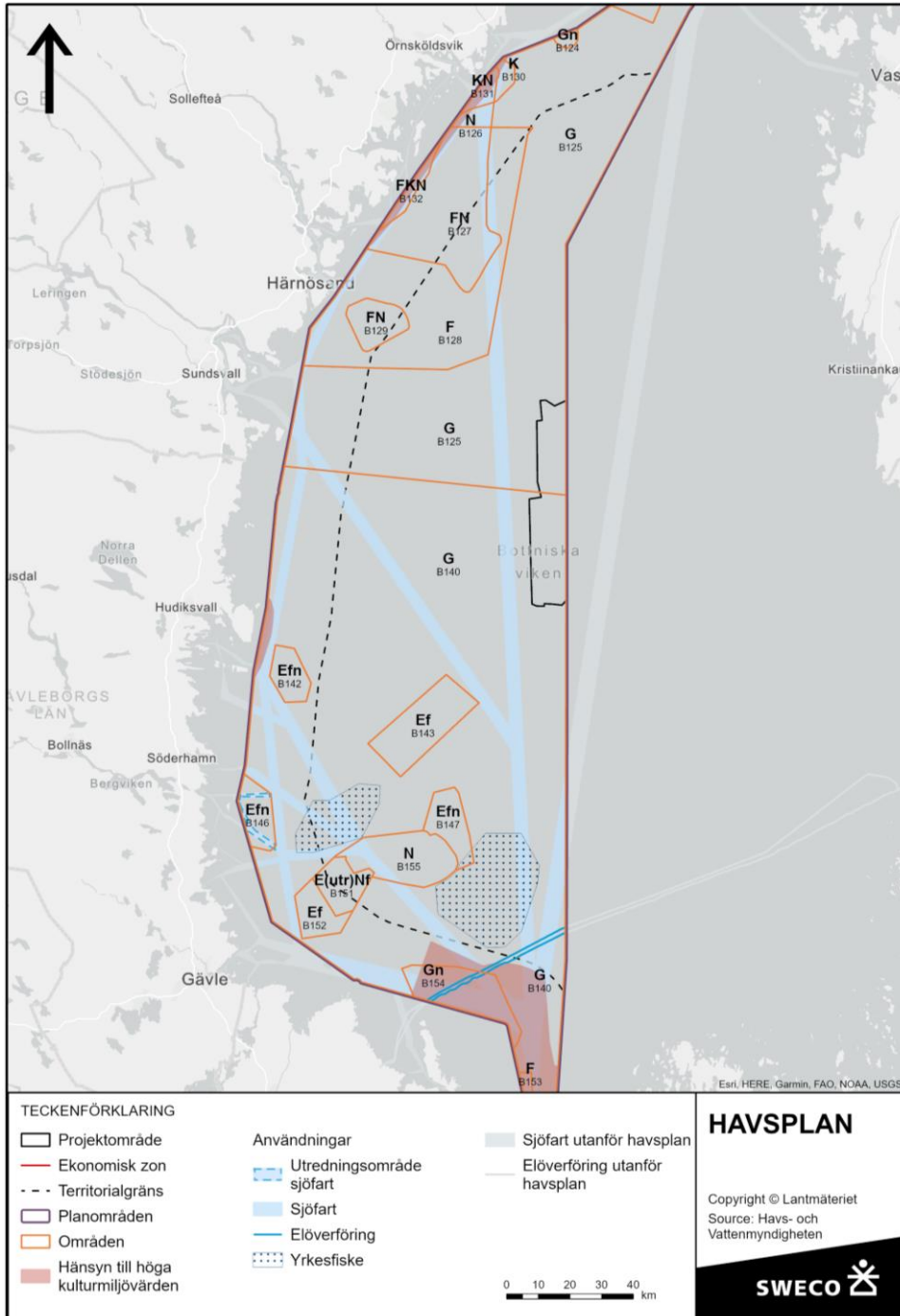
Figur 4-1. Bilden visar planerad vindparks lokalisering samt avstånd till Sveriges samt Finlands kust.

4.1 Havsplaner

Sverige har beslutade havsplaner från 2022. Projektområdet för vindpark Sigma ligger inom havsplaneområdet *Bottniska viken* och ingår i två havsområden: *Norra Bottenhavet* och *Norra Kvarken* samt *Södra Bottenhavet*.

Projektområdet spänner över havsområde B125 och B140, se Figur 4-2. För B125 anges generell användning och användning för sjöfart, med särskild hänsyn till höga kulturmiljövärden (Havs- och Vattenmyndigheten, 2022). För

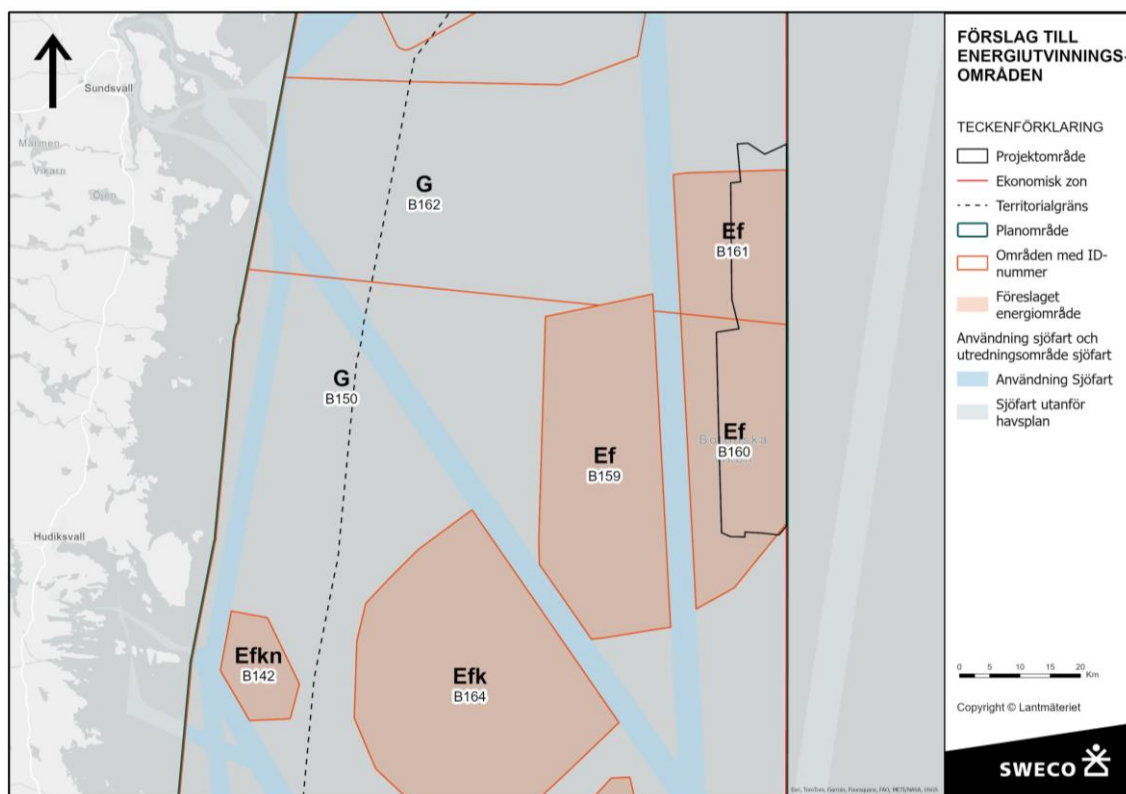
området B140 anges generell användning med särskild hänsyn till höga kulturmiljövärden. Andra användningsområden som listas för område B140 är sjöfart, utredningsområde sjöfart, yrkesfiske samt elöverföring.



Figur 4-2. Bilden visar gällande havsplaner för havsområdena Södra Bottenhavet samt Norra Bottenhavet och Norra Kvarken, vid tiden för inlämning av ansökan, med olika användningsområden markerade. Vindpark Sigma ligger i område med generell användning och strider inte mot något särskilt utpekad användningsområde.

Regeringen har gett ett antal myndigheter i uppdrag att ta fram förslag till nya havsplaner och mer specifikt peka ut lämpliga områden för energiutvinning (Havs- och Vattenmyndigheten, u.å.b). Energimyndigheten har presenterat förslag på energiutvinningsområden under våren 2023 och dessa områden har nu arbetats in i ett förslag till reviderade havsplaner, vilka är ute på remiss under 2024. Nya reviderade havsplaner väntas under 2025.

I förslaget till reviderade havsplaner finns ett flertal energiutvinningsområden, varav två (B160 och B161) överlappar med projektområdet för vindpark Sigma (Havs- och Vattenmyndigheten, u.å.a), se Figur 4-3. Bedömningen i rapporten är att områdena är lämpliga för energiutvinning men att särskild hänsyn ska tas till försvarets intressen.

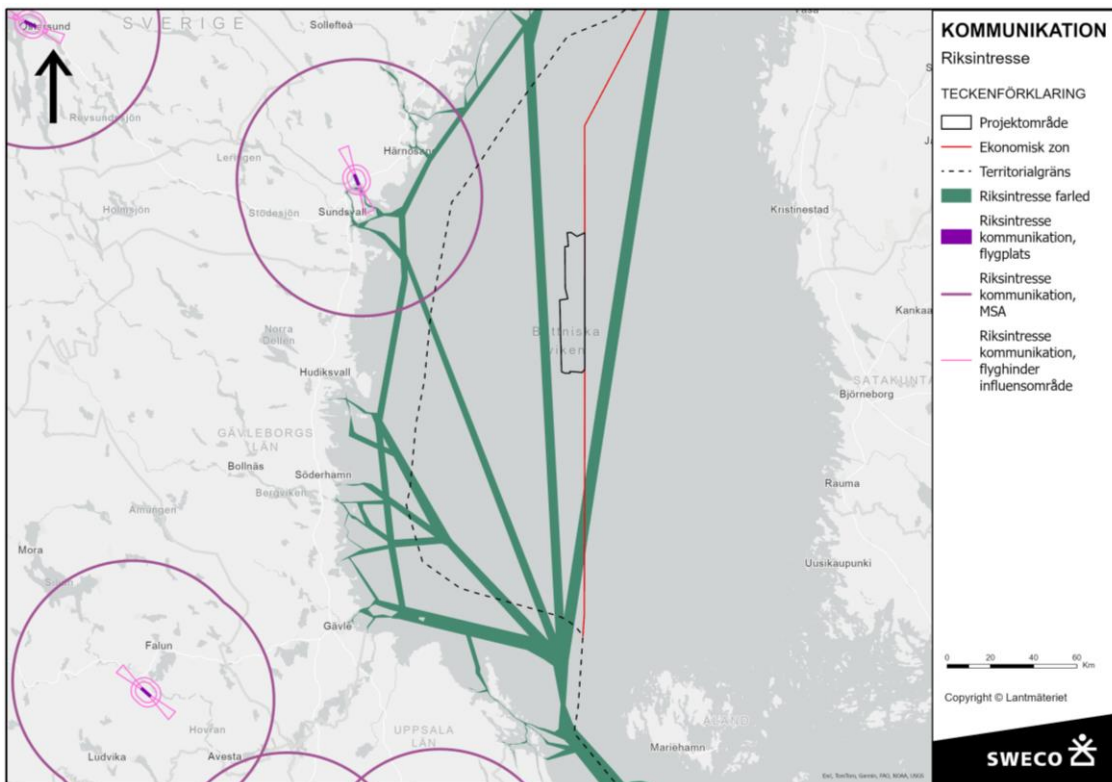


Figur 4-3. Projektområdet i relation till föreslagna energiutvinningsområden i förslag till reviderade havsplaner.

4.2 Riksintressen

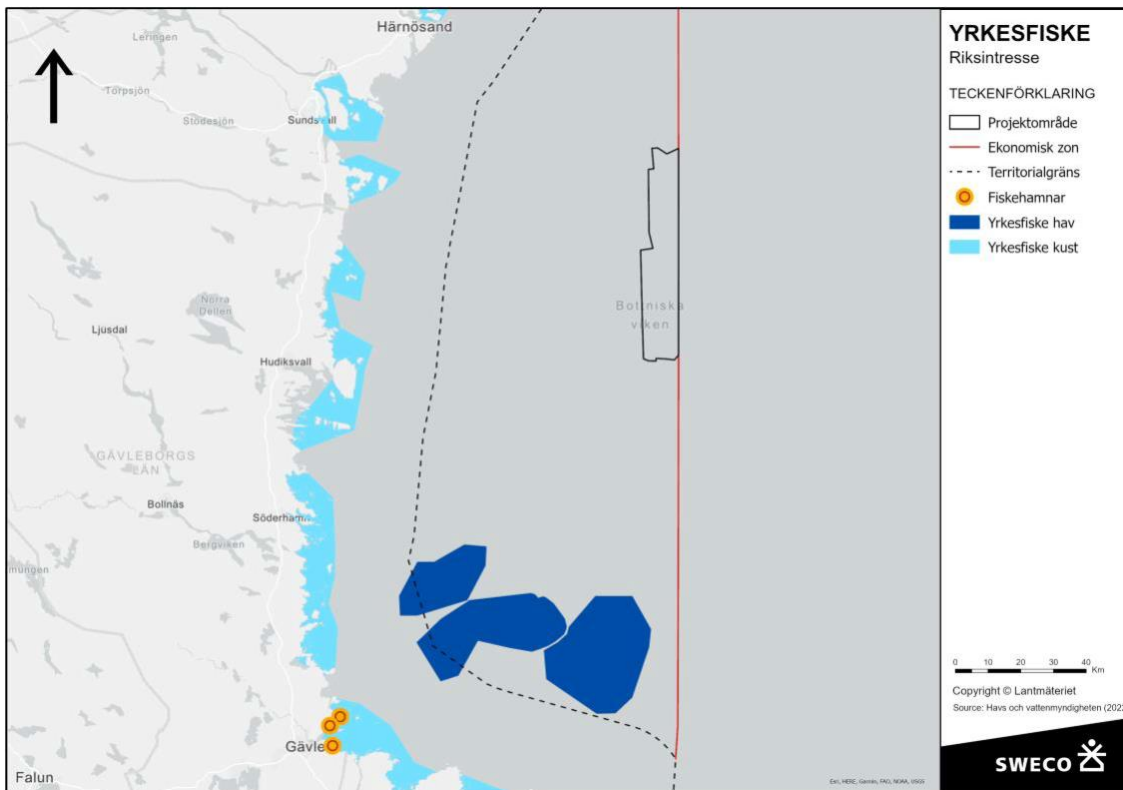
Det finns inga riksintresseområden som överlappar med projektområdet för vindpark Sigma. Däremot finns det ett flertal riksintressen i närheten av projektområdet eller längs med kustområdet väster om vindparken.

Projektområdet ligger med god marginal mellan två farleder: *Grundkallen – Skagsudde* och *Grundkallen Bottenhavet*, som båda är riksintresseområden för kommunikationer, se Figur 4-4. Cirka tio mil väster om projektområdet finns *Sundsvall-Timrå flygplats*, som omges av en MSA-yta (*Minimum Sector Altitude*). Både flygplatsen och MSA-ytan är riksintresseområden för kommunikationer.



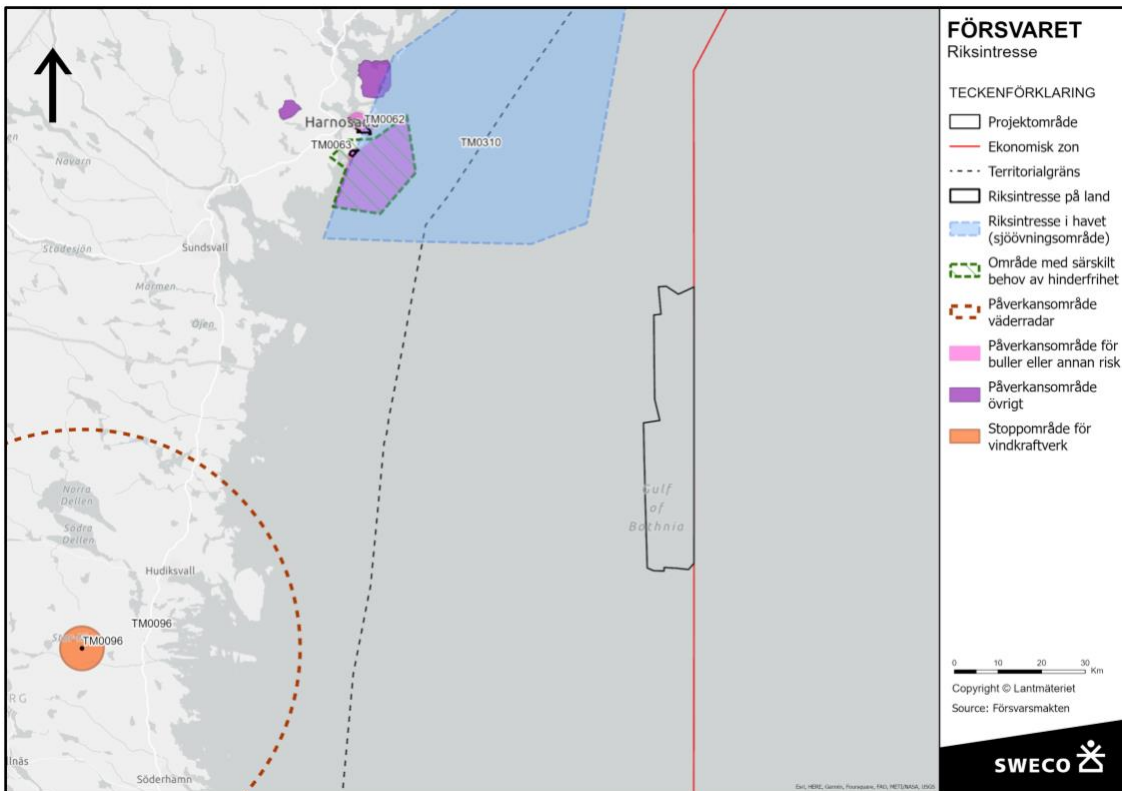
Figur 4-4. Bilden visar riksstress för kommunikationer i förhållande till projektområdet.

Riksstress för yrkesfiske för hav och kust finns som närmast sju mil bort, både söder- och västerut mot kusten, men berör inte projektområdet, se Figur 4-5.



Figur 4-5. Bilden visar riksimteresse för yrkeshfiske i förhållande till projektområdet.

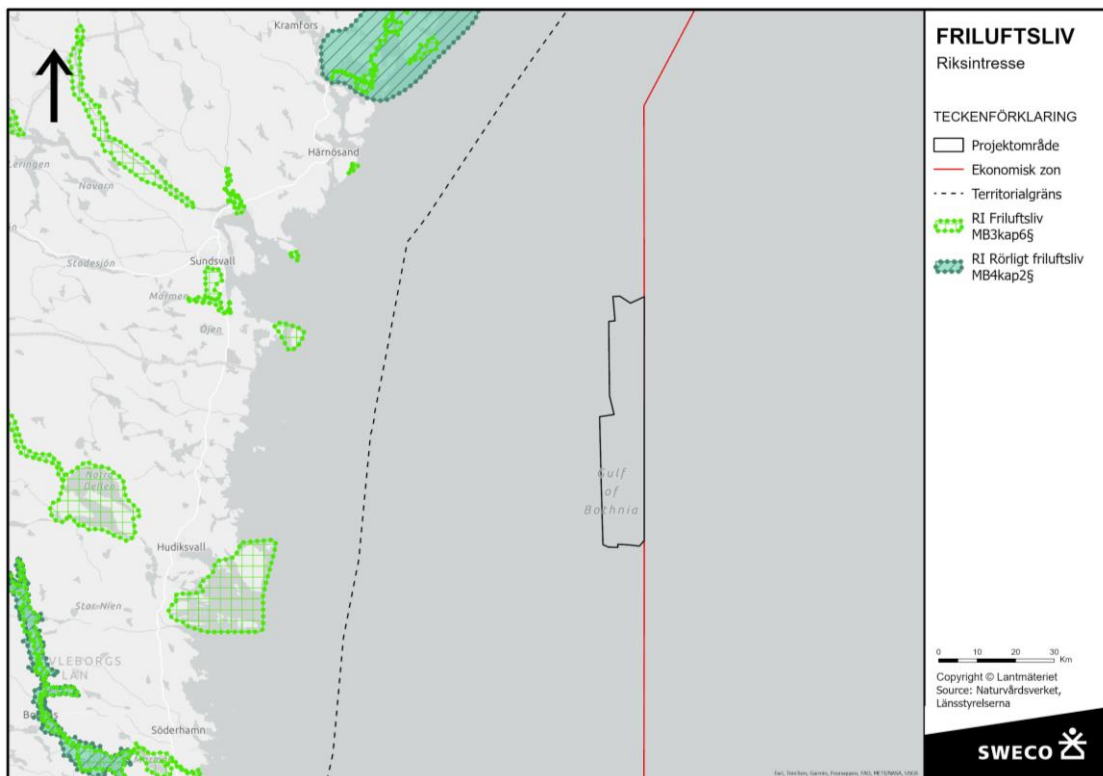
Närmaste område med riksimteresse för försvaret är sjöövningssområdet *Härnös skjutfält* (TM0310), drygt två mil nordväst om projektområdet. Försvarets riksimteressen visas i Figur 4-6.



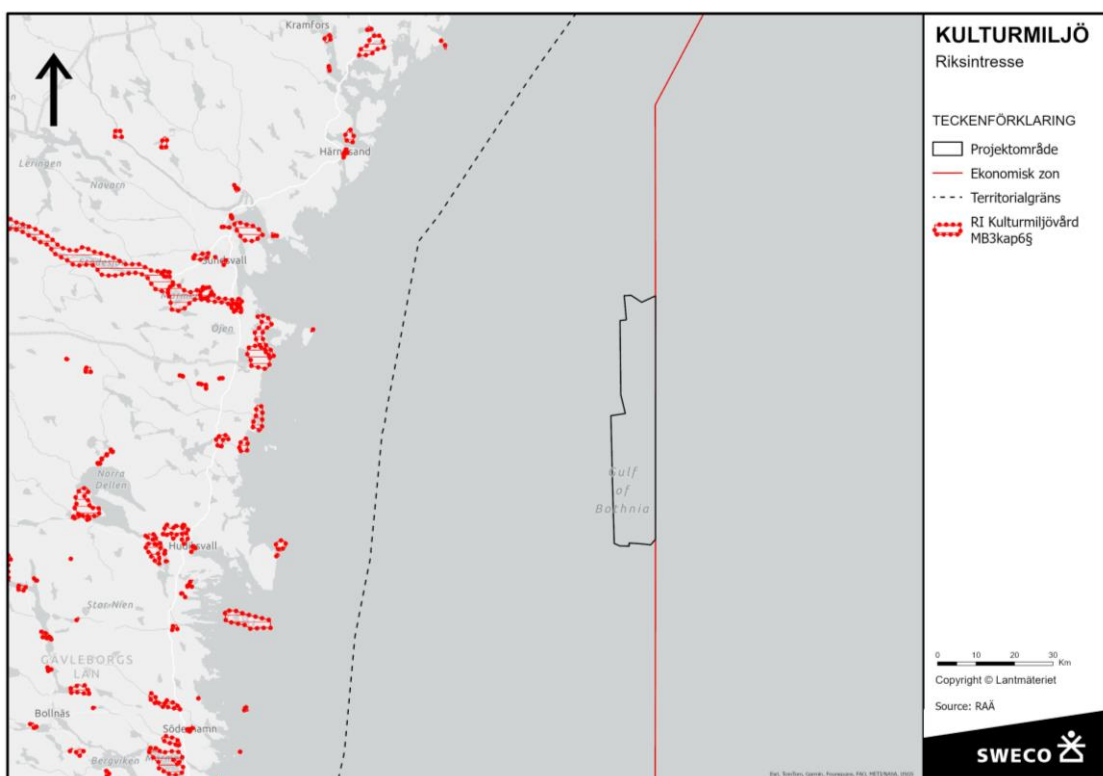
Figur 4-6. Bilden visar riksintresse för totalförsvarets militära del i förhållande till projektområdet.

Det finns flera riksintresseområden för friluftsliv i kustområdet, bland andra *Hudiksvallskusten med Hornslandet, Brämön-Lörudden* och *Sydöstra Åstön*. Kustområdet omfattas också av ett riksintresseområde för rörligt friluftsliv: *Höga kusten*. Samtliga riksintresseområden för friluftsliv är belägna över sju mil västerut från projektområdet, se Figur 4-7.

Det finns också flera riksintresseområden för kulturmiljövård i kustområdet, bland andra *Våle, Norra Alnön, Njurundakusten, Galtström, Holmyrberget – Gnarpsskaten* och *Bålsö Fiskehamn*. Samtliga riksintresseområden för kulturmiljövård är belägna över sju mil västerut från projektområdet, se Figur 4-8.



Figur 4-7. Bilden visar riksbildningsområden för friluftsliv och rörligt friluftsliv i förhållande till projektområdet.



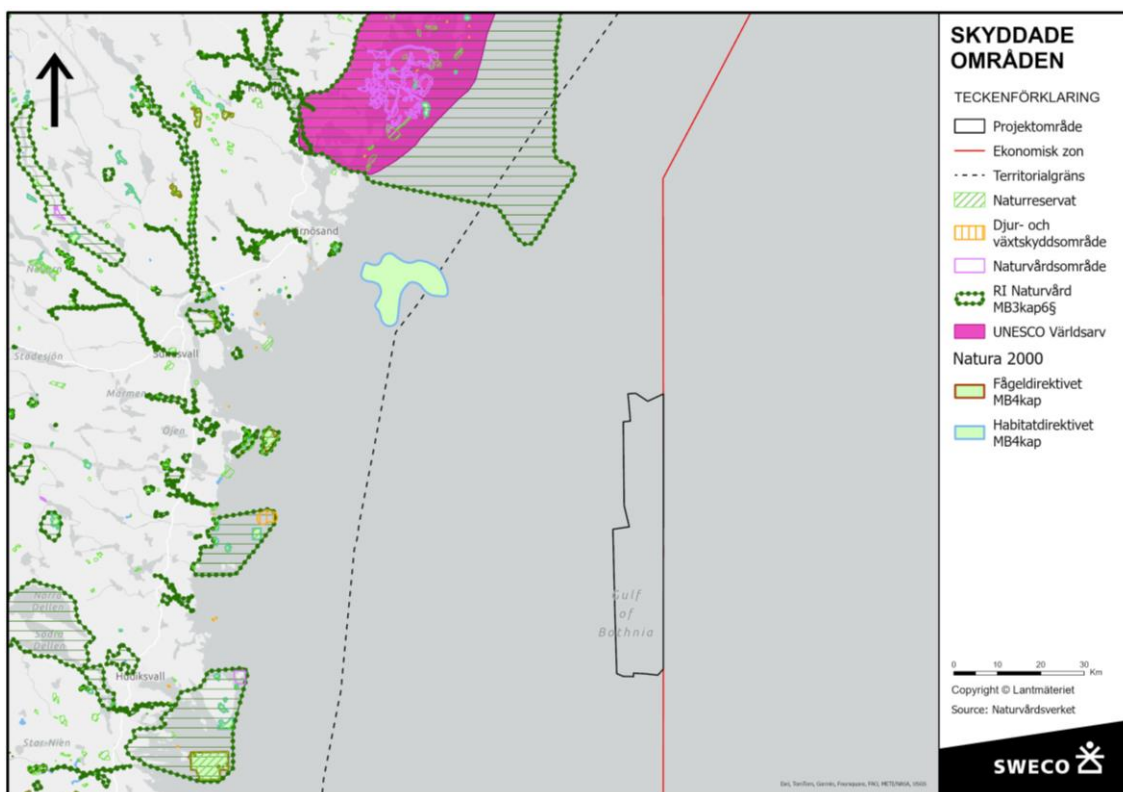
Figur 4-8. Bilden visar riksbildningsområden för kulturmiljö i förhållande till projektområdet.

Natura 2000-områden är också områden av riksintresse och beskrivs separat under avsnitt 4.3.

4.3 Natura 2000 och övriga skyddade områden

4.3.1 Natura 2000-områden

Det finns ett Natura 2000-område 47 kilometer nordväst om projektområdet – *Vänta Litets grund*. Vidare finns ett antal Natura 2000-områden efter kustlinjen, där samtliga ligger på minst sju mils avstånd från projektområdet, se Figur 4-9. För konsekvensbedömning för Natura 2000-områden, se vidare i avsnitt 9.5.



Figur 4-9. Bilden visar Natura 2000-områden, naturreservat, riksintresse för naturvård samt UNESCO världsarvsområde i förhållande till projektområdet.

Natura 2000-område Vänta Litets Grund (SE0710225)

Närmaste Natura 2000-området är *Vänta Litets Grund* som ligger 47 kilometer nordväst om projektområdet (Länsstyrelsen Västerbotten, 2021). Området är ett så kallat Helcom MPA-område (Marine Protected Area) och är även utpekade som Natura 2000-område med marina habitat enligt art- och habitatdirektivet. Naturtyperna som ska bevaras i området är rev (1170) och sandbankar (1110). Dessa naturtyper möjliggör rik förekomst av blåmusslor på platsen och har även stort värde som lekplats för strömming.

Natura 2000-område Del av Bremön (SE0710166)

Natura 2000-området *Del av Bremön* ligger cirka sju mil väster om projektområdet. Området är en botaniskt och kulturhistoriskt mycket intressant ö som innehåller en mängd olika naturtyper och är utpekade enligt både art- och habitat- samt fågeldirektivet (Länsstyrelsen Västernorrland, 2019). Vidare är området oexploaterat med en mängd naturtyper som hyser många arter.

De naturtyper som ligger till grund för utpekandet som Natura 2000-område är främst västlig taiga (9010), naturliga primärskogar i landhöjningskust (9030), lövsumpskogar av fennoskandisk typ (9080) och skogsbevuxen myr (91D0) (Länsstyrelsen Västernorrland, 2019). Arter som finns i området och som ingår i fågeldirektivet är bland andra storlom, fiskgjuse, havsörn, järpe, tjäder, orre, trana, gråspett, spillkråka, fisktärna och silvertärna.

Natura 2000-område Gran (SE0630173)

Ön *Gran*, en mycket vind- och väderutsatt ö utanför Hälsingekusten, ligger cirka åtta mil väster om projektområdet (Länsstyrelsen Gävleborg, 2016). Naturtyper som ska bevaras på ön är driftvallar (1210), skär och små öar i Östersjön (1620), sandstränder vid Östersjön (1640) och taiga (9010). Skogen på ön är gammal och olikåldrig med mycket lång skoglig kontinuitet. Öns orörda strandmiljöer utgör häckningsplats för ett flertal havsfågelarter. Ön och dess omgivande vatten är ett betydelsefullt område för arten gråsäl (1364) som ska bevaras i området.

Hornslandet

En samling av fem Natura 2000-områden ligger på halvön Hornslandet, drygt åtta mil väster om projektområdet och är utpekade enligt art- och habitatdirektivet. Områdena är *Kuggörarna* (SE0630094) (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.e), *Norra Hornslandet* (SE0630093) (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.g), *Klibbalsreservatet* (SE0630092) (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.d), *Lövsalen* (SE0630091) (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.f) och *Hölick* (SE0630089) (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.c). Syftet med Natura 2000-områdena är bevarande av ett opåverkat kustområde och värdefulla strandmiljöer. Det är bland annat naturtyperna taiga (9010) och öppna mossar och kärr (7140) som ska bevaras i områdena.

Regeringen har gett Naturvårdsverket i uppdrag att Hornslandet ska utredas inför ett kommande bildande av nationalpark (Regeringen, 2021).

4.3.2 Övriga skyddade områden

Flera av Natura 2000-områdena är också naturreservat; *Brämön*, *Gran*, *Kuggörarna*, *Norra Hornslandet*, *Klibbalsreservatet*, *Lövsalen* och *Hölick*. Vidare finns det ett naturvårdsområde och ett FN-utpekade världsarv nordväst om projektområdet. Se Figur 4-9.

Naturreservatet Brämön är ett reservat beläget cirka tre mil sydöst om Sundsvall (Länsstyrelsen Västernorrland, u.å.a). Naturen i reservatet varierar mellan artfattig hållmarkstallskog och fuktiga dalstråk, bitvis örtrik granskog och mindre myrmarker. Markens kalkinslag, i kombination med ett gynnsamt klimat gör att öns kärlväxtflora är unik.

Naturreservatet Gran är en isolerad ö där naturen präglas av det utsatta läget i havet och av landhöjningen (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.b). Ön har stor betydelse för rastande flyttfåglar och hyser en av länets största kolonier av tordmular. Floran är relativt artfattig, men innehåller flera ovanliga inslag så som den sällsynta ormbunken topplåsbräken.

Naturreseptatet Kuggörarna består av en ö, förbunden med Hornslandet (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.e). Växtligheten består av bland annat av lavar, kråkris och ljun, men bitvis också av gles lågvuxen tallskog samt rönn och en.

Naturreseptatet Norra Hornslandet består av områden som växlar mellan storblockiga kullar, klapperstensfält, fuktiga svackor och sumpartade lövkärr (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.g). De fuktiga svackorna dominerar i skogen av lövträd, men också död ved. Här finns Sveriges äldsta tall, drygt 750 år gammal.

Naturreseptatet Klibbalsresevatet är ett lövrikt skogsområde, bestående av torra blockiga bergspartier i de centrala delarna (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.d). Övriga delar består bland annat av frodig lövskog, sumpbarrskog och myrmarker. Runt myrmarkerna finns flera hotade lavararter. Vidare hyser resevatet en ovanligt rik flora med arter som skogssvingel, dvärghäxört och myskmadra.

Naturreseptatet Lövsalen består av flera olika landskapstyper, så som tjärnar, myrar, blockrika berg, en bäck och olika typer av skog, däribland både löv-, tall- och granskog (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.f). Bäckens som rinner genom områdets södra del är ett viktigt vattendrag med sin naturliga produktion av havsöring.

Naturreseptatet Hölick har en varierad natur med både fuktiga granskogar och myrmarker, samt kullar och sänkor (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.c). Området visar också tydliga spår av landhöjningen. Närmre kusten finns gles tallskog, och längs stranden kan man bland annat se kustfåglarna svärta, ejder och havsörn. I resevatets nordvästra delar finns många grottor, skapade av inlandsisen.

Bålsöns naturvårdsområde hittas på Bålsön, drygt åtta mil väster om projektområdet (Länsstyrelsen Gävleborg, u.å.a). Bålsöns naturvårdsområde ägs och förvaltas av Hudiksvalls kommun.

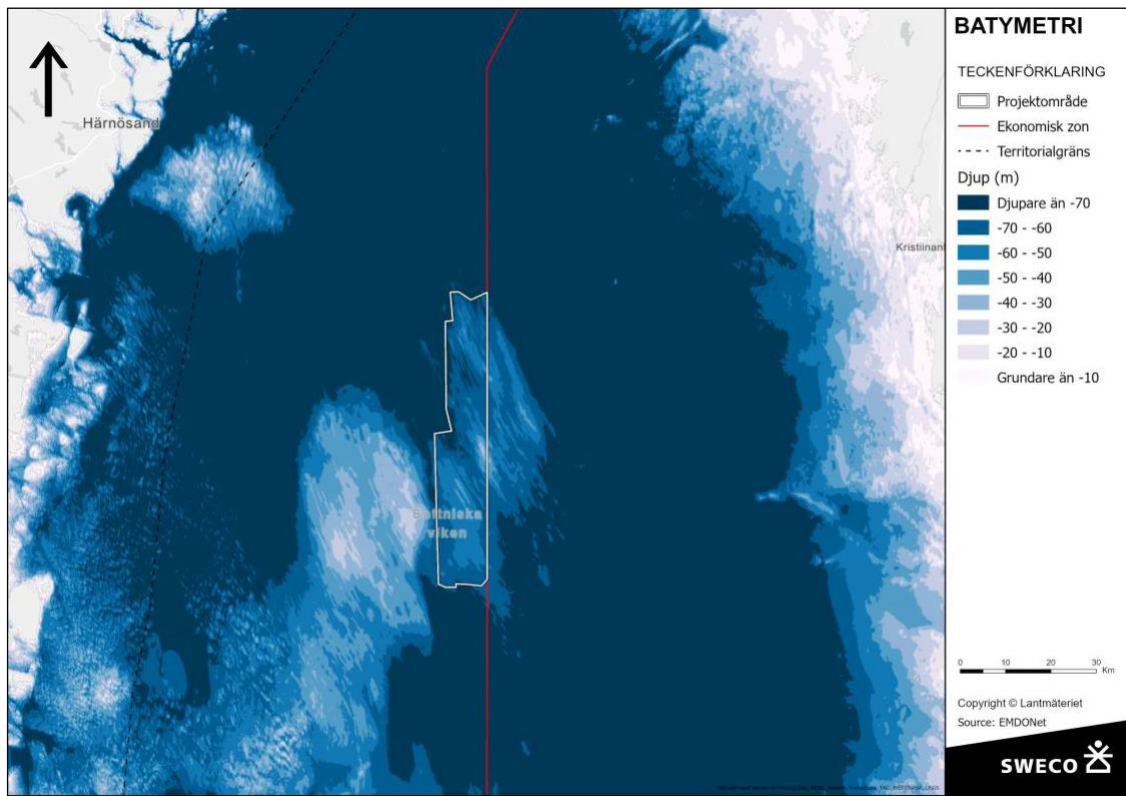
Världsarvet Höga Kusten blev år 2000 utsett till världsarv, av FN-organet UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (Länsstyrelsen Västernorrland, u.å.b). *Världsarvet Höga kusten* (Figur 4-10) ligger drygt tio mil nordväst om projektområdet. Området är ett populärt friluftsområde och är ett av de bästa exemplen i världen på hur nedisning och landhöjning påverkar jordytan och där landhöjningen ständigt pågår. Höga kusten är också utpekad som riksintresse för rörligt friluftsliv.



Figur 4-10. Höga kusten, utsikt från Skuleberget. Bildkälla: Sweco.

4.4 Djup- och bottenförhållanden

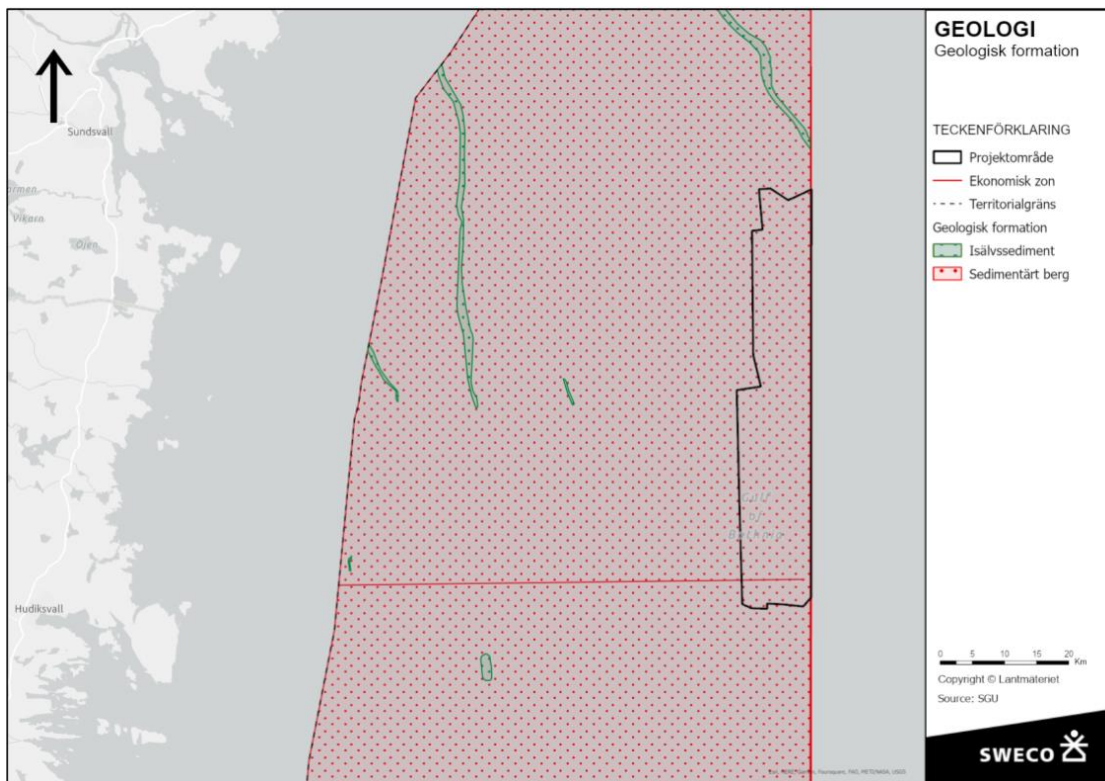
Batymetri beskriver terrängens fysiska form under vatten. I Figur 4-11 visas bottenvariation mätt i meter under vattenytan. Den planerade vindparken Sigma ligger i ett havsområde där djupet varierar mellan cirka 30 och 80 meter. Bolaget genomförde geofysiska undersökningar under sommaren 2024. Resultaten från dessa är under analys. Delar redovisas nedan.



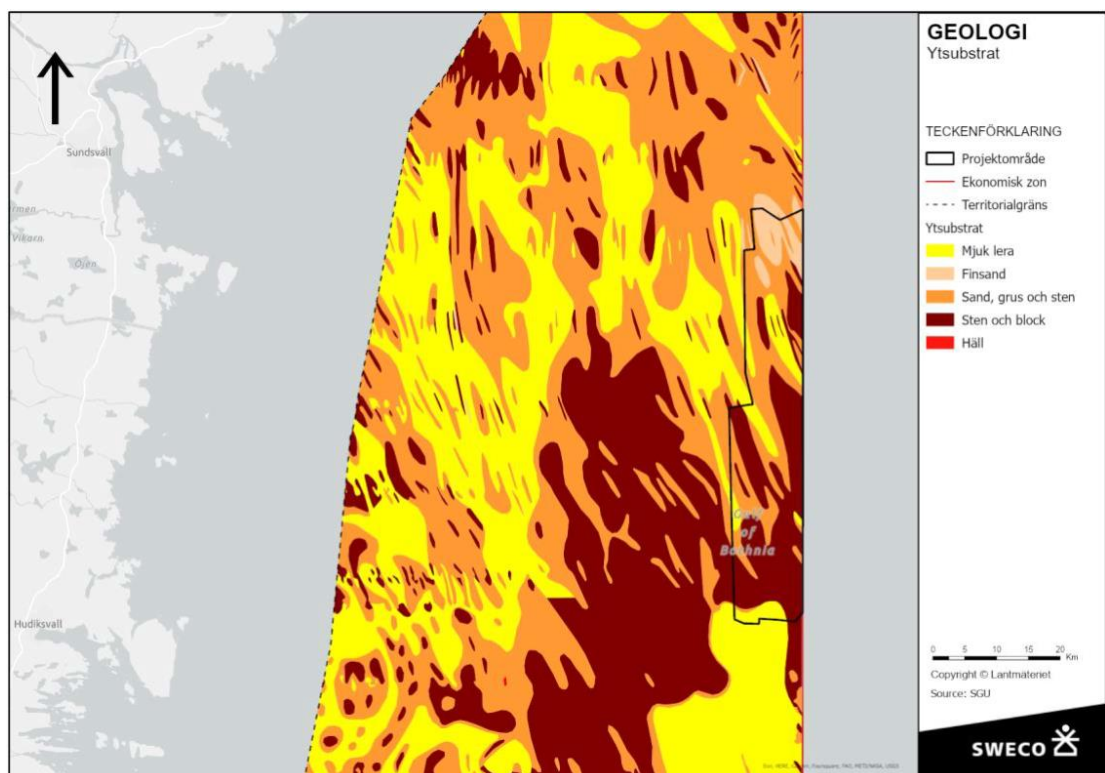
Figur 4-11. Bilden visar variationen av djupförhållanden inom projektområdet.

4.4.1 Geologi

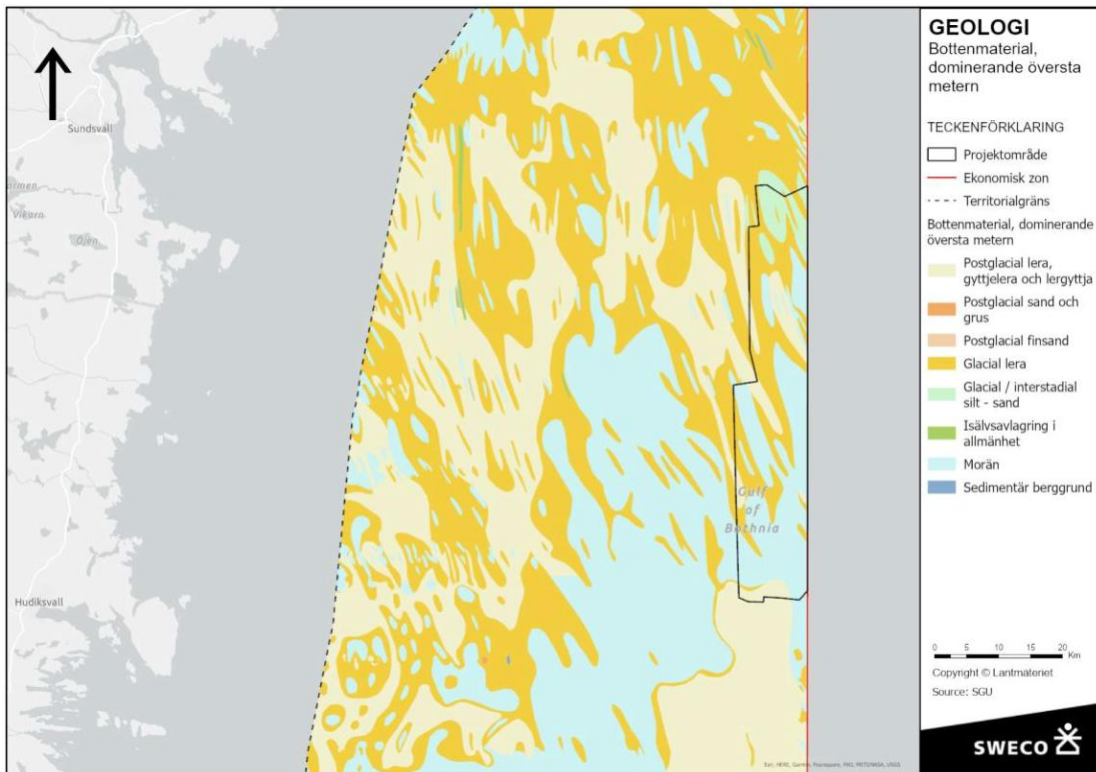
Berggrunden i projektområdet utgörs av sedimentära bergarter, se Figur 4-12. Ovanpå berggrunden finns ett lager som till stor del består av sten och block, sand och grus samt till viss del mjuk lera, se Figur 4-13. Inom projektområdet består havsbottens översta meter av glacial lera, morän samt lera och gyttjelera, se Figur 4-14.



Figur 4-12. Bilden visar utbredningen av sedimentära bergarter samt isälvs sediment inom projektområdet.



Figur 4-13. Bilden visar de rådande bottenförhållanden inom projektområdet.

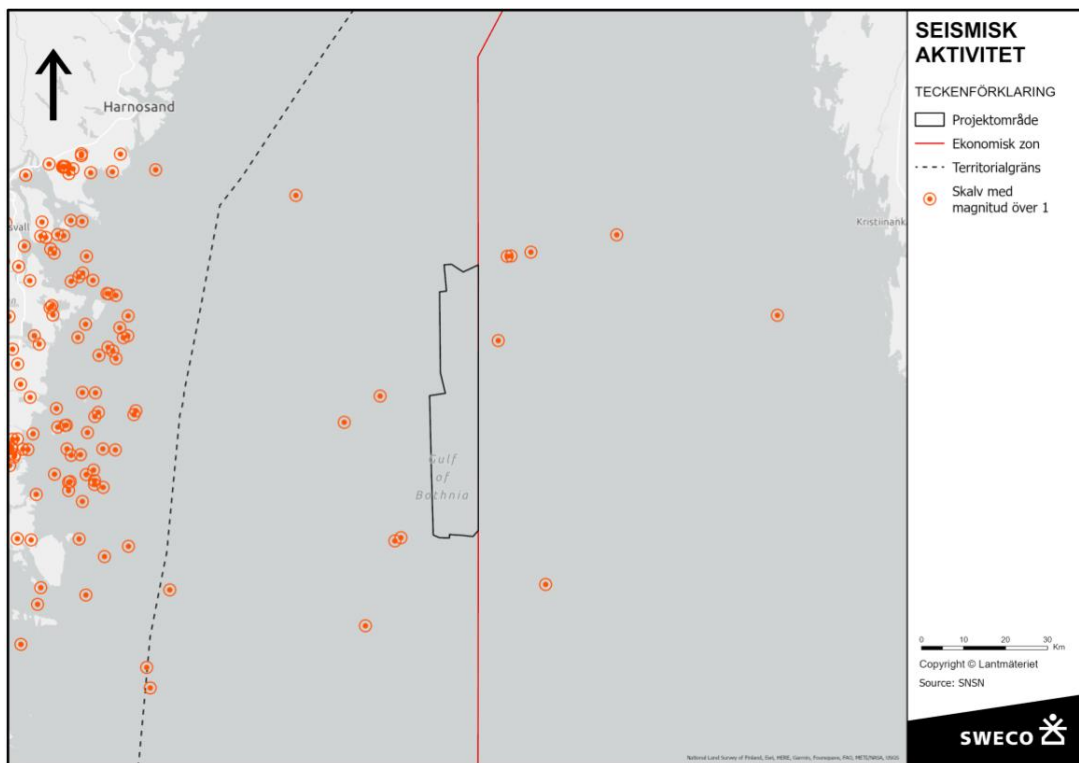


Figur 4-14. Bilden visar den översta metern sediment inom projektområdet.

4.4.2 Seismisk aktivitet

Den seismiska aktiviteten i området kan ha betydelse ur stabilitetssynpunkt då samtliga vindkraftverk kommer att ha bottenförankring. Aktiviteten i projektområdet är mycket låg, av antalet jordbävningar att döma. I Figur 4-15 visas alla inträffade registrerade jordbävningar större än magnitud 1 sedan 1709. Inom Finlands ekonomiska zon är databasen inte uppdaterad sedan 2014, dock vet man att det är mycket få skalv inom området.

Inom projektområdet för Sigma finns det inga registrerade skalv. Således är den seismiska aktiviteten mycket låg enligt Svenska nationella seismiska nätet (SNSN) på Uppsala universitet.

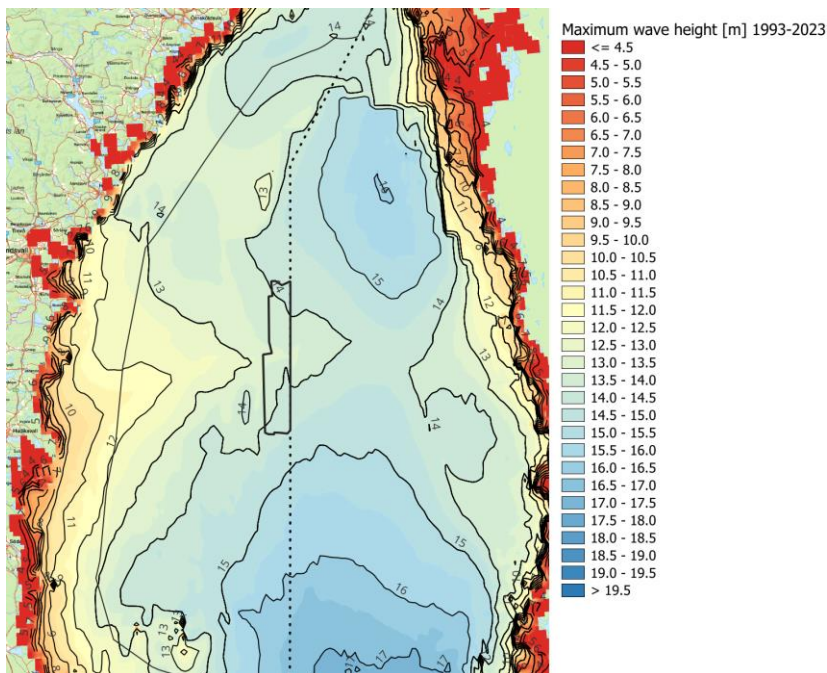


Figur 4-15. Bilden visar inträffade jordbävningar med magnitud över 1 sedan 1709.

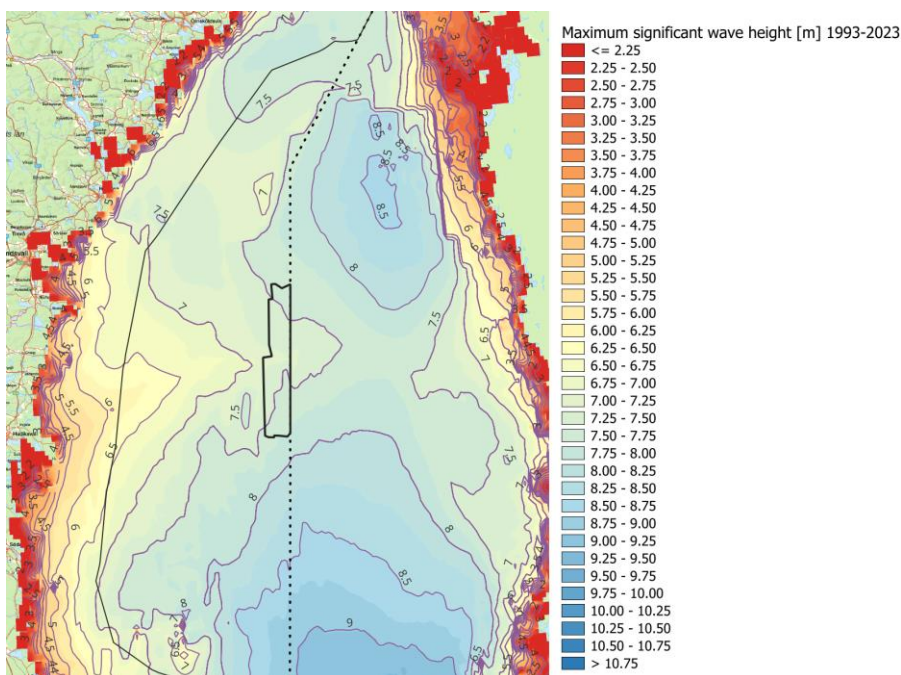
4.5 Hydrografi och vindförhållanden

4.5.1 Vågklimat

Vågklimatet i Östersjön är avsevärt lugnare än på den svenska västkusten och i Nordsjön, vilket är gynnsamt för vindparker. Våghöjden definieras som signifikant våghöjd och denna beräknas som genomsnittet av den högsta tredjedelen vid ett visst tillfälle (SMHI, 2010). I det aktuella området har den maximala våghöjden under 1993–2021 varierat mellan 12 och 14 meter medan den signifikanta våghöjden har varierat mellan 6,5 och 7,5 meter, se Figur 4-16 och Figur 4-17.



Figur 4-16. Bilden visar den maximala våghöjden som uppmätts under perioden 1993–2023 (Copernicus, 2024).



Figur 4-17. Bilden visar den högsta signifikanta våghöjden som har uppmätts under perioden 1993–2023 (Copernicus, 2024).

4.5.2 Syrgasförhållanden och salinitet

I Bottenhavets utsjövatten finns ett antal miljöövervakningsstationer där bland annat provtagning av syrgasförhållanden och salinitet utförs. Under perioden

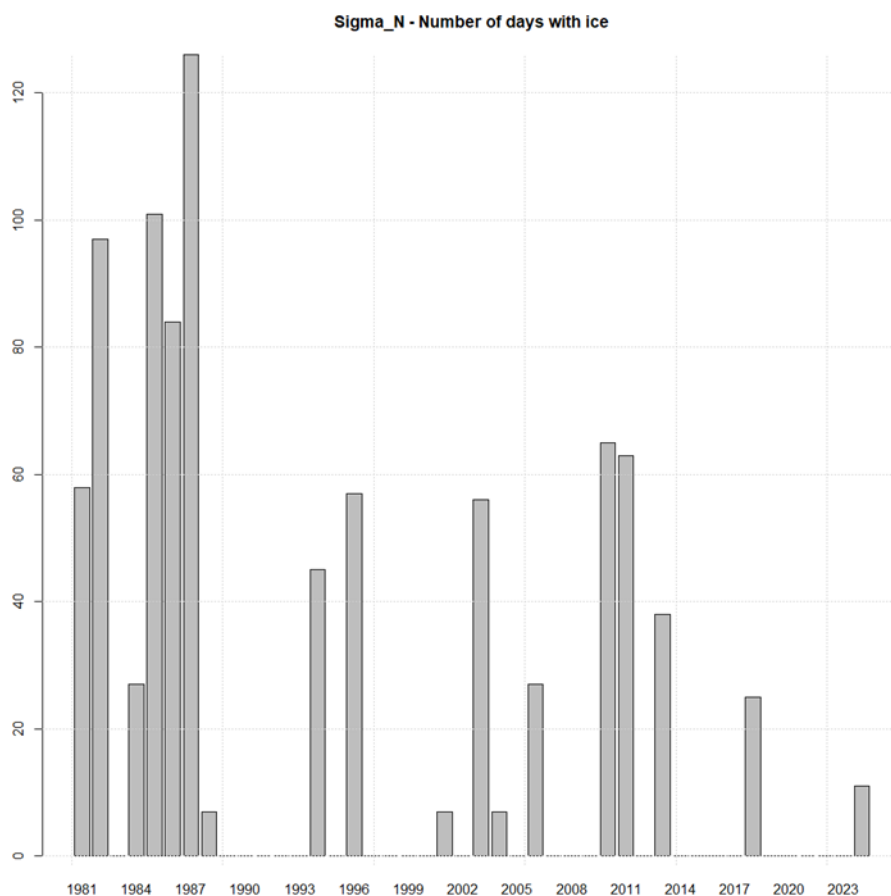
2010–2021 visar resultaten på förhållandevis god syrgashalt i området. Merparten av provtagningarna visar syrehalter på 6–8,5 mg/l (SHARKweb, u.å.). Dessa halter överskrider tröskelvärdet för syrebalans i utsjövatten som ligger på 5 mg/l (HVMFS 2012:18).

Saliniteten som har uppmätts i området under perioden 2010–2021 ligger på 3,6–6,5 psu, vilket innebär att vattnet i området är bräckt (SHARKweb, u.å.).

4.5.3 Isförhållanden

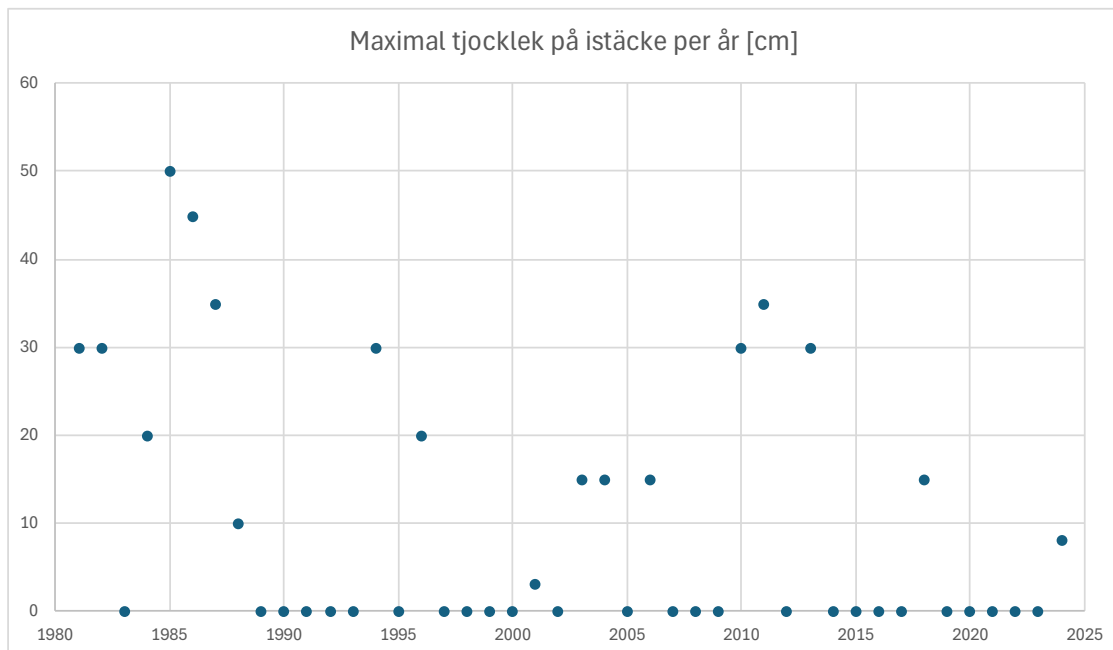
Området vid vindpark Sigma är inte isbelagt varje år, antalet dagar med istäcke varierar stort. Under delar av 1980-talet förekom is upp mot 100 dagar per år med rekordåret 1987 som hade is i drygt 120 dagar. Efter 1988 har majoriteten av åren varit isfria, medan enstaka år haft upp till 60 dagars istäcke. En fördelning över antal dagar med istäcke per år inom projektområdets norra del återfinns i Figur 4-18.

Sedan 1990 har norra delen av projektområdet haft istäcke 3,2 % av tiden, motsvarande siffra för södra delen av området är 2,5 %.



Figur 4-18. Antal dagar med istäcke per år (1981–2024) i norra delen av projektområdet (Copernicus, 2024).

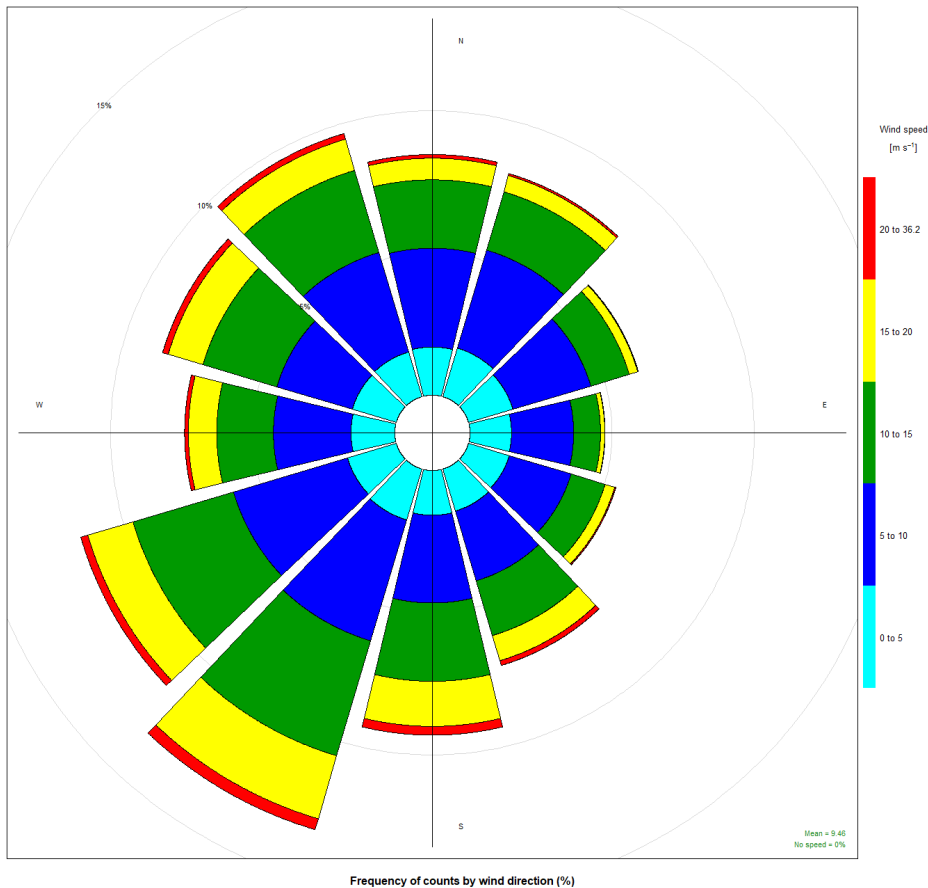
Vad gäller maximal istjocklek är det sällan tjock is inom projektområdet, se Figur 4-19.



Figur 4-19. Maximal tjocklek på istäcke per år (1980–2024) i norra delen av projektområdet (Copernicus, 2024).

4.5.4 Vind

Området där vindpark Sigma planeras bedöms lämpligt för havsbaserad vindkraft. Vindresursen i området är god, med en medelvind på 9,6–9,7 m/s på 160 meters höjd, se Figur 4-20.



Figur 4-20. Vindros som visar fördelning av vindriktning och vindhastighet på 160 meters höjd inom projektområdet.

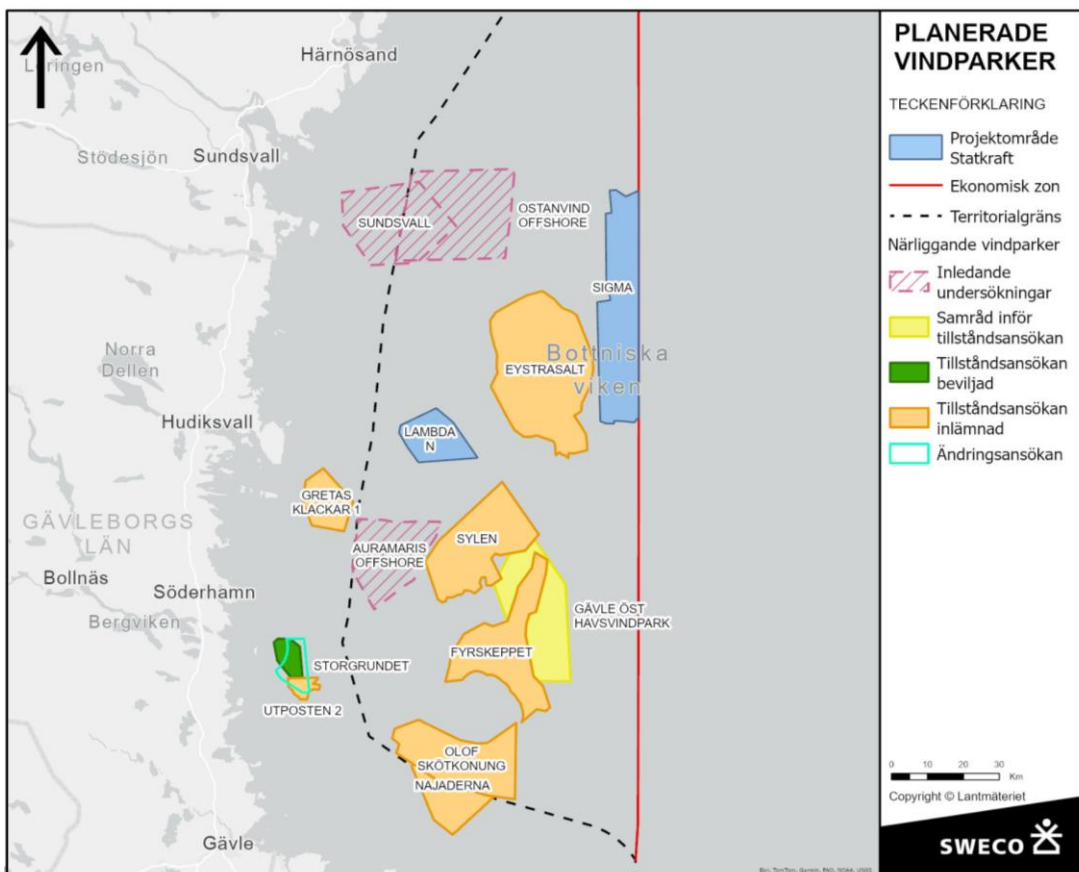
4.6 Marina dumpningsområden

Efter andra världskriget dumpades kemiska stridsmedel i svenska vatten (Havs- och Vattenmyndigheten, 2021). Dessa områden kallas marina dumpningsområden. Enligt undersökningar finns stridsmedlen kvar i dumpningsområdena, men deras påverkan på miljön är ännu inte fastställd.

Det finns inga kända marina dumpningsområden inom projektområdet (EMODnet, 2024). De närmaste dumpningsområdena återfinns cirka 50–60 mil söder om projektområdet, i Egentliga Östersjön sydöst om Gotland.

4.7 Andra planerade vindparker inom havsområdet

Strax väster om Sigma planeras vindparken Eystrasalt. Ytterligare ett antal vindparker planeras sydväst om Sigma. Samtliga planerade vindparker och dess status visas i Figur 4-21. Inom Finlands ekonomiska zon har samtliga ansökningar av vindparker för tillfället pausats i väntan på översyn av lagstiftningen för havsbaserad vindkraft.



Figur 4-21. Andra planerade vindparker i Bottenhavet (kartan framtagen i oktober 2024).

5 Planerad verksamhet

Föreliggande kapitel innehåller en översiktlig beskrivning av den ansökta verksamheten. För en mer utförlig beskrivning hänvisas till den tekniska beskrivningen, Bilaga 2 till ansökan.

Teknikutvecklingen för havsbaserad vindkraft går mycket snabbt, vilket innebär att vindkraftverken kan byggas allt större och därmed betydligt mer effektiva. Detta är fördelaktigt, eftersom det möjliggör en högre elproduktion på samma yta. En ökad effekt innebär oftast en större rotordiameter, vilket i sin tur leder till en högre totalhöjd.

Ansökan avser därför vindkraftverk med en maximal totalhöjd upp till 370 meter. Det maximala antalet vindkraftverk i ansökan är 143. Kombinationen av maximal höjd och maximalt antal vindkraftverk har använts för att ta fram ett så kallat worst case-scenario (värsta fall) för miljöbedömningen, se avsnitt 6.2. Den slutliga layouten kommer dock antingen 370 meters totalhöjd och färre turbiner eller maximalt 300 meters totalhöjd och 143 turbiner.

5.1 Huvudalternativ

Huvudalternativet, det vill säga det mest troliga scenariot, för vindpark Sigma är 143 vindkraftverk med en totalhöjd på 300 meter och en effekt per vindkraftverk på 20 MW. Det innebär en total installerad kapacitet om cirka 2 860 MW och en förväntad årsproduktion på cirka 11,5 TWh. En sammanfattning av uppgifter om vindparkens dimensioner och förväntad energiproduktion redovisas i Tabell 5-1.

Tabell 5-1. Sammanfattning av dimensioner och förväntad energiproduktion för huvudalternativ.

Antal vindkraftverk	143
Effekt per vindturbin	20 MW
Total installerad effekt	2 860 MW
Förväntad årsproduktion	11,5 TWh
Rotordiameter	263 meter
Total höjd	300 meter
Minsta avstånd mellan vindkraftverk	1470 meter
Antal omformar-/transformatorstationer	Upp till 6
Totallängd internkabel	Upp till 450 km
Övriga plattformar för exempelvis övervaknings- och kommunikationsutrustning	Upp till 2
Antal kollektorkablar	Upp till 8

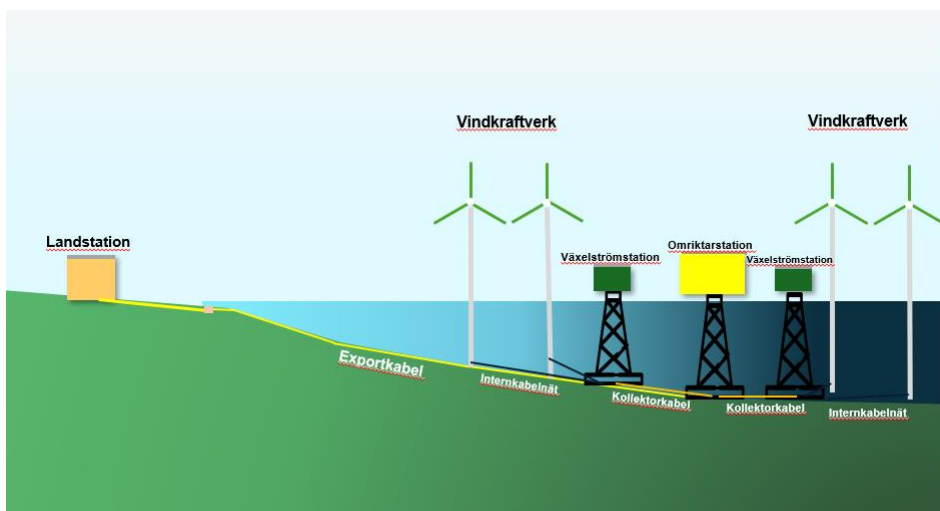
Totallängd kollektorkabel	Upp till 150 km
Vindparkens totala yta	Cirka 640 km ²
Totalt fotavtryck av vindparkens totala yta*	<1 %

*Beräknad på fundament med erosionsskydd samt tio meter breda internkabelkorridorer.

5.1.1 Vindpark

Vindkraftverken i vindpark Sigma planeras att förankras på fundament som är bottenfasta. Vid behov anläggs erosionsskydd runt fundamenten.

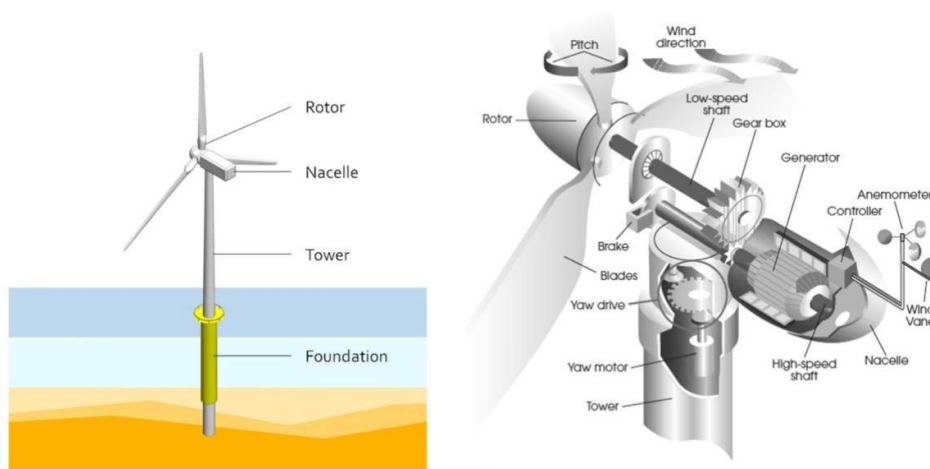
Vindkraftverken knyts samman via ett internkabelnät som överför den producerade elektriciteten samt används för kommunikation. Internkabelnätet samlar den producerade elektriciteten till en eller flera havsbaserade transformatorstationer. Eventuellt kommer den producerade elektriciteten omvandlas från växelström till likström innan den exporteras till land. Detta kan antingen utföras direkt på transformatorstationen, alternativt i en separat omriktarstation. Överföring till land sker sedan via en eller flera exportkablar. En principiell skiss över de olika delarna av en havsbaserad vindpark visas i Figur 5-1.



Figur 5-1. Principskiss över en havsbaserad vindpark med bottenfasta fundament. (Bild från Teknisk beskrivning, Bilaga 2 till ansökan)

5.1.2 Vindkraftverk

Havsbaserade vindkraftverk består generellt av ett fundament som förankrar vindkraftverket i botten, ett ståltorn, ett maskinhus (nacell) monterat överst på tornet vilket huserar drivlina för kraftöverföring samt generator, styrsystem och en rotor för att fånga energin i vinden, se Figur 5-2.



Figur 5-2. Till vänster: Illustration som visar rotor, nacell, torn och fundament. Till höger: Illustration som visar insidan på nacell. Bildkälla: (Li, Li, Jiang, & Tang, 2022).

Turbinerna styrs för att fånga så mycket energi ur vinden som möjligt vid låga och måttliga vindhastigheter (under 10–13 m/s). Detta gör vindturbinerna genom att hålla optimal pitchvinkel och ändra turbinens rotationshastighet för att hålla ett konstant förhållande mellan bladspetsens rotationshastighet och vinden (för att få rätt aerodynamisk anfallsvinkel).

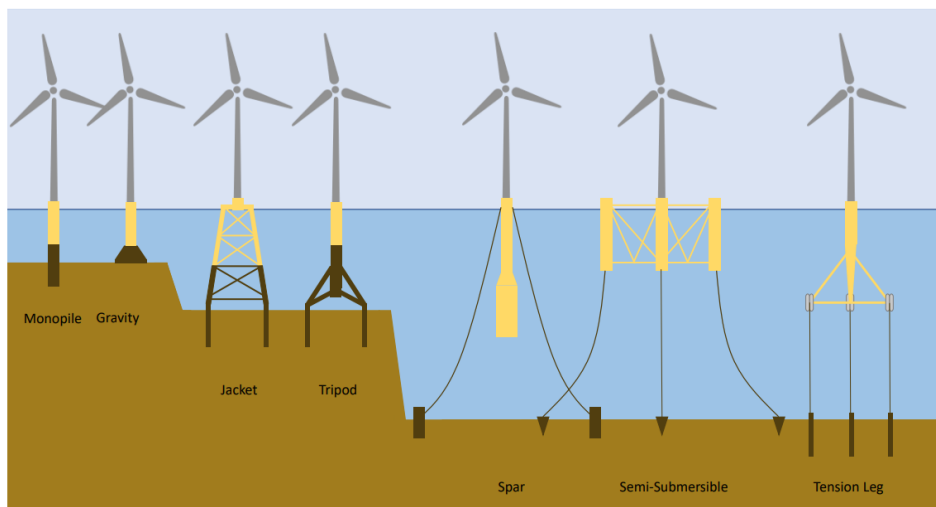
Vid högre vindhastigheter behöver vindturbinerna reducera energin som extraheras från vinden för att begränsa lasterna. Detta sker genom att gradvis vrida bladen ur det optimala läget, och på så sätt reducera kraften från rotorn in i drivlinan. När vinden blir för stark pitchas turbinbladen så att de inte extraherar energi ur vinden, och turbinen stängs ner helt för att minimera lasterna. Detta sker typiskt vid 30 m/s för moderna havsbaserade turbiner.

5.1.3 Fundament och erosionsskydd

Fundamentet för ett havsbaserat vindkraftverk består av en infästning i botten, en del för att nå från havsbotten upp till vattenytan, samt ett så kallat övergångsstycke som länkar samman vindturbinens torn och fundament.

Havsbaserade vindkraftverk kan placeras både på bottenfasta och flytande fundament, se Figur 5-3. Utifrån de lokala förhållandena (bottendjup, geofysik och förväntade geotekniska egenskaper) bedömer Bolaget att bottenfasta fundament är den lämpligaste tekniken inom projektområdet. Bolaget har därför valt att basera ansökan på fyra alternativa typer av bottenfasta fundament:

- fackverksfundament som anläggs med pålar
- fackverksfundament som anläggs med sugkassuner
- monopiles
- gravitationsfundament.



Figur 5-3. Illustration av fundament för havsbaserade vindkraftverk (Dornhelm, Esther; Seyr, Helene; Muskulus, Michael, 2019). Huvudalternativet för vindpark Sigma är de fasta bottenfasta fundament som benämns "monopile", "gravity" och "jacket" i figuren.

En sammanfattning av förväntade dimensioner för fundament och infästningslösningar finns redovisat i Tabell 5-2. När geofysiska och geotekniska utredningar genomförts kan de tekniska parametrarna sannolikt optimeras och dimensioner, penetrationsdjup samt fotavtryck reduceras.

Tabell 5-2. Förväntade tekniska parametrar för alternativa bottenfasta fundament.

Parameter	Monopile	Fackverk på pålar	Fackverk sugkassuner	Gravitations-fundament
Fundamentets bottendiameter	12–14 meter	3,5–4,5 meter per ben	8–16 meter per ben	35–40 meter
Penetrationsdjup	35–50 meter	40–70 meter	8–16 meter	Nej
Pålning	Ja	Ja	Nej	Nej
Borring	Eventuellt	Eventuellt	Nej	Nej
Muddring	Nej	Nej	Nej eller begränsat	Eventuellt
Sedimentspridning	Begränsat	Begränsat	Begränsat	Om muddring krävs
Bottenanspråk för 143 vindkraftverk	21 000 m ²	9 500 m ²	116 000 m ²	180 000 m ²
Bottenanspråk med erosionsskydd för 143 vindkraftverk	198 000 m ²	82 000 m ²	515 000 m ²	582 000 m ²
Totalt bottenanspråk inom projektområdet	0,03 %	0,01 %	0,08 %	0,09 %

I anslutning till fundamentens infästningar anläggs oftast erosionsskydd för att säkerställa att vågor och vattenströmmar inte transporterar bort sedimentet som omger fundamenten. Erosionsskydd består av naturliga material som sten och grus, anpassade för att ligga stabilt på havsbotten. Det kan även inkludera så kallade frondmadrasser, som med tiden bildar sandbankar, eller betongmattor.

Storleken och utformningen av erosionsskyddet beror på de lokala förhållandena, såsom sedimenttyp, vågor och strömmar, samt vilken typ av fundament som valts. Erosionsskydd kommer endast etableras om behov finns. Då projektområdet har relativt gynnsamma vågförhållanden och låga strömhastigheter vid botten är det sannolikt att erosionsskydd inte kommer behövas.

5.1.4 Plattform till havs och elektrisk infrastruktur

Inom projektområdet kommer transformatorstationer installeras. En transformatorstation består av fundament med en överbyggnad som står på en plattform. Överbyggnaden innehåller elektronik och annan nödvändig utrustning. Det kan bli aktuellt att transformera elektriciteten till likström i stället för växelström för att reducera förlusterna i överföringen till land. Då behövs även en så kallad omriktarstation som kan byggas ensamt eller i kombination med en transformatorstation.

Inom vindpark Sigma kommer maximalt sex plattformar att anläggas för transformator- och omriktarstationer. Slutligt antal, utformning och placering av dem kommer att bestämmas under detaljprojekteringen av vindparken. Maximala dimensioner för plattformarna redovisas i Tabell 5-3.

Tabell 5-3. Maximala dimensioner för plattformar (maximal storlek per plattform).

Egenskap	Maximal dimension
Höjd	80 meter
Höjd, inklusive mast/åskledare	100 meter
Längd x bredd	100 x 50 meter
Erosionsskydd diameter	13,5 meter
Bottenanspråk, inklusive erosionsskydd	1 150 m ²

De fundamentstyper som finns tillgängliga för havsbaserade transformatorstationer är i grunden samma som finns för vindkraftverken.

Det kan bli aktuellt att anlägga maximalt två andra plattformar för exempelvis övervaknings- och kommunikationsutrustning. Dessa plattformar kommer, precis som för transformatorstationerna, att bestå av fundament och överbyggnad.

5.1.5 Internkabelnät och kollektorkabel

Internkabelnätet är ett kabelnät inom vindparken som ansluter vindkraftverken med transformatorstationerna. Kabelnätet kommer troligen att sammankoppla flera vindkraftverk i grupper, i så kallade radialer. För huvudalternativet varierar längden på radialer från cirka nio kilometer till 22 kilometer. Den totala längden av internkabelnätet uppskattas till cirka 450 kilometer för huvudalternativet. Lokalisering och total längd på internkabelnätet bestäms utifrån vindparkens slutliga utformning.

Spänningsnivån för internkabelnätet förväntas vara 132 kilovolt. Om Sigma ansluts med likström mot land kan det finnas behov av kollektorkablar mellan växelströmsstationer och omriktarstationen. Spänningsnivån för kollektorkablarna förväntas vara 220 – 275 kilovolt. För huvudalternativet är

internkablarna kopplade till omriktarstationen utan mellanliggande växelströmsstationer och kollektorkablar.

Utöver interkabelnätet och kollektorkablar kan vindparken kräva andra typer av kablar, exempelvis fiberoptiska kablar för kommunikation. Dessa är normalt integrerade i intern- eller kollektorkablarna.

5.1.6 Hinderbelysning och markering

Vindkraftverk behöver utrustas med hinderljus och markering. Dessa kommer att följa rådande föreskrifter vid tidpunkten för vindparkens anläggande.

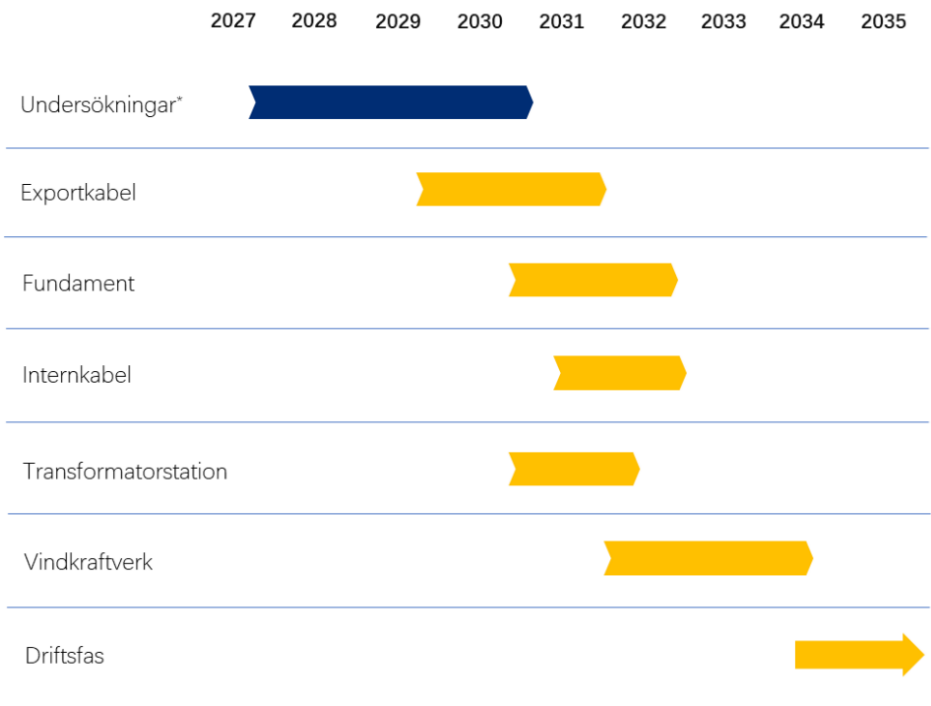
5.2 Verksamhetens faser

Föreliggande avsnitt innehåller en översiktlig beskrivning av aktiviteter för vindparkens olika faser. För en mer utförlig beskrivning hänvisas till den tekniska beskrivningen, Bilaga 2 till ansökan.

5.2.1 Anläggningsfas

Anläggningsfasen avser etableringen av vindparken, vilken bland annat inkluderar installation av fundament, vindkraftverk, internkabelnätverk och transformatorstationer. Anläggningsfasen inkluderar inte förberedande undersökningar eller installation av exportkabel då dessa verksamheter hanteras i separata tillståndsansökningar.

Anläggningsfasen förväntas pågå i tre till fyra år. En övergripande tidplan för vindpark Sigma kan ses i Figur 5-4. Tidplanen förutsätter att tillstånd erhålls senast 2027.



Figur 5-4. Övergripande tidplan för vindpark Sigma. Undersökningar avser kompletterande geofysik samt UXO och geoteknik. Dessa ingår inte i tillståndsansökan. Även exportkabeln hanteras i separat tillståndsansökan.

5.2.1.1 *Förankring av fundament samt installation av vindkraftverk och plattformar*

Fundamenten transporteras eller bogseras till projektområdet med hjälp av pråm, transportfartyg eller installationsfartyg. I projektområdet lyfts fundamentet på plats med hjälp av en stödbensplattform eller ett installationsfartyg. Förberedande arbeten eller förbättring av havsbotten såsom borttagning av stenar på havsbotten kan krävas.

För fackverksfundament som anläggs med pålning krävs antingen pålning eller borring vid installation för att förankra stålrören i havsbotten. Om fackverksfundament med sugkassuner används placeras i stället sugkassuner (stålbehållare) på havsbotten. Vid installation pumpas vatten ur sugkassunerna så att ett undertryck skapas vilket gör att sugkassunerna sugas ner i havsbotten till planerat penetrationsdjup.

För monopiles som anläggs med pålning används stålcylindrar för förankring på havsbotten. Liksom för fackverksfundament sker drivning med antingen pålning eller borring.

Gravitationsfundament placeras på havsbotten och fylls sedan med ballast. Gravitationsfundament kräver jämna och fasta bottenförhållanden vilket innebär att förberedande arbeten som anläggande av filterbädd av sten, eventuellt i kombination med muddring, kan krävas innan installation.

Vindkraftverk samt plattformar för transformator- och omriktarstationer byggs samman i tillverkningshamnen och transporteras ut till vindparken som färdiga moduler.

Den totala installationstiden för fundament förväntas vara fördelad på två installationssäsonger.

5.2.1.2 *Nedläggning av internkabelnätet*

Innan internkabelnätet läggs ner på havsbotten utförs förberedande arbeten för att jämna till botten, stenar kan behöva avlägsnas och gropar behöva fyllas ut.

Nedläggning av internkablar sker med särskilda installationsfartyg. Internkabelnätet kan antingen förläggas nedgrävda cirka en meter under havsbotten eller förläggas direkt på havsbotten. Om kablarna förläggs direkt på havsbotten kan det behöva läggas ett skydd ovanpå kablarna, exempelvis stenar, för att förhindra påverkan från strömmar, vågor, erosion och yttre mekanisk påverkan från till exempel fiske.

5.2.1.3 *Fartygstrafik*

Under anläggningsfasen kommer upp till ett tiotal transport-, support- och installationsfartyg vara aktiva i projektområdet samtidigt. För vindparkens totala utbyggnad förväntas totalt cirka 1 200 till 1 500 tur- och returesor mellan projektområdet och hamnen/hamnarna. Val av hamnar för hantering av vindparkens komponenter och montering är beroende av fundamentsteknik och turbinleverantör och kommer därmed att beslutas i ett senare skede. Sannolikt kommer en kombination av flera hamnar, både nationellt och internationellt, användas för installationsarbetet.

Totalt förväntas anläggningsarbetena kräva ungefär 14 000 driftstimmar (inklusive standby) för hela vindparken, inklusive kabelnedläggning och efterkontroll.

5.2.2 Driftsfas

Driftsfasen avser perioden för drift av vindparken. Livslängden på dagens vindkraftverk är cirka 40–45 år.

En drift- och underhållsstrategi kommer att tas fram av Bolaget i ett senare skede. Denna kommer att beskriva vilka besiktningsmetoder och med vilken frekvens som ingår i tillsynen av vindparken för att säkerställa dess integritet, drifttid och produktion.

5.2.2.1 Service och underhåll

Både vindkraftverken och transformatorstationerna är fjärrövervakade och obemannade under normal drift. Kontinuerligt underhåll av vindparken sker dock, vilket kräver att personal och material transporteras till vindparken.

För varje vindkraftverk genomförs en årlig service, samt fortlöpande förebyggande, icke-planerade underhållsåtgärder och uppgraderingar några gånger per år. Större komponenter kan också behöva bytas någon gång under livstiden.

5.2.2.2 Transporter

Ett kontor för personal och förvaring av utrustning och materiel kommer att etableras på land. Plats för basdrift och logistik är ännu inte fastställd och utredning av detta kommer att ingå i arbetet framöver. Korta svarstider och effektiv tillgång till fartyg med goda hamnförhållanden såsom kranar kommer att vara centrala i det slutliga urvalet.

Vindparkens underhåll kräver att personal och material transporteras till vindparken med hjälp av mindre servicebåtar, fartyg eller helikoptrar. Vid behov kommer service-operation vessels (hotellskepp), där personal är stationerade under längre tid till havs att användas.

Vid större underhållsåtgärder på vindkraftverk eller kabel kan stödbensfartyg, en flytande kran, kabelfartyg eller motsvarande användas.

Under driftsfasen kommer det att gå underhållsfartyg till och från vindparken i stort sett varje dag.

5.2.2.3 Säkerhetszoner

För vindparkens driftsfas etableras en säkerhetszon runt vindkraftverken om cirka 50 meter där tillträde är förbjudet för obehöriga. Vid byte av större komponenter med stödbensfartyg eller en flytande kran kommer en säkerhetszon med en radie på 500 meter att användas.

5.2.2.4 Avfall och kemikalier

I vindkraftverkets maskinhus finns flertalet potentiellt miljöfarliga vätskor, bland annat växellådsolja, kylarvätska, hydrauloljor, smörjor och batterivätskor.

Vindkraftverkets maskinhus är konstruerat för att kunna samla in och detektera eventuellt spill eller läckage av möjliga miljöfarliga ämnen. I de komponenter där oljor/vätskor förekommer är systemen helt slutna för att förhindra läckage. Dessutom kommer Bolaget så långt det är möjligt köpa biologiskt nedbrytbara vätskor för att minska sitt fotavtryck på miljön.

Som en del av drift- och underhållsstrategin kommer metoder för hantering av miljöfarligt avfall samt dess volymer att beskrivas. Dessa kommer inkludera allt avfall som uppstår under drift. Avfallet kommer att registreras och hanteras av en godkänd mottagningsanläggning och åtgärder kommer vidtas för att förhindra utsläpp till havsmiljön.

5.2.3 Avvecklingsfas

Avvecklingsfasen avser avvecklingen av vindparken vilket sker när vindkraftverken har uppnått sin livslängd.

En avvecklingsplan kommer att tas innan avveckling av vindparken påbörjas. Planen kommer presenteras för tillsynsmyndigheten senast sex månader innan åtgärder påbörjas. Syftet med avvecklingsplanen är att redogöra för hur avvecklingen ska ske samt definiera vilka återställningsarbeten som ska utföras. Metoden för avveckling sker enligt den praxis och lagstiftning som gäller vid tiden för avveckling.

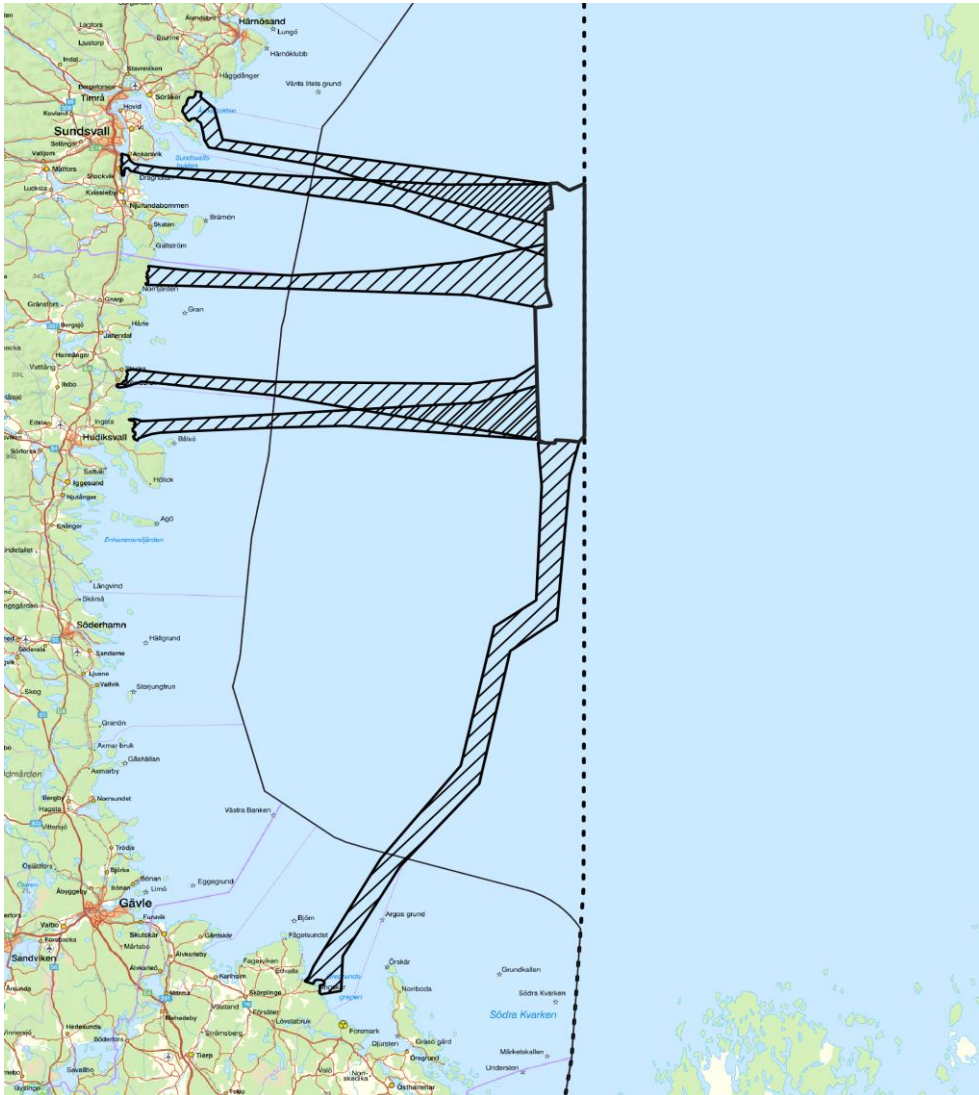
Avvecklingen innefattar nedmontering av vindkraftverk, fundament och transformatorstationer samt eventuella omriktarstationer. Samtliga fundamentsstrukturer ner till havsbotten förväntas avlägsnas vid avvecklingen. Vid tiden för avveckling beslutas om även konstruktionsdelen under havsbotten samt erosionsskydd ska tas bort. Bolaget kommer att göra en miljöbedömning av vilken metod och vilket alternativ som är bäst för att minimera påverkan på omgivande miljö.

Bolaget strävar efter att återanvända och/eller återvinna alla delar som nedmonteras. Bolaget har åtagit sig att öka återanvändningen och återvinningen av viktiga material och produkter som används i verksamheten, och att tillämpa principerna för avfallshierarkin. Vidare strävar Bolaget efter att designa sina vindparker på ett sätt som ökar effektiviteten och förlänger livslängden, inklusive förbättrad cirkularitet genom hela värdekedjan.

Avvecklingen kommer generellt att ske i omvänd ordning jämfört med byggnationsförloppet och involvera motsvarande antal fartyg och utrustning.

5.3 Följdverksamheter

Nedläggning av anslutningskablar från projektområdet till en anslutningspunkt på land är en följdverksamhet till den planerade vindparken. Exempel på möjliga exportkabelkorridorer redovisas i Figur 5-5. Installation av kablarna planeras ske enligt de principer som redovisas för det interna kabelnätet.



Figur 5-5. Möjliga exportkabelkorridorer för vindpark Sigma.

Ytterligare följdverksamheter är elledningar på land till transformatorstation och vidare för anslutning till stamnätet.

I takt med att vindkraft och andra väderberoende kraftslag utgör en allt högre andel av den totala elproduktionen är det viktigt att den i större utsträckning också kan bidra till effektbalansen. Därför arbetar Statkraft med att utveckla ett vätgasbaserat balanseringskoncept som bidrar till effektbalansen. Det kan bli aktuellt med en sådan anläggning i geografisk närhet till Sigmas landtag.

Följdverksamheternas miljökonsekvenser kommer att utredas och beskrivas i detalj i separata tillståndprocesser och hanteras därför inte vidare i denna miljökonsekvensbeskrivning.

6 Metod konsekvensbedömning

6.1 Underlag för beskrivning av miljöförutsättningar och bedömningar

Som underlag för beskrivning av miljöförutsättningar har allmänt tillgänglig information från till exempel myndigheter och organisationer, vetenskaplig litteratur samt tekniska rapporter använts.

Bolaget har också låtit externa experter utföra ett flertal platsspecifika fältundersökningar, utredningar och modelleringar som underlag för beskrivning av miljöförutsättningar och bedömning av effekter och konsekvenser. Framtaget underlag sammanfattas i Tabell 6-1.

Tabell 6-1. Underlagsrapporter som utgjort underlag för miljökonsekvensbeskrivningen.

Utredning	Metod	Författare/utförare	Bilaga
Påverkan på nautiska risker och sjöfartens tillgänglighet	Skrivbordsstudie och HAZID	RISE	3
Skrivbordsundersökning gällande yrkesfiske	Skrivbordsstudie	Pelagia	4
Sedimentspridning samt strömningspåverkan	Modellering	Sweco	5
Undervattensakustik-utredning	Modellering	Sweco	6
Marinbiologisk underlags- och konsekvensutredning	Skrivbordsstudie (och fältstudie)	Pelagia (Clinton)	7
Utredning och konsekvenser - fladdermöss	Skrivbordsstudie	Niras	8
Ornitologisk underlags- och konsekvensutredning	Skrivbordsstudie (och fältstudie)	Pelagia (Ottvall)	9
Landskapsbildsanalys	Skrivbordsstudie	Sweco	10
Kulturarkeologisk förstudie	Skrivbordsstudie	Sweco	11
Luftburet buller	Modellering	Sweco	12

6.2 Metod för konsekvensbedömningar

Ett systematiskt arbetssätt har tillämpats för att bedöma verksamhetens förväntade miljöeffekter samt vilka miljökonsekvenser som kan uppkomma till följd av verksamheten. Miljöbedömningen omfattar konsekvenser som kan uppstå vid anläggning, drift och avveckling.

Konsekvensbedömningen innebär i korthet att miljöaspektens värde vägs samman med effekten från den planerade verksamheten, för att slutligen ge en konsekvens. Konsekvensen relateras till nollalternativet.

Följande begrepp används vid konsekvensbedömningen:

- *Påverkan* – den fysiska åtgärden som genomförs, till exempel pålning av fundament i havsbotten.
- *Miljöeffekt* – miljöpåverkan i form av till exempel alstrande av ljud kan resultera i en effekt, som är den förändring i miljön som uppstår till följd av påverkan. En effekt kan exempelvis vara ökade ljudnivåer (buller). Effekter kan vara direkta eller indirekta, positiva eller negativa, tillfälliga eller bestående samt uppstå på kort, medellång och lång sikt.
- *Miljöaspekt* – olika värden/intressen som kan komma att påverkas av verksamheten, till exempel fiskar som förekommer i området.
- *Miljöaspektens värde* – olika kriterier används för att bedöma miljöaspektens värde, bland annat intressets skyddsvärde, anpassningsbarhet, mångfald och värde för andra intressen.
- *Konsekvens* – bedöms utifrån miljöaspektens värde samt miljöeffektens storlek, efter vidtagna skyddsåtgärder.

För att inte underskatta verksamhetens påverkan utgår miljöbedömningen från så kallade *worst case*-scenarios (värsta fall). Det innebär att bedömningar av miljöeffektens storlek utgår från den teknik eller utformning som har den största påverkan på respektive intresse, i de fall alternativa tekniker eller utformningar är aktuella. För att mildra konsekvenserna av de *worst case* scenarios som har identifierats har skyddsåtgärder tagits fram, vilka vägs in i den slutliga bedömningen. Exempelvis har skyddsåtgärder tagits fram för att mildra konsekvenserna om pålning, vilket utgör ett *worst case* scenario avseende undervattensbuller, blir aktuellt.

Miljökonsekvenserna anges i en sjugradig skala (från mycket stora negativa konsekvenser till positiva konsekvenser), se Tabell 6-2. Positiva konsekvenser graderas inte, utan anges endast som positiva. Innebörden av de olika konsekvensnivåerna framgår av Tabell 6-3.

Tabell 6-2. Bedömningsskala för miljökonsekvenser.

Miljöaspektens värde Miljöeffekt	Litet värde	Måttligt värde	Högt värde
Stor effekt	Måttliga konsekvenser	Stora konsekvenser	Mycket stora konsekvenser

Måttlig effekt	Små konsekvenser	Måttliga konsekvenser	Stora konsekvenser
Liten effekt	Försumbara konsekvenser	Små konsekvenser	Måttliga konsekvenser
Ingen/försumbar effekt	Inga/försumbara konsekvenser		
Positiv effekt	Positiva konsekvenser		

Tabell 6-3. Beskrivning av konsekvensnivåer.

Konsekvenser	Värdering
Mycket stora negativa konsekvenser	Med eventuella skyddsåtgärder kvarstår en betydande påverkan. Exempelvis: <i>Irreversibla skador på miljöaspekten uppstår och unika värden försvinner, risk för olägenhet av betydelse för människors hälsa.</i>
Stora negativa konsekvenser	Med eventuella skyddsåtgärder kvarstår en viss påverkan av betydelse. Exempelvis: <i>Vissa skador på miljöaspekten uppstår och värdet minskar, risk för viss olägenhet för människors hälsa.</i>
Måttliga negativa konsekvenser	Med eventuella skyddsåtgärder kvarstår en viss påverkan. Exempelvis: <i>Mindre skador på miljöaspekten uppstår, risk för viss olägenhet för människors hälsa.</i>
Små negativa konsekvenser	Med eventuella skyddsåtgärder kvarstår en liten påverkan. Exempelvis: <i>Miljöaspektens värden påverkas tillfälligt och/eller i begränsad omfattning eller kan antas accepteras enligt gällande regelverk och rekommendationer.</i>
Inga/försumbara konsekvenser	Med eventuella skyddsåtgärder sker ingen eller en ytterst begränsad påverkan. Exempelvis: <i>Miljöaspektens värde ändras inte alls eller endast i mindre och/eller obetydlig grad.</i>
Positiva konsekvenser	Med eventuella skyddsåtgärder sker en positiv påverkan. Exempelvis: <i>Förutsättningarna för miljöaspekten förbättras och värdet förstärks.</i>

Konsekvensbedömningarna kompletteras där relevant med en skattning av säkerhet i bedömningen med avseende på det ingående underlaget. Säkerheten kan vara låg, måttlig eller stor, enligt Tabell 6-4.

Tabell 6-4. Säkerhet i bedömningar görs enligt kriterier som beskrivs i tabellen. Tabell från Bilaga 7 Marinbiologisk underlags- och konsekvensutredning.

Säkerhet i bedömning	Beskrivning
Stor	Vetenskapen, i form av studier och litteratur eller övriga väletablerade källor, ger god grund för en vetenskapligt grundad bedömning med stor säkerhet.

Säkerhet i bedömning	Beskrivning
Måttlig	Det finns brister eller förekommer stor variation, beroende på sammanhang, i de studier som utgör underlag för bedömningen. Dock finns det fortfarande studier som anknyter och kan användas som grund för bedömningen med måttlig säkerhet.
Låg	Underlag för bedömningen saknar helt eller delvis relevanta studier eller litteratur för sammanhanget varvid bedömningen delvis grundar sig på exempelvis ämnesexpertis. Således blir säkerheten i bedömningen låg.

6.3 Övriga bedömningar

För ett antal aspekter har bedömningsmetoder använts som inte följer metodiken i avsnitt 6.2.

För riksintressen görs en bedömning av om verksamheten kan leda till att det på riksintressets utpekade värden uppkommer en bestående påverkan som motverkar riksintressets syfte. Påverkan på riksintressen vägs in i konsekvensbedömningarna för respektive intresse.

För Natura 2000-områden görs en bedömning av påverkan på områdets bevarandestatus. Det innebär att en bedömning görs utifrån om verksamheten riskerar att skada de naturtyper som avses att skyddas, samt innebär en störning som på ett betydande sätt kan försvåra bevarandet av de arter som skyddas.

Bedömningar av påverkan enligt havsmiljödirektivet genomförs. En bedömning görs av hur verksamheten kan komma att påverka miljöstatus samt om verksamheten kan komma att påverka förutsättningarna att följa miljö kvalitetsnormerna för havsmiljö.

Risk för olycka bedöms som en kombination av sannolikheten för att en olycka inträffar och konsekvensen av olyckan. Risk klassificeras som acceptabel eller ej acceptabel, avsnitt 12.1.

Bedömning av gränsöverskridande påverkan, det vill säga hur relevanta miljöaspekter i närliggande länder påverkas, följer metodiken i avsnitt 6.2.

6.4 Avgränsningar

6.4.1 Avgränsning i sak

Miljökonsekvensbeskrivningen omfattar vindparkens samtliga anläggningsdelar inom projektområdet, inklusive det interna kabelnätet.

6.4.1.1 Miljöeffekter

Verksamhetens förväntade miljöeffekter utgörs av undervattensbuller, suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter, habitatförändring och reveffekt, barriäreffekt, kollisionrisk, elektromagnetiska fält, visuell effekt, undanträngningseffekt samt fysisk störning på havsbotten, se avsnitt 7.1.

Luftburet buller, strömningspåverkan/hydrografisk effekt, skuggning, förändrat fisketryck, föroreningar från anoder samt spridning av invasiva arter bedöms inte medföra några miljökonsekvenser av betydelse. Dessa har därför avskrivits vilket beskrivs i avsnitt 7.2. De behandlas därefter inte vidare.

6.4.1.2 Näringar

Konsekvensbedömning görs för näringarna yrkesfiske, sjöfart, luftfart samt för försvaret.

Näringar kopplade till naturresurser har inte bedömts förekomma inom projektområdet varför bedömningar kring eventuell påverkan på sådana inte görs i denna miljökonsekvensbeskrivning. Underlag för denna bedömning utgörs bland annat av havsplanerna vilka anger att det idag inte bedrivs sandutvinning inom eller i närområdet till projektområdet (Havs- och Vattenmyndigheten, 2022). Projektområdet är inte heller beläget inom område där förutsättningar för utvinning av marin sand och grus finns (SGU, 2017). Projektområdet bedöms vidare inte utgöra ett möjligt område för koldioxidlagring (Havs- och Vattenmyndigheten, 2022).

6.4.1.3 Miljöaspekter

Miljökonsekvensbedömningar genomförs för miljöaspekterna bottenfauna, fisk, marina däggdjur, fåglar, fladdermöss, Natura 2000, kulturmiljö samt landskapsbild.

Miljöaspekterna bottenvegetation, landbaserad kulturmiljö samt friluftsliv och rekreation har avgränsats bort.

Bottenvegetation begränsas av den fotiska zonen, det vill säga det djupintervall som solens strålar når och där fotosyntetiserande liv därmed kan finnas eller etableras. Under optimala förhållanden i Östersjön har man kunnat uppskatta att den fotiska zonen kan sträcka sig ner till 30 meters djup, men under mer normala förhållanden i Bottenhavet uppskattas den fotiska zonen ligga kring 20 meter. Utifrån djupförhållandena inom projektområdet (30 till 80 meter) antas att bottenarean som ligger inom den fotiska zonen utgör cirka 0,5 av totala 640 kvadratkilometer och bedöms därmed som försumbar (Bilaga 7). Bottenvegetation behandlas därför inte vidare i miljökonsekvensbeskrivningen.

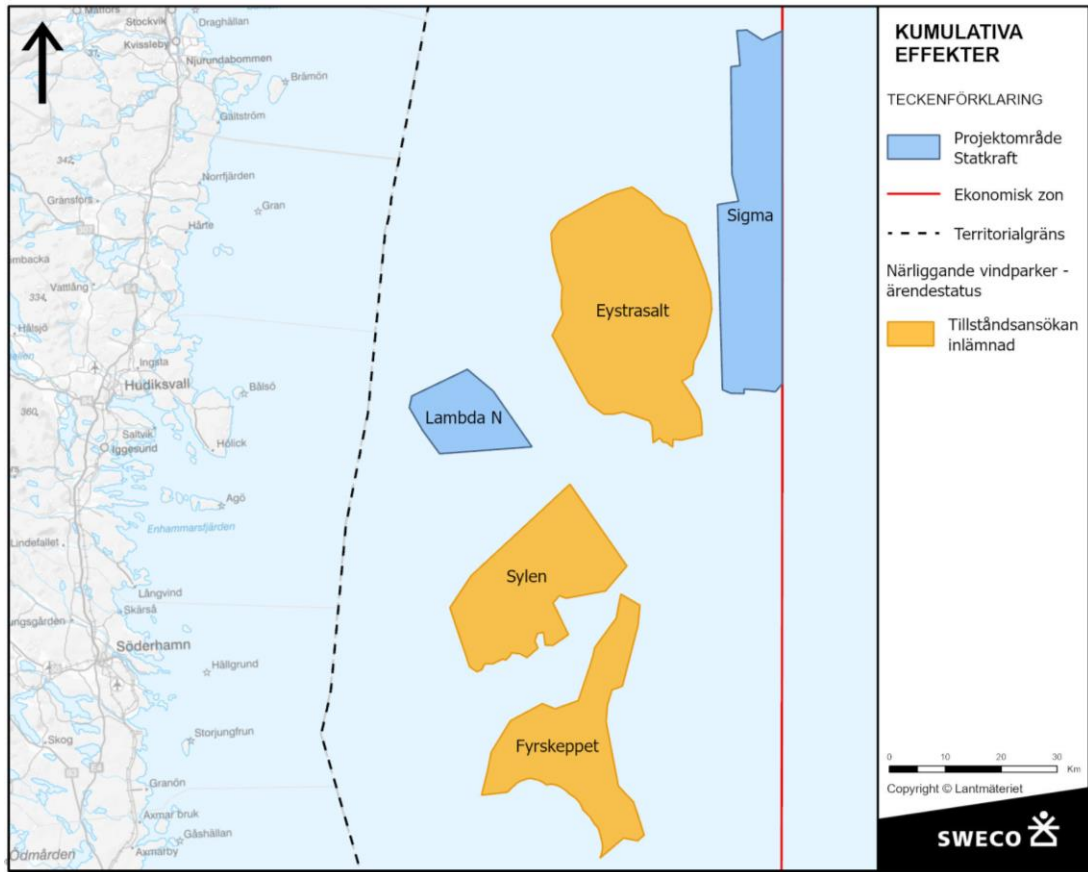
Längs Västernorrlands och Hälsinglands kust finns flertalet områden med höga kulturmiljövärden, som potentiellt kan påverkas av en vindpark. Utifrån det stora avståndet mellan kulturmiljövärdena längs kusten och vindparken bedöms inga visuella effekter uppstå. Landbaserad kulturmiljö behandlas därför inte vidare i miljökonsekvensbeskrivningen.

Projektområdet för vindpark Sigma ligger långt ifrån kusten och används inte för friluftsliv och rekreation i någon nämnvärd utsträckning. Fritidsbåtar förekommer mest utefter kusten och det förväntas inte finnas något betydande fritidsfiske i området (EMODnet, 2024). Friluftsliv och rekreation behandlas därför inte vidare i miljökonsekvensbeskrivningen.

6.4.1.4 Kumulativa effekter

Kumulativa effekter beskrivs under respektive näring och miljöaspekt. Generellt har kumulativa effekter bedömts relevanta att bedöma för befintliga, tillståndsgivna och planerade verksamheter inom 50 kilometers radie från vindpark Sigma. Inga befintliga eller tillståndsgivna vindparker finns inom detta område. De planerade vindparker som har tagits med i konsekvensbedömningen är de för vilka tillståndsansökan hade lämnats in i oktober 2024. Dessa vindparker är Eystrasalt Offshore (Skyborn), Vindpark Sylen (Sveavind Offshore) och Fyrskeppet Offshore (Skyborn) samt Bothnia

Offshore Lambda North (Statkraft) där tillståndsansökan är under arbete, se Figur 6-1.



Figur 6-1. Planerade vindparker i närheten av vindpark Sigma vilka har ingått i bedömningar av kumulativa effekter. Fler utvecklare planerar vindparker inom havsområdet, både inom territorialvatten och svensk ekonomisk zon. Kartan är framtagen i oktober 2024.

Bedömningarna utgår ifrån tidplanerna för ovan nämnda vindparker, se Tabell 6-5.

Tabell 6-5. Planerade vindparker i närheten av vindpark Sigma, vilka har ingått i bedömningar av kumulativa effekter.

Planerad vindpark	Ansökan inlämnad (år)	Planerad byggstart (år)	Planerad driftstart (år)	Yta (km²)	Maximalt antal vindkraftverk	Avstånd från Sigma (km)
Sigma	-	2032	2034/35	640	143	-
Eystrasalt	2023	2030	2035	949	256	1,5
Sylen	2024	2030	2033	524	347	32
Fyrskippet	2023	2027	2029	488	187	41
Lambda North	-	2032	2034	200	74	35

Andra verksamheter som sjöfart, yrkesfiske och försvaret har avgränsats från den kumulativa bedömningen.

Projektområdet har anpassats till sjöfarten och är beläget utanför områden av riksintresse för sjöfart samt fartygsstråk. En viss ökning av fartygstrafik i projektområdets närhet förväntas i form av anläggnings- och underhållsfartyg under vindparkens livstid. Ökningen bedöms som liten i förhållande till befintlig fartygstrafik i området och de kumulativa effekterna som obetydliga. De behandlas därmed inte vidare i miljökonsekvensbeskrivningen.

Det närmaste området av riksintresse för yrkesfiske, *Finngrundens bankar* (RI YF 3 HP), är beläget cirka 70 kilometer från vindpark Sigma. Yrkesfiske bedrivs i mycket begränsad omfattning inom projektområdet. Vidare kommer layouten i vindparken tillåta att fiskebåtar passerar vilket gör att vindparken inte heller begränsar möjligheten till yrkesfiske i närområdet. Det innebär att de potentiella kumulativa effekterna av ett ändrat fisketryck inom eller nära vindparken bedöms som obetydliga. De behandlas därmed inte vidare i miljökonsekvensbeskrivningen.

Försvarets sjöövningsområde *Härnös skjutfält* (TM0310) är beläget cirka 20 kilometer från planerat projektområde. Kumulativa effekter avseende undervattensbuller skulle potentiellt kunna uppstå om Försvarmakten övar samtidigt som vindpark Sigma anläggs. De potentiella kumulativa effekterna bedöms dock, på grund av det stora avståndet, som obetydliga varför de inte behandlas vidare i miljökonsekvensbeskrivningen.

6.4.2 Geografisk avgränsning

Miljökonsekvensbeskrivningen avgränsas geografiskt generellt av projektområdet för den planerade vindparken. Påverkan kan dock variera och sträcker sig för vissa miljöeffekter utanför projektområdet. Det gäller exempelvis sedimentspridning och undervattensbuller under anläggningsskedet.

6.4.3 Avgränsning i tid

Miljökonsekvensbeskrivningen avgränsas till verksamhetens tre faser, anläggning (tre–fyra år), drift (40–45 år) och avveckling (två–tre år).

7 Förväntade miljöeffekter

I detta kapitel beskrivs de miljöeffekter som förväntas uppkomma till följd av den planerade verksamheten. De miljöeffekter som är försumbara har samlats i ett eget avsnitt (7.2) och konsekvensbedöms inte.

De bedömda miljöeffekterna beskrivs nedan i avsnitt 7.1 och Tabell 7-1.

7.1 Bedömda miljöeffekter

Tabell 7-1. Tabellen sammanfattar de miljöeffekter som uppkommer i samband med verksamheten tillsammans med *worst case*-scenario för varje miljöeffekt. Som mottagare listas de miljöaspekter och näringar som berörs.

Miljöeffekter	Worst case	Mottagare
Undervattensbuller	Pålning av monopilefundament, maximalt antal vindkraftverk (143)	Bottenfauna Fisk Marina däggdjur
Suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter	Nedspolning av 450 kilometer kabel (jet trenching) Borring av fackverksfundament (borrkax släpps vid ytan)	Bottenfauna Fisk Marina däggdjur
Habitatförändring och reveffekt	Hela projektområdet byggs ut (640 kvadratkilometer) med maximal totalhöjd (370 meter)	Bottenfauna Fisk Marina däggdjur
Barriäreffekt	Hela projektområdet byggs ut (640 kvadratkilometer) med maximal totalhöjd (370 meter) och maximal rotordiameter (350 meter)	Fågel
Kollisionsrisk	Hela projektområdet byggs ut (640 kvadratkilometer) med maximal totalhöjd (370 meter) och maximal rotordiameter (350 meter)	Fågel Fladdermöss
Elektromagnetiska fält	Maximal längd av undervattenskablar, 450 kilometer	Bottenfauna Fisk

Miljöeffekter	Worst case	Mottagare
Visuell effekt	Maximalt antal vindkraftverk (143) och maximal totalhöjd (370 meter)	Kulturmiljö, Landskapsbild
Undanträngningseffekt	Hela projektområdet byggs ut (640 kvadratkilometer) med maximal totalhöjd (370 meter)	Yrkesfiske, Sjöfart, Luftfart, Försvaret, Fågel
Fysisk störning på havsbotten	Hela projektområdet byggs ut (640 kvadratkilometer), maximal längd av undervattenskablar (450 kilometer)	Marinarkeologi

7.1.1 Undervattensbuller

Vindparken ger upphov till undervattensljud under alla faser av dess livslängd. Under anläggningsskedet är det framför allt förankring av bottenfasta fundament som alstrar undervattensbuller men även i viss mån nedläggning av internkabelnätet. Under driftsfasen alstras ljud från vindkraftverkens rotorblad, i form av ett aerodynamiskt svischande ljud ovan vattenytan. Undervattensljud uppstår även under avvecklingsfasen då parken monteras ned och delar transporteras bort.

Sweco har tagit fram en underlagsutredning för undervattensljud där beräkningar av ljudutbredning genomförts, utredningen finns i sin helhet i Bilaga 6.

Några viktiga begrepp som används i utredningen samlas i Tabell 7-2.

Tabell 7-2. Begreppsförklaringar relaterat till undervattensbuller.

Begrepp	Förklaring
Källstyrka	Ljudnivå eller source level (SL)
SEL (Sound Exposure Level)	Ljudexponeringsnivå antingen för en enskild impuls (SEL _{ss}) eller kumulativt för flera pulser (SEL _{cum}).
L _{peak}	Toppvärdet av ett enskilt ljud. Den högsta enskilda impulsen under ett pålningslag mätt från noll till topp. Det tenderar för pålningsljud att vara 20–25 dB högre än SEL för samma slag.
TTS (Temporary Threshold Shift)	Tillfällig hörselskada
PTS (Permanent Threshold Shift)	Permanent eller återhämtningsbar (över längre tid än 24 timmar) hörselskada.
Oviktade och viktade ljudnivåer	Oviktade ljudnivåer är summan av ljudnivån för respektive frekvens över angivet frekvensintervall utan filter. För viktade ljudnivåer används ett vägningsfilter för att efterlikna känsligheten hos mottagarens hörselsystem.
PCW-viktad ljudnivå	Viktning för sälars hörsel görs med hjälp av ett PCW-filter (phocid carnivores in water) som beskriver sälars ljudkänslighet

7.1.1.1 Anläggnings- och avvecklingsfas

Anläggning av bottenfasta fundament för vindkraftverk kan ske genom olika tekniker, däribland monopiles, fackverksfundament eller gravitationsfundament. För en konservativ bedömning används förutsättningar som motsvarar *worst case*, vilket i detta fall innebär att anläggande sker genom pålning av monopilefundament på hårdast möjliga underlag och under en period på året då ljudutbredning i vattenmassan är relativt hög.

Förutsättningar

Hur ljud sprider sig i vatten beror på vattnets densitet, vilken i sin tur påverkar ljudets hastighet. Dessutom påverkas ljudutbredningen av vattnets temperatur och salthalt. Ljudutbredningen är högre under vinterförhållanden varför den ljudutbredningsprofilen är *worst case*. Dock är det inte troligt att pålning kommer att ske under vintermånaderna, varför en ljudhastighetsprofil viktad som två tredjedelar vinter och en tredjedel sommar har använts för beräkningarna.

En mjuk botten absorberar ljud och leder till en högre grad av dämpning medan en hård botten reflekterar ljud. Botten inom projektområdet har kartlagts av SGU (Statens Geologiska Undersökning) ned till ett djup av sex meter. Enligt denna kartläggning består botten av lera och sand. Då uppgifter för större djup saknas antas konservativt att botten består av berg sex meter under ytan.

Det finns olika sätt att reducera ljudnivåerna från pålning. Ett exempel på bullerdämpningsåtgärd är en dubbel bubbelgardin, så kallad DBBC (*Double Big Bubble Curtain*) som reducerar bullerpåverkan genom luftbubblor som stiger upp ur perforerade slangar som omger pålningen i dubbla ringar.

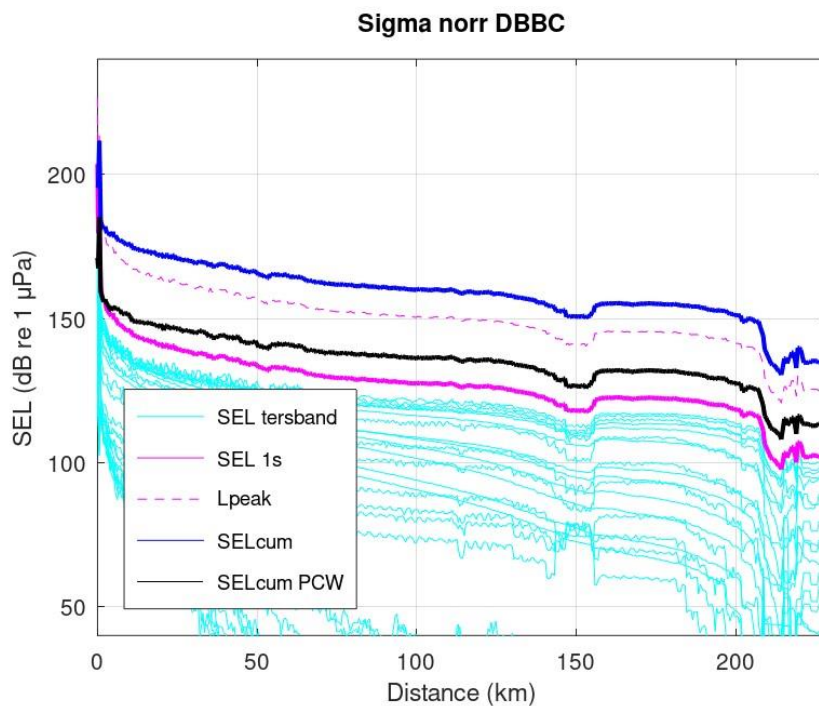
Bolaget åtar sig att använda bullerdämpande åtgärder som minst motsvarar den dämpning som uppnås vid bruk av dubbel bubbelgardin (DBBC) vid pålning av monopiles. Pålningen kommer också att starta med soft start och en ramp-up period, vilket innebär att pålning påbörjas med lägre slagstyrka under en viss tid, varefter slagstyrkan successivt ökas. Detta ger djuren i närheten en möjlighet att förflytta sig bort från området innan pålningen startar med full effekt. Skulle framtida teknikutveckling medge att pålning vid installationstillfället kan genomföras med lägre källjud än vad som använts i beräkningarna i Bilaga 3 kan effekten av de ljuddämpande skyddsåtgärderna tillåtas reduceras som mest i motsvarande grad.

Beräkningsmetod

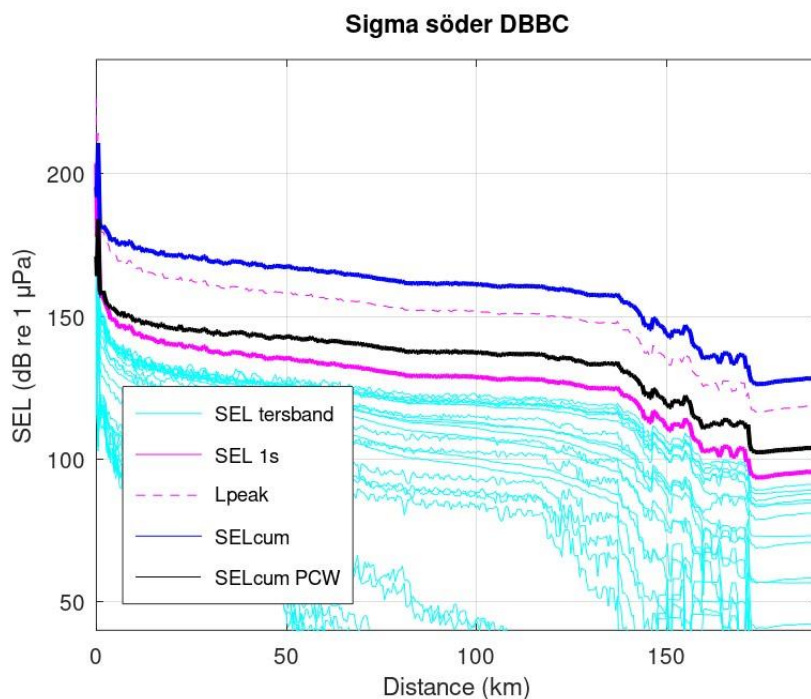
Beräkningarna utfördes i programmet dBSea version 2.4 från Marshall Day Acoustics. På grund av att projektområdet är långsmalt har två beräkningar gjorts, en med ljudkällan längst norrut och en med ljudkällan längst i söder. Beräkningen baseras på ett antagande att det tar sammanlagt fem timmar att slå ner en påle, varav första halvtimmen är en *ramp up*-period med successivt ökande slagstyrka. Ett antagande om djurs flykthastighet på 1,5 meter per sekund har använts.

Ljudutbredning

Utredningen har resulterat i beräkningar av ljudnivåer på olika avstånd från pålningen, vilka kan ses i Figur 7-1 för positionen Sigma norr och i Figur 7-2 för position Sigma söder. Figurerna visar ljudnivåer efter dämpning med dubbel bubbelgardin (DBBC). Diagrammen visar hur ljud minskar ju längre bort från källan mottagaren befinner sig.



Figur 7-1. Ljudnivåer på olika avstånd från pålning i position Sigma norr, inklusive dämpning med dubbel bubbelgardin. Den blåa linjen visar kumulativ ljudexponeringsnivå för strömming och den svarta viktat för marina däggdjur. Diagram från Bilaga 6 Undervattensakustikutredning.



Figur 7-2. Ljudnivåer på olika avstånd från pålning i position Sigma söder, inklusive dämpning med dubbel bubbelgardin. Blåa linjen är kumulativ ljudexponeringsnivå för strömming och den svarta viktat för marina däggdjur. Diagram från Bilaga 6 Undervattensakustikutredning.

7.1.1.2 Driftsfas

Havet har en bakgrunds nivå av ljud som beror på vind och sjöförhållanden. Normal bakgrunds nivå varierar med olika väderförhållanden mellan 108 och 114 dB (vid spegelblank sjö och måttlig sjögång). Den beräknade ekvivalenta ljudnivån under vatten från vindkraftverken är 106–111 dB vilket innebär att ljudet från vindkraftverken med största sannolikhet inte bidrar till höjning av bakgrunds nivån.

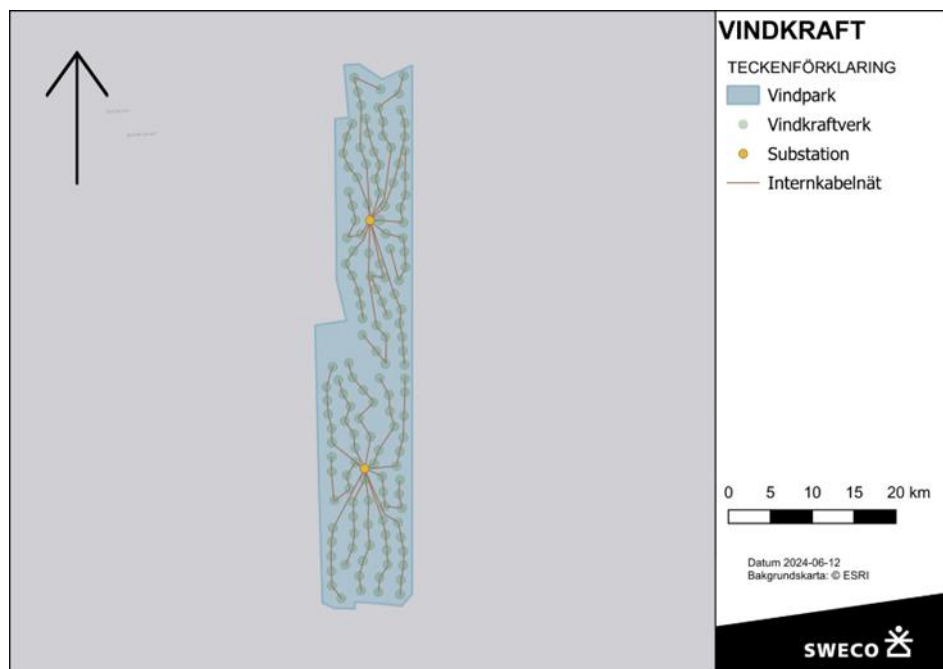
7.1.2 Suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter

Sweco har genomfört en modellering av sedimentspridning och sedimentpålagring, Bilaga 5. Under anläggningsfasen kan sediment röras upp från botten och partiklar suspenderas i vattenpelaren. De grumlande verksamheterna i samband med anläggningsfasen är nedläggning av internkabelnät och anläggning av fundament för vindkraftverk och transformatorstationer. Förutsatt att alla undervattensstrukturer tas bort vid avveckling av vindparken kan man utgå ifrån att liknande sedimentspridning sker även under avvecklingsfasen.

Under driftsfasen uppstår ingen nämnvärd sedimentsuspension varför driftsfasen inte behandlas vidare.

7.1.2.1 Sedimentspridning

Vid modellering av sedimentspridning har antagits att vindpark Sigma anläggs med 143 vindkraftverk och två transformatorstationer samt 450 kilometer internkabelnät, se Figur 7-3.



Figur 7-3. Föreslagen utformning av vindpark Sigma med 143 vindkraftverk, två transformatorstationer (substations) och 450 kilometer internkabelnät.

Då grundläggningstekniken är obestämmd i dagsläget, antas den grundläggningsmetod som genererar störst volym spillt sediment. Fundamenten antas vara av typen fackverksfundament med fyra ben. Grundläggningen görs genom borrar av en metallcylinder ned i havsbotten. Pålens diameter antas vara 4,5 meter och penetrationsdjupet 70 meter. Den totala borrhaxvolymen antas släppas vid havsytan för en konservativ beräkning.

Internkabelnätet antas spolras ner genom så kallad *jet trenching* vilket innebär att kabeln sänks ner i sedimenten med hjälp av vattentryck som skapar en kanal och sedan övertäcks med sediment som faller tillbaka till botten. Denna metod genererar förhållandevis mycket grumling och ses som ett *worst case-scenario* för kabelnedläggning.

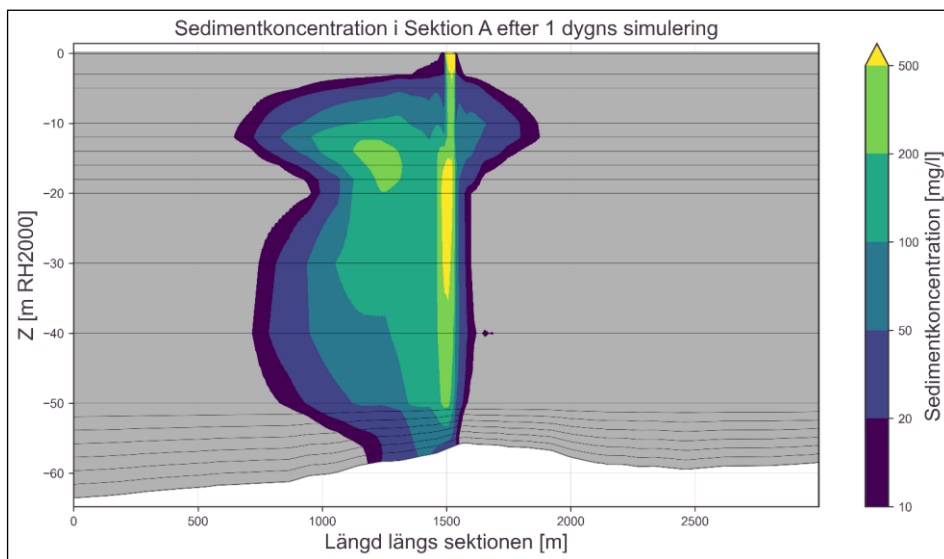
Sedimentsammansättningen har stor betydelse för hur stort område som potentiellt påverkas av grumlande verksamhet. Grövre kornstorlekar faller snabbt till botten och återfinns därför endast i direkt anslutning till det område där grumling orsakas. Detsamma gäller lerpartiklar som sammanfogas till större aggregat och faller snabbt till botten. Den fraktion som kan spridas längst är silt då partiklarna är små och faller långsamt och därför hålls suspenderade i vattnet under lång tid. I sedimentrapporten antogs en kornstorleksfördelning utifrån SGU:s jordartsklassificering. Under våren 2024 togs sedimentprover och resultatet från dessa överensstämde i stort med kornstorleksfördelningen som ingick i spridningsmodelleringen. Att utföra en ny modellering förväntades ge motsvarande resultat, varför en ny inte gjordes.

På grund av stor datamängd och tidskrävande databehandling genomfördes simuleringen för endast en del av vindparken, åtta fundament och 67 kilometer internkabel. Detta bedömdes vara ett representativt underlag för att modellera sedimentspridningen från anläggandet av hela vindparken. Simuleringen har därmed omfattat cirka 7,4 % av den beräknade mängden sedimentspill från anläggandet. Resultatet har sedan extrapolerats för att få fram värden för sedimentspridning för hela vindparken.

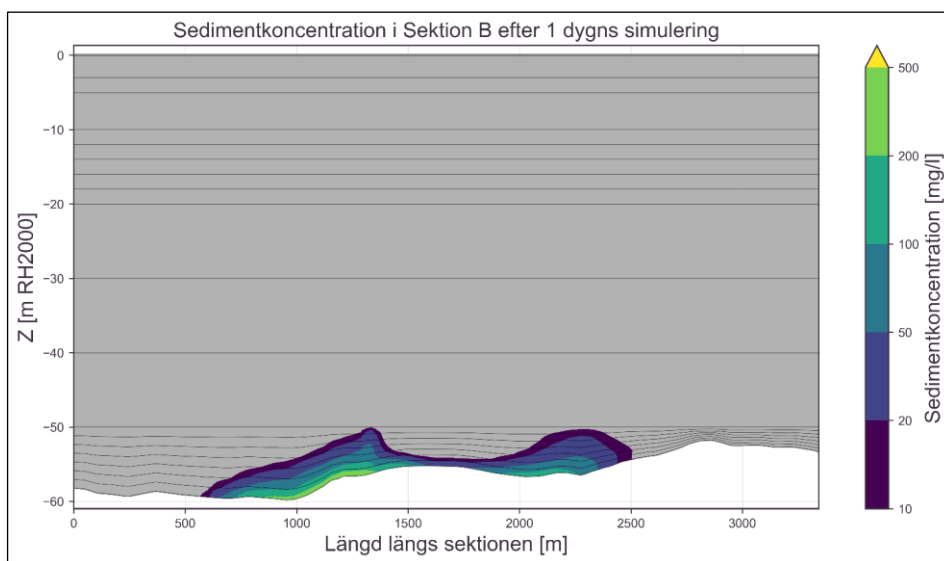
Området för sedimentspridningsberäkningen var geografiskt avgränsat till ett område 25 kilometer runt vindpark Sigma, se Figur 7-12 nedan. Simuleringen har utförts för sommarperioden då det ger mer konservativa resultat. Strömhastigheterna för olika årstider har jämförts och det visar att sommarperioden har lägre strömhastigheter vilket är förknippat med högre sedimentkoncentrationer.

Resultatet av simuleringen presenteras genom sedimentkoncentrationer på utvalda platser efter olika tidsperioder, ett dygn, sju dygn och 21 dygn. I Figur 7-4 ses den totala sedimentspridningen efter ett dygn vid borrar av fundament. Då borrhax släpps vid ytan återfinns sediment i hela vattenpelaren med störst koncentration intill borrarningen där en stor del sjunker lodrätt. Högst koncentration återfinns mellan 20 och 30 meter under vattenytan.

Längre ner i Figur 7-5 ses sedimentspridningen efter ett dygn vid spolning av kabelkorridoren. Högst koncentrationer finns där sedimentet släpps och längs botten.

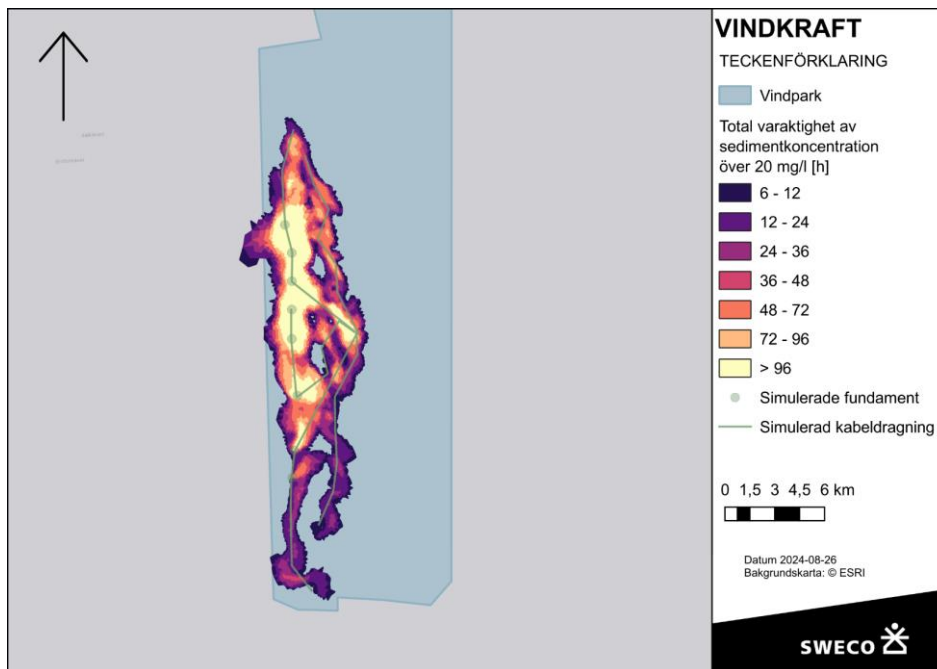


Figur 7-4. Figuren visar sedimentspridningen från borrhning av fundament där borrhkax släpps vid ytan, efter ett dygns simulering.

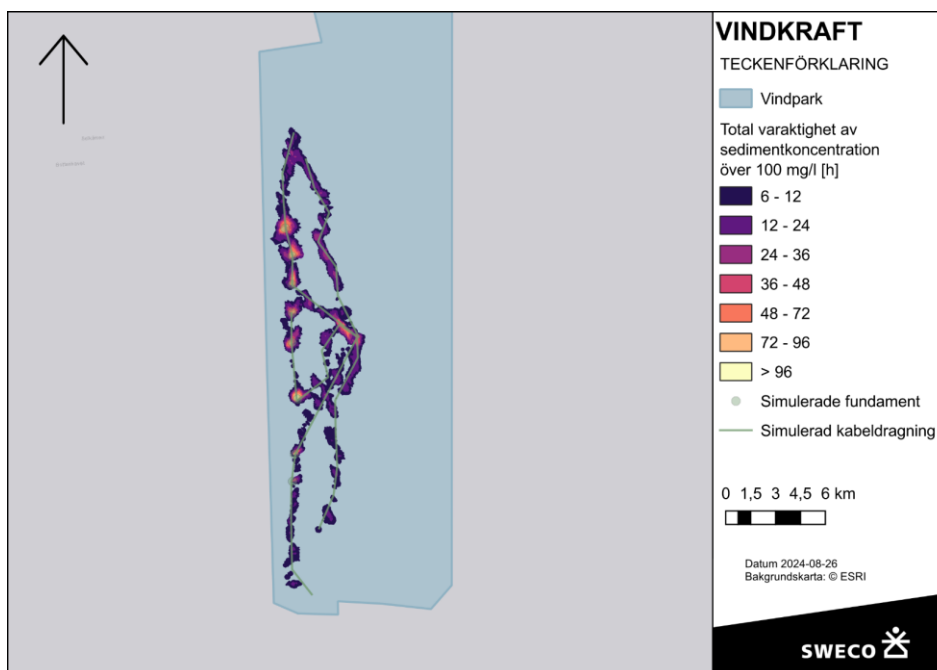


Figur 7-5. Figuren visar sedimentspridningen från nedspolning av kabel, efter ett dygns simulering. Rapporten presenterar även varaktighetskartor där totala varaktigheter av olika koncentrationer visas. I Figur 7-6 och Figur 7-7 ses exempel på varaktighetskartor som visar hur länge koncentrationerna 20 mg/l respektive 100 mg/l, varar i vattenpelaren.

Kartorna visar dock inte vilka djup koncentrationerna återfinns på, det vill säga en sjunkande sedimentplym kan visas som en lång varaktighet utan hänsyn till varaktigheten på de olika djupen.



Figur 7-6. Total varaktighet av sedimentkoncentrationer över 20 mg/l någonstans i vattenpelaren under sommarscenariot.



Figur 7-7. Total varaktighet av sedimentkoncentrationer över 100 mg/l någonstans i vattenpelaren under sommarscenariot.

Modellsценariot täcker bara in 7,4 % av det totala förväntade sedimentutsläppet. För att uppskatta det totala utsläppet har en extrapolering genomförts.

En linjär extrapolering av samtliga värden skulle ha gett mycket överskattade ytor för den lägsta presenterade sedimentkoncentrationen >20 mg/l då olika sedimentplymer för denna koncentration överlappar. I stället utgick extrapoleringen från längsta avstånd från projektområdet. Detta ger ett största påverkat område på 990 kvadratkilometer där sedimentkoncentrationen överstiger 20 mg/l.

I Tabell 7-3 ses extrapolerade utbredningsområden gällande hela vindparken för sedimentkoncentrationerna 20, 100, 500 och 1000 mg/l för olika varaktigheter mellan en och 312 timmar. Värdena gäller någonstans i vattenpelaren.

Tabell 7-3. Extrapolerade utbredningsområden med koncentrationer över 20, 100, 500 och 1000 mg/l någonstans i vattenpelaren för totala varaktigheter över valda tidsspann.

Varaktighet	Timmar	1	6	12	24	36	72	144	312
Konc. >20 mg/l	[km²]	989,64	821,75	730,85	544,70	420,95	222,84	70,35	0,00
Konc. >100 mg/l	[km²]	714,77	463,21	231,67	72,09	35,16	5,53	0,00	0,00
Konc. >500 mg/l	[km²]	107,65	17,18	1,35	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
Konc. >1000 mg/l	[km²]	21,91	2,03	0,27	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00

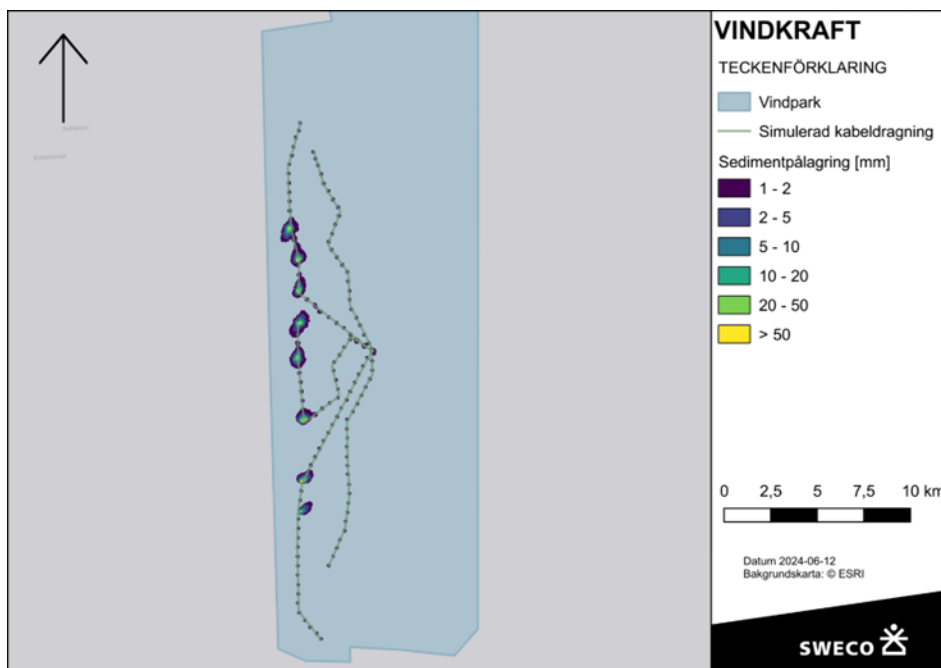
I Tabell 7-4 ses utbredningsområden gällande hela vindparken för olika sedimentkoncentrationer och olika varaktigheter avseende havsbotten. Observera att de två olika extrapoleringsmetoderna resulterar i att koncentrationen 100 mg/l visar på ett större utbredningsområde än 20 mg/l vid kort varaktighet.

Tabell 7-4. Extrapolerade utbredningsområden med koncentrationer över 20, 100, 500 och 1000 mg/l vid havsbotten för totala varaktigheter över valda tidsspann.

Varaktighet	Timmar	1	6	12	24	36	72	120	192
Konc. >20 mg/l	[km²]	640,24	518,73	446,96	296,76	194,39	62,46	8,15	0,00
Konc. >100 mg/l	[km²]	655,86	403,94	164,89	27,07	8,22	0,13	0,00	0,00
Konc. >500 mg/l	[km²]	106,95	16,68	1,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Konc. >1000 mg/l	[km²]	21,71	1,84	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

7.1.2.2 Sedimentpålagring

Simulering har även gjorts för sedimentpålagring. Resultaten visar störst pålagring vid de borrade fundamenten, där grumlande verksamhet pågår under längst tid. I Figur 7-8 ses sedimentpålagring vid de åtta fundamenten samt längs de 67 kilometer kabel som simulerats.



Figur 7-8. Beräknad ackumulerad pålagring vid simuleringsperiodens slut.

En beräkning av sedimentpålagringens mäktighet på olika avstånd från den grumlande verksamheten har sammanställts i Tabell 7-5.

Tabell 7-5. Beräknade pålagringar i anslutning till fundament och kabelkorridor.

Pålagring (mm)	Största avstånd från fundament (m)	Största avstånd från kabelkorridor (m)
<5	760	100
5–10	450	50
10–20	360	30
20–50	230	-
>50	130	-

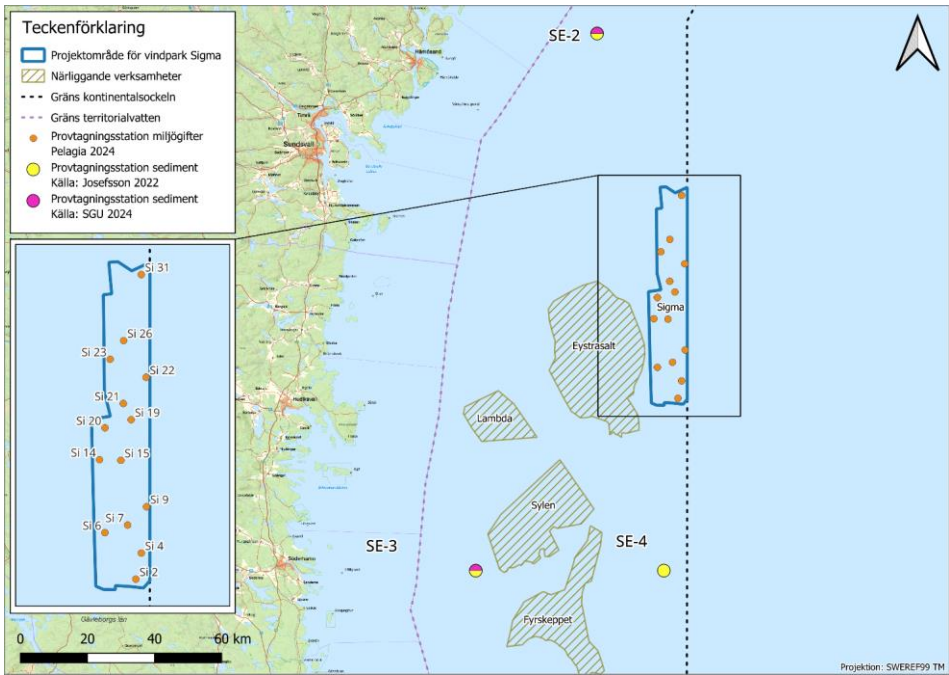
Sammantaget kan konstateras att sedimentpålagring överskridande tio millimeter förekommer inom ett avstånd av 30 meter från kabelspolningen och 360 meter från fundamenten. En extrapolerad beräkning för sedimentpålagring för hela vindparken visar att sedimentpålagring överskridande tio millimeter beräknas påverka en yta av 14,33 kvadratkilometer, vilket motsvarar 2,24 % av projektområdets totala yta. För sedimentpålagring överskridande 50 millimeter är den totala påverkade ytan 1,25 kvadratkilometer motsvarande 0,2 % av projektområdets totala yta.

7.1.2.3 Miljögifter

Det finns en risk att eventuella miljögifter i sedimenten kan frigöras och spridas till omgivande områden. Anläggningsfasen tillför inte några nya föroreningar eller miljögifter. Eventuell spridning under anläggningsfasen härleds till spridning av sediment med redan förekommande miljögifter. Eventuell påverkan under anläggningsfasen förväntas därmed bli som störst vid arbeten som

orsakar störst grumling, nämligen etablering av fundament och internkabelnät, och där högre halter av miljögifter redan förekommer.

Sediment från 14 provtagningsstationer inom projektområdet har analyserats för att fastställa förekomsten av miljögifter, se Figur 7-9, se vidare i Bilaga 5 Sedimentspridning samt strömningspåverkan. Resultaten från analyserade prov har dels jämförts mot tidigare genomförda undersökningar i Bottenhavet, dels mot fastställda tröskelvärden och effektbaserade vetenskapliga studier. Totalt har 119 ämnen i ytsediment (0–5 centimeter) analyserats. För två stationer (Si 9 och Si 26) har även djupare sediment (15–25 centimeter) analyserats.



Figur 7-9. Provpunkter som ingått i Bolagets egna undersökningar inom projektområdet samt SGU:s undersökningar (Josefsson, 2022).

I Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter HVMFS 2019:25 finns tröskelvärden för sex av de analyserade ämnena avseende sediment, nämligen bly, kadmium, koppar, tributyltenn (TBT), antracen och flouranten, se Tabell 7-6. Inom havsförvaltningen används tröskelvärden främst för att bedöma havens miljöstatus, men eftersom tröskelvärdena grundar sig i ekotoxikologiska studier kan de även användas vid riskbedömning av påverkan på den akvatiska miljön. Ett underskridande av dessa tröskelvärden innebär att exponerade sedimentlevande organismer inte påverkas under akut eller långvarig exponering.

Tabell 7-6. Tröskelvärden i sediment i Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter HVMFS 2019:25.

Tröskelvärden	
Bly (mg/kg TS)	120
Kadmium (mg/kg TS)	2,3
Koppar (mg/kg TS)	52
Tributyltenn (µg/kg TS)	1,6
Antracen (mg/kg TS)	0,024

Fluoranten (mg/kg TS)	2
-----------------------	---

Utförda sedimentundersökningar inom vindpark Sigma visar en förekomst av låga halter av miljögifter. Kadmium, bly och fluoranten underskred fastställda tröskelvärden, medan antracen, TBT och koppar överskred fastställda tröskelvärden i flera prover, se Tabell 7-7.

Tabell 7-7. Halter milligram per kilo torrsubstans (mg/kg TS) av analyserade ämnen i sediment med tröskelvärden i HVMFS 2019:25. Torrsubstans är den mängd torrt material som återstår efter fullständig torkning av materialet. Grön färg indikerar halter som underskrider respektive ämnes tröskelvärde. Orange färg indikerar halter som överskrider respektive ämnes tröskelvärde. Observera att TBT redovisas i µg/kg.

Provtagningsstation	Djup (cm)	Halt (mg/kg TS)					
		Bly	Kadmium	Koppar*	TBT (µg/kg)	Antracen	Fluoranten
Si 2	0–5	3,9	<0,091	41,9	2,28 ^b	0,037 ^b	0,037 ^b
Si 4	0–5	4,6	<0,091	41,4 ^a	3,59 ^b	0,054 ^b	0,054 ^b
Si 6	0–5	19	0,1	26,2 ^a	1,09 ^b	0,011 ^b	0,011 ^b
Si 7	0–5	13	0,16	76,4 ^a	1,90 ^b	0,028 ^b	0,028 ^b
Si 9	0–5	13	0,11	27,7 ^a	1,35 ^b	0,014 ^b	0,014 ^b
Si 14	0–5	5,8	<0,091	68,8 ^a	3,14 ^b	0,049 ^b	0,049 ^b
Si 15	0–5	6,2	<0,091	48,3 ^a	2,38 ^b	0,040 ^b	0,040 ^b
Si 19	0–5	4,7	<0,091	32,1 ^a	2,90 ^b	0,044 ^b	0,044 ^b
Si 20	0–5	17	0,16	33,2 ^a	1,39 ^b	0,014 ^b	0,014 ^b
Si 21	0–5	14	0,2	79,2 ^a	1,84 ^b	0,023 ^b	0,023 ^b
Si 22	0–5	16	0,27	78,9 ^a	1,52 ^b	0,018 ^b	0,018 ^b
Si 23	0–5	18	0,22	46,3 ^a	1,37 ^b	0,015 ^b	0,015 ^b
Si 26	0–5	20	0,28	52,7 ^a	1,31 ^b	0,014 ^b	0,014 ^b
Si 31	0–5	18	0,29	94,3 ^a	1,52 ^b	0,017 ^b	0,017 ^b
Si 9	15–25	22	0,15	49,9 ^a	0,91 ^b	0,009 ^b	0,009 ^b
Si 26	15–25	22	0,22	124 ^a	1,48 ^b	0,017 ^b	0,017 ^b

*Halter normaliserade mot avvikande organisk kolhalt (TOC) halt enligt HVMFS 2019:25 innan jämförelse mot tröskelvärde. För uppmätta halter, se Bilaga 1 i den marinbiologiska underlags- och konsekvensutredningen (Bilaga 7).
^a Normaliserade halter där hänsyn tagits till naturlig bakgrundhalt 39 mg/kg.
^b Uppmätta halter under rapporteringsgräns. Vid jämförelse med tröskelvärde har rapporteringsgräns delat med två används. För uppmätta halter, se Bilaga 1 i den marinbiologiska underlags- och konsekvensutredningen (Bilaga 7).

Tröskelvärdena för koppar, TBT och antracen överskreds men halterna underskrider med god marginal de effekthalter som ligger till grund för tröskelvärdena. (SCHEER, 2023); (SCHEER, 2011). Därmed bedöms risken att halterna påverkar exponerade organismer som låg.

När det gäller övriga metaller och ämnen som saknar tröskelvärden har utvärdering av halter gjorts med hjälp av norsk effektbaserad klassificering av miljögiftshalter i sediment, se Tabell 7-8 (Miljødirektoratet, 2020). De flesta halterna motsvarar klass *bakgrund* eller *god*, med undantag för arsenik, zink och nickel vilka i vissa prover har klassificerats till *moderat*. Halten av arsenik

och zink underskred dock i samtliga punkter halter enligt ECHA vilka anses vara säkra för sedimentlevande organismer. För kobolt saknas jämförvärden, men uppmätta halter motsvarar allmänt förekommande halter i Bottenhavet i övrigt och bedöms inte utgöra någon risk.

Tabell 7-8. Uppmätta halter, milligram per kilo TS (mg/kg TS), av metaller utan tröskelvärden i analyserade sedimentprover från vindpark Sigma. Klassificering: blå färg = *Bakgrund*, grön färg = *God*, gul färg = *Moderat*, vit färg = *klassificering saknas* (Miljødirektoratet, 2020). Tabell från Bilaga 7, Marinbiologisk underlags- och konsekvensutredning (Pelagia).

Prov-tagnings-station	Djup (cm)	Halt (mg/kg TS)								
		Aluminium	Arsenik	Barium	Kobolt	Krom	Kvicksilver	Nickel	Vanadin	Zink
Si 2	0–5	7700	2,2	40	4,2	14	<0,046	9,6	11	24
Si 4	0–5	6900	2,9	280	4,4	38	<0,046	10	17	32
Si 6	0–5	20 000	21	200	17	56	<0,046	31	50	99
Si 7	0–5	14 000	21	400	27	41	<0,046	34	41	80
Si 9	0–5	18 000	12	140	14	46	<0,046	26	41	80
Si 14	0–5	8100	6,6	300	7,0	31	<0,046	14	21	37
Si 15	0–5	9800	3,4	310	5,2	38	<0,046	12	20	36
Si 19	0–5	6800	7,3	390	6,3	32	<0,046	10	16	32
Si 20	0–5	22 000	29	270	22	54	<0,046	37	60	110
Si 21	0–5	24 000	15	320	19	56	<0,046	37	59	100
Si 22	0–5	30 000	13	430	23	65	<0,046	44	66	120
Si 23	0–5	25 000	29	600	24	65	<0,046	44	69	130
Si 26	0–5	30 000	14	350	30	63	<0,046	52	65	130
Si 31	0–5	30 000	10	310	23	78	<0,046	49	79	140
Si 9	15–25	44 000	12	230	24	85	<0,046	55	86	160
Si 26	15–25	41 000	7,4	240	26	92	<0,046	59	94	170

Organiska miljögifter har uppmätts i låga halter inom projektområdet, vilket också motsvarar tidigare uppmätta halter i Bottenhavet (Josefsson, 2022). Uppmätta värden har samlats i Tabell 7-9. Gränsvärden för PFAS saknas men de uppmätta halterna inom projektområdet är låga och bedöms inte orsaka påverkan på exponerade sedimentlevande organismer.

Tabell 7-9. Uppmätta halter, mikrogram per kilo TS (µg/kg TS), av PFOA, PFAS och sammanlagda halten av elva analyserade PFAS-kongener i sediment från vindpark Sigma samt från tidigare utförda sedimentundersökningar i närområdet (Josefsson, 2022). Grön färg indikerar halter klassificerade som God (Miljødirektoratet, 2020) . < indikerar halter under rapporteringsgränsen för laboratoriet. Tabell från Bilaga 7, Marinbiologisk underlags- och konsekvensutredning (Pelagia).

Provtagningstation	Djup (cm)	Halt (µg/kg TS)			
		PFOA (Perfluoroktan-syra)	PFOS (Perfluoroktan-sulfonsyra)	PFOS* (Perfluoroktan-sulfonsyra)	ΣPFAS 11
Si 2	0–5	0,052	0,072	0,53	0,84
Si 4	0–5	0,054	0,075	0,82	0,84

Si 6	0–5	0,22	0,17	0,37	1,49
Si 7	0–5	0,031	0,065	0,36	0,82
Si 9	0–5	0,31	0,43	1,19	1,93
Si 14	0–5	0,068	0,063	0,62	0,84
Si 15	0–5	0,037	0,052	0,41	0,80
Si 19	0–5	0,056	0,11	0,97	0,91
Si 20	0–5	0,15	0,22	0,61	1,49
Si 21	0–5	0,15	0,13	0,59	1,10
Si 22	0–5	0,19	0,21	0,75	1,34
Si 23	0–5	0,28	0,48	1,41	1,88
Si 26	0–5	0,43	0,52	1,44	2,22
Si 31	0–5	0,16	0,14	0,47	1,19
Si 9	15–25	<0,039	<0,039	0,036 ^a	0,94
Si 26	15–25	<0,033	<0,033	0,055 ^a	0,79
Josefsson (2022)	0–1				7–25
Miljödirektoratet (2020)	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
	Bakgrund	God	Moderat	Dålig	Mycket dålig
PFOA (µg/kg TS)		0–71			
PFOS (µg/kg TS)		0–0,23	0,23–72		

*Normaliserad mot TOC
a Vid normalisering har rapporteringsgränsen delat med två används som halt, i enlighet med EU kommissionens Direktiv 2009/90/EG

Sammantaget visar sedimentundersökningen på låga halter av miljögifter. Således bedöms risken som låg för att exponerade sedimentlevande organismer ska påverkas. Enligt framtagna beräkningar kommer dessutom det uppgrumlade sedimentet att återsedimentera inom 36 timmar, vilket innebär att exponeringen blir kortvarig.

7.1.3 Habitatförändring och reveffekt

Vid etablering av en havsbaserad vindpark tas bottenyta i anspråk och miljöerna genomgår en förändring från botten upp till havsytan genom introduktion av nya hårda strukturer. Mjuka bottenar går förlorade när de ersätts av hårda fundament och tillhörande erosionsskydd. Habitatförändring består under hela drifttiden för att slutligen upphöra när vindparken avvecklas och alla strukturer demonteras.

En del av habitatförändringen uppträder som en så kallad reveffekt. Den svenska marina bottenmiljön kan delas upp i två huvudtyper, hård- och mjukbotten. Hårdbottenar som kan utgöras av koraller, mineral eller konstgjorda material fungerar som revmiljöer. Dessa kan utgöra viktiga lek- och uppväxtområden för fisk och här är den biologiska mångfalden ofta hög. Havsbaserade vindparker kan fungera som artificiella rev genom att bidra med fasta strukturer i hela vattenkolumnen i form av fundament, erosionsskydd och

torn. De kan erbjuda skydd för fiskar och andra organismer och utgöra födosöks- och uppväxtplatser och därmed gynna bestånden.

7.1.4 Barriäreffekt

Med etablering av vindparken introduceras nya strukturer över havsytan. De planerade vindkraftverken är maximalt 370 meter höga med en maximal rotordiameter på 345 meter.

Etablering av en vindpark kan resultera i undvikandebeteende hos många fågelarter vilket innebär att fåglarna ändrar sina flygrutter för att undvika att flyga igenom vindparken vilken blir en barriär i landskapet. Det kan resultera i att migrationsrutter förlängs.

7.1.5 Kollisionsrisk

Rotorbladen kan snurra med en sådan hastighet att det kan vara svårt för fåglar eller fladdermöss att hinna väja för dem. Förekommer det fåglar eller fladdermöss i området kan de kollidera med de roterande bladen och skadas allvarligt eller dö. Kollisionsrisken kan också förstärkas av något som kallas ö-effekt eller attraktionseffekt vilket innebär att vindparker kan uppfattas som öar som fåglar uppfattar som attraktiva (Skov, o.a., 2016). Attraktionsvärdet utgörs dels av fundamenten där fåglar kan vila, dels är det en följd av reveffekten som lockar till sig fisk och därmed även lockar till sig fiskätande sjöfåglar (Dierschke, Furness, & Garthe, 2016).

Fladdermöss kan även råka ut för så kallad barotrauma om de flyger nära en roterande vindkraftsrotor. Barotrauma innebär skada på inre organ till följd av hastiga lufttrycksförändringar i omgivningen. Tryckfallet som uppstår bakom rotorbladet kan få blodkärl, lungor och trumhinnor att skadas allvarligt (Rydell, Ottvall, Pettersson, & Green, 2017).

7.1.6 Elektromagnetiska fält

De individuella vindkraftverken kopplas samman med ett internkabelnät för överföring av genererad ström. Nätet binds samman vid en eller flera transformatorstationer där elektriciteten transformeras till högspänning (HVDC) som sedan överförs till land genom anslutningskablar. Internkabelnätet kommer att vara nedlagt i botten där det är möjligt, alternativt övertäckt med erosionsskydd.

När ström alstras och transporteras via det interna kabelnätet och anslutningskabeln mot fastland uppstår ett elektromagnetiskt fält runt dem. Fältet avtar snabbt med avståndet från kabeln. Maximal övre gräns på magnetfältet rakt ovanför en kabel är cirka 15 μT , vilket sedan minskar med avståndet och ligger på cirka 1 μT fyra meter ifrån kabeln.

Det elektromagnetiska fältet kan ha en påverkan på fisk och bottenlevande organismer.

7.1.7 Visuell effekt

Vindparker till havs innebär tillkommande höga strukturer ovan vattenytan som kan vara synliga på långt håll. Synbarheten beror på flera olika faktorer som avstånd till parken, väderförhållanden och tid på dygnet.

7.1.7.1 Synbarhet

Tre huvudsakliga aspekter påverkar vindkraftverkens synlighet i dagsljus:

- 1. Jordens krökning avgör hur långt det är teoretiskt möjligt att se verken. Ett 330 meter högt vindkraftverk försvinner helt under horisontlinjen om det står 70 kilometer bort.
- 2. Sikten avgör den praktiska möjligheten att se vindkraftverken. Dis och dimma reducerar möjligheten att se vindkraftverk på stora avstånd.
- 3. Skaleffekten påverkar hur upplevelsen av ett vindkraftverk på långt håll blir. Ett 330 meter högt vindkraftverk på 50 kilometers avstånd motsvarar exempelvis upplevelsen av en 16,5 meter hög flaggstång på 2,5 kilometers avstånd, eller ett fem millimeter långt hårstrå på armlängds avstånd.

Figur 7-10 nedan visar exempel på hur vindkraftverk upplevs på olika avstånd vid klar sikt.



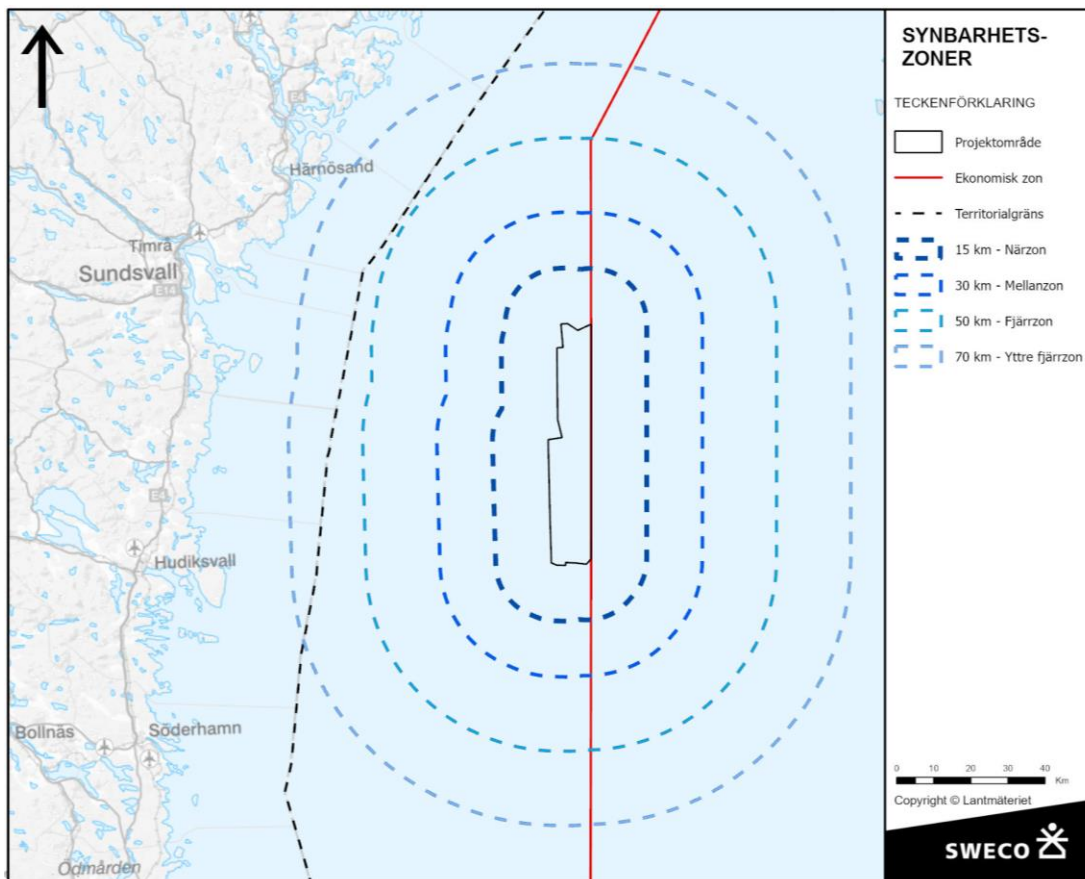
Figur 7-10. Figuren visar genom fotomontage hur ett 370 meter högt vindkraftverk upplevs på varierande avstånd (15–60 kilometer). Sikten är klar och betraktaren står 28 meter över havsnivån. De röda cirkelarna i nedre bilden representerar rotorbladen. Bild från Bilaga 10.

Som ett stöd för analysen har avståndet till vindparken delats in i olika zoner, dessa är närzon, mellanzon, fjärrzon, yttre fjärrzon samt icke synbar zon. En definition av zonerna kan ses i Tabell 7-10 och en illustration i Figur 7-11.

Tabell 7-10. Synbarhetszoner, hur stor del av verken som syns ovan horisonten beror också till viss del på vilken höjd betraktaren befinner sig på.

Zon	Avstånd	Beskrivning
Närzon	0–15 km	Vindparken är väl synlig och dominerar det visuella intrycket. Effekten förstärks av vindkraftverkens rörliga delar.
Mellanzon	15–30 km	Vindparken är synlig, men andra element inom synfältet kan konkurrera om uppmärksamheten.
Fjärrzon	30–50 km	Vindparken syns till viss del men det är beroende av goda väderförhållanden. Delar av verken döljs bakom horisonten på grund av jordens krökning

Yttre fjärrzon	50–70 km	Vindparken syns i mycket begränsad omfattning. Synbarheten är beroende av optimala väderförhållanden och god syn. Stora delar av verken döljs bakom horisonten på grund av jordens krökning.
Icke synbar zon	70 km och uppåt	Vindparken kan inte ses med blotta ögat på grund av avståndet. Jordens krökning gör att verken till största del döljs bakom horisonten.



Figur 7-11. Karta över projektområdet samt synbarhetszonerna närzon, mellanzon, fjärrzon och yttre fjärrzon.

7.1.7.2 Hinderbelysning

Hinderbelysningen är framför allt synlig i mörker samt under gryning och skymning. Vindkraftverken behöver utrustas med belysning av säkerhetsskäl. Enligt *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2020:88) om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan* ska vindkraftverk högre än 150 meter markeras med vit färg och utrustas med högintensivt vitt blinkande hinderljus ovanpå maskinhuset. Tornet ska markeras med minst tre lågintensiva ljus på halva höjden upp till nacellen för sjöfartssäkerheten. Då totalhöjden överstiger 315 meter kan ytterligare krav på hinderbelysning tillkomma. Vindkraftverken kommer att markeras enligt gällande föreskrifter vid tidpunkten för anläggandet.

7.1.8 Undanträngningseffekt

Etablering av vindparken innebär att ett 640 kvadratkilometer stort område får en användning som kan konkurrera med andra befintliga verksamheter. Tillträde till projektområdet kan begränsas helt eller delvis för exempelvis sjöfart och yrkesfiske. Sjöfarten kan påverkas genom att det inte längre blir möjligt att korsa området med tanke på allisions- och kollisionsrisker medan yrkesfisket kan begränsas genom att vissa redskap och fiskemetoder inte längre kommer att vara lämpliga att använda. Till exempel kan trålningsutrustning riskera att fastna i undervattensstrukturer.

Undanträngningseffekt kan även uppkomma hos fåglar som kan undvika området när vindparken etablerats och på så sätt förlora en del av sina naturliga habitat eller födosöksområden.

7.1.9 Fysisk störning på havsbotten

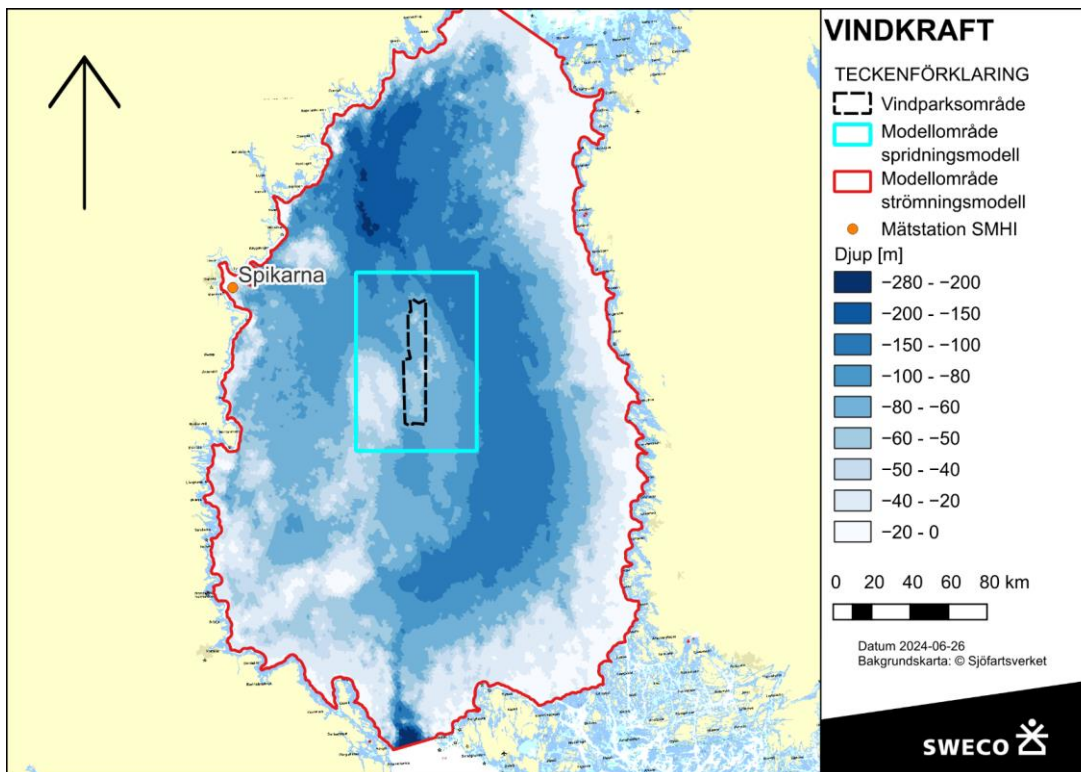
Anläggande av en vindpark till havs medför behov av arbeten som påverkar havsbotten, framför allt i samband med anläggande och avveckling av fundament, kablar och andra fasta installationer. Den fysiska störningen av havsbotten kan medföra en påverkan på marinarkeologiska objekt.

7.2 Avskrivna miljöeffekter

7.2.1 Hydrografisk effekt

Under driftfasen när vindkraftverken är i gång sker ett vinduttag vilket i sin tur kan leda till förändringar i strömningarna. På uppdrag av Bolaget har Sweco genomfört en modellering av strömningspåverkan som uppstår av vindpark Sigma, se vidare i Bilaga 5.

Strömningsmodellen omfattar hela Bottenhavet och avgränsas av Norra och Södra Kvarken samt svenska och finska kusterna däremellan, Figur 7-12.



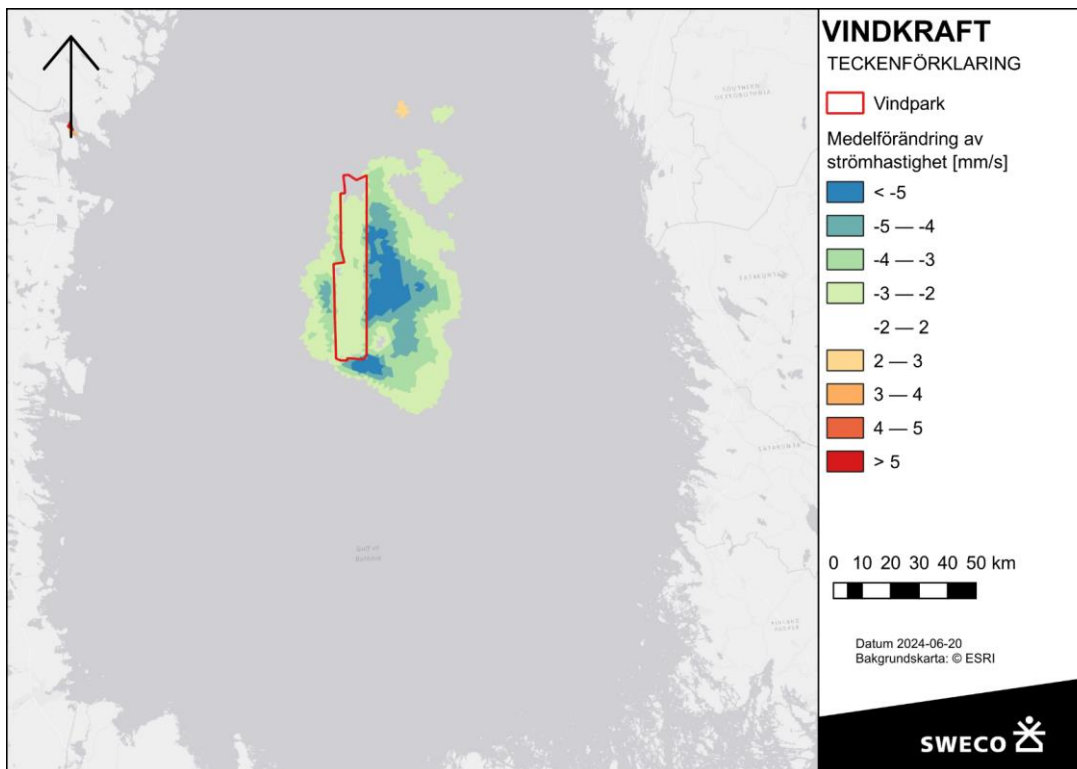
Figur 7-12. Figuren visar modellområdet för strömningsberäkningarna i rött samt projektområdet för Sigma.

Strömningspåverkan har simulerats i fyra versioner; ett vinter- och ett sommarscenario, båda med och utan påverkan från vindpark Sigma. Beräkningar har gjorts för ytvatten (tre meter under ytan) och för ett djup av 40 meter under ytan. Resultatet visar att påverkan från vindparken är komplex och inte konstant över tid då det växlar mellan minskning och ökning av strömhastigheter.

Påverkan är störst vid ytan och kan ses på långa avstånd som långa vakar i lä av vindparken med minskad strömhastighet, upp till 100 kilometer bort. Dock kompenseras den här minskningen med ökade strömhastigheter utanför vakarna vilket över tid resulterar i ett mindre påverkansområde.

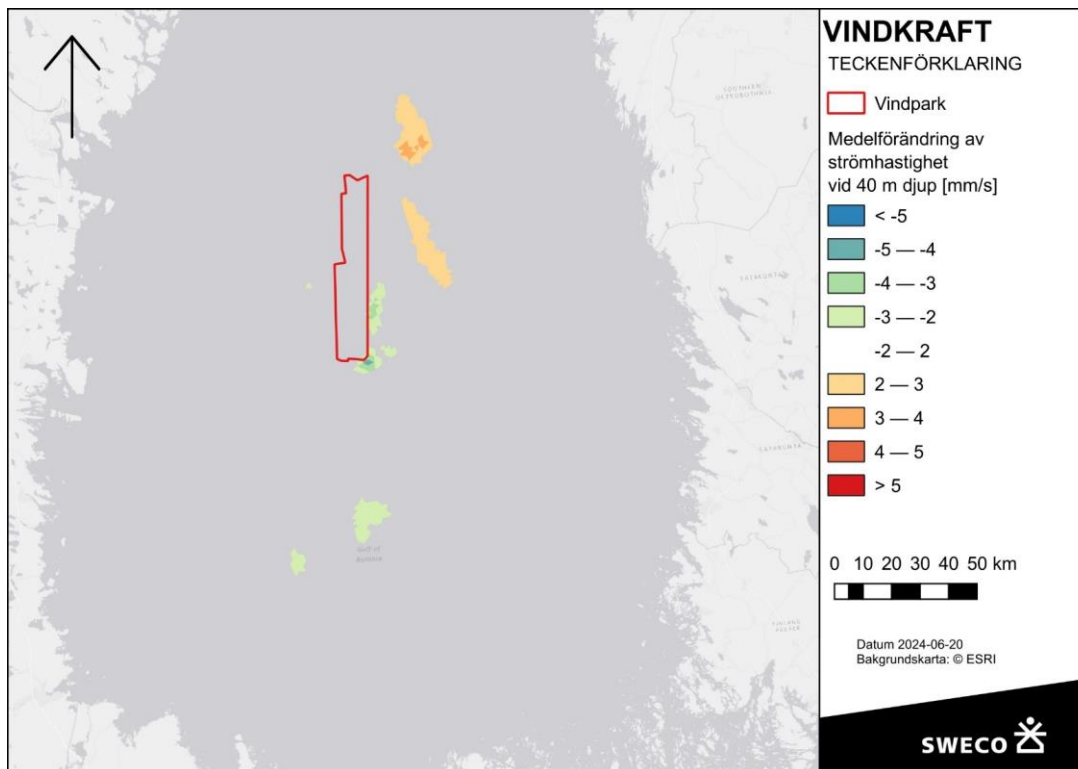
Genomsnittlig påverkan är störst under vinterscenariot och de största skillnaderna i strömhastighet vid ytan återfinns utanför parkområdet, främst på vindparkens östra och södra sida, Figur 7-13.

Den genomsnittliga strömhastigheten vid ytan minskar med två mm/s på avstånd om upp till 40 kilometer från vindparken.



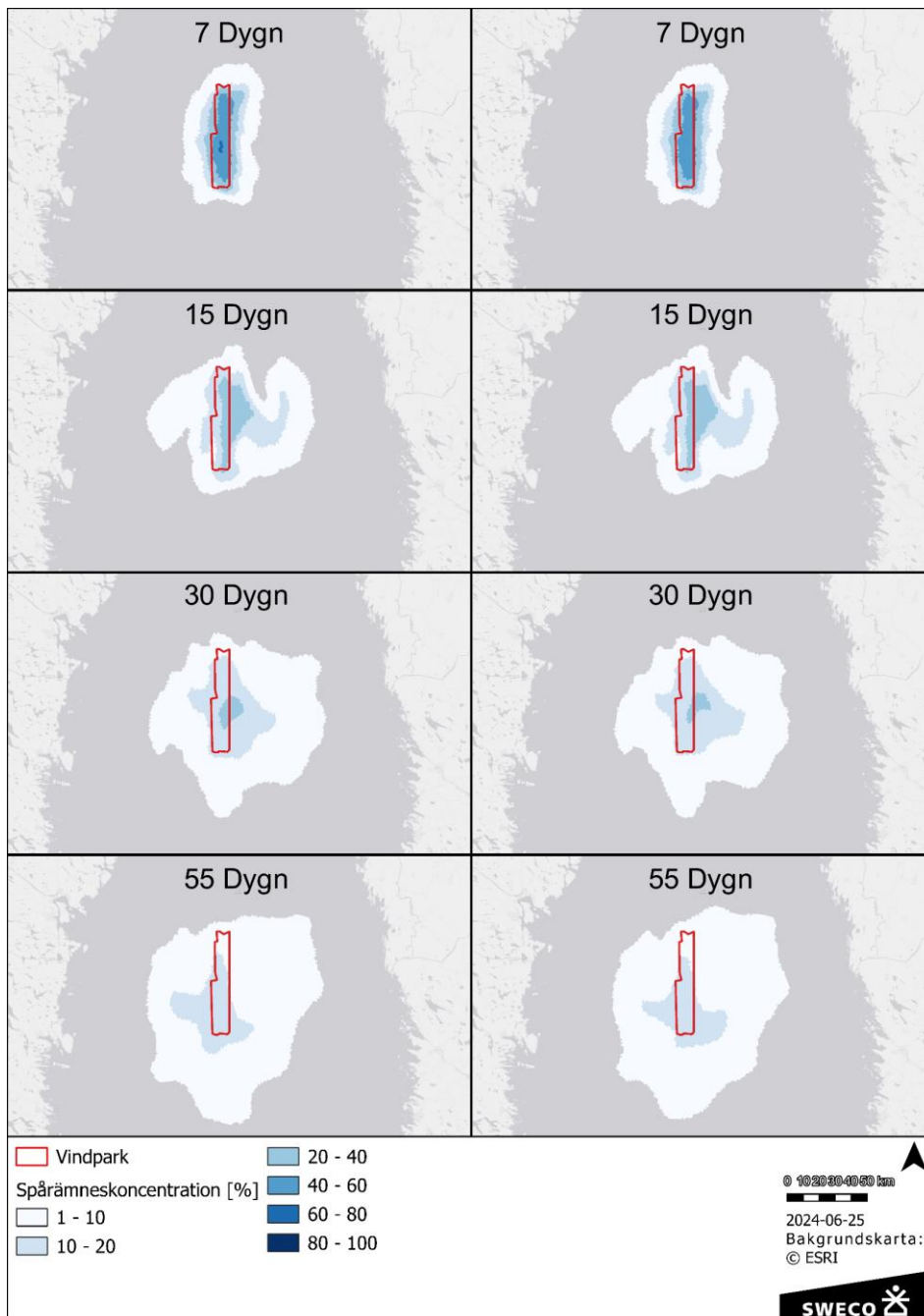
Figur 7-13. Genomsnittlig skillnad i strömhastighet vid ytan mellan opåverkat och påverkat scenario för månaderna januari och februari.

Däremot är påverkan från vindparken på strömhastighet och därmed även temperatur och salthalt på djupare vatten försumbar, se Figur 7-14.



Figur 7-14. Genomsnittlig skillnad mellan opåverkat och påverkat scenario för månaderna januari och februari vid 40 meters djup.

Studien innefattade även en modellering av strömningar genom att följa spridningen av ett inert och vattenlösligt spårämne som från början var jämnt fördelat i hela projektområdet. Kartserien i Figur 7-15 visar en jämförelse mellan strömmönster i opåverkat och påverkat scenario. Endast små skillnader i strömningsmönstren i de två modellversionerna kan ses.



Figur 7-15. Kartserie som visar hur ett digitalt spårämne sprids från vindparkens projektområde genom simuleringen. Till vänster visas opåverkat och till höger påverkat scenario.

Sammantaget konstaterar utredningen att förändringen av strömhastighet, temperatur och salthalt anses vara inom de naturliga variationernas omfattning och därmed av sådan liten skala att den kan betraktas som försumbar. Därför kommer strömningspåverkan inte tas upp vidare i miljökonsekvensbeskrivningen.

7.2.2 Skuggning

Det uppstår två olika typer av skuggor vid ett vindkraftverk. Den ena är skuggan av tornet vilken rör sig långsamt med jordens rotation och uppfattas som en stationär skugga. Den andra typen är skuggan av de snurrande rotorbladen. Då rotorbladen roterar med olika hastighet beroende på vindförhållanden kan skuggans karaktär variera. Skuggan förändras även med ljusets intensitet.

Skuggorna påverkar en förhållandevis liten yta utanför vindparken och någon risk för påverkan på människors hälsa föreligger inte på grund av de stora avstånden till vindparken.

Hur djupt i vattenmassan skuggor kan uppfattas beror på ljusintensitet, vågor och siktdjup men generellt kan sägas att skuggor inte kan urskiljas på djupare vatten.

Pelagiska fiskar uppehåller sig oftast på större djup under dagtid varför någon risk för påverkan från skuggning inte föreligger. Skuggor från vindkraftverken kommer därför inte behandlas vidare.

7.2.3 Luftburet buller

En utredning inklusive beräkningar för att utreda luftburet buller från den planerade vindparkens anläggnings- och driftsfas har genomförts av Sweco, se Bilaga 12. Bedömningen har gjorts mot Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser (NFS 2004:15) (se Tabell 7-11) samt Naturvårdsverket riktvärden avseende buller från vindkraftverk.

Tabell 7-11. Naturvårdsverkets riktvärden för ljudnivå från byggplatser (NFS 2004:15).

Område	Helgfri mån-fre		Lör-, sön- och helgdag		Samtliga dagar	
	Dag 07-19 L _{Aeq}	Kväll 19-22 L _{Aeq}	Dag 07-19 L _{Aeq}	Kväll 19-22 L _{Aeq}	Natt 22-07 L _{Aeq}	Natt 22-07 L _{AFmax}
Bostäder för permanent boende och fritidshus						
Utomhus (vid fasad)	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	70 dBA
Inomhus (bostadsrum)	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
Vårdlokaler						
Utomhus (vid fasad)	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	-
Inomhus	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
Undervisningslokaler						
Utomhus (vid fasad)	60 dBA	-	-	-	-	-
Inomhus	40 dBA	-	-	-	-	-
Arbetslokaler för tyst verksamhet						
Utomhus (vid fasad)	70 dBA	-	-	-	-	-
Inomhus	45 dBA	-	-	-	-	-

Naturvårdsverkets riktvärden för drift bör inte överskridas vid bostäder samt friluft- och rekreationsområden. Utomhus bör ljudnivån inte överstiga 40 dBA ekvivalentnivå (L_{eq}). Inom friluftsområden eller andra områden som är utpekade som tysta områden är riktvärdet satt till 35 dBA. Med friluftsområden avses i sammanhanget områden för rörligt friluftsliv eller områden där naturupplevelsen är en viktig faktor och där låg ljudnivå utgör en särskild kvalitet.

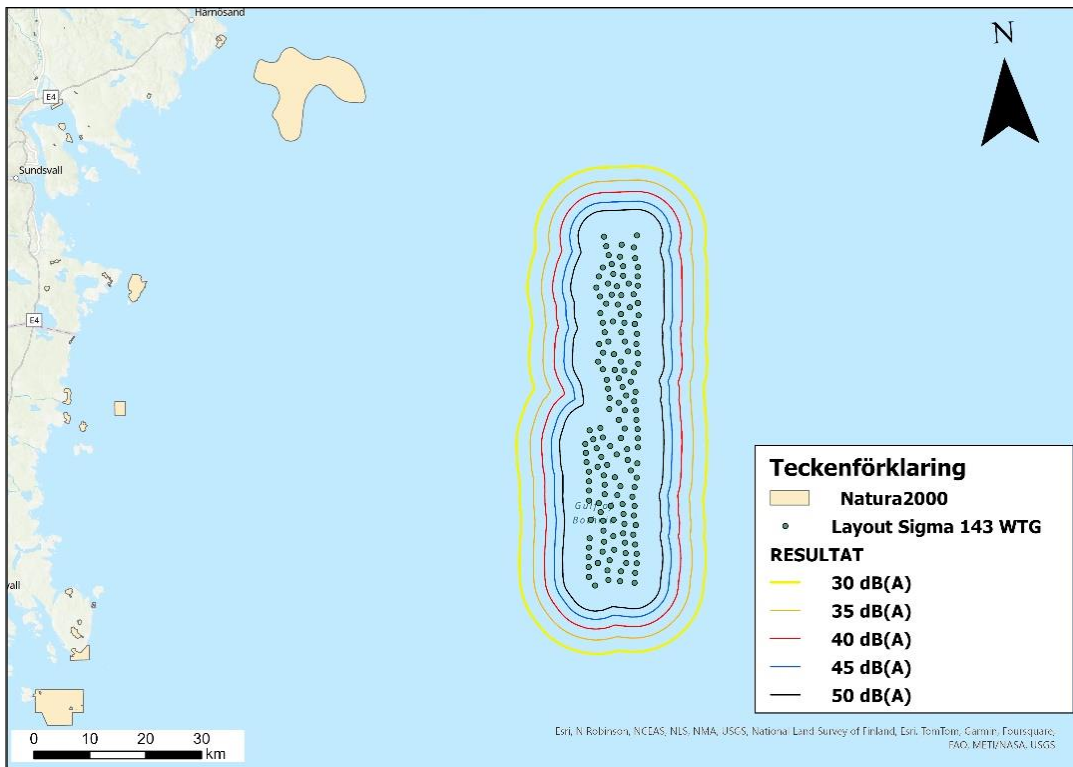
7.2.3.1 Anläggningsfas

Utredningen utgår från ett *worst case*-scenario, vilket ur ett bullerperspektiv under anläggningsfasen innebär att vindkraftverken förankras med monopiles.

För denna utredning har bullerspridning beräknats från pålning med hammartypen IQIP IQ6 med slagstyrka 5 500 kilojoule. Resultatet och antagen ljudeffekt för pålning av slagstyrka 5 500 kilojoule är 139,4 dBA. Pålning antas utföras 100 procent av tiden för beräknat scenario i en front åt gången. Anläggningstid för hela parken planeras bli två till tre år, med byggstart år 2032. För detta projekt har det angetts att pålarna kan slås ned från en höjd upp till 30 meter över havet. Detta innebär att ljudet från pålningen antas alstras 30 meter över havet när en påle börjar slås i, och ned till nära noll meter över havet innan pålen är färdigförankrad. Som ett medelfall antas pålningens höjd till 15 meter över havet i beräkningen.

Vid beräkning av buller från pålningen har en ljudkälla placerats i de yttre punkterna för planerad layout för vindpark Sigmas 143 vindkraftverk, för att hitta de placeringar som ger högst ljudnivå åt olika väderstreck. Resultat av dessa beräkningar presenteras tillsammans, med högsta ljudnivå åt varje håll. Detta innebär att det sammanställda beräkningsresultatet inte utgör ett faktiskt fall, utan de fall som ger högsta möjliga ljudnivå i varje mottagarpunkt. Totalt sett kan pålningen (av monopiles) inte bidra med så höga ljudnivåer i samtliga mottagarpunkter samtidigt på grund av att pålning av fundament kommer att göras ett i taget.

Beräknade ljudnivåer från pålning, i utbredning fem meter över mark, visas i Figur 7-16. Inget hörbart ljud beräknas nå bebyggelse (högsta ljudnivå vid fasad understiger 1 dBA). Detsamma gäller för Natura 2000-områden (högsta beräknade ljudnivå är cirka 3 dBA fem meter över mark).



Figur 7-16. Ekvivalent ljudnivå från pålning i utbredning fem meter över havet.

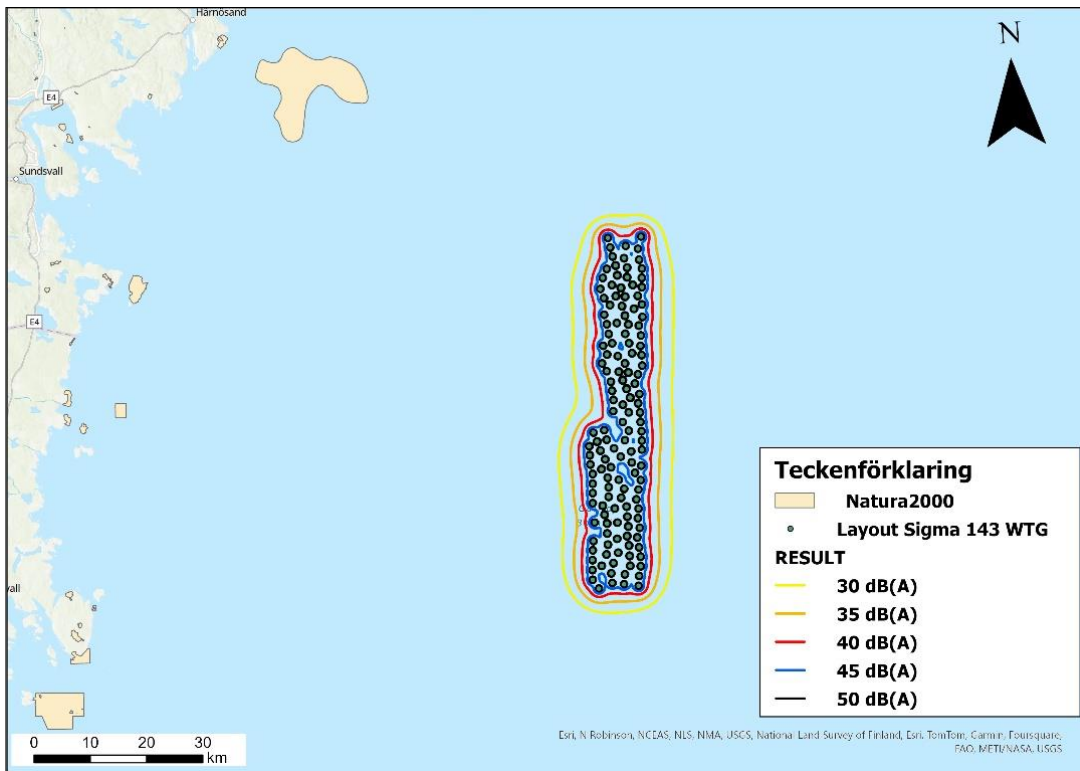
7.2.3.2 Driftsfas

Naturvårdsverket rekommenderar att modellen Nord 2000 används, för att få en så korrekt bild som möjligt av ljudpåverkan. Nord 2000 är en avancerad beräkningsmodell för ljud som tar hänsyn till en rad olika parametrar som påverkar ljudets spridning och hur det upplevs, bland annat vilken terräng ljudet passerar över, vindhastighet, luftfuktighet och temperatur. Beräkning utförs för att bedöma ljudnivåer för både hörbart och lågfrekvent ljud från vindkraftverken.

För beräkningarna enligt Nord 2000 har Sweco använt programvaran WindPRO. Beräkningarna bygger på en rad olika antaganden för väderstabilitet, terräng och kriterier för vindhastighet, se Bilaga 12. Uppgifter om turbinmodeller och ljudkurva har tillhandahållits av Bolaget. Vindkraftverk med 20 och 26 megawatts effekt finns ännu inte på marknaden, källjudet för de olika vindkraftverken har antagits vara samma (115,2 dBA). Beräkningar har utförts för följande två vindkraftverksmodeller:

- MODERNENERGY ME263-20 (20 megawatt) navhöjd: 160 meter (totalhöjd: 291,5 meter)
- MODERNENERGY ME300-26 (26 megawatt) navhöjd: 180 meter (totalhöjd: 330 meter)

Beräkningar har gjorts för två olika vindkraftverk och två olika antagna källjud. Eftersom miljökonsekvensbeskrivningen utgår från ett *worst case*-scenario presenteras enbart det scenario som ger störst ljudutbredning, se Figur 7-17.



Figur 7-17. Ekvivalent ljudnivå, turbinmodell MODERNENERGY ME300-26 (26 megawatt) navhöjd: 180 meter (totalhöjd: 330 meter). Källnivå 115,2 dBA.

Beräkningsresultatet visar att varken bebyggelse vid kusten eller Natura 2000-områden berörs av ljudet från vindparken under driftsfasen då avståndet mellan verken och kusten är stort.

7.2.3.3 Samlad bedömning

Det bedöms inte finnas någon risk för störning avseende luftburet buller under anläggningsfasen. Riktvärden innehålls med god marginal vid samtlig bebyggelse. Även vid Natura 2000-områden bedöms risken för störning som obefintlig.

Det luftburna bullret under driftsfasen bedöms inte heller orsaka störning vid kusten och Natura 2000-områdena. Riktvärdet innehålls med god marginal.

Luftburet buller kommer därför inte behandlas vidare i föreliggande miljökonsekvensbeskrivning.

7.2.4 Förändrat fisketryck

I och med etablering av vindparken tillkommer både torn och undervattensinfrastruktur i projektområdet. Pelagisk trålning, den typen av fiske som förekommer i området, kommer sannolikt inte vara möjlig att utföra inom vindparken då trålningsutrustning kan fastna i till exempel undervattenskablar och fundament. Det leder till att fisketrycket i projektområdet sannolikt kommer att minska. Då yrkesfiske endast förekommer i mycket liten utsträckning inom projektområdet bedöms minskningen av fisketrycket inte få någon större effekt varför denna miljöeffekt inte behandlas vidare i föreliggande miljökonsekvensbeskrivning.

7.2.5 Föroreningar från anoder

För att förhindra att fundamentens metalledar korroderar kommer katodiskt skyddande offeranoder att användas, vilka låter sig förbrukas i stället för att fundamentens metalledar korroderar. Anoderna fästs på fundamenten och består vanligen främst av legeringar av aluminium, zink eller magnesium. Mängden anodmaterial som förbrukas styrs av flera faktorer, såsom fundamentets storlek och material, havsvattnets sammansättning samt eventuellt användande av andra korrosionsskyddande metoder såsom ytbehandling.

I samband med att offeranoderna förbrukas frigörs metaller till den omgivande havsmiljön. Forskningsläget kring eventuella effekter på den marina miljön är oklart men det finns i dagsläget inga bevis för att tillskottet av metaller påverkar havsmiljön negativt (Kirchgeorg, o.a., 2018). Metallhalter i vatten har bedömts bli förhöjda enbart inom ett fåtal meter från anoder medan de på större avstånd är så låga att de inte går att skilja från bakgrundshalterna (Nord Stream 2 AG, 2018).

Vidare har föroreningar från anoder inte bedömts medföra negativa effekter på havsmiljön i miljökonsekvensbeskrivningar för flera liknande havsbaserade vindparker inom Sveriges sjöterritorium och Sveriges ekonomiska zon, varken i beviljade parker eller ansökta parker där prövning pågår.

Metalltillförsel från offeranoder i vindpark Sigma bedöms således inte påverka halten i vatten och sediment så att nämnvärda avvikelser från bakgrundshalter kan urskiljas, och därför heller inte medföra några miljöeffekter. Frågan avskrivs följaktligen från denna miljökonsekvensbeskrivning.

7.2.6 Invasiva arter

I och med introduktion av nya strukturer och därmed nya habitat i vattenkolumnen finns det risk för att invasiva arter etablerar sig. Dessa är arter som har en förmåga att snabbt kolonisera och öka i antal på bekostnad av andra naturligt förekommande arter som därmed trängs undan. Det nyintroducerade habitatet kan agera språngbräda för en effektiv spridning av dessa invasiva arter.

Det finns inga vetenskapliga belägg för att det i Bottenhavets utsjöområden skulle föreligga någon särskild risk för att invasiva arter får en spridning (Bilaga 7). Projektområdet ligger långt från land och är omgivet av djupare vatten vilket innebär att det inte finns någon större risk för att hårdbottenlevande arter kan spridas hit från andra områden. Projektområdet är med andra ord svårtillgängligt för kolonisation. Spridning av invasiva arter till följd av etablering av vindpark Sigma kommer därför inte att utredas vidare.

8 Förutsättningar och konsekvenser näringar

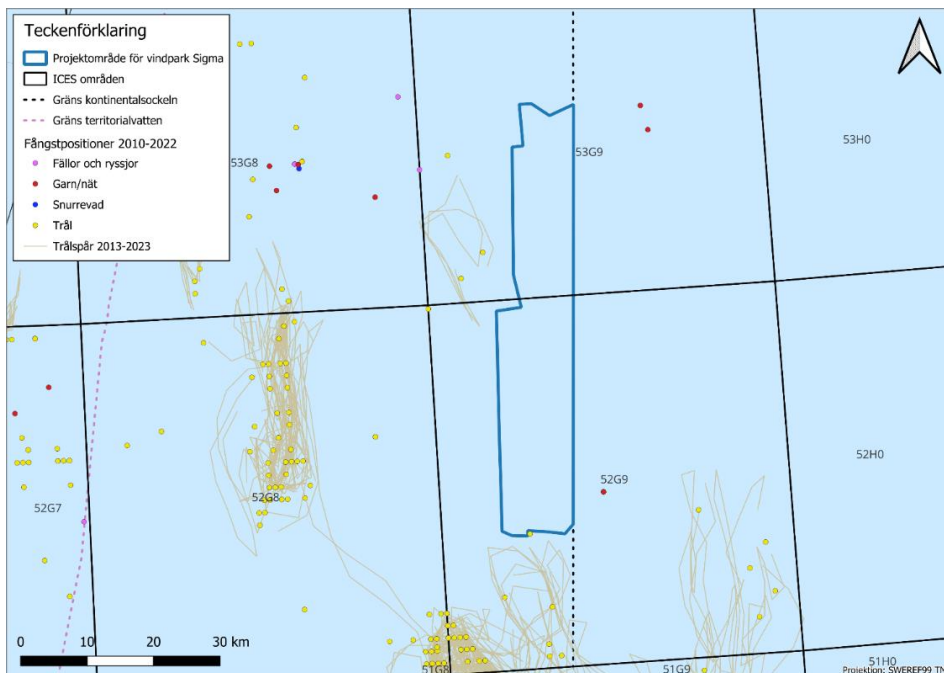
8.1 Yrkesfiske

En utredning för att kartlägga förekommande yrkesfiske inom och i närheten av projektområdet har genomförts, se Bilaga 4.

8.1.1 Nulägesbeskrivning

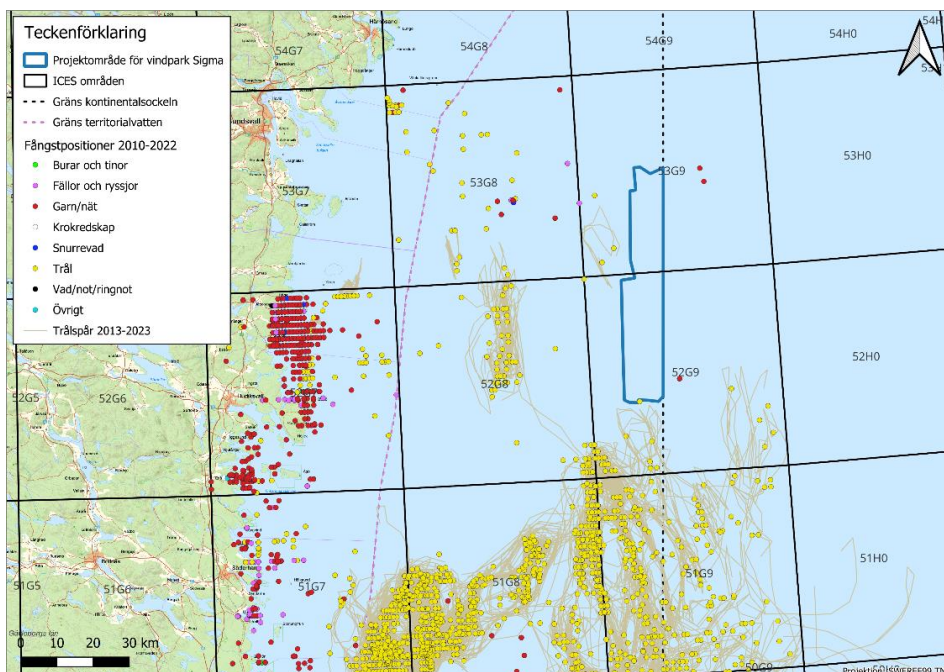
Projektområdet för vindpark Sigma överlappar inte med något utpekat riksintresseområde för yrkesfiske. Närmaste riksintresse för yrkesfiske är *Finngrundens bankar* (RI YF 3 HP) och återfinns cirka 70 kilometer från projektområdet. Finland har i sina havsplaner markerat ett område, med sin västra gräns cirka 15 kilometer öster om projektområdet, som "Trålfiskeområden av betydelse för kommersiellt yrkesfiske". Projektområdet anges vidare inte vara av särskild betydelse för yrkesfiske, varken i nuvarande havsplan (Havs- och Vattenmyndigheten, 2022) eller i förslag till förändring av havsplanen (Havs- och Vattenmyndigheten, u.å.a).

Från svenskt yrkesfiske har det inte rapporterats några fångster inom projektområdet för vindpark Sigma mellan åren 2010–2022. I ICES-rutorna 52G9 och 53G9, öster om projektområdet, har framför allt pelagisk trålning genomförts under åren 2010–2022, se Figur 8-1.



Figur 8-1. Projektområde för vindpark Sigma i förhållande till svenskt yrkesfiskes fångstrapporter 2010–2022. Figur från utredningen, Bilaga 4.

Söder och sydväst om vindpark Sigma har det trålats i stor utsträckning, särskilt i ICES-rutorna 51G8 och 51G9. Även väster om projektområdet har trålning genomförts, men i mycket mindre omfattning, se Figur 8-2.



Figur 8-2. Fångstregistrering och trålspår från närområdet till projektområdet för vindpark Sigma. Figur från utredningen, Bilaga 4.

Den primära målarten för yrkesfisket i Bottenhavet är strömming, och det storskaliga strömmingsfisket domineras av Finland och Sverige. Sedan 2016 tilldelar EU Finland betydligt högre fångstkvoter för strömming inom ICES-

område 30 (som omfattar ett flertal ICES-rutor inklusive 52G9 och 53G9) än Sverige. Det finska fisket i projektområdet har därför varit av större omfattning än det svenska under perioden 2010–2022, cirka 82 % av det totala fisket.

Tabell 8-1 visar registrerade fångster från svenskt och finskt (endast strömming) yrkesfiske inom ICES-rutorna 52G9 och 53G9. Inom ruta 53G9 fångade svenskt fiske strömming i en något större kvantitet år 2020 medan det inte registrerats några fångster under de flesta av åren mellan år 2010–2022. Det finska fisket har däremot registrerat över 1 000 ton de flesta av åren till och med 2020. Därefter har fångsten minskat.

Tabell 8-1. Fångster av strömming samt övriga arter i ton för svenskt yrkesfiske och finska fiskeflottans strömmingsfångster mellan åren 2010–2022. Den finska fångsten anges som jämförelse med den svenska fångsten registrerade inom respektive ICES-ruta.

ICES	År	Kvantitet (ton)		
		Strömming (Sverige)	Strömming (Finland)	Övriga arter (Sverige)
52G9	2010	0	352	0
	2011	69,9	542	0
	2012	1,8	752	0,97
	2013	0,13	1321	0
	2014	89,6	1143	1,52
	2015	133	2001	0,58
	2016	115	2956	7,54
	2017	273	1511	6,16
	2018	47,7	1387	0,42
	2019	73,1	2519	2,22
	2020	251	1004	2,2
	2021	59,2	960	1,06
	2022	73	1648	0,63
53G9	2010	0	1535	0
	2011	0	2097	0
	2012	0	2045	0
	2013	2	1514	0
	2014	0	2445	0
	2015	0	824	0
	2016	0	1914	0
	2017	0	828	0
	2018	0	401	0
	2019	0	1346	0
	2020	80,7	1077	0,82
	2021	0	369	0,01
	2022	0	726	0

Övriga arter som anges i Tabell 8-1 för ICES-ruta 52G9 är abborre, gädda, hornsimp, sik, skarpsill, skrubbskädda, spigg (familj), storspigg, torsk och öring. Övriga arter för ICES-ruta 53G9 är hornsimp, lax, skarpsill och storspigg. Hornsimp, skarpsill och spigg bör betraktas som bifångst vid trålning, även om försäljning av skarpsill förekommer. Fångster av abborre och gädda är mycket begränsade, liksom fångsterna av sik, torsk, lax och öring vars totala fångster under perioden 2010–2022 varit obetydliga. Med anledning av att utländska fiskefartyg rapporterar sina fångster till respektive lands myndigheter, återger statistiken från Havs- och vattenmyndigheten inte en fullständig översikt av faktiska fångster.

Enligt en rapport från Sveriges lantbruksuniversitet (Wennerström, o.a., 2023) stod det svenska fisket för mindre än en tredjedel av strömmingsfisket i svensk ekonomisk zon, medan det finska fisket stod för resterande del. Rapporten anger vidare att den pelagiska trålningen dominerar, där 90 % av fångsterna tas av pelagiskt trålande fartyg större än 24 meter, samt att bottentrålning enbart förekommer i mycket liten omfattning.

Svenskt yrkesfiske bedöms inte vara aktivt inom projektområdet för vindpark Sigma, baserat på rapporterade fångsters lokalisering. Dessvärre tillhandahåller finska myndigheter inte positionsdata kopplat till fångstrapporter likt Havs- och vattenmyndigheten, men utifrån levererad VMS-data förefaller det finska yrkesfiskets trålspår sammanfalla med trålspår från det svenska yrkesfisket. Enligt data från HELCOM nyttjar finsk trålflotta i princip samma områden som den svenska (väster och söder om projektområdet), vilket innebär att de behöver passera genom projektområdet för vindpark Sigma.

Projektområdet för vindpark Sigma bedöms således ha ett **litet värde** med hänsyn till yrkesfiske.

8.1.2 Effekter

Yrkesfisket bedöms kunna fortgå i normal omfattning i närliggande områden både under anläggning, drift och avveckling av vindpark Sigma. Vindparken kommer inte heller att utgöra någon barriär för fiskefartyg som passerar genom projektområdet, då avståndet mellan vindkraftverken (minst 1470 meter) möjliggör passage. **Ingen/försumbar** effekt för yrkesfisket till följd av undanträngning bedöms därmed uppstå.

I det fall yrkesfiske behöver upphöra helt inom projektområdet, kan förekommande bestånd i området erhålla en fredad zon. En fredad zon kan medföra **positiva effekter** för yrkesfisket genom en så kallad "spillover-effekt". Effekten innebär att vuxen fisk lämnar det fredade området, för att sedan kunna fångas i utanförliggande områden (Bergström, Sköld, Wennhage, & Wikström, 2016) som nyttjas av yrkesfisket. Då fisket i projektområdet är mycket begränsat bedöms även den positiva effekten som begränsad.

Kumulativa effekter

Förutom vindpark Sigma planeras flera vindparker i projektområdets närområde, vilka, om de kommer till stånd, kan orsaka kumulativa effekter på det yrkesfiske som bedrivs i området runt vindpark Sigma. De kumulativa effekterna förväntas framför allt uppstå under anläggningsfasen, till följd av ökad båttrafik inom, samt till och från, vindparkerna. Den ökade båttrafiken kan medföra trängseleffekter för fiskeverksamheten i angränsande fiskeområden. Vidare kan trängseleffekter uppstå vid hamnområden, om dessa används för

lagring av vindkraftsdelar som ska transporteras från hamnarna till vindparkerna, särskilt om samma hamnar nyttjas av fiskeflottan.

Med anledning av att både finsk och svensk fiskeaktivitet inom projektområdet tidigare varit mycket begränsad, förväntas Sigmas bidrag till den kumulativa effekten bli ingen eller försumbar med hänsyn till näringen yrkesfiske.

Sammantaget förväntas **ingen/försumbar effekt**, med hänsyn till undanträngningseffekter och kumulativa effekter.

8.1.3 Skyddsåtgärder

Då effekten bedöms vara ingen/försumbar, föreligger det inget behov av skyddsåtgärder.

8.1.4 Konsekvenser

Det förväntas uppstå **inga/försumbara konsekvenser** på yrkesfisket vid en etablering av vindpark Sigma då effekten bedöms som **ingen/försumbar** och områdets värde för yrkesfiske som **litet**.

8.2 Sjöfart

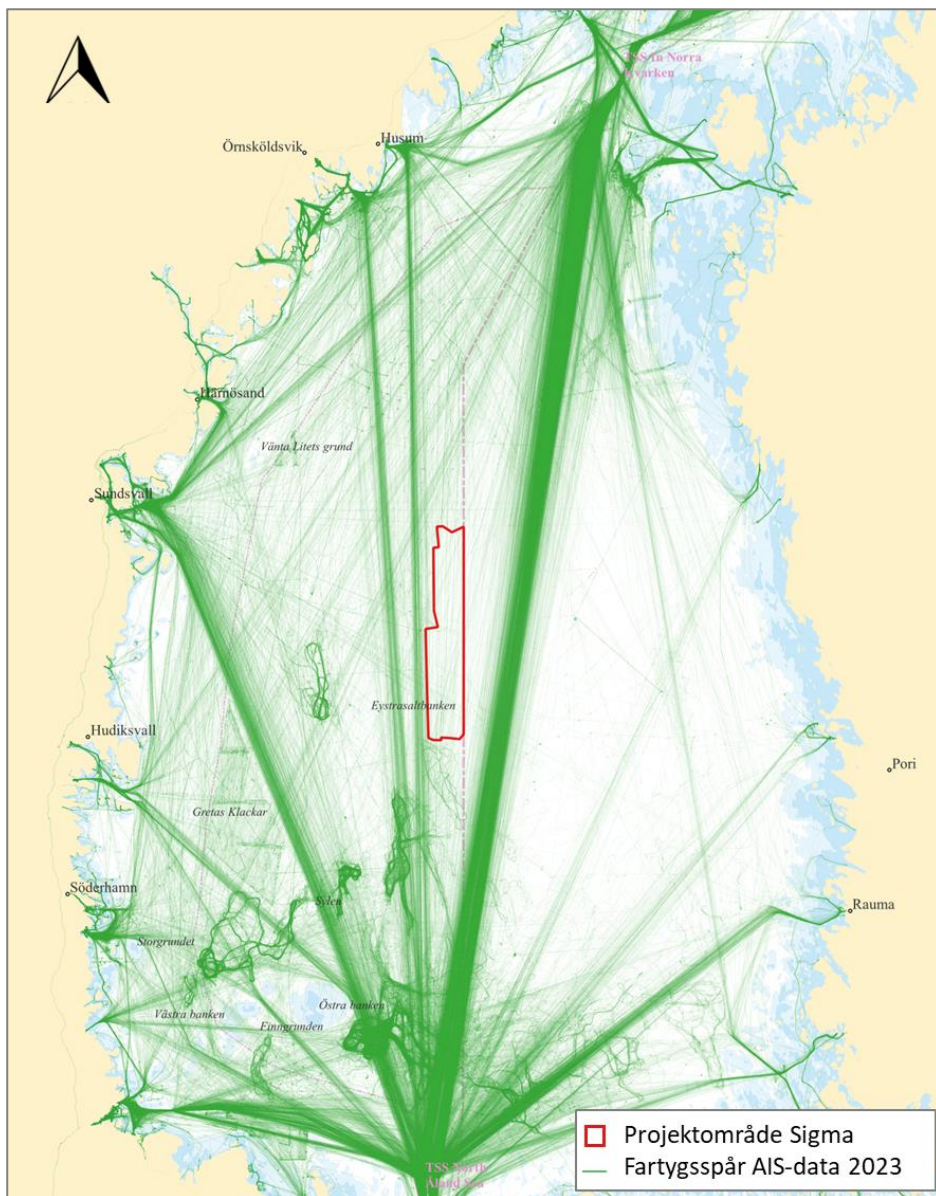
RISE har genomfört en nautisk riskanalys med ingående analys av sjöfart i området samt risker förknippade med etableringen, rapporten finns att läsa i Bilaga 3.

8.2.1 Nulägesbeskrivning

8.2.1.1 Fartygsstråk

Projektområdet är beläget mellan två fartygsstråk som är utpekade som riksintresse för sjöfart, *Grundkallen – Skagsudde* och *Grundkallen – Bottenhavet*, se Figur 4-4. Det östra stråket ligger till stora delar i finskt vatten. Riksintressen är inte detsamma som farleder, men sammanfaller ofta helt eller delvis med faktiska fartygsstråk.

Genomförd trafikanalys visar att det finns ett mindre fartygsstråk cirka en nautisk mil (1 nautisk mil = 1 852 meter) väster om projektområdet, se Figur 8-3. Fartygsstråket trafikeras av fartyg mellan *TSS South Åland Sea* och Husum. Längre västerut, på ett avstånd av cirka 3–5,5 nautiska mil från projektområdet, finns ytterligare ett fartygsstråk som trafikeras av fartyg mellan *TSS South Åland Sea* och Örnsköldsvik. Cirka tre nautiska mil öster om projektområdet passerar fartyg på stråket mellan *TSS South Åland Sea* och *TSS In Norra Kvarken*.



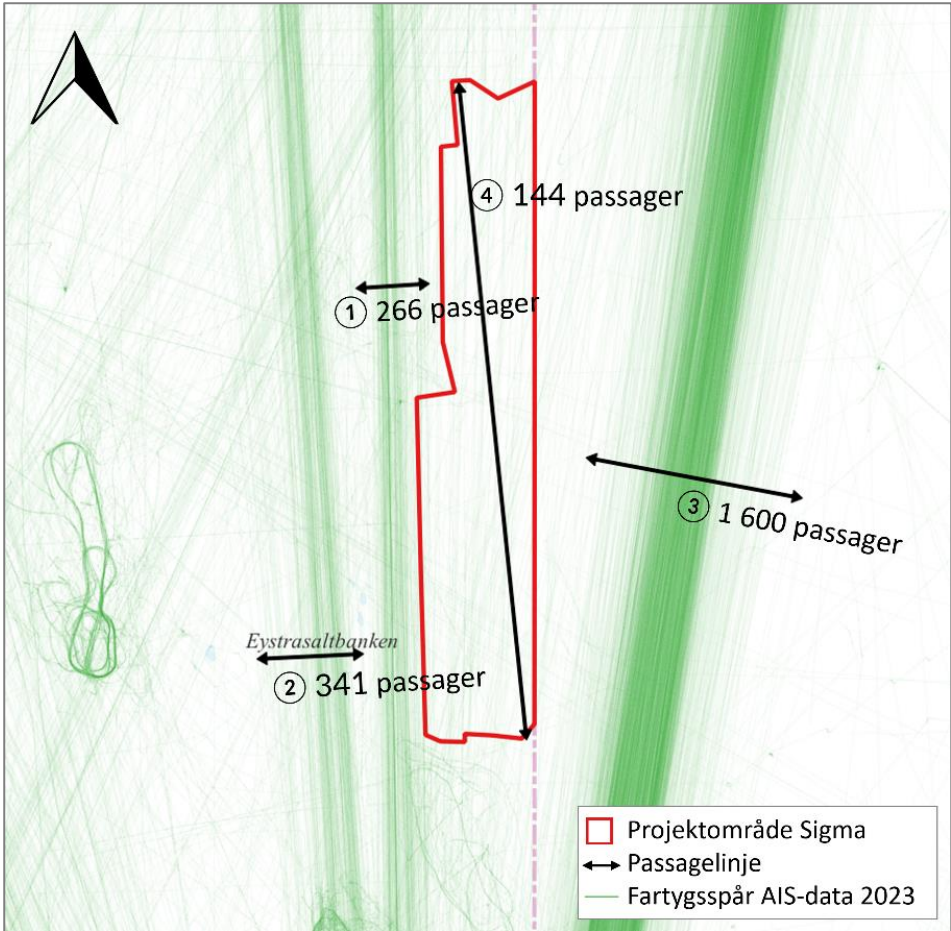
Figur 8-3. Trafikmönster i Bottenhavet baserat på AIS-data från 2023. Figur från Nautisk riskanalys, Bilaga 3.

En analys av samtliga passager för de tre fartygsstråken år 2023 gjordes i utredningen. Dessutom undersöktes samtliga passager igenom projektområdet för samma år, se Figur 8-4. Det förekommer generellt lite trafik i området och alla fartygsstråken hamnar på nivån *mycket låg* enligt Sjöfartsverkets tabell för klassificering av trafikintensitet (Sjöfartsverket, Transportstyrelsen, 2023), se Tabell 8-2.

Tabell 8-2. Sjöfartsverkets tabell för klassificering av trafikintensitet.

Klassificering	Trafikintensitet	Passager per år
1	Mycket låg	0–2 000
2	Låg	2 000–5 000

3	Medel	5 000–10 000
4	Hög	10 000–20 000
5	Mycket hög	Över 20 000



Figur 8-4. Passagelinjer i och i närheten av projektområdet som analyserats i rapporten Nautisk riskanalys Sigma. Siffrorna avser antal passager under år 2023.

Fartygstyper som trafikerar de fyra passagelinjerna har kartlagts och sammanfattas i Tabell 8-3.

Tabell 8-3. Antal fartyg, fartygstyper och -längder som trafikerade de fyra trafikstråken 2023.

Linje	Antal passager 2023	Fartygstyper	Fartygslängder (max)
Passagelinje 1 Södra Kvarnen – Husum	266	General cargo Ro-ro* Tanker	200–250 meter
Passagelinje 2 Södra Kvarnen – Örnköldsvik	341	General cargo Bulk Tanker	150–200 meter

Passagelinje 3 Södra Kvarken – Norra Kvarken	1600	General cargo Ro-ro* Bulk Tanker	200–250 meter
Passagelinje 4 Genom projektområdet	144	General cargo Tanker	150–200 meter

*Ro-ro-fartyg är *roll on – roll off*-fartyg för transport av gods på rullande lastbärare, till exempel trailers.

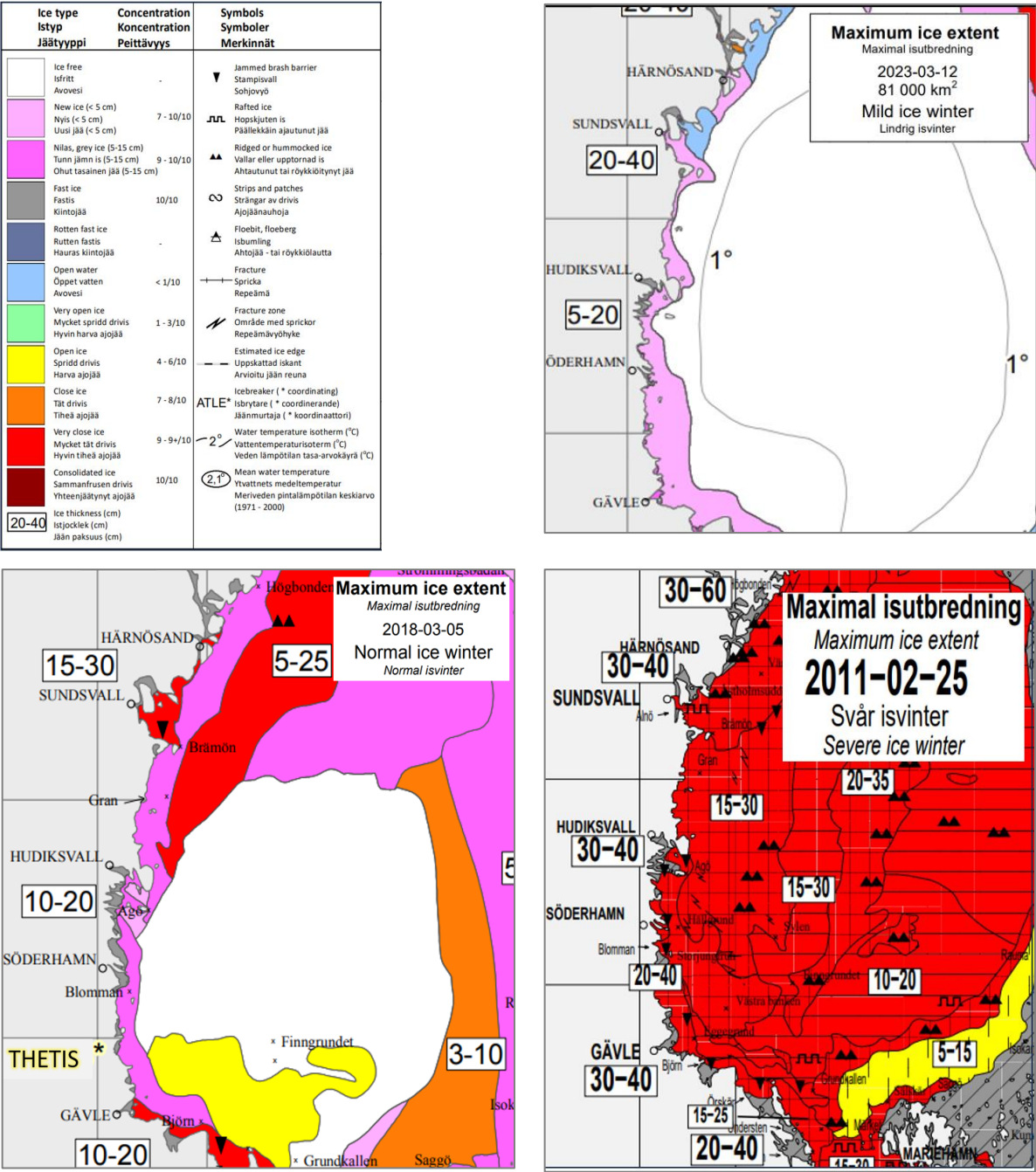
8.2.1.2 Hamnar

Sannolikt kommer en kombination av hamnar, både nationellt och internationellt, användas för installationsarbetet. De fartygsstråk som passerar närmast vindpark Sigma trafikerar Örnköldsviks och Husums hamnar. Då hamnarna ligger långt från den planerade vindparken berörs inte inseglingsleder till hamnarna av etableringen.

8.2.1.3 Isförhållanden

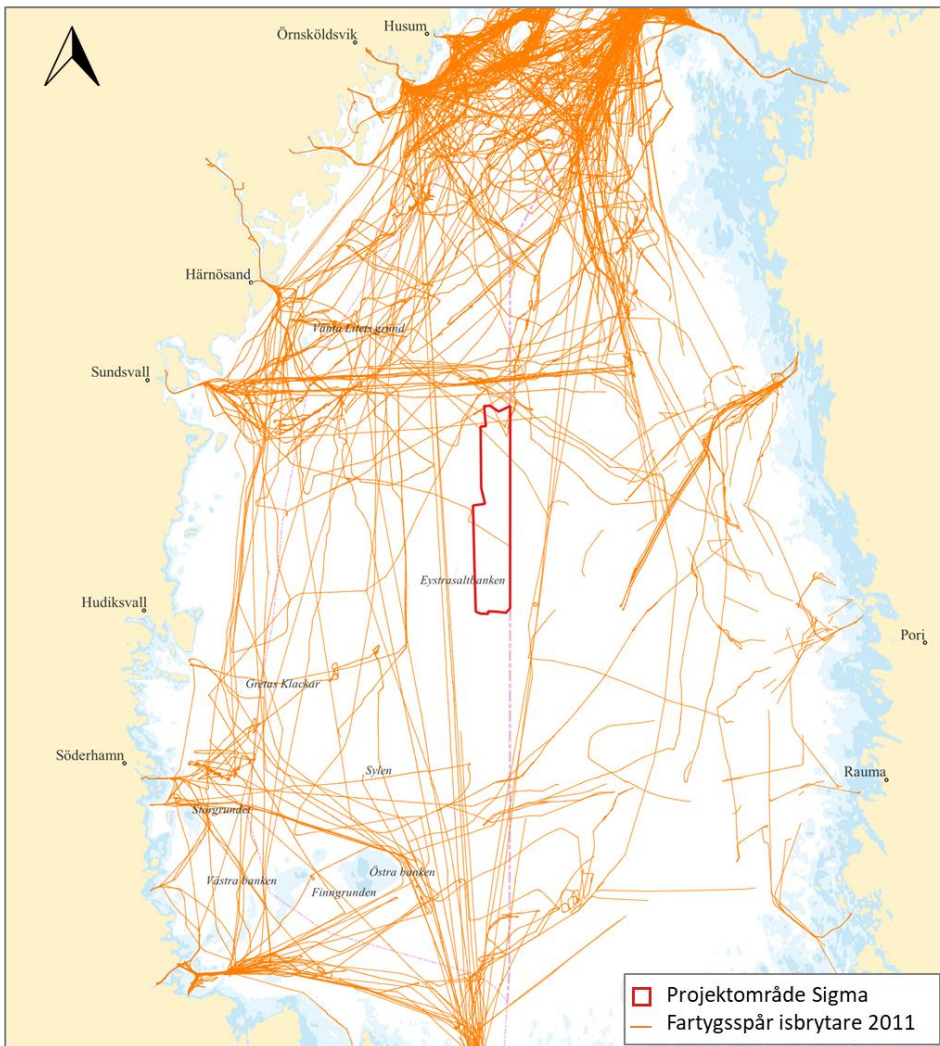
Under vinterhalvåret kan isförhållanden påverka fartygens möjlighet att nyttja de befintliga fartygsstråken. Förekommer det is kan fartyg behöva assistans av isbrytare. Vid isiga förhållanden väljs den rutt som för tillfället är den lättaste, i stället för de vanliga fartygsstråken. Isen rör sig dessutom och kan flytta sig och förändra förutsättningar från en dag till en annan.

Isutbredningen inom projektområdet är varierande. Vid milda eller normala vintrar förekommer det vanligen inte is i området, då isen vanligtvis återfinns vid kusterna. Fartygen kan i dessa fall trafikera fartygsstråken året runt. Det förekommer dock stränga vintrar då isutbredningen är betydligt större och då hela Bottenhavet kan täckas av is av varierande tjocklek. RISE har i sin utredning kartlagt isförhållanden på platsen under de senaste drygt 40 åren och konstaterar att det har varit is i området under 14 av totalt 42 år mellan 1981 och 2022. Exempel på isutbredning kan ses i Figur 8-5 under en mild, en normal och en sträng vinter, åren 2023, 2018 respektive 2011.



Figur 8-5. Isutbredning i Bottenhavet under en mild, en normal respektive en svår isvinter. Bild från Nautisk riskanalys, Bilaga 3.

En undersökning av fartygsspåren efter svenska och finska isbrytare under vintern 2011, en svår isvinter, visar att isbrytning inte behövdes frekvent i projektområdet. Mycket verksamhet utgick från Husum och Örnsköldsvik, samt Sundsvall och Härnösand, och de allra flesta rutterna berörde områden norr om Sigmas projektområde, Figur 8-6. AIS-data från Finland visar att den finska isbrytarverksamheten under samma år var koncentrerad till den östligaste delen av Bottenhavet, längs Finlands kust.



Figur 8-6. Fartygsspår av isbrytarverksamhet under den svåra isvintern 2011. I figuren visas inte AIS-data från finska isbrytare, vars verksamhet är koncentrerad till den östligaste delen av Bottenhavet.

Sammanlagt bedöms projektområdets värde för sjöfarten vara **litet** då det inte överlappar med något riksintresseområde för sjöfart och heller inga befintliga fartygsstråk samt då endast ett fåtal fartygspassager sker genom projektområdet i dagsläget.

8.2.2 Effekter

8.2.2.1 Anläggnings- och avvecklingsfas

Effekterna under anläggnings- och avvecklingsfasen kommer främst att vara en ökad kollisionsrisk då det uppstår ökad trafik i projektområdet som avviker från de etablerade fartygsstråken samt i vissa fall korsar dessa. Dessa nautiska risker behandlas under avsnitt 12.1.

8.2.2.2 Driftsfas

Undanträngningseffekt

En planerad etablering av vindpark Sigma kommer leda till att fartyg har begränsad tillgång till projektområdet. Med tanke på att det endast förekommer sporadisk trafik i projektområdet och inga fartygsstråk överlappar med projektområdet bedöms undanträngningseffekten vara **ingen/försumbar**. Det bedöms uppstå **ingen/försumbar effekt** på hamnars tillgänglighet.

Under vinterförhållanden innebär etableringen att isbrytarfartyg inte kan nyttja projektområdet varken för att leda om trafiken eller för att ta sig till ett eventuellt fartyg i nöd. När vindparken är på plats och vissa områden är blockerade från att användas kan fartyg behöva ta svårare och längre rutter med större behov av isbrytarassistent som följd. Det kan i sin tur leda till kapacitetsproblem för isbrytarverksamheten. Då projektområdet är beläget på gränsen till Finland förväntas risken att en isbrytare behöver korsat området för att nå fartyg i nöd vara liten. Med tanke på att is i projektområdet endast förekommer under stränga vintrar och inte varje år bedöms undanträngningseffekten sammantaget vara **liten**.

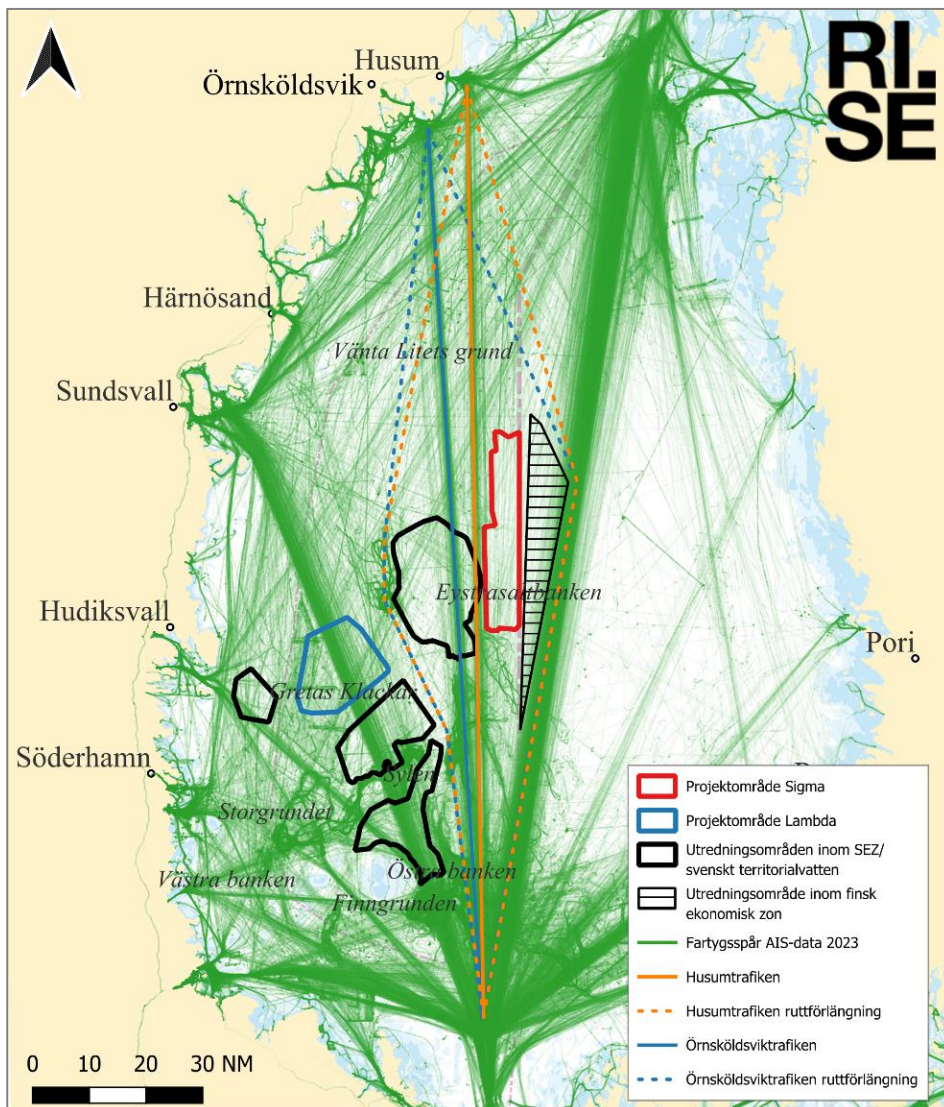
Nautiska risker

Verksamheten medför också nautiska risker, vilket beskrivs i avsnitt 12.1.

Kumulativa effekter

Även om etableringen av en vindpark inte medför någon större förändring för sjöfarten i projektområdet kan effekten bli större om man beaktar att det är flera vindparker som planeras inom närområdet. Den kumulativa påverkan har bedömts utifrån en etablering av vindparkerna Sigma och Eystrasalt samt den finska planerade vindparken Bothnia West (öster om projektområdet för vindpark Sigma).

De fartygsstråk som passerar närmast vindpark Sigma i öster behöver ändras om samtliga tre vindparker får tillstånd och etableras i dess planerade omfattning. Länsstyrelsen Gävleborg har dock, i sitt beslutsförslag till Regeringen, föreslagit att projektområdet för Eystrasalt minskas så att fartygsstråket som passerar genom området bevaras (Dnr. 3786-2023, beslut 2024-07-03). Husumtrafikens och Örnköldsvikstrafikens möjliga rutförlängningar, utan beaktande av ett minskat projektområde för Eystrasalt, ses i Figur 8-7 nedan.



Figur 8-7. Planerade vindparker i närheten av vindpark Sigma och ändrade rutter. Närmast i väster Eysrasalt och närmast i öster Bothnia West. Figur från den nautiska riskanalysen, Bilaga 3.

En rutförlängning för fartyg som trafikerar stråken leder till ökad bränsleåtgång samt tidsåtgång för rederierna. RISE har i sin rapport räknat på hur mycket bränsleförbrukningen skulle öka på grund av rutförlängningar och konstaterar att ett representativt exempelfartyg skulle öka sin bränsleförbrukning med 0,4 % på ett år. Effekten bedöms därmed som **ingen/försumbar**.

När det är is på havet kan farleder inte nyttjas som vanligt och fartyg behöver ta enklaste och bästa ruten. Vid etablering av samtliga tre vindparker (Eysrasalt, Sigma och Bothnia West) blockeras betydande delar av Bottenhavet för eventuell passage för fartyg vilket innebär att isbrytningsverksamhet försvåras. Isbrytarna måste dirigera eller assistera fartyg till svårare eller längre rutter och behöver ta längre väg för att komma till undsättning om stora ytor av Bottenhavet tas upp av vindparker.

Om samtliga tre vindparker etableras i sökt omfattning uppkommer en undanträngningseffekt på isbrytarverksamheten vid svåra isförhållanden. Sådana svåra isvintrar inträffar dock sällan vilket innebär att effekten bedöms som **liten**.

8.2.3 Skyddsåtgärder

Skyddsåtgärder behandlas vidare under avsnitt 11.1 Nautiska risker.

8.2.4 Konsekvenser

Det är **ingen/försumbar effekt** på sjöfarten i form av ändrade rutter. Det i kombination med att projektområdet bedöms ha **litet** värde för sjöfarten ger **ingaförsumbara konsekvenser**.

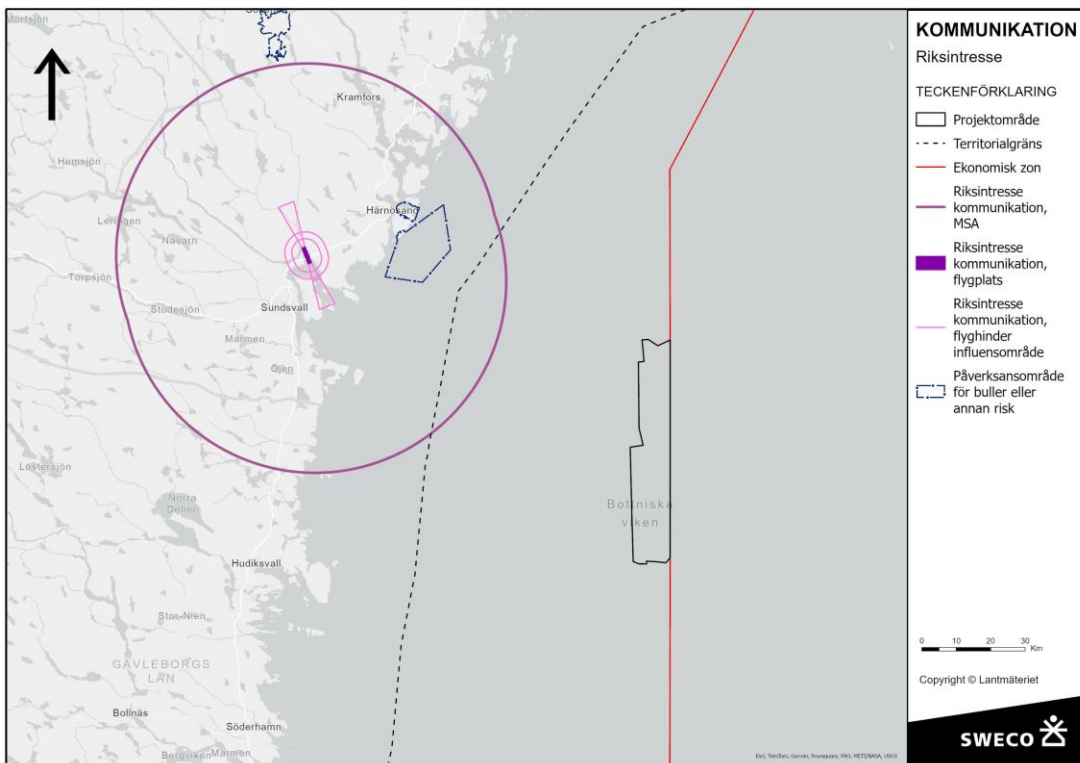
Den kumulativa effekten, om samtliga tre vindparker; Sigma, Bothnia West och Eysrasalt etableras i sökt utformning, bedöms som **liten** vilket i kombination med att projektområdet har **litet värde** för sjöfarten ger **försumbara konsekvenser**.

8.3 Luftfart

8.3.1 Nulägesbeskrivning

Det finns en flygplats (*Sundsvall-Timrå*) i Sundsvall, cirka tio mil väster om projektområdet, se Figur 8-8. Flygplatsen omges av en MSA-yta (*Minimum Sector Altitude*) med en radie på 55 kilometer med utgångspunkt i flygplatsens landningshjälpmedel (Trafikverket, 2017).

Vidare finns ett påverkansområde (TM0063) med särskilt behov av hinderfrihet strax utanför Härnösands kust (Figur 8-8), som också är ett riksintresse för totalförsvarets militära del, se avsnitt 8.4.



Figur 8-8. Bilden visar MSA-område runt flygplatsen Sundsvall-Timrå (grön ring), samt påverksansområdet utanför Härnösands kust (blå, streckad linje) i förhållande till projektområdet (visas inom röd ruta). Källa: Vindbrukskollen.

En flyghinderanalys genomfördes av Luftfartsverket 2024-08-26 för planerad etablering av vindpark Sigma. Flyghinderanalysen består av två delar; (1) en analys avseende CNS-utrustning som ägs av Luftfartsverket och (2) en analys avseende berörd flygplats med dess luftrum, in och utflygningssprocedurer, CNS-utrustning samt hinderbegränsande områden.

I flyghinderanalysen konstaterar Luftfartsverket att inga flygplatser berörs av den planerade vindparken Sigma.

Projektområdet bedöms därmed ha ett **litet värde** med hänsyn till luftfartens intressen.

8.3.2 Effekter

Då inga flygplatser eller tillhörande utrustning berörs av verksamheten bedöms **ingen/försumbar effekt** för luftfarten uppstå.

8.3.3 Skyddsåtgärder

Vindkraftverken kommer att förses med hinderbelysning av säkerhetsskäl för luftfarten och sjöfarten. Vindkraftverk markeras enligt Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten (TSFS 2020:88), eller de vid tidpunkten för anläggandet gällande föreskrifter.

8.3.4 Konsekvenser

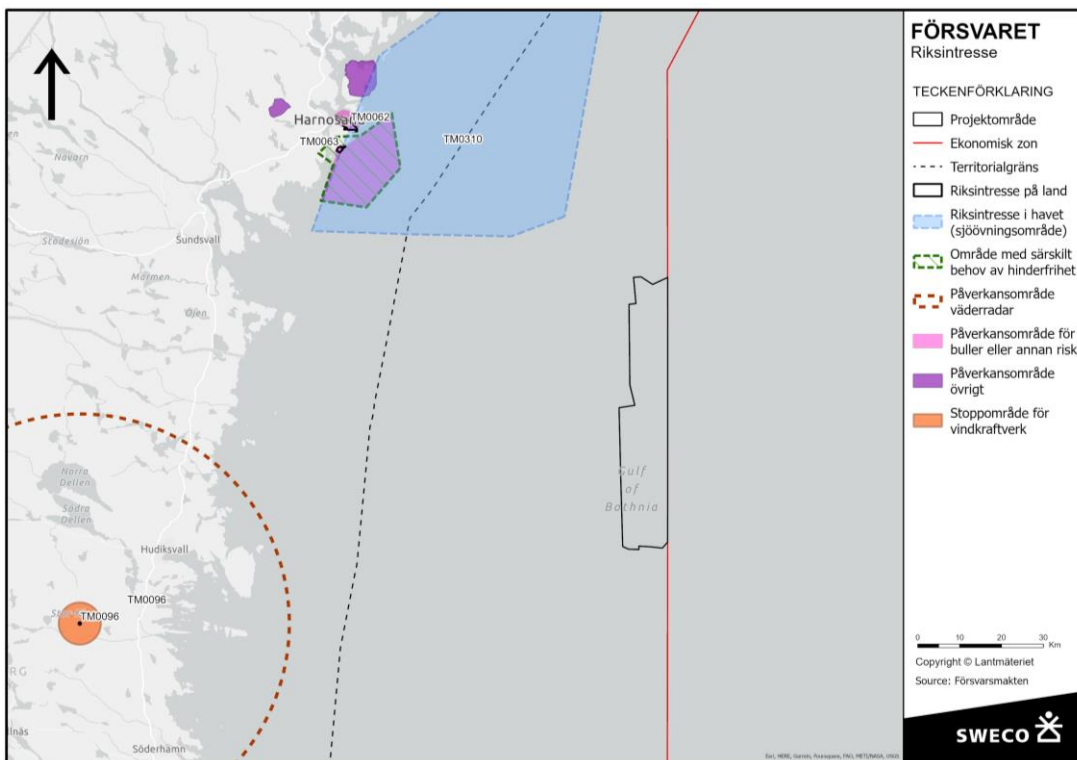
Den planerade vindparken Sigma bedöms medföra **ingen/försumbar effekt** på näringen luftfart. I kombination med att projektområdet utgör ett **litet** värde för näringen, bedöms det därmed medföra **inga/försumbara konsekvenser**.

8.4 Försvaret

8.4.1 Nulägesbeskrivning

Försvaret har ett antal riksintresseområden längs med kusten, väster om projektområdet. Vissa riksintresseområden tar ett större havsområde i anspråk, så som sjöövningsområdet *Härnös skjutfält* (TM0310) och påverkansområdet för väderradar *Hudiksvall* (TM0096), se Figur 8-9. Sjöövningsområdet ligger på ett avstånd av cirka två mil från planerat projektområde. Påverkansområdet ligger cirka sex mil från planerat projektområde.

Vidare finns ett påverkansområde (TM0063) med särskilt behov av hinderfrihet strax utanför Härnösands kust (Figur 8-8), som också är ett riksintresse för totalförsvarets militära del. Ett område med särskilt behov av hinderfrihet syftar till att säkerställa säker in- och utflygning från området (Försvarmakten, 2022)



Figur 8-9. Försvarets riksintresseområden i förhållande till projektområdet för vindpark Sigma.

Enligt havsplanerna har inget av de områden (B125 och B140), som det planerade projektområdet ligger inom, försvar som användningsområde (Havs- och Vattenmyndigheten, 2022). I förslaget till reviderade havsplaner, som anger lämpliga områden för energiutvinning, anges däremot att särskild hänsyn ska tas till försvarets intressen (Havs- och Vattenmyndigheten, u.å.a).

Projektområdet bedöms sammantaget ha ett **litet värde** för försvarets intressen.

8.4.2 Effekter

Försvarmakten bedömer att den planerade vindparken Sigma inte innebär risk för påtaglig skada på riksintresse eller område av betydelse för totalförsvarets militära del, enligt samrådsyttrande daterat 2023-12-15.

Den planerade vindparken Sigma bedöms medföra **ingen/försumbar effekt** på försvarets intressen.

8.4.3 Skyddsåtgärder

Bolaget kommer att samråda med Försvarmakten om riskreducerande åtgärder i god tid innan anläggningsarbeten påbörjas.

8.4.4 Konsekvenser

Den planerade vindparken Sigma bedöms medföra **ingen/försumbar effekt** på försvarets intressen. I kombination med att projektområdet utgör ett **litet värde** för försvaret, bedöms det därmed medföra **inga/försumbara konsekvenser**.

9 Miljöförutsättningar och miljökonsekvenser

9.1 Bottenfauna

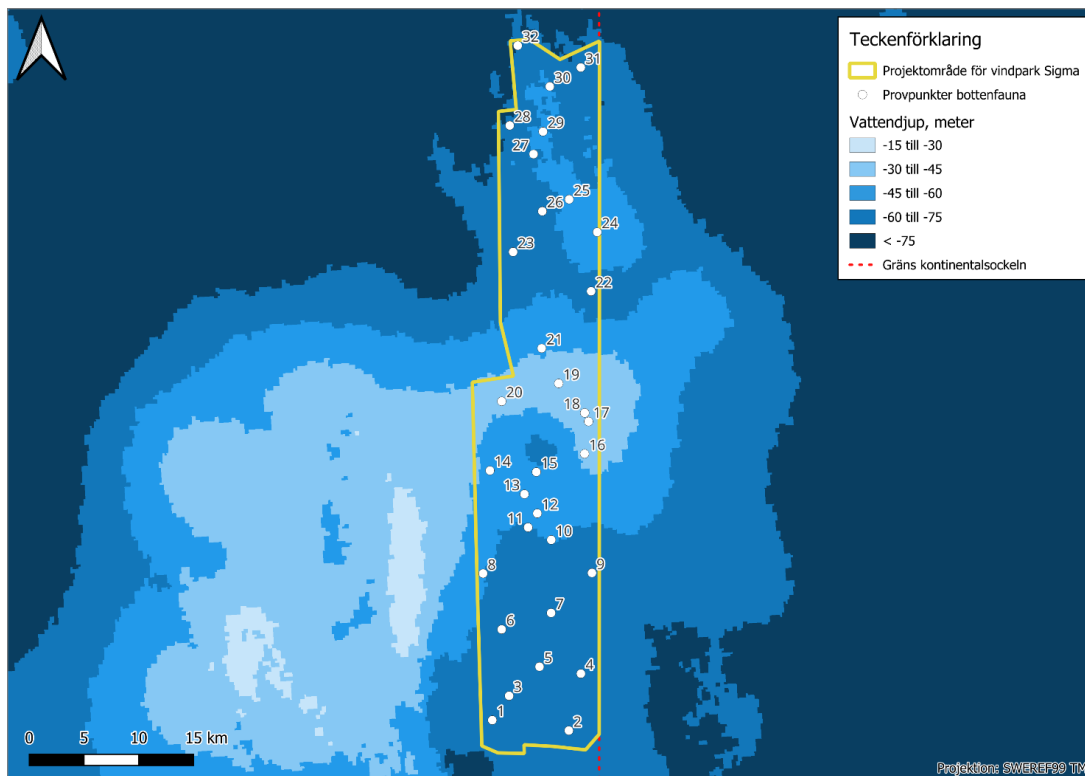
Pelagia har genomfört en marinbiologisk utredning som föreliggande avsnitt bygger på. Utredningen återfinns i sin helhet i Bilaga 7.

9.1.1 Nulägesbeskrivning

Generellt sett är artsammansättningen i Bottenhavet förhållandevis artfattig och artrikedomen avtar med en minskad salinitet och är bara en bråkdel av den som förekommer i marina miljöer. Bottenhavet utgör också den nordligaste gränsen av utbredningsområdet för flera marina arter av bottenfauna då det är få arter som är anpassade för att leva i bräckt vatten. För att kartlägga bottenfaunan inom projektområdet har sökningar gjorts i Helcoms kart- och dataservice (2024-04-25), ICES DataPortal (2024-04-25) samt SHARKweb (SMHI, 2024-04-25). Dessutom genomfördes en bottenfaunaprovtagning med 32 bottenhugg inom projektområdet under sommaren 2024, Figur 9-1. Vid provtagningen noterades att bottensubstratets sammansättning varierade stort inom projektområdet, på vissa platser var botten hård och stenig varför något sedimentprov inte var möjligt att ta ut med bottenhuggare. På dessa platser med hårdbottnar noterades förekomst av tångbark och hydroider i samband med att större stenar följt med i van Veen-huggare.

Resultatet från provtagningen visar att artsammansättningen inom projektområdet är typisk för mjukbottnar i Bottenhavet. De vanligast förekommande arterna var vitmärla (*Monoporeia affinis*), istidsrelikten ishavsgråsugga (*Saduria entomon*) samt invasiva havsborstmaskar ur släktet *Marenzelleria*. I provpunkten med störst antal arter (punkt 11) påträffades sex taxa. Sammantaget var det en stor variation mellan de olika proverna där det i vissa prover endast återfanns ett fåtal individer medan det i andra påträffades en för Bottenhavet hög abundans och/eller diversitet. Inga av de arter som påträffades i bottenfaunainventeringen omfattas av något formellt skydd enligt artskyddsförordningen eller är upptagna i rödlistan (SLU Artdatabanken, 2020). En beräkning av bottenfaunaindex (BQIm Benthic Quality Index) har gjorts som pekar på att området har god status med avseende på bottenfauna.

Andra provtagningsstationer i närområdet till Sigma har en liknande artsammansättning som projektområdet, även där påträffades vitmärla i flest prover och med högst täthet. Utöver vitmärla har även ishavsgråsugga, arter från *Marenzelleria*, blåmusslor och havstulpaner påträffats.



Figur 9-1. Kartan visar projektområdet som också utgör undersökningsområdet (gul polygon) för bottenfauna. Samtliga provtagningspunkter framgår av kartan.

Sammanfattningsvis kan konstateras att projektområdet har en bottenfauna som motsvarar den i närliggande provtagningar och normalt förekommande bottenfauna i mjukbottnar i Bottenhavet. Detta, i kombination med att det inte har påträffats några skyddade arter under provtagningen, gör att projektområdets värde för bottenfauna bedöms vara **litet**.

9.1.2 Effekter

Effekter som uppkommer till följd av etablering av vindpark Sigma och när de uppträder sammanfattas i Tabell 9-1.

Tabell 9-1. Miljöeffekter och när de uppträder.

Miljöeffekt	Anläggning	Drift	Avveckling
Habitatförändring och reveffekt		x	
Suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter	x		x
Undervattensljud	x	x	x
Elektromagnetiska fält		x	

9.1.2.1 Habitatförändring och reveffekt

Påverkan som uppstår kommer att bestå i att kabelnät läggs ner samt anläggande av fundament och erosionsskydd. Detta kommer att medföra en

omfördelning eller övertäckning av sediment. Flera av de arter som förekommer inom projektområdet är dock anpassade till att klara viss övertäckning (Bonsdorff & Pearson, 1999; Powilleit, o.a., 2009; Hinchey, Schaffner, Hoar, Vogt, & Batte, 2006). Trots detta kommer organismer att dö. Området som påverkas är dock mycket litet och utgör som mest cirka 0,3 % av det totala projektområdet.

De områden där erosionsskydd etableras på mjukbotten kommer att bli otillgängliga för mjukbottenarter fram till dess att vindpark Sigma avvecklas. Däremot kommer dessa i stället att bli tillgängliga för bottenfauna som är knuten till hårbotten och en reveffekt uppstår som gynnar dessa. Denna reveffekt bedöms väga upp de negativa effekterna av habitatförlusten.

Baserat på detta bedöms habitatförändringar och reveffekt till följd av etableringen av vindpark Sigma bli **positiv**.

9.1.2.2 *Suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter*

Spridning av suspenderat material och sedimentation förekommer under anläggningsskedet då internkabelnät läggs eller spolats ner i botten och då fundament förankras. Beroende på hur mycket av anläggningen som ska tas bort vid avveckling kan samma grumlingspåverkan även uppstå i avvecklingsskedet. Då ingen sedimentsuspension förekommer i driftsskedet bedöms endast anläggning- och avvecklingsskede i detta avsnitt.

Spridning av suspenderat material och sedimentation har en negativ inverkan på framför allt fastsittande och filtrerande organismer medan mobila arter som ishavsgråsugga, vitmärla och havsborstmask klarar övertäckningen bättre. De flesta bottenlevande arterna klarar ett visst mått av övertäckning. Även blåmusslan som lever på hårda botten har i studier visat sig klara av att täckas av flera centimeter sediment upp till åtta dygn utan någon signifikant skillnad i dödlighet (Hutchison, Hendrick, Burrows, Wilson, & Last, 2016). Effekten är starkt kopplad till längden på exponeringstiden samt om övertäckning sker vid upprepade tillfällen.

Modelleringar visar att stora ytor kommer att påverkas av sedimentspridning med höga koncentrationer, se Figur 7-6 och Figur 7-7 ovan. Påverkan kommer dock att förflytta sig i tid och rum då bottenarbeten kommer att pågå under en lång tidsperiod och över endast mindre områden åt gången. Områden i fundamentens omedelbara närhet kan bli täckta av upp till 100 millimeter sediment och minst 50 millimeters sedimentpålagring har beräknats kunna förekomma inom 130 meter från fundamenten. Återkolonisation väntas dock ske inom relativt kort tid.

Även om det totala påverkansområdet är stort kommer påverkan inte att beröra hela projektområdet samtidigt. Effekten bedöms vara **ingen/försumbar**.

I samband med att sediment virvlas upp kan eventuella miljögifter blandas upp i vattnet och bli biotillgängliga. Studier på vitmärla (som är vanligt förekommande i projektområdet) visar att förekomst av miljögifter kan ge en ökad frekvens av missformade embryon vilket kan leda till en påverkan på populationsutvecklingen. Spridningen av eventuella föroreningar i sediment förväntas ske i samma omfattning som spridningen av sediment, det vill säga maximalt cirka 2,2 kilometer från källområdet. Dock visar de provtagningar som har utförts av miljögifter i sediment på generellt låga halter. Därtill kommer det

att ske en utspädning i omgivande havsvatten varför effekten bedöms vara **ingen/försumbar**.

9.1.2.3 Undervattensbuller

Kunskapen om hur undervattensbuller påverkar bottenfauna är bristfällig. Bottenfauna saknar hörselorgan men många arter har någon form av organ för att uppfatta partikelrörelser som bland annat kan uppstå till följd av ljud. Studier av hur blåmusslor påverkas av pålningsljud (Spiga, Caldwell, & Bruintjes, 2016) och uppspelning av fartygsljud visar på förändrade filtreringshastigheter och beteendeförändringar. Detta har tolkats som ett stressbeteende (Wale, Briers, Hartl, Bryson, & Diele, 2016).

Det saknas information om de ljudnivåer som förekommit i tidigare studier, varför det är svårt att bedöma huruvida dessa är jämförbara med de pålningsljud som kommer att uppstå i samband med anläggandet av vindpark Sigma. De studier som har utförts på blåmussla visar dock på övergående stressbeteenden och då de anläggningsljud som kommer att uppstå blir relativt kortvariga bedöms effekten bli **ingen/försumbar**. Under såväl avvecklings- som driftsskedet av vindparken förväntas ljudnivåerna bli lägre än under anläggningsfasen, effekten i dessa skeden bedöms därför bli **ingen/försumbar**.

9.1.2.4 Elektromagnetiska fält

Elektromagnetiska fält som alstras avtar snabbt i styrka med ökat avstånd från kabeln vilket innebär att det endast är bottenarealerna närmast kablarna som påverkas (Snyder, Bailey, Palmquist, Cotts, & Olsen, 2019). Om kabeln förläggs på en meters djup i sedimentet kommer fältstyrkan vara tre mikrotelsa på två meters avstånd från kabeln och en mikrotelsa på fyra meters avstånd.

De organismer som sannolikt påverkas mest av elektromagnetiska fält är de förhållandevis orörliga ryggradslösa organismer som lever på botten. Studier har inte kunnat påvisa några effekter på ishavsgråsugga och blåmussla (Bochert & Zettler, 2004), medan östersjömusslan (*Macoma balthica*) har påverkats signifikant. Studien undersökte effekter av en fältstyrka på en millitesla och den största effekten uppkom i tidiga utvecklingsstadier (Stankevičiūtė, o.a., 2019). Om kabelnätet läggs på en meters djup beräknas fältstyrkan vid havsbotten bli runt 15 μ T om man beaktar att kabeln ligger på en meters djup vilket är 67 gånger lägre än vad östersjömusslan utsattes för i studien.

Studier som har genomförts på mobila arter som hästräka (*Crangon crangon*), den främmande arten vitfingrad brackvattenskrabba (*Rhithropanopeus harrisi*) (Bochert & Zettler, 2004) och bakborstig rovmask (*Hediste diversicolor*) visade inte heller några effekter av påverkan vid de fältstyrkor som beräknas uppstå vid vindpark Sigma (Jakubowska, Urban-Malinga, Otremba, & Andrulewicz, 2019).

Av den bottenfauna som finns representerad i projektområdet är det alltså östersjömussla som påvisats påverkas av elektromagnetiska fält. Men då den fältstyrka som påvisat negativ effekt i studierna är långt högre än den som beräknas uppstå från kabelnätet samt att påverkan begränsas till kablarnas direkta närhet bedöms effekten bli **ingen/försumbar**.

9.1.2.5 Kumulativa effekter

Sedimentsuspension, sedimentation samt undervattensbuller har påverkan som sträcker sig utanför projektområdet och kan adderas med påverkan från andra planerade vindparker, i detta fall Eystrasalt. Om vindparken Eystrasalt inte är färdigbyggd innan anläggning av Sigma påbörjas innebär det att sedimentsuspension och sedimentation samt undervattensljud kommer att överlappa i tid. Då de påverkade ytorna, även om de omfattar två vindparker, är relativt små bedöms påverkan bara uppkomma på individnivå och inte på populationsnivå. Det innebär att den kumulativa effekten bedöms vara **ingen/försumbar**.

9.1.3 Skyddsåtgärder

Vid anläggande av fundament ska erforderliga ljuddämpande skyddsåtgärder användas så att undervattensljud inte överstiger nivåer för TTS för strömming eller säl på ett avstånd om 1000 meter från ljudkällan. Detta motsvarar effekten av den dämpning som uppnås vid bruk av dubbel bubbelgardin (DBBC) vid pålning av monopiles. Dessutom kommer pålningen att påbörjas med soft start och en ramp-up period varvid slagstyrkan är lägre från början och successivt ökas till full styrka under minst trettio minuter. Konsekvensbedömning av undervattensbuller har gjorts med beaktande av skyddsåtgärderna.

9.1.4 Konsekvenser

Projektområdets värde för bottenfauna har bedömts vara **litet**.

Habitatförändring och reveffekt har bedömts vara **positiv** vilket i kombination med **litet** värde innebär att konsekvenserna bedöms bli **positiva**. Säkerheten i bedömningen är **måttlig till stor**.

Effekten av suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter har bedömts i både anläggning- och avvecklingsskede att vara **ingen/försumbar**. Baserat på att värdet är **litet** bedöms detta medföra **inga/försumbara** konsekvenser. Säkerheten i bedömningen är **måttlig till stor**.

Effekten av undervattensbuller bedöms till **ingen/försumbar** i samtliga skeden, vilket medför **inga/försumbara** konsekvenser. Säkerheten i bedömningen är **låg** då det vetenskapliga underlaget är knapphändigt.

Effekten av elektromagnetiska fält är bedömd till **ingen/försumbar**, vilket medför **inga/försumbara** konsekvenser. Säkerheten i bedömningen är **stor**.

Den kumulativa effekten för anläggning av både Eystrasalt och Sigma bedöms som **ingen/försumbar** vilket förväntas ge **inga/försumbara** konsekvenser för bottenfaunan i området.

9.2 Fisk

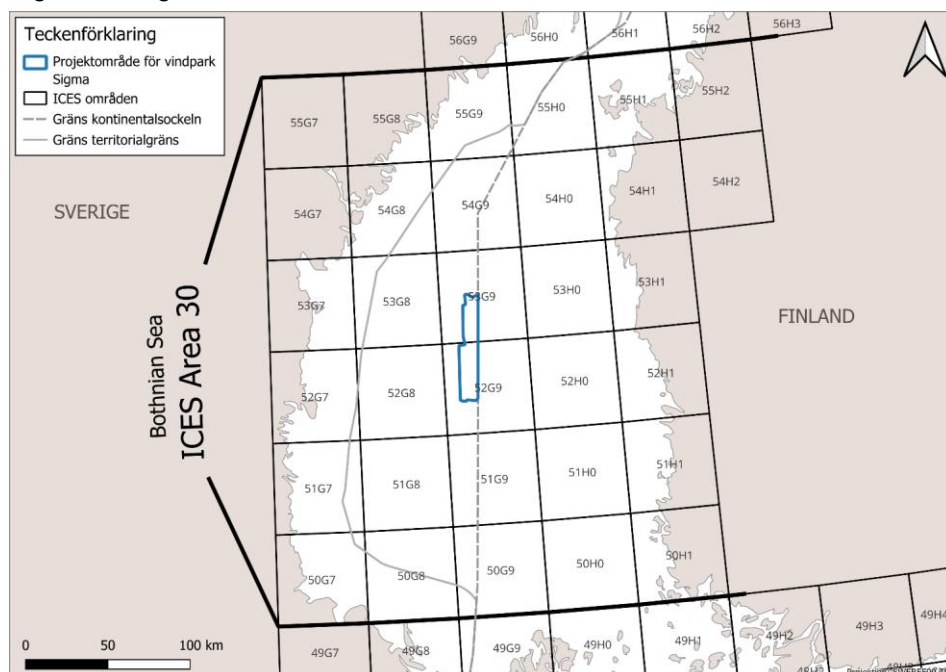
Pelagia har genomfört en marinbiologisk utredning som föreliggande avsnitt bygger på. Utredningen återfinns i sin helhet i Bilaga 7. Statkraft har sedan underlagsutredningen utförts antagit en ny strategi för biologisk mångfald varför ambitionen för skyddsåtgärder höjts. Bedömningarna nedan har justerats utifrån utökade skyddsåtgärder för undervattensbuller och är därmed inte helt i överensstämmelse med bedömningarna i Bilaga 7.

9.2.1 Nulägesbeskrivning

Östersjön är ett innanhav med bräckt vatten. Salthalten är avtagande ju längre norrut man kommer, vilket beror på tillflöden av sötvatten från älvarna. Salthalten vid projektområdet för Sigma är fem till sex promille. Djupet inom projektområdet varierar mellan 30 och 80 meter. Habitatet är klassat som en utsjömiljö. Detta är förutsättningar som till stor grad påverkar fisksammansättningen i området. Ett flertal sötvattensarter förekommer medan många marina arters förekomst avtar. Sammanlagt förekommer det ett 40-tal fiskarter i Bottenhavet och merparten av dessa är sötvattensarter, dessa lever dock främst i kustnära vatten. De saltvattensarter som förekommer återfinns i högre grad på djupare områden.

9.2.1.1 Fiskfaunan i projektområdet

Information om fiskförekomst inom Sigmas projektområde har hämtats från olika källor, som provfisken utförda i närområdet samt uppgifter från inrapporterade kommersiella fiskefångster. De provfisken som har utförts i närheten är främst avgränsade till kustnära vatten eller till utsjöbankar, bland annat vid Västra och Östra Finngrund. Resultaten från dessa ligger delvis till grund för bedömningen av vilka arter som förväntas återfinnas inom Sigma. Det provfiske som har utförts närmast projektområdet är vid Eyrasaltbanken rakt väster om Sigma (Skyborn Renewables, 2023). Detta provfiske har utförts genom nätprovfiske och provtagning med eDNA och resultatet bedöms vara representativt även för Sigma. Ytterligare data som bidragit i kunskapsinhämtningen är från Internationella havsforskningsrådet, ICES, som rapporterar om kommersiella fiskefångster. Datat erhålls från ett statistiskt rutnät där rutorna 53G9 och 52G9 överlappar projektområdet för vindpark Sigma, se Figur 9-2 och Tabell 9-2.



Figur 9-2. Projektområdet för vindpark Sigma (blå polygon) i förhållande till ICES-områden och gränsen för Sveriges exklusiva ekonomiska zon.

Tabell 9-2. Sammanställning av de arter vars förekomst har påvisats samt vilka arter som förväntas vara allmänt förekommande i projektområdet samt vilka som förväntas leka där. Data är hämtat från provfiskeri i närområdet samt fångstdata från Internationella havsforskningsrådet (ICES). Klassningen från svensk rödlista; (LC) = livskraftig, (VU) = sårbar.

Art	Eystrasalt	Finngrunden	ICES-ruta 52G9 och 53G9	Bedöms allmän i Sigma	Bedöms leka i Sigma
Abborre (LC)			X	Nej	Nej
Braxen (LC)			X	Nej	Nej
Gädda (LC)			X	Nej	Nej
Gös (LC)			X	Nej	Nej
Hornsimpä (LC)	X	X		Ja	Nej
Lax (LC)	X		X	Nej	Nej
Mindre havsnål (LC)	X			Nej	Nej
Mört (LC)	X			Nej	Nej
Nejonöga (LC)	X			Nej	Nej
Nors (LC)		X		Nej	Nej
Rötsimpä	X	X		Ja	Ja, eventuellt
Större ringbuk (LC)	X			Ja	Ja, sannolikt
Sik (LC/hotad)	X	X	X	Ja	Nej
Skarpsill (LC)	X		X	Ja	Ja, sannolikt
Skrubbskädda (LC)	X	X		Ja	Ja, eventuellt
Spetslångebarn (LC)	X			Ja	Ja, sannolikt
Spiggar (LC)	X		X	Ja	Nej
Strömming (LC)	X	X	X	Ja	Ja, sannolikt
Tobisfiskar (kusttobis och tobiskung) (LC)	X			Ja	Ja, sannolikt
Torsk (VU)	X	X	X	Nej	Nej
Tånglake (LC)	X	X		Ja	Ja, sannolikt
Öring (LC)	X		X	Nej	Nej

De arter som bedöms vara allmänt förekommande är sik, strömming, skarpsill, storspigg, skrubbskädda, spetslångebarn, tånglake, kusttobis, tobiskung, röt- och hornsimpä.

Av dessa arter bedöms skarpsill, spetslångebarn, strömming, kusttobis, tobiskung och tånglake potentiellt även använda projektområdet för lek. Östersjön finns två genetiskt skilda populationer av strömming, den ena leker under våren och den andra under hösten (Wennerström, o.a., 2022;

Wennerström, o.a., 2023). I Bottenhavet dominerar vårlekande strömming som leker på grunda kustnära vatten ner till cirka 15 meters djup. Den höstlekande strömmingen leker på djupare vatten i ytterskärgårdar och utsjöbankar, vanligen ner till 20 och eventuellt ända ner till 40 meters djup.

Det finns dock inga kända lekplatser inom projektområdet. Vid Eystrasaltbanken finns ett mindre område som har pekats ut som ett potentiellt lekområde och är också den närmaste potentiella leklokalen (HELCOM, 2024). Denna lokal ligger cirka två mil från projektområdet.

De arter som bedöms vara endast sporadiskt förekommande är abborre, braxen, gädda, gös och mört som är typiska sötvattensarter för vilka projektområdet inte utgör ett naturligt habitat. Även torsken bedöms vara sporadiskt förekommande då den endast detekterats med mycket låg detektionsfrekvens i eDNA-provtagning vid Eystrasaltbanken och har inte registrerats vid några provfischen (Skyborn Renewables, 2023). Utöver detta kräver torsken en högre salthalt i vattnet för att reproduktionen ska lyckas (Heimbrand, Larsson, Landfors, & Bergström, 2023). Liksom torsken bedöms även ålen vara sporadiskt förekommande i de centrala delarna av Bottenhavet då inga fynd finns dokumenterade där. Andra arter som har påträffats vid Eystrasaltbanken men som bedöms vara sporadiskt förekommande inom projektområdet för vindpark Sigma är nors, havsnål och flodnejonöga. Bedömningen grundar sig främst på arternas biologi och habitatpreferenser.

9.2.1.2 Miljöaspektens värde

Projektområdet för vindpark Sigma har sannolikt en fiskfauna som är artfattig och utgörs av typiska arter i utsjöområdet. Inom projektområdet finns inga lekområden och inte heller några habitat för hotade arter. Sammantaget bedöms projektområdets värde för fisk vara **litet**.

Det närmaste potentiella lekområdet för strömming är Eystrasaltbanken som ligger cirka 20 kilometer från Sigmas projektområde. Området är dock relativt litet och bedöms ha ett **måttligt** värde.

9.2.2 Effekter

Etablering av vindparken kan medföra ett flertal effekter för fisk inom området. Effekterna och när de uppträder sammanfattas i Tabell 9-3.

Tabell 9-3. Tabellen sammanfattar de förväntade miljöeffekterna och under vilka skeden de uppkommer.

Miljöeffekt	Anläggning	Drift	Avveckling
Habitatförändring och reveffekt		x	
Suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter	x		x
Undervattensbuller	x	x	x
Elektromagnetiska fält		x	

Under både anläggnings- och avvecklingsskedena pågår aktiviteter som successivt förändrar miljön och det uppstår störningar som förflyttar sig inom området. Habitatförändringen till följd av etableringen av vindparken påbörjas under anläggningsskedet men får full effekt först när vindparken är färdigbyggd. Effekten konsekvensbedöms därför enbart för driftsskedet.

Suspenderat material och sedimentation uppkommer i störst utsträckning under anläggningsfasen när bottenarbeten som pålning och kabelnedläggning utförs. Under driftsfasen bedöms det inte uppkomma någon sådan effekt varför driftsfasen inte behandlas vidare.

9.2.2.1 *Habitatförändring och reveffekt*

Reveffekten som följer av introduktion av nya hårda strukturer i hela vattenkolumnen är välstuderad i utpräglad marina miljöer (Andersson & Öhman, 2010; Isæus, Beltran, Stensland Isæus, Öhman, & Andersson-Li, 2022; Langhamer, 2012). Strukturerna attraherar och gynnar fisk som kan hitta både föda och skydd i sådana områden. Man har också kunnat visa att reveffekten är större om området redan från början hyser en större artdiversitet. Kunskapsläget kring habitatförändringar och reveffekter i Östersjön är bristfälligt men reveffekten förväntas vara mindre här i jämförelse med områden längre söderut med en högre salthalt och artdiversitet.

Den totala ytan som bedöms påverkas genom habitatförändring är samtliga fundament inklusive erosionsskydd samt alla kabelkorridorer. Dessa uppgår till maximalt 1,93 kvadratkilometer vilket motsvarar endast 0,3 procent av projektområdet. Det innebär att effekten av habitatförändring bedöms som ingen/försumbar. Reveffekten innebär en viss positiv effekt för fisk. Sammantaget bedöms effekten av habitatförändring och reveffekt som **ingen/försumbar till positiv**.

9.2.2.2 *Suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter*

Effekterna av suspenderat material och sedimentation på fisk kan både vara direkta och indirekta. De direkta effekterna kan vara mortalitet, fysiska skador på gälar och ägghinnor som orsakats av sedimentpartiklar, samt psykisk stress och beteendeförändringar. De indirekta effekterna kan vara lika allvarliga som de direkta. Dessa kan utgöras av minskad tillgång på byten, habitatförlust på grund av minskad förekomst av växter vilket leder till minskad tillgång på skydd mot rovdjur. Sedimentation kan också leda till att hårdbottnar som utgör lekplatser försämras samt att ägg och larver täcks över av sediment, vilket leder till att de dör av syrebrist. Hur stor effekten av grumling och sedimentation blir beror på hur intensiv och varaktig exponeringen är. Dock spelar olika fiskarters stresstolerans in liksom typen av sediment och den naturliga bakgrundshalten.

Bottenlevande fiskar är generellt mer tåliga mot grumling och sedimentation. Juvenila och adulta fiskar är också mer tåliga då de kan undvika områden med höga koncentrationer av suspenderat material. Generellt har fiskar en hög tolerans mot grumling och en exponering av 100 milligram suspenderat material per liter vatten under två veckor eller 1000 milligram suspenderat material per liter vatten under maximalt tjugofyra timmar har en liten direkt påverkan på organismer. Känsligast för grumling är ägg och larver, och lekperioden är därför den känsligaste tidpunkten under fiskars livscykel. Grumlingens effekt kan både vara dödlig och skadlig för äggen och kan leda till försenad eller försämrad kläckning, ökad frekvens av missbildningar och minskad tillväxt.

Det finns en viss risk att eventuella miljögifter som finns i sediment sprids vid uppgrumling. Uppmätta halter av miljögifter i sedimentet har dock visat sig vara låga och utgör ingen risk för påverkan på bottenlevande fisk.

Anläggning

Under anläggningsfasen av vindpark Sigma beräknas en sedimentkoncentration på över 1000 milligram per liter vatten uppstå under någon timme totalt inom en yta av knappt 22 kvadratkilometer motsvarande 3,4 % av det totala projektområdet. Sedimentpålagring som överskrider tio millimeter har beräknats uppstå på totalt drygt 14 kvadratkilometer, cirka två procent av den totala ytan, under den totala anläggningsperioden. Det påverkade området är förhållandevis litet och de fiskarter som förväntas kunna leka inom detta område har en stor geografisk utbredning vilket innebär att motsvarande habitat finns att tillgå utanför området. Dessa fiskarter är också klassade som livskraftiga (LC) på den svenska rödlistan. Miljögifter som kan spridas i och med sedimentsuspension bedöms inte få någon betydande effekt då halterna av miljögifter i sediment inom området är låga.

Effekten från suspenderat material och sedimentation bedöms därmed vara **ingen/försumbar**.

Avveckling

Nedmonteringen av vindpark Sigma kommer medföra en viss mängd av suspenderat material och sedimentation, beroende på hur mycket av vindparken som ska tas bort. Om undervattenskablar tas upp vid avveckling kan det antas att sedimentsuspension och sedimentation uppnår liknande nivåer som vid anläggning och effekten kan bedömas, som för anläggningsskedet, bli **ingen/försumbar**.

9.2.2.3 Undervattensbuller

I vatten sprids ljud på två sätt, dels som partikelrörelse ($m \cdot s^{-2}$), dels som tryckvågor (dB). Partikelrörelse avtar snabbt med avståndet från ljudkällan medan tryck/ljudvågor färdas långt och kan uppfattas av fiskar på stora avstånd. Fiskar har överlag en god förmåga att uppfatta lågfrekvent ljud (under 100 Hz). Ljud kan orsaka skador på fiskar och påverkar främst gasinnehållande organ så som simblåsa och mag- och tarmkanal. Ljudkänsligheten för höga ljud är dock starkt artberoende och kopplad till fiskarnas levnadssätt. Till exempel saknar flera bottenlevande fiskar, bland annat skrubbskädda, simblåsa vilket gör dem mindre känsliga för höga ljud. Låga ljud kan också påverka fiskar och påverkan från låga ljud sker oberoende av om arten har en simblåsa eller inte. Undervattensljud kan ge upphov till beteendeförändringar och tillfälligt nedsatt hörsel vilka i sin tur kan leda till en negativ påverkan på både individ- och populationsnivå. Dock saknas mycket kunskap om hur antropogent ljud påverkar fiskesamhällen då merparten av den forskning som har utförts har gjorts på fiskar i fångenskap under laboratorieförhållanden.

Vid utredning av bullerpåverkan från vindpark Sigma på fisk har tröskelvärden för strömming använts. Strömmingen anses vara en hörselspecialist vilket innebär att den har en låg hörtröskel och därmed är känslig för undervattensljud. Därtill är det en kommersiellt viktig art för fisket i Östersjön vilket innebär ett särskilt intresse för arten. Det är därför praxis att använda strömmingen som mållart för att ta fram worst-case-scenarier för att kunna bedöma påverkan från undervattensljud. Dock saknas det svenska riktlinjer och tröskelvärden varför tröskelvärden för PTS (permanent threshold shift) och TTS (temporary threshold shift) från forskningsrapport av Poppers med flera har använts (Popper, o.a., 2014). Även i Naturvårdsverkets rapport 6723 föreslås att skadliga ljudnivåer (PTS) kan användas för utvärdering av bullerpåverkan (Andersson, o.a., 2016). TTS som kan innebära tillfällig hörselnedsättning och beteendeförändringar såsom flyktbeteende används dock inte i

Naturvårdsverkets rapport då påverkan är avhängig av de olika arternas specifika känslighet för frekvens och ljudintensitet. De olika tröskelvärdena visas i Tabell 9-4.

Studier på torsk och skarpsill, vars hörsel är likvärdig med strömmingens, visar att dessa reagerar på pålningsljud och söker sig från bullerkällan. Det finns också studier som indikerar att fisk inte lämnar områden som exponeras för höga ljudnivåer om området har ett högt värde för deras överlevnad eller fortplantning. Utöver detta har ägg och larver ingen eller mycket begränsad möjlighet att fly undan höga ljudnivåer vilket medför att de är särskilt utsatta (Andersson, o.a., 2016).

Tabell 9-4. Tabellen visar artspecifika tröskelvärden för momentana och kumulativa ljud för indikatorarterna strömming/skarpsill.

Arter	TTS	TTS kumulativ	PTS	PTS kumulativ
Strömming och skarpsill	L _{peak} 206 dB re 1 uPa	SEL _{cum} 186 dB re 1 uPa ²	L _{peak} 207 dB re 1 uPa ² s	SEL _{cum} 203 dB re 1 uPa ² s

Anläggning

Bullerutredningen visar på att om inga bullerreducerande åtgärder vidtas kommer ljudnivåer som medför permanenta skador (PTS) för strömming att sträcka sig 3–4,9 kilometer från källan. Ljudnivåer som medför tillfälliga skador (TTS) kommer för samma scenario att sträcka sig 90–103 kilometer från källan. Bolaget åtar sig att vidta bullerreducerande åtgärder som motsvarar bullerdämpningen som dubbel bubbelgardin (DBBC) vid pålning av monopiles medför. Ytterligare en skyddsåtgärd som kommer att vidtas är att inleda pålningsarbetet mjukt, så kallad soft start, och öka successivt genom *ramp-up*, för att på så sätt möjliggöra för fiskar i närheten att fly undan ljudet. Antagandet att flykthastigheten är 1,5 m/s innebär att fisken hinner simma 2,7 kilometer på 30 minuter.

Tabell 9-5 nedan visar resultaten, med avseende på fisk, för två fall; utan dämpningsåtgärd och med en dämpningsåtgärd som motsvarar en reduktion av källljudet med användning av dubbel bubbelgardin.

Tabell 9-5. Resultatet från beräkningarna med avseende på fisk för punkterna Sigma Norr och Sigma Söder utan dämpning och med en dämpning som motsvarar dubbel bubbelgardin (DBBC).

Riktvärde	Typ av påverkan	Längsta avstånd (kilometer) inom vilket riktvärdet överskrids	
		Odämpad	DBBC
Sigma Norr			
SEL _{cum} 186	TTS	90,4	<1
SEL _{cum} 203	PTS	4,9	<1
L _{peak} 206	TTS	1,2	<1
L _{peak} 207	PTS	<1	<1
Sigma Söder			
SEL _{cum} 186	TTS	103,2	<1
SEL _{cum} 203	PTS	3,0	<1
L _{peak} 206	TTS	1,1	<1

L _{peak} 207	PTS	<1	<1
-----------------------	-----	----	----

Konsekvensbedömningen fokuserar främst på strömmingen och dess lek då den är vanligt förekommande i projektområdet och har stor betydelse för det kommersiella fisket. Forskning visar att arten har en högre reaktionströskel under leken och att den då inte visar samma flyktbeteende på fartygsljud som den vanligtvis gör (Skaret, Axelsen, Nøttestad, & Fernö, 2005). Man har dragit slutsatsen att strömmingens reproduktiva instinkt är en högre prioritet än faroundvikande flyktbeteende.

Med en bullerreducerande skyddsåtgärd motsvarande den ljuddämpning som dubbel bubbelgardin medför kommer inget tröskelvärde överskridas längre än på en kilometers håll från pålningen. Därmed överskrids inga tröskelvärden vid det potentiella lekområdet vid Eystrasaltbanken som ligger 20 kilometer bort.

Då soft start och ramp-up tillämpas och fiskar hinner förflytta sig från pålningsområdet kommer inga fiskar utsättas för ljudnivåer över tröskelvärden.

Effekten bedöms därför bli **ingen/försumbar**.

Drift

De beräkningar av undervattenakustik som har utförts visar på att ljudalstringen från vindpark Sigma inte överskrider bakgrundsljudet av framför allt vågrörelser. Driftljud kan eventuellt förnimmas under vattenytan vid blåst som är låg eller normal och det rör sig då om låga eller knappt förnimbara ljudnivåer. Baserat på detta bedöms driftljudets miljöeffekt bli **ingen/försumbar**.

Avveckling

Vilka ljudnivåer som kommer att uppstå vid avvecklingen av vindparken är i dagsläget inte känt. Effekten som uppstår är avhängig av val av metod och teknik samt av omfattning. Troligast är att man inte kommer upp i de ljudnivåer som motsvarar worst case för anläggningsfas (pålning av monopiles). Skulle liknande ljudnivåer uppstå kommer motsvarande bullerdämpningsåtgärder att vidtas. Miljöeffekten bedöms därför bli samma som vid anläggningsskedet, **ingen/försumbar**.

9.2.2.4 Elektromagnetiska fält

Elektromagnetiska fält har potential att påverka exempelvis fiskars födosök, orientering och observationer av omgivningen som exempelvis att dölja upptäckten av rovdjur (Tricas & Gill, 2011).

Det är tre faktorer som avgör till vilken grad fiskar påverkas vid exponering av elektromagnetiska fält från strömförande kablar. Dessa är strömstyrkan i kabeln, kabelns design samt avståndet mellan fisk och kabel. Det elektromagnetiska fältet avtar snabbt med avståndet men reduceras även av kabelns isolering. Detta medför att nedläggning av kabel i havsbotten fungerar som skyddsåtgärd för vattenlevande organismer. Inom en meter kommer fältstyrkan vara cirka 15 µT för att ha avtagit till nära noll på ett avstånd på tio meter (Teknisk beskrivning, Bilaga 2b till ansökan).

Fiskar som genom evolutionen har anpassats till att uppfatta jordens statiska magnetiska fält kan inte uppfatta elektromagnetiska fält med de frekvenser som vanligtvis förekommer vid växelströmskablar (50 Hz). Detta medför att växelströmskablar har liten eller ingen effekt på fiskars beteende. Däremot

påminner likströmskablar elektromagnetiska fält mer om jordens statiska elektromagnetiska fält, vilket medför att fiskar med magnetiskt känsliga sinnesorgan kan uppfatta fälten men är inte avsevärt påverkade av dem (Snyder, Bailey, Palmquist, Cotts, & Olsen, 2019).

Bland de fiskar som har organ som kan känna av magnetiska fält är det främst migrerande arter som forskning har utförts på. Flera arter av laxfisk har undersökts från yngelstadiet till dess att de är vuxna fiskar och man har inte kunnat påvisa någon påverkan från elektromagnetiska fält (Kavet, Wyman, & Klimley, 2016; Snyder, Bailey, Palmquist, Cotts, & Olsen, 2019; Wyman, o.a., 2018). Viss påverkan på tidiga utvecklingsstadier som ägg och larv har påvisats, dock finns enbart adult laxfisk i Bottenhavet varför dessa resultat inte är relevanta här (Fey, o.a., 2019).

Pelagiskt levande arter så som strömming, skarpsill, sik eller tobis förväntas inte påverkas av elektromagnetiska fält oavsett om det rör sig om växel- eller likström. Effekten bedöms därmed bli **ingen/försumbar**.

Kunskapen om bottenlevande arter och då främst de som inte har ett kommersiellt värde är bristfällig. Det medför att bedömningen för arterna skrubbskädda, spetslångebarn, simpor samt tånglake är något mindre säker. Effekten av elektromagnetiska fält på dessa arter bedöms dock vara **liten**.

9.2.2.5 Kumulativa effekter

Bedömningen av kumulativa effekter utgår från att de planerade vindparkerna i närheten uppförs enligt tiderna i Tabell 6-5. Om samtliga av dessa vindparker etableras enligt plan innebär det att anläggningsarbeten kommer pågå inom ett relativt begränsat område av Bottenhavet under åtta till nio år.

Habitatförändring och reveffekt har bedömts till **ingen/försumbar** för samtliga parker i området och någon kumulativ effekt bedöms inte uppkomma. Detta inkluderar även det minskade fisketrycket som leder till ökad överlevnad inom området. Då fisket har så liten omfattning förväntas ingen markant ökad överlevnad.

Grumlingseffekten från Sigmas anläggning kommer inte att nå det potentiella lekområdet för strömming på Eystrasaltbanken varför ingen kumulativ effekt förväntas uppstå.

När det gäller undervattensbuller är det konstaterat att buller från Sigma kan nå lekområdet vid Eystrasaltbanken men effekten bedöms som **liten**. Överlappningen gör att tiden då påverkan uppstår blir kortare, vilket är positivt.

Elektromagnetiska fält bedöms inte ge några kumulativa effekter med avseende på fisk.

9.2.3 Skyddsåtgärder

Vid anläggande av fundament ska erforderliga ljuddämpande skyddsåtgärder användas så att undervattensljud inte överstiger nivåer för TTS för strömming eller säl på ett avstånd om 1000 meter från ljudkällan. Detta motsvarar effekten av den dämpning som uppnås vid bruk av dubbel bubbelgardin (DBBC) vid pålning av monopiles. Dessutom kommer pålningen att påbörjas med soft start och en ramp-up period varvid slagstyrkan är lägre från början och successivt ökas till full styrka under minst trettio minuter. Konsekvensbedömning av undervattensbuller har gjorts med beaktande av dessa skyddsåtgärder.

9.2.4 Konsekvenser

Habitatförändring och reveffekt har sammantaget bedömts ge **ingen/försumbar** till **positiv** effekt. Projektområdet har låg artdiversitet och därmed ett **litet värde** vilket gör att de sammantagna konsekvenserna av habitatförändring och reveffekt bedöms som **inga/försumbara** till **positiva**. Säkerheten i bedömningen är **måttlig** då det finns osäkerhet kring hur stor reveffekten blir.

Sedimentsuspension och sedimentation inklusive miljögifter har bedömts få **ingen/försumbar** effekt för fiskarna i området för såväl anläggnings- som avvecklingsskedet. I kombination med att miljöaspekten bedöms ha ett **litet värde** i området medför detta **inga/försumbara** konsekvenser för fisk. Säkerheten i bedömningen är **stor** då det finns vetenskapliga studier och en platsspecifik modellering.

Effekten av undervattensbuller i anläggnings- och avvecklingsskedet bedöms som **ingen/försumbar**. Projektområdet bedöms ha **litet värde** för fisk. Detta i kombination innebär att undervattensbuller bedöms medföra **inga/försumbara** konsekvenser. Undervattensbuller påverkar inte strömmingens lekområde vid Eystrasaltbanken där miljöaspektens värde bedömts som **måttligt**. Undervattensbuller för strömmingslek i detta område bedöms därför medföra **inga/försumbara** konsekvenser. Under driftsskedet bedöms bullret ha **ingen/försumbar** effekt vilket medför **inga/försumbara** konsekvenser. Säkerheten i dessa bedömningar är **stor** då den bygger på platsspecifika beräkningar.

Elektromagnetiska fält bedöms ha **ingen/försumbar** effekt på pelagisk fisk vilket i kombination med **litet värde** medför **inga/försumbara** konsekvenser. För bottenlevande fiskar bedöms effekten vara **liten** vilket i sin tur ger **försumbara** konsekvenser. Säkerhet i bedömningen bedöms vara **måttlig** med anledning av osäkerheter kring påverkan på bottenlevande fiskar.

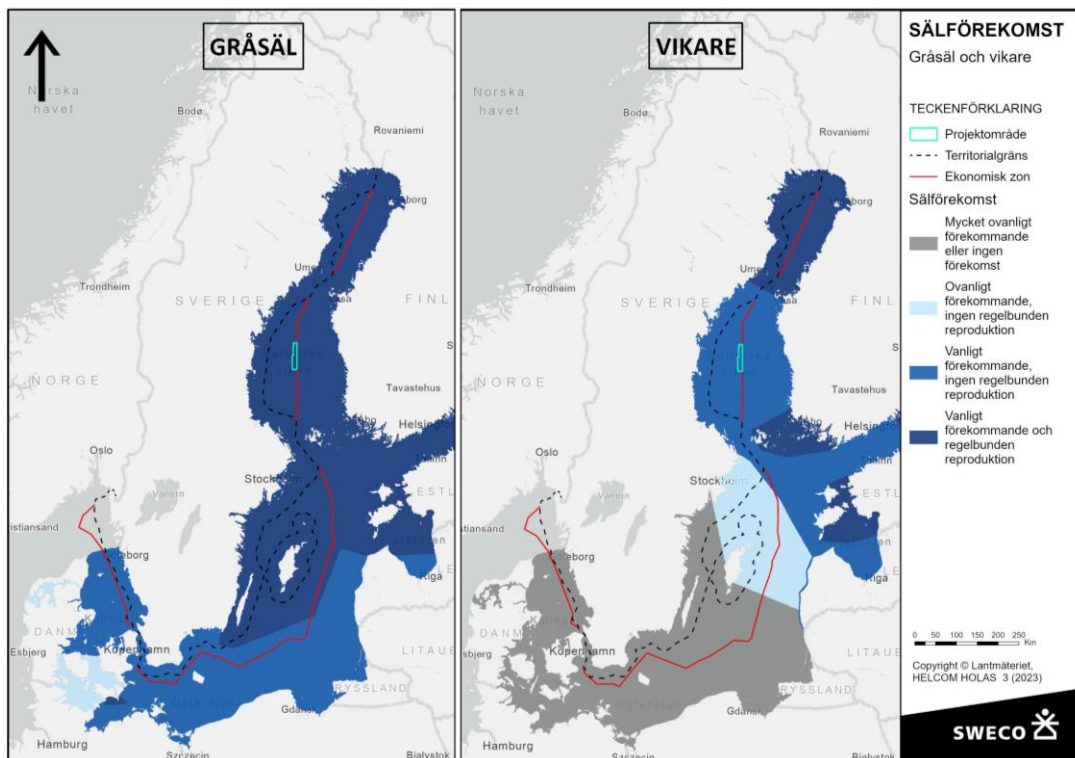
Vid beaktande av samtliga planerade vindparker inom Sigmas närområde bedöms **inga/försumbara** kumulativa effekter uppstå vilket därmed medför **inga/försumbara** konsekvenser.

9.3 Marina däggdjur

Pelagia har genomfört en marinbiologisk utredning som föreliggande avsnitt bygger på. Utredningen återfinns i sin helhet i Bilaga 7. Statkraft har sedan underlagsutredningen utförts antagit en ny strategi för biologisk mångfald varför ambitionen för skyddsåtgärder höjts. Bedömningarna nedan har justerats utifrån utökade skyddsåtgärder för undervattensbuller och är därmed inte helt i överensstämmelse med bedömningarna i Bilaga 7.

9.3.1 Nulägesbeskrivning

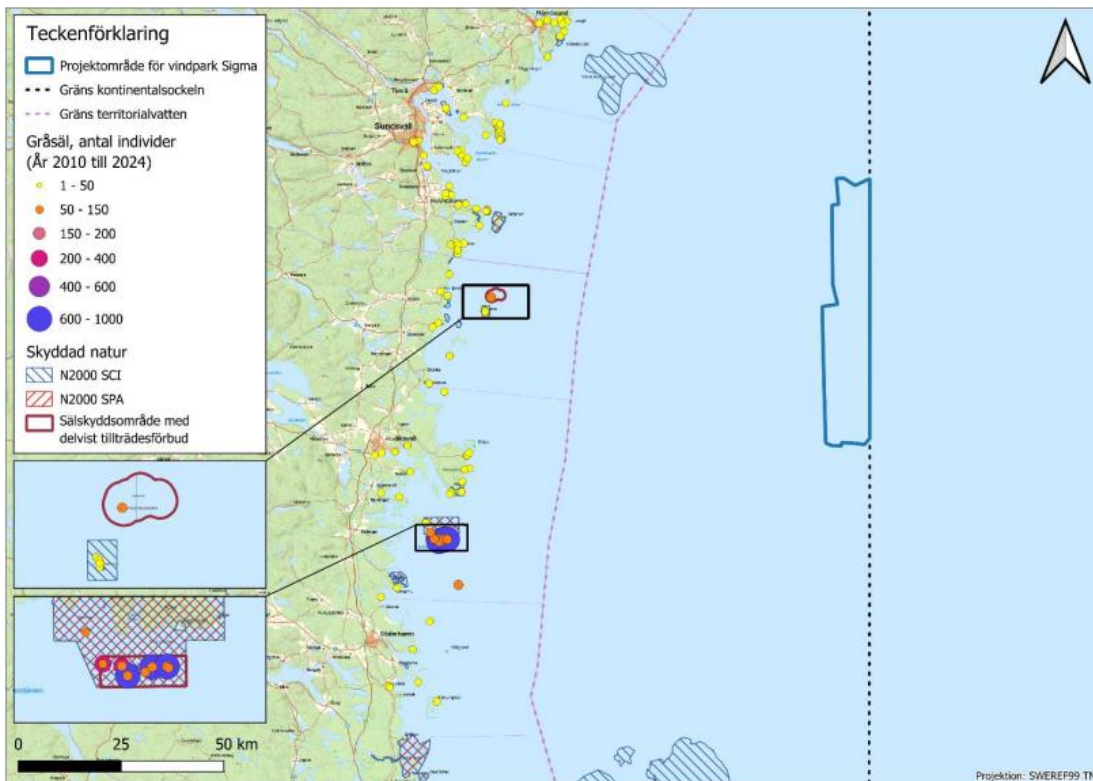
Inom projektområdet förekommer både gråsäl (*Halichoerus grypus*) och vikare (*Pusa hispida*), som är två av de fyra marina däggdjur som finns i Östersjön. Båda arterna är klassade som Livskraftiga (LC) på 2020 års rödlista (SLU Artdatabanken, 2020) och gråsälen har därtill en positiv populationsutveckling i Bottenhavet, Bottenviken och Norra Kvarken (Havs- och Vattenmyndigheten, 2019). Enligt HELCOMS senaste sammanställning för utbredning av marina däggdjur vistas både gråsäl och vikare i Bottenhavet (HELCOM, 2023), se Figur 9-3, varför de potentiellt kan påverkas av den planerade verksamheten.



Figur 9-3. Utbredning av gråsäl och vikare enligt HELCOM's senaste bedömning. De blå nyanserna indikerar från ljus till mörk nyans en ökande förekomst och där mörka områden även innebär reproduktionsområde (HELCOM, 2023).

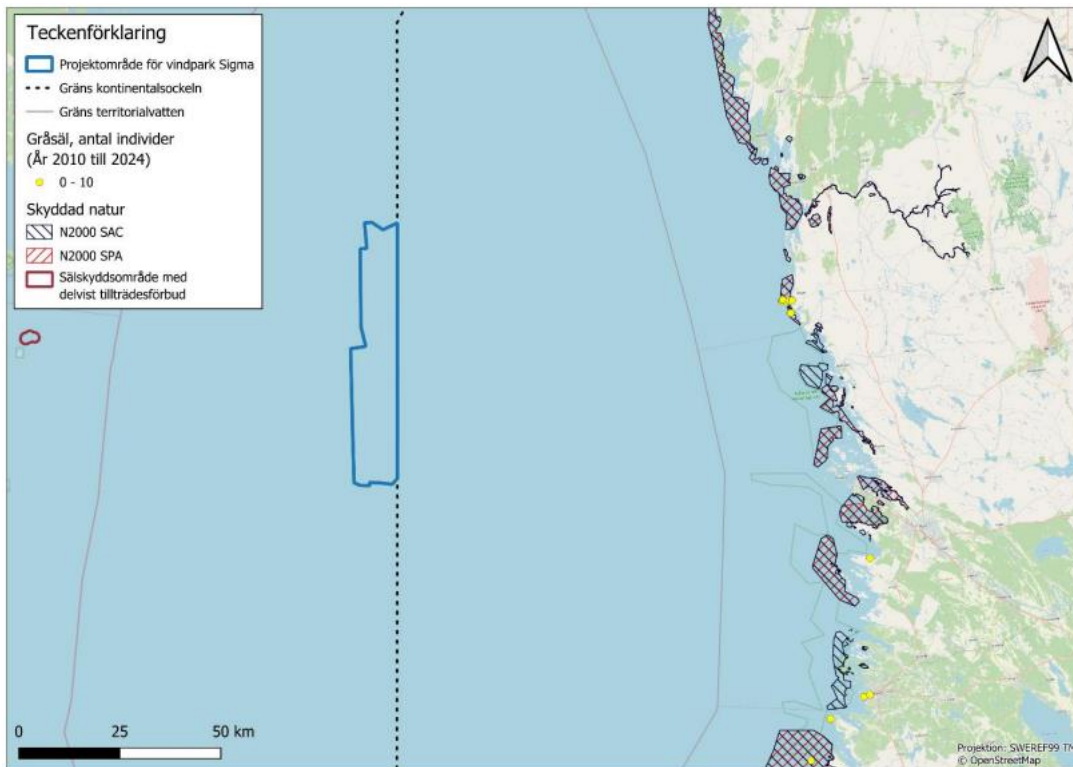
Det har registrerats flera observationer av gråsäl i Artportalen och finska Artdatacenter mellan åren 2010 och 2024 längs den svenska och den finska kusten, under de flesta månader av året (Artportalen, 2024); (Artdatacenter, 2024), se Figur 9-4.

Enligt svensk nationell miljöövervakning finns det tre områden vid den svenska kusten i höjd med projektområdet som är utpekade som viktiga tillhåll med högt värde för gråsälspopulationen; *Lillgrunds salskyddsområde* cirka 80 kilometer väster om projektområdet, *Agön-Kråköns naturreservat* samt tillhörande salskyddsområde vid *Tihällan* cirka 90 kilometer väster om projektområdet. Även salskyddsområdet *Lövgrunds rabbar* utanför Gävle, cirka 130 kilometer väster om projektområdet, är en känd viktig lokal för gråsäl (SMHI, 2024).



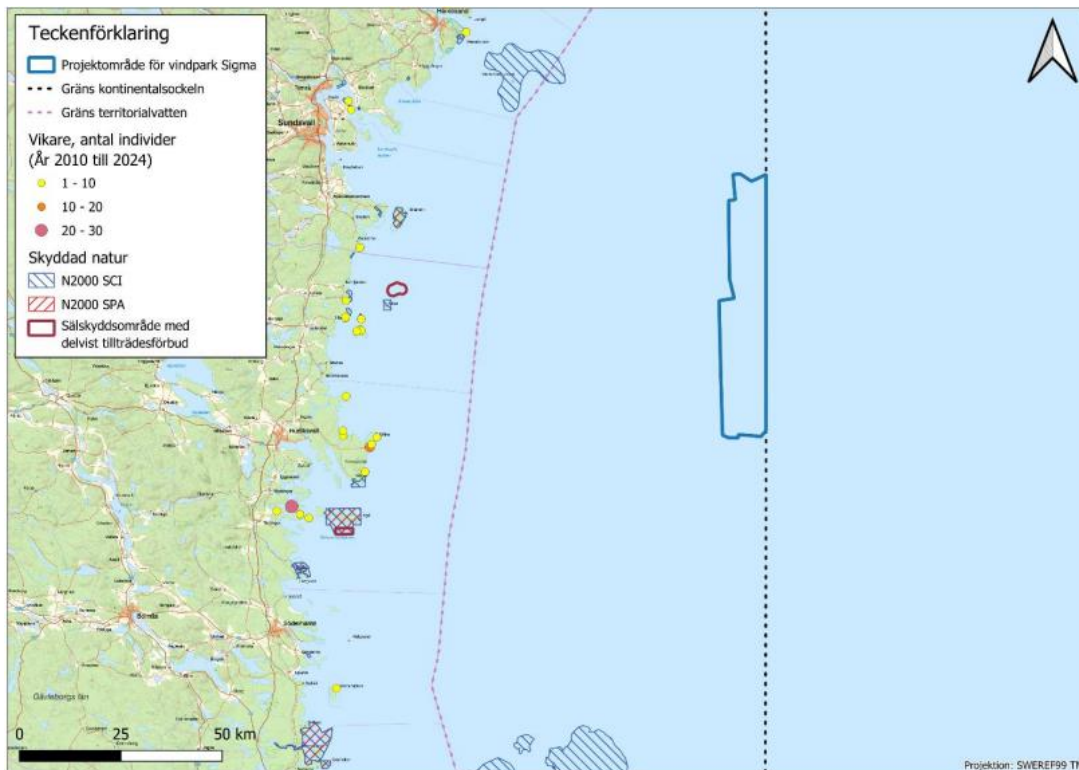
Figur 9-4. Registrerade observationer av gråsäl enligt Artportalen under åren 2010–2024 samt data från den nationella miljöövervakningen i Sverige där det sammanlagda antalet av observerade individer under tidsperioden presenteras i kartan med storlek och färg. Salskyddsområden markerade med röd ram är de områden som är utpekade viktiga för gråsäl i kustområdet i höjd med projektområdet för vindpark Sigma. Bildkälla: Bilaga 7 Marinbiologisk underlags- och konsekvensutredning.

Under motsvarande period, för observationer rapporterade till Artportalen mellan 2010 och 2024, har observationer av gråsäl i Finland registrerats i Kristinestads och Nystads skärgård, belägna cirka 95 respektive 130 kilometer öst och sydöst om projektområdet. Lokalen i Nystads skärgård, Södra Sandbäck, är en utpekad viktig lokal för säl och därtill ett salskyddsområde med högt värde för populationen (LUKE, 2024), se Figur 9-5.



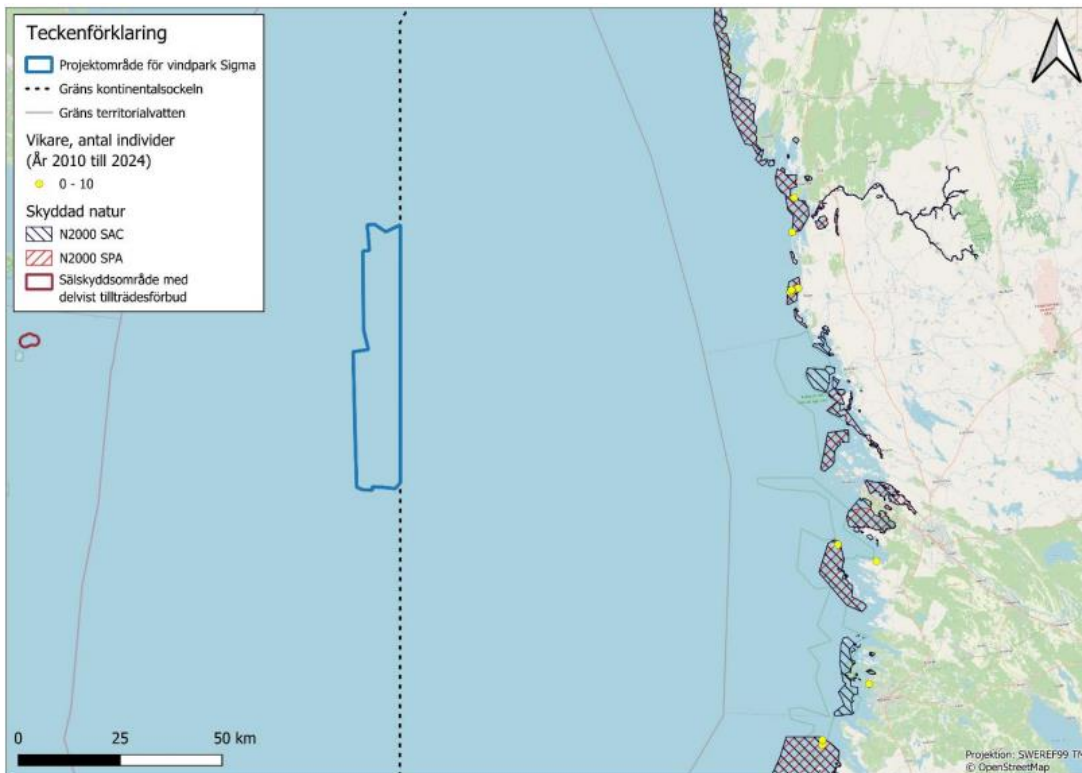
Figur 9-5. Registrerade observationer av gråsäl enligt Artdatacenter under åren 2010–2024 där det sammanlagda antalet av observerade individer under tidsperioden presenteras i kartan med storlek och färg. Bildkälla: Bilaga 7 Marinbiologisk underlags- och konsekvensutredning.

Observationer av vikare har rapporterats till Artportalen varje år mellan åren 2010 och 2024 (Artportalen, 2024), se Figur 9-6. Observationerna är spridda längs med Sveriges kust i höjd med projektområdet och är rapporterade över hela året.



Figur 9-6. Registrerade observationer av vikare enligt rapporterade observationer från Artportalen åren 2010–2024 i kustområden längs svenska kusten i höjd med projektområdet, med skyddade områden markerade i kartan.

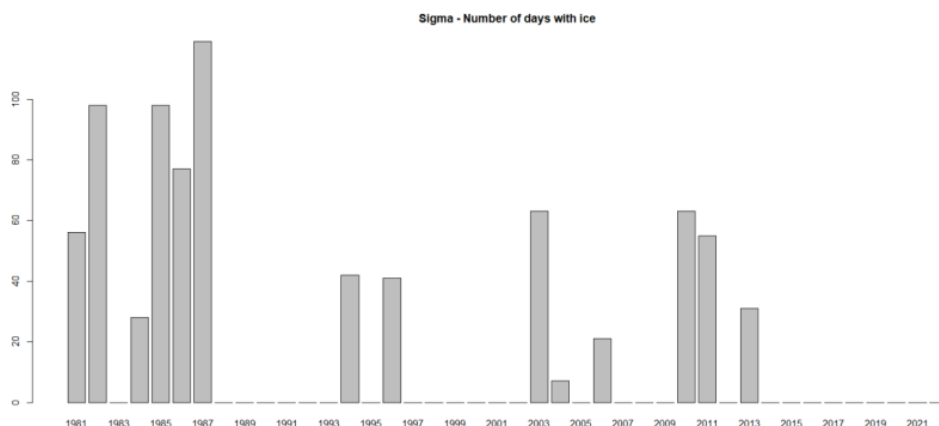
Enligt rapporter från Finlands Artdatacenter finns ett fåtal observationer av enstaka vikare under samma tidsperiod i områden kring Kristinestads skärgård och Nystads skärgård, där samtliga observationer registrerats längs finska kusten i höjd med eller strax söder om projektområdet (Artdatacenter, 2024), se Figur 9-7.



Figur 9-7. Registrerade observationer av vikare enligt rapporterade observationer från Artdatacenter åren 2010–2024 i kustområden längs finska kusten i höjd med projektområdet för vindpark Sigma, med skyddade områden markerade i kartan.

Vid genomförd eDNA-undersökning i området för vindpark Eystrasalt, som planeras i närheten av vindpark Sigmas västra gräns, har närvaro av både gråsäl och vikare påvisats. Närvaro av gråsäl påvisades vid båda provtagningstillfällena (juni och september), både i grundare och djupare områden. Närvaro av vikare påvisades enbart vid det ena provtagningstillfället (september), men styrker trots det att vikare har befunnit sig i närheten av projektområdet för Eystrasalt (Skyborn Renewables, 2023). Sammantaget tyder dessa fynd på förekomst av båda arterna inom projektområdet för vindpark Sigma.

Både gråsäl och vikare nyttjar havsisen vintertid, där vikare är särskilt beroende av stabila havsisar för lyckad reproduktion och pälsbyte (Naturvårdsverket, 2011). Enligt dokumenterad förekomst av havsis och dess varaktighet i projektområdet för vindpark Sigma har havsisens varaktighet minskat sedan 80-talet (Sondell, 2024), se Figur 9-8. Bristen på stabil havsis i projektområdet minskar sannolikheten att sälar använder området för reproduktion under vintern.



Figur 9-8. Antal dagar med is vid vindpark Sigma åren 1981–2022 (Sondell, 2024). Bildkälla: Bilaga 7 Marinbiologisk underlags- och konsekvensutredning.

Baserat på ovan är bedömningen att projektområdet för vindpark Sigma inte utgör ett område av stor vikt för respektive sälpopulation. Sett utifrån att både gråsäl och vikare ofta nyttjar grundare områden samt områden närmare kusten för både födosök och tillhåll, stärks bedömningen att projektområdet inte är ett viktigt område för sälar. Närheten till Eystrasaltbankens grundområden är däremot något som ökar sannolikheten för att sälar födosöker och rör sig inom projektområdet för vindpark Sigma.

Projektområdet kan således nyttjas av individer men bedöms vara av **litet värde** för populationerna av gråsäl och vikare.

De kustnära utpekade tillhållen och sälskyddsområdena som nämns ovan bedöms samtliga ha **högt värde** för gråsälspopulationen. Samtliga dessa områden ligger på avstånd mellan 80 och 130 kilometer från projektområdet längs både den finska och den svenska kusten.

9.3.2 Effekter

Etablering av vindparken kan medföra olika effekter för marina däggdjur inom området. Effekterna och när de uppträder sammanfattas i Tabell 9-6.

Tabell 9-6. Tabellen sammanfattar de förväntade miljöeffekterna och under vilka skeden de uppkommer.

Miljöeffekt	Anläggning	Drift	Avveckling
Habitatförändring och reveffekt		X	
Suspenderat material och sedimentation	X		X
Undervattensbuller	X	X	X

9.3.2.1 Habitatförändring och reveffekt

Undersökningar visar att sälar nyttjar vindparker som födosöksområden under drift (Russell, o.a., 2014; Russell, o.a., 2016). Då man har konstaterat att sälar förekommer i närliggande Eystrasaltbanken är det inte osannolikt att de även kommer att söka föda inom vindpark Sigma. I och med att det uppstår reveffekter inom projektområdet för vindpark Sigma som möjligen kan medföra

en svagt positiv effekt på fiskars populationsutveckling kan detta attrahera sälar då dessa följer sina byten. Habitatförändringar och reveffekter bedöms på populationsnivå för sälar ge **ingen/försumbar** effekt.

9.3.2.2 *Suspenderat material och sedimentation*

Anläggning och avveckling

Sälar är utvecklade för att använda syn, känsel och hörsel i sitt födosök. Detta medför att de vid födosök i vatten med dålig sikt kompenserar minskade synintryck med hörsel och känsel, något som kommer till pass i samband med födosök i grumliga kustvatten. Därtill kan de förflytta sig till vattenområden med mindre grumling. Sälar förväntas inte använda området frekvent och påverkan av grumling kommer vara kortvarig. Därmed bedöms effekten av suspenderat material och sedimentation på sälpopulationerna som **ingen/försumbar**.

9.3.2.3 *Undervattensbuller*

Anläggning

Pålningen genererar kraftiga impuls ljud som kan påverka marina däggdjur i området. Olika arter har olika typer av hörselorgan och olika känslighet. Som indikatorarter för marina däggdjur har vikare och gråsäl använts. De beräkningar som har gjorts är frekvensviktade för säl ($SEL_{cum,PCW}$) samt genomförda med antagandet att pålningsarbeten föregås av en soft start och en 30 minuter lång ramp-up innan full slagstyrka uppnås. Sälar antas kunna simma 1,5 meter per sekund vilket innebär att de som finns i närområdet hinner simma 2,7 kilometer under de 30 minuter det tar att uppnå full slagstyrka.

Höga ljudnivåer kan leda till beteendeförändringar hos djur, till exempel undvikande beteende, men även tillfällig (TTS) eller permanent (PTS) hörselnedsättning. Dessa begrepp har använts som tröskelnivåer vid bedömning av påverkan från pålning. Däremot så saknas det tröskelvärden för beteendepåverkan. Detta är något som kan variera på individnivå och även påverkas av andra faktorer vilket medför att det är svårt att göra konsekvensbedömningar på populationsnivå. Studier på gråsäl och knubbsäl i samband med odämpad pålning visar på undvikande av området på avstånd upp till 25 kilometer (Russel, o.a., 2016), samt förändrat beteende i form av avbrytande av aktivitet på avstånd upp till 36 kilometer från ljudkällan (Aarts, Brasseur, & Kirkwood, 2018). Tougaard har analyserat dessa studier och räknat fram ljudnivåer på när beteendeförändringar observerats. (Tougaard, 2021) Dessa ljudnivåer (oviktade SELs) var 133 dB för gråsäl och 142-151 dB för knubbsäl.

Tabell 9-7 sammanfattar olika tröskelnivåer för de olika indikatorarterna. Observera att för sälar görs en viktning av de ekvivalenta ljudnivåerna för att anpassa efter deras hörsel, denna viktning kallas PCW (phocid carnivores in water).

Tabell 9-7. Tabellen visar artspecifika tröskelvärden för momentana och kumulativa ljud för indikatorarterna gråsäl och vikare.

Arter	TTS	TTS kumulativ	PTS	PTS kumulativ
Gråsäl och vikare	L_{peak} 212 dB re 1 uPa	$SEL_{cum,PCW}$ 170 dB re 1 uPa ²	L_{peak} 218 dB re 1 uPa ² s	$SEL_{cum,PCW}$ 185 dB re 1 uPa ² s

Resultatet av beräkningen visar längsta avstånd från pålningen där tröskelvärden överskrids. Det innebär att om marina däggdjur uppehåller sig inom dessa avstånd kan hörselpåverkan uppstå.

Tabell 9-8 nedan visar resultaten, med avseende på marina däggdjur (gråsäl och vikare), för två fall; utan dämpning och med en dämpningsåtgärd som motsvarar en reducering av källjudet med användning av dubbel bubbelgardin.

Tabell 9-8. Resultatet från beräkningarna med avseende på marina däggdjur för punkterna Sigma Norr och Sigma Söder. I de fall riktvärdet underskrids redan vid källan markeras det med -.

Riktvärde	Typ av påverkan	Längst avstånd (kilometer) riktvärdet överskrids	
		Odämpad	DBBC
Sigma Norr			
SEL _{cum,PCW} 170	TTS	43,9	<1
L _{peak} 212	TTS	<1	<1
SEL _{cum,PCW} 185	PTS	3,0	<1
L _{peak} 218	PTS	<1	-
Sigma Söder			
SEL _{cum,PCW} 170	TTS	51,0	<1
L _{peak} 212	TTS	<1	<1
SEL _{cum,PCW} 185	PTS	3,0	-
L _{peak} 218	PTS	<1	-

Beräkningarna som har gjorts visar på att pålningsarbete utan bullerdämpande åtgärder kommer medföra ljudnivåer som kan orsaka PTS inom ett avstånd av tre kilometer och TTS inom ett avstånd på 44–51 kilometer. Bolaget åtar sig att vidta bullerreducerande åtgärder som motsvarar bullerdämpningen som dubbel bubbelgardin (DBBC) medför vid pålning av monopiles. Med denna åtgärd överskrids tröskelvärden maximalt inom en kilometers radie från pålningen. Ytterligare en skyddsåtgärd som kommer att vidtas är att inleda pålningsarbetet mjukt, så kallad soft start, och öka successivt genom *ramp-up*, för att på så sätt möjliggöra för sälar i närheten att fly undan ljudet. Sälar som befinner sig i närheten när pålningen börjar hinner simma 2,7 kilometer under ramp-up-perioden vilket innebär att inga sälar kommer att utsättas för ljudnivåer över tröskelvärden.

Pålningen kommer maximalt pågå i fem timmar per påle vilket innebär förhållandevis kort tid. Effekten av undervattensbuller på marina däggdjur bedöms därmed som **ingen /försumbar** inom projektområdet.

Beräkningar har också utförts för ljudnivåer som uppstår vid områden som är viktiga för sälar, Natura 2000-områdena Agön-Kråkön och Gran. Vare sig tröskelvärdet för TTS eller PTS beräknas överskridas vid dessa områden utan skyddsåtgärd. Med en dämpning motsvarande dubbel bubbelgardin blir ljudnivåerna avsevärt mycket lägre. Ljudnivåer (SELss) om 122 dB för Agön-Kråkön och 127 dB för Gran har beräknats, vilka är ljudnivåer som är betydligt lägre än de som Tougaard räknade fram för beteendeförändringar. Hur dessa nivåer påverkar individer och populationer är dock svårt att bedöma utan fastställda tröskelvärden för beteendepåverkan. Då inga tröskelvärden

överskrids, beteendepåverkan inte förväntas uppstå och pålningen pågår under en förhållandevis kort tidsperiod bedöms effekten i viktiga sälområden som **ingen/försumbar**.

Drift

De ljud som uppstår från vindpark Sigma under driftsfasen beräknas vara så låga att de kan vara svåra att urskilja från befintliga bakgrundsljud. Ljuden från verken är högst i deras direkta närhet och sälarna har möjlighet att undvika ljud som de upplever störande. Studier (Russell, o.a., 2014) visar på att sälarna ofta uppehåller sig i närheten av vindkraftverk, vilket indikerar att de inte upplever ljudet som störande. Effekten av driftsljuden bedöms därmed vara **ingen/försumbar**.

Avveckling

Då det i dagsläget inte är känt vilken metod som kommer användas för att avveckla vindpark Sigma är det svårt att förutse effekter och konsekvenser. Troligast är att man inte kommer upp i de ljudnivåer som är worst case för anläggningsfas (pålning av monopiles). Skulle liknande ljudnivåer uppstå kommer motsvarande bullerdämpningsåtgärder att vidtas. Effekten bedöms därmed bli **ingen/försumbar** inom projektområdet.

9.3.2.4 Kumulativ effekt

Det är flera planerade vindparker i området som har överlappande anläggningsperioder enligt den planering som är känd idag, Lambda North, Sigma, Eystrasalt och Sylen. Anläggningsljuden kan komma att pågå under en lång period inom samma havsområde vilket bidrar till en kumulativ effekt. Med föreslagna skyddsåtgärder bedöms Sigmas bidrag till undervattensbullret som **litet**.

När det gäller habitatförändring, suspenderat material och sedimentation bedöms den kumulativa effekten av flera vindparker bli **ingen/försumbar**, medan reveffekten blir **positiv**.

9.3.3 Skyddsåtgärder

Vid anläggande av fundament ska erforderliga ljuddämpande skyddsåtgärder användas så att undervattensljud inte överstiger nivåer för TTS för strömming eller säl på ett avstånd om 1000 meter från ljudkällan. Detta motsvarar effekten av den dämpning som uppnås vid bruk av dubbel bubbelgardin (DBBC) vid pålning av monopiles. Dessutom kommer pålningen att påbörjas med soft start och en så kallad ramp-up period varvid slagstyrkan är lägre från början och successivt ökas till full styrka under cirka trettio minuter. Konsekvensbedömning av undervattensbuller har gjorts med beaktande av dessa skyddsåtgärder.

9.3.4 Konsekvenser

Effekten av habitatförändring och reveffekten för sälpopulationen under driftsskedet bedöms bli **ingen/försumbar**. Då projektområdet bedöms ha ett **litet** värde för sälpopulationen resulterar detta i **inga/försumbara** konsekvenser. Säkerheten i bedömningen är **stor**.

Suspenderat material och sedimentation under anläggning och avveckling bedöms få **ingen/försumbar** effekt för sälpopulationen. Då värdet är **litet** medför det att konsekvenserna bedöms bli **inga/försumbara**. Säkerheten i

bedömningen är **stor** för anläggningsskedet och **måttlig** för avvecklingsskedet då metod för avvecklingen inte ännu är bestämd.

Effekten av undervattensbuller under anläggningsskedet bedöms bli **ingen/försumbar** inom projektområdet för Sigma som utgör **litet** värde för säl vilket sammantaget innebär **inga/försumbara** konsekvenser. Säkerheten i bedömningen är **stor** då den baseras på en platsspecifik utredning.

Även i områden som är viktiga för säl som Agön-Kråkön, Gran samt Lillgrund bedöms effekten av undervattensbuller som **ingen/försumbar** vilket i kombination med **högt** värde för områdena medför **inga/försumbara** konsekvenser.

Effekten av undervattensbuller under driftsfasen bedöms som **ingen/försumbar** vilket i kombination med **litet** värde medför **inga/försumbara** konsekvenser.

Undervattensbuller bedöms även under avvecklingsfasen ge **ingen/försumbar** effekt och därmed medföra **inga/försumbara** konsekvenser inom projektområdet.

Den kumulativa effekten av undervattensbuller har bedömts vara **liten**. Den sammanlagda ytan som påverkas av anläggningsljuden sammanfaller i stor utsträckning med sälpopulationernas utbredningsområde inom Bottenhavet och kan därför tillskrivas **måttligt** värde. Det innebär att undervattensbuller medför **små** konsekvenser för sälpopulationen, det kan sägas motsvara en tillfällig minskning i populationens tillväxt. Säkerheten i den bedömningen är **låg** då tidplaner för planerade projekt, metoder och skyddsåtgärder inte är fast beslutade.

9.4 Fåglar

För att utreda förekomst av fåglar inom och i närheten av projektområdet för vindpark Sigma har flera utredningar gjorts. På uppdrag av Bolaget har Ottvall Consulting AB utfört en radarinventering av vårmigration under totalt elva dagar i april och maj 2024 inom projektområdet för vindpark Sigma. Baserat på radarinventeringen och tidigare samlad kunskap inom området har Pelagia utfört en ornitologisk underlags- och konsekvensutredning som föreliggande avsnitt bygger på. Utredningen finns att läsa i sin helhet i Bilaga 9. Ytterligare en radarinventering har genomförts för höstmigrationen under 2024, resultatet från denna undersökning kommer att kompletteras till tillståndsansökan.

9.4.1 Nulägesbeskrivning

Enligt den utförda radarundersökningen är det följande fågelarter som påträffats under vårmigrationen inom projektområdet för Sigma, Tabell 9-9.

Tabell 9-9. Observerade arter vid vindpark Sigma och arternas kategori på nationella rödlistan, enligt kategorierna LC (livskraftig), NT (nära hotad), VU (sårbar) eller EN (starkt hotad). NA innebär att den inte är tillämplig för bedömning. Tabellen anger hur många radarföljningar som gjorts av arten vid undersökningarna våren 2024, samt det totala antalet individer som noterats under radarföljningarna. Tabell från Bilaga 9, Ornitologisk underlags- och konsekvensutredning.

Artnamn	Rödlista	Antal följningar	Totalt antal individer	Artnamn	Rödlista	Antal följningar	Totalt antal individer
Vitkindad gås	LC	1	20	Storspov	EN	15	105

Artnamn	Rödlista	Antal följningar	Totalt antal individer	Artnamn	Rödlista	Antal följningar	Totalt antal individer
Grågås	LC	5	30	Myrspov	VU	4	16
Tajgasädgås	VU	7	39	Kustsnäppa	LC	2	2
Bläsgås	NA	1	16	Kärnsnäppa	LC	1	70
Obest. gås		4	52	Obes. Vadare	LC	7	1720
Knölsvan	LC	1	3	Kustlabb	NT	3	3
Sångsvan	LC	6	30	Sillgrissla	LC	1	1
Obest. svan		1	2	Tordmule	LC	6	12
Skedand	NT	1	2	Tobisgrissla	NT	6	9
Bläsand	VU	2	10	Skrattmås	NT	1	4
Gräsand	LC	1	2	Fiskmås	NT	1	1
Kricka	VU	1	2	Gråtrut	VU	3	3
Vigg	LC	2	5	Östersjötrut	VU	9	10
Ejder	EN	10	33	Silvertärna	LC	19	25
Svärta	VU	4	10	Fisk-/silvertärna		7	19
Sjöorre	LC	22	169	Smålom	NT	5	8
Sjöorre/Svärta		1	1	Storlom	LC	57	108
Knipa	LC	5	9	Obes. lom		15	26
Storskrake	LC	18	37	Storskarv	LC	1	3
Småskrake	LC	38	91	Gråhäger	LC	1	3
Små-/Storskrake	LC	7	15	Stenfalk	NT	1	1
Obes. and		8	49	Kaja	LC	1	1
Nattskärre	LC	1	1	Gråkråka	NT	1	2
Tornseglare	EN	3	5	Ladusvala	LC	2	2
Trana	LC	1	5	Grå flugsnappare	LC	1	1
Kustpipare	NA	3	226	Stenskvätta	LC	1	1
Större strandpipare	LC	1	24	Grönsiska	LC	1	5

En sökning i SLU Artportal för inrapporteringar av fåglar inom kustområdet i höjd med vindpark Sigma under de senaste sju åren har även gjorts. Detta för att få en bild av vilka kustlevande arter som förekommer i området, vilka antingen skulle kunna migrera genom projektområdet eller finnas i kustområdet och ha möjliga födosöksområden längre ut till havs. Sökningen gav följande resultat, Tabell 9-10.

Tabell 9-10. Inrapporterade fågelobservationer vid kusten mellan 2017 och 2023.

Artnamn	Rödlistan/Bilaga 1	Antal observationer
Mindre sångsvan	LC/B1	1
Sångsvan	LC/B1	132
Vitkindad gås	LC	17
Tajgasädgås	VU	5
Vigg	LC	122
Ejder	EN	310
Sjöorre	LC	200

Artnamn	Rödlistan/Bilaga 1	Antal observationer
Svärta	VU	294
Alfågel	NT	102
Knipa	LC	295
Storskrake	LC	361
Småskrake	LC	222
Kustlabb	NT	71
Tordmule	LC	84
Tobisgrissla	NT	181
Skrattmås	NT	144
Tretåig mås	EN	4
Dvärgmås	LC/B1	9
Fiskmås	NT	299
Gråtrut	VU	216
Havstrut	NT	134
Östersjötrut	VU	20
Skräntärna	NT/B1	3
Fisktärna	LC/B1	71
Silvertärna	LC/B1	98
Smålom	NT/B1	77
Storlom	LC/B1	97
Storskarv	LC	142

De flesta fågelarter föredrar att sträcka utefter kustlinjen men det finns ett antal arter som kan korsa Bottenhavet vid migration. Sjöfågelarter som lommar, sångsvan, sädgås, dykänder och vadare kan även de passera området för vindpark Sigma. Som födosökande fåglar kan mås- och trutarter och alkor förekomma inom området. Mest relevant för att bedöma konsekvenser av en vindparksetablering har bedömts vara de migrerande fåglar vars sträck passerar Sigma samt de arter som nyttjar området för födosök. Dessa listas i Tabell 9-11 samt i Tabell 9-12.

Tabell 9-11. Migrerande fåglar som kan förekomma i projektområdet för Sigma.

Fågelart	Beskrivning
Taigasädgås	Taigasädgåsen häckar i glest skogbevuxna myrmarker i Finland och Ryssland och korsar Bottenhavet på bred front vid sin höstmigration. Deras flyttstråk passerar området för Sigma och de har också observerats vid radarinventeringen.
Sångsvan	En art som har ökat i förekomst under de senaste hundra åren och är inte under risk för minskning. Dock är arten upptagen i fågeldirektivets bilaga 1. Artens flygväg över Bottenhavet är snarlik taigasädgåsens och korsar området för Sigma.
Storlom	Storlommen passerar Norra Kvarken i mycket stora antal under våren på väg från övervintringsplatsen vid Svarta havet till sina arktiska häckningsplatser. Storlommens sträck passerar Sigma och arten sågs även vid radarinventeringen.
Ejder och svärta	Ejderen och svärtan är musselätande dykänder som kan förekomma vid området för Sigma och observerades vid radarinventeringen.

Storspov och myrspov	Vadarfåglar som sträcker över Bottenhavet och observerades vid radarinventeringen.
----------------------	--

Tabell 9-12. Fågelarter med pelagiska födosöksmiljöer vilka bedöms kunna förekomma inom projektområdet för vindpark Sigma.

Fågelart	Beskrivning
Fiskmås och skratmås	Två måsarter som har minskat i förekomst och är idag listade som nära hotad enligt rödlistan. Trots att dessa bara observerats någon enstaka gång under radarinventeringen är de troligtvis de arter som födosöker inom området under stora delar av året.
Gråtrut, östersjöttrut och havstrut	Alla tre trutarterna är upptagna på rödlistan inom kategori sårbar på grund av tydligt minskande populationer. Alla tre bedöms kunna födosöka på långa avstånd och förekomma inom området för Sigma.
Silvertärna	Silvertärnan har populationer som häckar vid Östersjökusten och har projektområdet som potentiellt födosöksområde. Arten observerades också under radarinventeringen.
Tobisgrissla	Tobisgrissla är en dykande fisklevande alka som häckar i kolonier på öar och skär. Den är upptagen på rödlistan som nära hotad och har observerats under radarinventeringen.
Tordmule	Tordmulen är också en dykande fisklevande alka som kan använda området för vindpark Sigma som födosöksområde. Den bedöms som livskraftig enligt svenska rödlistan och har observerats under radarinventeringen.

Projektområdet är beläget på relativt stort avstånd från kusten, i området där Bottenhavet är som bredast mellan Sverige och Finland. Detta innebär att det ligger utanför de vanligaste flyttstråken vilka går utefter kusterna och över de kortaste avstånden mellan Sverige och Finland. Någon häckning förekommer inte här.

I projektområdet är vattnet djupare än vad bottenfödosökande dykänder föredrar. Det kan dock förekomma sträck igenom området och pelagiska fiskjägare kan nyttja området för födosök.

Sammantaget bedöms därmed projektområdet ha **litet värde** för fåglar.

9.4.2 Effekter

Effekterna som bedöms kunna uppstå är undanträngning, samt barriäreffekt och kollisionsrisk (inklusive attraktionseffekt). Samtliga dessa är relevanta fullt ut först efter att vindparken är anlagd och i drift varför samtliga effekter enbart kommer att bedömas för driftsfas, Tabell 9-13.

Olika fågelarter kan påverkas olika varför konsekvensbedömningen kan skilja sig åt beroende på artgrupp.

Tabell 9-13. Miljöeffekter som uppkommer i samband med vindparksetableringen och i vilka faser de är relevanta.

Miljöeffekt	Anläggning	Drift	Avveckling
Undanträngning		x	
Kollisionsrisk		x	
Barriäreffekt		x	

9.4.2.1 Undanträngning

Fåglar som vill undvika vindkraftverk riskerar att förlora eventuella habitat eller födosöksområden.

Alkor

Studier av alkorna tordmule och sillgrissla har visat blandade resultat när det gäller undanträngning. Tendenserna är att alkorna minskar i antal vid vindparker under de första åren men att undanträngningseffekten inte är konsekvent och mycket varierande mellan områden. I vissa vindparker har ingen förändring i antalet alkor observerats och i andra fall har alkorna i stället ökat i antal. För tobisgrissla saknas relevanta studier men antagandet görs att den har liknande beteende som den nära besläktade sillgrisslan. Då alkor sannolikt inte nyttjar projektområdet bedöms undanträngningseffekten på dessa vara **ingen/försumbar**.

Måsfåglar

Måsfåglar har visat sig vara relativt okänsliga för vindkraft och verkar inte uppvisa undvikandebeteende. Dessutom har de visat sig vara skickliga på att undvika rotorbladen, studier visar på mycket låg mortalitet bland dessa arter. Undanträngningseffekten för måsfåglar bedöms därmed vara **liten**.

Övriga fåglar

Generellt kan sägas att gäss, svanar, lommar och vadare inte påverkas av undanträngning av vindpark Sigma då dessa födosöker kustnära och inte i pelagiska områden. Musselätande dykänder födosöker inom grundare områden och påverkas heller inte. För dessa arter bedöms undanträngningseffekten därmed vara **ingen/försumbar**.

9.4.2.2 Kollisionsrisk

Måsfåglar

Måsfåglar uppvisar inte tydliga undvikandebeteenden vid vindparker och då dessa kan vistas inom område för vindpark löper de större risk att kollidera med vindkraftverk. Dessutom flyger de i höjd med rotorblad vilket ytterligare höjer kollisionsrisken. En skotsk studie som genomfördes under två år har dock visat att de är bra på att undvika rotorbladen och uppvisar låg mortalitet. Studiernas resultat varierar och det går inte att dra entydiga slutsatser. Utifrån den låga tätheten av måsfåglar vid vindpark Sigma bedöms kollisionsrisken som **liten**.

Migrerande sjöfåglar och vadare

Vadare och de migrerande sjöfåglarna gäss, svanar, lommar och dykänder visar en hög grad av undvikandebeteende vid vindparker varför kollisionsrisken för dessa arter bedöms som **ingen/försumbar**.

9.4.2.3 Barriäreffekt

Migrerande sjöfåglar och vadare

Vissa arter av sjöfåglar passerar Sigma under sin vår- och höstmigration. Sädgås och sångsvan har kända flyttstråk igenom projektområdet och även

dykänder och vadare förekommer här. Ändringar av rutter kan leda till en minimal ökning av energiåtgång då området för Sigma utgör en mycket liten del av migrationssträckan. Därmed bedöms barriäreffekten vara **liten** för dessa arter.

Måsfåglar och alkor

Då dessa artgrupper endast i mycket liten omfattning migrerar genom projektområdet bedöms barriäreffekten för dessa bli **ingen/försumbar**.

9.4.2.4 Kumulativa effekter

Kumulativa effekter bedöms för ett scenario där samtliga fem vindparker enligt Figur 6-1 etableras i sökt omfattning. Födosökande sjöfåglar kan förekomma inom området men i relativt låga antal då häckningsområden vid kustområden är på långt avstånd. Det gör att Sigmas bidrag till kumulativa undanträngningseffekten för häckande sjöfåglar bedöms som **ingen/försumbar**.

Östersjötruten är en art som gör långa flygningar under sin födosökning och kan flyga in i området för vindparkerna. Inga av vindparkerna planeras dock i särskilt betydelsefulla födosöksområden för östersjötrut vilket minskar risken för kollision. Att några individer kolliderar med vindkraftverk årligen bedöms inte riskera någon påverkan på populationsnivå, och denna kumulativa effekt bedöms som **ingen/försumbar**.

Migrerande fåglar kan komma att påverkas genom att tvingas förlänga sin migrationsrutt om samtliga vindparker etableras i deras flyttstråk. Dock utgör rutförlängningen som Sigma bidrar med enbart en liten del av den totala migrationssträckan varför den kumulativa effekten för migrerande sjöfåglar bedöms som **liten**.

9.4.3 Skyddsåtgärder

Då samtliga effekter har bedömts vara försumbara föreligger det inget behov av några skyddsåtgärder.

9.4.4 Konsekvenser

Området för vindpark Sigma bedöms ha **liten värde** för fåglar.

Undanträngningseffekten har bedömts som **liten** gällande måsfåglar, vilket i kombination med **liten** värde medför **försumbara** konsekvenser för dessa arter. För resterande arter har undanträngningseffekten bedömts som **ingen/försumbar** vilket medför **inga/försumbara** konsekvenser.

Kollisionsrisken är **liten** för måsfåglar som därmed medför **försumbara** konsekvenser för dessa arter. För resterande fågelarter är kollisionsrisken **ingen/försumbar** med **inga/försumbara** konsekvenser som följd.

Barriäreffekten har bedömts som **liten** för migrerande sjöfåglar och vadare vilket innebär **försumbara** konsekvenser för dessa arter. För måsfåglar och alkor bedöms barriäreffekten bli **ingen/försumbar** vilket medför **inga/försumbara** konsekvenser.

Den kumulativa effekten bedöms som **ingen/försumbar** med avseende på undanträngning och kollisionsrisk och **liten** gällande barriäreffekt vilket sammantaget ger **försumbara** konsekvenser.

Säkerheten i samtliga bedömningarna är **måttlig** då forskning som ligger till grund för bedömningarna inte visar på entydiga resultat.

9.5 Natura 2000

9.5.1 Nulägesbeskrivning

Projektområdet överlappar inte med något Natura 2000-område men det finns ett antal Natura 2000-områden längs den svenska kusten på ett avstånd om 47 kilometer eller mer från projektområdet. En sammanställning av de närmast belägna Natura 2000-områdena kan ses i Tabell 9-14.

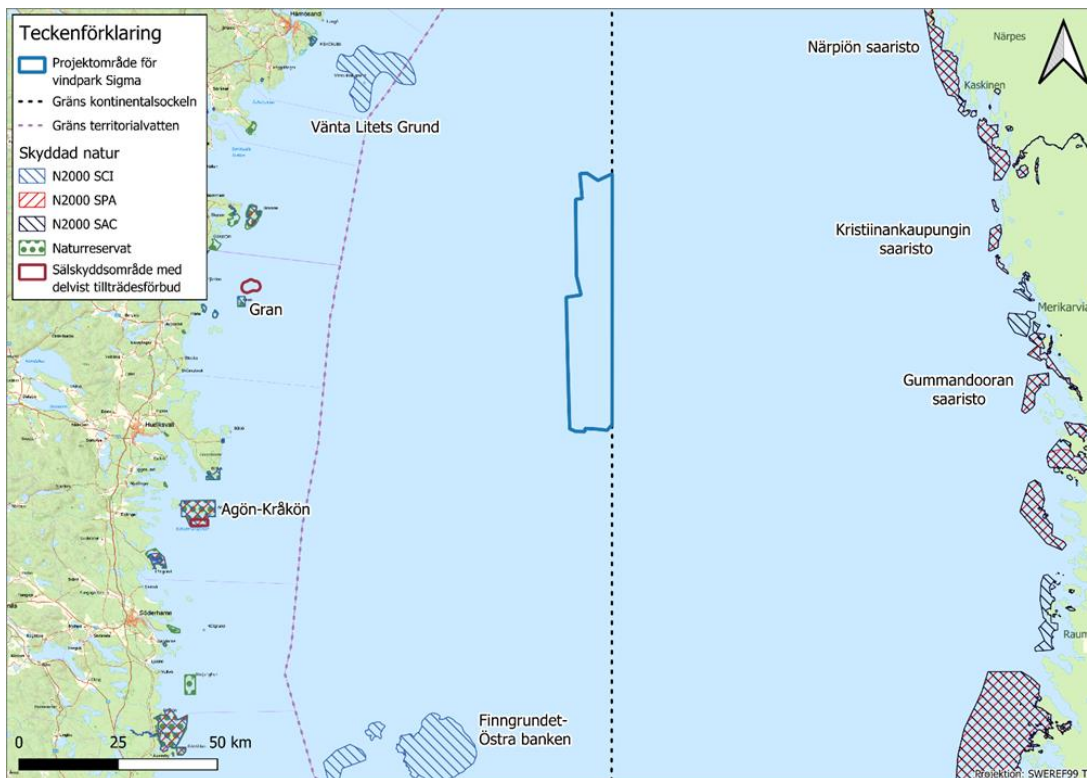
Natura 2000-områden längs den finska kusten beskrivs i avsnitt 11.1.

Tabell 9-14. Avstånd från vindpark Sigma till närmast belägna Natura 2000-områden med utpekade marina naturtyper och arter.

Natura 2000-område	Avstånd, ytterkant (km)	Utpekade marina naturtyper och arter* (kod och svenska kortnamn enligt art- och habitatdirektivet)
Vänta Litets Grund	47	1110 sandbankar, 1170 rev
Gran	81	1620 skär och små öar, 1364 gråsäl
Hölick	92	1150 laguner, 1620 skär och små öar
Agön-Kråkön	101	1620 skär och små öar, 1364 gråsäl
Finngundet-Östra banken	79	1110 sandbankar, 1170 rev
Del av Bremön	80	1230 Vegetationsklädda havsklippor

*Utpekade marina naturtyper och arter som anges i respektive bevarandeplan.

Figur 9-9 visar de närmast belägna Natura 2000-områdena. Natura 2000-områdena beskrivs vidare i avsnitt 4.3.1.



Figur 9-9. Skyddade områden, enligt art- och habitatdirektivet, fågeldirektivet, naturreservat samt salskyddsområden längs den svenska kusten i förhållande till projektområdet för vindpark Sigma.

9.5.2 Påverkan på Natura 2000-områdenas bevarandestatus

Påverkan från verksamheten på de kustnära Natura 2000-områdena bedöms potentiellt kunna uppkomma till följd av undervattensbuller vid eventuell påning (säl och strömming) samt vid drift genom undanträngningseffekter (fågel). Bolagets bedömning utgår från att undervattensbuller inom ett Natura 2000-område inte ska överskrida några skadliga nivåer för utpekade arter. Det innebär att bullermodellering inom Natura 2000-områden genomförts med en flykthastighet satt till 0 m/s.

Samtliga Natura 2000-områden ligger på sådant avstånd från vindpark Sigma att de inte bedöms påverkas direkt av etableringen när det gäller bevarande av de utpekade naturtyperna. Dock kan naturtypernas bevarandevärden indirekt påverkas om typiska arter eller strukturer slås ut eller försvagas. Endast arter kopplade till ytterområden som hyser sandbankar och rev bedöms kunna påverkas av undervattensbuller, varför naturtyper som laguner, estuarier, havsklippor samt skär och små öar inte behandlas vidare.

9.5.2.1 Vänta Litets Grund

Natura 2000-området *Vänta Litets Grund* är beläget cirka 45 kilometer från projektområdet. Strömming är en typisk art för områdets utpekade naturtyper sandbankar (1110) och rev (1170).

Undervattensakustikutredningen visar att inga tröskelvärden för skadliga ljudnivåer överskrids inom Vänta Litets Grund. Det bedöms vara osannolikt att Bolagets verksamhet på ett betydande sätt kan påverka miljön i Natura 2000-området.

9.5.2.2 *Gran*

Natura 2000-området *Gran* är beläget cirka 80 kilometer från projektområdet. Gråsäl är en utpekad art inom området.

Undervattensakustikutredningen visar att inga tröskelvärden för skadliga ljudnivåer överskrids inom *Gran*. Det bedöms vara osannolikt att Bolagets verksamhet på ett betydande sätt kan påverka miljön i Natura 2000-området.

9.5.2.3 *Agön-Kråkön*

Natura 2000-området *Agön-Kråkön* är beläget cirka 100 kilometer från projektområdet. Gråsäl (1364) är en utpekad art inom området. Området är även utpekad till skydd för ett flertal fågelarter.

Liksom för *Gran* visar resultaten från undervattensakustikutredningen att ljudnivåer som uppstår inte bedöms orsaka skada eller hindra sälarna från att uppehålla sig i Natura 2000-området. Etableringen bedöms därmed inte medföra någon betydande påverkan på säl inom Natura 2000-området.

I Natura 2000-områden som är viktiga rast- eller häckningsplatser för sjöfågel kan en påverkan uppkomma om etablering av vindparken påverkar fåglarnas födosök. Natura 2000-området *Agön-Kråkön* utgör häckningsmiljö för många sjöfågelarter. Den effekt ur ornitologisk synvinkel som etableringen av vindpark Sigma kan medföra är kopplad till födosök för de fåglar som häckar eller rastar inom Natura 2000-området. Då projektområdet för Sigma inte utgör något väsentligt födosöksområde bedöms påverkan på fåglar kopplade till Natura 2000-området inte vara betydande.

Det bedöms vara osannolikt att Bolagets verksamhet på ett betydande sätt kan påverka miljön i Natura 2000-området.

9.5.2.4 *Finngrundet Östra banken*

Natura 2000-området *Finngrundet Östra banken* ligger cirka 80 kilometer från projektområdet. Inom området är naturtyperna sandbankar (1110) och rev (1170) utpekade och strömming är en typisk art till dessa miljöer.

Undervattensakustikutredningen visar att inga tröskelvärden för skadliga ljudnivåer överskrids inom Finngrundet Östra banken. Det bedöms vara osannolikt att Bolagets verksamhet på ett betydande sätt kan påverka miljön i Natura 2000-området.

9.5.2.5 *Del av Bremön*

Området är beläget cirka 80 kilometer från projektområdet och är utpekad till skydd för ett flertal fågelarter.

Då projektområdet för Sigma inte utgör något väsentligt födosöksområde bedöms det vara osannolikt att Bolagets verksamhet på ett betydande sätt kan påverka miljön i Natura 2000-området.

9.5.3 Samlad bedömning

Vindpark Sigma bedöms inte påverka naturtyperna, eller medföra betydande störning av de arter som är typiska för naturtyperna i omkringliggande Natura 2000-områden. Vindparken bedöms inte heller leda till störning av säl eller fågel som på ett betydande sätt kan försvåra bevarandet av arterna i Natura 2000-

områdena. Det bedöms vara osannolikt att Bolagets verksamhet på ett betydande sätt kan påverka miljön i Natura 2000-områdena.

9.6 Fladdermöss

Niras har genomfört en konsekvensutredning avseende fladdermöss som föreliggande avsnitt bygger på. Utredningen återfinns i sin helhet i Bilaga 8.

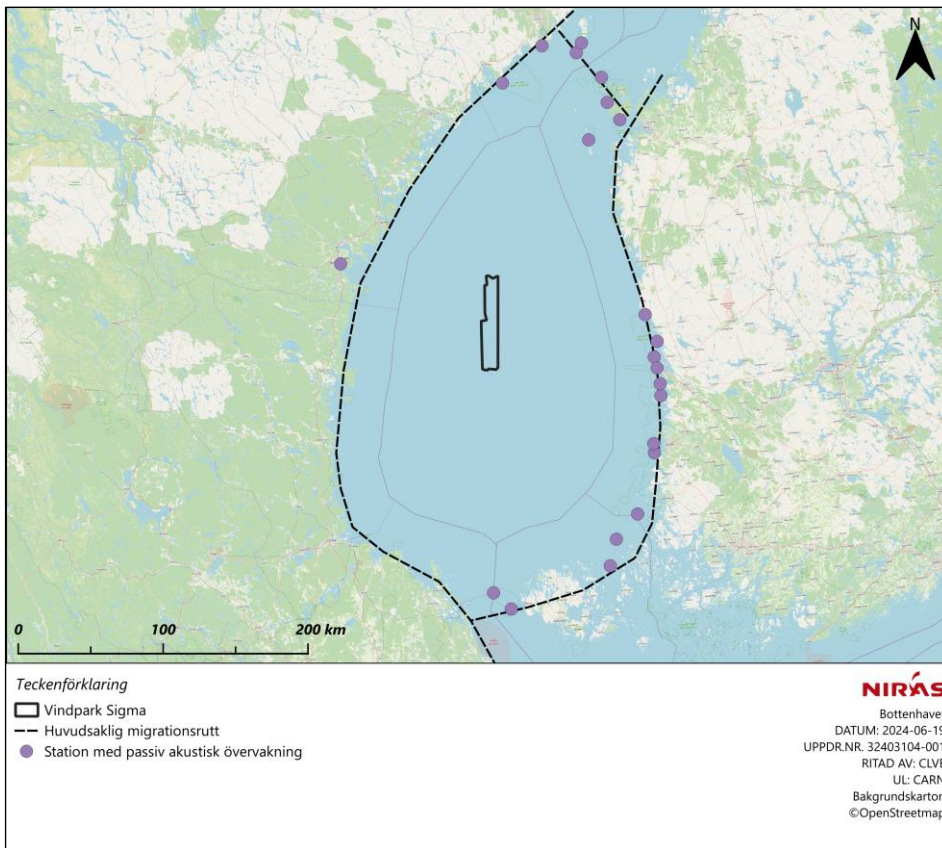
9.6.1 Nulägesbeskrivning

Fladdermusfaunan i Sverige består av 19 arter. Utbredningsområdena för flera av dessa avtar ju längre upp i landet man kommer och på land i höjd med projektområdet för Sigma har 13 arter observerats. Samtliga fladdermusarter i Sverige är fridlysta, vilket innebär att man inte avsiktligt får döda eller skada individer, förstöra fortplantningsområden eller viloplatser eller störa djuren, särskilt under djurens parnings-, uppfödning-, övervintrings- och flyttperioder.

I dagsläget saknas det kunskap om förekomsten av fladdermöss inom projektområdet. De studier som har utförts är till stor del begränsade till den svenska och den finska kusten av praktiska skäl. Inrapporteringar som har gjorts i Artportalen på sträckan mellan Gävle och Umeå är också få till antalet.

Fladdermöss har observerats födosöka till havs upp till cirka 30 kilometer från kusten. Så långt från land som inom projektområdet antas dock fladdermusaktivitet vara begränsad till migration. Det finns en pågående studie av migration av fladdermöss mellan Sverige och Finland. Området som studeras är vid Kvarken som ligger cirka 150 kilometer nordost om projektområdet för Sigma. Studien, som har pågått sedan 2014, visar på förekomst av trollpipistrell (*Pipistrellus nathusii*) och gråskimlig fladdermus (*Vespertilio murinus*). Den senare påträffades efter kraftiga västliga vindar, varför individerna antas komma från Sverige och man kan anta att fladdermöss kan påträffas över öppet hav under liknande förhållanden.

Ytterligare pågår en studie cirka 150 kilometer söder om projektområdet som utreder när på året trollpipistrellen migrerar mellan Sverige och Finland. Resultat från studien planeras att publiceras slutet av 2024 eller 2025. Denna studie kan också ge svar på om arter som större brunfladdermus, dvärgpipistrell, gråskimlig fladdermus och nordfladdermus förekommer över havet mellan Sverige och Finland. Troliga migrationsrutter över Bottenhavet visas i Figur 9-10.



Figur 9-10. Bilden visar de bekräftade eller högst troliga migrationsrutterna för fladdermöss i norra Bottenhavet samt stationer för passiv akustisk övervakning av fladdermöss (Vasko & Loisa, 2024). Figur från Bilaga 8 Utredning och konsekvenser - fladdermöss.

De 13 arter som observerats i höjd med projektområdet för vindpark Sigma ses i Tabell 9-15. Av dessa bedöms sju ha hög eller måttlig sannolikhet att förekomma över öppet hav (Vasko & Loisa, 2024). Då projektområdet ligger över åtta mil från fastlandet är det inte troligt att området används vid födosök. Migration över havet antas främst ske på platser där det finns öar eller där avståndet är kort.

Projektområdet ligger där avståndet mellan den svenska och finska kusten är som längst. Det är ett avstånd som fladdermöss inte förväntas flyga på en natt. På grund av kunskapsbristen om fladdermöss över öppna hav går det dock inte att helt utesluta att det förekommer fladdermöss i området.

Utöver avståndet finns det andra faktorer som spelar in, så som temperatur och väderförhållanden. Man har i studier konstaterat att temperaturer över 15 °C ökar aktiviteten hos fladdermöss, även om det finns osäkerheter kring huruvida det är den avgörande faktorn för migration. Nederbörd och dimma påverkar också när och om migration sker, även om nederbörd är flera kilometer bort. Vindhastigheten har också stor inverkan på fladdermöss migration och de flesta fladdermusarterna migrerar inte vid vindhastigheter över fem meter per sekund. När fladdermöss migrerar över hav görs detta främst på höjd under tio meter över havsytan. Större arter som brunfladdermus, *Nyctalus noctula*, kan flyga något högre. Stöter fladdermöss på föda, fartyg eller vindkraftverk kan de flyga på högre höjder.

Tabell 9-15. Tabellen redogör för arter som har observerats i höjd med projektområdet för Sigma, hur vanliga de är, hur de är klassade i den svenska rödlistan samt vilken migrationsgrupp de tillhör (Daton, Millon, & de Jong, 2023). Stationära arter övervintrar i Sverige, regionalt migrerande flyttar någon eller några 100 kilometer, långmigrerande arter flyttar i medeltal 1000 kilometer bort, medan fakultativt migrerande arter har ett varierande migrationsmönster där delar av populationen övervintrar på plats, andra lämnar landet under vintern.

Art	Vetenskapligt namn	Förekomst längs Bottenhavets kust	Klassning i rödlistan	Migrations-beteende	Potentiell förekomst inom Sigma
Barbastell	<i>Barbastella barbastellus</i>	1 observation	Nära hotad (NT)	Fakultativt migrerande	Låg
Nord-fladdermus	<i>Eptesicus nilsonii</i>	Vanlig	Nära hotad (NT)	Fakultativt migrerande	Låg
Syd-fladdermus	<i>Eptesicus serotinus</i>	1 observation	Nära hotad (NT)	Fakultativt migrerande	Låg
Tajga-fladdermus	<i>Myotis brandtii</i>	Vanlig	Livskraftig (LC)	Fakultativt migrerande	Låg
Vatten-fladdermus	<i>Myotis daubentonii</i>	Vanlig	Livskraftig (LC)	Fakultativt migrerande	Låg
Mustasch-fladdermus	<i>Myotis mystacinus</i>	Vanlig	Livskraftig (LC)	Fakultativt migrerande	Låg
Damm-fladdermus	<i>Myotis dasycneme</i>	Ovanlig sällsynt	Nära hotad (NT)	Fakultativt migrerande	Låg
Frans-fladdermus	<i>Myotis nattereri</i>	Ovanlig	Nära hotad (NT)	Fakultativt migrerande	Låg
Större brun-fladdermus	<i>Nyctalus noctula</i>	Ovanlig	Livskraftig (LC)	Långmigrerande	Låg
Brunlångöra	<i>Plecotus auritus</i>	Vanlig	Nära hotad (NT)	Stationär	Låg
Trollpipistrell	<i>Pipistrellus nathussi</i>	Relativt vanlig	Livskraftig (LC)	Långmigrerande	Låg
Dvärg-pipistrell	<i>Pipistrellus pygmeus</i>	Ovanlig	Livskraftig (LC)	Regionalt migrerande	Låg
Gråskimlig fladdermus	<i>Vespertilio murinus</i>	Ovanlig	Livskraftig (LC)	Långmigrerande	Låg

Projektområdet för Sigma ligger inte inom något troligt eller sannolikt migrationsområde för fladdermöss och då avståndet till fastland är så pass stort bedöms det inte heller troligt att området utgör ett födosöksområde. Sammantaget bedöms projektområdet för Sigma ha ett **litet värde** för samtliga fladdermusarter som förekommer i denna del av landet.

9.6.2 Effekter

De effekter som fladdermöss kan drabbas av och när dessa uppträder ses i Tabell 9-16.

Tabell 9-16. Tabellen sammanfattar de förväntade miljöeffekterna och under vilka skeden de uppkommer.

Miljöeffekt	Anläggning	Drift	Avveckling
-------------	------------	-------	------------

Kollisionsrisk		x	
----------------	--	---	--

Effekter från en havsbaserad vindpark på fladdermöss utgörs dels av risk för kollision med rotorblad, dels av barotrauma genom tryckförändringar från vindkraftverkens rotorblad. Därmed kan effekter från vindkraft endast uppstå under driftsfasen.

Kollision med rotorblad kan leda till dödsfall eller allvarliga skador då rotorbladen rör sig med så hög hastighet att fladdermössen inte hinner väja för dem. Detta förväntas främst kunna ske i samband med migrationen som sker under en begränsad period under våren respektive hösten. Fladdermöss sträcker endast ut över havet under gynnsamma förhållanden. Detta medför att risken för kollisioner endast uppstår under ett fåtal nätter per år. Utöver detta flyger de flesta arterna och individerna på lägre höjder än tio meter och den fria höjden under rotorbladen kommer att vara 20 meter. Det går dock inte utesluta att fladdermössen ändrar flyghöjd vid vindkraftverk.

Barotrauma kan uppstå till följd av att lufttrycket förändras i närheten av vindkraftverkets rotorblad vilket kan medföra skador hos fladdermöss som flyger i närheten. Det är dock mycket osannolikt att en betydande påverkan uppstår då fladdermöss inte förväntas befinna sig så långt ute till havs och så högt upp över havsytan. Därmed bedöms effekten av kollisionsrisk, vilket även inkluderar barotrauma, på fladdermöss vara **ingen/försumbar**.

Då risken för förekomst av fladdermöss inom projektområdet är låg bedöms Sigma inte heller bidra med någon kumulativ effekt för fladdermöss.

9.6.3 Skyddsåtgärder

Då effekten på fladdermöss bedöms vara ingen/försumbar bedöms det inte finnas ett behov av skyddsåtgärder.

9.6.4 Konsekvenser

Projektområdet har **litet värde** för fladdermöss och det förväntas uppstå **ingen/försumbar effekt** till följd av vindparken. Det innebär att vindparken bedöms få **inga/försumbara** konsekvenser med avseende på fladdermöss.

9.7 Landskapsbild

Sweco har på Bolagets uppdrag genomfört en landskapsbildsanalys för vindpark Sigma, se Bilaga 10.

9.7.1 Nulägesbeskrivning

Analysområdet för landskapsbildsanalysen utgörs av kust och skärgård från Höga Kusten i norr till Långvind i söder. Det innefattar södra delen av Västernorrlands kuststräcka och norra samt mellersta delen av Hälsinglands kuststräcka, se Figur 9-11.

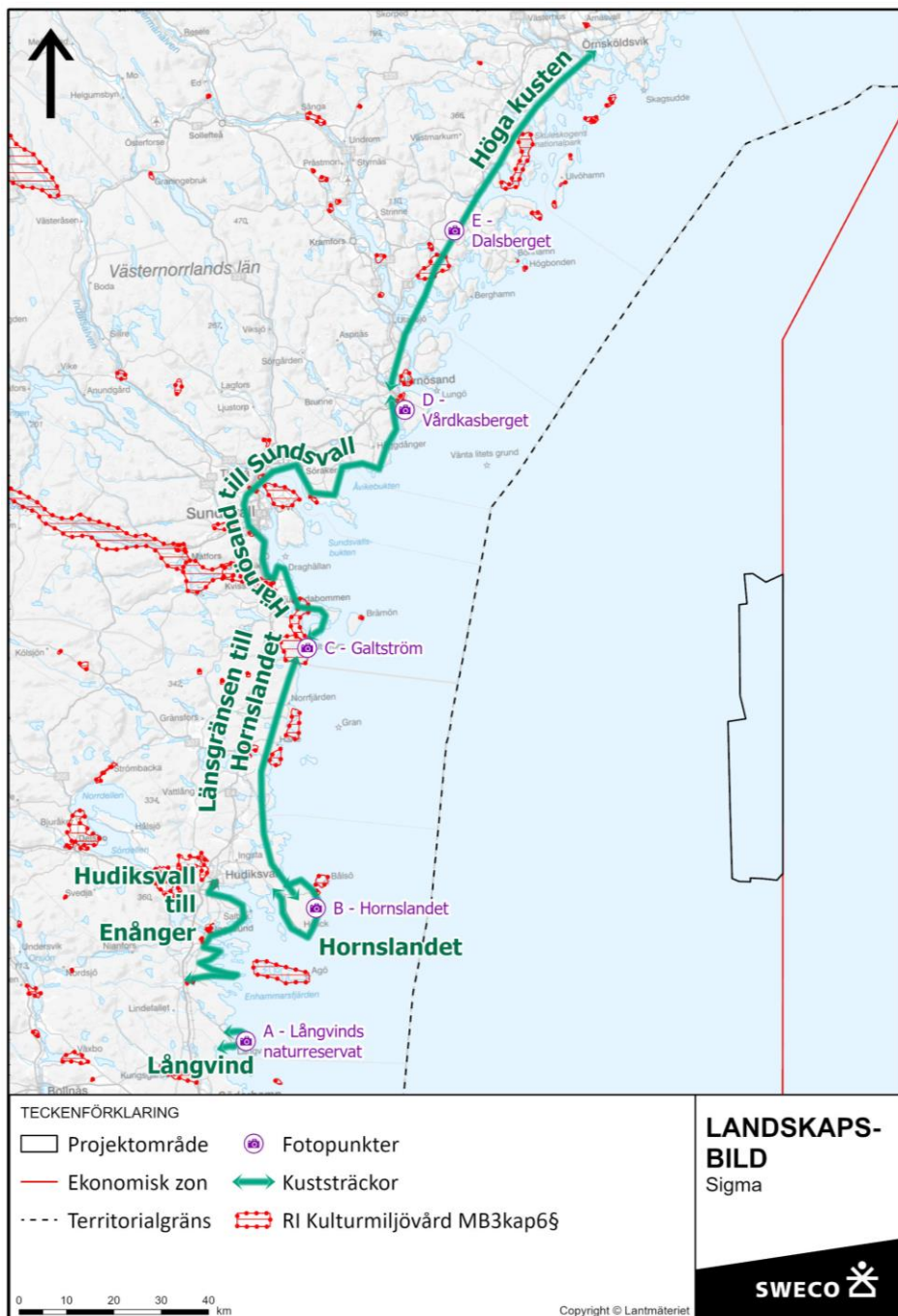
Kusten i Västernorrland består av ett storkuperat mosaiklandskap (Höga Kusten-området) respektive ett böljande mosaiklandskap (kusten norr och söder om Sundsvall). Dessa landskapstyper saknar tydliga riktningar och ger ett mosaikartat intryck. Höga Kusten-området i norr saknar motstycke och hyser

stora kontraster mellan kalspolade höjder med skogsbeklädda branter och uppodlade vikar.

Vidare söderut i Hälsingland består sträckan av kustbygd, ett småskaligt landskap med historisk dimension som nyttjas för turism, friluftsliv och fritidsfiske.

Det finns flera utpekade riksintresseområden utefter kusten, med goda möjligheter för kultur- och naturupplevelser och friluftsliv. I samtliga riksintresseområden som ligger vid kusten och har vyer mot havet är landskapsbilden en viktig del av riksintresset.

Särskilt intressant är Höga Kusten-området och Hornslandet. Höga Kusten hyser ett antal naturreservat, Skuleskogens nationalpark samt riksintresse för friluftsliv, naturvård och kulturmiljö. Hornslandet som är utpekad som möjlig framtida nationalpark hyser ett flertal besöksanläggningar och naturreservat samt kulturmiljöer.



Figur 9-11. Kuststräckor väster om projektområdet.

Hela kuststräckan är lång och varierande. En värdering av de olika sträckorna med avseende på värde och känslighet sammanfattas i Tabell 9-17.

Tabell 9-17. Berörda kuststräckor med värdering utifrån landskapsbildsvärden.

Kuststräcka	Beskrivning	Värde/känslighet
Höga Kusten (Örnsköldsvik till Härnösand)	Unikt och säregt landskap som vittnar om landhöjningen efter senaste istiden. Välbesökt område med höga upplevelsevärden kopplade till landskapsbild. 	Högt värde och hög känslighet för storskaliga tillägg
Härnösand till Sundsvall	Sammanfattad kuststräcka med både naturreservat och friluftsmål och flera industriellt präglade områden. 	Måttligt värde för landskapsbild och måttlig känslighet för storskaliga tillägg.
Länsgränsen till Hornslandet	Varierat landskap med småskalig karaktär. Det hyser en del fiskelägen och både natur- och kulturvärden. 	Måttligt värde för landskapsbild och måttlig känslighet för storskaliga tillägg.
Hornslandet	Halvön omfattas av flertalet skydd och har höga besöksvärden både med avseende på natur-, kulturmiljö och friluftsliv.	Högt värde för landskapsbild och hög känslighet för storskaliga tillägg.

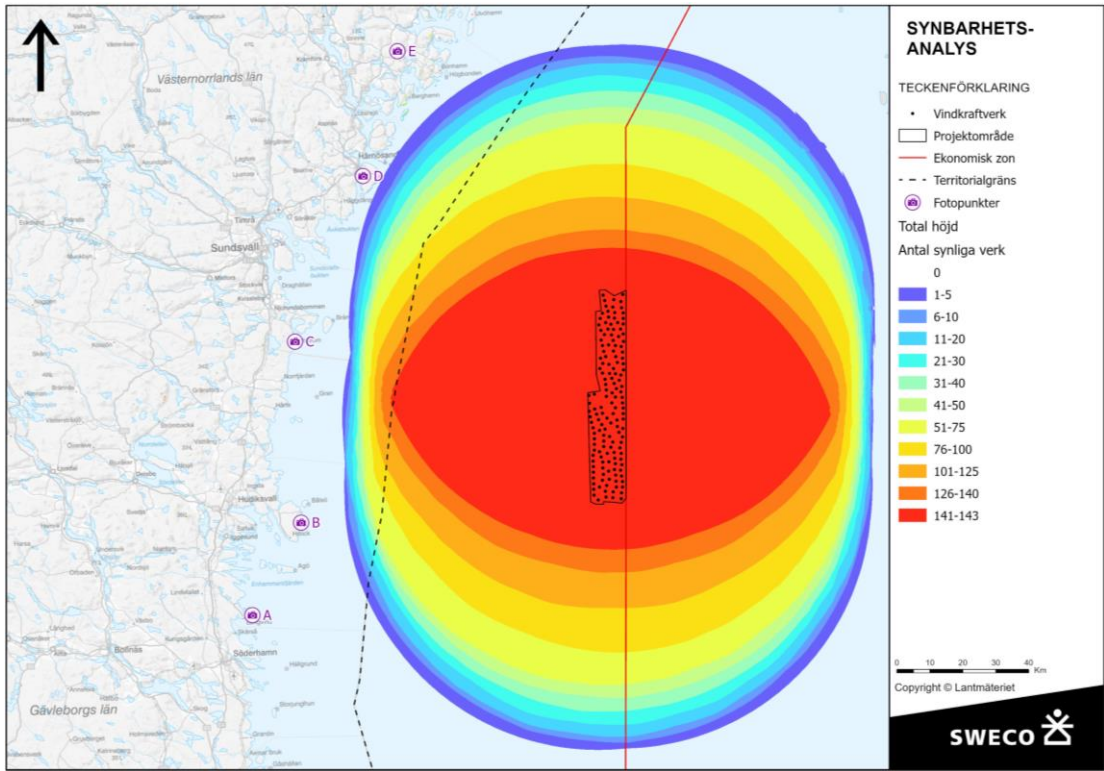
		
Hudiksvall till Enånger	Flikig och varierande kust med värden för friluftsliv, kultur- och naturmiljö. 	Högt värde för landskapsbild och hög känslighet för storskaliga tillägg.
Långvind	Området hyser ett välbesökt naturreservat och riksintresseområden för kulturmiljövård. 	Måttligt värde för landskapsbild och måttlig känslighet för storskaliga tillägg.

9.7.2 Effekter

En visuell effekt av vindpark Sigma kan uppstå när vindparken väl är etablerad, det vill säga under driftsfasen. Därför är det enbart detta skede som behandlas i föreliggande avsnitt.

Miljöeffekt	Anläggning	Drift	Avveckling
Visuell effekt		X	

Den visuella effekten har analyserats genom en synbarhetsanalys samt fotomontage från fem platser, se Figur 9-12 samt sammanställning i Tabell 9-18.



Figur 9-12. Figuren visar synbarhetsanalys för totalhöjd (370 meter) samt fotopunkter för fotomontage.

Tabell 9-18. Sammanställning av fotopunkter där fotomontage gjorts.

Fotopunkt	Läge	Avstånd till närmaste vindkraftverk (kilometer)
A	Långvind norr om Söderhamn.	110
B	Hornslandet öster om Hudiksvall.	90
C	Galtströms hamn	90
D	Vårdkasberget, utkikstorn, 185 meter över havet.	80
E	Dalsberget, 250 meter över havet.	100

Synbarhetsanalysen visar att på grund av det stora avståndet till Sigma från land är det ytterst få platser som vindparken kommer att vara synlig från. Mer detaljerad synbarhetsanalys och inzoomade kartor finns i Bilaga 10.

Två exempel på fotomontage ses nedan. I Figur 9-13 visas ett montage där vindparken i sin helhet hamnar under horisontlinjen på grund av det stora avståndet, fotopunkt A. Långvinds naturreservat.



Figur 9-13. Fotomontage från fotopunkt A. Långvinds naturreservat innehållande en teoretisk siktanalys där vindkraftverken representeras genom att konturerna ritas i sin helhet även om hela verken egentligen ligger bakom horisonten.

Från fotopunkt E, Dalsberget kan vindparken teoretiskt vara synlig då det är fri sikt ut mot havet från berget. Avståndet är dock så stort, 100 kilometer, att det i verkligheten kommer att vara svårt att se vindparken med blotta ögat, se Figur 9-14.



Figur 9-14. Fotomontage från fotopunkt E, Dalsberget.

Vindparken kommer högst troligt inte vara synlig från någon plats på fastlandet. Från de punkterna som är på höjder med fri sikt, punkterna D och E, kan vindkraftverken teoretiskt vara synliga vid klart väder. Dock är det osannolikt att vindkraftverken syns med blotta ögat då avståndet till närmaste vindkraftverk är åtta respektive tio mil från platserna. På dessa avstånd är det endast rotorbladen som kan vara synliga ovanför horisonten. Hinderbelysningen kommer inte att synas från fastlandet eftersom havet inte syns på så långt avstånd på grund av jordens krökning.

Öarna som finns i området är relativt kustnära och ligger även de utanför det området där vindkraftverken blir synliga enligt synbarhetsanalysen.

Sammantaget kan konstateras att de stora avstånden till vindparken gör att det bedöms uppstå **ingen/försumbar effekt** på landskapsbilden.

Kumulativ effekt

Det finns flera planerade vindparker i närheten av Sigma (Figur 6-1) och alla fyra parker som ingår i bedömningen ligger närmare kusten än Sigma. Om samtliga dessa skulle anläggas med varierande avstånd från fastlandet och därmed varierande synlighet skulle etableringen av Sigma inte tillföra något nytt inslag i landskapsbilden. Den tillkommande kumulativa effekten på landskapsbilden från Sigma bedöms därmed som **försumbar**.

9.7.3 Skyddsåtgärder

Vindparkens effekter på landskapsbilden bedöms som försumbara, varför det inte finns något behov av skyddsåtgärder.

9.7.4 Konsekvenser

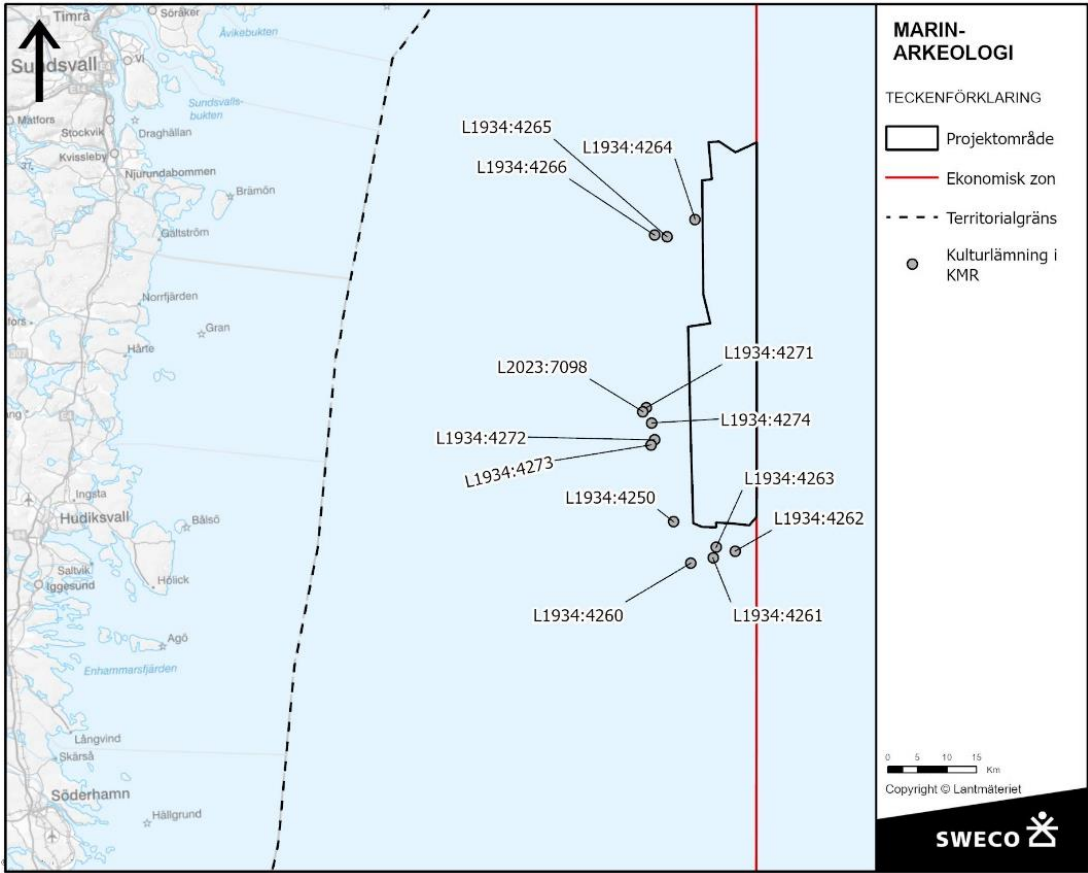
Berörda kustområden har **måttligt** till **högt** värde vad gäller landskapsbild och det kommer uppstå **ingen/försumbar** effekt till följd av vindparken. Det innebär att vindparken bedöms få **inga/försumbara** konsekvenser med avseende på landskapsbild.

9.8 Marinarkeologi

Sweco har tagit fram en kulturhistorisk förstudie som syftar till att klargöra potentialen för förekomst av marina forn- och kulturlämningar inom projektområdet för den planerade vindparken. Rapporten finns att läsa i sin helhet, se Bilaga 11.

9.8.1 Nulägesbeskrivning

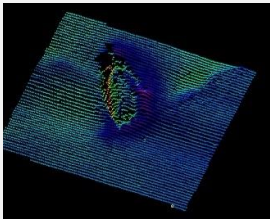
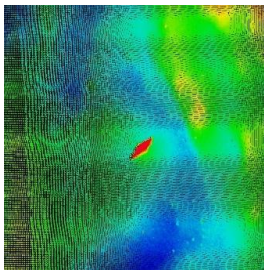
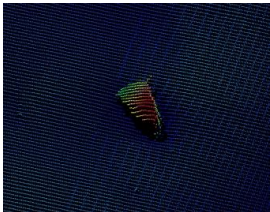
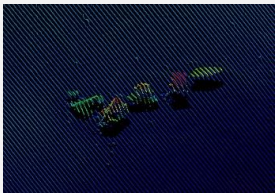
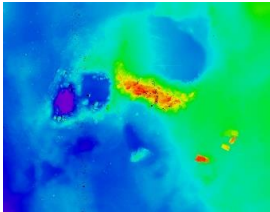
Förstudien redovisar att det enligt Sveriges nationella register, Kulturmiljöregistret, inte finns några kända lämningar inom projektområdet för vindpark Sigma. Det finns heller inte några förlisningsuppgifter inom projektområdet. Däremot finns det 13 lämningar inom tio kilometer från projektområdets yttre gräns, se Figur 9-15 och Tabell 9-19. Av dessa lämningar är sex registrerade som *fartygs-/båtlämningar* och bedöms vara troliga fartygslämningar. De resterande sju posterna är registrerade som *övrigt* och har endast begränsad information. Ingen av dessa lämningar har bekräftats i fält och det är i nuläget svårt att bedöma deras kulturhistoriska potential.

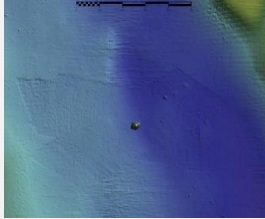
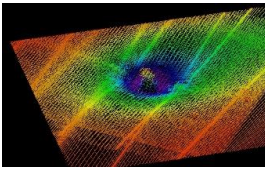
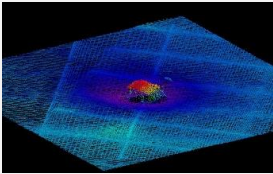
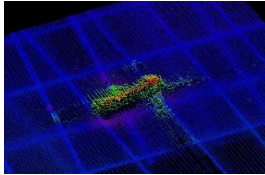
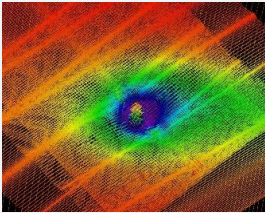


Figur 9-15. Lämningar i anslutning till projektområdet för vindpark Sigma.

Tabell 9-19. Lämningar i anslutning till projektområdet för vindpark Sigma.

KMR-id	Typ	Beskrivning i KMR	Batymetri- och multibeam-bilder i KMR
L1934:4264	Fartygs-/båtlämning	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Möjlig fartygslämning cirka 26 meter långt och sex meter brett. Har ett uppstick på cirka 1,5 meter. Objektet påträffades 2013-11-30 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	
L1934:4265	Övrigt	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Objekt cirka nio meter långt och 7,5 meter brett. Har ett uppstick på cirka 1,7 meter. Objektet påträffades 2013-11-30 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	

L1934:4266	Fartygs- /båtlämning	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Trolig fartygslämning cirka 29 meter långt och nio meter brett. Har ett uppstick på cirka 1,5 meter. Objektet påträffades 2014-02-09 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	
L1934:4271	Fartygs- /båtlämning	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Möjlig fartygslämning, cirka nio meter lång och 2,9 meter bred. Sticker upp cirka 0,8 meter. Objektet påträffades 2014-02-17 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	
L2023:7098	Fartygs- /båtlämning	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Oval formation, 41 meter lång och 17 meter bred, trolig fartygslämning eller naturformation. Djup: 35 meter. Objektet lokaliserades vid en analys av multibeam-data som utfördes av Nordic Maritime Group år 2021.	Bild saknas
L1934:4274	Fartygs- /båtlämning	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Möjlig fartygslämning, cirka 8,9 meter lång och 3,8 meter bred. Sticker upp cirka tre meter. Objektet påträffades 2014-02-17 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	
L1934:4272	Övrigt	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Fem objekt, alternativt en sönderbruten fartygslämning, cirka 22 meter lång och 12 meter bred. Sticker upp cirka tre meter. Objektet påträffades 2014-02-17 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	
L1934:4273	Övrigt	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Flertal objekt i olika storlek och form, varav ett objekt är cirka 15 meter lång och 7,5 meter brett. Sticker upp cirka fyra meter. Objektet påträffades 2014-02-17 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	

L1934:4250	Övrigt	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Okänt objekt cirka sex meter långt, sex meter brett och fem meter högt. Objektet påträffades 2011-05-30 vid sjömätningar i projektet MonaLisa, som Sjöfartsverket ansvarade för.	
L1934:4263	Övrigt	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Objekt, cirka sju meter långt och 5,5 meter brett. Sticker upp cirka 1,5 meter. Objektet påträffades 2013-11-29 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	
L1934:4262	Övrigt	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Objekt, cirka sex meter långt och sex meter brett. Sticker upp cirka tre meter. Objektet påträffades 2013-11-28 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	
L1934:4261	Fartygs-/båtlämning	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Objekt, cirka 30 meter långt och elva meter brett. Sticker upp cirka 2,3 meter. Objektet påträffades 2013-11-29 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	
L1934:4260	Övrigt	Uppgift om lämning, ej bekräftad i fält. Objekt, cirka 3,3 meter långt och 3,5 meter brett. Sticker upp cirka tre meter. Objektet påträffades 2013-11-29 vid sjömätningar utförda av Sjöfartsverket.	

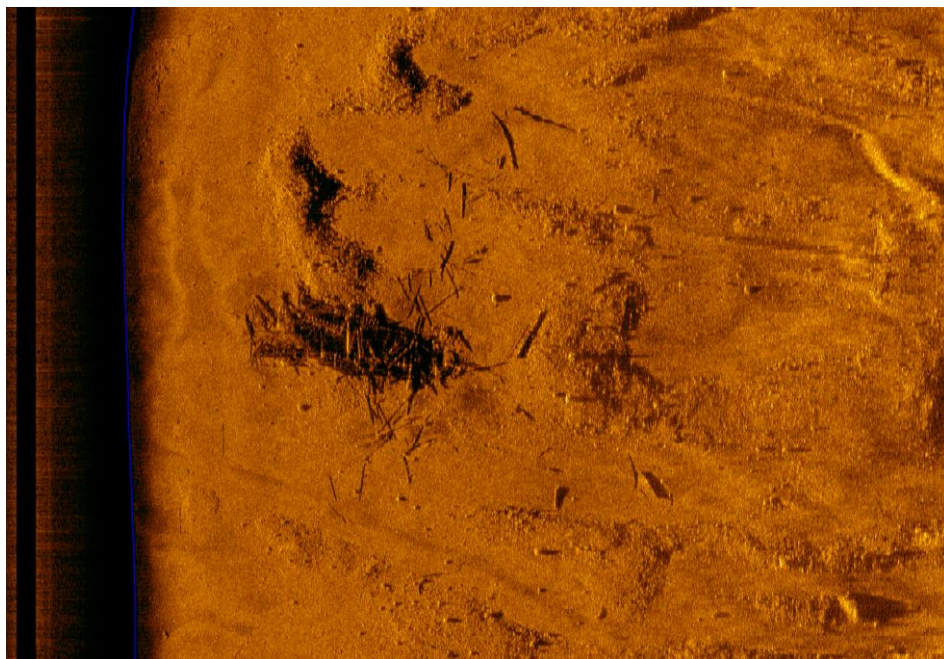
Enligt ett privat vrakarkiv, Skandinaviskt vrakarkiv, finns det uppgifter om ett förlist fartyg. Fartyget ska enligt uppgift ha förlist år 1916 och positionen från Skandinaviskt vrakarkiv anger att vraket ligger cirka 20 kilometer söder om projektområdet. Positionen är dock osäker och har inte kunnat bekräftats av Kulturmiljöregistret eller andra digitala källor över vrak eller förlistningsuppgifter.

Bottenundersökning med hjälp av *side scan sonar* har genomförts inom projektområdet under sommaren 2024. Vid den första översiktliga genomgången av sonardatan har ett troligt vrak identifierats i områdets norra del, se Figur 9-16.

Ingen av lämningarna i närområdet eller det troliga vraket inom området har bekräftats i fält och det är svårt att i nuläget avgöra vilken kulturhistorisk potential de har. Sonardatan kommer att granskas av en marinarkeolog under första kvartalet 2025 i syfte att lokalisera eventuella okända fornlämningar eller

marinarkeologiska objekt. För att med säkerhet kunna avgöra om ett objekt som påträffas på dessa djup utgör ett lagskyddat vrak eller inte, krävs vidare besiktning av lämningarna med exempelvis en fjärrstyrd undervattensfarkost, Remotely Operated Underwater Vehicle (ROV).

Eventuella marinarkeologiska lämningar bedöms ha **måttligt** värde.



Figur 9-16. Sonarbild över det troliga vraket i områdets norra del.

9.8.2 Effekter

Effekter i form av fysisk störning av havsbotten kommer att uppstå vid anläggande av vindparken samt vid arbeten kopplade till drift, underhåll och avveckling.

Miljöeffekt	Anläggning	Drift	Avveckling
Fysisk störning av havsbotten	x	x	x

Kulturhistoriska lämningar kan störas under anläggningsfasen, huvudsakligen vid anläggande av internkablar och fundament samt vid utjämning av botten. Lämningar kan påverkas dels genom direkt fysisk störning, dels genom övertäckning vid spridning av sediment. Den pågående granskningen av sonardata från genomförda bottenundersökningar kommer att ge information om eventuella hittills okända lämningar inom projektområdet. Kunskap om lämningarnas position möjliggör viss anpassning av vindparkens layout, i syfte att minimera risken för påverkan på lämningarna. Med föreslagna skyddsåtgärder bedöms risken för att okända lämningar påverkas som liten och effekten som **ingen/försumbar till liten**.

Under driftfasen kan fysisk störning av havsbotten uppstå vid servicearbeten som till exempel byte av växellåda eller blad på vindkraftverken. Dessa arbeten kan behöva ske med hjälp av stödbensfartyg. Eventuella okända kulturhistoriska lämningar bedöms ha upptäckts redan under anläggningsfasen,

varför bottenanknutna arbeten under driftsfasen bedöm ge **ingen/försumbar** effekt.

Den fysiska störningen på havsbotten under avvecklingsfasen kan liknas vid den potentiella störningen som kan uppstå under anläggningsfasen. Effekten bedöms som **ingen/försumbar**, då eventuella okända lämningar bedöms ha upptäckts vid tidigare skeden.

9.8.3 Skyddsåtgärder

Vid planering av arbeten under anläggning, drift och avveckling ska bottenarbeten som företas närmare än 50 meter från ytterkant av en marinarkeologisk lämning eller indikation i god tid samrådats med länsstyrelsen.

9.8.4 Konsekvenser

Eventuella marinarkeologiska lämningar bedöms ha **måttligt värde** och det kommer uppstå **ingen/försumbar** till **liten effekt** till följd av vindparken. Det innebär att vindparken bedöms medföra **inga/försumbara** till **små konsekvenser** med avseende på marinarkeologiska lämningar eller andra kulturmiljövärden.

10 Havsmiljödirektivet och Baltic Sea Action Plan

10.1 Havsmiljödirektivet

Havsmiljödirektivet är EU:s gemensamma ramverk för havsmiljön och omfattar marina vatten från kusten till yttersta gränsen till ekonomisk zon, och är således miljöpelaren i EU:s integrerade havspolitik (Havs- och Vattenmyndigheten, 2014a). Syftet med direktivet är att uppnå eller upprätthålla en god miljöstatus i Europas hav senast 2020. I Sverige är direktivet införlivat via havsmiljöförordningen (2010:1341).

Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2012:18) fastställer de förhållanden som kännetecknar god miljöstatus i Nordsjön och Östersjön, samt miljökvalitetsnormer med tillhörande indikatorer (Havs- och Vattenmyndigheten, 2012). Vindpark Sigma ligger inom förvaltningsområdet *Östersjön*, havsbassängen *Bottenhavet*, samt inom *Bottenhavets utsjövatten*.

Det finns elva deskriptorer som sammantaget beskriver vad som kännetecknar god miljöstatus. I Tabell 10-1 redovisas i vilken omfattning verksamheten påverkar förutsättningarna att uppfylla relevanta kriterier för god miljöstatus enligt havsmiljödirektivet.

Elva miljökvalitetsnormer med tillhörande indikatorer har fastställts för havsmiljön, det så kallade utsjövattnet (Havs- och Vattenmyndigheten, 2012). Miljökvalitetsnormerna och bedömd påverkan av den planerade verksamheten på möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormerna redovisas i Tabell 10-1.

Den sammantagna bedömningen är att vindpark Sigma inte bedöms påverka möjligheten att uppnå god miljöstatus eller påverka möjligheterna att upprätthålla eller uppnå miljökvalitetsnormerna i *Bottenhavets utsjövatten*.

Tabell 10-1. Relevanta deskriptorer för god miljöstatus enligt HVMFS 2012:18 (Havs- och Vattenmyndigheten, 2012), tillhörande kriterier och bedömd påverkan från ansökt verksamhet.

Deskriptorer	Kriterier (sammanfattat)	Bedömd påverkan på miljöstatus
1. Biologisk mångfald	Livsmiljöernas kvalitet och förekomst samt arternas fördelning och abundans tyder på att de inte är påverkade av mänsklig verksamhet, och överensstämmer med rådande geomorfologiska, geografiska och klimatiska villkor.	Verksamheten bedöms medföra försumbara till små konsekvenser för biologiska värden, se avsnitt 9.1–9.6. Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheten att upprätthålla eller nå god miljöstatus enligt de kriterier som ligger till grund för bedömning av deskriptor 1.
4. Marina näringsvävar	Alla delar av de marina näringsvävarna förekommer i	Verksamheten bedöms medföra försumbara till små konsekvenser för biologiska värden, se avsnitt 9.1–

Deskriptorer	Kriterier (sammanfattat)	Bedömd påverkan på miljöstatus
	normal omfattning och mångfald på nivåer som är tillräckliga för att arternas långsiktiga bestånd ska kunna säkerställas och deras fulla reproduktiva kapacitet behållas.	9.6. Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheten att upprätthålla eller nå god miljöstatus enligt de kriterier som ligger till grund för bedömning av deskriptor 4.
6. Havsbottens integritet	Havsbottens integritet håller sig på en nivå som innebär att ekosystemen inte påverkas negativt.	Verksamheten innebär att maximalt 0,001 procent av Bottenhavets utsjövatten kommer att tas i anspråk av kablar, fundament och erosionsskydd. Den fysiska påverkan på havsbotten, med påföljande habitatförändringar, bedöms ge försumbara konsekvenser för livsmiljöer och arter, se avsnitt 9.1 och 9.2. Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheten att upprätthålla eller nå god miljöstatus enligt de kriterier som ligger till grund för bedömning av deskriptor 6.
11. Undervattensljud	Tillförsel av undervattensljud ligger på nivåer som inte har negativa effekter på populationer av marina djur.	Verksamheten medför förhållandevis kortvarig tillförsel av undervattensljud under anläggningsfasen. Med föreslagna skyddsåtgärder bedöms konsekvensen för fisk och marina däggdjur som försumbar till liten. Konsekvensen under drift bedöms som försumbar. Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheten att upprätthålla eller nå god miljöstatus enligt de kriterier som ligger till grund för bedömning av deskriptor 11.

Tabell 10-2. Miljökvalitetsnormerna för utsjövatten enligt HVMFS 2012:18 (Havs- och Vattenmyndigheten, 2012) och bedömd påverkan från ansökt verksamhet på möjligheterna att uppnå dem.

Belastning på miljön	Miljökvalitetsnorm	Bedömd påverkan på måluppfyllelse
A. Tillförsel av näringsämnen och organiskt material	A.1 Tillförsel av näringsämnen från mänsklig verksamhet ska minska tills den inte orsakar koncentrationer av kväve och fosfor i havsmiljön som förhindrar att god miljöstatus uppnås.	Verksamheten innebär inga direktutsläpp av kväve och fosfor till havet, mer än i begränsad omfattning från anläggnings- och underhållsfartyg (kväveoxider). Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormen A.1.
B. Tillförsel av farliga ämnen	B.1 Tillförsel av farliga ämnen från mänsklig verksamhet ska minska tills den inte orsakar halter av farliga ämnen som förhindrar att god miljöstatus uppnås. B.2 Farliga ämnen i havsmiljön som tillförs genom mänsklig verksamhet får inte orsaka negativa effekter på biologisk mångfald och ekosystem.	Verksamheten innebär inga direktutsläpp av farliga ämnen till havet och åtgärder vidtas för att förhindra utsläpp i samband med olycka eller läckage, se avsnitt 12.2. Miljögifter i botten sediment kan potentiellt resuspendas i samband med anläggning och avveckling av verksamheten. Genomförd sedimentprovtagning visar på låga föroreningshalter i sedimenten, se avsnitt 7.1.2.3. Vidare visar genomförd sedimentmodellering på lokal och kortvarig spridning, se avsnitt 7.1.2.1. Verksamheten bedöms sammantaget inte påverka möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormerna B.1 och B.2.

Belastning på miljön	Miljökvalitetsnorm	Bedömd påverkan på måluppfyllelse
C. Biologisk störning	C.1 Havsmiljön ska vara fri från avsiktligt nyutsatta eller flyttade främmande arter och stammar, samt främmande arter spridda på annat sätt genom mänsklig verksamhet, som riskerar att negativt påverka den genetiska eller biologiska mångfalden eller ekosystemets funktion.	Verksamheten bedöms inte öka risken för att nya eller främmande arter introduceras. Verksamhetens påverkan bedöms som försumbar, se avsnitt 7.2.6. Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormen C.1.
	C.3 Populationerna av alla naturligt förekommande fiskarter och skaldjur som påverkas av fiske har en ålders- och storleksstruktur samt beståndsstorlek som garanterar deras långsiktiga hållbarhet.	Verksamheten bedöms inte påverka möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormen C.3, då den inte omfattar fiske.
	C.4 Förekomst, artsammansättning och storleksfördelning hos fiskesamhället ska möjliggöra att viktiga funktioner i näringsväven upprätthålls.	Verksamheten innebär potentiell påverkan på fisk genom exempelvis undervattensbuller och habitatförändringar. Konsekvenserna för fisk bedöms som helhet bli försumbara, se avsnitt 9.2. Verksamheten bedöms gynna eller missgynna förekomst, artsammansättning eller storleksfördelning hos fiskesamhället, vilket möjliggör att viktiga funktioner i näringsväven upprätthålls. En eventuell reveffekt kan resultera i en liten positiv effekt för fiskesamhällets förekomst och sammansättning. Möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormen C.4 bedöms sammantaget inte påverkas av verksamheten.
D. Fysisk störning	D.1 Den av mänsklig verksamhet opåverkade havsbottenarealen ska ha en omfattning som ger förutsättningar för att upprätthålla bottenarnas struktur och funktion för respektive livsmiljötyp.	Verksamheten innebär att maximalt 0,001 procent av Bottenhavets utsjövatten kommer att tas i anspråk av kablar, fundament och erosionsskydd. Den fysiska påverkan på havsbotten, med påföljande habitatförändringar, bedöms ge försumbara konsekvenser för livsmiljöer och arter, se avsnitt 9.1 och 9.2. Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormen D.1.
	D.2 Arealen av biogena substrat ska bibehållas eller öka.	Vindkraftverkens fundament utgör nya strukturer i vattenkolumnen som skapar möjlighet för en revkonstruktion som kan ge en reveffekt. Konsekvenserna av reveffekt för bottenfauna och fisk bedöms som försumbara till positiva. Verksamheten bedöms sammantaget inte påverka möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormen D.2.
	D.3 Permanenta förändringar av hydrografiska förhållanden som beror på storskaliga verksamheter, enskilda eller samverkande, får inte påverka biologisk mångfald och ekosystem negativt.	Verksamhetens bidrag till förändrade hydrografiska förhållanden anses vara inom de naturliga variationernas omfång och därmed försumbar. Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormen D.3.
E. Skräp och buller	E.1 Havsmiljön ska så långt som möjligt vara fri från skräp.	Verksamheten tillför inget skräp till havsmiljön och bedöms därmed inte påverka möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormen E.1.
	E.2 Mänskliga verksamheter ska inte orsaka skadligt impulsivt ljud i marina däggdjurs utbredningsområden under tidsperioder då djuren är känsliga för störning.	Verksamheten innebär potentiell påverkan på marina däggdjur (säl) genom undervattensbuller. Konsekvenserna för marina däggdjur till följd av undervattensbuller bedöms som försumbara. Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormen E.2.

10.2 Baltic Sea Action Plan

Länderna inom HELCOM har beslutat om en gemensam aktionsplan för Östersjöns miljö; Baltic Sea Action Plan (HELCOM, 2021). Målet med planen är att återställa Östersjöns goda miljöstatus. Planen uppdaterades år 2021 och innehåller cirka 200 åtgärder fördelade mellan fyra prioriterade områden:

- Biologisk mångfald
- Övergödning
- Farliga ämnen och marint skräp
- Havsbaserade aktiviteter

De prioriterade områdena med tillhörande mål samt bedömd påverkan av den planerade verksamheten på möjligheterna att uppnå målen redovisas i Tabell 10-3.

Den sammantagna bedömningen är att vindpark Sigma inte bedöms påverka möjligheten att uppnå målen i Baltic Sea Action Plan.

Tabell 10-3. Sammanfattning av bedömd påverkan utifrån målen för Baltic Sea Action Plan.

Prioriterade områden med tillhörande mål	Bedömd påverkan på målpåfyllelse
Biologisk mångfald "Ett välmående och motståndskraftigt ekosystem i Östersjön"	Verksamheten innebär en potentiell påverkan på olika arter genom till exempel undervattensbuller, sedimentspridning och kollisionsrisk. Miljökonsekvenserna för bottenfauna, fisk, marina däggdjur och fladdermöss redovisas i avsnitt 9.1 – 9.6. Konsekvenserna bedöms sammanfattningsvis som försumbara till små negativa. Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheterna att uppnå målet.
Övergödning "Östersjön ska vara opåverkad av övergödning"	Verksamheten innebär inga direktutsläpp av kväve och fosfor till havet, mer än i begränsad omfattning från anläggnings- och underhållsfartyg (kväveoxider). Verksamheten bedöms därmed inte påverka möjligheterna att uppnå målet.
Farliga ämnen och marint skräp "Östersjön ska vara opåverkad av farliga ämnen och nedskräpning"	Verksamheten innebär inga direktutsläpp av farliga ämnen till havet och åtgärder vidtas för att förhindra utsläpp i samband med olycka eller läckage, se avsnitt 12.2. Miljögifter i botten sediment kan potentiellt resuspenderas i samband med anläggning och avveckling av verksamheten. Genomförd sedimentprovtagning visar på låga föroreningshalter i sedimenten, se avsnitt 7.1.2.3. Vidare visar genomförd sedimentmodellering på lokal och kortvarig spridning, se avsnitt 7.1.2.1. Verksamheten tillför inget skräp till havsmiljön. Verksamheten bedöms sammantaget inte påverka möjligheterna att uppnå målet.
Havsbaserad verksamhet "Miljömässigt hållbara havsbaserade verksamheter"	Konsekvenserna av verksamheten bedöms sammantaget bli försumbara till små negativa. Verksamheten innebär att maximalt 0,001 procent av Bottenhavets utsjövatten kommer att tas i anspråk av kablar, fundament och erosionsskydd. Den fysiska påverkan på havsbotten, med påföljande habitatförändringar, bedöms ge försumbara konsekvenser för livsmiljöer och arter, se avsnitt 9.1 och 9.2. Åtgärder vidtas för att förhindra utsläpp i samband med olycka eller läckage, se avsnitt 12.2. Verksamheten bedöms sammantaget inte påverka möjligheterna att uppnå målet.

11 Gränsöverskridande påverkan

Gränsöverskridande påverkan avser den påverkan som sträcker sig över nationella gränser. Samråd har genomförts med Finland i enlighet med Konventionen om miljökonsekvensbeskrivningar i ett gränsöverskridande sammanhang, Esbo-konventionen.

Sammanfattningsvis bedöms gränsöverskridande påverkan från verksamheten potentiellt kunna uppkomma till följd av undervattensbuller, undanträngningseffekter, barriäreffekter och kollisionsrisk.

Då projektområdet är beläget cirka 98 kilometer från den finska kusten kommer vindkraftverken inte vara synliga från land. Därmed behandlas gränsöverskridande påverkan på landskapsbilden inte vidare.

11.1 Fisk, marina däggdjur, fåglar och Natura 2000

Verksamheten innebär en potentiell gränsöverskridande påverkan på fisk, marina däggdjur (säl) och Natura 2000-områden längs Finlands västkust till följd av undervattensbuller. Verksamheten innebär också en potentiell gränsöverskridande påverkan på fåglar till följd av barriäreffekter och kollisionsrisk.

Fisk och sälar kan komma att påverkas av undervattensbuller tillfälligt i samband med pålning av fundament. Med föreslagna skyddsåtgärder är avståndet där PTS eller TTS kan uppstå maximalt en kilometer från källan för både fisk och sälar, vilket innebär att fauna i finskt vatten endast påverkas i mycket liten omfattning. Lekområden för strömming samt viktiga sältillhåll finns längs Finlands västkust, över 90 kilometer från parkområdet. Då avståndet till viktiga områden är långt bedöms konsekvenserna av undervattensbuller som **försumbara** för fisk och sälar i finskt vatten.

Projektområdet ligger utanför de vanligaste flyttstråken för fåglar, vilka går utefter kusterna och över de kortaste avstånden mellan Sverige och Finland. Fågelmigration förväntas därmed endast ske i liten utsträckning genom projektområdet för vindpark Sigma. En omväg runt projektområdet utgör en mycket liten del av den totala migrationssträckan för fåglar, varför barriäreffekter bedöms leda till **försumbara** konsekvenser. Då individtätheten i områden är låg bedöms även konsekvenserna av kollisioner som **försumbara**.

De närmaste finska Natura 2000-områdena är belägna cirka 86 – 103 kilometer från projektområdet för vindpark Sigma, se Tabell 11-1 samt Figur 9-9. Utppekade arter inom områdena är gråsäl (1364), vikare (6307) och fåglar samt strömming, vilket är en typisk art för naturtyperna sandbankar (1110) och rev (1170).

Tabell 11-1. Avstånd från vindpark Sigma till närmast belägna Natura 2000-områden med utpekade marina naturtyper och arter.

Natura 2000-område	Avstånd, ytterkant (km)	Utppekade marina naturtyper och arter* (kod och svenska kortnamn enligt art- och habitatdirektivet)
Närpiön saaristo	86	1130 estuarier, 1150 laguner, 1170 rev
Kristiinankaupungin saaristo	95	1110 sandbankar, 1150 laguner, 1170 rev, 1620 skär och små öar, 1364 gråsäl, 6307 vikare
Gummandooran saaristo	103	1150 laguner, 1170 rev, 1620 skär och små öar

Då avståndet är långt bedöms undervattensbuller inte påverka sälar eller fisk i Natura 2000-områdena. Natura 2000-områdena bedöms också vara fortsatt attraktiva för fåglar även när vindpark Sigma är i drift. Ingen påverkan på områdenas bevarandestatus, inklusive utpekade arter och naturtyper, bedöms uppstå.

11.2 Yrkesfiske

Verksamheten innebär en potentiell gränsöverskridande påverkan på Finlands yrkesfiske till följd av undanträngning. Om fisket begränsas eller behöver upphöra inom projektområdet för vindpark Sigma kan det medföra mindre fångst samt orsaka längre körsträckor till fiskeplatser väster om projektområdet.

Enligt data från HELCOM nyttjar finsk trålflotta i princip samma områden som den svenska (väster och söder om projektområdet), se Figur 8-2. Det innebär att de finska yrkesfiskarna passerar igenom projektområdet i större omfattning än vad de svenska yrkesfiskarna gör. Avståndet mellan vindkraftverken (minst 1470 meter) möjliggör passage igenom projektområdet. Den ökade distansen till fiskeområden väster om projektområdet, om yrkesfiskarna väljer att undvika vindparken, orsakar en något högre bränsleförbrukning och därmed ökade utsläpp. Enligt VMS-data har det finländska fisket inom projektområdet skett i mycket liten omfattning, varför fångstvolymen inte bedöms påverkas av vindpark Sigma. Det finska yrkesfisket bedöms kunna fortsätta i normal omfattning i närliggande områden, med något längre körsträcka om de väljer att inte passera genom projektområdet. Vindpark Sigma bedöms sammantaget medföra **försumbara** konsekvenser för det finska yrkesfisket.

12 Risk och säkerhet

12.1 Nautiska risker

RISE har utrett de nautiska riskerna med vindpark Sigma, rapporten återfinns i sin helhet i Bilaga 3.

12.1.1 Bakgrund

Definition av använda begrepp i innevarande avsnitt finns i Tabell 12-1.

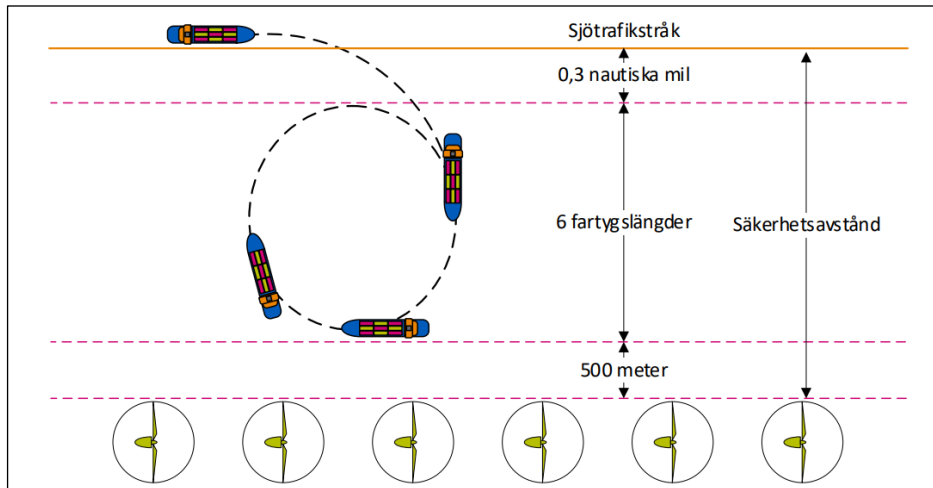
Tabell 12-1. Definition av några använda begrepp i avsnittet.

Begrepp		Förklaring
Allision		Fartyg seglar eller driver in i fast struktur, eller i ett område med fast struktur, exempelvis vindpark och vindkraftverk. Skilt från kollision vilket avser två fartyg som seglar in i varandra. <i>Powered allision</i> : fartyg seglar in i vindparken under framdrivning. <i>Drifting allision</i> : fartyg driver in i vindparken utan att framdrivningsmaskineriet är i gång.
Kollisionstyper	Head-on	Kollision mellan mötande fartyg.
	Overtaking	Kollision vid omkörning i samma fartygsstråk.
	Crossing	Kollision vid korsande fartygsstråk.
	Merging	Kollision i nodpunkter där fartygsstråk sammanstrålar.
	Bend	Kollision i nodpunkter där fartygsstråk kröker.
M		Nautisk mil (distansminut), distansenhet som används till sjöss. 1 M = 1 852 meter.
PIANC		The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. Internationell organisation som tillhandahåller riktlinjer och rekommendationer om tekniska, ekonomiska och miljömässiga frågor som rör infrastruktur för vattenburna transporter.
Risk		Sammanvägning av sannolikhet för oönskad händelse samt dess potentiella konsekvenser.

Metoden för att genomföra en nautisk riskanalys bygger på en ISO-standard samt Sjöfartsverkets och Transportstyrelsens rekommendationer (Sjöfartsverket, Transportstyrelsen, 2023). Enligt rekommendationerna ska ett säkerhetsavstånd hållas mellan vindparker och farleder. Det minsta acceptabla säkerhetsavståndet ska bestämmas för ett dimensionerande fartyg baserat på tre kriterier: (1) manöverutrymme, (2) trafikintensitet och komplexitet samt (3)

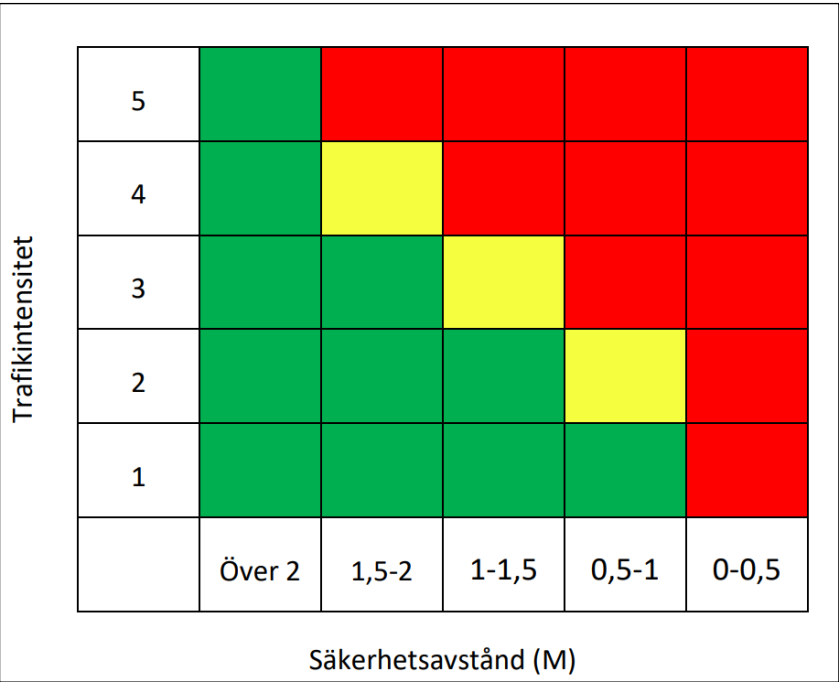
störningar på navigationsutrustning. Kriteriet som ger det största säkerhetsavståndet är styrande.

Manöverutrymme innebär att ett fartyg ska kunna göra ett 360-graders gir för att undvika en kollision med andra fartyg. Enligt riktlinjerna motsvarar detta avstånd 0,3 nautisk mil (M) + 6 fartygslängder + 500 meter, se illustrationen i Figur 12-1.



Figur 12-1. Säkerhetsavstånd mellan vindparker och fartygsstråk enligt kriteriet för manöverutrymme (Sjöfartsverket, Transportstyrelsen, 2023).

Trafikintensiteten klassificeras enligt ovan rekommendationer på en skala från ett (1) till fem (5) som beskrivits tidigare i avsnitt om sjöfart (8.2.1), se Tabell 8-2. Utifrån trafikintensitet kan matrisen i Figur 12-2 ge vägledning om säkerhetsavståndet är acceptabelt eller ej.



Figur 12-2. Matris för bedömning av säkerhetsavstånd (M=nautisk mil) utifrån trafikintensitet (klass 1 = 0 – 2 000 passager, klass 2 = 2 000 – 5 000 passager, klass 3 = 5 000 – 10 000 passager, klass 4 = 10 000 – 20 000 passager och klass 5 = över 20 000 passager).

Navigationsutrustning är kritisk för fartyg och eventuella störningar på sådan utrustning är också en risk som behöver beaktas. Enligt PIANC kan det uppstå störningar på fartygsradar upp till 1,5 nautisk mil från vindparker.

12.1.2 Riskidentifiering och bedömning

Riskanalysen inleds med en identifiering av risker genom en så kallad HAZID-workshop (*hazard identification*). De nautiska riskerna omfattar framför allt faror som kan innebära en ökad risk för kollision, allision eller grundstötning.

Trafiken öster om Sigma, på fartygsstråket mellan Södra och Norra Kvarken, ligger på ett tillräckligt stort avstånd (tre till fem nautiska mil) från vindpark Sigma så att undanmanöver är möjligt att genomföra vid behov.

Trafiken väster om Sigma, på fartygsstråket mellan Husum och Södra Kvarken, ligger som närmast cirka en nautisk mil från Sigma. Detta innebär enligt PIANC:s kriterium för manöverutrymme att tillräckligt utrymme och acceptabelt säkerhetsavstånd saknas. Om man dock beaktar att trafikintensiteten på farleden är mycket låg (266 passager under 2023) kan säkerhetsavstånd på minst 0,5 nautisk mil bedömas som acceptabel (Figur 12-2).

12.1.3 Anläggningsfas

Under anläggningsfasen, som bedöms pågå under tre till fyra år, är det en ökad trafik till och från, samt inom, projektområdet. Anläggningstrafiken omfattar olika typer och storlekar av fartyg med olika manövreringsförmåga. Anläggning kommer att ske enbart under sommarhalvåret och berör inte vintersjötrafiken.

Den mest kritiska faran i anläggningsskedet är kopplad till ökad trafikintensitet och korsande av fartygsstråk.

12.1.4 Driftsfas

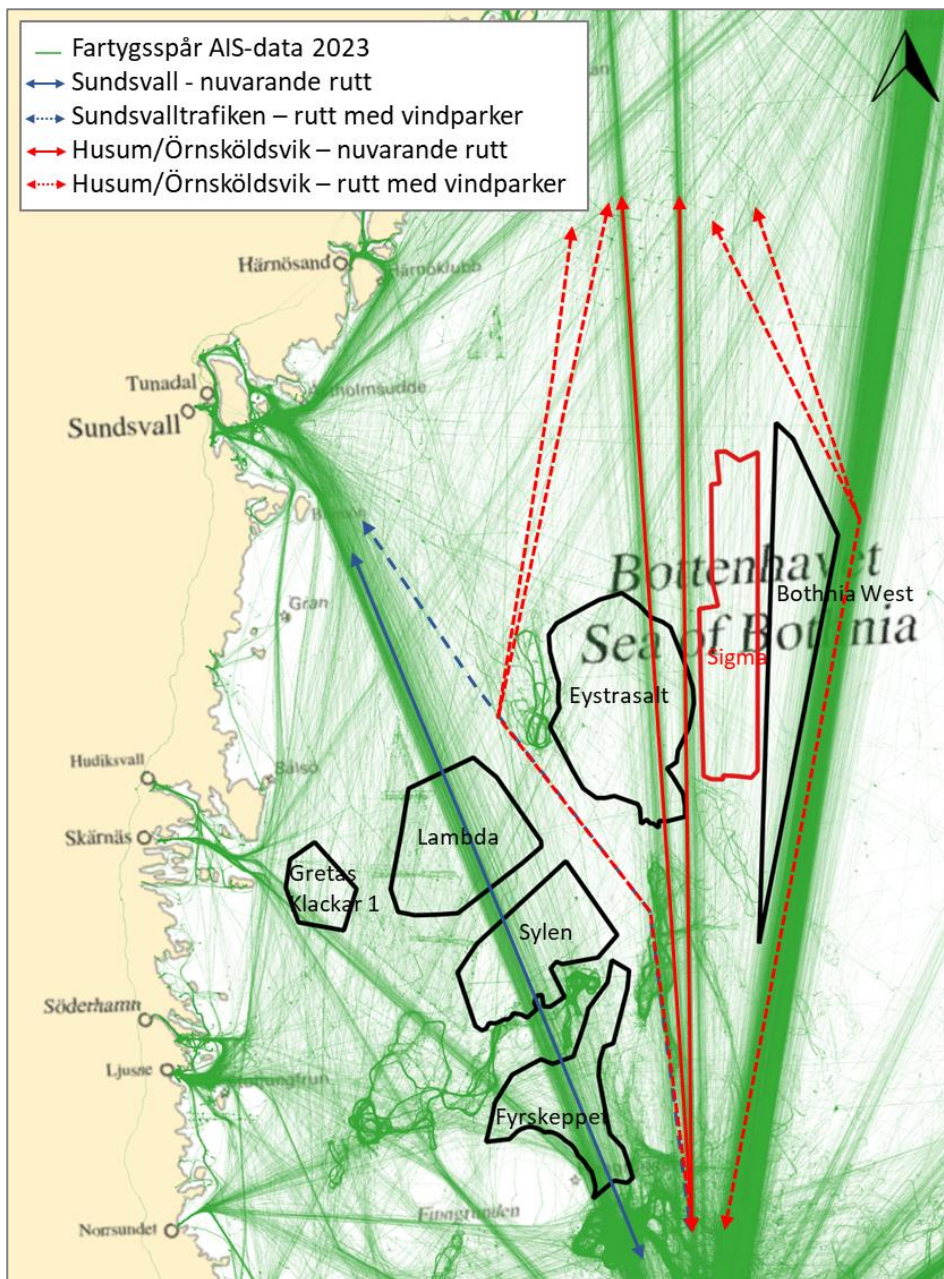
Beräkningar av sannolikheten för kollision, allision och sammanlagd sannolikhet för någon typ av incident har gjorts för fallen med och utan vindpark Sigma. Resultatet visar att någon form av allision, det vill säga att ett fartyg driver eller seglar in i vindparken, förväntas kunna ske i genomsnitt en gång på 52 år. Detta resultat är baserat på sannolikheten att ett fartyg driver in i vindparken. Sannolikheten för att fartyget faktiskt driver in i ett vindkraftverk är dock mycket lägre då vindkraftverken står relativt glest med ett inbördes avstånd av 1,5–2 kilometer.

Fartyg som passerar nära vindparken kan riskera att få radarstörningar. Två olika radartyper används varav den ena används som översiktsradar (S-band med en våglängd på tio centimeter) och den andra som närområdesradar (X-band med en våglängd på tre centimeter). Studier har visat att störningar på S-band kan uppstå om ett fartyg passerar närmare än 1,5 nautiska mil från vindparken. Passerar fartyget inom ett avstånd på 0,25 nautiska mil kan störningar uppstå även på X-band.

Störningarna kan leda till att mindre fartyg inte alls upptäcks av radarn (så kallad *small target loss*) alternativt kan falska ekon uppstå om radarn på fartyget interagerar med vindkraftverk. Sannolikheten för att en kollision inträffar på grund av att ett mindre fartyg missas av radarn bedöms som låg då trafikintensiteten i området är mycket låg och mindre fartyg har i regel god manövreringsförmåga varför möjligheterna att manövrera undan är goda.

12.1.5 Kumulativa effekter

Utredningen har beaktat en framtida etablering av flera vindparker i närområdet, dessa visas i Figur 12-3. Med samtliga sju vindparker etablerade kommer trafiken att behöva omledas och koncentreras i två fartygsstråk, ett i väster och ett i öster, med införande av ytterligare girpunkter som följd. I öster kan den befintliga farleden användas. I väster är korridoren mellan Lambda North och Eystrasalt tillräckligt bred för att möjliggöra etablering av en ny farled. Dock innebär de tillkommande nya girpunkterna en ökning av kollisionsrisken. Även risken för allision ökar när fartyg ska passera mellan vindparker. Sannolikheten för att samtliga vindparker får tillstånd och etableras i aktuell utformning bedöms dock som mycket låg.



Figur 12-3. Om samtliga planerade vindparker etableras enligt plan uppstår kumulativa effekter, däribland ändrade rutter.

12.1.6 Skyddsåtgärder

Ett antal olika skyddsåtgärder kommer att vidtas för att minimera de nautiska riskerna under vindparkens alla faser.

Bolaget avser samråda med Sjöfartsverket och Trafikverket om erforderliga åtgärder för att minimera riskerna under anläggningsfasen. Till grund för dessa åtgärder kommer en riskanalys baserad på vindparkens slutliga utformning och transporter tas fram.

Information om anläggningsarbeten och större underhållsarbeten kommer att kommuniceras via Ufs/Notice to Mariners (Underrättelser för sjöfarande) samt via navigationsvarningar/NAVTEX (Navigational text messages).

En säkerhetszon om 500 meter runt arbetsområdet kommer att upprättas och övervakas under anläggnings- och avvecklingsfasen, samt vid byte av större komponenter med stödbensfartyg eller en flytande kran under driftsfasen.

En miljö- och räddningsplan för respektive fas kommer att tas fram i samråd med relevanta myndigheter. Planen kommer bland annat omfatta uppgifter om insatser för sjöräddning, bärgning och räddning av eventuella skadade.

Vindparken kommer att märkas ut med hindermarkering enligt gällande föreskrifter från Transportstyrelsen.

Vindparken kommer att markeras på sjökort.

När vindparken är byggd och driftsatt kartläggs och utvärderas eventuella radarstörningar för fartyg. Riskreducerande åtgärder i form av då tillgänglig teknik implementeras vid behov.

12.1.7 Konsekvenser

Sammantaget kan konstateras att riskerna för allision kommer att öka vid en etablering av vindparken Sigma jämfört med nollalternativet utan vindpark. Kollisionssannolikheten bedöms endast öka marginellt, då vindparken inte bedöms ha någon nämnvärd påverkan på trafikmönstret i området. Den sammanlagda sannolikheten att någon form av olycka eller incident inträffar (fartyg seglar eller driver in i projektområdet) bedöms ske en gång per 52 år och möjligheterna för undanmanöver bedöms som goda då vindkraftverken står glest. Sannolikheten för kollision till följd av radastörningar bedöms som låg.

Under anläggningsskedet ökar trafiken till och från projektområdet, men förutsatt att relevanta riskreducerande åtgärder vidtas förväntas riskerna bli acceptabla.

Sammantaget bedöms därmed riskerna med en etablering av vindpark Sigma vara **acceptabla**.

Vid etablering av flera vindparker i närområdet minskar utrymmet för fartygstrafiken och kollisions- och allisionsrisken ökar. Det råder dock stor osäkerhet kring ett framtida scenario då ingen av parkerna har beviljats tillstånd i dagsläget, vilket gör en bedömning av kumulativa effekter mycket svår. Att samtliga parker skulle beviljas tillstånd enligt inlämnade ansökningshandlingar bedöms som osannolikt. Sigmas bidrag till kumulativa effekter bedöms som litet då projektområdet är beläget långt österut, utanför etablerade fartygsrutter.

12.2 Miljörisker

12.2.1 Utsläpp från vindparken

I vindkraftverkets maskinhus finns ett antal typer av miljöfarliga vätskor som hydraulolja, smörjolja, växellådsolja samt batterivätska och kylarvätska.

Innan anläggningsarbeten påbörjas kommer en miljö- och räddningsplan att tas fram i samråd med relevanta myndigheter. Planen kommer bland annat omfatta åtgärder för att skydda miljön vid eventuella oljeutsläpp.

De komponenter som innehåller oljor är slutna för att förhindra att läckage uppkommer. Konstruktionen är utformad på så sätt att uppsamling av eventuella spill kan ske. Det kommer också finnas tillgång till saneringsmaterial.

Detta medför att risken att större utsläpp från vindkraftverken når havet är mycket liten.

12.2.2 Utsläpp från sjöfart

Det kan ske utsläpp av fartygsbränsle i händelse av en olycka i form av kollision, allision eller grundstötning. Det är ingen risk för grundstötning i det aktuella området på grund av större djup. Risken för att det sker ett större utsläpp ökar om området trafikeras av tankfartyg. Enligt den nautiska riskanalysen trafikeras området av mindre tankfartyg vilket begränsar sannolikheten för ett stort utsläpp i närheten av vindparken.

Om ett större utsläpp sker väster om parken och det samtidigt blåser från väst-sydväst är det sannolikt att utsläppet driver in i parkområdet innan det hinner samlas upp. Vid svårighet att samla upp utsläppet inom parken bedöms det ändå finnas möjlighet att bekämpa utsläppet öster om vindparksområdet innan det når känsliga kustområden.

Miljöriskerna bedöms sammantaget som **acceptabla**.

12.3 Risk för försvårande av räddningsinsatser

Vindparken försvårar framkomligheten och tillgängligheten i området. Räddning med till exempel helikopter kan försvåras av vindkraftverken, särskilt vid nedsatt sikt och dåligt väder.

Vindparken innebär att service- och underhållsfartyg kommer att trafikera området frekvent och uppehålla sig i området. Skyddsåtgärd som kan vidtas för att minska risken för försvårande av räddningsinsatser är att service- och underhållsfartygen kan bistå vid eventuella sjöräddningsinsatser i området genom att upprätta kontaktvägar mellan service- och underhållsfartygen och sjöräddningsinstanser.

En miljö- och räddningsplan kommer också att tas fram, som bland annat omfattar insatser för sjöräddning, bärgning och räddning av eventuella skadade.

Riskerna för försvårande av räddningsinsatser bedöms sammantaget som **acceptabla**.

12.4 Isbildning och iskast

Det finns en risk att det vid kalla och fuktiga väderförhållanden bildas is på vindkraftverkens rotorblad, vilket i sin tur ökar risken för iskast. Iskast innebär att isen släpper från rotorbladet och slungas i väg. Således finns det en risk att fartyg som befinner sig i vindparken, eller som är på väg till och från vindparken, träffas av iskast. Enligt Bilaga 3 Nautisk riskanalys uppskattas iskast kunna slungas upp till 700 meter från vindkraftverket.

Skyddsåtgärd som kan vidtas för att minska risken för iskast är att vindkraftverken utrustas med avisningssystem för rotorblad, *anti-icing* alternativt *de-icing*.

Riskerna för isbildning och iskast bedöms sammantaget som **acceptabla**.

13 Klimat

13.1 Verksamhetens klimatpåverkan

När man beaktar utsläpp av växthusgaser per elproduktionsenhet under en tillgångs hela livscykel, presterar havsbaserade vindparker i intervallet 20 till 50 gånger bättre än oförminskade fossila elsystem (UNECE, 2022). Det är därför en elkälla som är förenlig med ett samhälle med låga utsläpp.

Vindpark Sigma förväntas kunna producera fossilfri, förnybar energi och därmed ersätta fossil energiproduktion. Om tillstånd erhålls kommer en projektspecifik prognos för växthusgasutsläpp under hela livscykeln att tas fram. Därefter kan en plan för att begränsa koldioxidutsläpp tas fram.

De dominerande källorna till växthusgasutsläpp för havsbaserad vindkraft är i produktionen av bulkmaterial (stål eller betong i tillämpliga fall) och det bränsle som används av offshore-fartyg för installation, drift och avveckling. Bolaget har en ambition att vara ett "netto noll"-företag senast 2040 och hitta lösningar på vägen mot minskade koldioxidutsläpp.

Utvecklingen av Sigma förväntas inte medföra att andra användare av området avsevärt ökar sina utsläpp av växthusgaser.

13.2 Verksamhetens känslighet för klimatförändringar

Den pågående globala uppvärmningen, till följd av växthusgasutsläpp, orsakar klimatförändringar som kommer att påverka flera aspekter som har betydelse för vindkraften (Energiforsk, 2021). De viktigaste klimatparametrarna ur ett vindkraftsperspektiv är vind och temperatur, vars påverkan innebär förändrade vind- och isförhållanden.

En förändrad medelvindhastighet innebär en påverkan på vindkraftens produktion och därmed på dess lönsamhet, där även en relativt liten förändring kan medföra en stor påverkan. Dagens klimatanalyser för kommande förändrade vindhastigheter är osäkra, men trots det bedöms konsekvenserna, vid en förändring i medelvindhastighet, kunna bli stora för vindkraften.

Vindparker, framför allt i norra Sverige, riskerar isbildning på vindkraftverkens rotorblad, vilket kan medföra produktionsförluster och ökat slitage (Energiforsk, 2021). Isutbredning i havet begränsar dessutom åtkomsten till havsbaserade vindkraftverk. Det är sannolikt att temperaturerna kommer att öka (IPCC, 2023) och därmed kommer isförekomst att minska. Därmed kommer den negativa

påverkan från is att minska och tillgängligheten till havsbaserade vindparker att öka.

Forskning pågår för att hitta fler lösningar till högre produktivitet och mindre slitage även vid förändrade vind- och isförhållanden.

14 Avstämning mot miljömål

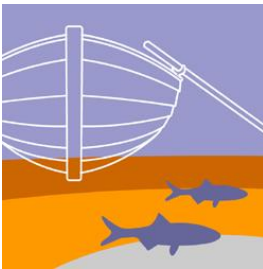
Sveriges miljömål är en uppsättning mål som syftar till att skydda och förbättra miljön. Miljömålssystemet är grunden för regeringens miljöpolitik och är vägledande för miljöarbetet på alla nivåer i samhället. Det övergripande målet, för miljöpolitiken, det så kallade generationsmålet, är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser. Miljökvalitetsmålen utgör 16 mål som beskriver den önskade kvaliteten på miljön och som på olika områden konkretiserar arbetet med att uppnå generationsmålet (Naturvårdsverket, 2023). En bedömning om ansökt verksamhet bidrar till eller motverkar möjligheterna att uppnå relevanta miljökvalitetsmål har gjorts, se nedan.



Illustratör: Tobias Flygar

Begränsad klimatpåverkan

Vindpark Sigma bedöms bidra till måluppfyllelsen. Vindkraft är det kraftslag som ger upphov till lägst växthusgasutsläpp. Energiförbrukningen som krävs för att tillverka, uppföra och nedmontera vindparken är liten jämfört med den energi som produceras på lång sikt. Vindpark Sigma bedöms kunna producera upp till 13,6 TWh per år som kan ersätta fossil elproduktion.



Illustratör: Tobias Flygar

Hav i balans samt levande kust och skärgård

Undervattensbuller under anläggningsfasen påverkar säl och strömmingslek vilket gör att parken tillfälligt motverkar måluppfyllelsen till viss grad. För bottenfauna, fåglar, fladdermöss och andra marina däggdjur och fiskar bedöms parken medföra inga/försumbara konsekvenser. Vindparken är belägen på ett långt avstånd från skärgårds- och kustområden och konsekvenserna för landskapsbilden bedöms vara försumbara. Konsekvenser för kulturhistoriska lämningar under vattnet bedöms vara små. Under driftsfasen bedöms därmed vindpark Sigma varken bidra till eller motverka måluppfyllelsen.



Illustratör: Tobias Flygar

Ett rikt växt- och djurliv

Undervattensbuller under anläggningsfasen påverkar säl och strömmingslek vilket gör att parken tillfälligt motverkar måluppfyllelsen till viss grad. För bottenfauna, fåglar, fladdermöss och andra marina däggdjur och fiskar bedöms parken medföra inga/försumbara konsekvenser och påverkan av spridning av invasiva arter som försumbar. Under driftsfasen bedöms därmed vindpark Sigma varken bidra till eller motverka måluppfyllelsen.



Illustratör: Tobias Flygar

God bebyggd miljö

Vindpark Sigma bedöms delvis bidra till måluppfyllelsen. Genom att producera förnybar el bidrar vindparken till att öka användandet av fossilfria energikällor. Vindparken är lokaliserad så långt ut till havs att den inte påverkar boendemiljö, landskapsbild eller kulturmiljö. Avseende hållbar avfallshantering kan många av delarna i ett vindkraftverk renoveras och säljas vidare och komponenter kan även återvinnas.



Illustratör: Tobias Flygar

Giftfri miljö

Vindpark Sigma bedöms varken bidra till eller motverka måluppfyllelsen. Verksamheten innebär inga direktutsläpp av farliga ämnen till havet och åtgärder vidtas för att förhindra utsläpp i samband med olycka eller läckage, se avsnitt 11.3. Under anläggningsfasen kan sedimentspridning leda till att föroreningar exponeras och förflyttas. Genomförd sedimentprovtagning visar på låga föroreningshalter i sedimenten och genomförd sedimentmodellering visar på lokal och kortvarig spridning varför vindparkens bidrag till spridning av miljögifter bedöms som försumbar.



Illustratör: Tobias Flygar

Säker strålmiljö

Vindpark Sigma bedöms varken bidra till eller motverka måluppfyllelsen. Vindparkens internkabelnät skapar ett lokalt elektromagnetiskt fält. Det elektromagnetiska fältet bedöms vara så pass lokalt att konsekvenserna för fisk och bottenfauna bedöms vara försumbara.

15 Samlad bedömning

15.1 Bedömning av huvudsakliga konsekvenser

Vindpark Sigma påverkar miljön på olika sätt under anläggning, drift och avveckling. För att inte underskatta verksamhetens påverkan utgår miljöbedömningen från så kallade *worst case*-scenarios (värsta fall). Det innebär att beskrivna miljöeffekter kan bli mindre, men aldrig större, än vad som framgår av denna miljökonsekvensbeskrivning.

Bedömda miljökonsekvenser och konsekvenser för näringar framgår av Tabell 15-1 och Tabell 15-2 nedan.

Tabell 15-1. Miljöeffekter och konsekvenser för berörda miljöaspekter vid anläggning, drift och avveckling av vindpark Sigma.

Miljöaspekt	Miljöeffekt	Konsekvenser		
		Anläggning	Drift	Avveckling
Bottenfauna	Habitatförändring och reveffekt		Positiva	
	Suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter	Inga/försumbara		Inga/försumbara
	Undervattensbuller	Inga/försumbara	Inga/försumbara	Inga/försumbara
	Elektromagnetiska fält		Inga/försumbara	
Fisk	Habitatförändring och reveffekt		Inga/försumbara till positiva	
	Suspenderat material och sedimentation inklusive miljögifter	Inga/försumbara		Inga/försumbara
	Undervattensbuller	Inga/försumbara	Inga/försumbara	Inga/försumbara
	Elektromagnetiska fält		Inga/försumbara till försumbara	
Marina däggdjur	Habitatförändring och reveffekt		Inga/försumbara	
	Suspenderat material och sedimentation	Inga/försumbara		Inga/försumbara
	Undervattensbuller	Inga/försumbara	Inga/försumbara	Inga/försumbara
Fåglar	Undanträngningseffekt		Inga/försumbara till försumbara	

Miljöaspekt	Miljöeffekt	Konsekvenser		
		Anläggning	Drift	Avveckling
	Kollisionsrisk		Inga/försumbara till försumbara	
	Barriäreffekt		Inga/försumbara till försumbara	
Fladdermöss	Kollisionsrisk		Inga/försumbara	
Natura 2000	Undervattensbuller	Inga/försumbara		Inga/försumbara
	Undanträngningseffekt		Inga/försumbara	
Landskapsbild	Visuell effekt		Inga/försumbara	
Marinarkeologi	Fysisk påverkan på havsbotten	Inga/försumbara till små	Inga/försumbara	Inga/försumbara

Tabell 15-2. Effekter och konsekvenser för berörda näringar vid anläggning, drift och avveckling av vindpark Sigma.

Näring	Effekt	Konsekvenser		
		Anläggning	Drift	Avveckling
Yrkesfiske	Undanträngningseffekt	Inga/försumbara	Inga/försumbara	Inga/försumbara
Sjöfart	Undanträngningseffekt	Inga/försumbara	Inga/försumbara	Inga/försumbara
	Nautiska risker	Acceptabla	Acceptabla	Acceptabla
Luftfart	Undanträngningseffekt		Inga/försumbara	
Försvaret	Undanträngningseffekt	Inga/försumbara	Inga/försumbara	Inga/försumbara

Kumulativa effekter

Inga kumulativa effekter med pågående eller tillståndsgivna verksamheter har identifierats. Om de planerade närliggande vindparkerna Eystrasalt, Sylen, Fyrskippet samt Lambda North anläggs kan en liten kumulativ effekt uppstå för sjöfart, fåglar och säl. Konsekvenserna av de kumulativa effekterna bedöms generellt som försumbara, med undantag för säl där konsekvenserna av undervattensbuller under anläggning bedöms som små.

Gränsöverskridande påverkan

Verksamheten innebär en potentiell gränsöverskridande påverkan på fisk, marina däggdjur, fåglar och yrkesfiske i Finland. Med vidtagna skyddsåtgärder bedöms konsekvenserna som försumbara.

Risk och säkerhet

Verksamheten medför risker för sjöfarten i form av kollisioner, påsegling och radarstörningar. Även risk för utsläpp av miljöfarliga ämnen, försvårande av räddningsinsatser och isbildning/iskast har identifierats. Riskerna bedöms med föreslagna skyddsåtgärder sammantaget som acceptabla.

15.2 Bedömning av överensstämmelse med miljöbalken

Hänsynsregler

Miljöbalkens andra kapitel behandlar de allmänna hänsynsreglerna. Bestämmelserna innebär bland annat att verksamhetsutövaren måste ha kunskap om verksamheten, att skadeförebyggande åtgärder ska vidtas, att verksamheten ska lokaliseras till en lämplig plats samt att verksamhetsutövaren ska hushålla med råvaror och använda bästa möjliga teknik.

Bolaget har god kompetens och mångårig erfarenhet gällande planering, utformning och genomförande av havsbaserade vindparker. En lokaliseringsutredning med syfte att hitta lämpliga områden där havsbaserade vindparker kan etableras har genomförts. Utredningen visar att projektområdet är lämpligt för vindkraftsutbyggnad med gynnsamma vindförhållanden och få motstående intressen, vilket innebär att verksamheten kan bedrivas med försumbara till små konsekvenser för människors hälsa och miljön. Teknikutvecklingen är snabb och principen om bästa möjliga teknik kommer att tillämpas vid tidpunkten för detaljprojektering och upphandling. Tillsammans med de skyddsåtgärder som inarbetats för att minimera påverkan bedöms verksamheten därmed vara förenlig med de allmänna hänsynsreglerna.

Hushållningsprinciper

Miljöbalkens tredje kapitel innehåller grundläggande bestämmelser för hushållning med mark- och vattenresurser. Bland annat anges att mark- och vattenområden ska användas till det de är mest lämpade för. Kapitel fyra i miljöbalken redovisar särskilda bestämmelser för hushållning med mark och vatten för områden av riksintresse.

Verksamheten överlappar inte med några områden av riksintresse och medför heller ingen påverkan som motverkar syftet med närliggande riksintresseområden. Verksamheten bedöms sammantaget innebära en god hushållning med mark- och vattenresurser.

Miljö kvalitetsnormer

Miljöbalkens femte kapitel behandlar miljö kvalitetsnormer, vilka ska säkerställa att människors hälsa och miljön inte påverkas negativt. Normerna reglerar den kvalitet på miljön som ska uppnås till en viss tidpunkt. Vindpark Sigma berör miljö kvalitetsnormer för havsmiljö.

Vindpark Sigma bedöms inte påverka möjligheten att uppnå god miljöstatus eller att upprätthålla/uppnå miljö kvalitetsnormerna i Bottenhavets utsjövatten.

15.3 Sammanvägd bedömning

Den planerade verksamheten har en stor potential att producera fossilfri el inom ett område med få motstående intressen. Vindparken kan anläggas, drivas och avvecklas med försumbara till små konsekvenser för människors hälsa och miljön och utan påverkan på miljö kvalitetsnormer. Verksamheten är förenlig med såväl gällande som föreslagna nya havsplaner och den är inte i konflikt med några områden av riksintresse. Av de vindparker som planeras inom samma havsområde är Sigma den park som är belägen längst ifrån land och därmed de skyddade områden som finns längs kusten.

Sammantaget bedöms nyttan med en stor klimatvänlig elproduktion överväga de försumbara till små miljökonsekvenserna.

16 Uppföljning och kontroll

Ett kontrollprogram för den planerade verksamheten kommer att upprättas i samråd med berörda myndigheter innan anläggning av vindparken. Syftet med kontrollprogrammet är att beskriva, följa upp och redovisa att åtaganden och villkor i miljötillståndet efterlevs. Kontrollprogram kan även omfatta övervakning av känsliga miljöaspekter/intressen som kan komma att påverkas av verksamheten.

Kontrollprogrammet är ett levande dokument som kommer att utvecklas och anpassas efter projektets olika faser; anläggning, drift och avveckling.

17 Sakkompetens

Enligt 15 § miljöbedömningsförordningen (2017:966) ska miljökonsekvensbeskrivningen tas fram med den sakkunskap som krävs i fråga om verksamhetens särskilda förutsättningar och förväntade miljöeffekter, samt enligt 19 § p.4 miljöbedömningsförordningen innehålla uppgifter om hur kravet på sakkunskap är uppfyllt.

Uppdragsorganisationens utbildning och relevant erfarenhet redogörs i korthet i Tabell 17-1.

Tabell 17-1. Redogörelse av uppdragsorganisationens sakkunskap.

Namn	Roll	Utbildning	Erfarenhet
Lina Sultan	Uppdragsledare	MSc. i geovetenskap	20 års erfarenhet av miljöprövningar, miljökonsekvensbeskrivningar och miljölagstiftning, de senaste åren med fokus på havsbaserad vindkraft.
Inger Poveda Björklund	Granskare	Civilingenjör och teknisk licentiat inom vattenbyggnad och miljöteknik	27 års erfarenhet av forskning och arbete med miljökonsekvenser och integrering av miljöfrågor i olika typer av projekt, främst vattenverksamheter.
Timea Lind	MKB-ansvarig	BSc. i miljövetenskap med inriktning offentlig rätt	13 års erfarenhet inom miljöområdet varav tio år inom kommunal tillsyns- och prövningsarbete. Erfarenhet av tillståndsprövning av miljöfarlig verksamhet, de senaste tre åren av havsbaserad vindkraft.
Pär Nordgren	Senior konsult/expert	MSc. i geovetenskap med inriktning mot marin geologi	24 års erfarenhet av marin-geologiska frågeställningar samt marina undersökningsmetoder, varav 20 år som statsgeolog. 8 års erfarenhet av frågor kopplade till havsbaserad vindkraft och kontinentalsockellagen samt lag om Sveriges ekonomiska zon. 2 års erfarenhet av tillståndsprövning för vattenverksamhet.
Andreas Mitander	MKB-handläggare	BSc. i biologi och miljövetenskap	12 års erfarenhet av miljöfrågor varav åtta år som miljöinspektör med inriktning på prövning av miljöfarlig verksamhet. Fyra år som

			miljökonsult med erfarenhet inom tillståndsprövning av vattenverksamheter, havsbaserad vindkraft och bedömningar av påverkan på akvatiska naturvärden.
Hanna Eriksson	MKB-handläggare	Civilingenjör (MSc.) med inriktning mot miljöteknik och hållbar infrastruktur	Erfarenhet av tillståndsprövning av miljöfarlig verksamhet, främst för vattenverksamhet och havsbaserad vindkraft.
Alexandra Lindqvist	MKB-handläggare	BSc. i miljövetenskap	Erfarenhet av tillståndsprövning av miljöfarlig verksamhet, samt handläggning av uppdrag avseende etablering av anläggningar för produktion av förnybar energi.
Erika Lindqvist	GIS-handläggare	MSc. i geografi	Erfarenhet av GIS-analyser, kartframställning, samt geodatahantering inom olika typer av projekt, bland annat för vindkraft.
Elin Julin	Ansvarig för landskapsbilds-analys	MSc. i landskapsarkitektur med inriktning mot planering och gestaltning	13 års erfarenhet som landskapsarkitekt med landskapsanalyser, miljöbedömningar och gestaltungsfrågor inom främst vindkrafts- och infrastrukturprojekt.
Bertha Ekstrand Amaya	Ansvarig för kulturmiljö och marin arkeologi	BSc. i arkeologi	Över 20 års erfarenhet, varav tio år av prövning av planer och tillståndspliktig verksamhet kopplade till kulturmiljölagen, miljöbalken och plan- och bygglagen inkl. kulturmiljöfrågor inom infrastrukturprojekt.

18 Referenser

- Aarts, G., Brasseur, S., & Kirkwood, R. (2018). *Behavioural response of grey seals to pile-driving. Research report C006/18*. Wageningen Marine Research.
- Andersson & Öhman. (2010). *Fish and sessile assemblages associated with wind turbine constructions in the Baltic Sea*.
- Andersson, M., Andersson, S., Ahlsén, J., Andersson, L., Hammar, J., Persson, L. K., . . . Wikström, A. (2016). *Underlag för reglering av undervattensljud vid pålning. Rapport 6723*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Artdatabank. (den 02 05 2024). *Artdatabank*. Hämtat från LAJI.FI: <https://laji.fi/sv/observation/map?target=MX.47282&provinceId=ML.1229,ML.1240,ML.1228&time=2010-01-01%2F2024-12-31>
- Artportalen. (den 02 05 2024). *Artportalen*. Hämtat från SLU Artdatabanken: <https://www.artportalen.se/ViewSighting/ViewSightingAsMap>
- Barthelmie, R. J., & Pryor, S. C. (den 28 08 2021). Climate Change Mitigation Potential of Wind Energy. *Climate*.
- Bellman, M., May, A., Wendt, T., Gerlach, S., Remmers, P., & Brinkmann, J. (2020). *ITAP Technical Report: Underwater noise during percussive opile driving: Influencing factors on pile-driving noise and technical possibilities to comply with noise mitigation values*.
- Bergström, U., Sköld, M., Wennhage, H., & Wikström, A. (2016). *Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust- och havsområden. Aqua report 2016:20*. SLU Institutionen för akvatiska resurser.
- Bochert, R., & Zettler, M. (2004). Long-term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 498-502.
- Bonsdorff, E., & Pearson, T. (1999). Variation in the sublittoral macrozoobenthos of the Baltic Sea along environmental gradients: A functional-group approach. *Australian Journal of Ecology*.
- Copernicus. (2024). *Marine Data Store*. Hämtat från Copernicus: <https://data.marine.copernicus.eu/products>
- Daton, I., Millon, L., & de Jong, J. (2023). *Övervakning av fladdermöss inom det svenska stationsnätverket. Resultat 2018-2022*. BatLife Sweden.
- Dierschke, V., Furness, R., & Garthe, S. (2016). Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biological Conservation*, 59-68.
- Dornhelm, Esther; Seyr, Helene; Muskulus, Michael. (2019). Vindby—A Serious Offshore Wind Farm Design Game. *Energies*, 12, 1499.
- Dunlop, Erin; Reid, Scott; Murrant, Meghan. (2016). Limited influence of a wind power projekt submarine cable on a Laurentian Great Lakes fish community. *Journal of Applied Ichthyology*, 18-31.

- EMODnet. (2024). *EMODnet Map Viewer*. Hämtat från <https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/#!>
- Energiforsk. (2021). *Klimatförändringarnas inverkan på vindkraften - Rapport 2021:742*. Energiforsk. Hämtat från <https://energiforsk.se/media/29518/klimatforandringarnas-inverkan-pa-vindkraften-energiforskrappport-2021-742.pdf>
- Energimyndigheten. (2021). *Vindkraftens resursanvändning*. Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (2023). *Förslag på lämpliga energiutvinningsområden för havsplanerna, ER 2023:12*. Statens Energimyndighet.
- Fey, D., Jakubowska, M., Greszkiewicz, M., Andrulewicz, E., Otremba, Z., & Urban-Malinga, B. (2019). Are magnetic and electromagnetic fields of anthropogenic origin potential threats to early life stages of fish? *Aquatic Toxicology*, 150-158.
- Formicki, K., Korzelecka-Orkisz, A., & Tanski, A. (2021). The Effect of an Anthropogenic Magnetic Field on the Early Developmental Stages of Fishes - A Review. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Försvarmakten. (2022). *Rikssintressen för totalförsvarets militära del i Västernorrlands län 2023*. Försvarmakten.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2012). Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2012:18) om vad som kännetecknar god miljöstatus samt miljö kvalitetsnormer med indikatorer för Nordsjön och Östersjön.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2014a). *Havsmiljödirektivet - EU:s gemensamma väg mot friska hav*. Hämtat från Havs- och Vattenmyndigheten: <https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsmiljoforvaltning/havsmiljodirektivet.html>
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2014b). *Skydd av värdefulla kust- och havsområden*. Hämtat från Havs- och Vattenmyndigheten: <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/atgarder-skydd-och-rapportering/skyddade-omraden/marina-skyddade-omraden/skydd-av-vardefulla-kust--och-havsomraden.html>
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2019). *Nationell förvaltningsplan för gråsäl (Halichoerus grypus) i Östersjön. Rapport 2019:24*. Göteborg: Havs- och Vattenmyndigheten.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2021). *Dumpade kemiska stridsmedel*. Hämtat från Havs- och Vattenmyndigheten: <https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/fororeningar-och-farliga-amnen/vrak/havs-arbete-med-vrak/dumpade-kemiska-stridsmedel.html#h-VrakvasteromonMaseskar>
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2022). *Havsplaner för Bottniska viken, Östersjön och Västerhavet*. Hämtat från Havsplaner: <https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/vagledning/havsplaner.html>
- Havs- och Vattenmyndigheten. (u.å.a). *Förslag till ändrade havsplaner 2024*. Hämtat från Havs- och Vattenmyndigheten: <https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsplanering/granskning-av-forslag-till-andrade-havsplaner/forslag-till-andrade-havsplaner.html>
- Havs- och Vattenmyndigheten. (u.å.b). *Havsplanerna ändras för att möta ökat elbehov*. Hämtat från Havs- och Vattenmyndigheten: <https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och->

samverkan/havsplanering/havsplanerna-andras-for-att-mota-okat-elbehov.html

- Heimbrand, Y., Larsson, S., Landfors, F., & Bergström, U. (2023). *Beståndstatus för torsk i Ålands hav 2022*. Institutionen för akvatiska resurser, SLU.
- HELCOM. (2021). *Aktionsplan för miljön i Östersjön. 2021 års uppdatering*.
- HELCOM. (2023). *Population trends and abundance of seals - Grey seals*. HELCOM.
- HELCOM. (2024). *HELCOM Map and data services*. Hämtat från HELCOM: <https://maps.helcom.fi/website/mapservice/>
- Hinchey, E., Schaffner, L., Hoar, C., Vogt, B., & Batte, L. (2006). Responses of Estuarine Benthic Invertebrates to Sediment Burial: The Importance of Mobility and Adaptation. *Hydrobiologia*, 85-98.
- Hutchison, Z., Hendrick, V., Burrows, M., Wilson, B., & Last, K. (2016). Buried Alive: The Behavioural Response of the Mussels, *Modiolus modiolus* and *Mytilus edulis* to Sudden Burial by Sediment. *PLOS ONE*.
- ICES. (den 30 11 2022). *Baltic Sea ecoregion – fisheries overview*. Hämtat från ICES: <https://doi.org/10.17895/ices.advice.21646934>
- IPCC. (2023). *Climate change 2023 - Synthesis report. A report of the intergovernmental panel on climate change*.
- Isæus, M., Beltran, J., Stensland Isæus, E., Öhman, M., & Andersson-Li, M. (2022). *Ekologiskt hållbar vindkraft i Östersjön. Rapport 7055*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Jakubowska, M., Urban-Malinga, B., Otremba, Z., & Andrulewicz, E. (2019). Effects of low frequency electromagnetic field on the behavior of the polychaete *Hediste diversicolor*. *Marine Environmental Research*.
- Josefsson, S. (2022). *Contaminants in Swedish offshore sediments 2003-2021. Rapport 2022:08*. Uppsala: Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).
- Kavet, R., Wyman, M., & Klimley, P. (2016). *Assessment of Potential Impact of Electromagnetic Fields from Undersea Cable on Migratory Fish Behaviour*. Washington DC: The US Department of Energy and US Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management.
- Kirchgeorg, T., Weinberg, I., Hörnig, M., Baier, R., Schmid, M. J., & Brockmeyer, B. (2018). Emissions from corrosion protection systems of offshore wind farms: Evaluation of the potential impact on the marine environment. *Marine Pollution Bulletin. Marine Pollution Bulletin. PubMed.*, 257-268.
- Lagenfelt, I., Andersson, I., & Westerberg, H. (2012). *Blankålsvandring, vindkraft och växelströmsfält, 2011. Rapport 6479*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Langhamer, O. (2012). Artificial reef effect in relation to offshore renewable energy conversion: state of the art. *Scientific World Journal*.
- Li, J., Li, Z., Jiang, Y., & Tang, Y. (2022). Typhoon Resistance Analysis of Offshore Wind Turbines: A Review. *Atmosphere*.
- LUKE. (den 02 05 2024). *Naturresursinstitutets statistiska databas*. Hämtat från LUKE: <https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/>
- Länsstyrelsen Gävleborg. (2016). *Bevarandeplan för Natura 2000-området SE0630173 Gran*. Hämtat från Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.276e13411636c95dd936f9c/1526986030313/gran-se0630173-2016.pdf>
- Länsstyrelsen Gävleborg. (u.å.a). *Bålsön*. Hämtat från Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/balson>

.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none

Länsstyrelsen Gävleborg. (u.å.b). *Gran*. Hämtat från Länsstyrelsen Gävleborg:
<https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/gran.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Länsstyrelsen Gävleborg. (u.å.c). *Hölick*. Hämtat från Länsstyrelsen Gävleborg:
<https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/holick.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Länsstyrelsen Gävleborg. (u.å.d). *Klibbalsreservatet*. Hämtat från Länsstyrelsen Gävleborg:
<https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/klibbalsreservatet.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Länsstyrelsen Gävleborg. (u.å.e). *Kuggörarna*. Hämtat från Länsstyrelsen Gävleborg:
<https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/kuggorarna.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Länsstyrelsen Gävleborg. (u.å.f). *Lövsalen*. Hämtat från Länsstyrelsen Gävleborg:
<https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/lovsalen.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Länsstyrelsen Gävleborg. (u.å.g). *Norra Hornslandet*. Hämtat från Länsstyrelsen Gävleborg:
<https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/norra-hornslandet.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Länsstyrelsen Västernorrland. (2019). *Del av Bremön SE0710166 - Bevarandeplan Natura 2000*. Hämtat från Länsstyrelsen Västernorrland:
<https://www.lansstyrelsen.se/vasternorrland/besoksmal/naturreservat/bremon.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Länsstyrelsen Västernorrland. (2021). *Vänta Litets Grund - Naturtyper och marina värden. Rapport 2021:2*. Länsstyrelsen Västernorrland.

Länsstyrelsen Västernorrland. (u.å.a). *Brämön*. Hämtat från Länsstyrelsen Västernorrland:
<https://www.lansstyrelsen.se/vasternorrland/besoksmal/naturreservat/bremon.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

- Länsstyrelsen Västernorrland. (u.å.b). *Världsarvet Höga Kusten*. Hämtat från Länsstyrelsen Västernorrland: <https://www.lansstyrelsen.se/vasternorrland/besoksmal/varldsarvet-hoga-kusten.html>
- Miljødirektoratet. (2020). *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*. Hämtat från Miljødirektoratet: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m608/m608.pdf>
- Naturvårdsverket. (2011). *Vägledning för svenska arter i habitatdirektivets bilaga 2, NV-01162-10. Vikare*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2023). Hämtat från Sveriges miljömål: <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/sveriges-miljomal/>
- Nord Stream 2 AG. (2018). *Nord Stream 2 Environmental Impact Assessment, Denmark, North-western route, Miljökonsekvensbeskrivning*. Hämtat från [https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/PAV/11_-_environmental_impact_assessment_denmark__nord_stream_2_-_north-western_route__august_2018\(2\).pdf](https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/PAV/11_-_environmental_impact_assessment_denmark__nord_stream_2_-_north-western_route__august_2018(2).pdf)
- Plonczkier, P., & Simms, I. C. (2012). Radar monitoring of migrating pink-footed geese: behavioural responses to offshore wind farm development. *Journal of Applied Ecology*, 1187-1194.
- Popper, A., Hawkins, A., Fay, R., Mann, D., Bartol, S., Carlson, T., . . . Tavalga, W. (2014). *Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: a Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI*.
- Powilleit, M., Graf, G., Kleine, J., Riethmüller, R., Stockmann, K., Wetzels, M. A., & Koop, J. H. (2009). Experiments on the survival of six brackish macro-invertebrates from the Baltic Sea after dredged spoil coverage and its implications from the field. *Journal of Marine Systems*, 441-451.
- Regeringen. (2021). Regeringens proposition 2021/22:58. *Regeringens proposition 2021/22:58*. Hämtat från Regeringen.
- Regionfakta. (2022). *Elförbrukning per län*. Hämtat från Regionfakta: <https://www.regionfakta.com/vastra-gotalands-lan/energi/elforbrukning-per-lan/>
- Russell, D., Hastie, G., Thompson, D., Janik, V., Hammond, P., Scott-Hayward, L., . . . McConnell, B. (2016). Avoidance of wind farms by harbour seals is limited to pile driving activities. *Journal of Applied Ecology*, 1642-1652.
- Russell, D., Brasseur, S., Thompson, D., Hastie, G., Janik, V., Aarts, G., . . . Moss, S. M. (2014). Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Current Biology*, 638-639.
- Rydell, J., Ottvall, R., Pettersson, S., & Green, M. (2017). *Vindkraftens påverkan på fåglar och fladdermöss. Uppdaterad syntesrapport 2017*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Sahlin, S., & Ågerstrand, M. (2018). *Copper in sediment - EQS data overview. Aces report 28*.
- SCHEER. (2011). *Anthracene EQS dossier 2011*.
- SCHEER. (2023). Scientific Opinion on "Draft Environmental Quality Standards for Priority Substances under the Water Framework Directive" - PFAS.
- SGU. (2017). *Förutsättningar för utvinning av marin sand och grus i Sverige*. Uppsala: SGU.
- Shahabi-Ghahfarokhi, S., Åström, M., Josefsson, S., Apler, A., & Ketzer, M. (2021). Background concentrations and extent of Cu, As, Co, and U contamination in Baltic Sea sediments. *Journal of Sea Research*.

- SHARKweb. (u.å.). *SHARKweb*. Hämtat från SHARKweb:
<https://sharkweb.smhi.se/hamta-data/>
- Sjöfartsverket, Transportstyrelsen. (2023). Sjöfartsverkets och Transportstyrelsens rekommendationer vid projektering och etablering av havsbaserad.
- Skaret, G., Axelsen, B. E., Nøttestad, L., & Fernö, A. (2005). The behaviour of spawning herring i relation to a survey vessel. *ICES Journal of Marine Science*.
- Skov, H., Desholm, M., Heinänen, S., Kahlert, J. A., Laubek, B., Jensen, N. E., . . . Praestegaard Jensen, B. (2016). Patterns of mitigating soaring migrants indicate attraction to marine wind farms. *Biology Letters*.
- Skyborn Renewables. (2023). *Eystrasalt Offshore. Bilaga T3: Miljökonsekvensbeskrivning*. Hämtat från Skyborn:
https://www.skybornrenewables.com/markets/sweden/local/eystrasalt%20_offshore
- SLU Artdatabanken. (2020). *Rödlistning*. Hämtat från SLU Artdatabanken:
<https://www.slu.se/artdatabanken/rodlistning/>
- SLU Artfakta. (2024). *Artfakta*. Hämtat från SLU Artdatabanken:
<https://artfakta.se/>
- SMHI. (2010). *Vågor i svenska hav. Faktablad nr 46*. Hämtat från SMHI:
https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.12171!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/webbFaktabladkorr_46.pdf
- SMHI. (den 14 08 2024). *Sharkweb. Gråsäl för åren 2010-2024*. Hämtat från SMHI, Sharkweb: <https://sharkweb.smhi.se/hamta-data/>
- Snyder, D., Bailey, W., Palmquist, K., Cotts, B., & Olsen, K. (2019). *Evaluation of Potential EMF Effects on Fish Species of Commercial or Recreational Fishing Importance in Southern New England*. U.S Department of the Interior Bureau of Ocean Energy Management Office of Renewable Energy Programs.
- Sondell, N. (2024). *Ice conditions, NOW wind projects*.
- Spiga, I., Caldwell, G., & Brintjes, R. (2016). Influence of Pile Driving on the Clearance Rate of the Blue Mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Proceedings of Meetings on Acoustics*.
- Stankevičiūtė, M., Jakubowska, M., Pažusienė, J., Makaras, T., Otremba, Z., Urban-Malinga, B., . . . Andrulewicz, E. (2019). Genotoxic and cytotoxic effects of 50 Hz 1 mT electromagnetic field on larval rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Baltic clam (*Limecola balthica*) and common ragworm (*Hediste diversicolor*). *Aquatic Toxicology*, 109-117.
- Statens energimyndighet. (2023). *Förslag på lämpliga energiutvinningsområden för havsplanerna. ER 2023:12*. Statens energimyndighet.
- Tougaard, J. (2021). *Thresholds for behavioural responses to noise in marine mammals. Background note to revision of guidelines from the Danish Energy. Aarhus University. DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 32 pp. Technical Report no. 225*. DCE - Danish Centre for Environment and Energy.
- Trafikverket. (2017). *Riksintresse för kommunikationer. Sundsvall Timrå flygplats. Rapport 2017:187*. Borlänge: Trafikverket.
- Tricas, T., & Gill, A. (2011). *Effects of EMFs from Undersea Power Cables On Elasmobranchs and Other Marine Species*. Camarillo: U.S. Department of the Interior Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement.

- Vasko, V., & Loisa, O. (2024). *Bat migration and occurrence in the offshore and coastal areas of the Botnian Sea project areas. Unpublished background report.*
- Wale, M., Briers, R., Hartl, M., Bryson, D., & Diele, K. (2016). The effects of anthropogenic noise playbacks on the blue mussel *Mytilus edulis*. *Proceedings*, 19-21.
- Wennerström, L., Andersson, A., Hill, J. D., Ståhl, G., Rymna, N., & Laikre, L. (2022). *Preliminär rapportering avseende frågeställningen: finns det genetiska skillnader bland vårlekande strömming i ICES-områden 27 och 29? Sveriges lantbruksuniversitet, Stockholms universitet, Uppsala universitet.*
- Wennerström, L., Bergenius Nord, M., Adill, A., Bergström, U., Fredriksson, R., Gilljam, D., . . . Valentinsson, D. (2023). *Vetenskapligt underlag till HaVs regeringsuppdrag: vetenskapligt projekt som motsvarar en utflyttad trålgrens. SLU Institutionen för akvatiska resurser.*
- Westerberg, Håkan; Lagenfelt, Ingvar. (2008). Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European eel. *Fisheries Management and Ecology*.
- Wyman, M., Klimley, P., Battleson, R., Agosta, T., Chapman, E., Haverkamp, P., . . . Kavet, R. (2018). Behavioral responses by migrating juvenile salmonids to a subsea high-voltage DC power cable. *Marine Biology*.
- Öhman, M. (2023). *Effekter av havsbaserad vindkraft på fisk. Rapport 7115. Stockholm: Naturvårdsverket.*
- Öhman, M., Sigray, P., & Westerberg, H. (2007). Offshore Windmills and the Effects of Electromagnetic Fields on Fish. *AMBIO*, 630-633.

19 Bilagor

- Bilaga 1. Samrådsredogörelse
- Bilaga 2. Lokaliseringsutredning
- Bilaga 3. Nautisk riskanalys
- Bilaga 4. Yrkesfiske
- Bilaga 5. Sedimentspridning och strömningspåverkan
- Bilaga 6. Undervattensljud
- Bilaga 7. Marinbiologisk utredning
- Bilaga 8. Fladdermöss
- Bilaga 9. Fåglar
- Bilaga 10. Landskapsbildsanalys
- Bilaga 11. Marinarkeologi
- Bilaga 12. Luftburet buller
- Bilaga 13. Alternativ layout

Together with our clients
and the collective
knowledge of our 22,000
architects, engineers and
other specialists, we co-
create solutions that
address urbanisation,
capture the power of
digitalisation, and make our
societies more sustainable.

Sweco – Transforming
society together