

# Nautisk riskutredning

Havsbaserad vindpark Ran



# Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av
Slutlig	2024-05-16	Slutversion	Lars Grahn, Kristen Oom	Johan Nimmermark

Sweco AB

Uppdrag

Uppdragsnummer

Kund

Ver

Datum

Upprättad av

Uppdragsledare

RegNo 556542-9841

Nautisk riskutredning Ran

30046108-002

Ran vindpark AB

Slutlig

2024-05-16

Anna Bjereld, Emelie Lernbom,

Johan Nimmermark

Johan Nimmermark

Granskad av

Lars Grahn och Kristen Oom

# Innehållsförteckning

1.	Inledning .....	10
1.1	Syfte .....	11
1.2	Mål och omfattning .....	11
1.3	Metod .....	11
1.4	Avgränsningar .....	16
2.	Områdesbeskrivning och förutsättningar .....	17
2.1	Vindpark Ran och lokala förutsättningar .....	17
2.2	Fartygsstråk och trafikmönster .....	20
2.3	Framtida fartygstrafik .....	24
2.4	Fartygsolyckor .....	25
2.5	Vindparkens påverkan på navigationsutrustning .....	28
3.	Riskidentifiering .....	30
4.	Frekvenser .....	32
5.	Konsekvenser .....	34
6.	Riskanalys och riskvärdering .....	36
6.1	Påsegling .....	37
6.2	Fartygskollision .....	42
6.3	Grundstötning .....	44
6.4	Störning av radar och navigationssystem .....	44
6.5	Vindparken förändrar isbildning .....	49
6.6	Nedfallande föremål eller kast från ett vindkraftverk .....	49
6.7	Kablar och rörledningar .....	50
6.8	Kumulativa effekter .....	51
6.9	Samlad beskrivning av risker .....	52
7.	Riskreducerande åtgärder .....	54
8.	Osäkerhetsanalys .....	58
8.1	Frekvenser .....	58
8.2	Mänskliga fel .....	59
8.3	Konsekvenser .....	59
9.	Diskussion .....	61
9.1	Påsegling .....	61
9.2	Fartygskollision under byggskedet .....	64
9.3	Andra identifierade risker .....	64
9.4	Avstånd till fartygsstråk .....	64
10.	Slutsats .....	66
11.	Referenser .....	67

## Bilagor

- A. Isbeläggning till havs
- B. Kunskapsöversikt radarstörningar
- C. IWRAP-beräkning av olycksfrekvenser
- D. Beräkning av riskindex
- E. HAZID

## Förkortningar och begrepp

AIS	Automatic Identification System. AIS är ett system som gör det möjligt att identifiera ett fartyg och följa dess rörelser. Data rapporteras från varje enskilt fartyg som regelbundet sänder ut information på en digital radiokanal
ALARP	As Low As Reasonably Practicable. Risker kan klassificeras som acceptabla, ALARP eller oacceptabla. De risker som klassas som ALARP är på en sådan nivå att de kan accepteras om rimliga åtgärder vidtas
allision	Allision avser i denna rapport sammanstötning mellan fartyg och stillastående objekt om inget annat anges  IWRAP skiljer mellan kollision (där två fartyg i rörelse stöter ihop) och påsegling (i IWRAP kallat allision) där ett fartyg i rörelse stöter in i ett stationärt objekt – en bro, pir, docka eller oljeplattform. Två typer av allision täcks in av IWRAP: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Powered allision (manöverdugligt fartyg stöter i ett stationärt objekt). Sker antingen vid utebliven fartygsmanöver när farleden svänger, eller för fartyg som positionerar sig utanför farleden</li> <li>• Drifting allision (drivande fartyg stöter i ett stationärt objekt)</li> </ul>
bruttodräktighet	Vedertaget storleksmått på fartygsstorlek
causation factor	Antagande i IWRAP om sannolikheten att ett orsakssamband faller ut. En causation factor är den betingade sannolikheten för ett mänskligt misstag eller tekniskt fel i ett olycksförlopp som annars hade kunnat stoppa olyckan
Concept design	Det första av två designstadier enligt PIANC (2014)  Avseende säkerhetsavstånd omfattar faser den inledande designarbetet för vindkraftparken. Endast grova uppskattningar av säkerhetsavståndet fastställs baserat på enkla formler och data. Processen är avsedd att vara snabb i utförandet och kräver inte överdrivet mycket indata, så att andra alternativ snabbt kan utvärderas (PIANC, 2018)
Deep-water route (DW-rutt)	En djupvattenrutt, inom definierade gränser, där ett minsta angivet vattendjup har säkerställts genom noggrann undersökning av botten och röjning av eventuella hinder. DW-rutten i Östersjön ingår i det ruttsystem på internationellt vatten som inrättats av IMO
Detailed design	Det andra av två designstadier enligt PIANC (2014)  Avseende säkerhetsavstånd omfattar faser en mer rigorös process avsedd att validera, utveckla och förbättra <i>Concept design</i> . De metoder som används i denna fas är beroende av numerisk analys (till exempel simulering) och kräver därför mer omfattande och detaljerad indata, samt korrekt bedömning och erfarenhet i resultatuttolkningen. Resultaten från denna fas kan bli föremål för ytterligare kontroller avseende godtagbarhet genom maritim trafikanalys, riskanalys och kostnads-/nyttoestimeringar. Resultaten av dessa kontroller kan leda till justeringar och en ytterligare cykel av <i>Detailed design</i> (PIANC, 2018)
dimensionerat trafikutrymme	Dimensionerat trafikutrymme är beräknad utifrån total bredd på rekommenderat trafikstråk och separeringszon enligt PIANCs (2018) rekommendationer om vilken bredd som krävs för viss mängd fartygstafrik i ett fartygsstråk (Sweco, 2024). Den anger således om ett område är tillräckligt brett för att säkerställa säker sjöfart

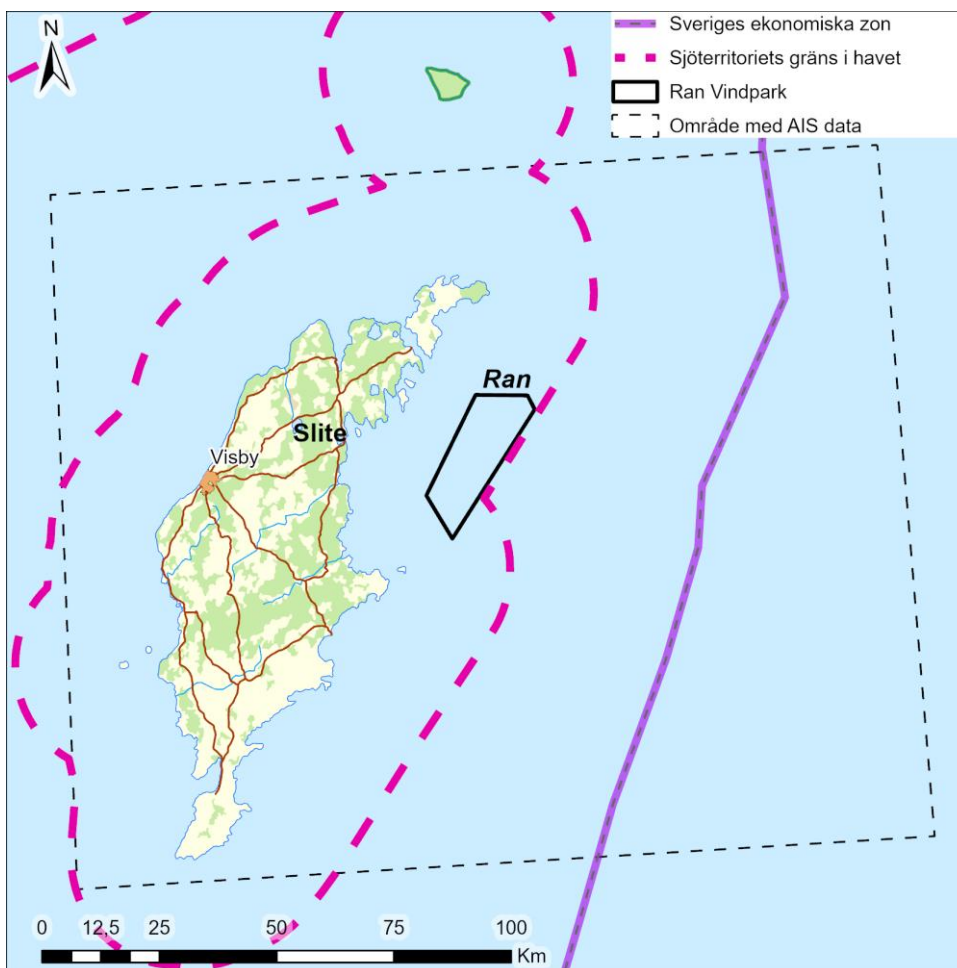
fartygsstråk	En sjöväg som utgör den kortaste navigerbara vägen mellan två punkter. Fartygsstråk är inte föreskrivna eller utmärkta i sjökortet, men de avsnitt av ett fartygsstråk som går genom ett ruttsystem omfattas av sjötrafikregleringen i ruttsystemet. Fartygsstråk är som regel inte utmärkta med sjösäkerhetsanordningar, i enstaka fall kan det dock förekomma utmärkning i anslutning till fartygsstråk. Avser färdvägar för fartygstrafik utomskärs. Trafikverket likställer fartygsstråk med sjötrafikstråk i Trafikverket (2022)
FI	Frequency index, ett tal som representerar olycksfrekvensen (Maritime Safety Committee, 2018)
FSA	Formal Safety Assessment
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
IMO	International Maritime Organization
IWRAP	IALA Waterway Risk Assessment Program (modelleringsverktyg för beräkning av olycksfrekvenser för fartyg)
kollision	<p>Kollision avser i denna rapport sammanstötning mellan fartyg om inget annat anges</p> <p>IWRAP skiljer mellan kollision (där två fartyg i rörelse stöter ihop) och allision (där ett fartyg i rörelse stöter in i ett stationärt objekt – en bro, pir, docka, oljeplattform eller vindkraftverk). Fem typer av kollision behandlas i IWRAP:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Head-on (frontalkollision)</li> <li>• Overtaking collision (omkörningskollision)</li> <li>• Crossing collision (korsningskollision)</li> <li>• Merging collision (sammanvävningskollision)</li> <li>• Bend collision (svängkollision)</li> </ul>
kV	Kilovolt
leg	Seglingsväg eller seglingssetapp mellan två vägpunkter/waypoints längs ett fartygs planerade rutt
M	nautisk mil (1 852 meter)
MW	Megawatt
parkområde	Rans fullständiga område för vindkraftsetablering
påsegling	Påsegling används i denna rapport synonymt med allision och avser sammanstötning mellan fartyg och fast objekt, både då fartyget är navigerande och drivande
RI	Risk index, ett tal som representerar storlek på risken (Maritime Safety Committee, 2018)
rekommenderat trafikstråk	I PIANC (2018) anges rekommendationer kring hur brett ett trafikstråk eller flera trafikstråk bör vara för att kunna hantera en viss trafikvolym i ett fartygsstråk med god sjösäkerhet i enlighet med internationella rekommendationer (Sweco, 2024)
SI	Severity index, ett tal som representerar allvarlighetsgraden hos konsekvensen av en olycka (Maritime Safety Committee, 2018)
SSA	<p>Sjösäkerhetsanordning. Delas in i följande kategorier (Transportstyrelsen, 2024):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fasta (båk, kummel, tavla, stångmärke, fläck respektive kustfyr, ledfyr, ensfyr och varningsfyr)</li> <li>• flytande (boj och prick)</li> <li>• AIS</li> <li>• Virtuella</li> </ul>

säkerhetsavstånd	Ett säkerhetsavstånd är det minsta avstånd, med navigerbart vatten, som bör finnas mellan fartygstrafik och vindkraft- eller energipark. Säkerhetsavståndet avser att ge större handelsfartyg möjlighet att uppfylla sina skyldigheter för undanmanöver enligt COLREG (IMO, 1972)
säkerhetszon	Vindkraftverk ska ha en säkerhetszon där utomstående fartyg inte får förekomma. Säkerhetszonen får vara upp till 500 meter och är i huvudsak till för skydd för vindkraftverken
TSS	Trafiksepareringssystem – ett område där mötande trafik separeras i olika trafikstråk
vindpark	Park med vindkraftverk där elektricitet produceras. Jämför med "energipark" och parken Pleione, där el och vätgas planeras att produceras
vägpunkt/waypoint	Referenspunkt i navigation; nodpunkt i IWRAP

## Sammanfattning

I denna rapport utreds möjliga risker som etablering av vindpark Ran kan medföra för sjöfarten med konsekvenser för människors liv och hälsa samt för miljön.

Ran vindpark AB planerar en havsbaserad vindpark, vindpark Ran (hädanefter i rapporten kallad Ran eller vindparken) i svenskt territorialvatten cirka 12 km utanför Gotlands kust i höjd med Slite, se Figur 1.



Figur 1. Vindpark Ran. I figuren illustreras också området inom vilket AIS-data (underlag för fartygst trafik) har inhämtats till analysen. © Bakgrundskarta Lantmäteriet



Denna nautiska riskutredning utgår från två exempellayouter för Ran med 90 vindkraftverk à 20 MW respektive 121 vindkraftverk à 15 MW.

Riskutredningen och bilagor är framtagna i enlighet med steg 2 *Detailed design* enligt *MarCom Wg 161: Interaction Between Offshore Wind Farms and Maritime Navigation* (PIANC, 2018). I rapporten beräknas sannolikheten för olyckor och konsekvenser bedöms för att kunna värdera om risken för sjöfarten är acceptabel med de undersökta layouterna.

I riskutredningen har 27 risker identifierats, varav 21 har analyserats och värderats vidare<sup>1</sup>. Vid värdering av riskerna har inga risker bedömts vara oacceptabla. Givet konservativa analysantaganden har risker för påsegling, kollision, störning av fartygsradar samt påverkan på sök- och räddningsinsatser ur vissa aspekter klassificerats som ALARP. Detta innebär att riskerna kan tolereras om föreslagna åtgärder vidtas. Såväl tekniska och fysiska som administrativa åtgärder för att risken ska vara acceptabel har utvärderats och redovisas i rapporten.

Det rekommenderade säkerhetsavståndet enligt *Concept design* (steg 1) baserat på PIANC (2018) uppfylls för exempellayouterna och det finns gott om utrymme för fartyg att navigera säkert när vindpark Ran anlagts, se även Trafikanalys Vindpark Ran (Sweco, 2024).

Avståndet mellan parkområdet och sjötrafiken i de utvärderade exempellayouterna bedöms även ur ett riskperspektiv inrymma ett tillräckligt säkerhetsavstånd avseende människors säkerhet och miljön. Ett längre säkerhetsavstånd minskar risken signifikant för de risker som klassats som ALARP. För risker som bedömts vara inom ALARP-området har i stället andra lämpliga åtgärder föreslagits.

Utifrån den *Detailed design* (steg 2) som utförts i denna riskutredning är slutsatsen att de exempellayouter som analyserats är acceptabla ur ett nautiskt riskperspektiv givet att föreslagna åtgärder vidtas. Parkområdet anses därmed lämpligt för etablering av vindpark. Justeringar av fundamentalsplaceringar inom parkområdet förväntas inte påverka risknivån märkbart, men när slutlig layout ska fastställas rekommenderas den slutgiltiga placeringen av vindkraftverk bli föremål för en kompletterande nautisk riskanalys enligt förutsättningar för *Detailed design*. Detta för att säkerställa att inga oacceptabla risker introducerats i och med den slutliga layouten.

Avståndet<sup>2</sup> till vindparken (närmaste fundament), är från rekommenderade trafikstråk i respektive fartygsstråk:

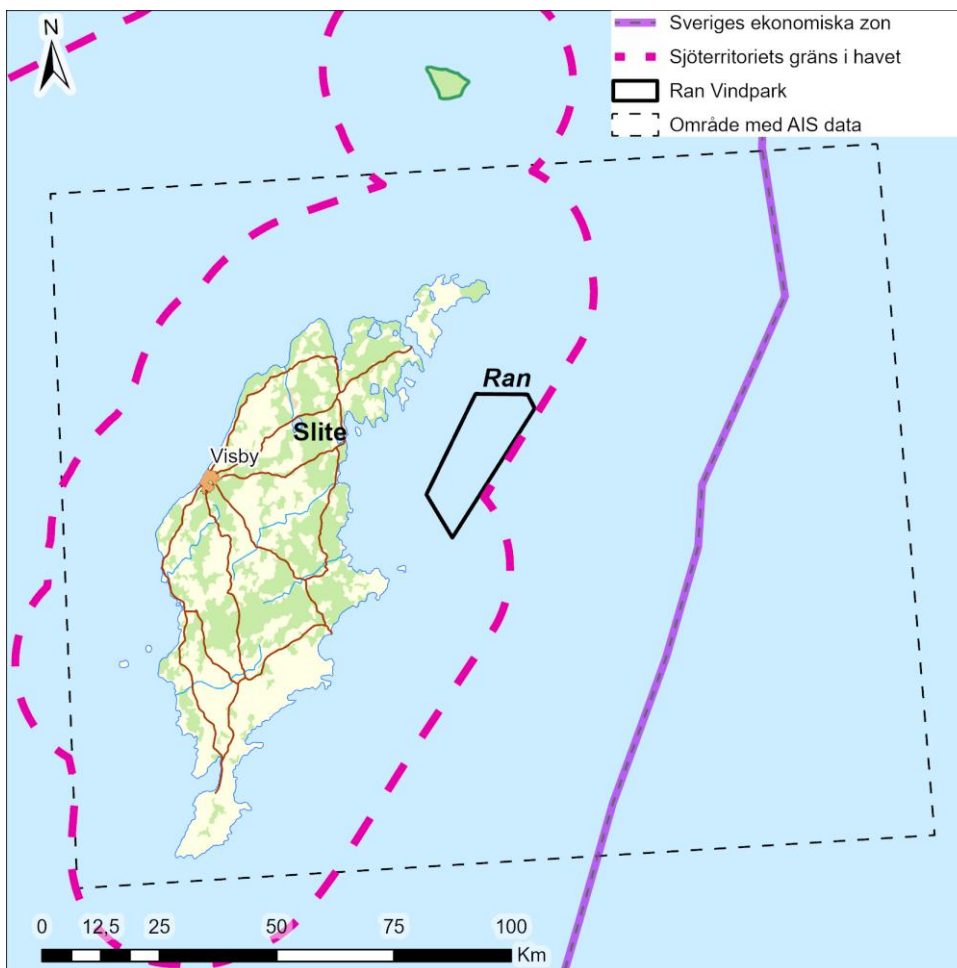
- Ölands södra udde – Finska viken 4,92 M (9 114 m)
- Salvorev – Slite 2,22 M (4 104 m)
- Slite – Ölands södra udde 3,94 M (7 296 m)

<sup>1</sup> De kvarstående 6 har bedömts vara av mindre betydelse eller inte relevanta i denna analys (se Tabell 5 på sida 30).

<sup>2</sup> Vari säkerhetszon 0,03 M (50 m) samt säkerhetsavstånd 1,09 M (2 026 m), 0,70 M (1 294 m) respektive 0,71 (1 324 m) med god marginal inryms.

# 1. Inledning

Ran vindpark AB planerar en havsbaserad vindpark, vindpark Ran (hädanefter i rapporten kallad Ran eller vindparken) i svenskt territorialvatten cirka 12 km utanför Gotlands kust i höjd med Slite, se Figur 2.



Figur 2. Parkområde vindpark Ran. I figuren illustreras också området inom vilket AIS-data har inhämtats till analysen. © Bakgrundskarta Lantmäteriet

Riskerna med etablering av planerad vindpark analyseras utifrån vedertagna internationella riktlinjer och beaktande av Sjöfartsverkets och Transportstyrelsens

rekommendationer vid projektering och etablering av havsbaserad vindkraft (Transportstyrelsen; Sjöfartsverket, 2023). I denna riskanalys hänvisas till PIANCs MarCom Wg 161: Interaction Between Offshore Wind Farms and Maritime Navigation (2018).

## 1.1 Syfte

Vindparker och energiparker som planeras nära fartygstrafik behöver utredas med avseende på möjliga olyckor. Det grundläggande syftet med riskanalysen är att analysera hur Ran påverkar säkerheten för fartygstrafiken avseende människors hälsa och miljö.

## 1.2 Mål och omfattning

Utredningens mål är att identifiera och beskriva de risker som Ran kan innebära för sjöfarten. Huvudfokus ligger på att analysera den *förändring* av risknivån som vindparken ger upphov till.

Riskutredningen behandlar anläggningsfasen, driftfasen och avvecklingsfasen av vindparken.

PIANC (2018) anger ett tvåstegsförfarande för att säkerställa att de risker som uppkommer vid en etablering av havsbaserade vindparker är acceptabla:

- Steg 1 - *Concept design*<sup>3</sup>, ett första steg som ger generella säkerhetsavstånd utifrån en schabloniserad beräkningsmetod. Om dessa säkerhetsavstånd inte upprätthålls genomförs steg 2.
- Steg 2 - *Detailed design*<sup>4</sup>, den föreslagna utformningen av vindparkens riskpåverkan på sjöfart studeras med hjälp av modellering, beräkning och bedömning.

Denna nautiska riskanalys är genomförd för exempellayouterna enligt förutsättningar för *Detailed design*, steg 2. I trafikanalysen (Sweco, 2024) behandlas säkerhetsavstånd till Ran vindpark enligt *Concept design*.

## 1.3 Metod

Riskanalysen för navigationsrisker följer metodiken för en FSA (Formal Safety Assessment) som beskrivs i *Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process* (Maritime Safety Committee, 2018).

Denna rapport och dess bilagor är framtagna i enlighet med steg 2, *Detailed design* enligt PIANC (2018). I rapporten beräknas sannolikheten för olyckor och konsekvenser bedöms för att kunna värdera om risken för sjöfarten är acceptabel med de undersökta exempellayouterna.

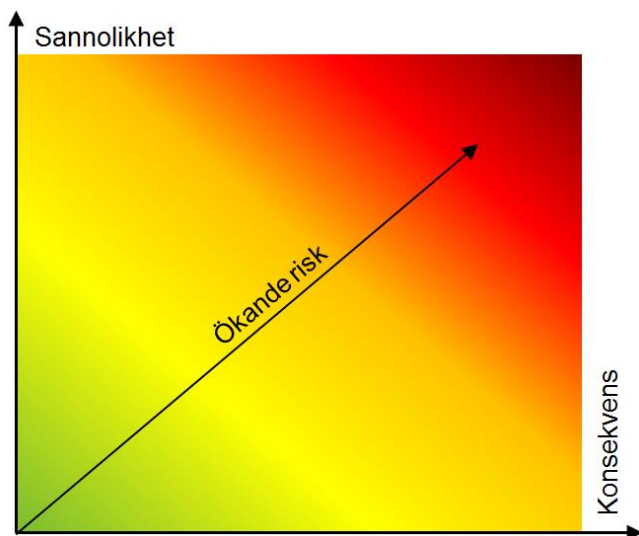
<sup>3</sup> "Concept Design includes preliminary design of windfarm and navigation areas layout ... At the very first design stage only rough estimates of the safety distance are determined." (PIANC, 2018)

<sup>4</sup> "Detailed Design is a more rigorous process intended to validate, develop and refine the Concept Design. The methods used in Detailed Design rely on numerical analysis (for example simulation) and therefore, require more extensive and detailed input, as well as proper judgement and experience in the interpretation of their output." (PIANC, 2018)

### 1.3.1 Riskbegreppet

Risk definieras här som en sammanvägning av sannolikheten för en oönskad händelse och konsekvensen av denna händelse. Sannolikheten beskriver hur troligt det är att den oönskade händelsen inträffar och konsekvensen beskriver omfattningen av de skador som kan uppstå.

Figur 3 illustrerar hur risken ökar med ökande sannolikhet och/eller konsekvens av en händelse.



Figur 3. Ökande risk beroende av sannolikhet och konsekvens.

### 1.3.2 Metodik för riskanalys

Metodiken som används i denna utredning följer riskhanteringsprocessens steg:

- **Riskbedömning** – omfattar riskidentifiering, riskanalys och riskvärdering
  - *Riskidentifiering* - inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser.
  - *Riskanalys* - kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.
  - *Riskvärdering* – Efter riskanalysen görs en värdering för att avgöra huruvida riskerna kan accepteras eller ej. Som del av riskvärderingen kan även förslag till riskreducerande åtgärder för att sänka riskerna ges.
- **Riskreduktion-/kontroll** – det sista steget i riskhanteringsprocessen omfattar de beslut som tas kopplat till genomförd riskbedömning och de eventuella åtgärder som bedöms vara nödvändiga för att uppnå en acceptabel risknivå.

Således omfattar riskhanteringsprocessen riskbedömning (riskidentifiering, riskanalys och riskvärdering) samt riskreduktion-/kontroll.

Föreliggande riskanalys genomförs med olika metoder beroende på vilken identifierad händelse som analyseras. Sannolikheter kvantifieras i första hand genom modellering i programvaran IWRAP Mk2<sup>5</sup>.

Sannolikheten för händelser som inte kan modelleras i IWRAP kvantifieras annars genom beräkningar eller expertbedömningar. För händelser som inte går att analysera kvantitativt görs en kvalitativ bedömning baserat på erfarenheter från befintligt material, platsens geografiska förutsättningar, tidigare genomförda utredningar med liknande förutsättningar, forskning och tillgänglig statistik.

### 1.3.3 Kriterier för riskvärdering

Riskvärderingen genomförs med hjälp av en riskmatris enligt Figur 4 där varje risk kategoriseras utifrån sannolikhet (frekvens) och konsekvens. Matrisen har tagits fram med utgångspunkt i IMO:s FSA-metodik (Maritime Safety Committee, 2018). Skalorna för konsekvens och sannolikhet definieras logaritmiskt för att underlätta riskrankning och validering. Riskindex beräknas som summan av index för frekvens och konsekvens. Matriser av denna typ är vanligt förekommande vid maritima riskbedömningar med avseende på miljökonsekvenser eller konsekvenser för tredje person (allmänheten).

---

<sup>5</sup> IWRAP är ett modelleringsverktyg för nautiska riskanalyser och används för att bedöma frekvensen för kollision, grundstötning och allision (påsegling) baserade på olika förutsättningar. Programmet rekommenderas av Sjöfartsverket för att modellera sannolikhet för sjöfartsolyckor.

		Konsekvens			
		1 <i>Ingen allvarlig påverkan</i>	2 <i>Signifikant påverkan</i>	3 <i>Allvarlig påverkan</i>	4 <i>Katastrofal påverkan</i>
Sannolikhet	6 <b>Sannolikt</b> <i>1 gång per år</i>	7	8	9	10
	5 <b>Troligt</b> <i>1 gång per 10 år</i>	6	7	8	9
	4 <b>Oväntat</b> <i>1 gång per 100 år</i>	5	6	7	8
	3 <b>Sällsynt</b> <i>1 gång per 1 000 år</i>	4	5	6	7
	2 <b>Mycket sällsynt</b> <i>1 gång per 10 000 år</i>	3	4	5	6
	1 <b>Extremt sällsynt</b> <i>1 gång per 100 000 år</i>	2	3	4	5
	0 <b>Osannolikt</b> <i>1 gång per 1 000 000 år</i>	1	2	3	4

Figur 4. Riskmatris för värdering av navigationsrisker för vindparken. RI, riskindex<sup>6</sup>, ges av värdena i de färgkodade fälten.

- **Röda risker** (händelser med riskindex  $\geq 8$ ) värderas som oacceptabla. Scenarier som klassas som röda innebär sådan risk att riskreducerande åtgärder måste vidtas för att en acceptabel risknivå ska uppnås.
- **Gula risker** (händelser med riskindex  $\geq 5$ ) värderas som tolerabla om tekniskt och ekonomiskt rimliga åtgärder vidtas. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (*As Low As Reasonably Practicable*). För scenarier som klassas som gula måste riskerna noga beaktas och rimliga åtgärder för riskreduktion vidtas.
- **Gröna risker** (händelser med riskindex  $< 5$ ) värderas som acceptabla. För scenarier som klassas som gröna (acceptabla) bedöms riskerna vara så låga att riskreducerande åtgärder inte behöver vidtas.

Sannolikhet graderas enligt en skala över inträffandefrekvens, se Tabell 1. Skalan löper över spannet från osannolika till frekventa händelser. Skalan är vanligt förekommande för att kategorisera olika händelser inom sjöfarten och lyfts bland annat fram av IMO (Maritime Safety Committee, 2018).

<sup>6</sup> Riskindex är summan av frekvensindex och konsekvensindex. Risk brukar uttryckas som frekvens  $\times$  konsekvens, och riskindex är i detta fall 10-logaritmen av frekvens  $\times$  konsekvens.

Tabell 1. Indelning av händelser utifrån inträffandefrekvens som görs vid riskanalys och som avspeglar en förväntad sannolikhet för att en händelse inträffar som kan påverka miljö eller säkerhet.

Index (FI)	Frekvens	Förekomst	Definition
6	1 gång per år ( $f=1$ )	Frekvent	Händelser som förväntas inträffa varje år i anslutning till en vindpark.
5	1 gång per 10 år ( $f=0,1$ )	Sannolikt	Händelser som förväntas inträffa varje år om 10 vindparker beaktas, dvs händelser som förväntas inträffa några gånger under en vindparks livstid.
4	1 gång per 100 år ( $f=0,01$ )	Troligt	Händelser som förväntas inträffa varje år om 100 vindparker beaktas, dvs händelser som förväntas inträffa varje år i någon vindpark i världen.
3	1 gång per 1 000 år ( $f=10^{-3}$ )	Sällsynt	Händelser som förväntas inträffa varje år om 1 000 vindparker beaktas, dvs händelser som förväntas inträffa vart tionde år sett till världens alla vindparker.
2	1 gång per 10 000 år ( $f=10^{-4}$ )	Mycket sällsynt	Händelser som förväntas inträffa varje år om 10 000 vindparker beaktas, dvs händelser som kan inträffa en gång sett till världens alla vindparker under deras livstid.
1	1 gång per 100 000 år ( $f=10^{-5}$ )	Extremt sällsynt	Händelser som inte förväntas inträffa.
0	1 gång per 1 000 000 år ( $f=10^{-6}$ )	Osannolikt	Händelser som inte förväntas inträffa.

Konsekvenser graderas enligt en skala över allvarlighetsgrad avseende människor och miljö, se Tabell 2. I föreliggande riskvärdering har skalan fyra steg, från *ingen allvarlig påverkan* till *katastrofal påverkan*. Skalor av denna typ är vanligt förekommande för att kategorisera olika händelser inom sjöfarten och baseras på exempel i IMO:s FSA-metodik (Maritime Safety Committee, 2018).

Tabell 2. Indelning av händelser utifrån allvarlighetsgrad som avspeglar en värsta trolig konsekvens av en händelse inom sjöfart avseende dess påverkan på miljö samt människors säkerhet.

Index (SI)	Konsekvens	Påverkan på människors säkerhet (skador/dödsfall)	Påverkan på miljö (oljeutsläpp)
1	Ingen allvarlig påverkan	Enstaka eller små skador (0,01)	Övergående eller kortvariga skador (1 ton spill)
2	Signifikant påverkan	Många eller allvarliga skador (0,1)	Långvariga skador (10 ton spill)
3	Allvarlig påverkan	Enstaka dödsfall eller flera allvarliga skador (1)	Omfattande spill med stor utbredning (100 ton spill)
4	Katastrofal påverkan	Flera dödsfall (10)	Permanent och omfattande skador (1 000 ton spill)

När de olika händelserna indexerats med ett sannolikhets- respektive konsekvensindex kan ett riskindex beräknas. För detaljer kring beräkningar se bilaga D.

## 1.4 Avgränsningar

I tillägg till ovanstående beskrivning av analysens mål och omfattning har följande avgränsningar gjorts för riskutredningen:

- Denna utredning följer metodiken för en FSA (Formal Safety Assessment) med undantag för att kostnads-nyttanalyser av potentiella riskreducerande åtgärder inte utförs (kan utföras senare vid behov).
- I huvudsak analyseras olycksrisken för och av handelsfartyg och andra större fartyg och i mindre omfattning studeras olycksrisker avseende fiske- och fritidsbåtar. Olycksrisker för verksamhetens service- och arbetsfartyg analyseras i den mån de påverkar handelsfartyg och icke-kommersiella fartyg som passerar vindparken.
- De konsekvenser som studeras är sådana som kopplar till miljö och säkerhet. Det betyder att många konsekvenser utelämnas från analysen. Följande konsekvenser analyseras exempelvis inte:
  - Driftmässiga konsekvenser som inte påverkar säkerheten
  - Arbetsmiljörisker och ekonomiska risker som inte är direkt kopplade till säkerhet för tredje man och miljö
  - Eventuella skador på vindkraftverken till följd av väderfenomen
- Frekvensberäkningar har gjorts för två exempellayouter. I de fall layouterna resulterar i olika risknivåer redovisas i rapporten resultat för den layout som beräknas ge högst sannolikhet för olycka.
- Inga tekniska och ekonomiska risker för vindkraftverken och vindkraftsbolaget analyseras. Endast olycksrisker kopplade till sjötrafik som vindparken utgör för sjötrafiken analyseras. Analysen fokuserar på vindkraftverk. Andra objekt (såsom mätmaster) ingår inte i analysen.

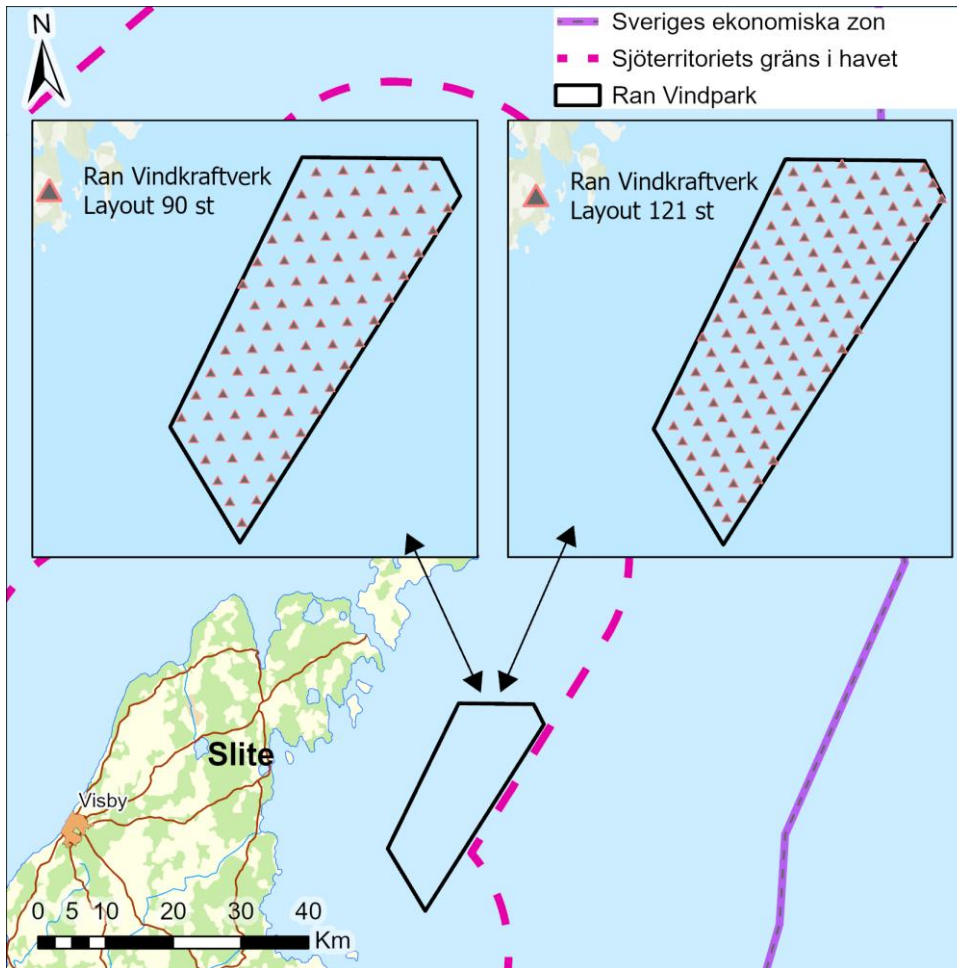


## 2. Områdesbeskrivning och förutsättningar

Ran planeras på svenskt territorialvatten cirka 12 km utanför Gotlands kust i höjd med Slite. Föreliggande rapport utgår huvudsakligen från sjötrafik, AIS-data, för perioden 2022-02-01 – 2023-02-01, se även Figur 2 på sidan 10.

### 2.1 Vindpark Ran och lokala förutsättningar

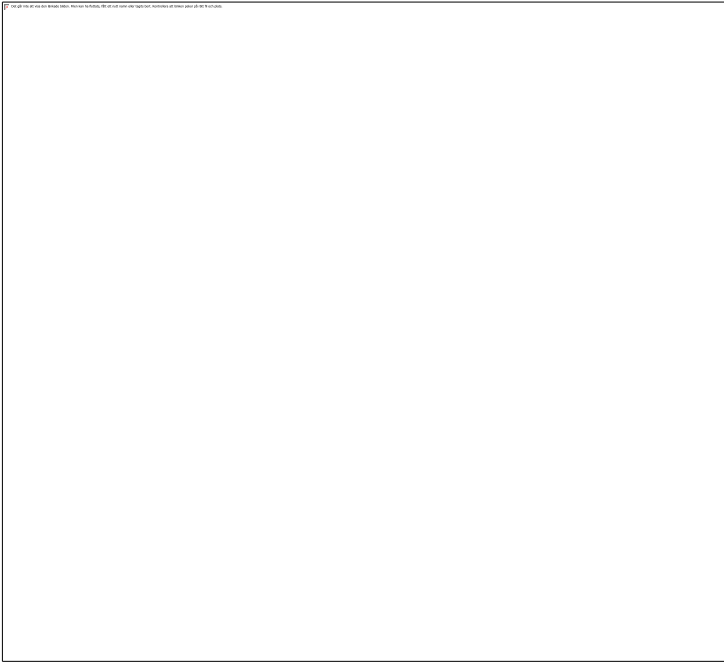
Parkområdet för Ran uppgår till cirka 327 km<sup>2</sup> och kommer att fullt utbyggd att omfatta 90–121 vindkraftverk. Vindkraftverkens totalhöjd kommer att uppgå till maximalt 310 meter, med en frigång över havet på 30 meter, det vill säga höjden över havsnivån till nivån för vingpetsen när den är som lägst i rotationen (OX2, 2024). Avstånden mellan vindkraftverken kommer att vara minst cirka 1 000 meter. Säkerhetszoner kring vindkraftsfundamenten antas uppgå till 0,03 M (50 meter). Parkområdet och de två alternativa exempellayouterna illustreras nedan i Figur 5. Det är dessa som undersökts i detalj i denna *Detailed design* (steg 2).



Figur 5. Kartan visar de två olika exempellayouterna, med 90 (20 MW) respektive 121 (15 MW) vindkraftverk. © Bakgrundskarta Lantmäteriet

Inom området varierar vattendjupet mellan 40 och 85 meter.

Vindriktning och vindhastighet i området på en höjd av 10 meter över havsytan kan ses i Figur 6. Förhärskande vindriktning är från sydsydväst och västsydväst. Den mest sannolika drifriktningen för fartyg som förlorar styrningen är följaktligen åt nordnordost samt ostnordost.



Figur 6. Vindros för området vid Ran. Vanligaste vindriktningen är från sydsydväst. Vindriktningen är baserad på en sammansättning av vinddata från mätpunkter där vindhastigheten uppmättes på en höjd av 10 meter över havet<sup>7</sup>. © WindPRO 2023, OX2

Ett normalt år förekommer ingen isbildning kring parkområdet för Ran. Vid en svår isvinter kan isbildning ibland förekomma i och runt Ran i form av jämn is eller dravis. Mer information om isbildning till havs och isvintrar kring parkområde för Ran återfinns i bilaga A.

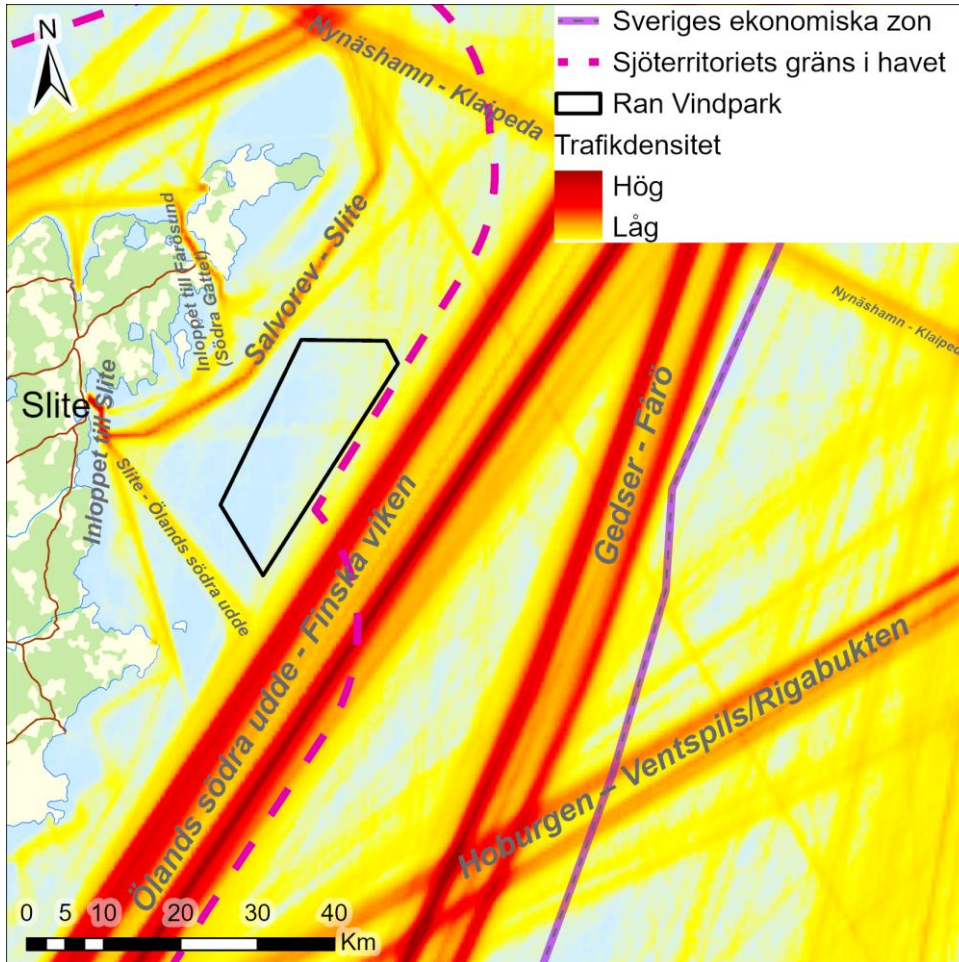
I området finns flera sjösäkerhetsanordningar (SSA) bland annat fyrarna *Fårö*, *Fårösund S*, *Bungerör*, *Grauten*, *Grundet* och *Magö*, samtliga lokaliserade längs Gotlands nordöstra kuststräcka (Sjöfartsverket, 2024). Vidare är fyren *Östergarn* lokaliserad sydväst om Ran.

---

<sup>7</sup> WindPRO 2023, OX2

## 2.2 Fartygsstråk och trafikmönster

Parkområdet omges av tre fartygsstråk, se Figur 7.



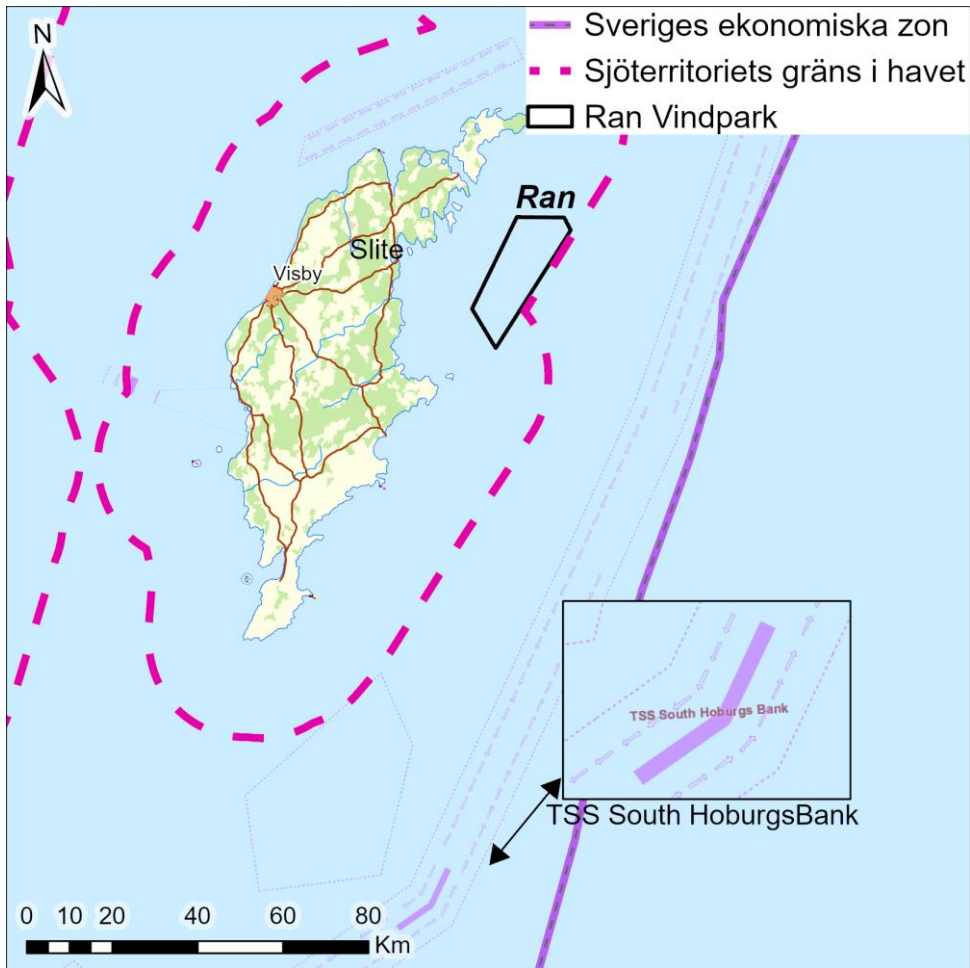
Figur 7. Kartan visar fartygsstråk och trafikdensitet öster om Gotland kring parkområdet för Ran.

© Bakgrundskarta Lantmäteriet

Väster om Ran går fartygsstråket *Salvorev – Slite*. Söder om Ran går ett fartygsstråk som en förbindelse mellan *Inloppet till Slite* och *Ölands – södra udde – Finska viken*. Båda dessa fartygsstråk mynnar vid *inloppet till Slite* som är en farled, vilken leder till hamnen Slite på Gotlands östra kust.

Öster om Ran går fartygsstråket *Ölands södra udde – Finska viken*.

Trafiksepareringssystemen (TSS) är illustrerade i lila i Figur 8.



Figur 8. Vindpark Ran i relation till närliggande TSS och TSZer samt DW-rutt (samtliga lila i kartan) öster om parkområdet. Norr om området i förlängningen av djupvattenrutten *Gedser-Fårö* utanför kartan finns en TSS vid inloppet till Finska viken cirka 260 km bort. © Bakgrundskarta Lantmäteriet, TSS Open Sea Map

Trafiken som går i de olika fartygsstråken i närheten av Ran är i genomsnitt mellan 1 - 26 passager per dag. I Tabell 3 nedan redovisas information om fartygstyp, längd och antal passager i de olika fartygsstråken.

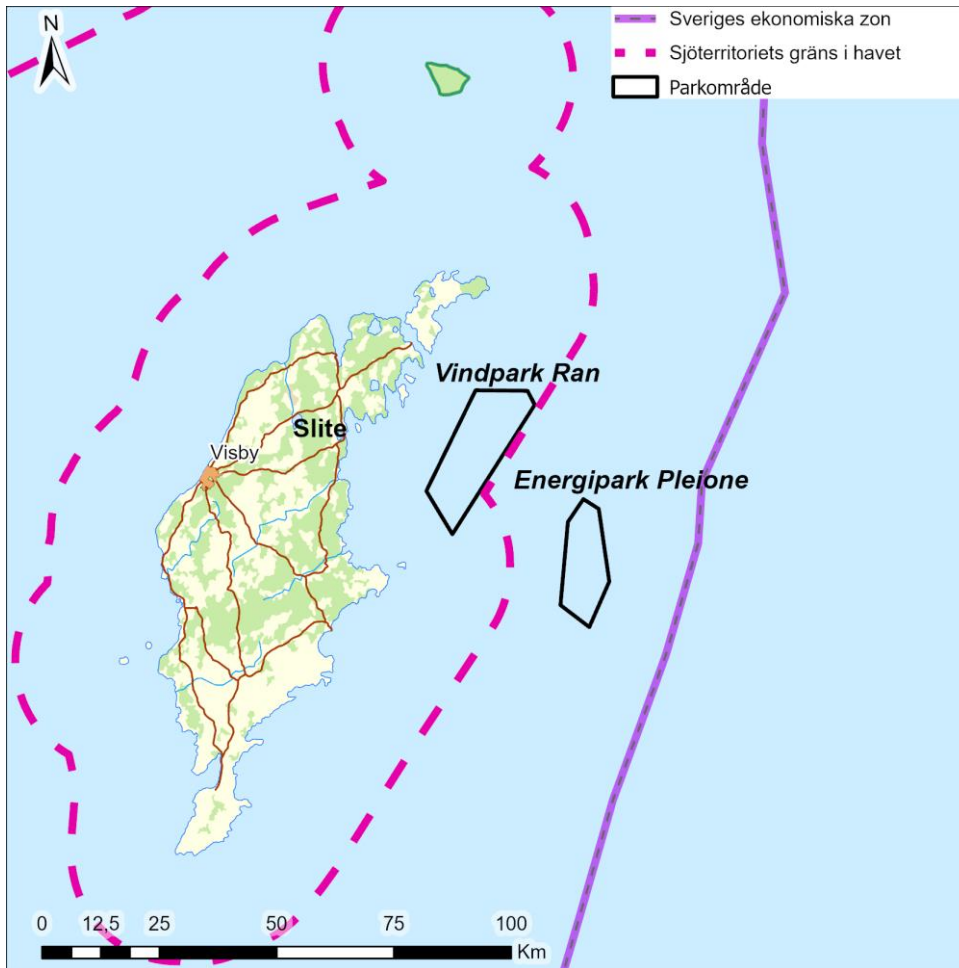
Tabell 3. Tabellen visar statistik över fartygstyp, fartyglängd och antal passager i de olika fartygsstråken baserat på genomsnittstrafiken. Detta innebär att siffran som visas i tabellen är uppskattad och siffran kan ändras något om ett genomsnitt av trafiken tas vid ett annat tvärsnitt. Statistik för kategorier av fartygstyper med mindre än 3% redovisas inte.

Fartygsstråk	Fartygstyp	Antal passager	Passager per dygn <sup>8</sup>	Fartyglängd (m), medelvärde	Fartyglängd (m), 98:e percentil av fartyg >70 m
<b>Ölands södra udde – Finska viken</b>	Lastfartyg (91%) Passagerarfartyg (7%)	9 612	26	153	245
<b>Salvorev – Slite</b>	Lastfartyg (61%) Odefinierade (28%) Segel- och fritidsbåtar (6%) Arbets- och myndighetsfartyg (4%)	610	1,7	95	123
<b>Slite – Ölands södra udde – Finska viken</b>	Lastfartyg (84%) Segel- och fritidsbåtar (8%) Odefinierade (6%)	283	0,8	89	128
<b>Inloppet till Slite</b>	Lastfartyg (61%) Odefinierade (24%) Segel- och fritidsbåtar (8%) Arbets- och myndighetsfartyg (7%)	838	2,3	85	123

Mer detaljerad information om trafikförhållanden återfinns i Trafikanalys vindpark Ran (Sweco, 2024).

I trafikanalysen utreds säkerhetsavstånd enligt tillvägagångssätt rekommenderat i PIANC (2018) utifrån metoden *Concept design*. Analysen indikerar att det finns tillräckligt med utrymme runt Ran för trafiken att positionera sig på ett säkert avstånd från vindparken baserat på PIANC:s (2018) rekommendationer om bredd på trafikstråk och säkerhetsavstånd samt säkerhetszon. Detta gäller även efter etablering av Pleione energipark (se Figur 9) samt om trafikflödet ökar eller om fartyg blir större i framtiden.

<sup>8</sup> Genomsnittligt antal passager per dygn. Totalt / 365

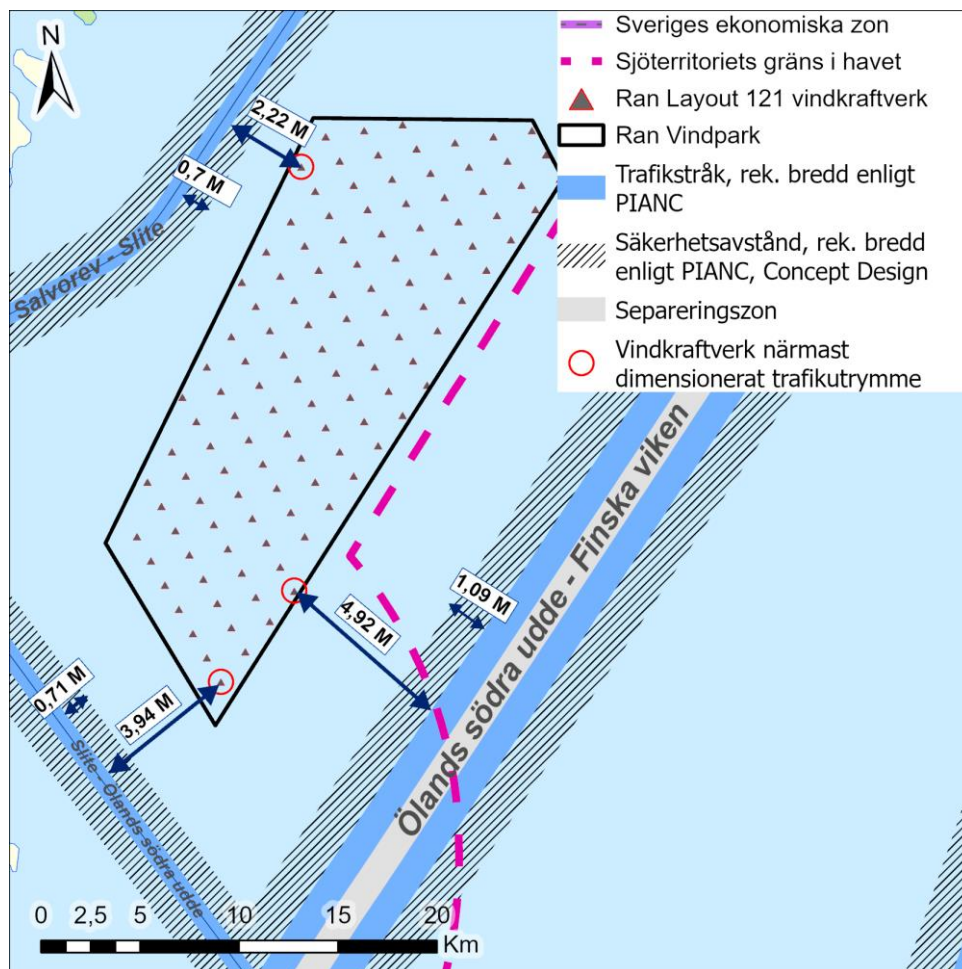


Figur 9. Kartan visar den närliggande parken Pleione. Som OX2 AB arbetar med. © Bakgrundskarta Lantmäteriet

Avståndet från ytterkant på det rekommenderade trafikstråket utifrån PIANC:s rekommenderade bredd på dimensionerat trafikutrymme, för respektive fartygsstråk, till vindparken (närmaste fundament), är (se även Figur 10):

- Ölands södra udde – Finska viken 4,95 M (9 164 m)
- Salvorev – Slite 2,24 M (4 154 m)
- Slite – Ölands södra udde 3,97 M (7 346 m)





Figur 10. Figuren illustrerar dimensionerat trafikutrymme med rekommenderad bredd på trafikstråk och säkerhetsavstånd enligt PIANC (2018) och en separeringszon i trafikstråket Ölands södra udde – Finska viken. I kartan visas avståndet mellan ytterkanten på rekommenderat trafikstråk och närmaste vindkraftverk för respektive fartygsstråk. © Bakgrundskarta Lantmäteriet

Det rekommenderade säkerhetsavståndet enligt *Concept design* baserat på PIANC (2018) uppfylls och det finns gott om utrymme för fartyg att navigera säkert när Ran anlagts, se även Trafikanalys vindpark Ran (Sweco, 2024). I Trafikanalysen redovisas hur säkerhetsavstånd, rekommenderat trafikstråk, dimensionerat trafikutrymme har beräknats enligt *Concept design* (steg 1) (PIANC, 2018).

## 2.3 Framtida fartygstrafik

I Trafikverkets basprognoser (Trafikverket, 2023) anges att godstransportarbetet per år förväntas öka med +1,7 % för sjöfarten. Det betyder att godstransporterna antas öka med ca 35 %<sup>9</sup> fram till år 2040 med utgångsår 2022.

<sup>9</sup> En ökning med 1,7 % per år innebär för åren mellan 2022 och 2040 en ökning med en faktor  $1,017^{18} = 1,35$ , motsvarande en ökning med 35%.



Den förväntade ökningen i transportarbete innefattar både fler antal fartyg och att fartygen i sig blir större och tyngre. I föreliggande analys beaktas framtida fartygstrafik på två sätt:

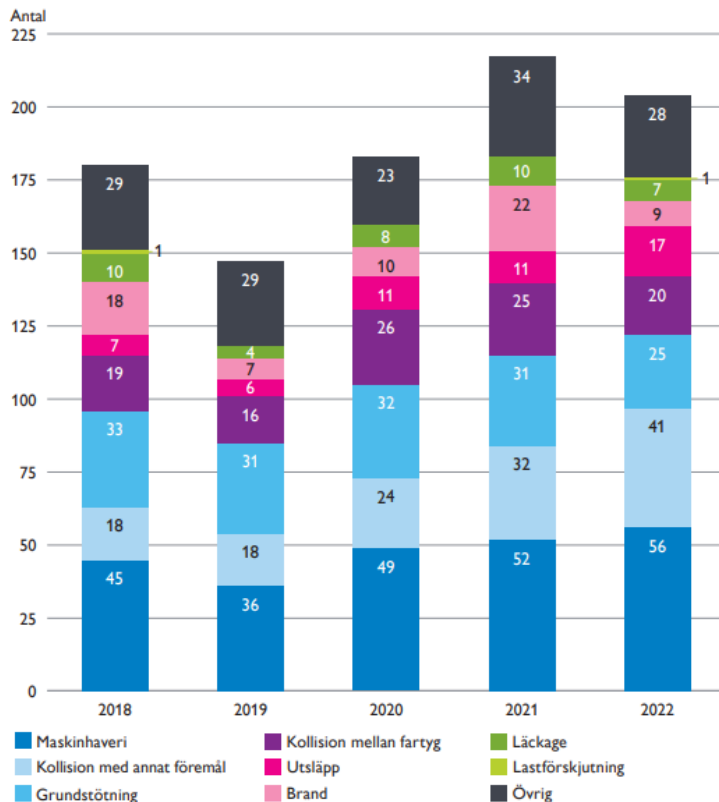
- Olycksfrekvenser tas fram för ett grundfall (nuvarande trafik baserat på AIS-data) och ett osäkerhetsanalysfall där framtida trafikflöden konservativt antas öka med 50 %.
- Olyckskonsekvenser väljs konservativt utifrån antaganden om framtida, större fartyg.

Trafik med både arbetsfartyg och servicefartyg i och till parken kommer att pågå under anläggnings-, drift- och avvecklingsfas.

## 2.4 Fartygsolyckor

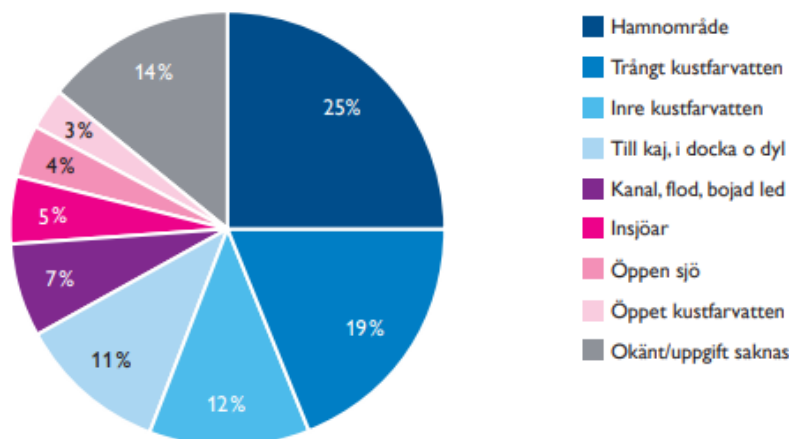
I Transportstyrelsens säkerhetsöversikt från 2023 (Transportstyrelsen, 2023) presenteras olika typer av sjöfartsstatistik i svenska farvatten. Bland annat sammanfattas antalet sjöolyckor årligen mellan år 2003 och 2022. Med svenska farvatten avses Sveriges sjöterritorium enligt lag (1966:374) om Sveriges sjöterritorium.

Sjöolyckor definieras som olyckor som kan härledas till fartygets drift (Transportstyrelsen, 2023). Exempel på sådana olyckor är maskinhaveri, grundstötning, kollision med annat föremål, kollision mellan fartyg, brand, utsläpp, läckage och lastförskjutning. Olyckstyperna och fördelningen mellan inträffade olyckor år 2018–2022 illustreras i Figur 11.



Figur 11. Fördelning av sjöolyckor år 2018–2022. Figuren är hämtad från Transportstyrelsens säkerhetsöversikt (Transportstyrelsen, 2023). © Transportstyrelsen

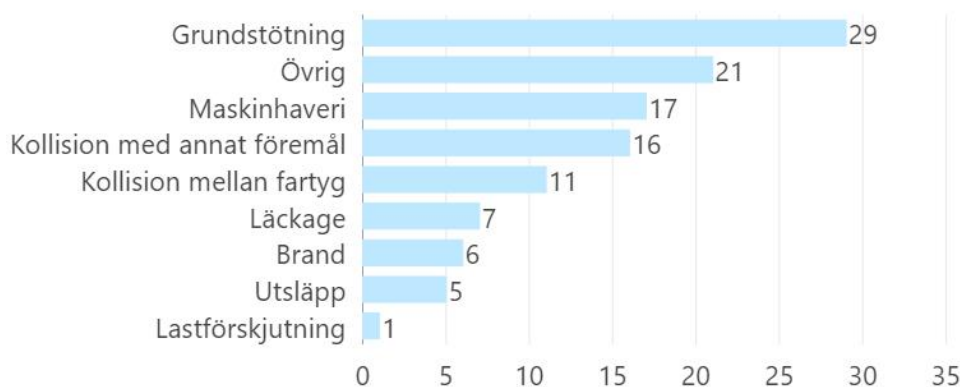
Enligt Transportstyrelsens säkerhetsöversikt sker de flesta fartygsolyckor nära kusten (Transportstyrelsen, 2023). År 2022 inträffade endast 7 % av alla sjöolyckor på öppen sjö eller på öppet kustfarvatten. Nästan 70 % av sjöolyckorna inträffade i hamnområden, i trängre kustfarvatten och inre kustfarvatten eller till kaj. Fördelningen av olyckor i olika typer av farvatten år 2022 illustreras i Figur 12.



Figur 12. Procentuell fördelning av sjöolyckor efter typer av farvatten år 2022. Bilden är hämtad från Transportstyrelsens säkerhetsöversikt från 2021 © (Transportstyrelsen, 2023).

Förutom nationell statistik sammanfattad ovan har platsspecifik olycksstatistik från år 2000 och fram till 2022 tillhandahållits från Transportstyrelsen<sup>10</sup>. I området har 98 olyckor och 15 tillbud rapporterats vilket redogörs för i Figur 13 nedan. Området för olycksstatistik är, på grund av geografisk utbredning både avseende storlek och placering, relativt jämförbart med området för AIS-data som studerats i utredningen och i det området skedde under ett år (2022–2023) 44 319 fartygsrörelser.

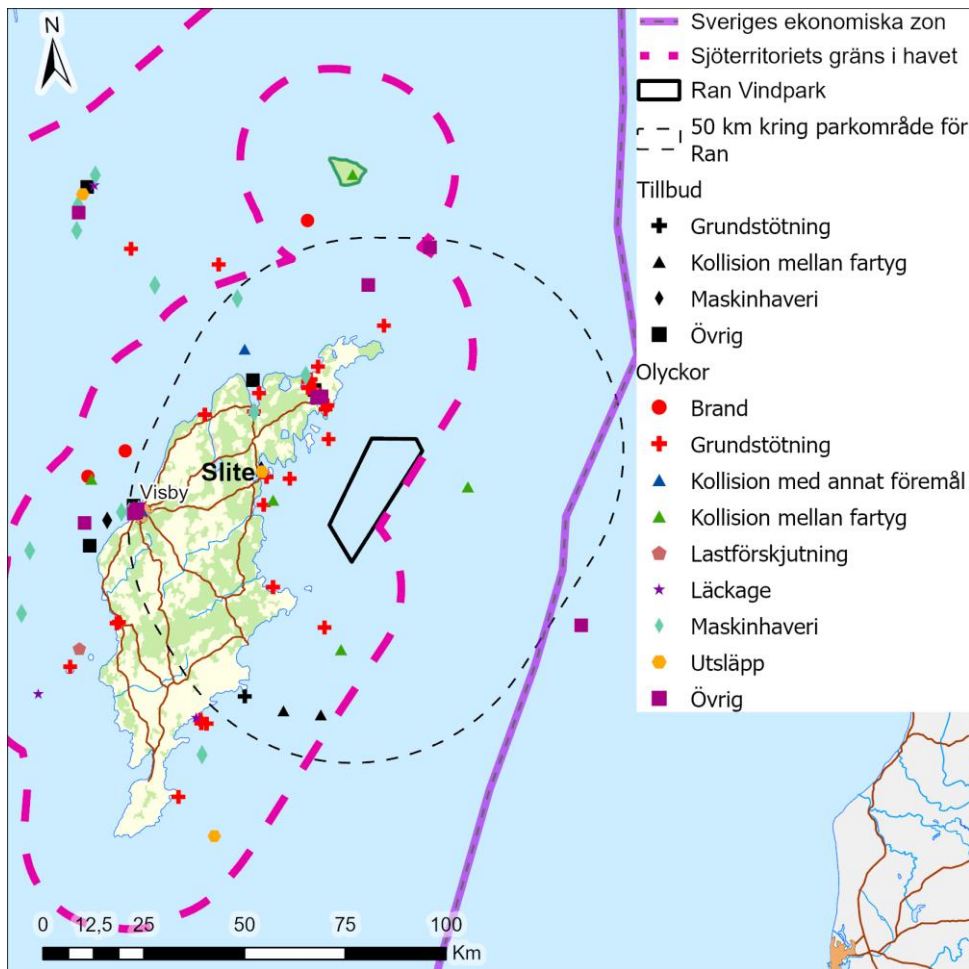
### Antal händelser per olyckstyp, 2000-2022



Figur 13. Antal olyckor och tillbud av respektive olyckstyp inom inventerat område mellan år 2000 och 2022.

<sup>10</sup> Data levererad av Egil Wright, Sjö- och luftfartsavdelningen, Transportstyrelsen, 2022-10-24. Uttaget är gjort i en geografisk ruta mellan punkterna Lat: 56,85076667 / 58,41885 Long: 17,60176667 / 21,9598.

Inom 50 kilometer kring parkområdet för Ran har det under perioden registrerats 0 tillbud och 67 olyckor. Olyckorna avser i 19 av fallen grundstötning, 16 av fallen kollision med annat föremål, 8 av fallen övriga, 7 av fallen kollision mellan fartyg, 7 av fallen maskinhaveri, 4 av fallen läckage, 3 av fallen brand och 3 av fallen utsläpp. Av olyckorna var 30 av dessa med passagerarfartyg, 20 torrlastfartyg, 9 övriga fartyg, 6 fiskefartyg och 2 tankfartyg. Exempel på olyckor och tillbud i området illustreras i Figur 14.



Figur 14. Exempel på olyckor registrerade i närheten av aktuellt parkområde mellan 2000–2022. Händelserna är uppdelade på olika olyckstyper. Alla i området registrerade händelserna kan inte ses på kartan då den är överblicksbild. Informationen har tillhandahållits av Transportstyrelsen. © Bakgrundskarta Lantmäteriet, Olycksstatistik Transportstyrelsen

Grundstötningshändelser förekommer längs hela Gotlands kust och rapporteras i 22 fall av 28 ha orsakats av den mänskliga faktorn. Kollision med annat föremål samt övrigt är också rapporterat främst längs kusterna. Fartygskollisioner koncentreras framför allt längs kusten vid Slite och Färösund men har även inträffat i fartygsstråket Öland södra udde – Finska viken. Det har inte rapporterats någon olycka som skulle försvärats vid förekomst av Ran.

#### 2.4.1 Fartygsolyckor i vindparker

I Tabell 4 redovisas tidigare inträffade händelser i världen där fartyg drivit eller kört in i vindkraftverk. Identifiering av tidigare olyckor har gjorts genom att söka i

databaser, artiklar och haveriutredningar på internet. Ingen av dessa olyckor har lett till dödsfall. Ytterligare olyckor kan ha inträffat utöver de identifierade, men större olyckor bör vara identifierade. Syftet med tabellen är att kartlägga och beskriva förlopp och tänkbara konsekvenser.

Tabell 4. Olyckor som inträffat mellan sjötrafik och vindkraftverk.

Händelse	Beskrivning	Konsekvens människa	Konsekvens miljö
Arbetsfartyg i parken kolliderar med ett vindkraftverk (MAIB, 2013)	2012-11-21: Personalfartyget Island Panther körde in i en ej upplyst del av en turbin vid Sheringham Shoal vindpark i en fart av 12 knop. Det var natt och hårt väder och befälet förlitade sig inte på radar pga risken för störningar.	Både personal och passagerare fick skador som inte var livshotande (hjärnskakning, bruten arm, skador av krossat glas, käkskador, skador på bröst och rygg).	Skada på för och skrov men inga utsläpp.
Arbetsfartyg i parken kolliderar med ett vindkraftverk (Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation, 2019)	2018-04-10: Servicefartyget Vos Stone kolliderade med en turbin under konstruktionsfasen av vindparken Arkona Becken Südost i Östersjön. Orsaken anges vara ett test av nödstyrssystemet som ledde till förlorad kontroll över fartyget.	Tre besättningsmedlemmar ombord på fartyget fick mindre skador.	Skada på fartyg och plattform men inga utsläpp.
Arbetsfartyg i parken kolliderar med ett vindkraftverk (Jersey Maritime Administration, 2020)	2020-04-23: Servicefartyget Njord Forseti kör i en fart av 20 knop in i fundamentet till en vindturbin vid Borkum Rifgrund vindpark i Nordsjön. Befälhavaren uppges ha justerat VHF och därvid varit distraherad från sin primära uppgift i strid mot regel 5 i COLREG.	Två besättningsmedlemmar evakuerades till sjukhus, och en tredje genomgick senare medicinsk undersökning. Samtliga lämnade sjukhuset inom ett dygn.	Skada på skrov men inga utsläpp.
Fraktfartyg blir ostyrbart och driver in i ett fundament (Vattenfall, 2022)	2022-01-31: Bulkfartyget Julietta D drev in i ett monopilefundament till en planerad vindturbin i vindparken Hollandse Kust Zuid, och stötte även i en jacket till en plattform i parken. Fartyget hade drivit i flera timmar efter en kollision med ett annat fartyg.	Fartyget hade evakuerats på sina 18 besättningsmedlemmar med helikopter innan sammanstötningen varvid ingen kom till skada i vindparken. Personal skadades dock i samband med räddning och bogsering.	Fartygets var skadat sedan den tidigare kollisionen och tog in vatten men inga utsläpp har rapporterats.
Manöverdugligt fartyg styr på vindkraftverk (olycksutredning ej publicerad) (Fleetmon, 2023) (Electrek, 2023)	2023-04-26: Fraktfartyget Petra L. körde in i ett vindkraftverk, i Gode 1, i Nordsjön. Fartyget körde med autopilot och hade en kurs som var flera kilometer fel. Olycksutredning pågår.	Inga skadade rapporteras.	Ett hål på 3 meter x 5 meter i skrovet men inga rapporterade utsläpp.

## 2.5 Vindparkens påverkan på navigationsutrustning

Vindkraft- eller energiparker ger upphov till radarstörningar på såväl stationära radaranläggningar som fartygsradar för navigation. Detta är ett känt fenomen i sjöfarten och metoder finns för att minimera påverkan. En kunskapsöversikt över vindparkers påverkan på radar och andra navigationssystem återfinns i bilaga B.

Exakt vilka störningar på radarsystem Ran kan ge upphov till och på vilka avstånd kan endast bedömas med tillräcklig noggrannhet när detaljerad utformning av vindparken och vindkraftverken är fastställd.

### 3. Riskidentifiering

Baserat på de synpunkter som inkommit från samrådet tillsammans med områdesbeskrivningen, informationen om olyckor i svenska farvatten och möjliga navigationsstörningar, rekommendationer från Transportstyrelsen och Sjöfartsverket (Transportstyrelsen; Sjöfartsverket, 2023) samt litteraturstudier har ett antal faror uttryckta som oönskade händelser identifierats. Därutöver har en HAZID genomförts för att identifiera risker, se bilaga E. Händelserna kan på olika sätt medföra negativa konsekvenser kopplat till sjötrafiken avseende hälsa och miljö.

I Tabell 5 listas de risker som identifierats för Ran tillsammans med en hänvisning till kapitel 6, Riskanalys och riskvärdering, där de identifierade riskerna analyseras vidare.

Tabell 5. Nautiska risker identifierade för Ran samt hantering och eventuell hänvisning till avsnitt i rapporten där de identifierade riskerna analyseras vidare.

Id. (scenario)	Fara	Hantering (avsnitt)
1.1	Fartyg styr in i ett vindkraftverk (allision)	6.1.1
1.2	Fartyg styr in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingspets	6.1.3 (behandlar både att fartyg styr och driver in i)
1.3	Fartyg styr in i vindparken	Scenariot leder inte till någon betydande konsekvens för människors hälsa och säkerhet eller miljön. Sammanstötning med vindkraftverk hanteras i scenario 1.1 och 1.2
1.4	Fartyg driver in i ett vindkraftverk (allision)	6.1.2
1.5	Fartyg driver in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingspets	6.1.3 (behandlar både att fartyg styr och driver in i)
1.6	Fartyg driver in i vindparken	Scenariot leder inte till någon betydande konsekvens för människors hälsa och säkerhet eller miljön. Sammanstötning med vindkraftverk hanteras i scenario 1.4 och 1.5
1.7	Fartyg som passerar genom parken kolliderar med ett vindkraftverk (allision)	6.1.4
1.8	Påsegling (allision) av vindkraftverk på grund av begränsad sikt eller skymda sjösäkerhetsanordningar	6.1.5
2.1	Omkörningskollision	6.2.1
2.2	Frontalkollision	6.2.1
2.3	Korsningskollision	6.2.1

Id. (scenario)	Fara	Hantering (avsnitt)
2.4	Sammanvåvningskollision	6.2.1
2.5	Svängkollision	6.2.1
2.6	Kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn	6.2.2
2.7	Kollision mellan fartyg som passerar igenom parken	Trafiken inom området där vindkraftverk planeras är i dagsläget begränsad (mindre än 2 fartyg per dygn) och förväntas bli lägre i och med uppförandet av vindparken. En sådan händelse kan inträffa även utan vindkraftverk men den risk som beaktas är den tillkommande risk som vindparken ger upphov till, till exempel att utrymmet för navigation och undanmanöver minskar vid etablering av vindkraftverken. Området med vindkraftverk är 327 km <sup>2</sup> stort och med tanke på den förväntat låga trafikintensiteten bedöms sannolikheten för kollision som involverar ett utomstående fartyg i parken vara försumbar
3.1	Grundstötning	6.3
3.2	Störning av fartygsradar (target loss, små mål)	6.4.1
3.3	Störning av fartygsradar (navigationsstörning)	6.4.2
3.4	Störning av fartygsradar i vindparken	6.4.3
3.5	Vindparken försvårar sök- och räddningsaktioner	6.4.4
3.6	Vindparken förändrar isbildning	6.5
3.7	Vindparken blockerar vinternavigationsrutten	Svåra isvintrar där isbildning förekommer i farvattnen kring Ran inträffar vart tionde till hundra år (se bilaga A). De flesta vintrar beläggs området inte med någon is alls som innebär framkomlighetssvårigheter för sjöfarten. Vindparkens läge ute på öppet vatten innebär många alternativa vägar för sjöfarten varför vindparken inte bedöms utgöra några betydande hinder för vintertrafiken. Sammantaget bedöms risken inte vara betydande och ingen fördjupad analys görs.
3.8	Nedfallande föremål eller kast från vindkraftverk	6.6
3.9	Brand i vindkraftverk	Denna risk ligger utanför analysens avgränsningar som inte analyserar olycksrisker för verksamheten förutom om de påverkar handelsfartyg och icke-kommersiella fartyg som passerar vindparken. Risken analyseras därför inte vidare i denna utredning
3.10	Kablar eller rörledningar förhindrar nödankring	6.7.1
3.11	Kabelskada påverkar fartyg	6.7.2
3.12	Hårt väder orsakar påsegling av vindkraftverk	Scenario med hårt väder faller in under risken att fartyget blir ostyrbart och driver in i alternativt manövrerar in vindkraftverk vilket ingår i scenario 1.2–1.7. Ingen separat riskanalys bedöms vara motiverad

## 4. Frekvenser

Sannolikheten för kollision och påsegling (allision) har beräknats med IWRAP. Beräkningen baseras på en modellering gjord för nollalternativet (ingen park) och för grundfallet (vindpark enligt föreslagen exempellayout, 121 vindkraftverk, med antaganden om trafikflyttning). Modelleringen i sin helhet redovisas i bilaga C. Resultatet kan brytas ner på olika fartygstyper, fartygsstorlekar och fartygsstråk, samt på enskilda vindkraftverk, vilket blir utgångspunkt för riskberäkningarna i kapitel 6.

För scenarier där IWRAP inte har kunnat nyttjas har frekvenser uppskattats eller beräknats på andra sätt. Motiv till val av frekvens finns i riskberäkningarna i kapitel 6. En sammanställning av de frekvenser som används återfinns i Tabell 6.

Tabell 6. Beräknade eller uppskattade olycksfrekvenser som används i analysen. Förhållandet mellan beräknad frekvens (årlig sannolikhet) och frekvensindex (1-6) redovisas i Tabell 1. Frekvensen avser de tillkommande olyckor som parketablering kan ge upphov till.

Scenario	Fara	Riskkategori	Sannolikhet (per år)	Frekvens	
				Återkomsttid (år)	Frekvensindex (FI)
<b>Påsegling</b>					
1.1	Fartyg styr in i ett vindkraftverk (allision)	människors hälsa och säkerhet	4,6E-04	2 159	2,7
		miljön	4,6E-05	21 585	1,7
1.2	Fartyg styr in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingpets	människors hälsa och säkerhet	<1E-6	>1 000 000	0,0
		miljön	<1E-6	>1 000 000	0,0
1.4	Fartyg driver in i ett vindkraftverk (allision)	människors hälsa och säkerhet	1,7E-03	598	2,7
		miljön	1,7E-04	5 983	1,7
1.5	Fartyg driver in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingpets	människors hälsa och säkerhet	1,1E-05	87 649	0,0
		miljön	1,1E-06	876 489	0,0
1.7	Fartyg som passerar genom parken kolliderar med ett vindkraftverk (allision)	människors hälsa och säkerhet	6,1E-03	165	3,8
		miljön	6,1E-04	1 646	2,8
<b>Kollision</b>					
2.1	Omkörningskollision	samtliga	Oförändrad frekvens med vindpark.		
2.2	Frontalkollision	samtliga	Oförändrad frekvens med vindpark.		
2.3	Korsningskollision	samtliga	Oförändrad frekvens med vindpark.		
2.4	Sammanvävningskollision	samtliga	Oförändrad frekvens med vindpark.		
2.5	Svängkollision	samtliga	Oförändrad frekvens med vindpark.		
2.6	Kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn	samtliga	4,3E-04	2 326	2,6
<b>Andra identifierade risker</b>					
3.1	Grundstötning	samtliga	Oförändrad frekvens med vindpark.		



Scenario	Fara	Riskkategori	Sannolikhet (per år)	Frekvens	
				Återkomsttid (år)	Frekvensindex (FI)
3.2	Störning av fartygsradar (target loss, små mål)	samtliga	1E+00	1	6
3.3	Störning av fartygsradar (navigationsstörning)	människors hälsa och säkerhet	4,0E-05	25 023	1,6
		miljön	4,0E-06	250 235	0,6
3.4	Störning av fartygsradar i vindparken	samtliga	6,4E-05	15 640	1,8
3.5	Vindparken försvårar sök- och räddningsaktioner	samtliga	Försvårande omständighet vid andra olycksförlopp. Frekvensen kan därför inte skattas separat.		
3.6	Vindparken förändrar isbildning	samtliga	Ingen kvantifiering utförs		
3.8	Nedfallande föremål eller kast från vindkraftverk	samtliga	1E-05	100 000	1
3.10	Kablar förhindrar nödankring	samtliga	Ingen kvantifiering görs.		
3.11	Kabelskada påverkar fartyg	samtliga	Ingen kvantifiering görs.		

## 5. Konsekvenser

Denna riskbedömning fokuserar på konsekvenserna för människors hälsa och säkerhet samt miljön vid olyckor. I Tabell 2 på sidan 15 redovisas hur konsekvenserna av en olycka, såsom dödsfall och oljeutsläpp, graderas utifrån allvarlighetsgrad på en skala från 1 till 4, motsvarande en påverkan från *ingen signifikant* till *katastrofal påverkan*.

Olika konsekvenser förväntas för olika fartygstyper och händelser. Konsekvenserna som antas i denna riskbedömning representerar ett troligt värsta scenario och sammanställs i Tabell 7. Följande regler tillämpas för att välja konsekvenser:

- Samma konsekvenser antas oavsett fartygsstorlek.
- Samma konsekvenser antas för alla fundamenttyper, inklusive flytande fundament.
- Olika konsekvenser tillämpas beroende på vilka fartyg som är involverade:
  - Konsekvenser för människors hälsa och säkerhet antas vara mer allvarliga om ett passagerarfartyg är inblandat.
  - Konsekvenser för miljön antas vara mer allvarliga om ett tankfartyg är inblandat.
- Skador på egendom (fartyg, last, vindkraftverk eller fundament) och andra ekonomiska konsekvenser uppskattas inte.
- Konsekvenser av en sammanstötning med ett manöverdugligt fartyg (högre fart) antas vara mer allvarliga än av en sammanstötning där ett fartyg driver (låg fart).
- Konsekvenser väljs konservativt.

Tabell 7. Konsekvenser som antas i ett troligt värsta scenario.

Olyckskategori	Konsekvens för människors hälsa och säkerhet (SI)	Konsekvens för miljön (SI)
Påsegling med manöverdugligt fartyg ( <i>powered allision</i> )*	Passagerarfartyg: flera omkomna (4)	Tankerfartyg: motsvarande 1 000 ton oljespill (4)
Fartygskollision	Övriga fartyg: enstaka omkomna eller flera allvarliga skador (3)	Övriga fartyg: motsvarande 10 ton oljespill (2)
Grundstötning med manöverdugligt fartyg ( <i>powered grounding</i> )		
Påsegling med ej manöverdugligt fartyg ( <i>drifting allision</i> )*	Passagerarfartyg: enstaka omkomna eller flera allvarliga skador (3)	Tankerfartyg: motsvarande 100 ton oljespill (3)
Grundstötning med ej manöverdugligt fartyg ( <i>drifting grounding</i> )	Övriga fartyg: många eller allvarliga skador (2)	Övriga fartyg: motsvarande 10 ton oljespill (2)

\* Kraften vid en kollision fördelas mellan fartyget och vindkraftverket på ett sådant sätt att inget oljeutsläpp uppstår i 90 % av fallen. Detta återspeglas inte i konsekvensen, utan i riskbedömningen.

Inga rekommendationer för åtgärder för att minska risken beaktas när de förväntade konsekvenserna beskrivs i Tabell 7 ovan. Följande grundantaganden görs, vilka påverkar sannolikheten för att konsekvensen ska falla ut:

- Tankfartyg är utrustade med dubbelskrov till följd av MARPOL-konventionen
- Drivande fartyg går att återstarta med en tidsberoende reparationssannolikhet som redovisas i bilaga C
- Vindkraftverken kan stoppas när fartyg närmar sig<sup>11</sup>
- Evakuering av besättning och passagerare initieras vid en incident
- Förberedelser för att hantera ett oljespill initieras vid en incident

<sup>11</sup> Om ett fartyg kommer in i området kan vindkraftverken stoppas och rotorerna försättas i "Bunny-ear-position" med ett blad rakt ner och två snett upp. Det råder full bemanning och övervakning och en vindturbin kan stoppas och stanna på kort tid (minutskala).

I analysen ansätts felsannolikheten på nödstopp till 10 % och 1 % när ett fartyg styr respektive driver mot parken.

Att välja en felsannolikhet på 10 % för att verkställa en nödatgärd i ett olycksförlopp är ett konservativt val sett till statistik över tekniska fel men förväntas återspegla den tillgodovarande tiden när ett fartyg kommer i hög fart. För drivande fartyg är felsannolikheten lägre, 1 %, då fartyg driver med en fart om 1-2 knop vilket ger mer tid för upptäckt och larmning samt stopp av turbinerna.

## 6. Riskanalys och riskvärdering

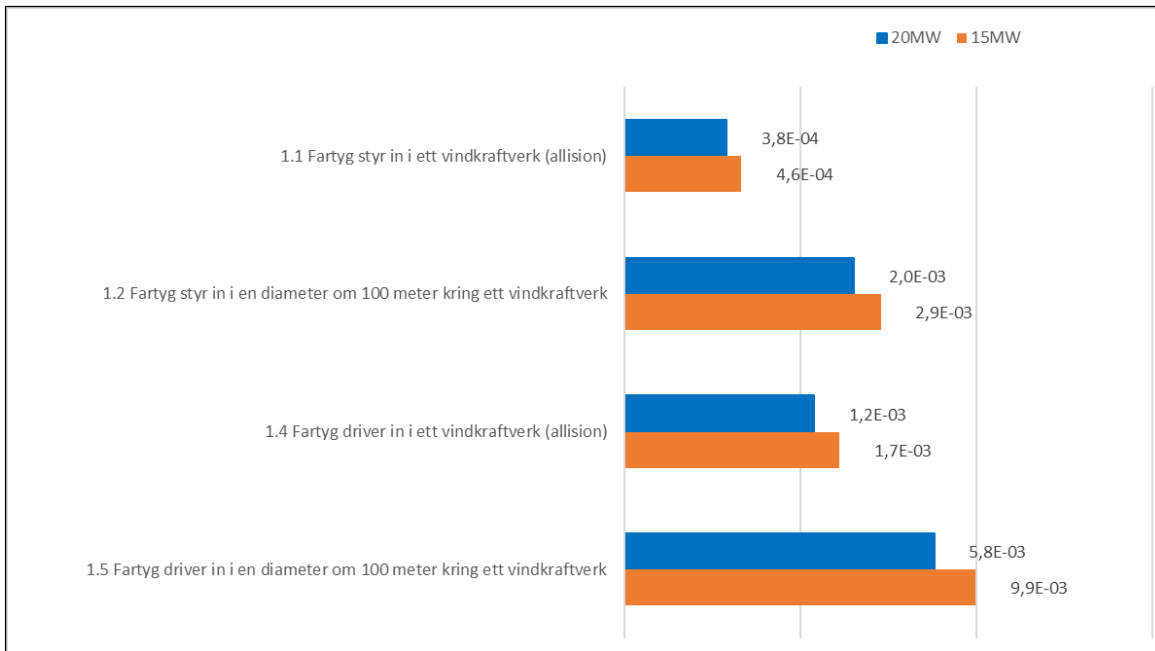
För de i avsnitt 3 identifierade riskerna beskrivs och bedöms nedan sannolikheten för att de ska inträffa samt konsekvenser om händelsen inträffar. Sannolikheten uppskattas/beräknas baserat på att inga riskreducerande åtgärder vidtas.

Avsnitten är strukturerade på ett sådant sätt att typ av händelse (olycka) beskrivs först, sedan beskrivs sannolikheten för att olyckan inträffar och därefter redovisas konsekvenserna om olyckan inträffar. Konsekvenserna beskrivs separerat beroende på vad de avser (tredje man, miljö). Avslutningsvis redovisas den sammanlagda risken beräknat utifrån sannolikhet och konsekvens för den aktuella händelsen. I de fall där risken utgörs av riskbidrag från flera olika händelser i samma kategori men med olika konsekvenser (till exempel påsegling av vindkraftverk med oljetanker eller passagerarfartyg), beräknas den totala risken för påsegling som summan av de ingående riskbidragen.

Utifrån sannolikheten och konsekvenserna för respektive händelse uppskattas den risk som tillkommer på grund av att en vindpark etableras i området jämfört med nuvarande risknivå (nollalternativet).

## 6.1 Påsegling

Påsegling innebär att ett fartyg styr eller driver in i en fast struktur (allision), i analysen avses ett vindkraftverk. Den beräknade sannolikheten för olika typer av påsegling redovisas i Figur 15.



Figur 15. Frekvens påsegling per år. Sannolikhet för olika påseglingsscenarioer med 121 vindkraftverk à 15 MW och med 90 vindkraftverk à 20 MW. Notera att skalan är logaritmisk och att det finns ytterligare faktorer som påverkar om scenarierna slutar i en olycka med påverkan på människors hälsa och säkerhet eller miljön. Dessa faktorer redogörs för i respektive avsnitt nedan. Detta gäller särskilt scenario 1.2 och 1.5 som i figuren enbart visar frekvensen för att fartyg hamnar inom 100 meter från ett vindkraftverk, vilket är en incident och inte en olycka.

Det framgår av Figur 15 att det är layouten med 121 stycken 15 MW-vindkraftverk som för scenario 1.1, 1.2, 1.4 och 1.5 innebär störst sannolikhet för allision eftersom den utformningen innebär fler turbiner att kollidera med och kortare avstånd mellan vindkraftverken. Denna högre sannolikhet används konservativt i analysens riskuppskattning.

### 6.1.1 Påsegling av vindkraftverk med manöverdugligt fartyg

Navigerande fartyg som passerar Ran kan på grund av mänskliga eller tekniska faktorer oavsiktligt styra in i vindparken och styra på ett vindkraftverk (allision). Sannolikheten för att en undanmanöver inte kommer att vara framgångsrik i en sådan situation antas i modelleringen vara  $1,6 \cdot 10^{-4}$  (Engberg, 2019).

Eftersom scenariot går snabbt tillgodos räknas inga avhjäljande eller konsekvenslindrande åtgärder såsom evakuering av passagerare eller förberedelser till hantering av en oljespillolycka i riskbedömningen.

Följande bedömning har gjorts av konsekvenser och resulterande risk för **scenario 1.1** (se Tabell 8). För fartyg som styr in i ett vindkraftverk (med en antagen diameter om 20 meter) antas sammanstötning med vindkraftverket ske i full fart. Frekvensen för detta beräknas till  $4,6 \cdot 10^{-4}$  per år. Vilka konsekvenser som erhålls för de olika fartygskategorierna beskrivs i kapitel 5.

Tabell 8. Beräknad risk avseende människor respektive miljö för allision mellan manöverdugligt fartyg och vindkraftverk. FI, SI och RI definieras i kapitel 1.3. Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller acceptabel givet att rimliga åtgärder vidtas (gul).

Scenario	Fara	Riskkategori <sup>12</sup>	Frekvens (FI)	Konsekvens (SI)	Risk (RI)
1.1	Fartyg styr in i ett vindkraftverk (allision)	människors hälsa och säkerhet	2,7	3,0	5,7
		miljön	1,7	2,6	4,3

### 6.1.2 Påsegling av vindkraftverk med drivande fartyg

Fartyg som passerar Ran kan på grund av tekniskt fel (till exempel blackout) förlora manöverdugligheten och börja driva. Beroende på vindriktning kan fartyget driva in i vindparken och driva på ett vindkraftverk (allision). Förloppet kan avbrytas om felet blir avhjälpt eller genom nödankring alternativt nödbogsering av fartyget.

Frekvensen för fartygsblackout ligger på ungefär en blackout per år (antalet blackouter för ett visst fartyg kommer vanligtvis att ligga i intervallet från 0,1 till 2 blackouter per år) (Engberg, 2019). Den faktiska frekvensen beror på graden av redundans och fartygets underhållsstatus. Färjor och Ro/Ro-fartyg har generellt en hög grad av inbyggd redundans i maskinrummet (två till fyra motorer) och har därför en lägre frekvens för blackout (~0,1 per år). För andra fartygstyper är frekvensen för blackout högre (~0,75 per år).

För ett drivande fartyg kan det finnas tid att vidta konsekvenslindrande åtgärder såsom att nödankra, evakuera besättning och passagerare från det drivande fartyget samt förbereda livräddning och hantering av utsläpp om fartyget skulle driva mot ett vindkraftverk.

Följande bedömning har gjorts för **scenario 1.4** (se Tabell 9). Fartyg som driver in i ett vindkraftverk (med en antagen diameter om 20 meter) antas kollidera med vindkraftverket i en fart av 1-2 knop. Frekvensen för detta beräknas till  $1,7 \cdot 10^{-3}$  per år. Vilka konsekvenser som erhålls för de olika fartygskategorierna beskrivs i kapitel 5.

Tabell 9. Beräknad risk avseende människor respektive miljö för allision mellan drivande fartyg och vindkraftverk. FI, SI och RI definieras i kapitel 1.3. Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller acceptabel givet att rimliga åtgärder vidtas (gul).

Scenario	Fara	Riskkategori <sup>13</sup>	Frekvens (FI)	Konsekvens (SI)	Risk (RI)
1.4	Fartyg driver in i ett vindkraftverk (allision)	människors hälsa och säkerhet	3,2	2,0	5,2
		miljön	2,2	1,4	4,6

<sup>12</sup> Scenariot antas alltid leda till konsekvenser för människors hälsa och säkerhet. Miljökonsekvenser antas 1 gång per 10 olyckor.

<sup>13</sup> Scenariot antas alltid leda till konsekvenser för människors hälsa och säkerhet. Miljökonsekvenser antas 1 gång per 10 olyckor.

### 6.1.3 Fartyg styr eller driver nära vindkraftverk och träffas av ett rotorblad

Det finns några faktorer och antaganden som påverkar hur ofta fartyg förväntas träffas av ett rotorblad (scenario 1.2 och 1.5), varav några som kan nämnas är att:

- Frekvensen för att fartyg styr in inom en diameter av 100 meter från ett vindkraftverk och därmed är exponerade för rotorbladen beräknas i IWRAP till  $2,9 \cdot 10^{-3}$  respektive  $9,9 \cdot 10^{-3}$  per år för Ran.
- Inte alla fartyg är så höga att de når rotorbladens svepyta. Bedömning av andelen fartyg som kan träffas av ett rotorblad görs baserat på uppgifter om fartygstyp och fartyglängd i resultatet från IWRAP.
- När ett fartyg närmar sig kan en nödavstängningsfunktion av vindkraftverken aktiveras, på plats eller fjärrstyrd. Denna funktion har hög tillförlitlighet.
- För drivande fartyg är den tillgodovarande tiden innan fartyget når ett vindkraftverk tillräcklig för att konsekvenslindrande åtgärder som evakuering av passagerare eller förberedelser till hantering av oljespill är möjliga.

Baserat på dessa faktorer och antaganden beräknas scenariot att ett fartyg styr eller driver in i närheten av vindkraftverk och träffas av ett rotorblad vara en *mycket sällsynt* händelse där den mest sannolika olyckskategorin är ett drivande fartyg med konsekvenser för människors hälsa och säkerhet. Sett till de fartygstyper som bidrar till frekvensen erhålls mest allvarliga konsekvenser vid en olycka med ett navigerande fartyg och kopplat till miljön. Sammantaget bedöms den resulterande risken vara acceptabel (se Tabell 10).

Tabell 10. Beräknad risk för människors säkerhet samt miljö för fartyg som styr eller driver nära ett vindkraftverk och träffas av ett turbinblad. FI, SI och RI definieras i kapitel 1.3. Riskindexets färger indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller kräver åtgärd (gul).

Scenario	Fara	Riskkategori <sup>14</sup>	Frekvens (FI)	Konsekvens (SI)	Risk (RI)
1.2	Fartyg styr in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingspets	människors hälsa och säkerhet	0,0	3,1	3,1
		miljön	0,0	3,1	3,1
1.5	Fartyg driver in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingspets	människors hälsa och säkerhet	1,1	2,1	3,2
		miljön	0,1	1,5	2,5

### 6.1.4 Fartyg som passerar genom parken styr eller driver in i ett vindkraftverk

Fartygstrafiken över parkområdet är i dagsläget begränsad (färre än 2 fartyg per dygn). Andelen med en längd under 100 meter är mellan 2 och 3 fartyg per dygn (varav 44 % lastfartyg, 1 % tankfartyg och 55 % övriga fartyg).

<sup>14</sup> Scenariot antas alltid leda till konsekvenser för människors hälsa och säkerhet. Miljökonsekvenser antas 1 gång per 10 olyckor.

**Scenario 1.7** innebär att ett fartyg navigerar genom parken och där kolliderar med ett vindkraftverk på grund av ett mänskligt eller tekniskt fel. Endast mindre fartyg förväntas ta en kurs genom parken. Fartyg längre än 100 meter förväntas normalt aldrig planera sin rutt genom parken eftersom det vore en överträdelse av skyldigheterna i COLREG. Sannolikheten för att ett mindre utomstående fartyg seglar på ett vindkraftverk beräknas till  $6,1 \cdot 10^{-3}$  per år<sup>15</sup>.

Konsekvensen av att ett fartyg med en längd under 100 meter styr eller driver in i ett vindkraftverk är flera skadade och var tionde gång ett utsläpp om 1 ton olja. Vid påsegling i hög fart antas enstaka dödsfall kunna inträffa.

Riskbedömningen sammanställs i Tabell 11.

Tabell 11. Beräknad risk avseende människor respektive miljö för scenariot Utomstående trafik i parken styr på ett vindkraftverk. FI, SI och RI definieras i kapitel 1.3. Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller acceptabel givet att rimliga åtgärder vidtas (gul).

Scenario	Fara	Riskkategori <sup>16</sup>	Frekvens (FI)	Konsekvens (SI)	Risk (RI)
1.7	Fartyg som passerar genom parken kolliderar med ett vindkraftverk (allision)	människors hälsa och säkerhet	3,8	2,7	6,5
		miljön	2,8	1,0	3,8

### 6.1.5 Påsegling (allision) av vindkraftverk på grund av begränsad sikt eller skymda sjösäkerhetsanordningar

Begränsad sikt ökar sannolikheten för att ett fartyg oavsiktligt navigerar in i ett vindkraftverk. Mörker, regn, dimma, snöfall och is är faktorer som leder till sämre sikt. En ytterligare påverkan på sjöfarten vid etablering av vindkraft till havs är att en park kan skymma befintliga sjösäkerhetsanordningar (SSA), exempelvis fyrar.

**Scenario 1.8** innebär att vindkraftverkens synlighet är begränsad vid dimma, regn och mörker, vilket ökar sannolikheten för att fartyg ska styra in i ett vindkraftverk.

Fartyg är generellt utrustade med flera system för informationsinhämtning för navigeringsändamål, såsom AIS och fartygsradar. Det krävs således i tillägg ett mänskligt eller tekniskt fel för att begränsad synlighet ska leda till allision med vindkraftverk. Scenariot kan bidra till andra påseglingsrisker (se avsnitt 6.1.1, 6.1.3 och 6.1.4).

Siktpåverkan är invägd i sannolikheten att missa undanmanöver som beskrivs i avsnitt 6.1.1 och ingår således i riskuppskattningen för ovan listade händelser med påsegling av vindkraftverk. I tillägg föreslås riktade åtgärder för att undvika risken med begränsad sikt.

Radarstörningar från vindkraftverken kan innebära att förmågan att navigera i dåligt väder, vid dimma eller i mörker förändras. Denna risk hanteras vidare i avsnitt 6.4.

<sup>15</sup> Beräkningen utgår från att fartyg <100 meter fortsatt kommer gå genom parken (motsvarande 2,4 fartyg per dygn) och att ett fartyg i genomsnitt befinner sig 1 timme i parken. Samma sannolikheter för blackout som i avsnitt 6.1.2 nyttjas och i enlighet med förhållandet i där antas att 4 % av alla händelser där fartyg driver leder till påsegling (allision). Påsegling uppskattas ske lika frekvent med navigerande som med drivande fartyg som styr mellan vindkraftverken.

<sup>16</sup> Scenariot antas alltid leda till konsekvenser för människors hälsa och säkerhet. Miljökonsekvenser antas 1 gång per 10 olyckor.



I detta, **scenario 1.8**, hanteras även att vindparker kan skymma befintliga SSA och därmed försvåra fartygsnavigering.

I ett sjökort anges en fyrs nominella lysvidd (nedan angiven i parentes efter respektive fyr). En nominell lysvidd är det avstånd som fyrlyuset kan iakttas vid en sikt som motsvarar meteorologiska siktförhållanden på 10 M när observatörens ögonhöjd över vattnet är 15 meter. Den skiljer sig från den geografiska lysvidden<sup>17</sup> som beror av fyrlyusets höjd och observatörens ögonhöjd över vattnet, det är en teoretisk lysvidd. Oftast är den geografiska lysvidden längre än den nominella. Den verkliga lysvidden är beroende av fyrlyuset och observatörens höjd över havet, jordens krökning, fyrlyusets färg och rådande siktförhållanden. (Sjöfartsverket, 2022)

Fyrarna *Fårösund S* (7 M), *Grundet* (6 M) och *Magö* (7 M) har nominella lysvidder som är kortare än avståndet mellan aktuell fyr och Rans projektområdet. Detta innebär att dessa fyror främst används av fartyg som navigerar mellan Gotlands kust och Ran, även om den faktiska lysvidden kan vara längre.

Fyrarna *Grauten* (7 M) och *Bungeör* (9 M) har båda nominella lysvidder som slutar inne i Rans projektområde. Sannolikt är det därför så att det är få, om ens några, fartyg som passerar öster om Ran som ser och har användning av dessa fyror.

Fyrarna *Fårö* (16 M) och *Östergarn* (10 M) har båda nominella lysvidder som går genom och förbi etableringen av Ran, i vissa vinklar. För *Fårö* kan den nordöstra delen av Ran komma att blockera en liten del av fyrens synbarhet för fartyg i fartygsstråket Ölands södra udde – Finska viken. För *Östergarn* kan den södra delen av Ran blockera en liten del av fyrens synbarhet för fartyg i samma fartygsstråk.

Ran kan påverka vissa fartygs möjlighet att se vissa fyror, från vissa vinklar.

Sammantaget är begränsad sikt och skymda sjösäkerhetsanordningars påverkan på olyckor i området svår att värdera. De ingår som en bidragande faktor i övriga påseglingsscenarier men scenariot 1.8 klassificeras konservativt som *ALARP*.

Vindkraftverk är bra referenspunkter för navigation och vindparken i sig är en mycket tydlig referenspunkt och verken kommer dessutom att markeras enligt IALA:s rekommendationer. Under dagtid, och vid god sikt, kommer vindparken att vara synlig visuellt från fartyg som använder omgivande sjövägar.

Vindkraftverken kommer även att vara utrustade med fasadbelysning, vilket ökar synligheten och orienteringsmöjligheten även i mörker. Vidare kommer vindkraftverken att utgöra goda radarmål (referenspunkter för fartygsradar) vilket ytterligare bidrar till säker fartygsnavigering, se även avsnitt 6.4. Detta innebär att även om sjösäkerhetsanordningar kan komma att skymmas kommer vindparken att utgöra en ny tydlig referenspunkt för navigation. Dessutom kommer fartygstrafiken runt vindparken att övervakas och fartyg på fel kurs kommer att kunna upptäckas med både radar och AIS-signal.

---

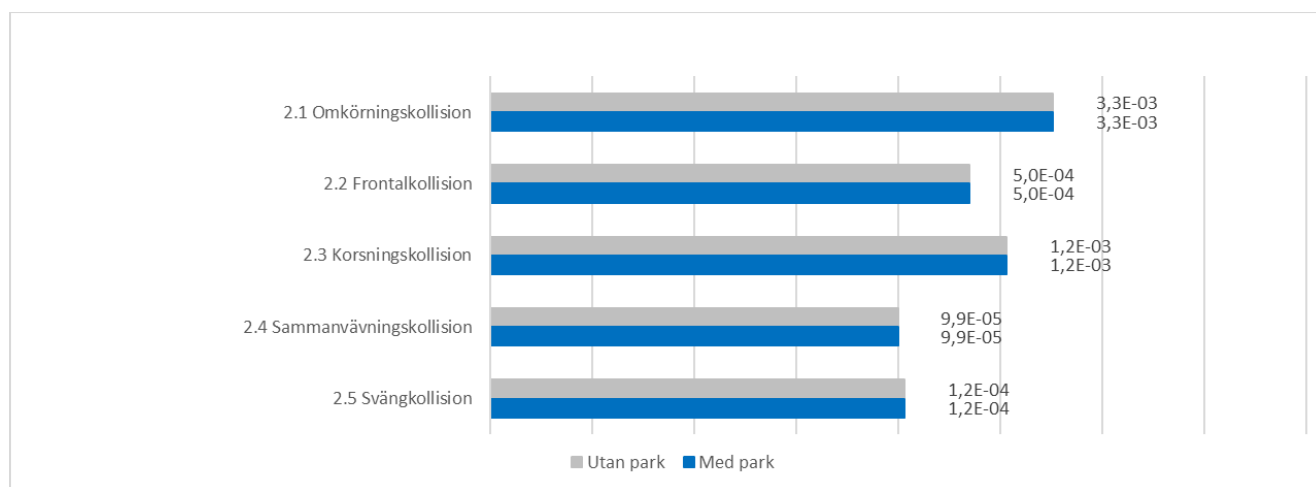
<sup>17</sup> Bestäms av fyrlyusets och observatörens höjd över vattnet, jordens rundning och ges av formeln:  
 $2,06 \times (\sqrt{hf} + \sqrt{h_0})$ , där  $hf$  är fyrlyusets höjd i meter över vattenytan och  $h_0$  är ögats höjd i meter över vattenytan (Sjöfartsverket, 2022)

## 6.2 Fartygskollision

När Ran etablerats förväntas ingen signifikant påverkan på trafikmönstret utanför parkområdet och följaktligen inga förändringar i situationer där kollisioner kan uppstå. Detta innebär att sannolikheten för kollisioner inte påverkas av etablering av Ran.

### 6.2.1 Omkörningskollision, frontalkollision, korsningskollision, sammanvåvningskollision och svängkollision

Den beräknade sannolikheten för olika typer av kollisioner med och utan park redovisas i Figur 16.



Figur 16. Frekvens för kollisioner per år, för området runt Ran<sup>18</sup>. Sannolikhet för olika kollisionstyper utan park (nollalternativet) och med park (grundfallet). Notera att skalan är logaritmisk och att sannolikheten för omkörningskollision (2.1) är en tiopotens högre än sannolikheten för till exempel frontalkollision (2.2).

Den risk för fartygskollision som är viktig att undersöka i en riskanalys för en vindpark är om det uppstår någon ny kollisionsrisk på grund av etableringen av parken. En sådan risk kan identifieras genom att studera om det blir någon skillnad i frekvens för fartygskollision med och utan vindpark. Som framgår av Figur 16 beräknas Ran inte orsaka något sådant riskbidrag under driftfasen.

Tabell 12. Beräknad risk avseende människor respektive miljö för olika kollisionstyper. FI, SI och RI definieras i kapitel 1.3.

Scenario	Fara	Frekvens	Typkonsekvens (SI)		Risk (RI)	
		(FI)	människor	miljö	människor	miljö
2.1	Omkörningskollision	Oförändrad frekvens med vindpark	-	-	Oförändrad risk med vindpark	
2.2	Frontalkollision	Oförändrad frekvens med vindpark	-	-	Oförändrad risk med vindpark	
2.3	Korsningskollision	Oförändrad frekvens med vindpark	-	-	Oförändrad risk med vindpark	
2.4	Sammanvåvningskollision	Oförändrad frekvens med vindpark	-	-	Oförändrad risk med vindpark	
2.5	Svängkollision	Oförändrad frekvens med vindpark	-	-	Oförändrad risk med vindpark	

<sup>18</sup> Området som kollisionsfrekvensen beräknats för avser en rektangel på cirka 50 km i varje riktning från parken, motsvarande AIS-dataområdet.

För detaljer kring frekvensuppskattningen hänvisas till bilaga C.

## 6.2.2 Kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn

**Scenario 2.6** innebär att arbets- eller servicefartyg under drift-, konstruktions- eller avvecklingsfas kolliderar med ett fartyg i etablerat fartygsstråk på väg till eller från parken.

Trafiken under driftfasen består av enstaka passager per dygn och bedöms utgöra ett litet riskbidrag.

Analysen av kollisionsrisken under anläggningsfasen har gjorts baserat på en uppskattning av det årliga antalet tur- och returresor för etablering av Ran som i det mest utmanande fallet uppgår till drygt 1 600 resor under byggtiden (fördelat på 5 år).

Tabell 13. Skattning av totalt antal turer med arbetsfartyg för uppförande av Ran.

Moment	Fartyg	121 vindkraftverk	90 vindkraftverk
Bevakning	Guard vessel Alpha	263	196
Fundament	Feeder Alpha	33	24
Fundament	Feeder Bravo	33	24
Fundament	Dredge	198	147
Fundament	Jackup Alpha	20	15
Fundament	Bubble Alpha	13	10
Fundament	Scour Alpha	20	15
Fundament	Scour Bravo	20	15
Fundament	CTV Alpha	132	97
Kablar	Feeder Charlie	13	10
Kablar	Cable Installation	13	10
Kablar	Scour Charlie	53	39
Kablar	CTV Bravo	132	97
Vindkraftverk	Feeder Echo	33	24
Vindkraftverk	Feeder Golf	33	24
Vindkraftverk	Jackup Bravo	20	15
Vindkraftverk	CTV Charlie	198	147
Vindkraftverk	CTV Echo	198	147
Driftsättning	CTV Foxtrot	198	147
<b>Totalt antal - Tur och retur</b>		<b>1618</b>	<b>1203</b>

Om trafiken förenklat<sup>19</sup> utgår från Slite kan arbetsfartygen antas vika av från fartygsstråket mot Salvorev till och från vindparken. En IWRAP-modellering görs genom att skala upp trafikvolymen från Slite och i ett tillkommande stråk som motsvarar ökningen av antalet årliga passager. Härvid erhålls en kollisionsfrekvens för arbetsfartyg på väg till/från hamn på  $4,3 \cdot 10^{-4}$  per år under byggtiden.

Samma konsekvenser som för frontalkollision mellan fartyg i fartygsstråken antas vilken redovisas i Tabell 14 viktad mot trafikammansättningen.

<sup>19</sup> Stora anläggningsfartyg med vindkraftskomponenter utgår troligen från andra hamnar.

Tabell 14. Beräknad risk avseende människor respektive miljö för scenariot Kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn. FI, SI och RI definieras i kapitel 1.3. Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller acceptabel givet att rimliga åtgärder vidtas (gul).

Scenario	Fara	Frekvens	Typkonsekvens (SI)		Risk (RI)	
		(FI)	människor	miljö	människor	miljö
2.6	Kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn, under byggtid	2,6	3,1	3,3	5,8	6,0

Kollisionsrisken under avvecklingsfasen förväntas täckas in av beräkningen för anläggningsfasen.

## 6.3 Grundstötning

Frekvensen för grundstötning har beräknats för fartyg i området med tillgänglig AIS-data och batymetridata (bottendjupsdata). Frekvensen för grundstötning beräknas i IWRAP till  $6,8 \cdot 10^{-1}$  per år, motsvarande en återkomsttid på 1,5 år, såväl med som utan etablering av Ran. Med andra ord påverkas inte grundstötningsfrekvensen av parken. Skälet är att vindparken inte förväntas leda till signifikanta förändringar i trafikmönster, och därmed inte till fler situationer där grundstötning inträffar. Parken ger således inte upphov till något tillskjutande riskbidrag avseende grundstötning.

## 6.4 Störning av radar och navigationssystem

Störningar på radar- och navigationssystem kan resultera i en svårtolkad eller missvisande lägesbild vilket innebär ett mer komplext och ibland felaktigt underlag vid navigering utmed en vindkraft- eller energipark.

### 6.4.1 Störning av fartygsradar (target loss)

Vindkraftverken kan försämra möjligheten att med fartygsradar upptäcka fartyg i närheten av vindparken samt fartyg som är placerade framför och bakom parken. **Scenario 3.2** innebär att radarstörningar av typen small target loss orsakar kollision mellan fartyg, se även bilaga B.

För trafik som passerar Ran på ett närmare avstånd till parken än 1,5 M kan radarstörningar uppstå. Fartyg kan ha sin S-bandsradar inställd så target loss uppkommer<sup>20</sup>. Händelsen bedöms som sannolik (frekvensindex ansätts till 6).

Dock förväntas störningen inte leda till konsekvensen att fartyg kolliderar. Radarstörningar är ett välbekant fenomen i yrkestrafiken och förekommer på fler platser än vid vindkraftverk. Det finns rutinåtgärder för att minimera störningarna som sjöbefäl känner till.

Därtill är stora fartyg utrustade med flera system för informationsinhämtning av underlag för säker navigering. X-bandsradar ger en mer högupplöst information

<sup>20</sup> Andra störningar såsom falska radarekon kan också uppträda på detta avstånd men anges bli problematiska för navigationen först på avstånd kortare än 0,25 NM (500 m) vilket således inte utgör någon risk för trafik i fartygsstråken.

om mål i närheten jämfört med S-bandsradar och dessutom används AIS-data som komplement till radarbilden om små fartyg i närheten faller bort från radarskärmen.

Radarpåverkan i sig förväntas således inte förorsaka någon kollision mellan fartyg som passerar parken. Konsekvensen antas vara "ingen allvarlig påverkan" (1).

I Tabell 15 sammanställs sannolikhet, konsekvens och risk för scenario 3.2.

Tabell 15. Uppskattad risk avseende människor respektive miljö för scenariot Störning av fartygsradar (target loss). FI, SI och RI definieras i kapitel 1.3. Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller acceptabel givet att rimliga åtgärder vidtas (gul).

Scenario	Fara	Frekvens	Konsekvens (SI)		Risk (RI)	
		(FI)	människor	miljö	människor	miljö
3.2	Störning av fartygsradar (target loss)	6	1	1	7	7

#### 6.4.2 Störning av fartygsradar (navigationsstörning)

Vindparken antas i **scenario 3.3** orsaka så stora störningar på fartygsradar, AIS, VHS, GPS och andra navigations- och kommunikationssystem att fartygstrafik först navigerar fel och därefter kolliderar med ett vindkraftverk.

Det är många barriärer innan en störning på fartygsradar och annan navigationsutrustning gör att ett fartyg som passerar parken kör in i ett vindkraftverk (konsekvensen antas konservativt vara densamma som i scenario 1.3).

Påverkan på fartygsradar och annan navigationsutrustning bedöms i utgångsläget vara begränsad för trafik som inte färdas i direkt anslutning till parken. För X-bandsradar, AIS, GPS och VHS-radio uppträder eventuella störningar först i den absoluta närheten till vindkraftverken (inom 0,25 M). Störningar på S-bandsradar kan förekomma på längre avstånd och riskerna med detta beskrivs i avsnitt 6.4.1. Själva vindkraftverken förväntas inte försvinna från radarn men kan ge upphov till falska eko och klutter vilket ger ett mer komplext informationsunderlag. Reflektioner från stora, massiva föremål kan lokalt leda till multipathfenomen med GPS och i närhet till vindkraftverken även med DGPS<sup>21</sup>. Radioskugga för VHS och AIS kan lokalt förekomma. Sannolikheten för störningar på fartygens X-bandsradar och annan navigationsutrustning bedöms som låg för varje enskilt fartyg eftersom de allra flesta fartyg förväntas passera vindparken på ett avstånd större än 0,25 M. Sett till mängden trafik som passerar förväntas dock enstaka fall av påverkan på fartygsradar och annan navigationsutrustning (flera fartyg varje år).

Störningar på utrustning förväntas inte slå ut fartygs förmåga att navigera säkert. Fartyg är utrustade med ett flertal navigationssystem som bygger på skilda tekniska lösningar vilka tillsammans utgör tillräckligt underlag för att bestämma position, riktning och avstånd till hinder såsom vindkraftverk även om ett eller

<sup>21</sup> Differentiell GPS (Differential Global Positioning System) är en relativ GPS-mätning, det vill säga en metod där korrekationer för systematiska felkällor beräknas på en referensstation och sänds till mobila GPS-mottagare som korrigerar sina mätningar med hjälp av dessa korrekationer. Med differentiell GPS uppnås en noggrannhet inom 0,5-5 m.

flera system ger felaktig information eller är otillgängliga. Att ett passerande fartyg drabbas av så stora störningar på informationsbilden att det tar fel kurs, mot vindparken, bedöms konservativt vara en trolig händelse som inträffar minst en gång vart tionde år<sup>22</sup>. I sannolikheten vägs dock också in att felet förväntas kunna identifieras och åtgärdas innan kollision med ett vindkraftverk. Den betingade sannolikheten att ett fartyg inte upptäcker felaktig kurs innan det hamnar i vindparken sätts till 1 % (1 gång av 100 när fartyg är på fel kurs). Därpå ansätts den betingade sannolikheten för allision med ett vindkraftverk till 4 %. Av dessa antas 10 % resultera i en miljöolycka.

Parken bedöms vara en mycket tydlig visuell navigationspunkt och kommer dessutom att märkas ut, se åtgärder i kapitel 7. Dagtid under normala förhållanden kommer parken vara visuellt synlig från fartyg som trafikerar omgivande trafikstråk. Vindkraftverken kommer också förses med fasadbelysning och ID numrering vilket ökar synlighet och orienterbarhet även i mörker. Vissa av vindkraftverken utrustas också med hinderbelysning.

Sammanfattningsvis är sannolikheten att störningar från vindkraftverken på detta avstånd ger så pass missvisande information att det leder till felnavigation och kollision med ett vindkraftverk försumbar i jämförelse med andra orsakande faktorer. Scenariot som leder till kollision förutsätter såväl att fartyg navigerar utanför fartygsstråken som dålig sikt som att alternativa navigationssystem inte nyttjas, och att ett fartyg som oavsiktligt hamnar i parken styr in i och kolliderar med ett vindkraftverk.

Risken för att störning av fartygsradar och annan navigationsutrustning orsakar att fartyg oavsiktligt navigerar in i parken och kolliderar med ett vindkraftverk beräknas således vara acceptabel.

Sannolikhet, konsekvens och risk för scenario 3.3 sammanställs i Tabell 16.

Tabell 16. Beräknad risk avseende människor respektive miljö för scenariot Störning av fartygsradar (navigationsstörning). FI, SI och RI definieras i kapitel 1.3. Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller acceptabel givet att rimliga åtgärder vidtas (gul).

Scenario	Fara	Riskkategori <sup>23</sup>	Frekvens (FI)	Konsekvens (SI)	Risk (RI)
3.3	Störning av fartygsradar (navigationsstörning)	människors hälsa och säkerhet	1,6	3,1	4,7
		miljön	0,6	3,1	3,7

### 6.4.3 Störning av fartygsradar i vindparken

Trafik som färdas i omedelbar närhet till vindkraftverk (inom 0,25 M) kan erhålla störningar på fartygsradar, AIS, VHS och GPS. Vindparken antas i **scenario 3.4** orsaka så stora störningar på radar och andra navigations- och informationssystem att trafik i parken styr in i ett annat fartyg eller ett vindkraftverk.

På grund av den låga trafikintensiteten bedöms risken att ett utomstående fartyg kolliderar med ett annat fartyg i vindparken vara försumbar, se motivering i Tabell

<sup>22</sup> Felaktig kurs i annan riktning leder till att störningarna från vindparken minskar och informationsbilden återgår till att bli entydig och korrekt.

<sup>23</sup> Scenariot antas alltid leda till konsekvenser för människors hälsa och säkerhet. Miljökonsekvenser antas 1 gång per 10 olyckor.

5 i avsnitt 3. Denna slutsats kvarstår även med hänsyn till radarstörningar som orsak eftersom antalet fartyg att kollidera med fortfarande är mycket litet.

Risken för utomstående trafik att kollidera med ett vindkraftverk värderas i avsnitt 6.1.4. Där antas att det är mindre fartyg som väntas ta kurs genom parken. Vägs störningar på radar och andra system in så ökar risken i olika utsträckning beroende på fartygets storlek och utrustning<sup>24</sup>:

- Fritidsbåtar navigerar inte med hjälp av radar i samma utsträckning som handelsfartyg. Lekmän som trots allt navigerar med radar genom vindparken kan misstolka radarbilden (precis som i skärgårdar och på andra platser där radarstörningar kan förekomma). Eftersom ytterst få fritidsbåtar rör sig i området ger detta ett försumbart riskbidrag som inte beaktas vidare.
- Fartyg med en bruttodräktighet mindre än 300 ton har inga krav på redundanta navigationssystem eller AIS och riskerar således, vid dåliga siktförhållanden och radarstörningar, att navigera fel baserat på missvisande information.
- Fartyg med en bruttodräktighet på 300 ton och uppåt har krav på AIS. För ännu större fartyg tillkommer krav på oberoende radar och målföljningssystem. Om fartyg av denna storlek tar vägen genom parken finns således förutsättningar för en god informationsbild även vid dålig sikt och störningar på något system. Störningar på AIS, VHS och GPS är generellt mycket lokala och löses när fartygen flyttar sig. Eftersom ytterst få stora fartyg förväntas röra sig genom området samt att dessa har flera oberoende navigationssystem ger detta ett försumbart riskbidrag som inte beaktas vidare. Stora fartyg genom parken innebär en risk på grund av det begränsade manöverutrymmet, men denna risk drivs inte av missvisande radarbild.

Sammanfattningsvis utgörs risken av utomstående fartyg i parken med en bruttodräktighet på cirka 20–300 ton som navigerar i dålig sikt med endast en radar som hjälpmedel och kör in i ett vindkraftverk. Att ett sådant fartyg drabbas av radarstörningar som leder till felaktiga beslut antas konservativt inträffa 10 gånger per år (vilket motsvarar en händelse under ett oväder per månad och ett fartyg per oväder). Den betingade sannolikheten för allision med ett vindkraftverk sätts till 4 %. När fartyget närmar sig ett vindkraftverk antas felet kunna identifieras. Sannolikheten att en undanmanöver inte kommer att vara framgångsrik när den krävs sätts fortsatt till  $1,6 \cdot 10^{-4}$  (Engberg, 2019). Konsekvensindex sätts till 2 för såväl människor som miljö baserat på erfarenheter från liknande olyckor, se avsnitt 2.4.

I Tabell 17 sammanställs sannolikhet, konsekvens och riskindex för scenario 3.4.

<sup>24</sup> För den yrkesmässiga sjöfarten finns krav på navigationsutrustning som gäller alla fartyg över viss storlek och samtliga passagerarfartyg och tankers. Kraven specificeras i kapitel V i SOLAS-konventionen (IMO, 2002) och beskrivs av Transportstyrelsen i TSFS 2011:2. navigationssäkerhet och navigationsutrustning. I korthet innebär kraven att huvuddelen av de fartyg som framförs i svenska farvatten är utrustade med bland annat standardmagnetkompass, elektroniska sjökortssystem, en GPS-mottagare, AIS och radar (för större fartyg på redundanta frekvensband och med plottfunktion såsom ARPA) eller motsvarande.

Tabell 17. Beräknad risk avseende människor respektive miljö för scenariot Störning av fartygsradar i vindparken. FI, SI och RI definieras i kapitel 1.3. Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller acceptabel givet att rimliga åtgärder vidtas (gul).

Scenario	Fara	Frekvens	Typkonsekvens (SI)		Risk (RI)	
		(FI)	människor	miljö	människor	miljö
3.4	Störning av fartygsradar i vindparken	1,8	2	2	3,8	3,8

#### 6.4.4 Vindparken försvårar sök- och räddningsaktioner

Vindkraftverk till havs kan, dels på grund av radar- och kommunikationsstörningar, dels på grund av att vindkraftverken utgör fysiska hinder, påverka räddningsaktioner negativt (PIANC, 2018). Nödanrop riskerar att försvåras från platser som ligger i direkt radioskugga från vindkraftverken. Störningar på radar, påverkan på positionsrapportering inklusive AIS-rapportering och alternativa navigationsstöd tillsammans med dålig sikt kan leda till en stressig beslutssituation ombord på ett räddningsfartyg i samband med en sök- eller räddningsaktion. Radiopejling kan försvåras, se även bilaga B.

**Scenario 3.5** är i sig inte en inledande händelse men en faktor som försvårar sök- och räddningsaktioner. I nuläget är det mycket ovanligt med räddningsinsatser i området men beaktat hypotesen att uppförandet av en vindpark skulle kunna öka olycksrisken så kan även behovet av räddningsinsatser öka.

Vid en olycka i eller i närheten av vindkraftsparken kan navigeringen försvåras, både för räddningsfartyg och räddningsflyg eller helikoptrar. Detta medför också att sökandet efter olycksdrabbade begränsas då delar av räddningsbesättningen behöver fokusera på att ta sig fram mellan vindkraftverken snarare än att söka efter olycksdrabbade människor och/eller fartyg. Även besättningen på det olycksdrabbade fartyget behöver lägga mer fokus på omgivningen för att inte riskera att kollidera med ett vindkraftverk.

Sökandet kan också underlättas av att vindparken är väl synlig, att hela parkområdet övervakas och hjälp med navigering kan därför ske. Därutöver kommer de enskilda vindkraftverken att ha unika ID-nummer vilket också möjliggör en exaktare positionsangivelse samt referenspunkt för nödsatta människor i anslutning till vindparken. Likaså finns utrustning i parken som kan underlätta räddningsaktioner.

Fysiskt förväntas dock inte vindkraftverken utgöra något större hinder för sök- och räddningsaktioner eftersom avståndet mellan vindkraftverken och avståndet mellan havsytan och lägsta vingpets (>20 meter) ger utrymme för räddningsbåtar att köra mellan vindkraftverken. Därutöver är avstånden mellan vindkraftverken minst cirka 1 000 meter.

Eftersom osäkerheterna är stora kan varken sannolikhet eller konsekvens uppskattas kvantitativt med sådan noggrannhet som gör att slutsatser kan dras för detta scenario. Sannolikheten är betingad vid behov av sök- och räddningsinsatser. Konsekvensen kan eventuellt innebära en något svårare räddningsinsats om en olyckshändelse skulle inträffa.

Sammanfattningsvis betraktas risken som en försvårande omständighet vid andra olycksförlopp. Den kan inte enkelt värderas på samma skala som övriga risker men klassas som risknivå ALARP för vidare hantering.



## 6.5 Vindparken förändrar isbildning

I **scenario 3.6** är risken kopplad till att vindparken förändrar isbildningen i området. När vindkraft- eller energiparker etableras till havs uppstår fasta punkter som möjliggör isbildning vid vindkraftverken. På grund av djupet runt Ran krävs betydande kyla och lugnt vatten under en längre period för att havsis ska växa till kring fundamenten. Detta förväntas endast ske under svåra isvintrar vilket historiskt inträffat ungefär vart tionde år (se bilaga A).

Vinterförhållandena vid aktuellt parkområde gör att havsis generellt inte kommer breda ut sig i området. Därutöver är det möjligt att upprätthålla stora avstånd mellan vindparken och fartygsstråk, vilket gör att eventuell isbildning kring Ran inte bedöms ha någon påverkan på framkomligheten för fartygstrafiken i fartygsstråken. Isbildning begränsas således till en driftfråga kopplat till tillgänglighet för arbete och service på vindkraftverken. Risken för människa och miljö utanför parkområdet bedöms som acceptabel på grund av att konsekvenserna av påverkan på isbildning i det aktuella området inte förväntas gå ut över människors hälsa eller miljön.

Risken för iskast från vindkraftverkens rotorblad ingår i värderingen i avsnitt 6.6.

## 6.6 Nedfallande föremål eller kast från ett vindkraftverk

Tornhaveri och kast från vindkraftverk kan skada fartyg som passerar genom eller förbi vindparken. I rapporten *Wind Turbine Tower Collapse Cases: A Historical Overview* (Ma, Martinez-Vazquez, & Baniotopoulos, 2018) identifieras bladhaveri som det mest frekventa vindturbinfelet (18 %). Strukturellt haveri, där tornkollaps och turbinhaveri ingår, utgör 9 %. Iskast står för 2 %. Vindlast i kombination med mänskligt eller mekaniskt fel rapporteras som de vanligaste bakomliggande orsakerna.

**Scenario 3.8** innebär att ett tornhaveri eller kast från vindkraftverk inträffar och träffar ett förbipasserande fartyg.

Det saknas branschgemensam olycksrapportering för vindkraftverk. Ofta används en nederländsk sammanställning av statistik över 43 000 turbinår från Tyskland, Danmark och Nederländerna för att fastställa felsannolikheter (Braam, van Mulekom, & Smit, 2005). Sammanställningen antas innefatta både landbaserad och havsbaserad vindkraft, men en övervägande del av haverierna antas ha skett på land, främst på grund av att flest vindkraftverk är landbaserade. Totalt erhålls en frekvens för turbinfel på  $3,3 \cdot 10^{-3}$  per turbin per år.

Vid vindkraftshaverier sker generellt inga längre kast av delar. Avstånden från fartygsstråk till vindkraftverk är dessutom så långa att ytterst få kast skulle kunna nå platser där fartyg passerar, och inom vindkraftverks säkerhetszoner ska inga obehöriga fartyg befinna sig. Därutöver är tiden fartyg befinner sig på den plats där kast kan träffa kort.

Risken för att nedfallande föremål, ett bladkast eller liknande skulle orsaka en allvarlig olycka på förbipasserande handelsfartyg eller fritidsbåtar bedöms därmed vara så låg att den inte behöver beräknas.

## 6.7 Kablar och rörledningar

### 6.7.1 Kablar eller rörledningar förhindrar nödankring

**Scenario 3.10** innebär att förekomsten av sjökablar eller rörledningar gör att fartyg inte tar till nödankring vid behov vilket försvårar möjligheten att stoppa ett omanövrerbart fartyg.

Vattendjupet i farvattnen kring Ran är på de flesta ställen mellan 40 och 85 meter vilket innebär att nödankring kan vara en åtgärd för att stoppa eller reducera farten hos ett drivande fartyg.

Bedömningen är att ett fartyg som driver mot en vindpark i ett nödläge försöker nödankra om befälet anser det vara nödvändigt. Detta även om det förekommer sjökablar, rörledningar och annan infrastruktur på havsbotten. Ingen separat riskanalys bedöms motiverad.

### 6.7.2 Kabelskada påverkar fartyg

Fartygsankare kan fastna och riva upp eller skada sjökablar på havsbotten. Obefogad ankring eller nödankring kan medföra avbrott i parkens elproduktion och kräva omfattande reparationsarbete.

**Scenario 3.11** innebär skador på kablage och påföljande strömöverledning till fartyget. Konsekvenser för hälsa och miljö bedöms vara uteslutet<sup>25</sup> eftersom:

- Vid kabelbrott bryts strömöverföringen och påverkar därmed inte fartyget.
- Vid skadad kabelisolering kan ström föras ut till ankaret. Eftersom strömmen söker den lägsta motståndsvägen för att återvända till jorden förväntas den inte följa en väg som leder upp genom ankaret till fartyget och sedan ner igen.
- Om ett fartyg ankrar och drar med sig kabeln upp mot fartyget som skadas i nära anslutning till fartygets undersida uppstår troligtvis en stöt eller en mindre explosion som skulle kunna påverka fartyget. En sådan stöt/explosion bedöms inte vara tillräckligt kraftig för att göra någon skada på större fartyg, så som tanker- eller cargofartyg. Ett mindre fartyg, exempelvis fiskebåtar, förväntas inte få med sig tunga kablar upp hela vägen till båten från 40–85 meters djup.

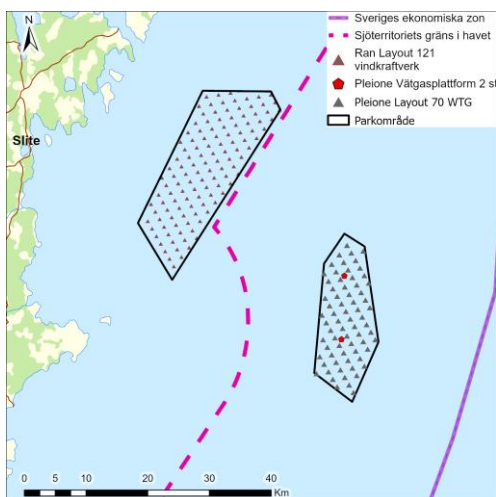
Risken med **scenario 3.11** bedöms ur ett nautiskt perspektiv som försumbar. Ingen fördjupad riskanalys bedöms motiverad.

---

<sup>25</sup> Simon Lindroth, civilingenjör och teknologie doktor i teknisk fysik med inriktning mot elektricitetslära, och Torsten Björn, ingenjör i elektroteknik, båda anställda på Sweco Sverige AB, 2022-01-27.

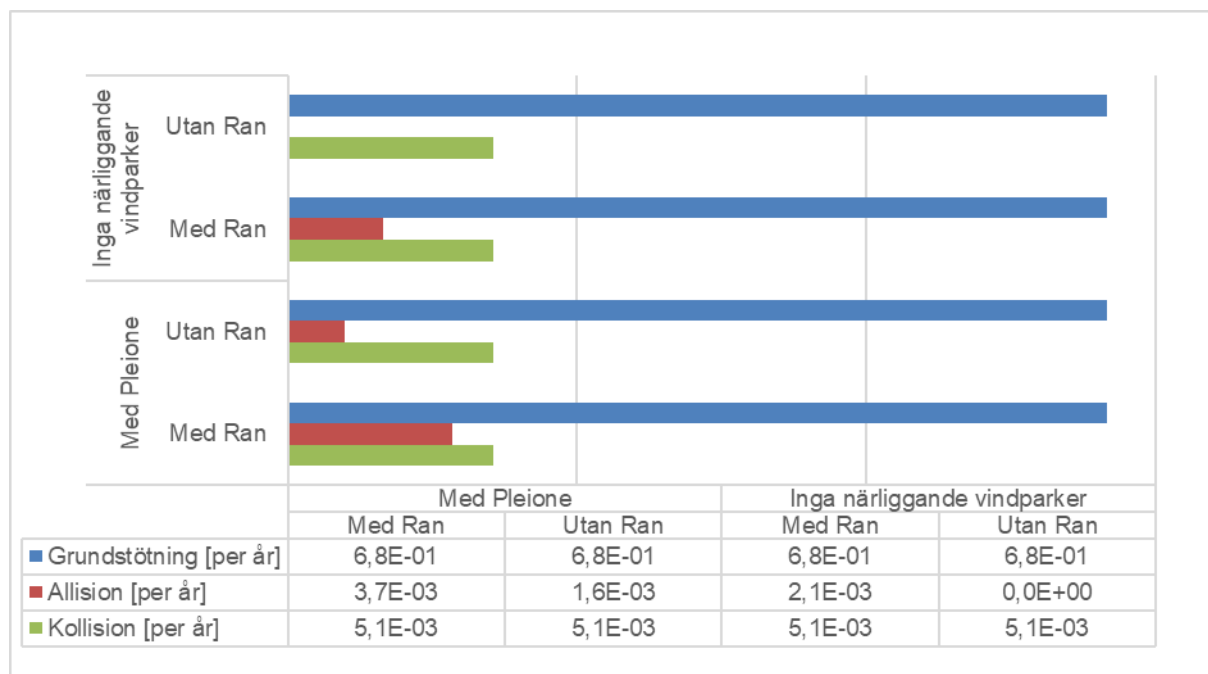
## 6.8 Kumulativa effekter

I bilaga C undersöks hur sannolikheten för grundstötning, allision och fartygskollision påverkas när hänsyn tas till närbelägna vindparker jämfört med när hänsyn inte tas. Analysen görs genom att beakta de ytterligare vindkraftparker som planeras i närområdet. För Ran innebär det att parken Pleione beaktas, se Figur 17.



Figur 17. Vindpark Ran och energipark Pleione. © Bakgrundskarta Lantmäteriet

En sammanfattning av resultaten finns i Figur 18.



Figur 18. Beräknade frekvenser för grundstötning, allision och kollision, med och utan Ran respektive med och utan Pleione.

Resultaten visar att de kumulativa effekterna av flera havsbaserade vindparker visar på ytterst begränsad påverkan på frekvensen på allision som ökar

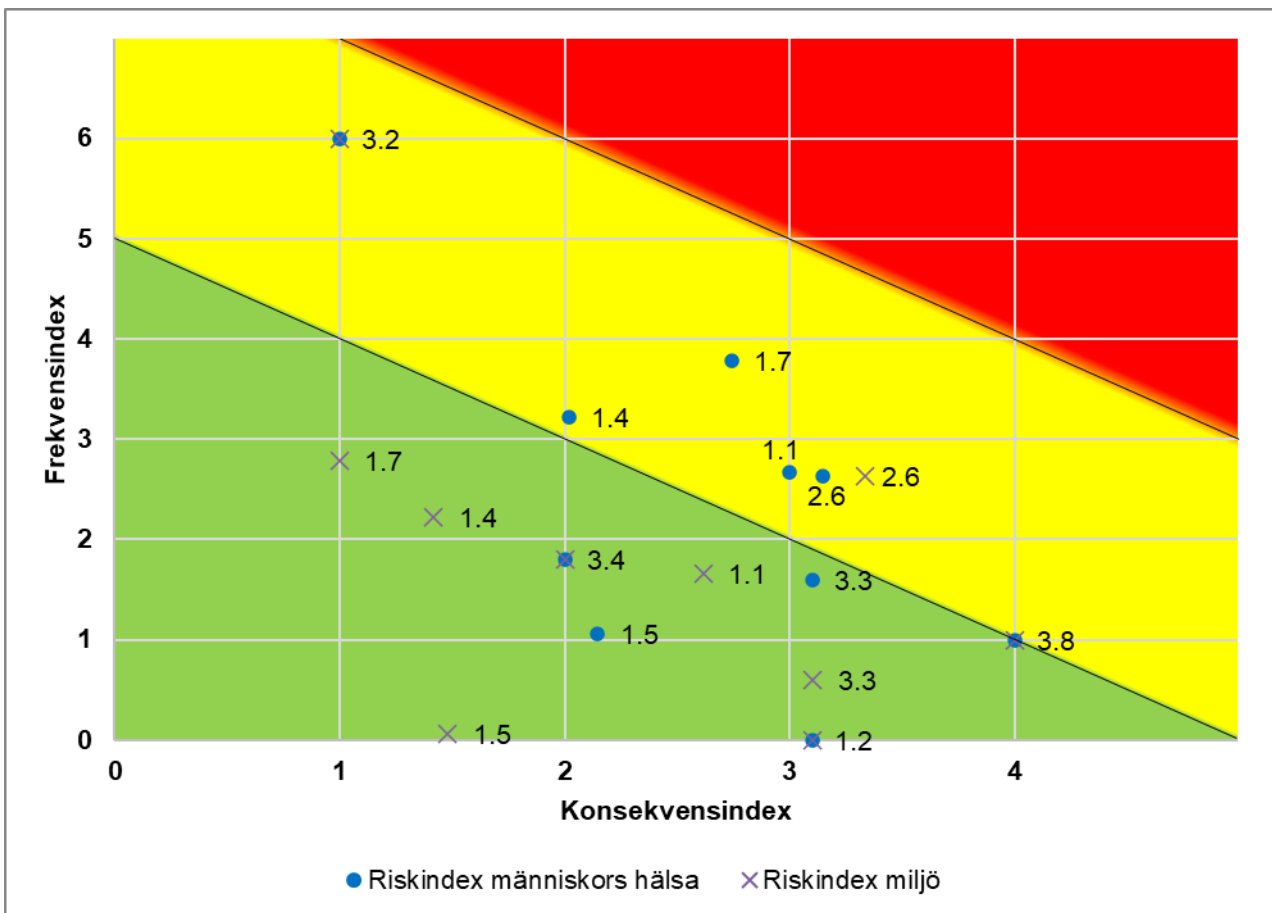
marginellt. Risken för kumulativa effekter ökar inte alls för grundstötning eller kollision.

Frekvensen för allision om båda parkerna byggs motsvarar summan av frekvensen för de enskilda parkerna var för sig. Inga kumulativa effekter, ytterligare påverkan, på allision sker om båda parkerna etableras.

Sammanfattningsvis innebär de samlade effekterna av etableringen av flera parker i området inga ytterligare risker utöver de som identifierats vid analys av parkerna individuellt. Beräkningarna påvisar inga kumulativa effekter avseende framkomlighet och sjösäkerhet för sjötrafiken i området då inga samverkande faktorer som innebär en förhöjd risk vid etablering av flera parker har kunnat identifieras.

## 6.9 Samlad beskrivning av risker

Storleken på de risker som kvantifierats i detta kapitel sammanfattas i riskmatrisen i Figur 19.



Figur 19. Riskmatris som illustrerar beräknat riskindex baserat på frekvens och konsekvens. Notera att konsekvensindex indikerar ett medelvärde av konsekvenser för olika fartygstyper, viktat efter riskbidrag (se avsnitt 1.3.3).

Tabell 18. Beskrivning av risker som redovisas i Figur 19. Övriga analyserade risker har inte kvantifierats.

Scenario	Fara	Människors hälsa och säkerhet		Miljö	
		Frekvens (FI)	Konsekvens (SI)	Frekvens (FI)	Konsekvens (SI)
1.1	Fartyg styr in i ett vindkraftverk (allision)	2,7	3,0	1,7	2,6
1.2	Fartyg styr in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingspets	0,0	3,1	0,0	3,1
1.4	Fartyg driver in i ett vindkraftverk (allision)	3,2	2,0	2,2	1,4
1.5	Fartyg driver in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingspets	1,1	2,1	0,1	1,5
1.7	Fartyg som passerar genom parken kolliderar med ett vindkraftverk (allision)	3,8	2,7	2,8	1,0
2.6	Kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn	2,6	3,1	2,6	3,3
3.2	Störning av fartygsradar (target loss)	6,0	1,0	6,0	1,0
3.3	Störning av fartygsradar (navigationsstörning)	1,6	3,1	0,6	3,1
3.4	Störning av fartygsradar i vindparken	1,8	2,0	1,8	2,0
3.8	Nedfallande föremål eller kast från vindkraftverk	<1,0	4,0	<1,0	4,0

Risker som placerar sig i det gröna området klassas som acceptabla. Risker som placerar sig i det gula området klassas som ALARP (rimliga åtgärder ska vidtas). Risker som placerar sig i det röda området klassas som ej acceptabla (åtgärder måste vidtas).

## 7. Riskreducerande åtgärder

I Tabell 19 listas de risker som identifierats för Ran tillsammans med en sammanfattning av de riskindex som skattats eller beräknats för respektive scenario. Inga risker har klassats som oacceptabla. För de scenarier där risken klassats som ALARP listas möjliga åtgärder för att reducera risken. Åtgärderna beskrivs vidare efter tabellen.

Åtgärder ska vidtas om de anses rimliga med avseende på åtgärdernas omfattning och effekt (ALARP). Samtliga åtgärder som rekommenderas nedan bedöms vara befogade att genomföra. Åtgärderna kommer i varierande grad även minska sannolikheten för olyckor eller mildra konsekvenser av risker som bedömts vara acceptabla.

I Figur 4 på sidan 14 definieras vad som är en acceptabel nivå på riskindex.

Tabell 19. Nautiska risker som identifierats för Ran tillsammans med en sammanfattning av skattat eller beräknat riskindex för respektive risk avseende människors hälsa samt miljö. Där olika risker beräknats för olika exempellayouter eller andra antaganden redovisas här resultatet för antaganden med högst riskindex.

Scenario	Fara	Risk (RI)		Rekommenderad åtgärd (för oacceptabel eller ALARP risknivå)
		människor	miljö	
<b>Påsegling</b>				
1.1	Fartyg styr in i ett vindkraftverk (allision)	5,7	4,3	A. Nödstoppsrutiner för vindkraftverk B. Rutiner vid miljöolycka C. Beredskaps- och räddningsplan D. Dialog med sjöfartsaktörer E. Marine coordinator/övervakning I. Kompletterande <i>Detailed design</i> J. Nödstopp för vindkraftverk K. Utrustning vid utsläpp L. Visuellt utmärkning
1.2	Fartyg styr in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingspets	3,1	3,1	-
1.4	Fartyg driver in i ett vindkraftverk (allision)	5,2	4,6	A. Nödstoppsrutiner för vindkraftverk B. Rutiner vid miljöolycka C. Beredskaps- och räddningsplan D. Dialog med sjöfartsaktörer E. Marine coordinator/övervakning I. Kompletterande <i>Detailed design</i> J. Nödstopp för vindkraftverk K. Utrustning vid utsläpp
1.5	Fartyg driver in i en diameter om 100 meter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingspets	3,2	2,5	-

Scenario	Fara	Risk (RI)		Rekommenderad åtgärd (för oacceptabel eller ALARP risknivå)
		människor	miljö	
1.7	Fartyg som passerar genom parken kolliderar med ett vindkraftverk (allision)	6,5	4,8	A. Nödstoppsrutiner för vindkraftverk B. Rutiner vid miljöolycka C. Beredskaps- och räddningsplan D. Dialog med sjöfartsaktörer E. Marine coordinator/övervakning J. Nödstopp för vindkraftverk K. Utrustning vid utsläpp L. Visuellt utmärkning M. Radio-/radarmärkning Q. Turbinlayout
1.8	Påsegling (allision) av vindkraftverk på grund av begränsad sikt eller skymda sjösäkerhetsanordningar	Bidragande faktor vid andra olycksförlopp. I tillägg föreslås riktade åtgärder		E. Marine coordinator/övervakning L. Visuellt utmärkning M. Radio-/radarmärkning N. Mistlur Q. Turbinlayout
<b>Kollision</b>				
2.1	Omkörningskollision	Oförändrad risk med vindpark.		-
2.2	Frontalkollision	Oförändrad risk med vindpark.		-
2.3	Korsningskollision	Oförändrad risk med vindpark.		-
2.4	Sammanvåningskollision	Oförändrad risk med vindpark.		-
2.5	Svängkollision	Oförändrad risk med vindpark.		-
2.6	Kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn	5,8	6,0	B. Rutiner vid miljöolycka C. Beredskaps- och räddningsplan D. Dialog med sjöfartsaktörer E. Marine coordinator/övervakning F. Riskanalys anläggnings- och driftsskede G. Rutin arbetsfartyg H. Information K. Utrustning vid utsläpp
<b>Andra identifierade risker</b>				
3.1	Grundstötning	Oförändrad risk med vindpark.		-
3.2	Störning av fartygsradar (target loss)	7,0	7,0	P. Åtgärder för att begränsa radarstörningar  Betydelsen av radarstörningar kan inte utredas detaljerat i detta skede utan behöver analyseras när slutlig layout är fastställd.
3.3	Störning av fartygsradar (navigationsstörning)	4,7	3,7	-
3.4	Störning av fartygsradar i vindparken	3,8	3,8	-
3.5	Vindparken försvårar sök- och räddningsaktioner	Försvårande omständighet vid andra olycksförlopp. Risken kan därför inte värderas enkelt på samma skala men klassas som ALARP för vidare hantering.		A. Nödstoppsrutiner för vindkraftverk J. Nödstopp för vindkraftverk L. Visuellt utmärkning M. Radio-/radarmärkning O. ID-märkning Q. Turbinlayout
3.6	Vindparken förändrar isbildning	Försumbar risk för människor och miljö.		-
3.8	Nedfallande föremål eller kast från vindkraftverk	<5,0	<5,0	-
3.10	Kablar förhindrar nödankring	Försumbar risk för människor och miljö.		-
3.11	Kabelskada påverkar fartyg	Försumbar risk för människor och miljö.		-

Nedan redovisas en utveckling av de riskreducerande åtgärderna, indelade i kategorierna organisatoriska åtgärder respektive fysiska åtgärder.

Organisatoriska åtgärder:

- A. Nödstoppsrutiner för vindkraftverk. Nödstoppsrutiner ska tas fram och finnas lokalt samt på distans, exempelvis vid driftcentralen.
- B. Rutiner vid miljöolycka. Konsekvenslindrande åtgärder och rutiner för miljöolycka och utsläpp ska utarbetas
- C. Beredskaps- och räddningsplan. En beredskaps- och räddningsplan ska utarbetas och regelbundet uppdateras för att förbereda driftorganisationen inför eventuella nödsituationer som kan uppstå, exempelvis påsegling (allision).
- D. Dialog med sjöfartsaktörer. Dialog kring risker bör föras med relevanta sjöfartsaktörer, exempelvis rederier som trafikerar området regelbundet eller står för stora trafikvolymer.
- E. Marine coordinator/övervakning. Vindparken kommer under anläggningsfasen och större arbeten att ha en särskild Marine coordinator som kontrollerar och samordnar alla marina operationer. Under anläggning, drift och avveckling kommer övervakning av fartygstrafik i vindparken och i närområdet att ske, med hjälp av bland annat radar och AIS. Övervakningsfunktionen ansvarar även för alarmering till SOS Alarm och JRCC<sup>26</sup>.
- F. Riskanalys anläggnings- och driftsskede. Riskanalys tas fram inför anläggning och drift. Resultatet inarbetas i drifrutiner och beredskaps- och räddningsplan.
- G. Rutin arbetsfartyg. Inför konstruktion tas en rutin fram för hur arbetsfartyg ska navigera säkert. Denna tas fram i dialog med berörda intressenter.
- H. Information. Information om anläggningsarbeten ska annonseras och kommuniceras i god tid till berörda parter innan anläggning/avveckling av vindparken påbörjas.
- I. Kompletterande *Detailed design*. Inför beslut om slutgiltigt föreslagen layout bör en kompletterande analys enligt metodiken för *Detailed design* (PIANC, 2018) utföras, särskilt om utformningen avviker i stor grad från föreslagna exempellayouter.

Fysiska åtgärder:

- J. Nödstoppsfunktion för vindkraftverk. Nödstoppsfunktion ska finnas lokalt samt på distans, exempelvis i driftcentral.
- K. Utrustning vid utsläpp. På underhålls- och servicefartyg ska det finnas utrustning för att fördröja och begränsa ett miljöfarligt utsläpp.
- L. Visuellt utmärkning. Säkerställ utmärkning av vindkraftverk i enlighet med gällande lagstiftning alternativt i enlighet med branschstandard.
- M. Radio- och radarutmärkning. För att öka synligheten av vindparken ska AIS- och Raconmärkning<sup>27</sup> ske av utvalda vindkraftverk.
- N. Mistlur. Installation av mistlur på samtliga vindkraftverk eller utvalda vindkraftverk.

<sup>26</sup> Sjöfartsverkets nationella Sjö- och flygräddningscentral, Joint Rescue Co-ordination Centre

<sup>27</sup> Racon (Radar beacon) är en transponder som används för identifiering och navigationshjälpmedel och som installeras exempelvis på ett vindkraftverk eller en fyr alternativt som bojar.



- O. ID-märkning. Vindkraftverken förses och märks ut med en unik ID-beteckning för att underlätta arbete vid räddningsinsatser.
- P. Åtgärder för att begränsa radarstörningar (lost target). Installation av referensbojar<sup>27</sup> i fartygsstråk och andra åtgärder för att minska risken för lost target övervägs och beslutas efter den slutgiltiga utformningen av vindparken.
- Q. Layout. Möjligheter för räddningsoperationer och navigation i parken ska beaktas vid slutgiltig utformningen av parken.

Eftersom inga händelser (scenarier) har klassats som oacceptabelt höga föreslås inga åtgärder som är tvingande ur ett riskperspektiv. Däremot har scenario 1.4, 1.7, 1.8, 2.6, 3.2 och 3.5 funnits vara i ALARP-området (gult). För samtliga av dessa bedöms åtgärderna som föreslås vara av sådan betydelse att de är befogade att genomföra. Omfattningen och den exakta utformningen av de fysiska åtgärderna (J, K, L, M, N, O, P och Q) beslutas i samband med den slutgiltiga utformningen av parken. Undantaget är åtgärd P där en studie av eventuella radarstörningar bör genomföras när parken är anlagd för att avgöra om det finns ett behov av att vidta åtgärder för att motverka radarstörningar.

## 8. Osäkerhetsanalys

Nedan redovisas de största källorna till osäkerheter som har identifierats för analysen. Slutsatsen är att även om det finns osäkerheter så är de övergripande resultaten robusta. De framräknade frekvenserna bedöms hamna i rätt intervall även om siffrorna på decimalen får tolkas med viss försiktighet.

Osäkerhetsanalysfall har tagits fram med slutsatsen att de flesta antaganden har liten resultatpåverkan.

Antaganden om på vilket avstånd som fartyg kommer att passera Ran har betydelse för sannolikheten för att ett manöverdugligt fartyg styr in i ett vindkraftverk (*powered allision*). Analysen bygger på det konservativa antagandet att trafikmönstret efter etablering av Ran kommer att vara oförändrat jämfört med idag, vilket innebär en överskattning av risken för påsegling, bland annat eftersom flera fartyg idag passerar rakt över det framtida projektområdet. Även konsekvensen av en sådan händelse bedöms vara konservativt uppskattad.

De flesta osäkerheterna är kända i branschen och hanteras på liknande sätt vilket möjliggör en jämförbarhet mellan olika vindparker och analyser. De olyckor som rapporterats för området ligger i linje med de beräknade frekvenserna vilket indikerar att resultatet är rimligt.

### 8.1 Frekvenser

I frekvensuppskattningen har osäkerheter identifierats kopplade till följande parametrar, AIS-data, IWRAP-modellen och framtida trafikvolym. Osäkerheter kring frekvensuppskattningen diskuteras mer i detalj i bilaga C men betydelsen för den beräknade risken summeras kortfattat nedan.

**Parametrar:** För att minska betydelsen av parametriska osäkerheter så har förvalda parametervärden använts i IWRAP, bland annat sannolikheter för mänskligt felhandlande och funktionsfel på fartyg liksom förutsättningar för nödankring och reparation. Dessa parametrar har validerats av experter och följer branschstandard, vilket minskar osäkerhetsmarginalen och ökar tillförlitligheten i resultatet.

**AIS-data:** AIS-data som används i analysen har hög tidsupplösning och bedöms vara tillförlitlig gällande fartygens positioner<sup>28</sup>. Dock saknas uppgifter om mindre, icke-kommersiell trafik. Samtidigt varierar trafiken år från år vilket medför en viss osäkerhet i prognoserna som utgår från historiska AIS-data.

---

<sup>28</sup> En jämförelse av AIS-data från Sjöfartsverket och Vesselfinder för samma område och tidsperiod har genomförts. Datamängderna och trafikvolymerna är överensstämmande.

**IWRAP-modellen:** Den noggranna definitionen av legs och fördelningsfunktioner bidrar till att minska osäkerhetsmarginalen varvid påverkan bedöms vara liten.

**Framtida trafikvolymer:** Osäkerhetsanalyser har genomförts (se bilaga C) med slutsatsen att resultatet är oberoende av antagandet om framtida trafikvolymer och fartygsstorlekar. Med större trafikvolym erhålls fler fartygskollisioner men riskökningen sker oavsett om det byggs en vindpark eller ej. Frekvensen för allision ökar proportionellt mot trafikvolymen, men eftersom risken beräknas logaritmiskt (det vill säga att en ökning av riskindex med ett steg förutsätter en tiofaldig ökning av frekvensen) så är påverkan på den beräknade risken liten. Osäkerheten om framtida antal fartyg har liten påverkan på de kvantifierade riskerna och ingen påverkan på riskernas kategorisering. Ökningen av framtida fraktvolymer kan potentiellt resultera i större fartyg i stället för en ökning av antalet fartyg. Genom att vara konservativ vid uppskattning av konsekvenser beaktas denna osäkerhet i riskbedömningen.

**Förflyttning av trafik:** Hur trafikmönstret kommer att förändras med etableringen av vindparken är ett antagande med inverkan på resultaten. Det är osäkert på vilket avstånd fartygen kommer att passera vindkraftverken. En genomgång av brittiska vindkraftparker visar exempel där sjöfarten inte påverkas överhuvudtaget, samt fall där sjöfarten påverkas upp till 1,5 nautiska mil från parken (Anatec, 2016). Antagandet som görs om var trafiken positionerar sig har främst betydelse för resultatet för påsegling med manöverdugligt fartyg (*powered allision*). För Rans del beräknas frekvensen för påsegling med manöverdugligt fartyg inträffa vart 1000:e till 10 000:e år givet att trafiken inte antas göra någon förflyttning jämfört med hur den går idag. För övriga händelser har det mycket liten betydelse vilket antagande om trafikförflyttning som görs. Slutsatsen är att osäkerheten i framtida positionering av fartyg vid Ran har viss betydelse för analysens resultat, där det antagande som gjorts bedöms vara konservativt.

## 8.2 Mänskliga fel

Vid bedömningen av vissa risker, inklusive hantering av radarstörningar, har sannolikheter för mänskligt felhandlande, *human error probability* (HEP), uppskattats på ett förenklat sätt. Detta är i enlighet med FSA-metoden (Maritime Safety Committee, 2018), som anger:

*”Där en fullständigt kvantifierad FSA (formell säkerhetsbedömning) krävs, kan en HRA (mänsklig tillförlitlighetsanalys) användas för att utveckla en uppsättning HEP:er för inkorporering i probabilistisk riskbedömning. Denna aspekt av HRA kan dock överbetonas. Erfarna utövare medger att större fördelar erhålls från de tidiga, kvalitativa stadierna av uppgiftsanalys och identifiering av mänskliga fel. Ansträngningar som görs på dessa områden ger utdelning eftersom en HRA-övning (som en FSA-studie) bara är framgångsrik om de korrekta områdena har valts ut för utredning”* (översatt från engelska)

HEP-värden har valts konservativt på grund av brist på detaljerad information, för att undvika att de analyserade riskerna underskattas.

## 8.3 Konsekvenser

Konsekvensuppskattningarna bygger på bedömningar i vilken fartyg av olika storlekar och längd värderas gemensamt. Antaganden om framtida fartygsstorlekar bygger på osäkra prognoser. För att ta höjd för den osäkerhet som följer med konsekvensuppskattningen har konsekvenserna av de

identifierade olyckshändelserna valts konservativt. Exempelvis har ingen av de påseglingar av vindkraftverk som inträffat historiskt resulterat i vare sig dödsfall eller utsläpp enligt vad som studerats i denna analys (se avsnitt 2.4.1), men dessa konsekvenser antas ändå konservativt i riskanalysen. Försiktigheten i konsekvensuppskattningen har särskilt stor betydelse för Ran, där påsegling i hög fart (*powered allision*) utgör en betydande risk för människors hälsa och säkerhet. Slutsatsen bygger att på samma konsekvenser antas som för fartyg med en längd på flera hundra meter, fastän huvuddelen av fartygen som passerar nära Ran har en längd under 75 meter.

## 9. Diskussion

I riskutredningen har 27 risker identifierats, varav 21 har analyserats och värderats vidare<sup>29</sup>. Vid värdering av riskerna har inga risker bedömts vara oacceptabla. Risker som värderats som acceptabla diskuteras ej vidare. Risken för påsegling, kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn, störning av fartygsradar samt påverkan på sök- och räddningsinsatser har ur vissa aspekter klassificerats som ALARP vilket innebär att rimliga åtgärder behöver vidtas för att risken ska vara acceptabel. Dessa risker diskuteras nedan. Därutöver diskuteras hur olika säkerhetsavstånd påverkar risknivån.

### 9.1 Påsegling

#### 9.1.1 Navigerande fartyg

Påsegling av vindkraftverk med **navigerande fartyg** (scenario 1.1) beräknas för båda exempellayouterna vara en *sällsynt* till *mycket sällsynt* händelse.

- Risken för påsegling med navigerande fartyg klassas som **acceptabel** avseende risken för en miljöolycka.
- Risken för påsegling med navigerande fartyg klassas som **ALARP** avseende risken för människors hälsa och säkerhet.

Värderingen bygger på antagandet att trafiken kommer att fortsätta följa dagens trafikmönster även om Ran byggs. Det är fartyg på väg mot Slite från fartygsstråket *Ölands södra udde-Finska viken* som står för huvuddelen av risken. Som indikeras i Figur 20 gäller det framför allt sydvästgående fartyg, de utgör ett förhållandevis litet antal, som genar norrifrån, utanför etablerade fartygsstråk, parallellt med LEG 35 för att ansluta till fartygsstråket *Salvorev-Slite* och som styr in i Ran från dess norra sida.

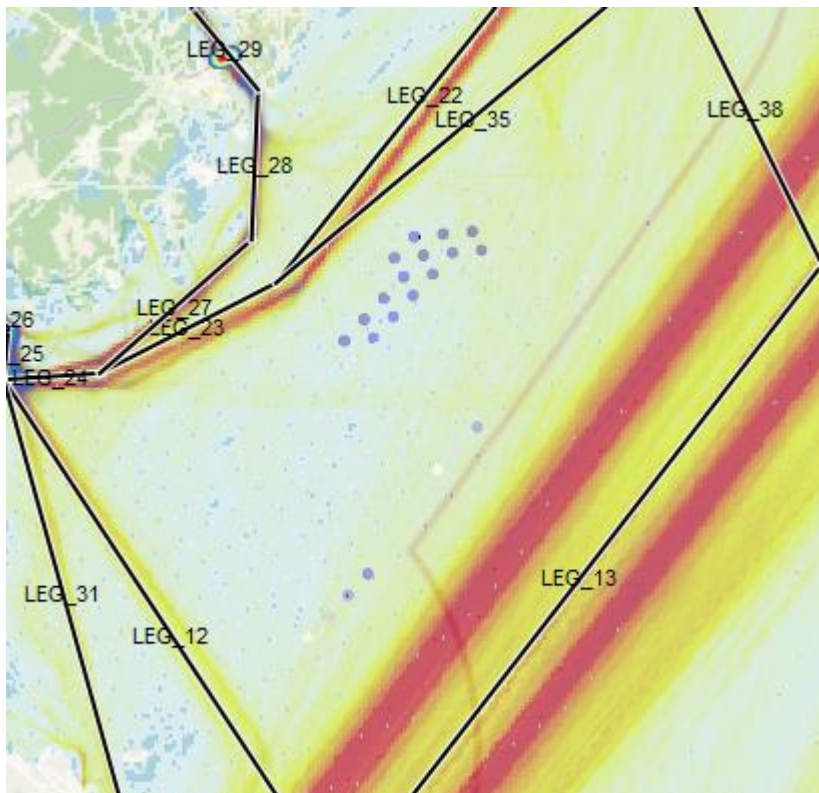
Som framgår av osäkerhetsanalysen i avsnitt 8.1 är det osäkert i vilken utsträckning fartyg i verkligheten kommer att justera sin position i rutten efter att Ran byggs. Frekvensen för allision kan därför vara alltför högt beräknad.

Även antagandet om konsekvens (att påsegling med ett navigerande fartyg alltid medför att människor omkommer), bedöms vara konservativt sett till de fartyg som trafikerar kring Ran, se avsnitt 8.3.

---

<sup>29</sup> De kvarstående 6 har bedömts vara av mindre betydelse eller inte relevanta i denna analys (se Tabell 5 på sida Tabell 530)..

Sammantaget bedöms osäkerheten kring hur vindparken kommer att påverka fartygstrafiken kring Ran innebära en osäkerhet som, tillsammans med konservativa analysantaganden, gör att risken för påsegling med navigerande fartyg överskattas. Åtgärder för att reducera risken inriktas rimligen på att tillse att fartyg följer etablerade fartygsstråk och inte tar genvägar nära parken, se kapitel 7. Notera att det är fartyg som färdas utanför de etablerade fartygsstråken som bidrar till risken, vilket inte klart avhjälps med ett ökat säkerhetsavstånd till fartygsstråken.



Figur 20. Exponering för påsegling med navigerande fartyg (utsnitt ur IWRAP, exempellayout med 121 vindkraftverk à 15 MW). © Bakgrundskarta Open Street Map

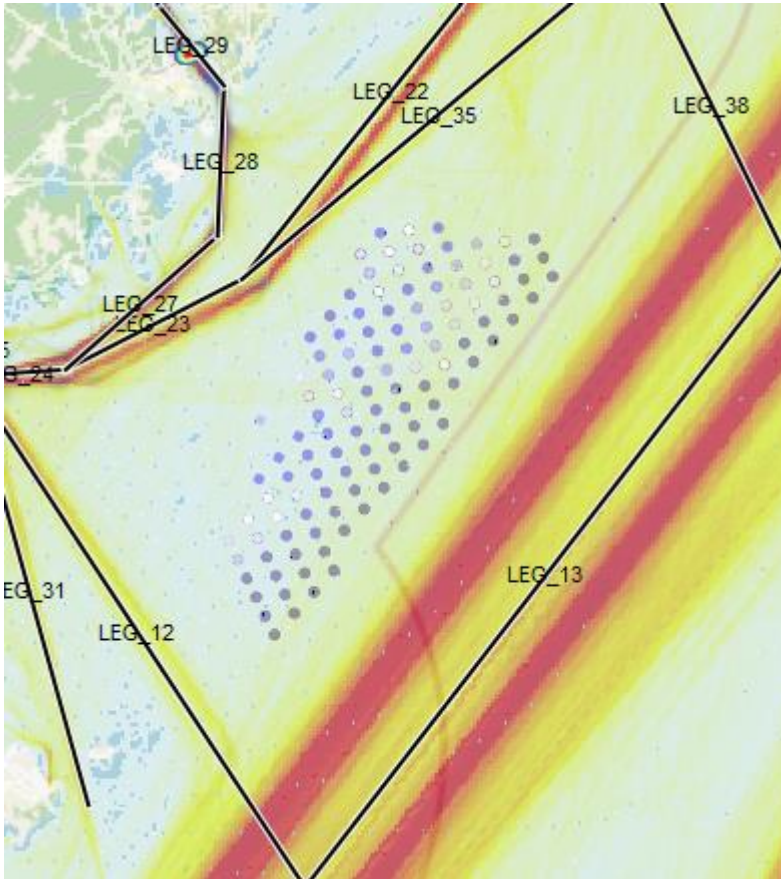
### 9.1.2 Drivande fartyg

Påsegling av vindkraftverk med **drivande fartyg** (scenario 1.4) beräknas för båda exempellayouterna vara en *trolig till sällsynt* händelse.

- Risken för påsegling med drivande fartyg klassas som **acceptabel** avseende risken för en miljöolycka.
- Risken för påsegling med drivande fartyg klassas som **ALARP** avseende risken för människors hälsa och säkerhet.

Fartyg som driver in i parken (*drifting allision*) utgår huvudsakligen från det vältrafikerade fartygsstråket mellan *Ölands södra udde och Finska viken* och som efter en blackout driver in i parken från dess sydöstra sida. Som indikeras i Figur 21 är samtliga vindkraftverk exponerade för risken för påsegling med drivande fartyg, även om intensiteten är högst för turbinerna närmast fartygsstråket.

Till skillnad från risken för påsegling med navigerande fartyg har antagandet om hur fartyg kommer att positionera sig liten betydelse för risken för påsegling med drivande fartyg.



Figur 21. Exponering för påsegling med drivande fartyg (utsnitt ur IWRAP, exempellayout med 121 vindkraftverk à 15 MW). © Bakgrundskarta Open Street Map

Rimliga riskreducerande åtgärder behöver vidtas, se kapitel 7. Notera att längre avstånd till vindkraftverken inte bedöms vara en ändamålsenlig åtgärd. Enligt modelleringen driver ett fartyg i genomsnitt mycket längre än till närmaste vindkraftverk innan påsegling sker. Vindkraftverken närmast fartygsstråken står bara för en liten del av den totala sannolikheten för påseglingshändelser (att ett fartyg tappar framdrivningsförmågan och börjar driva direkt mot närmaste vindkraftverk utgör bara en liten andel av påseglingshändelserna).

### 9.1.3 Fartyg i parken

Risken för att fartyg som passerar genom vindparken och styr på ett vindkraftverk (scenario 1.7) har klassificerats som ALARP avseende risken för människors hälsa. Uppskattningen bygger på konservativa antaganden.

### 9.1.4 Begränsad sikt

Risken för att begränsad sikt (vid till exempel dimma, regn och mörker) eller skymda SSA:er gör att ett fartyg styr in i ett vindkraftverk (scenario 1.8) ingår delvis som en bakomliggande faktor och ingår i värderingen av övriga risker. I

tilllägg föreslås riktade åtgärder för att minska sannolikheten för att dessa faktorer bidrar till olyckor, se kapitel 7.

## 9.2 Fartygskollision under byggskedet

Risken för kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn (scenario 2.6) klassas som ALARP under byggnation och avveckling av parken. Eftersom denna risk hamnar i övre delen av ALARP-området och har en allvarlig konsekvens är det viktigt att förebygga denna typ av olycka enligt principen om undvikande av katastrofer. En kompletterande riskanalys ska av denna anledning genomföras inför anläggningsfasen. Därutöver ska ytterligare riskreducerande åtgärder vidtas, se kapitel 7. Syftet är att minimera antalet tillfällen då kollisioner kan uppstå samt skapa förutsättningar för säker passage över vältrafikerade fartygsstråk.

## 9.3 Andra identifierade risker

Störning av fartygsradar och sök- och räddningsaktioner är två risker som bedömts vara ALARP.

### 9.3.1 Störning av fartygsradar

Störning av fartygsradar (target loss, scenario 3.2) har värderats som en *frekvent* händelse. Trots att konsekvensen är mycket liten klassificeras därför risken som ALARP. Den kan dock i flera fall hanteras med de redundanta navigations- och informationssystem som fartyg är utrustade med. Detta är en generell risk som behöver omhändertas varje gång en vindpark eller vindpark etableras, se kapitel 7.

### 9.3.2 Sök- och räddningsaktioner

Att vindparken försvårar sök- och räddningsaktioner (scenario 3.5) kan inte enkelt kvantifieras. Vindparken kan både fungera som ett hinder och ett hjälpmedel vid räddningsinsatser. Risken kopplad till denna händelse klassas som ALARP och riskreducerande åtgärder föreslås, se kapitel 7.

## 9.4 Avstånd till fartygsstråk

Säkerhetsavståndet mellan sjötrafiken och Ran är enligt föreliggande värdering tillräckligt för att risken för påsegling med navigerande fartyg ska vara acceptabel avseende miljön. Risken avseende människors liv och hälsa klassas som ALARP, men det bedöms inte vara kopplat till säkerhetsavstånd eftersom det är fartyg utanför etablerade fartygsstråk som står för huvuddelen av risken. Att ett fartyg med framdrivningsförmåga styr in i ett vindkraftverk beräknas ske mer sällan än en gång på 1 000 år vilket klassas som en *sällsynt* till *mycket sällsynt* händelse. Detta gäller för båda exempellayouterna.

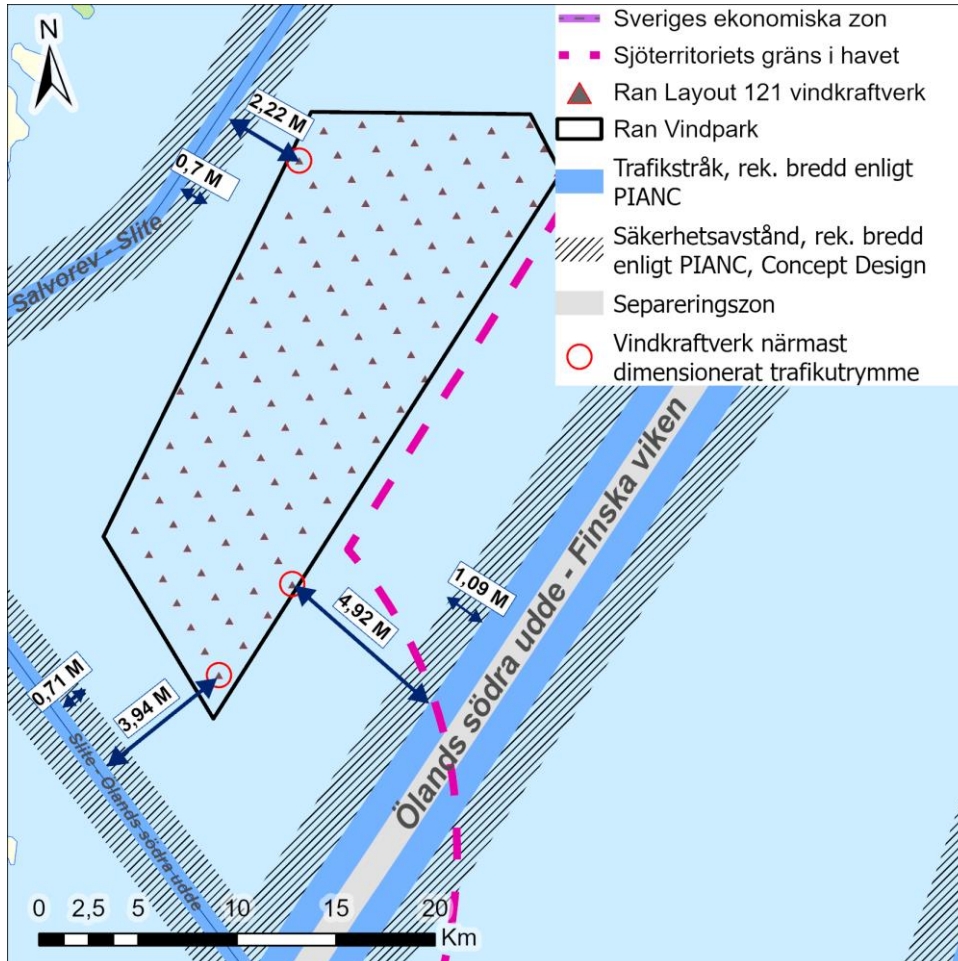
I Figur 22 redovisas de avstånd som föreligger mellan rekommenderade trafikstråk<sup>30</sup> (dimensionerat trafikutrymme) och närmsta vindkraftverk i

<sup>30</sup> Rekommenderade trafikstråk är beräknade enligt PIANC:s rekommendationer (2018).

Rekommenderade trafikstråk utgör tillsammans med separeringszon ett så kallat dimensionerat trafikutrymme som möjliggör en jämförelse av fartygsstråkets bredd i förhållande till dess trafikvolym. Separeringszonerna är tillagda för att möjliggöra för trafiken att separeras i olika färdriktningar samt ge utrymme för ökat trafikflöde och större fartyg i framtiden.



parkområdet, se även avsnitt 2.2 eller Trafikanalys Vindpark Ran (Sweco, 2024). Dessa avstånd bedöms, utifrån denna riskanalys, vara tillräckliga och även kunna inkludera den säkerhetszon som anges 0,03 M (50 meter) runt vindkraftverken.



Figur 22. Figuren illustrerar dimensionerat trafikutrymme med rekommenderad bredd på trafikstråk enligt PIANC (2018) och en separeringszon i fartygsstråket Ölands södra udde – Finska viken. I kartan visas avståndet mellan ytterkanten på rekommenderat trafikstråk och närmaste vindkraftverk för respektive fartygsstråk, samt säkerhetsavstånd enligt PIANC (2018). Avstånden motsvarar i meter: 4,92 M = 9 114 m; 2,22 M = 4 104 m; 3,94 M = 7 296 m; 1,09 M = 2 026 m; 0,7 M = 1 294 m; 0,71 M = 1324 m. © Bakgrundskarta Lantmäteriet

Den slutgiltiga utformningen (placering av vindkraftverk) rekommenderas bli föremål för en kompletterande riskanalys enligt stegen för *Detailed design* (PIANC, 2018) (åtgärd I) och en uppdatering av denna nautiska riskutredning inför fastställande av positioner för fundament.

## 10. Slutsats

I denna nautiska riskanalys för Ran undersöks huvudsakligen två exempellayouter för parken med 90 vindkraftverk à 20 MW respektive 121 vindkraftverk à 15 MW.

27 risker har identifierats, varav 21 har analyserats och värderats vidare. Vid värdering av riskerna har inga risker bedömts vara oacceptabla. Givet konservativa analysantaganden har risker för påsegling, fartygskollision under byggskedet, störning av fartygsradar samt påverkan på sök- och räddningsinsatser klassificerats som ALARP vilket innebär att de kan tolereras om föreslagna åtgärder vidtas.

Det rekommenderade säkerhetsavståndet uppfylls enligt *Concept design* (steg 1) baserat på PIANC (2018). Det finns gott om utrymme för fartyg att navigera säkert när Ran anlagts.

Avståndet mellan parkområdet och sjötrafiken i de utvärderade exempellayouterna bedöms även ur ett riskperspektiv inrymma ett tillräckligt säkerhetsavstånd avseende människors säkerhet och miljön. Ett längre säkerhetsavstånd minskar inte risken signifikant för de risker som klassats som ALARP. För risker som bedömts vara inom ALARP-området har i stället andra lämpliga åtgärder föreslagits, se kapitel 7.

Avståndet<sup>31</sup> till vindparken (närmaste fundament), är från rekommenderade trafikstråk i respektive fartygsstråk:

- Ölands södra udde – Finska viken 4,92 M (9 114 m)
- Salvorev – Slite 2,22 M (4 104 m)
- Slite – Ölands södra udde 3,94 M (7 296 m)

Slutsatsen är att de exempellayouter som analyserats är acceptabla ur ett nautiskt riskperspektiv givet att föreslagna åtgärder vidtas. Parkområdet anses därmed lämpligt för etablering av vindpark. Mindre justeringar av fundamentalsplaceringar inom parkområdet förväntas inte påverka risknivån märkbart, men när slutlig layout ska fastställas rekommenderas den slutgiltiga placeringen av vindkraftverk bli föremål för en kompletterande nautisk riskanalys enligt förutsättningar för *Detailed design*. Detta för att säkerställa att inga oacceptabla risker introducerats i och med den slutliga layouten.

<sup>31</sup> Vari säkerhetszon 0,03 M (50 m) samt säkerhetsavstånd 1,09 M (2 026 m), 0,70 M (1 294 m) respektive 0,71 (1 324 m) med god marginal inryms.

## 11. Referenser

- Anatec. (2016). *Influence of UK Offshore Wind Farm Installation on Commercial Vessel Navigation: A Review of Evidence*. Anatec Limited.
- Braam, H., van Mulekom, G., & Smit, R. (2005). *Handboek Risicozonering Windturbines, version 2*.
- Electrek. (den 24 08 2023). Hämtat från <https://electrek.co/2023/06/04/cargo-ship-offshore-wind-turbine/>
- Engberg, P. (2019). *IWRAP Mk2*. project44 A/S. Hämtat från [https://www.iala-ism.org/wiki/ialawiki/images/5/5a/20191201\\_lwrap\\_mk2.pdf](https://www.iala-ism.org/wiki/ialawiki/images/5/5a/20191201_lwrap_mk2.pdf)
- Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation. (2019). *Allision between VOS STONE and a wind turbine on 10 April 2018 in the Baltic Sea. Investigation Report 118/18*. Hamburg: Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation.
- Fleetmon. (den 24 augusti 2023). Hämtat från <https://www.fleetmon.com/maritime-news/2023/41741/general-cargo-ship-collided-wind-turbine-damaged-n/>
- IMO. (1972). *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*.
- IMO. (2002). *SOLAS (Safety of Life at Sea) Convention Chapter V*. IMO (International Maritime Organisation).
- Jersey Maritime Administration. (2020). *Investigation into the Causes of an Allision between the Windfarm Support Vessel Njord Forseti and a Windfarm Tower in the Southern North Sea on 23rd April 2020. Final Report*. Jersey Maritime Administration.
- Ma, Y., Martinez-Vazquez, P., & Baniotopoulos, C. (2018). *Wind Turbine Tower Collapse Cases: A Historical Overview*. ICE Proceedings Structures and Buildings. 172. 10.1680/jstbu.17.00167.
- MAIB. (2013). *Accident report No 23/2013*. Southampton: MAIB (Marine Accident Investigation Branch).
- Maritime Safety Committee. (2018). *Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-Making Process*. London: IMO (International Maritime Organization).
- OX2. (2024). *Ran design envelope*.
- PIANC. (2014). *Report WG 121: Harbour Approach Channels. Design Guidelines*. PIANC.
- PIANC. (2018). *MarCom WG 161: Interaction Between Offshore Wind Farms and Maritime Navigation*. PIANC.
- Sjöfartsverket. (2022). *Underrättelser för sjöfarande Allmänna upplysningar*.
- Sjöfartsverket. (den 14 Mars 2024). *Kartvisaren fyren*. Hämtat från <https://geokatalog.sjofartsverket.se/kartvisarefyren/>
- Sweco. (2024). *Trafikanalys. Havsbaserad vindkraft, Ran*. Göteborg: Sweco.

- Trafikverket. (2022). *Funktionsbeskrivningar för trafikslagets anläggningar: riksintresse kommunikationer.*
- Trafikverket. (2023). *Prognos för godstransporter 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2023.*
- Transportstyrelsen. (2023). *Säkerhetsöversikt sjöfart 2022.* Utgiven 2023-05-29.
- Transportstyrelsen. (den 01 mars 2024). *Sjösäkerhetsanordning (SSA).* Hämtat från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/sjotrafik-och-hamnar/farleder-och-hamnar/utmarkning-till-sjoss/Sjosakerhetsanordningar/>.
- Transportstyrelsen; Sjöfartsverket. (2023). *Sjöfartsverkets och Transportstyrelsens rekommendationer vid projektering och etablering av havsbaserad vindkraft.*
- Vattenfall. (2022). *Vattenfall.* Hämtat från Schade aan windpark Hollandse Kust Zuid na aanvaring door vrachtschip Julietta D: <https://group.vattenfall.com/nl/newsroom/persbericht/2022/schade-aan-windpark-hollandse-kust-zuid-na-aanvaring-door-vrachtschip-julietta-d> [2022-02-02]

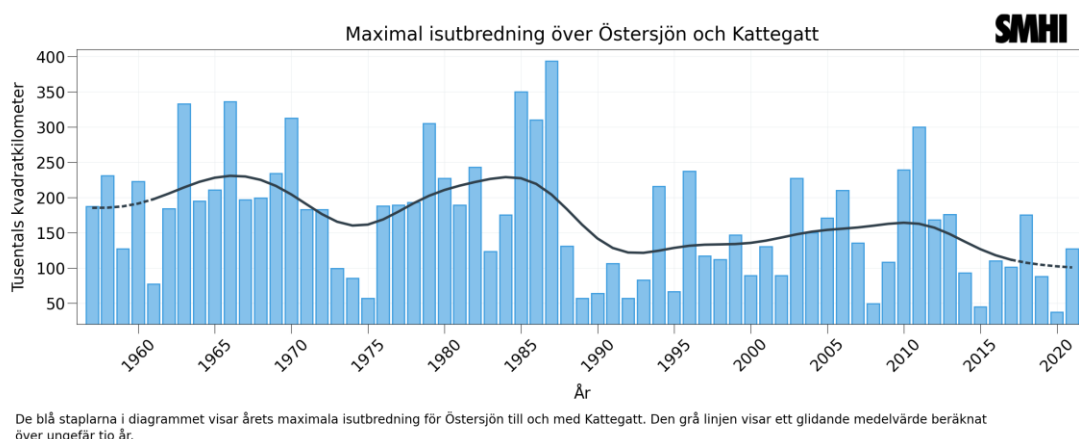
# Bilaga A. Isbeläggning till havs

## Kunskapsöversikt

Utbredningen av is i Östersjön varierar från vinter till vinter. Stora delar av Bottenhavet och Bottenviken fryser till is varje år. Detta påverkar sjöfarten, där fartyg ibland blir beroende av assistans från isbrytare. När isförhållandena blir för svåra kan fartygstrafiken under perioder tvingas ta andra rutter. Olika typer av is påverkar sjöfarten på olika sätt. Vid etablering av havsbaserad vindkraft kan isbildningen i området förändras. En potentiell påverkan är att isen bryts av vindkraftsturbinernas fundament vilket skulle kunna leda till att isen exempelvis komprimeras och skulle då kunna bilda isryggar som är svårforcerade. Forskning pågår om hur vindparker till havs påverkar isbildning och istäckning.

En isvinter klassificeras baserat på dess maximala isutbredning i hela Östersjöregionen, inklusive Kattegatt. Isvintrar delas upp i milda, normala eller allvarliga, beroende på den maximala isutbredningen (SMHI, 2021a).

Historisk isutbredning i Östersjön, Skagerrak och Kattegatt illustreras i Figur 1. Som framgår av figuren är svåra isvintrar en förväntad händelse som historiskt förekommer mer ofta än vart 10:e år. De svåraste isvintrarna inträffade före år 1990.



Figur 1. Diagrammet visar maximal isutbredning över Östersjön och Kattegatt. De blå staplarna i diagrammet visar årets maximala isutbredning för Östersjön till och med Kattegatt. Den svarta linjen visar ett glidande medelvärde beräknat över ungefär tio år. © SMHI

## Lindrig isvinter

Under en lindrig isvinter är endast ett mindre område av Östersjöområdet, som mestadels består av Bottenviken, Norra kvarken och Norra Bottenhavet, isbelagt. Den maximala isutbredningen är cirka 115 000 km<sup>2</sup> (SMHI, 2021a).

Väder som domineras av en mild temperatur och starkare vindar genererar vanligtvis dessa milda isvintrar. Ibland kan isen växa, men rivs ofta upp av vinden och isen drivs mot kusterna. Allt eftersom vintern fortskrider byggs den totala isutbredningen upp, vilket också kan leda till att det bildas områden med isvallar, till exempel i norra Bottenviken (SMHI, 2021a).

## Normal isvinter

Mätt under maximal isutbredning, vanligtvis i mars, är hela Bottenviken, Norra Kvarken, större delen av Bottenhavet, Finska Viken och Ålands hav täckta av is under en normal isvinter. Söderut, ner till Kalmarsund, är det tunn isbildning längs kustområdena. Den maximala isutbredningen är cirka 230 000 km<sup>2</sup> (SMHI, 2021a).

Väder som genererar en normal isvinter i Bottenviken och Bottenhavet kännetecknas av flera sammanhängande högtrycksperioder med svaga vindar och temperaturer under -10 grader under november – december månad (SMHI, 2021a).

## Svår isvinter

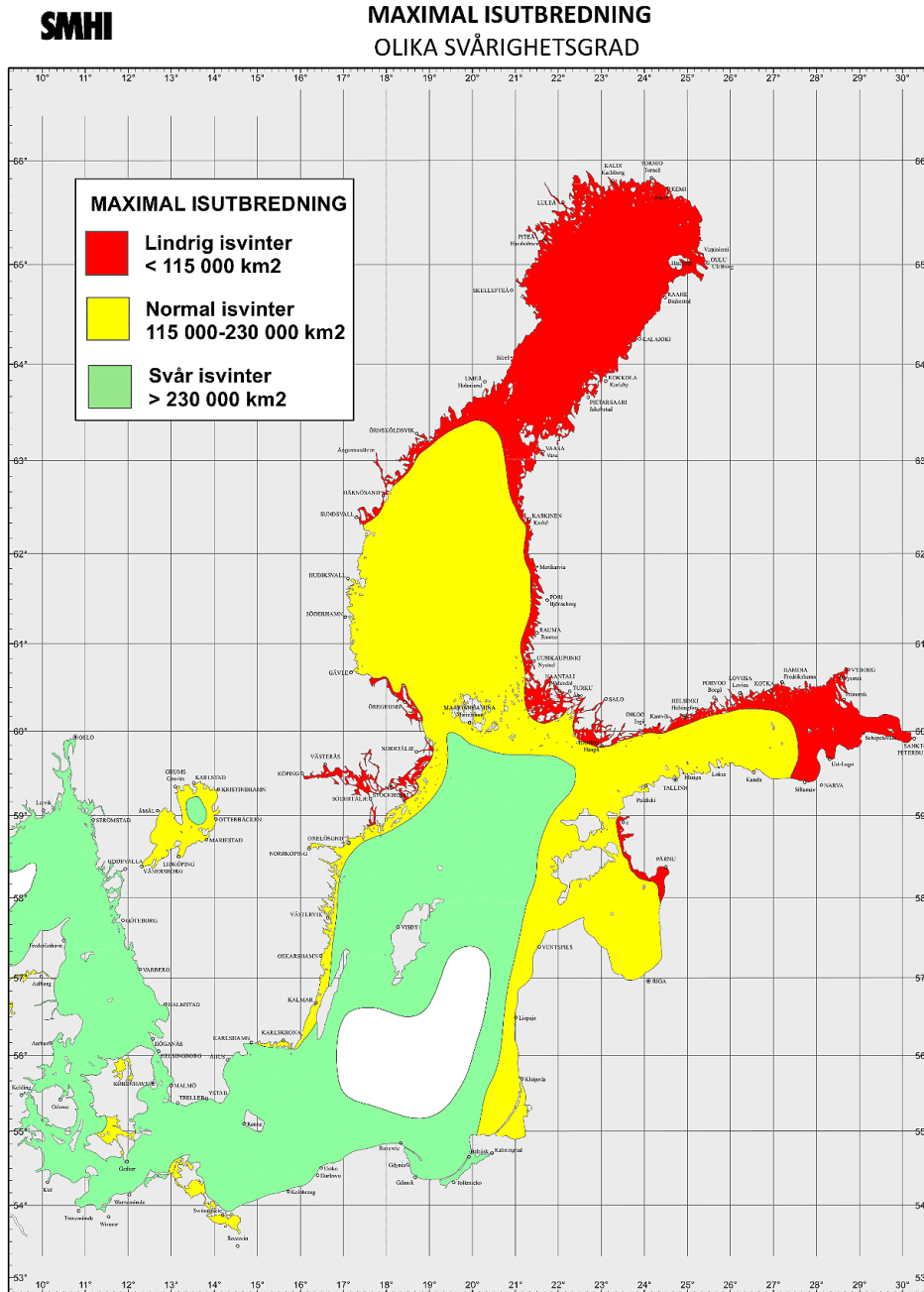
En svår isvinter börjar när den maximala isutbredningen överstiger 230 000 km<sup>2</sup>. Isen växer längre söderut i Östersjön och i delar av de södra och västra farlederna (SMHI, 2021a).

Vädret kännetecknas av längre perioder av kontinuerlig kyla och ofta i kombination med ostliga eller nordostliga vindar som upprätthåller transporten av is (SMHI, 2021a).

Under extremt svåra isvintrar täcks större delen av Östersjön av is. Isvintern 1986–1987 är ett historiskt exempel på detta. En långvarig högtryckssituation med svaga vindar, klara och kalla nätter medförde att så gott som hela Östersjön blev istäckt den 13 mars 1987 (SMHI & Sjöfartsverket, 1987). Isbelägningen i Östersjön påverkade fartygstrafiken i området på ett antal sätt. Många farleder var täckta av is, vilket gjorde det svårt eller omöjligt för fartyg att passera. Detta ledde till förseningar och avbrott i frakt- och passagerartrafik. Fartyg som inte var utrustade för att ta sig igenom isen på egen hand tvingades att vänta tills isen smälte eller till dess att de fått hjälp av isbrytare. För att hjälpa till att hålla farlederna öppna användes flera isbrytare från såväl Sverige som Finland. Även om isbrytare kunde hålla viktiga farleder öppna, kunde de inte garantera att all trafik skulle kunna passera. Den extrema vintern ledde således till förseningar och svåra förluster. Trots tidvis mycket besvärliga förhållanden för sjöfarten så höll hamnarna generellt sett öppet för vintersjöfart.

I ett framtida varmare klimat förväntas isvintrarna i Östersjön både bli kortare och mildare, och svåra isvintrar alltmer sällsynta. Isens omfattning kommer dock fortsätta variera från år till år även i framtiden. Däremot kan klimatet påverka vädret genom mer frekventa och starkare stormar och andra företeelser som också kan påverka sjöfarten, inklusive issituationen, negativt (SMHI, 2022).

En karta över isens utbredning vid lindriga, normala och svåra isvintrar illustreras i Figur 2 nedan.

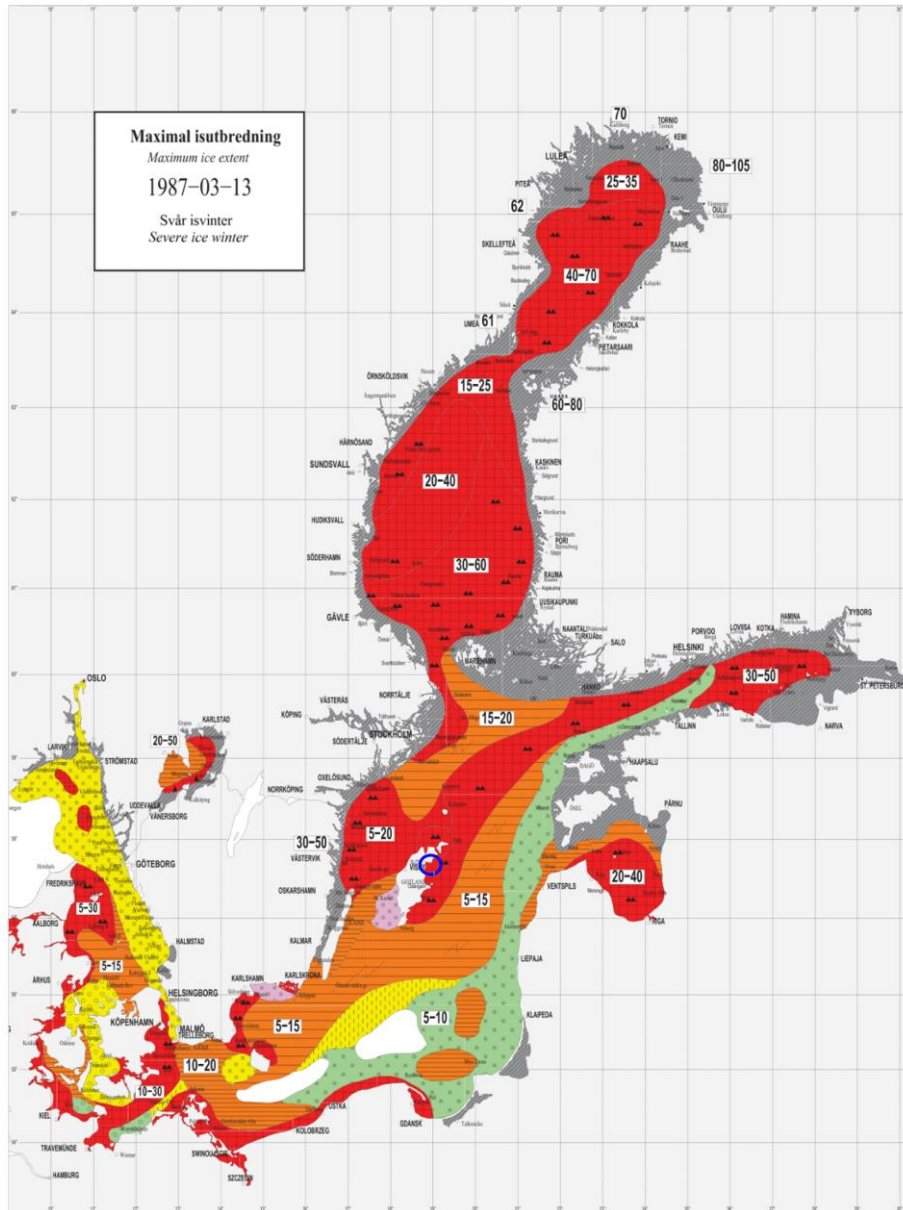


Figur 2. Bild av isutbredning för lindrig, medel och svår isvinter. Kartan är inhämtad från smhi.se (SMHI, 2023) © SMHI

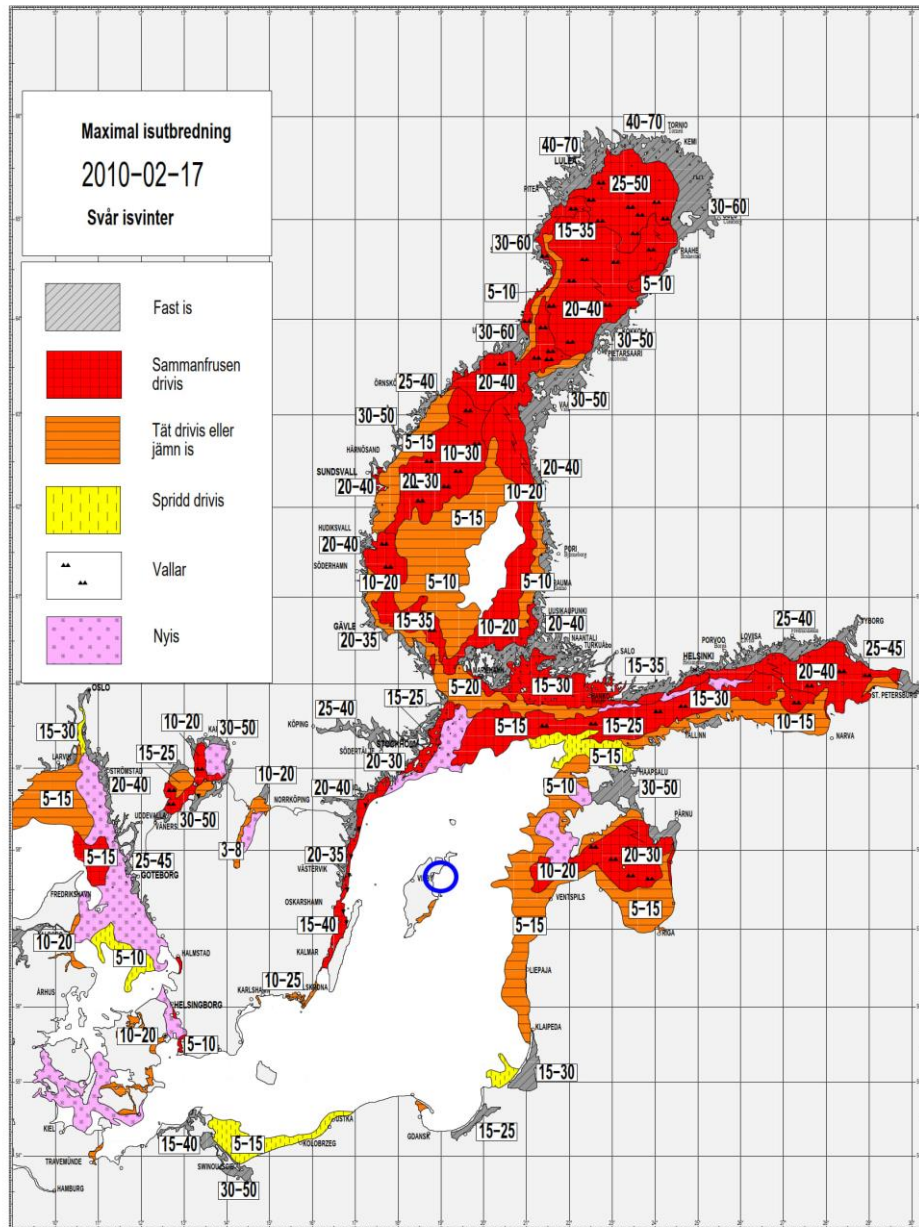
## Isförhållanden för vindpark Ran

Vid svåra isvintrar kan isbildning förekomma vid Gotlands kust och vid parkområdet för vindpark Ran, vilket illustreras i Figur 3, Figur 4 och Figur 5. Under en mild eller normal isvinter förekommer ingen isbildning vid området (se Figur 2). I Figur 6 illustreras ett exempel på maximal isutbredning under en normal isvinter. Sett till det geografiska läget vid Ran så är det enbart under svåra isvintrar som isen breder ut sig över området, detta till följd av bland annat latitud, havsdjup och andel saltmängd i vattnet.

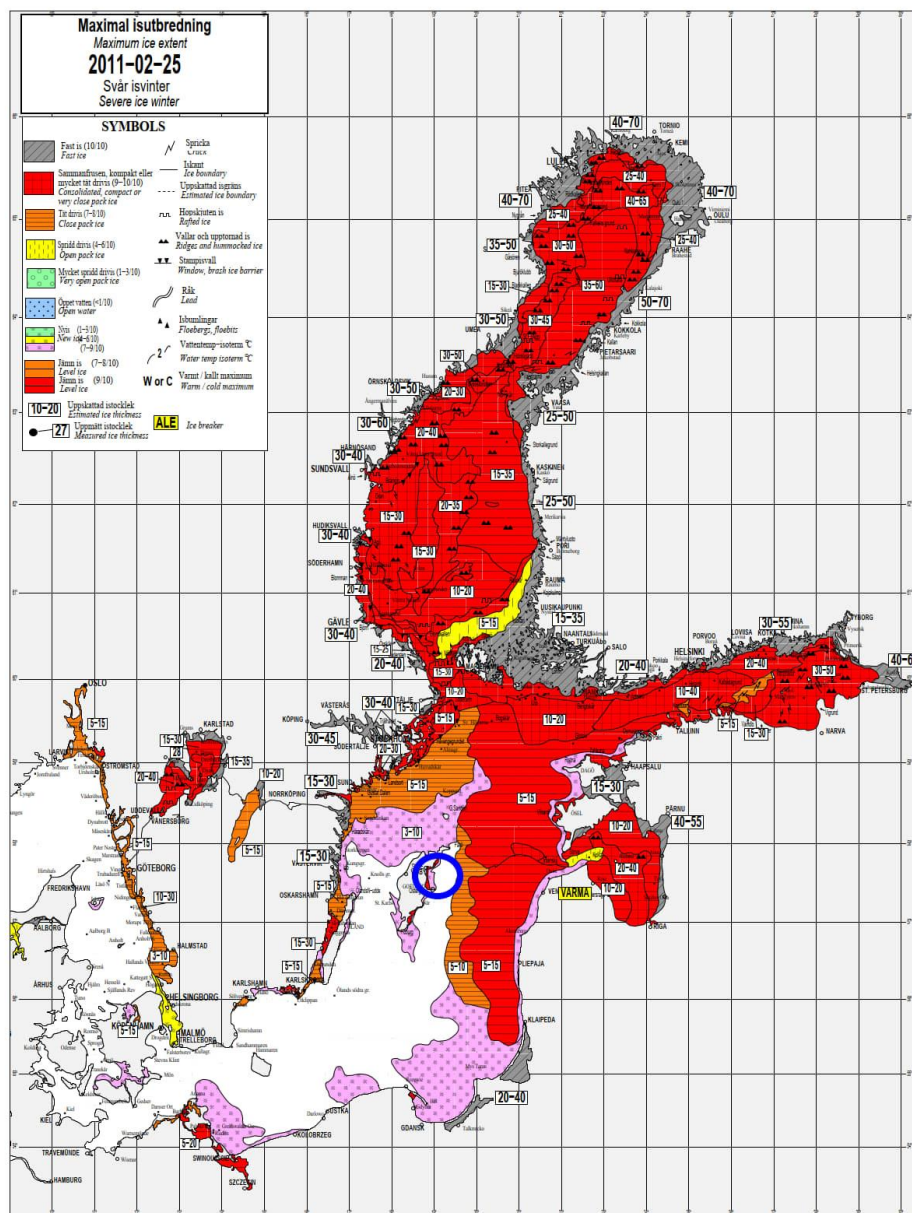




Figur 3. Kartan visar maximal isutbredning 1987. Parkområde för vindpark Ran markerat med en ungefärlig position utanför Gotlands kust med blå elips. Kartan är inhämtad från smhi.se (SMHI, 2023) © SMHI



Figur 4. Kartan visar maximal isutbredning 2010. Parkområde för vindpark Ran markerat med en ungefärlig position utanför Gotlands kust med blå elips. Kartan är inhämtad från smhi.se (SMHI, 2023)  
© SMHI

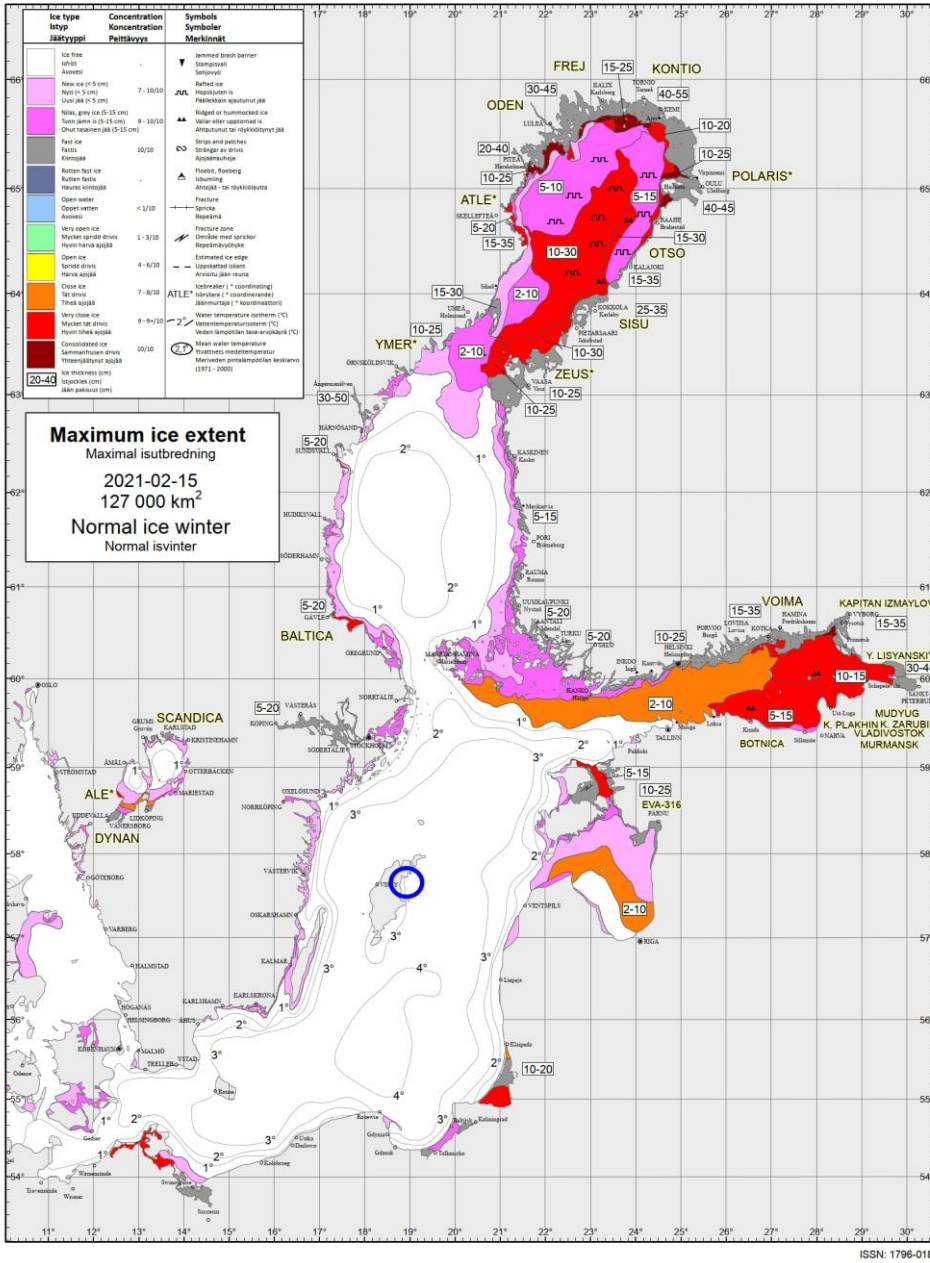


Figur 5. Kartan visar maximal isutbredning 2011. Parkområde för vindpark Ran markerat med en ungefärlig position utanför Gotlands kust med blå elips. Kartan är inhämtad från smhi.se (SMHI, 2023)  
 © SMHI



**MAXIMUM ICE EXTENT 2021**  
Iskarta - Jääkartta

2021-02-15



Figur 6. Kartan visar maximal isutbredning 2021. Parkområde för vindpark Ran markerat med en ungefärlig position utanför Gotlands kust med blå elips. Kartan är inhämtad från smhi.se (SMHI, 2023) © SMHI

## Referenser

- SMHI & Sjöfartsverket. (1987). *Sammanfattning av isvintern och isbrytarverksamheten 1986/87*. Norrköping: SMHI & Sjöfartsverket.  
Hämtat från [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.159513!/Isvintern%201986-1987.pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.159513!/Isvintern%201986-1987.pdf)
- SMHI. (2021a). *Ice conditions in the Baltic Sea*.  
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/is-till-havs/isforhallanden-i-ostersjon-1.7024> [2023-04-28].
- SMHI. (2021a). *Isförhållanden i Östersjön*.  
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/is-till-havs/isforhallanden-i-ostersjon-1.7024> [2023-04-28].
- SMHI. (2022). *Climate indicator - Sea ice*. Retrieved from <https://www.smhi.se/en/climate/climate-indicators/climate-indicators-sea-ice-1.91485> 2023-05-15
- SMHI. (2023). *Havsis*. Hämtat från <https://www.smhi.se/data/oceanografi/havsis> [2023-03-20]



# Bilaga B. Kunskapsöversikt radarstörningar

Moderna fartyg är utöver radar i regel utrustade med navigationssystem där radiosignaler, satellitnavigationssystem och signaler från andra sensorer ombord kopplas ihop med radarbilden på ARPA eller separat på en elektronisk sjökortsdisplay (ECS eller ECDIS). Vind- och energiparker kan ha påverkan på såväl dessa navigationssystem som på visuell sikt.

## Fartygsradar

Fartygsradar är ett viktigt verktyg för sjöfartssäkerhet och navigering på sjön. Det finns två huvudtyper av fartygsradar: X-bandradar och S-bandradar. Dessa två radarsystem kompletterar varandra.

X-bandradar är en högfrekvent radar (9 GHz) som vanligtvis används för kortdistansdetektion av föremål och för att hjälpa till med navigering och positionering av fartyget.

S-bandradar (3 GHz) är effektiv på längre avstånd och kan användas för att upptäcka både föremål som är nära fartyget och föremål på längre avstånd.

Fartygsradar är, tillsammans med AIS, ett av de viktigaste verktygen ombord för såväl navigation som för att undvika kollision, särskilt vid dålig sikt.

Vindkraftverk kan reflektera radarsignaler och kan därmed interferera med radarsystem i närområdet. Det är välkänt att havsbaserad vindkraft har påverkan på fartygsradar vilket kan påverka möjligheten till lokalisering, upptäckt och identifiering av radarmål i närheten av vindkraftverk. Vidare kan blinda områden uppstå i skuggan av ett vindkraftverk.

Den vanligaste påverkan är en ökning av signaler som reflekteras och orsakar kraftiga ekon på radarns display, vilket komplicerar beslutsunderlaget för navigationen (Committee on Wind Turbine Generator Impacts to Marine Vessel Radar, 2022). Inom 1,5 NM från vindkraftverk finns risk för att fenomen såsom multipeleko, indirekta ekon och sidolobekon kan uppstå (MCA, 2008).

**Multipelekon** uppstår när radarsignalen studsar mellan vindkraftverk och fartyget några gånger innan den fångas upp av radarantennen. Multipeleko kan också vara eko från många olika mål i samma riktning som fartygets huvudmål.

**Indirekta ekon** uppstår när radarpulsen reflekteras på flera föremål innan den når tillbaka till radarantennen. **Sidolobekon** är ekon som finns utanför radarantennens huvudlob, alltså ekon från radarmål som befinner sig i antennens sidlobber.

Radarutrustningen justeras av den som navigerar fartyget för att minimera störningarna. Ekon kan reduceras genom att justera inställningarna (gain, range eller anticlutter sea). Detta kan antingen göras automatiskt eller manuellt. Eftersom åtgärden samtidigt minskar möjligheten att upptäcka svaga ekon som till exempel mindre båtar och bojar blir det en avvägning att göra mellan för mycket och för lite ekon (Snöberg, 2002).

Nyare fartyg är utrustade med navigationsstöd såsom ARPA (Automatic Radar Plotting Aid) eller radarplotter som ger information om rörelseriktning hos andra objekt såsom fartyg. En modern ARPA innehåller en uppsättning funktioner för att avgöra risken för kollision, bland annat med information om CPA (closest point of approach) och TCPA (time to closest point of approach). Systemet kan exempelvis larma när TCPA faller under ett tröskelvärde som sätts av användaren. När ARPA används för att följa radarmål nära en vindpark så kan ARPA:n, på grund av ovan nämnda radarstörningar, tappa sitt mål (lost target) eller hoppa till ett annat mål (target swap).

Studier som utfördes på vindparken på Kentish flats, England, visar att sjömän kunnat observera och följa andra fartyg som befann sig både inom och på andra sidan av vindparken med hjälp av radar trots ovanstående effekter (BWEA, 2007).

PIANC anger att det är hög sannolikhet för spökekon på X-bandsradar på avstånd kortare än 0,25 NM (500 m). Sannolikheten för target loss (små mål) beaktas också som hög på avstånd kortare än 1,5 NM (2 778 m). Säkerhetsavstånd för att undvika interferens har av sjöbefäl satts till 0,8 NM. PIANC rekommenderar sammantaget ett minimiavstånd på 1,5 NM mellan fartygstrafik och vindparker för att minimera störningar på fartygsradar och ARPA (PIANC, 2018). Rapporten betonar att den som navigerar fartyget ska justera sin radarutrustning för att få exakta resultat vid användning av ARPA. Vid felaktig inställning på radarn så kan ekon och lost target förekomma oavsett avstånd från vindparken enligt PIANC.

## Satellitnavigation

Reflektioner från byggnader och andra stora, massiva föremål kan leda till precisionsproblem med GPS (Sjöfartsverket, 2022). Fenomenet när GPS-signalen från satelliten reflekteras i en hög byggnad innan den når mottagaren kallas multipath, och förekommer på handelsfartyg även utan vindkraftverk i närheten. Störningar som härrör från multipath genereras av kranar och master på fartygen havs. Det är möjligt att minimera störningarna på mottagaren genom specifika inställningar (PIANC, 2018).

För att få en bättre positionsnoggrannhet går det att installera en DGPS-mottagare, vilket är standard på de allra flesta moderna handelsfartyg. Sjöfartsverket har i samarbete med grannländerna och efter IALA:s rekommendationer etablerat ett referensstationsnät för GPS (Sjöfartsverket, 2021). Enligt PIANC behövs ett säkerhetsavstånd mellan såväl vindkraftverk och fartyg som mellan vindkraftverk och DGPS-referensstation för att DGPS:ens noggrannhet ska upprätthållas. För 160 m höga vindkraftverk anges avståndet till 1,2 km. Detta avstånd är beräknat på förutsättningar gällande vinklar och tornhöjder som kan avvika lite från det aktuella projektområdet och får därför ses som en fingervisning. Säkerhetsavståndet gäller endast störning av signalen från referensstationen vilket innebär att positionsnoggrannheten med GPS förväntas upprätthållas även inom detta avstånd.

## Radiokommunikation

VHF är radiofrekvenser som i sjöfarten nyttjas för kommunikation inklusive nödanrop.

AIS använder två kanaler på VHF-bandet för överföring av digital information. AIS är ett autonomt system som gör det möjligt att från ett fartyg och från land identifiera och följa fartygsrörelser. Position, kurs och fart hämtas från samma system som används för fartygets navigation, normalt en GPS- eller DGPS-mottagare (Sjöfartsverket, 2022).

Det globala nödradiosystemet för sjöfarten, GMDSS, är sedan 1999 obligatoriskt för all yrkessjöfart. Utrustningskraven är beroende av vilka farvatten som ska trafikeras. Det aktuella projektområdet ligger inom VHF-täckning från en kuststation med kontinuerlig passning av digitala nödanrop via VHF-systemet (över så kallat DSC). Sjö- och flygräddningscentraler kan utöver VHF-radio även larmas via mobiltelefon eller satellittelefon (Sjöfartsverket, 2022).

Enligt PIANC (2018) påverkar etableringen av vindparker täckningsområdet för VHF när fartyg befinner sig bortom en vindpark. Det finns studier som bekräftar interferens med VHF, som under vissa omständigheter kan påverka inte bara analog röstkommunikation men även DSC- och AIS-signaler. Betydelsen av störningarna på VHF-kommunikation inklusive AIS bedöms dock vara obetydlig enligt studier som gjorts. Erfarenheter från bland annat North Hoyle visar att kommunikationen fungerar bra över VHF och mobiltelefon inne i parken. Problem med radiopejling av VHF-signalen inträffade emellertid när pejlande fartyg var närmare än 50 meter till ett vindkraftverk som skuggade radiosändaren (Howard, 2004).

## Terrester navigation

Uppförandet av en vindpark eller energipark innebär att den visuella informationen förändras. Vindkraftverk fungerar som tydliga navigationsmärken till havs vilket underlättar navigering i allmänhet samt vid sjöräddningsaktioner. Vindkraftverken kommer att utrustas med fasadbelysning enligt IALA:s rekommendationer. Vidare kan vindkraftverken skymma befintliga navigationsmärken. Ute till havs finns inga sjömärken eller andra fasta föremål att navigera efter i anslutning till vindparken. Vindkraftverken förväntas därmed inte omedelbart skymma något navigationsmärke. Parken skulle teoretiskt kunna skymma sjömärken på ett avstånd upp till 16 nautiska mil. Detta avhjälpas emellertid omgående när fartyg som befinner sig precis bakom vindkraftverken ändrar sin position marginellt.

Kompasser förväntas inte påverkas nämnvärt av energiparken. Enligt PIANC (2018) är det osannolikt att vindkraftverken och kraftledningarna skulle kunna påverka magnetiska kompasser. Större fartyg har i allmänhet gyrokompasser som inte påverkas av magnetiska störningar, i tillägg till magnetkompass.

## Referenser

- BWEA. (2007). *Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind farm*.
- Committee on Wind Turbine Generator Impacts to Marine Vessel Radar. (2022). *Wind Turbine Generator Impacts to Marine Vessel Radar. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*. Hämtat från <https://doi.org/10.17226/26430>



- Howard, M. (2004). *The effects of offshore wind farms on marine radar, navigation and communication systems*. MNA 53/10/366.
- MCA. (2008). *Offshore Renewable Energy Installations (OREIs): Guidance to Mariners Operating in the Vicinity of UK OREIs (MGN 372 (M+F))*. (U. M. Agency, Red.) Hämtat från MNA/053/010/0626:  
<https://www.gov.uk/government/publications/mgn-372-guidance-to-mariners-operating-in-vicinity-of-uk-oreis>
- PIANC. (2018). *MarCom WG 161: Interaction Between Offshore Wind Farms and Maritime Navigation*. PIANC.
- Sjöfartsverket. (2021). *Sjöfartsverkets referensstationsnät. IALA/DGPS*. Hämtat från DGPS - Differential Global Positioning System:  
<https://www.sjofartsverket.se/contentassets/ef2f62594e4b4214bd4dc9268117cb89/iala-dgps-2016.pdf>
- Sjöfartsverket. (2022). *Ufs A. Underrättelser för sjöfarande. Allmänna upplysningar*.
- Snöberg, J. (2002). *Nautisk instrumentteknik Radar (utbildningskompendium Kalmar Maritime Academy)*.

# Bilaga C. IWRAP-beräkning av olycksfrekvenser

I denna bilaga redovisas de frekvensberäkningar (sannolikhet) som ligger till grund för riskutredningen för Ran avseende kollisionsrisk, grundstötning samt risk för fartyg att navigera eller driva in i energiparken och kollidera med ett vindkraftverk (i bilagan används begreppet allision om när fartyg kolliderar med vindkraftverk och andra fasta strukturer).

## Syfte

Följande sannolikheter beräknas:

- Sannolikheten att fartyg navigerar in i energiparken
- Sannolikheten att fartyg navigerar eller driver in inom en 100 meters diameter kring ett vindkraftverk\*
- Sannolikheten att fartyg navigerar eller driver in inom en 20 meters diameter kring ett vindkraftverk
- Sannolikheten för kollision mellan fartyg
- Sannolikheten för grundstötning

Beräkningarna görs för två alternativa parklayouts – en layout med 90 vindkraftverk à 20 MW och en layout med 121 vindkraftverk à 15 MW.

## Metod

Kvantitativa uppskattningar av frekvenser för navigationsrisker görs i enlighet med *Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process* (Maritime Safety Committee, 2018). Till beräkningarna används IWRAP som är ett verktyg för att tillämpa FSA-metodik. I IWRAP beräknas frekvenser för kollisioner och påseglingar för fartyg som färdas längs definierade stråk. Indata bygger på historisk statistik samt expertskattningar där data saknas.

Beräkningarna görs med en probabilistisk modell som tas fram för fartygstrafiken i det aktuella området. Modellen bygger dels på sannolikheten att fartyg tappar styrningen eller håller en kurs och fart som kan resultera i en olycka om ingenting

---

\* Denna sannolikhet är input till scenariot i huvudrapporten att fartyg navigerar eller driver in inom en 100 meters diameter kring ett vindkraftverk och träffas av en vingspets. Dock kan fartyg driva nära ett vindkraftverk utan att träffas av en vingspets. Sannolikheten för det utfall som slutar i en olycka beräknas i huvudrapporten.

görs, dels på sannolikheten att alla åtgärder för att undvika en olycka misslyckas när fartyget befinner sig i ett sådant läge\*. Med hjälp av modellen beräknas sannolikheten för kollision och påsegling med och utan vindkraftverk.

## IWRAP-modell

Frekvenserna beräknas med den kommersiella versionen av programvaran IWRAP Mk II.

I IWRAP modelleras fartygsstråk i form av delsträckor som kallas *legs*. För trafiken längs varje leg beräknas sannolikheten för kollisioner mellan fartyg av typen frontalkollision samt omkörningskollision.

Punkter där fartygsstråken ändrar riktning, går samman eller korsas modelleras i IWRAP med en *waypoint*. För trafiken genom en waypoint beräknas sannolikheten för en svängkollision, sammanvävningskollision respektive korsningskollision.

Endast den trafik som representeras i legs ingår i beräkningen av olycksrisker i IWRAP. För Ran definieras legs för fartygsstråk och där olycksrisken kan påverkas av parketableringen genom exempelvis förändrat trafikmönster eller risk för påsegling. Stråk med färre än 1 passage per dygn modelleras inte som separata legs.

I (Engberg, 2019) ges en utförlig beskrivning av teori och arbetssätt för IWRAP.

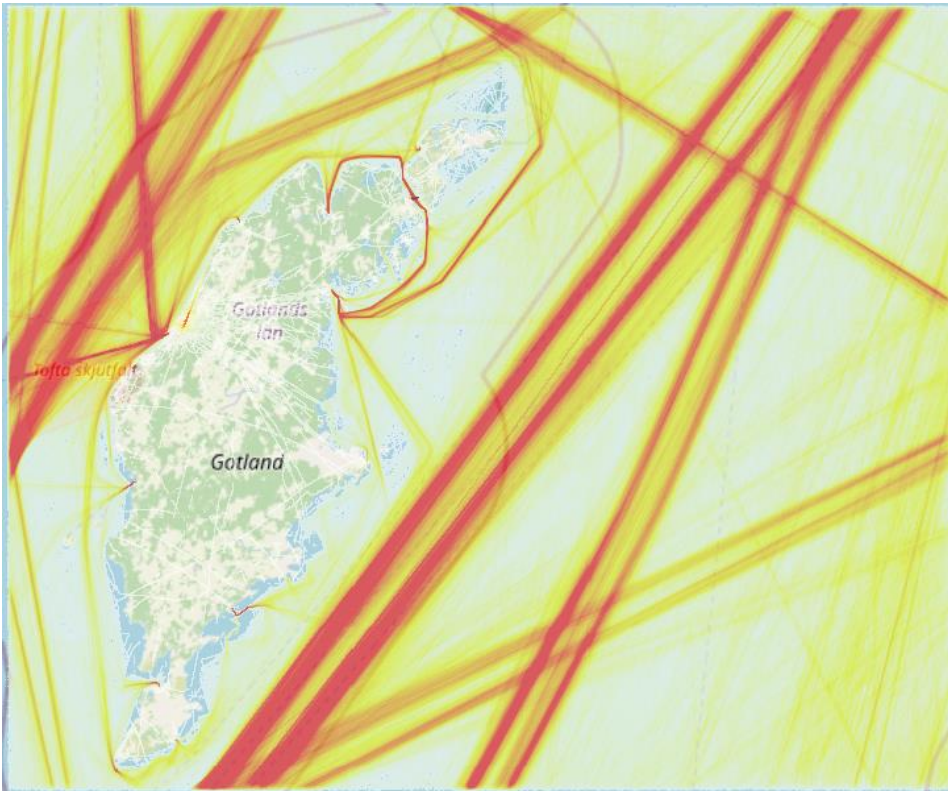
### Trafikdata

AIS-data från Sjöfartsverket för perioden 1 februari 2022 till 1 februari 2023 används som indata för att skapa modellen av fartygsstråkens utsträckning och trafikmönster. I dataunderlaget ingår uppgifter om 10 938 fartyg och sammanlagt 105 096 resor i området, se Figur 1.

Analysen görs helårsvis eftersom trafikmönstret är relativt statistiskt under året. Isläggning påverkar mycket sällan fartygstrafiken i området.

---

\* Sannolikheten att fartyg tappar styrningen eller håller en kurs och fart som kan sluta i en olycka modelleras med laterala fördelningar som representerar trafiken och som baseras på statistik i form av AIS-data över verklig fartygstafrik beaktat position, storlek och andra relevanta parametrar. Förutsättningarna att undvika en olycka bygger på antaganden om möjligheterna att lyckas med exempelvis undanmanöver när sådan krävs (så kallad causation factor) eller nödankring. Dessa antaganden görs i IWRAP och redovisas sist i föreliggande bilaga.



Figur 1. Fartygsdensitet runt Ran baserat på AIS-data. © Bakgrundskarta Open Street Map

Fartygstrafiken beskrivs i trafikanalysen.

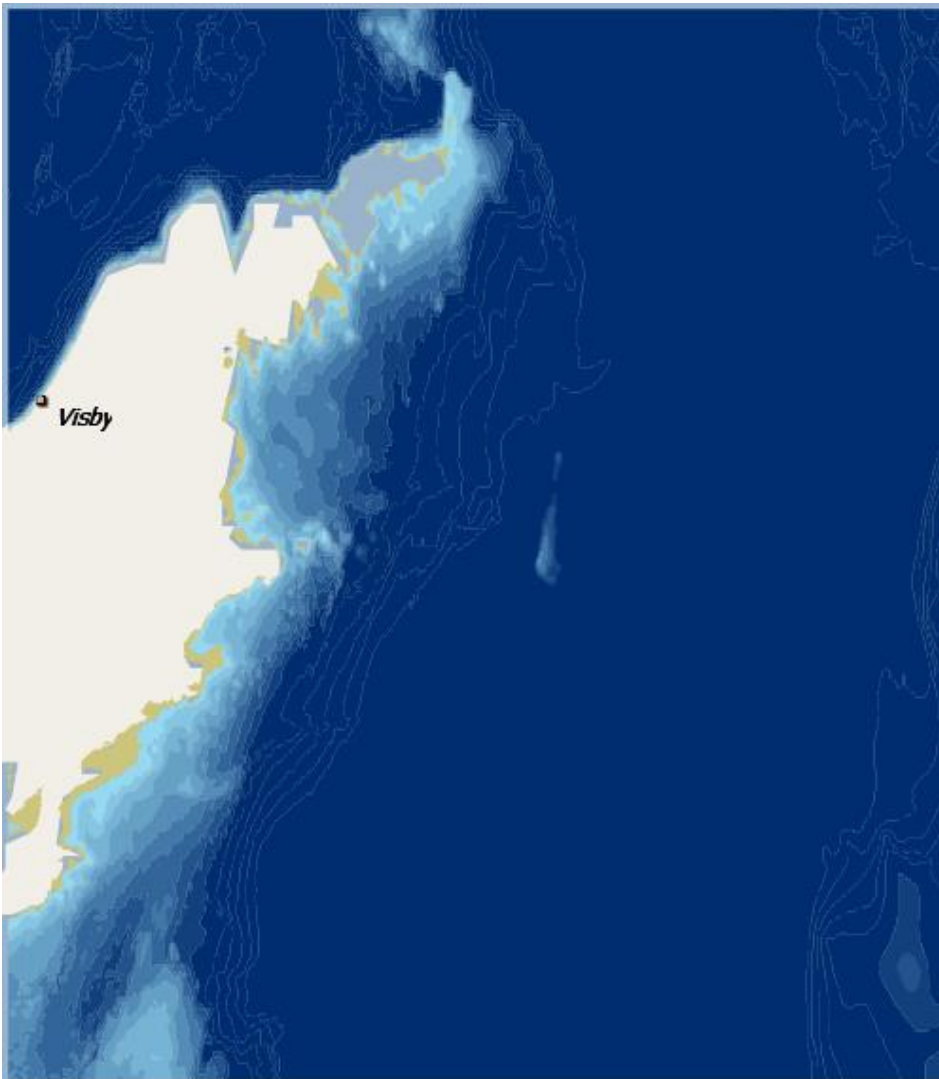
## Validering

IWRAP Mk2 är en validerad programvara. Att den Ranspecifika modellen är korrekt säkerställs genom noggrann modell- och resultatgranskning. AIS-datan jämförs med AIS-dataregistreringar från alternativa källor (Marine Traffic, Vesselfinder och Helcom).

## Modellering

En modell av trafiken inklusive laterala fördelningar för fartygen och sannolikheten för situationer där fartyg riskerar att kollidera alternativt styra in i energiparken skattas i IWRAP utifrån trafikdata.

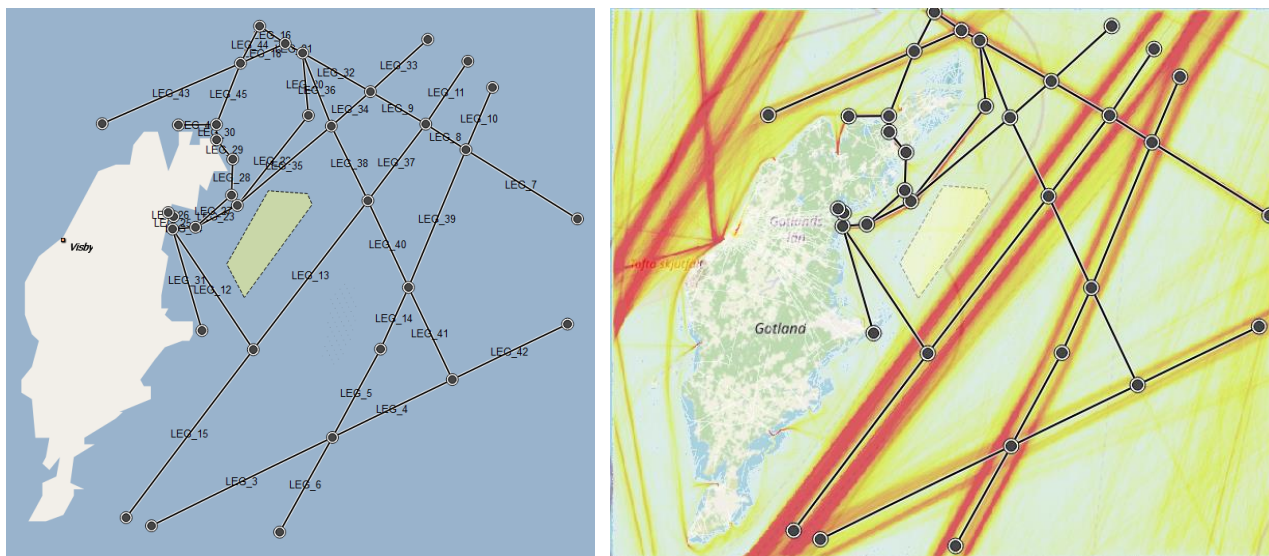
Djupet varierar mellan 40 och 85 meter. Förutom djupets betydelse för sannolikheten för grundstötning så påverkar djupet även möjligheten att nödankra ett omanövrerbart fartyg. Vattendjupet modelleras med hjälp av polygoner baserade på öppen batymetridata från NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI, 2022), se Figur 2.



Figur 2. Representation av batymetri i IWRAP (NCEI, 2022). © Djupdata NCEI

Trafiken modelleras i IWRAP genom att definiera legs som representerar trafiken i inloppet till Slite, Ölands södra udde-Finska viken, Salvorev-Slite, inloppet till Fårösund (Södra Gattet) samt övriga fartygsstråk som identifierats i dataunderlaget. Trafiken som idag tar genvägen över Ran modelleras inte i IWRAP. Skälet är att möjligheterna är begränsade i IWRAP att modellera trafik som inte följer etablerade fartygsstråk.

Modellen i IWRAP av trafiken kring Ran visas i Figur 3.



Figur 3. IWRAP-modell över trafiken kring Ran. Representation i IWRAP-modell av fartygstrafik i området (nuläge samt efter etablering av parken). Trafiken modelleras i IWRAP genom att definiera legs som representerar samtliga fartygsstråk kring Ran, bland annat inloppet till Slite, Ölands södra udde-Finska viken, Salvorev-Slite och inloppet till Fårösund (Södra Gattet). Hur IWRAP-modellen förhåller sig till trafikmönstret framgår av figuren till höger som visar en heatmap baserad på AIS-datan tillsammans med IWRAP-modellens legs och waypoints. © Bakgrundskarta Open Street Map

## Analysfall

En sammanställning av de analysfall som körts i IWRAP återfinns tillsammans med en beskrivning i Tabell 1.

I analysfallen representeras energiparken på olika sätt:

- Som ett sammanhängande parkområde (en stor fiktiv struktur)
- Som enskilda vindkraftverk med en diameter om 100 respektive 20 m

Osäkerhetsanalys görs för att kvantifiera hur olika osäkerheter påverkar resultatet:

- Antagande om framtida trafikflöden (oförändrat respektive +50 %) i enlighet med avsnitt 2.6 Framtida sjötrafik i huvudrapporten om trafikprognos för år 2040
- Antagande om etablering av närliggande vindparker (endast Ran respektive ytterligare närliggande parker)

Tabell 1. Analysfall och beskrivning av modellering – grundanalysfall, känslighetsanalysfall och osäkerhetsanalysfall.

#	Beskrivning	Kommentar
<b>R0</b>	Nollalternativet	Ingen park
<b>R1</b>	Ran parkområde, grundfallet	Area för området för fundament: 327 km <sup>2</sup>
<b>R2.1</b>	20 MW vindkraftverk med D=100 m, grundfallet	Antal vindkraftverk: 90 st
<b>R2.2</b>	20 MW vindkraftverk med D=20 m, grundfallet	Antal vindkraftverk: 90 st
<b>R3.1</b>	15 MW vindkraftverk med D=100 m, grundfallet	Antal vindkraftverk: 121 st
<b>R3.2</b>	15 MW vindkraftverk med D=20 m, grundfallet	Antal vindkraftverk: 121 st
<b>R0-UNC1</b>	Nollalternativet, osäkerhetsanalys trafik Osäkerhetsanalys framtida trafikflöden +50%	Ingen park
<b>R3.2-UNC1</b>	15 MW vindkraftverk med D=20 m, osäkerhetsanalys trafik Osäkerhetsanalys framtida trafikflöden +50%	Antal vindkraftverk: 121 st
<b>R0-UNC3</b>	Osäkerhetsanalys närliggande vindkraftparker, utan Ran	Osäkerhetsanalys med bakgrundsrisk från närliggande vindkraftparker
<b>R3.2-UNC3</b>	Osäkerhetsanalys närliggande vindkraftparker, med Ran	Antal vindkraftverk: 121 st

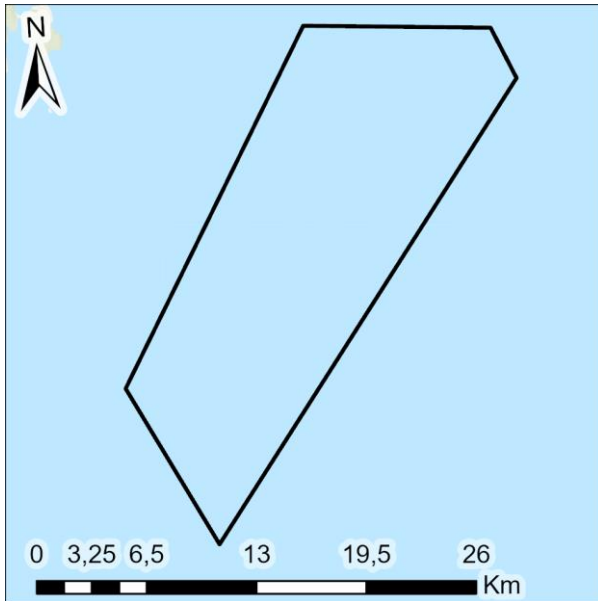
## Beskrivning av analysfall

Analysfall utförs för olika modelleringar som motsvarar olika representationer av energiparken. För varje analysfall beräknas sannolikheten för kollision samt påsegling utifrån aktuell modellering.

- **Nollalternativet**

Nollalternativet, det vill säga området utan energipark, representeras av analysfall #R0 som inte innehåller någon modellerad struktur som fartyg kan driva/styra in i (se Figur 4).





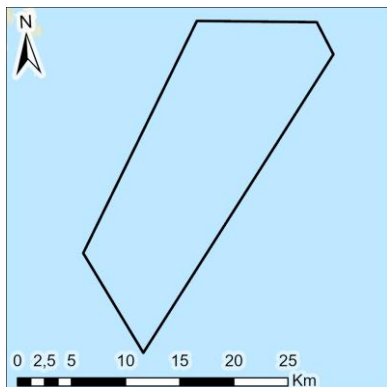
Figur 4. Nollalternativet representeras av analysfall #R0 där ingen struktur finns som fartyg kan styra in i.

- **Grundfallet**

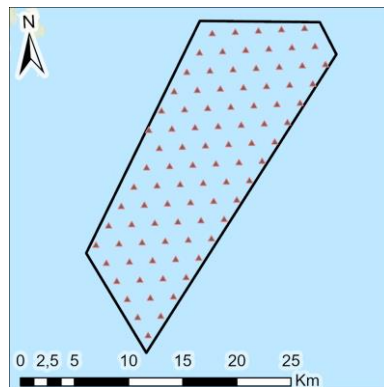
Grundfallet innebär en energipark med vindkraftverk inom en cirka 327 km<sup>2</sup> stor area, se Figur 5, Figur 6 och Figur 7.

Två alternativa layouter modelleras:

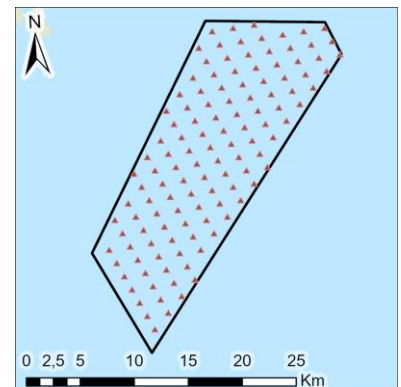
- 90 vindkraftverk à 20 MW
- 121 vindkraftverk à 15 MW



Figur 5. Insegling i energiparken representeras av analysfall #R1 där det bebyggda parkområdet representeras av en 327 km<sup>2</sup> stor yta.



Figur 6. Påsegling för layout med 90 vindkraftverk à 20 MW. Vindkraftverken modelleras med två diametrar genom analysfall #R2.1 (Ø=100 m) och #R2.2 (Ø=20 m). (I figuren är vindkraftverken förstörade relativt kartan för att synas.)



Figur 7. Påsegling för layout med 121 vindkraftverk à 15 MW. Vindkraftverken modelleras med två diametrar genom analysfall #R3.1 (Ø=100 m) och #R3.2 (Ø=20 m). (I figuren är vindkraftverken förstörade relativt kartan för att synas.)

Trafikvolymen antas i grundfallet vara densamma som idag. Etablering av energipark Ran antas inte påverka trafikmönstret.



Grundfallet representeras av flera analysfall för att beräkna frekvenser för olika typer av påsegling (allision):

- Insegling i energiparken representeras av analysfall #R1 där det bebyggda parkområdet representeras av en 327 km<sup>2</sup> stor yta
- Påsegling (Ø=100 m kring varje vindkraftverk) representeras av analysfall #R2.1 (90 vindkraftverk à 20 MW) respektive analysfall #R3.1 (121 vindkraftverk à 15 MW)
- Påsegling (Ø=20 m kring varje vindkraftverk) representeras av analysfall #R2.2 (90 vindkraftverk à 20 MW) respektive analysfall #R3.2 (121 vindkraftverk à 15 MW)

### Osäkerhetsanalys framtida trafik

Osäkerhetsanalysen för framtida trafik bygger på analysfall #R0 (nollalternativet) och analysfall #R3.2 (121 vindkraftverk à 15 MW, Ø=20 m) vilken är den layout som medför högst frekvens för allision. Osäkerhetsanalysen utförs genom en uppskalning av framtida trafikflöden.

Nollalternativet i osäkerhetsanalysen för framtida trafik representeras av analysfall #R0-UNC1 med ett trafikflöde som skalats upp med en faktor 1,5 jämfört med dagens trafik. Faktorn representerar en ökning med 50 % i transportarbete för sjöfarten som konservativt i detta analysfall får representeras av en motsvarande ökning i antal fartyg.

Parkalternativet i osäkerhetsanalysen representeras av analysfall #R3.2-UNC1 med ett trafikflöde som likaså skalats upp med en faktor 1,5 jämfört med dagens trafik.

### Osäkerhetsanalys kumulativa effekter

Osäkerhetsanalys görs för att studera möjliga kumulativa effekter av etableringen av flera parker. För energipark Ran görs detta genom att beakta kumulativa effekter vid tillkommande etablering av vindpark Ran. IWRAP-analysfall #R0-UNC3 och #R3.2-UNC3 tas fram för att studera om och hur etableringen av intilliggande parken Ran har gemensam riskpåverkan ihop med Ran.

## Resultat

I följande avsnitt redovisas sannolikheten för kollision och insegling/påsegling i energiparken eller vindkraftverk. Beräkningarna görs baserat på modelleringen i IWRAP. En resultatsammanfattning återfinns i Tabell 2.

Tabell 2. Resultat kollision och påsegling. Beräknad sannolikhet per år för nollalternativet (området utan park), för parken representerad med sin totala yta samt för två alternativa layouter där vindkraftverken representeras med en diameter på 100 meter respektive med en diameter på 20 meter.

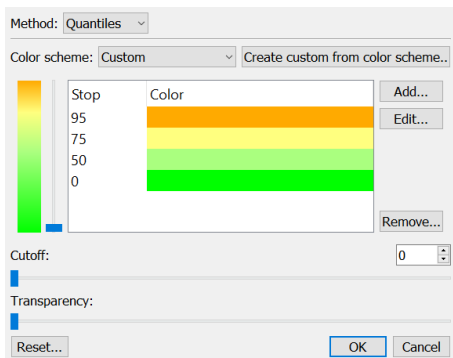
	Nollalternativet	Ran area 327	20 MW vindkraftverk		15 MW vindkraftverk	
	Ingen park	km <sup>2*</sup>	90 st		121 st	
	#R0	#R1	Ø=100 m #R2.1	Ø=20 m #R2.2	Ø=100 m #R3.1	Ø=20 m #R3.2
<b>Grundstötning [per år]</b>	<b>6,8E-01</b>	<b>6,8E-01</b>	<b>6,8E-01</b>	<b>6,8E-01</b>	<b>6,8E-01</b>	<b>6,8E-01</b>
- varav grundstötning med manöverdugligt fartyg, <i>powered grounding</i>	6,2E-01	6,1E-01	6,2E-01	6,2E-01	6,2E-01	6,2E-01
- varav grundstötning med drivande fartyg, <i>drifting grounding</i>	6,7E-02	6,6E-02	6,7E-02	6,7E-02	6,7E-02	6,7E-02
<b>Påsegling [per år]</b>	<b>---</b>	<b>5,3E-02</b>	<b>7,8E-03</b>	<b>1,6E-03</b>	<b>1,3E-02</b>	<b>2,1E-03</b>
- varav påsegling med manöverdugligt fartyg, <i>powered allision</i>	---	1,4E-02	2,0E-03	3,8E-04	2,9E-03	4,6E-04
- varav påsegling med drivande fartyg, <i>drifting allision</i>	---	3,9E-02	5,8E-03	1,2E-03	9,9E-03	1,7E-03
<b>Kollision [per år]</b>	<b>5,1E-03</b>	<b>5,1E-03</b>	<b>5,1E-03</b>	<b>5,1E-03</b>	<b>5,1E-03</b>	<b>5,1E-03</b>
- varav omkörningskollision, <i>overtaking collision</i>	3,3E-03	3,3E-03	3,3E-03	3,3E-03	3,3E-03	3,3E-03
- varav frontalkollision, <i>head-on</i>	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04
- varav korsningskollision, <i>crossing collision</i>	1,2E-03	1,2E-03	1,2E-03	1,2E-03	1,2E-03	1,2E-03
- varav sammanvävningskollision, <i>merging collision</i>	9,9E-05	9,9E-05	9,9E-05	9,9E-05	9,9E-05	9,9E-05
- varav svängkollision, <i>bend collision</i>	1,2E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,2E-04

\*observera att detta fall inte innebär påsegling av vindkraftverk utan enbart att fartyg seglar in eller driver in i parken.

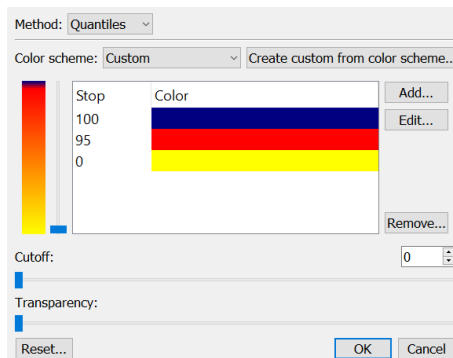
Figurerna som illustrerar frekvenser för allision och kollision längre ner i denna bilaga representeras av en färgskala som definieras enligt Figur 8. Färgskalan visar det relativa bidraget till den beräknade frekvensen för allision från vindkraftverk och andra modellerade strukturer. Samma färgskala används för att visa det relativa bidraget till den beräknade frekvensen för kollision från olika legs och waypoints.

Figurerna som illustrerar frekvenser för grundstötning längre ner i denna bilaga representeras av en färgskala som definieras enligt Figur 9.

Observera att färgskalan inte kan relateras till riskbedömningskriterierna i huvudrapporten. Färgerna är endast ett sätt att jämföra den relativa frekvensen från olika delar i modellen, till exempel för att se vilka vindkraftverk som är mer eller mindre exponerade för påsegling av fartyg.



Figur 8. Färgskala som representerar frekvensen för allision och kollision.



Figur 9. Färgskala som representerar frekvensen för grundstötning.

## Sannolikhet för att ett fartyg styr eller driver in i energiparken

Som framgår av Tabell 2 (kolumn för analysfall #R1) är sannolikheten att ett fartyg styr eller driver in i energiparken  $5,3 \cdot 10^{-2}$  per år motsvarande en återkomsttid på 19 år. Resultatet består till 74 % av sannolikheten att ett fartyg drabbas av blackout och driver in i parken.

Bidraget från fartyg som styr in i parken (powered allision) härrör från följande fartygsstråk:

Salvorev-Slite inklusive anslutande fartyg från Ölands södra udde-Finska viken	78%
Inloppet till Slite	22%
<b>Summa powered allision (per år)</b>	<b>1,4E-2</b>

Bidraget från fartyg som drabbas av blackout och driver in i parken (drifting allision) härrör från följande fartygsstråk:

Ölands södra udde-Finska viken	73%
Salvorev-Slite inklusive anslutande fartyg från Ölands södra udde-Finska viken	17%
Inloppet till Slite	4%
Gedser-Fårö	4%
<b>Summa drifting allision (per år)</b>	<b>3,9E-2</b>

Vilka delar av parken som fartyg seglar in i framgår av Figur 10. Bidraget från manöverdugliga fartyg som styr in i parken (powered allision) utgörs huvudsakligen av fartyg på väg mot Slite från fartygsstråket Ölands södra udde-Finska viken, dels sydvästgående fartyg (LEG 35) som sneddar norrifrån för att ansluta till fartygsstråket Salvorev-Slite och som styr in i Ran från dess norra sida, dels fartyg som färdas i nordvästgående riktning mot Inloppet till Slite (LEG 12) och som styr in i parken från dess sydöstra sida. Fartyg som driver in i parken (drifting allision) utgörs huvudsakligen av trafik mellan Ölands södra udde och Finska viken (LEG 13) som driver in i parken från dess sydvästra sida.



Figur 10. Illustration av exponering för insegling i energiparken (med manöverdugligt fartyg t.v. och med drivande fartyg t.h.) där varmare toner indikerar högre sannolikhet. Bilden illustrerar resultatet när energiparken modelleras som en enda stor, sammanhängande yta. © Bakgrundskarta Open Street Map

Frekvensen för powered allision utgörs av cargofartyg (75 %), främst i längdintervallet 75–100 meter, oljefartyg (3 %) i längdintervallet 75–175 meter samt andra mindre fartyg upp till 100 meter (fiskebåtar, nöjesfartyg och övriga fartyg). Frekvensen för drifting allision utgörs av cargofartyg (61 %) och tankfartyg (19 %), främst i längdintervallet 100–200 meter. Passagerarfartyg med längden 200 meter utgör 1 %. Återstående fartyg är kortare och tillhör kategorierna nöjesfartyg och övriga fartyg.

### Sannolikhet för att ett fartyg styr eller driver in i ett vindkraftverk

Följande resultat kan utläsas av Tabell 2 (kolumn för analysfall #R2.1, #R2.2, #R3.1 och #R3.2).

Sannolikheten att ett fartyg styr eller driver nära ett vindkraftverk (inom 100 meters diameter) är  $7,8 \cdot 10^{-3}$  per år respektive  $1,3 \cdot 10^{-2}$  per år motsvarande en återkomsttid på 129 respektive 78 år för de båda parklayouterna.

Sannolikheten att ett fartyg styr eller driver på ett vindkraftverk (inom 20 meters diameter) är  $1,6 \cdot 10^{-3}$  per år respektive  $2,1 \cdot 10^{-3}$  per år motsvarande en återkomsttid på 633 respektive 469 år för de båda parklayouterna.

Frekvensen för påsegling är högre för layouten med vindkraftverk à 15 MW. Skälet är att den utformningen innebär fler vindkraftverk att kollidera med och kortare avstånd mellan vindkraftverken.

Layout	Exponering för påsegling med manöverdugligt fartyg, <i>powered allision</i>	Exponering för påsegling med drivande fartyg, <i>drifting allision</i>
90 vindkraftverk à 20 MW, Ø=100 m (#R2.1)		
90 vindkraftverk à 20 MW, Ø=20 m (#R2.2)		
121 vindkraftverk à 15 MW, Ø=100 m (#R3.1)		
121 vindkraftverk à 15 MW, Ø=20 m (#R3.2)		

Figur 11. Illustration av exponering för påsegling av vindkraftverk där varmare toner indikerar högre sannolikhet (skalan är relativ så färgerna är inte jämförbara mellan figurerna). © Bakgrundskarta Open Street Map

En fjärdedel av påseglingsfrekvensen utgörs av bidrag från manöverdugliga fartyg som på grund av felaktig eller utebliven manöver styr in i ett vindkraftverk (powered allision). De vindkraftverk som är exponerade för denna fara är främst de som står närmast trafiken, men även enstaka vindkraftverk mitt i parken i händelse av felnavigation av fartyg på väg ut från inloppet till Slite. Som framgår av Figur 11 är det vindkraftverken i nordväst och i syd som är mest exponerade för påsegling med manöverdugligt fartyg, huvudsakligen av fartyg på väg mot Slite från fartygsstråket Ölands södra udde-Finska viken.

Fartyg som driver in i parken (drifting allision) färdas huvudsakligen mellan Ölands södra udde och Finska viken och driver in i parken från dess sydvästra sida.

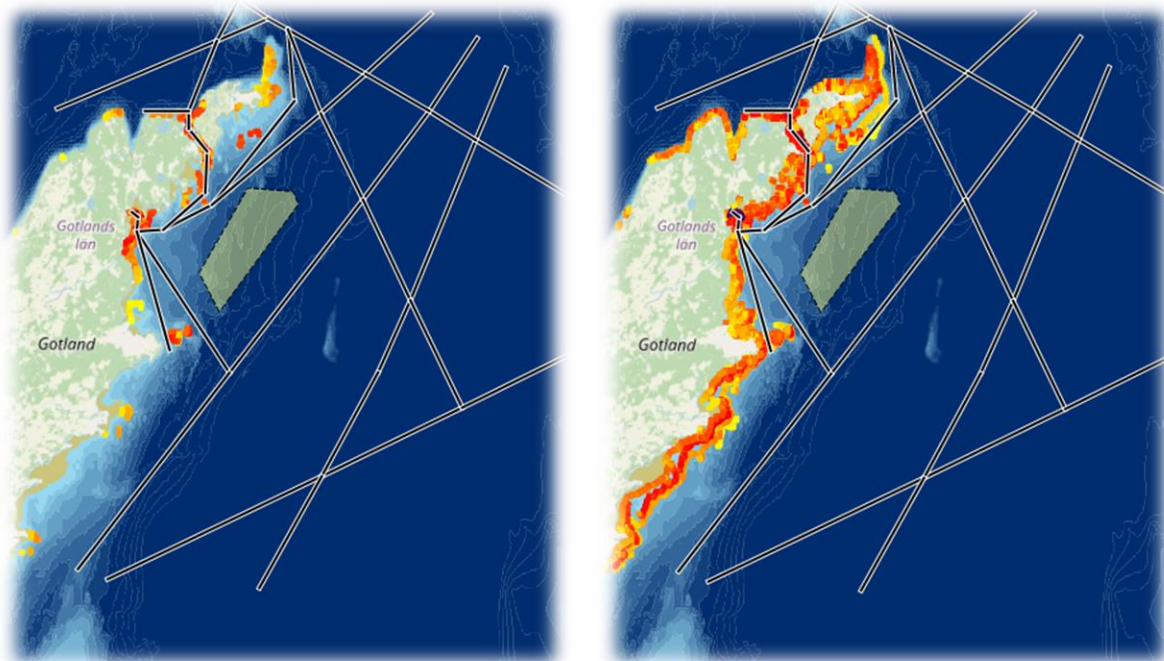
Sammanställningen av fartyg som bidrar till frekvensen är densamma som för att ett fartyg styr eller driver in i energiparken (se föregående avsnitt).

### Påverkan på grundstötningssannolikhet

Som framgår av Tabell 2 är sannolikheten att ett fartyg går på grund i den modellerade trafiken  $6,8 \cdot 10^{-1}$  per år för samtliga analysfall motsvarande en återkomsttid på lite mer än 1 år. Resultatet består till 90 % av sannolikheten att ett manöverdugligt fartyg kör på grund och till 10 % av sannolikheten att ett fartyg med blackout driver på grund. Frekvensen påverkas inte av etableringen av Ran. Energiparken ger med andra ord inte upphov till någon tillskjutande förekomst av grundstötning.

Var fartyg går på grund framgår av Figur 12. Bidraget från manöverdugliga fartyg som går på grund (powered grounding) utgörs nästan uteslutande av fartyg mellan Gotland och Fårö samt i inloppet till Slite. Fartyg som driver på grund (drifting allision) utgörs förutom av kustnära trafik också av fartyg mellan Ölands södra udde och Finska viken som driver in mot gotska kusten.





Figur 12. Illustration av beräknad sannolikhet för grundstötning omkring parken (med manöverdugligt fartyg t.v. och med drivande fartyg t.h.) där varmare toner indikerar högre sannolikhet. Resultatet gäller oberoende av etablering av Ran. © Djupdata NCEI, Bakgrundskarta Open Street Map

### Påverkan på kollisionssannolikhet

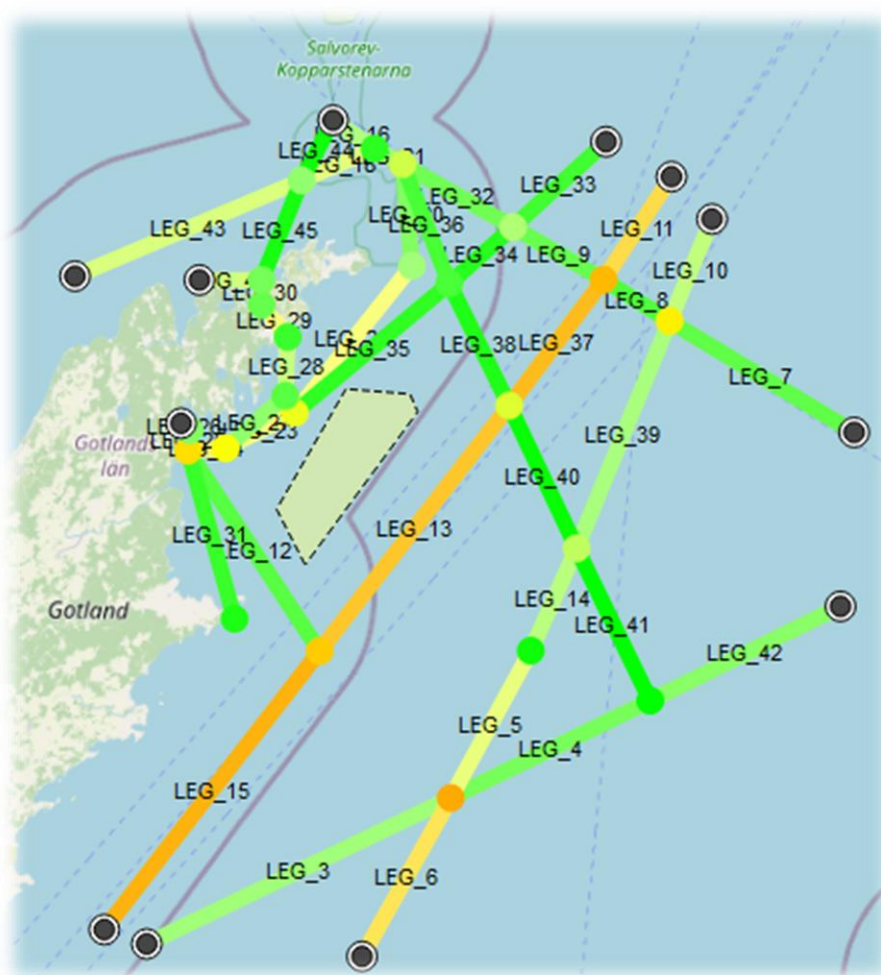
Sannolikheten att två fartyg kolliderar i området är i nollalternativet  $5,1 \cdot 10^{-3}$  per år motsvarande en återkomsttid på 195 år (se Tabell 2 och sammanfattning i Tabell 3). Vid etablering av park antas ingen signifikant förändring av trafiken. Härvid beräknas sannolikheten för kollision i området vara oförändrad. Energiparken ger med andra ord inte upphov till någon tillskjutande förekomst av kollision.

Hur olika fartygsstråk och vägpunkter bidrar till resultatet indikeras i Figur 13.

Det är sannolikheten för omkörningskollision som bidrar mest till resultatet. Vanligast är kollisioner som involverar fraktfartyg och i viss mån tankerfartyg (vilket återspeglar sammansättningen av trafiken). Sannolikheten för kollision är störst i fartygsstråket Ölands södra udde-Finska viken (omkörningskollision) samt i korsningen mellan DW-rutten och fartygsstråket mellan Hoburgen och Ventspils/Rigabukten (korsningskollision).

Tabell 3. Resultat kollision. Den beräknade sannolikheten per år är oförändrad mellan nollalternativet (området utan park) och för grundfallet med parken representerad i olika layouts.

Kollision [per år]	Nollalternativet Ingen park	Grundfallet Parketablering	$\Delta f$
- varav omkörningskollision, <i>overtaking collision</i>	3,3E-03	3,3E-03	oför.
- varav frontalkollision, <i>head-on</i>	5,0E-04	5,0E-04	oför.
- varav korsningskollision, <i>crossing collision</i>	1,2E-03	1,2E-03	oför.
- varav sammanvävningskollision, <i>merging collision</i>	9,9E-05	9,9E-05	oför.
- varav svängkollision, <i>bend collision</i>	1,2E-04	1,2E-04	oför.
<b>TOTALT</b>	<b>5,1E-03</b>	<b>5,1E-03</b>	oför.



Figur 13. Illustration av beräknad förekomst av kollision mellan fartyg där varmare toner indikerar högre sannolikhet. © Bakgrundskarta Open Street Map

### Osäkerhetsanalys framtida trafik

Transportgodsvolymer på Östersjön förväntas öka med 50 % till år 2040. Ökningen kan placera sig någonstans mellan två ytterlighetsalternativ:



- Oförändrat antal transporter, men tyngre fartyg som innebär värre konsekvenser vid en påseglingshändelse eller kollision. Denna osäkerhet inryms i den beräknade risken genom att konsekvenserna har valts konservativt.
- Ökning i antal transporter, men oförändrad fartygsflotta. Betydelsen av denna osäkerhet studeras genom osäkerhetsanalysfall och beskrivs nedan.

Osäkerheten i antagandet om framtida trafikflöden undersöks genom osäkerhetsanalysfall där risktillskottet för energiparken vid dagens trafikflöde jämförs med risktillskottet vid 50 % mer trafik.

Osäkerhetsanalysen är gjord för parkkonfigurationen med 121 stycken 15 MW-vindkraftverk som är det analysfall som ger störst riskökning med dagens trafikflöden.

Resultatet presenteras i Tabell 4 och kan sammanfattas enligt följande:

- Sannolikheten för påsegling och grundstötning ökar med cirka 50 % när trafiken ökar med 50 %.
- Sannolikheten för kollision ökar med cirka 125 % när trafiken ökar med 50 %.

Resultatet är intuitivt eftersom grundstötning och påsegling är händelser som drabbar fartyg individuellt. Frekvensen förväntas vara proportionell mot mängden trafik vilket resultatet också indikerar. Sannolikheten för kollision involverar däremot två fartyg. Frekvensen förväntas därför öka proportionellt mot kvadraten av ökningen i trafik vilket resultatet likaså indikerar.

Tabell 4. Resultat osäkerhetsanalys framtida trafikflöden. Dagens trafik och 50 % ökade trafikflöden. Sannolikhet per år med energipark respektive nollalternativet, representerade av analysfall #R3.2 (15 MW vindkraftverk med  $\varnothing=20$  m, grundfallet med 121 vindkraftverk) respektive analysfall #R0 (ingen energipark). Procenttalen inom parentes visar resultatskillnaden för en konfiguration när trafiken ökar med 50 %.

	Dagens trafik		50 % ökad trafik	
	Utan park	Med park	Utan park	Med park
	#R0	#R3.2	#R0-UNC1	#R3.2-UNC1
Kollision [per år]	5,1E-03	5,1E-03	1,2E-02 (+126 %)	1,2E-02 (+126 %)
Grundstötning [per år]	6,8E-01	6,8E-01	1,0E+00 (+51 %)	1,0E+00 (+51 %)
Allision [per år]	---	2,1E-03	---	3,2E-03 (+50 %)

Slutsatsen är att ökningen av antalet kollisioner till följd av ökade trafikflöden är att vänta oberoende av om energiparken anläggs eller ej. Antalet påseglingar beror på antagandet om framtida trafikvolym där frekvensen är direkt proportionell mot mängden trafik. Sammantaget väntas en ökning med  $1,1 \cdot 10^{-3}$  påseglingshändelser per år om trafiken ökar med 50 % motsvarande 1 händelse på 935 år jämfört med vad som är att vänta med dagens trafik.

## Osäkerhetsanalys kumulativa effekter

Beräknade olycksfrekvenser för grundstötning, allision och fartygskollision när närliggande havsbaserade vindkraftparker beaktas respektive utelämnas redovisas i Tabell 5 och illustreras i Figur 14, Figur 15, Figur 16 och Figur 17.

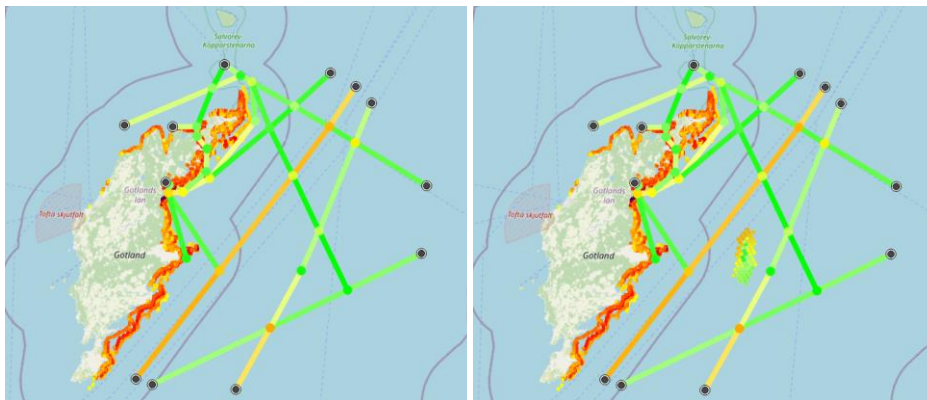
Tabell 5. Beräknade olycksfrekvenser för grundstötning, allision och fartygskollision med och utan närliggande havsbaserade vindpark (Pleione).

Analysfall	Grundfallet		Osäkerhetsfallet: Kumulativa effekter	
	Ingen vindpark #R0	Endast Ran #R3.2	Endast Pleione #R0-UNC3	Ran och Pleione #R3.2-UNC3
<b>Total Groundings</b>	<b>6,8E-01</b>	<b>6,8E-01</b>	<b>6,8E-01</b>	<b>6,8E-01</b>
Powered Grounding	6,2E-01	6,2E-01	6,2E-01	6,2E-01
Drifting Grounding	6,7E-02	6,7E-02	6,7E-02	6,7E-02
<b>Total Allisions</b>	<b>---</b>	<b>2,1E-03</b>	<b>1,6E-03</b>	<b>3,7E-03</b>
Powered Allision	---	4,6E-04	1,8E-06	4,7E-04
Drifting Allision	---	1,7E-03	1,6E-03	3,3E-03
<b>Total Collisions</b>	<b>5,1E-03</b>	<b>5,1E-03</b>	<b>5,1E-03</b>	<b>5,1E-03</b>
Overtaking	3,3E-03	3,3E-03	3,3E-03	3,3E-03
Head-on	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04
Crossing	1,2E-03	1,2E-03	1,2E-03	1,2E-03
Merging	9,9E-05	9,9E-05	9,9E-05	9,9E-05
Bend	1,2E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,2E-04

Resultaten visar att de kumulativa effekterna av flera havsbaserade vindparker inte har någon betydelse för frekvenserna för grundstötning eller kollision.

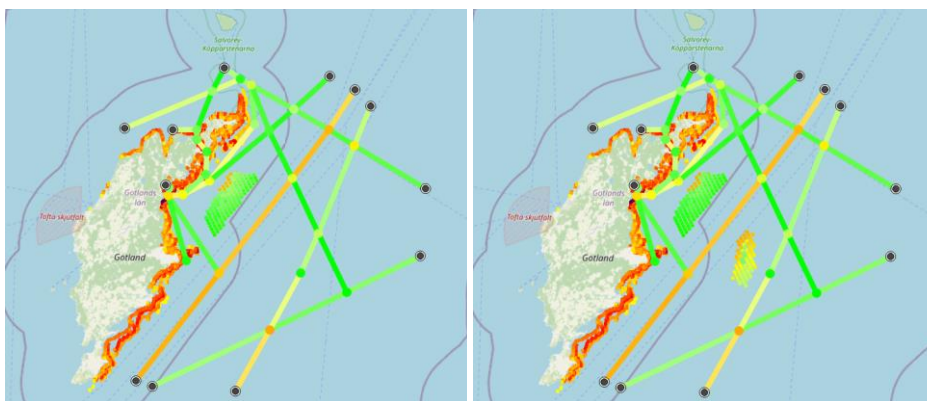
Frekvensen för allision om båda parkerna byggs motsvarar summan av frekvensen för de enskilda parkerna var för sig.

Beräkningarna påvisar således inga kumulativa effekter från etablering av flera parker.



Figur 14. **Ingen vindpark. #R0** (nollalternativet), utan vindpark. © Bakgrundskarta Open Street Map

Figur 15. **Endast Pleione. #R0-UNC3** (nollalternativet i osäkerhetsanalysen), endast Pleione. © Bakgrundskarta Open Street Map



Figur 16. **Endast Ran. #R3.2** (parkalternativet), endast Ran. © Bakgrundskarta Open Street Map

Figur 17. **Ran och Pleione. #R3.2-UNC3** (parkalternativet i osäkerhetsanalysen), Ran och Pleione. © Bakgrundskarta Open Street Map

Slutsatsen är att de kumulativa effekterna av etableringen av flera parker i området inte innebär några ytterligare risker utöver de som identifierats när parkerna analyserades individuellt.

## Osäkerheter

Beräkningarna rymmer osäkerheter i såväl modell som data. I följande avsnitt redovisas de källor till osäkerhet avseende data, parametrar, program och modell som har identifierats kopplat till analysen.

De flesta osäkerheterna är kända i branschen och hanteras på liknande sätt (exempelvis genom osäkerhetsanalysfall) vilket garanterar en jämförbarhet mellan olika vindkraft-/energiparker och analyser.

Slutsatsen är att även om det finns många osäkerheter så är de övergripande resultaten robusta och de framräknade frekvenserna bedöms hamna i rätt intervall även om siffrorna på decimalen får tolkas med viss försiktighet. För några val vid modellering har osäkerhetsanalysfall tagits fram med slutsatsen att betydelsen av de flesta antaganden är liten.

## Parametrar

I IWRAP görs många antaganden, bland annat om sannolikheter för mänskligt felhandlande och funktionsfel på fartyg liksom förutsättningar för nödankring och reparation. Ett urval av gjorda antaganden redovisas sist i detta dokument tillsammans med korta motiveringar till varför de har valts.

För de flesta värdena har de förvalda inställningarna i IWRAP använts. Således ligger IALA expertbedömningar bakom flera gjorda val vilket borgar för att rätt kompetens ligger bakom besluten och därmed minskad osäkerhetsmarginal. Att använda de förvalda inställningarna innebär också att branschstandard följs vilket tillser att det finns en jämförbarhet mellan olika studier. Där de förvalda inställningarna har frångåtts är detta redovisat och motiverat.

Tester har gjorts för att studera betydelsen av osäkerheten hos olika antaganden i IWRAP. Flera av parametrarna står i direkt proportion till analysresultatet vilket innebär att osäkerhet kring parametrarna leder till lika stor osäkerhet i resultatet. Slutsatsen är att för de parametrar som har stor betydelse för resultatet (såsom *blackout frequency*) så slår påverkan proportionellt på alla layouter. Det innebär att även om den beräknade absoluta risken är förbunden med viss osäkerhet så är det relativa resultatet desto mer tillförlitligt. För de parametrar som har liten betydelse för resultatet är osäkerheten av liten betydelse för resultatet.

## AIS-data

Informationen om fartygstrafiken som analysen bygger på, AIS-datan, har hög tidsupplösning (femminutskala) och bygger på såväl satellit- som terrester information. Osäkerheten i uppgifterna om fartyg och deras positioner bedöms därför vara mycket liten. Den osäkerhet som föreligger är i stället att AIS-datan saknar uppgifter om mindre, icke-kommersiell trafik. I huvudsak analyseras olycksrisken för och av handelsfartyg och andra större fartyg och i mindre omfattning studeras olycksrisiker avseende fiske- och fritidsbåtar. Fiske- och fritidsbåtars rutter är svåra att bedöma och förutsäga (Transportstyrelsen; Sjöfartsverket, 2009). Fritidsbåtar och lokala fiskebåtar kan emellertid störa den kommersiella trafiken och därmed utgöra en indirekt risk och kan påverka möjligheten för ett större fartyg att göra en undanmanöver. Ju fler fartyg, desto fler risker helt enkelt. Betydelsen av bristen på data om den privata trafiken bedöms vara liten eftersom det är den tunga trafiken som utgör det primära hotet i navigationsområdet. I Ranområdet rör sig mycket få privata fritids- och fiskebåtar eftersom området ligger så pass långt ute till havs.

## IWRAP-modellen

Resultaten i IWRAP är känsliga för definitionen av legs. Små variationer i antaganden kan ge stor resultatpåverkan. Därför har stor noggrannhet lagts vid att definiera legs så att deras bredd matchar trafikunderlaget.

Resultaten för omkörningskollision och frontalkollision är känsliga för kurvanpassning av de laterala fördelningarna. Noggrann granskning av fördelningsfunktionerna görs därför. Summan av de båda kollisionstyperna är dock mer robust.

Trafik som inte följer etablerade fartygsstråk exkluderas från modellen. Denna trafik utgör en mycket liten del av den totala trafiken i området och begränsningen bedöms ha liten påverkan på det totala resultatet.

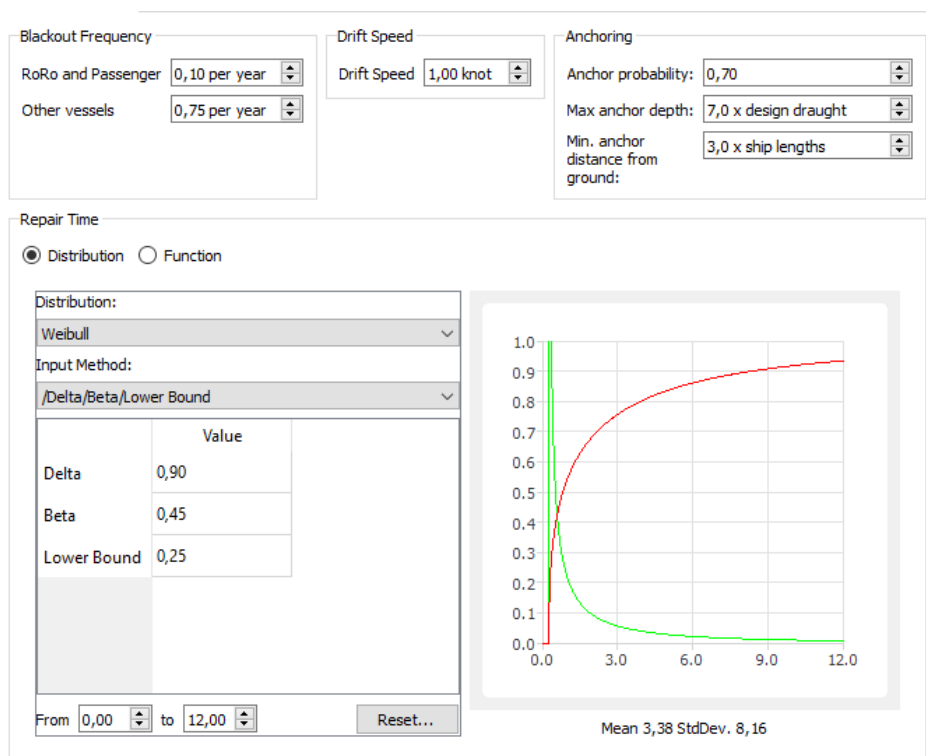
Fartygsstråk som går över parkområdet för Ran i nollalternativet omfattar en liten del av den totala trafiken men ändå kan tänkas bidra till olycksrisken eftersom den inte följer etablerade fartygsstråk utan korsar eller ansluter till dessa på oväntade ställen. När parken anläggs förväntas trafiken flytta in i de etablerade fartygsstråken vilket leder till en högre olycksfrekvens i fartygsstråkens etablerade korsningar, men en lägre olycksfrekvens vid de korsningspunkter som utgår.

Resultatet för påsegling med manöverdugligt fartyg är känsligt för hur modellen har definierats med avseende på fartygens antagna avstånd till vindkraftverken. Trafiken runt Ran kan efter parketablering lägga om sin rutt för att hålla ett större avstånd. Frekvensen för *powered allision* är i så fall överskattad och betydelsen av denna osäkerhet är signifikant.

## Antaganden och parametrar i IWRAP

- Driftparametrar

I analysen används IWRAP:s förvalda parametrar för sannolikheten att ett fartyg får blackout respektive återfår manöverförmågan\*, se Figur 18.



Figur 18. Driftparametrar i IWRAP. Värdet på parametrarna påverkar sannolikheten att fartyg börjar driva och hur långt det driver. Nödankring krediteras inte i föreliggande analys på grund av djupet.

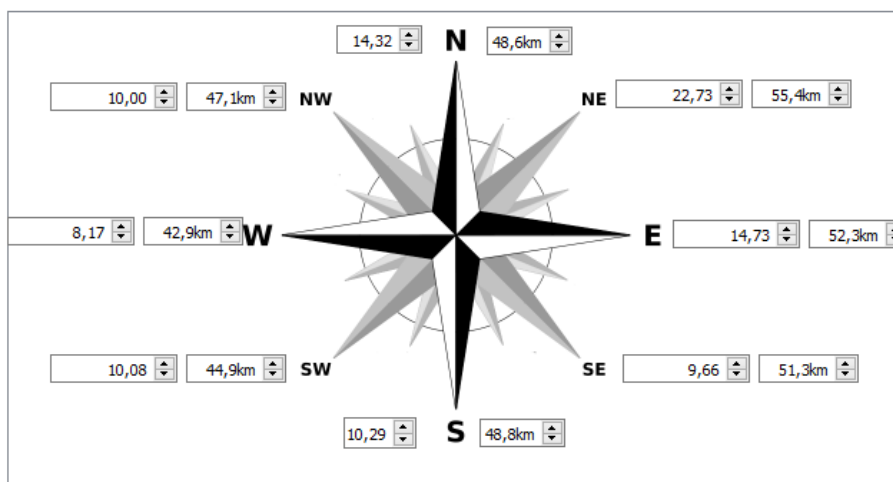
\* Värdena grundas på expertbedömningar vilka antas vara hämtade från metodstudien vid Kriegers flak (SSPA Sweden AB, 2008).

Drifhastigheten bestäms i verkligheten av många parametrar såsom strömmar och vindhastighet men ansätts i enlighet med IWRAP:s förvalda parametervärden hålla en konstant drifhastighet på 1 knop.

- **Drifriktning**

Samma vinddata för Ran som för Pleione används. Enligt datan är medelvindhastigheten i området 7,4 m/s på 10 meters höjd och förhärskande vindriktning är från sydväst. Den mest sannolika drifriktningen för fartyg som förlorar styrningen är följaktligen åt nordöst. I Figur 19 visas den drifriktning som ansätts i IWRAP. Varje drifriktning har dels en sannolikhet som baseras på hur ofta den drifriktningen observerats i vinddatan, dels en maximal driftsträcka som är viktad mot den genomsnittliga vindstyrkan i aktuell drifriktning.

Den maximala driftsträckan är i genomsnitt 50 km vilket bedöms vara mycket konservativt. Konservatismen kompenseras dock av att drifhastigheten i IWRAP kan vara något lågt satt. Enligt en studie återgiven i PIANC (2018) driver 90 % av fartygen i en timme vilket resulterar i en genomsnittlig driftsträcka på 1,7 M (drygt 3 km).



Figur 19. Drifriktning med viktning av sannolikhet utifrån observationsutfall och maximal driftsträcka. Notera att figuren *inte* representerar en vindros utan en "driftros" där drifriktningen är den omvända mot vindriktningen. Värdena till vänster anger andelen av gångerna som ett fartyg driver i respektive riktning.

- **Causation factors**

I IWRAP används de förvalda parametervärdena för samtliga *causation factors*, det vill säga sannolikheten att en undanmanöver misslyckas. Värdena redovisas i Figur 20. Storleken på faktorerna är härledda av IALA, bland annat med stöd av expertbedömningar. Se (Engberg, 2019) för en närmare beskrivning av härledningen.

Status:

Default Causation Factors

Merging:	<input type="text" value="1,300 E-4"/>	Powered Grounding, on route	<input type="text" value="1,600 E-4"/>
Crossing:	<input type="text" value="1,300 E-4"/>	Powered Grounding, no turn	<input type="text" value="1,600 E-4"/>
Bend:	<input type="text" value="1,300 E-4"/>	Drifting, grounding	<input type="text" value="1,000"/>
Headon:	<input type="text" value="0,500 E-4"/>	Powered Allision, on route	<input type="text" value="1,600 E-4"/>
Overtaking:	<input type="text" value="1,100 E-4"/>	Powered Allision, no turn	<input type="text" value="1,600 E-4"/>
Area moving:	<input type="text" value="0,500 E-4"/>	Drifting, allision	<input type="text" value="1,000"/>
Area stationary:	<input type="text" value="0,500 E-4"/>		

Default Causation Reduction Factors

Passenger Ship:  Fast Ferry:

Mean Time Btw. Checks:

Figur 20. Förvalda värden på Causation Factors i IWRAP.

## Referenser

- Engberg, P. (2019). *IWRAP Mk2*. project44 A/S. Hämtat från [https://www.iala-aism.org/wiki/ialawiki/images/5/5a/20191201\\_lwrap\\_mk2.pdf](https://www.iala-aism.org/wiki/ialawiki/images/5/5a/20191201_lwrap_mk2.pdf)
- Maritime Safety Committee. (2018). *Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-Making Process*. London: IMO (International Maritime Organization).
- NCEI. (den 19 oktober 2022). *Digital Elevation Model*. Hämtat från NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI): <https://www.ncei.noaa.gov/maps/bathymetry/>
- PIANC. (2018). *MarCom WG 161: Interaction Between Offshore Wind Farms and Maritime Navigation*. PIANC.
- SSPA Sweden AB. (2008). *Methodology for Assessing Risks to Ship Traffic from Offshore Wind Farms. VINDPILOT-Report to Vattenfall AB and Swedish Energy Agency*. Report 2005 4028.
- Transportstyrelsen; Sjöfartsverket. (2009). *Vägledning vid projektering och riskanalys av vindkraftsetablering utmed svenska kusten*.

## Bilaga D. Beräkning av riskindex

I riskanalys är det vedertaget att beräkna risk som en produkt av sannolikhet och konsekvens:

$$\text{Risk} = \text{sannolikhet} \times \text{konsekvens}$$

*Ekvation 1*

Enligt FSA-metodiken (Maritime Safety Committee, 2018) är det lämpligt att definiera konsekvensindex (SI) och frekvensindex (FI) på en logaritmisk skala. Ett riskindex (RI) etableras genom att addera frekvens- och konsekvensindex:

$$\text{RI} = \text{FI} + \text{SI}$$

*Ekvation 2*

Riskindex för en händelse som rankats som *sällsynt* (FI=3) och med allvarlighetsgraden *signifikant* (SI=2) får då riskindex RI=5 (se riskmatrisen i huvudrapporten).

Förhållandet mellan risk och riskindex kan uttryckas enligt följande:

$$\log_{10}(\text{Risk}) = \log_{10}(\text{sannolikhet}) + \log_{10}(\text{konsekvens})$$

*Ekvation 3*

För en del händelser förväntas olika konsekvenser beroende på vilket eller vilka fartyg som är involverade (kollision med ett passagerarfartyg kan leda till fler dödsfall medan kollision med ett tankfartyg kan leda till mer oljespill). För sådana händelser beräknas riskindex som summan av riskbidragen från varje typ av händelse:

$$\text{RI} = \log_{10}(f_1 c_1 + \dots + f_n c_n) + K$$

*Ekvation 4*

där RI är riskindex enligt värdering ovan,  $f_i$  är frekvensen (per år) för händelsen  $i$ ,  $c_i$  är konsekvensen (uttryckt i säkerhetsindex) för händelsen  $i$ , och  $K$  är ett konstant heltal för att beräknat riskindex ska motsvara korrekt risknivå i matrisen.

### Exempel

Antag att en viss olyckstyp inträffar med en frekvens på  $f = 5 \cdot 10^{-5}$  per år. Detta motsvarar en återkomsttid 20 000 år (det vill säga att en olycka förväntas inträffa i genomsnitt en gång på 20 000 år). Frekvensen omfattar alla olyckor av en viss typ, oavsett fartygskategori. I detta exempel antas att tankfartyg står för 10 % av alla olyckor, passagerarfartyg står för 1 % och lastfartyg för 89 % av denna typ av olyckor.

Beroende på fartygstyp leder olyckan till olika konsekvenser. En olycka med ett tankfartyg antas leda till ett utsläpp motsvarande 1 000 ton olja medan olycka



med övriga fartygstyper antas leda till ett utsläpp på 10 ton olja.

Miljörisken för de enskilda fartygskategorierna beräknas då till följande:

$$\begin{aligned}
 Risk_{\text{tank}} &= f_{\text{tank}} \cdot C_{\text{tank}} = 10 \% \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1\,000 = 5,0 \cdot 10^{-3} && [\text{ton olja per år}] \\
 Risk_{\text{pass}} &= f_{\text{pass}} \cdot C_{\text{pass}} = 1 \% \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 10 = 5,0 \cdot 10^{-6} && [\text{ton olja per år}] \\
 Risk_{\text{last}} &= f_{\text{last}} \cdot C_{\text{last}} = 89 \% \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 10 = 4,45 \cdot 10^{-4} && [\text{ton olja per år}]
 \end{aligned}$$

För att översätta miljörisken till att passa in i riskmatrisen i huvudrapporten ansätts  $K_{\text{miljö}}=7$  och med hjälp av uttrycket i *Ekvation 4* beräknas riskindex avseende miljö:

$$RI = \log_{10}(Risk_{\text{tank}} + Risk_{\text{pass}} + Risk_{\text{last}}) + K_{\text{miljö}} = \log_{10}(5,45 \cdot 10^{-3}) + 7 \approx 4,7$$

Den beräknade risken i detta exempel,  $RI=4,7$ , är mindre än 5 och skulle således placera sig något under ALARP-nivån i riskmatrisen. Vid plottning av risken i riskmatrisen ansätts  $f = 5 \cdot 10^{-5}$  per år vilket på frekvensaxeln är mindre än 1 gång på 10 000 år men mer än 1 gång på 100 000 år. Exakt räknat är inträffandeindex  $FI = \log_{10}(5 \cdot 10^{-5}) + 6 \approx 1,7$ . Den "typiska" konsekvensen för en olycka kan uttryckas som ett förhållande mellan risk och frekvens,  $SI = RI - FI \approx 4,7 - 1,7 \approx 3,03$  vilket på konsekvensaxeln skulle placeras rätt efter konsekvensen "Allvarlig påverkan" motsvarande ett utsläpp på strax över 100 ton olja. Typfrekvensen representerar således inte något enskilt fall utan är ett genomsnitt av flera delscenarier, viktat efter hur stor andel olika fartygstyper utgör av den totala olycksfrekvensen.

För händelser med en frekvens  $\leq 10^{-6}$  sätts  $FI=0$ .

## Referenser

Maritime Safety Committee. (2018). *Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-Making Process*. London: IMO (International Maritime Organization).

Id.	Orsak	Risk	Konsekvens	Riskreducerande åtgärder Konsekvenslindrande åtgärder	Kommentarer
<b>Pleione Ran - Id. där * finns är gemensamma för båda parkerna</b>					
1.1 *	Mänskligt fel, medvetna och omedvetna. Tekniskt fel på utrustningen	Ett fartyg navigerar in i parken och kolliderar med vindkraftverk.	Allision (fartyg kolliderar med vindkraftverk). Personskada eller skada på fartyg	Sätta förutsättningar för att framföra ett fartyg säkert. En ny parketablering ställer högre krav på befälen.  Behandlas i NRA  Utmärkning osv.	Båtar och fiskebåtar har ganska stor respekt för parker. Man håller sig undan generellt. Man färdas inte så snabbt och därför är man mer benägen att inte vara lika uppmärksam. Framförallt elektronik såsom skärmtid. Jämfört med 60-90 talet har man dragit ner på farten för att vara mer ekonomisk. Tar ner de sista knopen i hastighet generellt för att spara bränsle. Skepparen är kanske i första hand inte van vid den nya parken. Första resan är man väldigt alert men sedan blir det en rutin. Viktigt att skilja på att man introducerar ett hinder som för vissa kan ge ökad stress men samtidigt är det inte säkert att ett fartyg hade kunnat gå i parken på grund av exempelvis djupförhållanden.
1.2 *	Tekniskt fel på utrustning, Mänskligt fel, medvetna och omedvetna.	Ett fartyg driver in i parken och kolliderar med vindkraftverk.	Allision (fartyg kolliderar med vindkraftverk). Personskada eller skada på fartyg	Behandla i NRA samt i anläggnings- och driftskedes riskanalys	
1.3 *	Incident i omgivningen - exempelvis brand eller nödläge för fartyg i närheten av parken	Andra fartyg gör undanmanöver mot/in i parken och hamnar i kurs mot vindkraftverk	Allision, kollision eller grundstötning (Ran)	Säkerställ att fartyg kan positionera sig säkert när de passerar vindkraftpark	
1.4 *	Tillkommande trafik i form av servicefartyg	Servicefartyg kolliderar med övrigt fartyg till eller från park	Kollision	Behandla i NRA samt i anläggnings- och driftskedes riskanalys	
1.5 *	Nedfallande föremål eller kast från ett vindkraftverk	Fartyg träffas	Personskada eller skada på fartyg	Behandla i NRA alternativt också i senare anläggnings- och driftskedes riskanalys	Svårt att göra observationer. Erfarenheter ifrån Norrland; man ser isklumpar från bladen upp till något hundratal meter men inte längre bort. Kan vara obehagligt för tekniska personalen men iskast sker intill parken. De olyckor som skett på land med bladkast har orsakats av felkonstruktioner. Väldigt långa avstånd till där fartyg generellt kommer passera
1.6 *	Parken förändrar isbildning	Det råder osäkerhet kring hur isbildningen kan komma att påverkas främst vid Ran	Möjligtvis mer drivis som skapar svårare navigationsförhållanden och därmed ökar risken för allision, kollision eller grundstötning (Ran)	Behandla i NRA alternativt också i senare anläggnings- och driftskedes riskanalys	
1.7 *	Nödankring och kablar i parken	Kabelskada påverkar fartyg	Olycka	Behandla i NRA alternativt också i senare anläggnings- och driftskedes riskanalys	Osannolikt att det leder till personskada
1.8 *	Rädsla för kabelskada	Kablar förhindrar nödankring	Allision, kollision, grundstötning (Ran)	Behandla i NRA alternativt också i senare anläggnings- och driftskedes riskanalys	Om befälet känner ett behov av att nödankra så kommer de att släppa ankaret oavsett.
1.9 *	Parken genererar spökekon.	Radarstörning	Allision, kollision, grundstötning (Ran)	Behandla i NRA alternativt också i senare anläggnings- och driftskedes riskanalys	
1.10	Trafik som idag passerar över området där energiparken Pleione planeras tar nya vägar	Hopträngning och kollision	Personskada eller utsläpp vid kollision	Behandlas i NRA och Trafikanalys	ca 4 passager/dag över området idag. Fartyg kan passera igenom men kommer sannolikt att ta nya vägar.

Bilaga E - HAZID-protokoll

1.11	Fartyg öster om energipark Pleione i i DW-rutten Gedser-Fårö får en minskad tillgänglig yta	Hopträngning och kollision	Personskada eller utsläpp vid kollision	Behandlas i NRA och Trafikanalys	Det är ett förhållandevis litet antal fartyg per dag i detta bredda område sannolikt ingen betydande påverkan
1.12	Fartyg väster om energiparken Pleione Ölands södra Udde-Finska viken får en minskad tillgänglig yta	Hopträngning och kollision,	Personskada eller utsläpp vid kollision	Behandlas i NRA och Trafikanalys	Det är ett förhållandevis litet antal fartyg per dag i detta bredda område sannolikt ingen betydande påverkan
1.13	Trafik som idag passerar över området där vindparken Ran planeras tar nya vägar	Hopträngning, kollision, grundstötning	Personskada eller utsläpp vid kollision	Behandlas i NRA och Trafikanalys	
1.14	Fartyg öster om vindparken Ran Ölands södra Udde-Finska viken får en minskad tillgänglig yta	Hopträngning och kollision	Personskada eller utsläpp vid kollision	Behandlas i NRA och Trafikanalys	Det är ett förhållandevis litet antal fartyg per dag i detta bredda område sannolikt ingen betydande påverkan
1.15	Fartyg i farleder/fartygsstråk upplever minskad tillgänglig yta	Hopträngning, kollision, grundstötning	Personskada eller utsläpp vid kollision	Behandlas i NRA och Trafikanalys	