

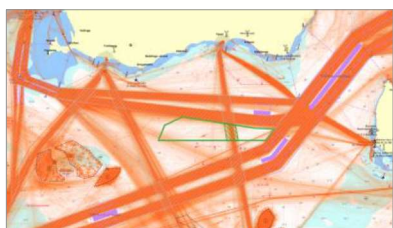
# Nautisk riskanalys.

---

Nr: RE20201002-01-00-B

Nautisk riskanalys Triton

---



**OX2 AB**

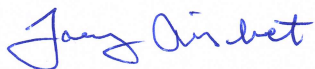
Org. nr: 556675-7497  
Box 2299  
103 17 Stockholm  
Att. Tanja Tränkle

**RAPPORT**

Datum  
2022-02-08  
SSPA Rapportnummer:  
RE20201002-01-00-B  
Projektledare:  
Nelly Forsman  
Författare  
Nelly Forsman  
+46 (730) 729160  
nelly.forsman@sspa.se

Nautisk riskanalys Triton

SSPA Sweden AB



Jonny Nisbet  
Avdelningschef  
Maritime Consulting

SSPA Sweden AB



Nelly Forsman  
Projektledare  
Maritime Consulting

SSPA Sweden AB

Huvudkontor: Box 24001, 400 22 Göteborg • Telefon: 031-772 90 00 • Fax: 031-772 91 24  
Besöksadress: Chalmers Tvärgata 10, 412 58 Göteborg.  
Lokalkontor: Fiskargatan 8, 116 20 Stockholm • Telefon: 031-772 90 00 • Fax: 08-31 15 43  
Webb: [www.sspa.se](http://www.sspa.se) • E-post: [postmaster@sspa.se](mailto:postmaster@sspa.se) • Org. nr.: SE556224191801

## Revisionshistorik

Rev.	Datum	Beskrivning	Signatur
	2021-09-22	Utkastversion för granskning	MAR
	2021-11-22	Utkastversion 2 för granskning och diskussion	NEF
	2021-11-25	Utkastversion 3 för granskning	NEF
A	2022-01-28	Slutversion, justeringar baserat på OX2:s kommentarer på utkast 3, internt granskad	NEF
B	2022-02-08	Mindre justeringar och förtydliganden	NEF

## Sammanfattning

OX2 avser att ansöka om tillstånd för etablering av vindpark Triton. I samband med detta finns det ett behov av att utreda risker och påverkan på sjöfarten. Projektområdet ligger inom Sveriges ekonomiska zon i sydvästra Östersjön, cirka 30 km söder om Ystad. Fartygstrafiken i området är intensiv och kraftigt trafikerade fartygsstråk finns på såväl norra sidan som södra sidan av parkområdet. Genom projektområdet går ett fartygsstråk som trafikeras av färjor mellan Ystad och Świnoujście. Området nordost om parkområdet, där de stora fartygsstråken strålar samman, utgör ett så kallat *Precautionary area* vilket innebär att fartyg ska navigera med särskild försiktighet i detta område.

Två alternativ för parkens utbredning har analyserats, en med ett minsta avstånd på 500 m mellan vindparken och kringliggande fartygsstråk (basalternativ) och en med ett minsta avstånd på 1 000 m till kringliggande fartygsstråk.

Många av de identifierade nautiska farorna härrör till att avståndet mellan vindparken och fartygsstråken är litet. Detta gäller för så väl basalternativet som för alternativet som innebär ett minsta avstånd på 1 000 m. Med ett avstånd på 1 000m bedöms dock sannolikheten för respektive fara vara något lägre. Det korta avståndet medför att utrymmet för fartygen att kunna göra en undanmanöver i form av en styrbordsgir är begränsat samt att möjligheterna att hinna nödankra för ett fartyg som driver mot parken är små. Begränsade möjligheter till undanmanöver kan medföra kollisioner mellan fartyg och begränsade möjligheter till nödankring medför att fartyg kan driva in i parkområdet och därmed riskera att driva in i något av vindkraftverken (allision). När fartyg passerar vindparken på ett avstånd mindre än 1,5 M finns det också risk att det uppstår störningar på fartygens navigationsutrustning vilket exempelvis kan medföra att fritidsbåtar och fiskebåtar inte upptäcks i tid. Utöver detta identifieras också faror kopplade till färjetrafikstråket som passerar genom parkområdet och som korsar de två stora fartygsstråken. Anläggningsfasen medför en ökad trafikintensitet i området med fartygstrafik till och från parkområdet som kommer behöva korsa de stora fartygsstråken. Detta innebär risk för kollisioner mellan anläggningsfartyg och övrig trafik.

Med etableringen av vindparken introduceras en ny typ av fara för sjöfarten i området; allision, dvs. att fartyg seglar eller driver in vindparken och därmed riskerar att driva eller segla in i något av vindkraftverken. Detta leder till att den sammanlagda sannolikheten för en incident eller olycka i området ökar jämfört med dagsläget. Genomförda beräkningar för basalternativet och nuvarande trafikintensitet visar att en allision med parkområdet kan förväntas ske en gång på cirka 6 år. Kompletterande beräkningar där 129 vindkraftverk modellerats visar dock att endast i en fjärdedel av fallen med en allision med parkområdet kommer detta leda till en faktisk allision med något av vindkraftverken, dvs. en gång på cirka 24 år. Jämförelse av de olika alternativen för parkens

utbredning indikerar att alternativet med det större avståndet minskar sannolikheten för en allision med cirka 25 % jämfört med basalternativet.

Etableringen av vindparken innebär inte någon betydande förändring av sannolikheten för grundstötning eller kollision mellan fartyg. Beräkningarna visar på en viss reducering av grundstötningssannolikheten när parken introduceras. Detta eftersom en del av de fartyg som i beräkningarna utan parken går på grund vid den svenska kusten istället beräknas driva in parken så att en allision sker. En ökning av kollisionssannolikheten kan uppstå om fartygen som trafikerar stråken i norr och sydost väljer att gå en rutt längre ifrån parken. Trafiken på dessa stråk kan då komma att trängas ihop vilket medför en högre sannolikhet för kollisioner.

Både basalternativet för parkens utbredning som innebär ett säkerhetsavstånd på 500 m och alternativet med en reducerad park som ger 1 000 m säkerhetsavstånd mellan parken och fartygsstråkens ytterkant innebär stora avsteg från generella riktlinjer avseende säkerhetsavstånd. För inget av alternativen finns det tillräckligt med utrymme för fartygen på stråken i norr och sydost att göra en undanmanöver i form av en 360-gradersgir, vilket enligt flera internationella riktlinjer bör beaktas vid fastställande av säkerhetsavstånd. Trafikintensiteten är hög i de riksintresseklassade fartygsstråken norr och söder om det föreslagna parkområdet. Öster om området, där fartygsstråken sammanstrålar och som sedan 2005 utgör en Precautionary Area, är trafiksituationen särskilt komplex. Tillsammans med det korsande färjetrafikstråket gör detta det föreslagna etableringsområdet särskilt känsligt med avseende på säkerhetsavstånd och övriga riskreducerande åtgärder.

Sammantaget bedöms Triton innebära att de nautiska riskerna i området ökar, i första hand på grund av den risk för allisioner som vindparken medför. Riskreducerande åtgärder föreslås utformas i samråd med sjöfartsmyndigheter.

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>6</b>
1.1	Bakgrund .....	6
1.2	Syfte.....	7
1.3	Omfattning .....	7
1.3.1	Avgränsningar.....	7
1.4	Metodik .....	7
<b>2</b>	<b>Sjötrafikanalys.....</b>	<b>9</b>
2.1	Passagestatistik .....	9
2.1.1	Passagelinje 1 .....	10
2.1.2	Passagelinje 2 .....	11
2.1.3	Passagelinje 3 .....	12
2.2	Variationer mellan år.....	13
2.3	Framtida trafikscenario .....	14
<b>3</b>	<b>Riskidentifiering .....</b>	<b>15</b>
3.1	Hazid.....	15
3.1.1	Fartygsstråk norr om Triton .....	15
3.1.2	Fartygsstråk söder om Triton .....	17
3.1.3	Färjetrafikstråk .....	18
3.1.4	Precautionary Area.....	18
3.1.5	Övrig sjötrafik / allmänt.....	19
3.1.6	Anläggningsfasen.....	19
3.1.7	Sammanställning av identifierade risker .....	20
<b>4</b>	<b>Riskbedömning anläggningsfas .....</b>	<b>21</b>
4.1	Korsande trafik under anläggningsfasen .....	22
<b>5</b>	<b>Riskbedömning driftsfas .....</b>	<b>24</b>
5.1	Beräkning av grundstötnings-, kollisionss- samt allisionssannolikhet.....	24
5.1.1	Resultat.....	26
5.2	Uppskattning av sannolikhet för övriga identifierade faror.....	28
5.2.1	Radarstörningar.....	28
5.2.2	Service/underhållsfartyg som korsar de rekommenderade rutterna .....	29
5.2.3	Svårigheter att bekämpa ett eventuellt utsläpp .....	30
5.3	Uppskattning av konsekvenser.....	30
5.3.1	Säkerhetsavstånd för undanmanöver .....	31

5.3.2	Nödankring .....	33
5.3.3	Interaktion med vindpark och allision med vindkraftverk .....	33
<b>6</b>	<b>Riskvärdering .....</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>Riskreducerande åtgärder .....</b>	<b>40</b>
7.1	Ökat avstånd mellan vindparken och fartygsstråken .....	40
7.2	Övriga identifierade riskreducerande åtgärder .....	40
<b>8</b>	<b>Osäkerhets- och känslighetsanalys .....</b>	<b>43</b>
8.1	Framtida trafikintensitet .....	43
8.2	Hopträngning av trafik .....	43
8.3	IWRAP .....	43
<b>9</b>	<b>Slutsatser och rekommendationer .....</b>	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>47</b>

## Bilaga 1 Hazid-protokoll

# 1 Inledning

OX2 avser att ansöka om tillstånd för etablering av vindkraft i ett område beläget cirka 30 km söder om svenska sydkusten. I samband med detta finns det ett behov av att utreda risker och påverkan på sjöfarten.

## 1.1 Bakgrund

Vindparken Triton ligger inom Sveriges ekonomiska zon i sydvästra Östersjön. Projektområdet ligger utanför Skånes sydkust, cirka 30 km söder om Ystad, se Figur 1.1.



Figur 1.1 Lokalisering av vindpark Triton.

Den planerade vindparken har en yta om 250 km<sup>2</sup> exklusive tillhörande korridorer för anslutning till land. Två alternativ för parkens utbredning analyseras, en med ett minsta avstånd på 500 m till kringliggande fartygsstråk och ett alternativ med en reducerad parkutredning som innebär ett minsta avstånd på 1 000 m till kringliggande fartygsstråk. Parkområdet med 500 m avstånd presenteras av OX2 som basalternativ för den nautiska riskanalysen.

Vattendjupet i vindparksområdet varierar mellan 43 och 47 m. Havsbottensedimenten utgörs av mjuka bottensubstrat, såsom lera och gyttjelera.

Vindparken är planerad att omfatta en total installerad effekt om cirka 1 800 MW och består av 68–129 vindkraftverk, ett internt kabelnät samt transformatorstationer. Vindkraftverken kommer att monteras på fundament. De fundamentstyper som anses vara genomförbara alternativ för förankring av vindkraftverken är:

- monopiles med en bottendiameter på upp till 14 m
- gravitationsfundament, beräknas ha en bottendiameter på upp till 45 m.
- fackverksfundament med tre till fyra ben med upp till 4,5 m i diameter på pålarna alternativt med sugkassuner.

Runt fundamenten kommer erosionsskydd att etableras. Det interna kabelnätet kommer att förbinda vindkraftverken i radialer till havsbaserade transformatorstationer. Spänningsnivån i det interna kabelnätet är 66–170 kV. Kablarna begravs i havsbotten.

Från transformatorstationen anläggs kablar för överföring av elektricitet till land. Spänningen hos anslutningskablar beräknas vara 220 kV eller mer. Vindparken förväntas att vara i drift upp till 45 år och därefter avvecklas.

Med anledning av vindparkens placering i södra Östersjön och sjöfartstrafiken i området behöver en nautisk riskanalys tas fram.

## **1.2 Syfte**

Studien syftar till att utreda eventuell påverkan på sjöfarten till följd av en etablering av vindpark Triton. Primärt analyseras de nautiska riskerna genom beräkning av sannolikhet för grundstötning, kollision mellan fartyg samt sannolikhet för att fartyg seglar eller driver in i vindparken.

Rapporten avses kunna utgöra en bilaga till miljökonsekvensbeskrivningen vilken är en del av tillståndsansökan.

## **1.3 Omfattning**

Analysen omfattar såväl direkta effekter som kan påverka säkerheten för sjöfarten som indirekta effekter när sjöfartens framkomlighet begränsas och förändras. Analysen behandlar och kvantifierar i huvudsak risker under driftsfasen. Beräkningar av sannolikhet för grundstötning och kollision mellan fartyg genomförs med verktyget IWRAP<sup>1</sup>. Även sannolikhet för att fartyg driver eller seglar in i området, så kallad allision, samt sannolikheten för allision med något av verken beräknas med IWRAP. Sjöfartsrelaterade risker i samband med byggnation av vindparken identifieras och bedöms övergripande.

### **1.3.1 Avgränsningar**

Analysen är begränsad till eventuella risker för sjöfarten i området, och behandlar i huvudsak risker där de slutliga konsekvenserna antas vara grundstötning, kollision mellan fartyg eller att fartyg seglar eller driver in i vindkraftsområdet. Kvantitativa beräkningar av konsekvenser i form av skadekostnader eller antal skadade vid ett olycksscenario omfattas inte. Beräkningar av konsekvenserna för det påseglade vindkraftverket eller det påseglande fartyget vid en eventuell påsegling omfattas inte heller.

## **1.4 Metodik**

Metodiken för aktuell studie baseras på etablerad metodik för maritima riskanalyser i form av ISO standard 31000 och 31010, liksom den av IMO rekommenderade FSA-metodiken där så bedöms vara möjligt. För aktuell studie föreslås en något förenklad metodik men där de huvudsakliga komponenterna ingår, se Figur 1.2.

---

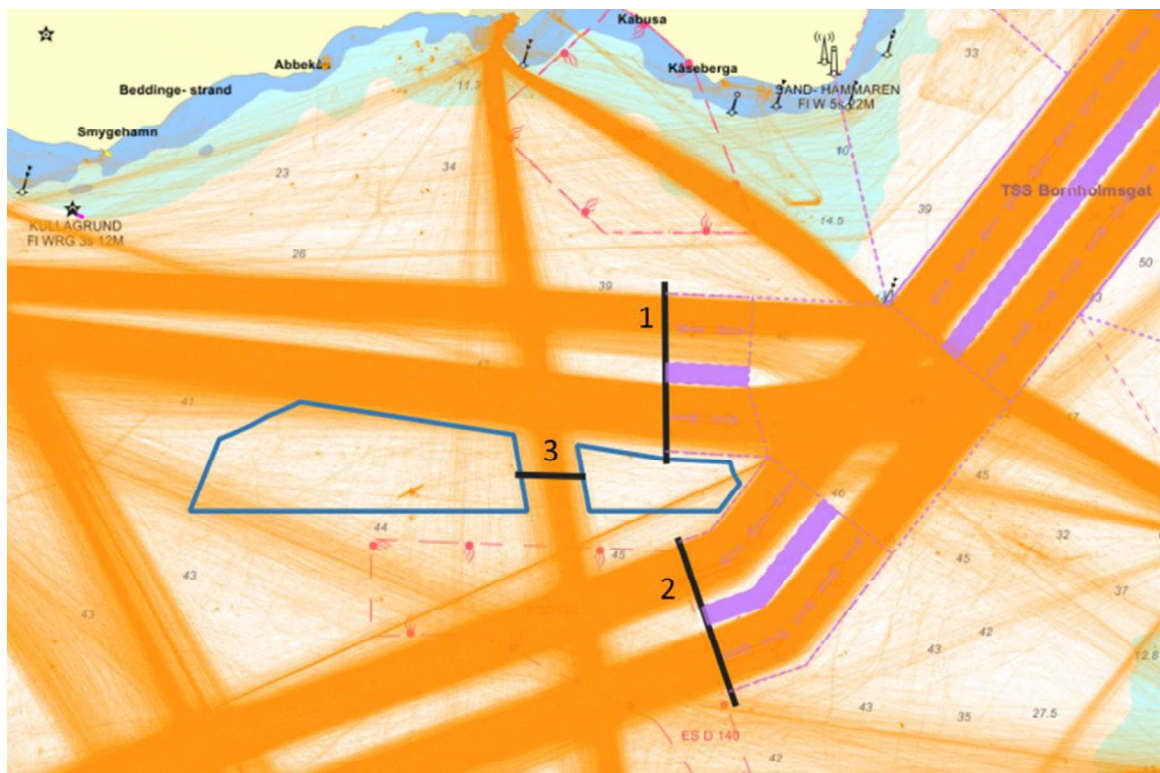
<sup>1</sup> IWRAP: IALA Waterway Risk Assessment Program, ett maritimt modelleringsverktyg för beräkning av kollisions-, allisions- och grundstötningsfrekvens.



Figur 1.2 Ingående komponenter i riskanalys



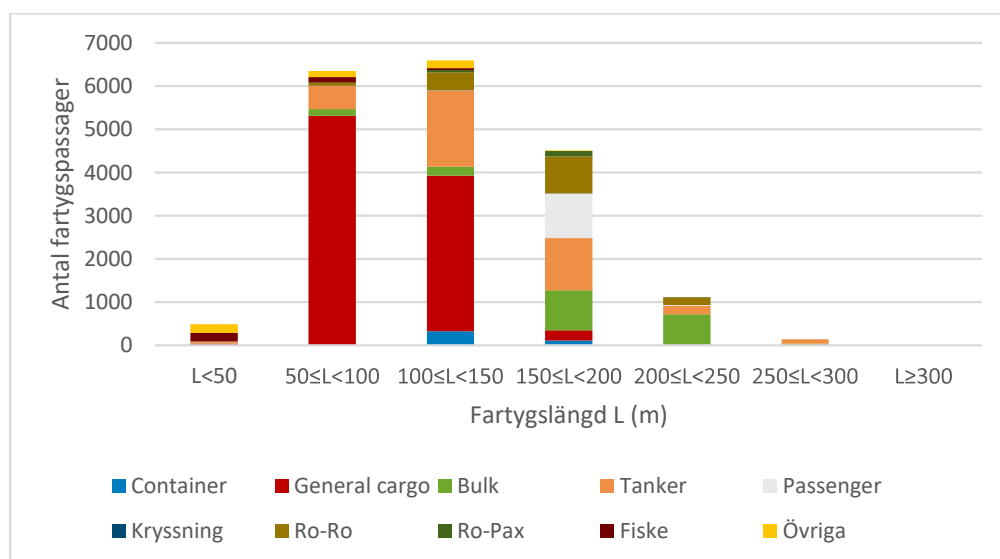
Sveriges sydkust (Ystad) och Polens nordkust (Świnoujście) som passerar mellan Tritons två delar. Figur 2.2 visar basalternativet för parkens utbredning vilket innebär att ett avstånd på 500 m mellan parken och fartygstråkens ytterkant upprätthålls. Denna parkutbredning innebär också att inga vindkraftverk placeras i färjetrafikstråket och inte heller i projektområdets östra hörn.



Figur 2.2 Parklayout enligt huvudalternativet (500 m säkerhetsavstånd mellan ytterkant fartygsstråk och park). Passagelinje 1, 2 och 3 för analys av fartygspassager över respektive linje.

### 2.1.1 Passagelinje 1

Över passagelinje 1 registrerades 19 185 fartygsrörelser under 2020, fördelade enligt Figur 2.3.



Figur 2.3 Fartygspassager över passagelinje 1, fördelade på fartygstyp och fartyglängd.

Majoriteten av fartygen är *general cargo*-fartyg<sup>3</sup> av en mindre storlek (upp till 150 m i längd), men även tank- och bulkfartyg är vanligt förekommande. Fartyg med en fartygslängd upp till 200 m är vanligt förekommande och utgör totalt cirka 93 % av det totala antalet fartygsrörelser. Baserat på detta bedöms, ur ett riskbedömningsperspektiv, fartyg om 200 m vara storleksmässigt dimensionerande. I nästa längdsegment återfinns fartygen som är 200 – 250 m. I detta segment syns drygt 1 100 passager per år. Dessa fartyg passerar troligast norr om Triton på ostgående kurs in mot Östersjön, och då i ballast, för att på återresan västerut i lastad kondition gå söder om Triton och vidare upp genom Stora Bält för att ansluta till T-rutten i Kattegatt. Ytterligare både större och längre fartyg förekommer på rutten. Det största registrerade fartyget är ett bulkfartyg, Nightwing, på 170 000 DWT<sup>4</sup> och med dimensioner (L x B) 289 x 45 och möjlighet att lasta till 15 m djupgående i Östersjön, se Figur 2.4.



Figur 2.4 Bulkfartyget Nightwing, det längsta fartyget registrerat över passagelinje 1. (Foto: Morten Weesgard, MarineTraffic.com)

### 2.1.2 Passagelinje 2

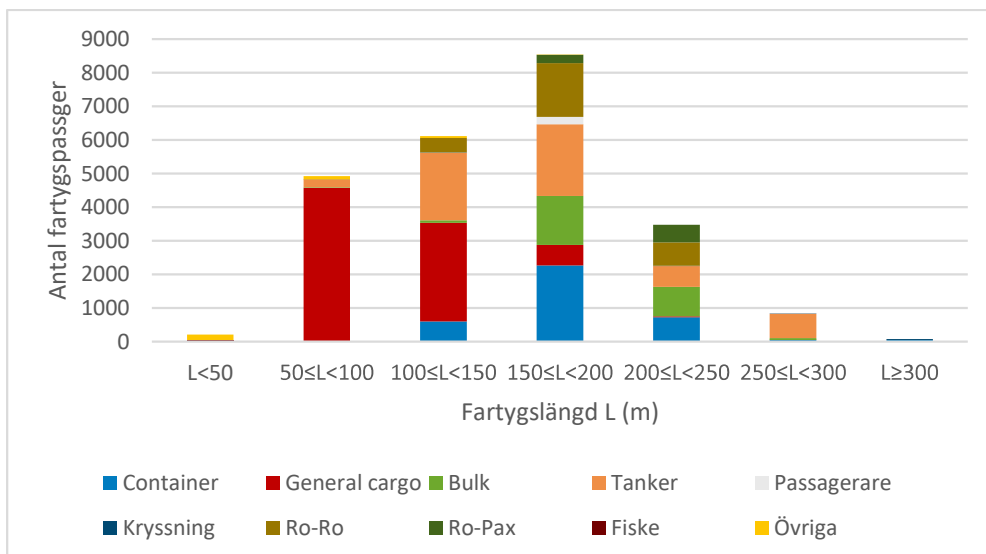
Över passagelinje 2 registrerades 24 212 fartygspassager under 2020, se Figur 2.5. Även här är merparten av fartygen av *general cargo*-typ, men tankfartyg, containerfartyg, Ro-Ro<sup>5</sup>-fartyg och bulkfartyg är också vanligt förekommande. På aktuell rutt förekommer större fartyg än på rutten norr om Triton, och i längdsegmentet upp till 250 m registrerades närmare 3 500 fartyg under 2020. Baserat på detta bedöms för den aktuella rutten att en fartygslängd om 250 m är dimensionerade utifrån ett riskbedömningsperspektiv.

---

<sup>3</sup> General Cargo: styckegodsfartyg

<sup>4</sup> DWT: Deadweight tonnage, mått på ett fartygs maximala lastförmåga – vikten av last, bränsle, förråd, besättning och passagerare – när det lastats ned till lägsta tillåtna fribord.

<sup>5</sup> Ro-Ro: Roll on, Roll off. Ro-Ro-fartyg används som begrepp för fartyg med rullande last som exempelvis bilar, trailers och tåg.



Figur 2.5 Fartygspassager över passagelinje 2, fördelade på fartygstyp och fartygslängd.

De största registrerade fartygen över aktuell passagelinje är Maersks containerfartyg med en längd på 399 m och en bredd på 59 m, med ett djupgående på cirka 12 m beroende på lastintag, se Figur 2.6.



Figur 2.6 Containerfartyget Mary Maersk, ett typfartyg för serien av de största registrerade fartyget över passagelinje 2. (Foto: Nico T., MarineTraffic.com)

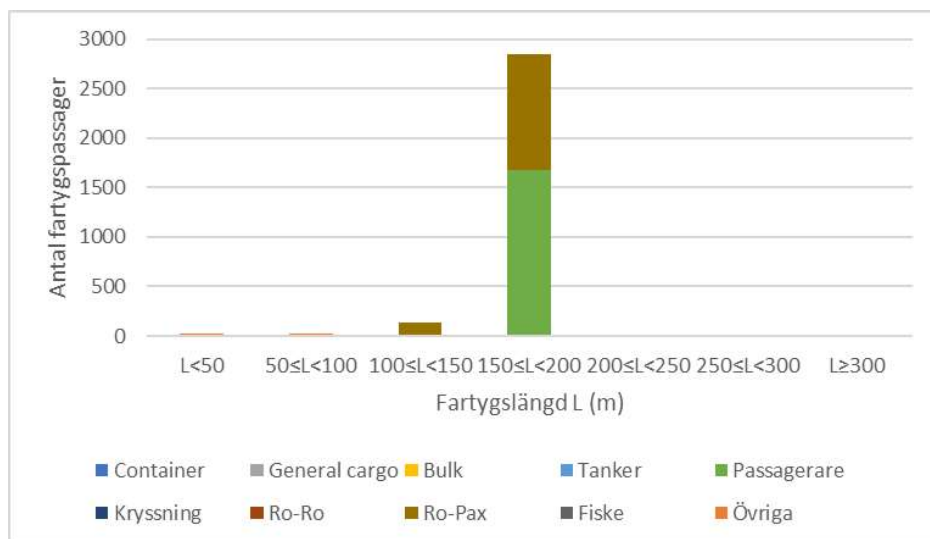
Fartyg med en längd på 300 m eller mer registrerades cirka 80 gånger under 2020. Förutom nämnda containerfartyg är de största fartygen kryssningsfartyg och tankfartyg. Fartyg i längdkategorin 250 till 300 m står för cirka 850 passager per år.

### 2.1.3 Passagelinje 3

Passagelinje 3 omfattar trafiken mellan Sverige och Polen. Primärt gäller detta de passagerarfartyg och Ro-Pax-fartyg<sup>6</sup> som regelbundet går mellan Ystad och Świnoujście. För 2020 registrerades 3 027

<sup>6</sup> Ro-Pax: Roll on roll off och passagerare, Ro-Pax-fartyg tar både rullande gods och passagerare ombord.

passager och för 2019 i snitt drygt en passage till per dag, dvs. totalt 3 418 passager. Antal och typ av fartyg över linje 3 under 2020 redovisas i Figur 2.7.



Figur 2.7 Fartygspassager över passagelinje 3 under 2020, fördelade på fartygstyp och fartygslängd.

För rutten bedöms en fartygslängd om 180 m vara dimensionerande, och representeras av Polferries fartyg Cracovia som passerade 523 gånger under 2020, se Figur 2.8.



Figur 2.8 Cracovia, Polferries 180 m långa Ro-Pax-fartyg som trafikerar över passagelinje 3 på rutten Ystad- Świnoujście. (Foto: Dr. Claus Hein, MarineTraffic.com)

## 2.2 Variationer mellan år

Globalt sett uppskattas sjöfarten under 2020 ha minskat med 4,1 % på grund av Covid-19 (UNCTAD, 2020). Jämförelse av trafikstatistik vid linje 1 för åren 2016–2020 visar dock inte på någon minskning av antalet passager 2020 jämfört med tidigare år, se Tabell 2.1.

Tabell 2.1 Jämförelse av antalet passager över linje 1, norr om Triton, för åren 2016 - 2020.

	2016	2017	2018	2019	2020
L<50	1050	759	858	742	491
50≤L<100	6366	6168	6277	6221	6344
100≤L<150	7052	6993	6534	6113	6590
150≤L<200	3610	3377	3606	4116	4509
200≤L<250	1052	1027	1053	1120	1112
250≤L<300	153	172	193	207	140
L≥300	8	6	5	3	0
Totalt	19 291	18 502	18 526	18 522	19 186

Passagestatistik för linje 2, söder om Triton, visar dock att antalet passager var 11 % lägre under 2020 jämfört med genomsnittet för tidigare år, se Tabell 2.2

Tabell 2.2 Jämförelse av antalet passager över linje 2, söder om Triton, för åren 2016 - 2020.

	2016	2017	2018	2019	2020
L<50	575	626	590	574	211
50≤L<100	5 719	5 688	5 306	5 281	4 928
100≤L<150	6 892	7 343	7 218	6 806	6 117
150≤L<200	9 664	9 593	8 833	8 603	8 551
200≤L<250	3 283	3 558	3 465	3 724	3 484
250≤L<300	997	1 129	1 081	1 190	837
L≥300	133	191	190	218	84
Totalt	27 263	28 128	26 683	26 396	24 212

## 2.3 Framtida trafikscenario

Baserat på Trafikverkets trafikprognoser kan godstransporterna (tonkm/år) med sjöfart antas öka med cirka 20 % från 2020 till 2030 (Trafikverket, 2020). Ökningen kan antas innebära en ökad fartygsfrekvens, dock kommer troligen en del av ökningen ske genom att fartygen 2030 kommer att vara större och därmed kan transportera mer gods. Flera prognoser tyder på att när gamla och mindre fartyg tas ur operation ersätts de av nya större fartyg. Därmed finns det en trend som pekar på färre antal fartyg i de små segmenten och att det sker en förskjutning till större fartygssegment. För aktuellt område bedöms dock inte dagens maximala storlek på fartyg öka, på grund av det maximala möjliga djupgåendet på 15 m för att passera in i Östersjön. Den eventuella framtida storleksökningen bedöms främst påverka det något mindre tonnaget och bedömningarna om de ur ett riskperspektiv dimensionerande storlekarna anses gälla även i ett framtida trafikscenario.

### 3 Riskidentifiering

AIS-analysen utgör ett viktigt underlag under riskidentifieringen där trafikmönster, trafikintensitet och fartygens karaktäristik är av stor vikt.

Fartygstrafiken i det aktuella området är omfattande med stora fartygsstråk såväl söder som norr om Triton samt med ett färjetrafikstråk som går genom parkområdet. Baserat på detta och utifrån tidigare riskanalyser i samband med vindkraftsetableringar till havs identifieras potentiella faror. I huvudsak avses faror som kan innebära en ökad risk för kollision och grundstötning för sjöfarten samt risk för interaktion med parkområdet och därmed eventuell risk för kollision med vindkraftverken. Även indirekta faror, exempelvis möjligheterna till sjö- och miljöräddning samt eventuell påverkan på möjligheterna till nödankring identifieras.

#### 3.1 Hazid

Riskidentifieringen genomfördes som en Hazid-workshop (HAZard IDentification workshop), där så väl erfarna nautiker som riskanalytiker deltog.

Identifierade faror har strukturerats genom uppdelning i sex olika delar. Fyra av dessa delar är kopplade till fartygsstråk: Fartygsstråk norr om Triton, fartygsstråk söder om Triton, *Precautionary Area* öster om Triton samt färjetrafikstråket som löper genom parken. De sista två delarna gäller identifikation av generella faror som inte är direkt kopplade till ett visst geografiskt område samt faror kopplade till anläggningsfasen. Samtliga identifierade potentiella faror, dess primära orsak, möjliga preventiva säkerhetsåtgärder samt omedelbara och slutliga konsekvenser dokumenterades i ett Hazid-protokoll, se bilaga 1.

Nedan redovisas de huvudsakliga identifierade farorna kopplade till vindpark Triton tillsammans med bakgrund och motivering till dessa baserat på diskussionerna under workshopen.

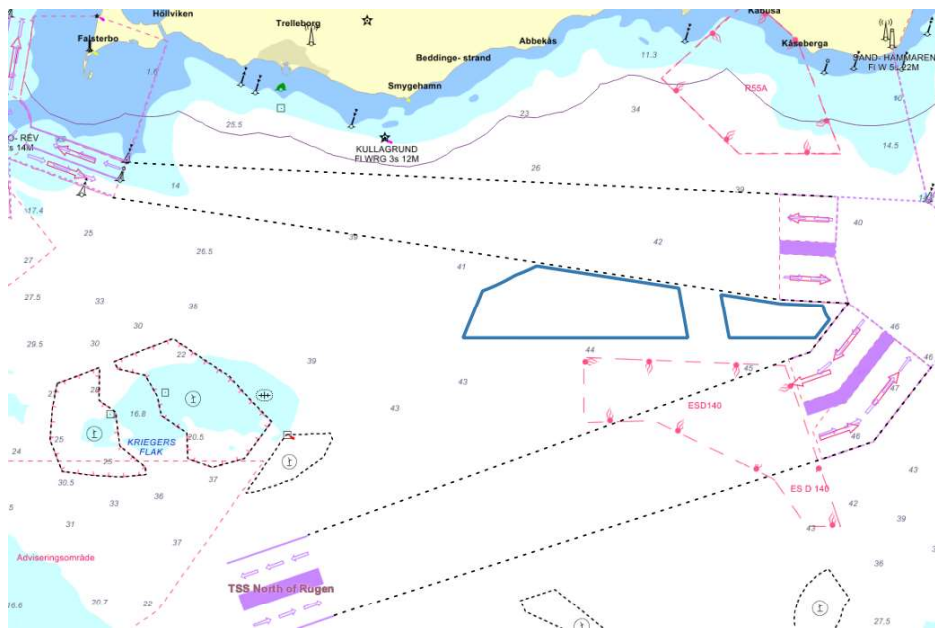
##### 3.1.1 Fartygsstråk norr om Triton

För basalternativet är avståndet mellan fartygsstråket som löper utmed Tritons norra kant och parkområdet 500 m vilket motsvarar 0,27 M<sup>7</sup>. Fartygsstråkets södra ytterkant är definierad som en linje från den södra kanten av TSS<sup>8</sup> Off Falsterbo Rev till den södra kanten av den nordvästra delen av TSS Bornholmsgat, se Figur 3.1.

---

<sup>7</sup> M = nautisk mil (förkortas nm på engelska), motsvarar 1852 m.

<sup>8</sup> TSS = trafiksepareringssystem, består av trafikstråk där mötande trafik separeras genom trafiksepareringszoner.



Figur 3.1 Ytterkanten på fartygsstråket norr om Triton definieras baserat på ytterkanterna på TSS:en vid Falsterbo i väster samt TSS:en vid Bornholmsgattet i öster.

Det begränsade navigationsutrymmet mellan parkområdet och trafiken medför en ökad sannolikhet både för kollision mellan fartyg och för interaktion med parkområdet, och till följd av det även kollision med vindkraftverk. Vid ett eventuellt tekniskt fel på ett fartyg, exempelvis en blackout eller ett roderbortfall på ett fartyg, begränsas aktionstiden för återstart eller nödankring i och med det korta avståndet mellan parkområde och fartygsstråket, vilket medför att det finns en risk att fartyg driver eller seglar in i parkområdet. Möjligheterna för en lyckad nödankring i området är begränsade på grund av att vattendjupet bitvis är för stort, framför allt söder om fartygsstråket ner mot och inom vindparken. En förhärskande sydvästlig vind gör att ett ostgående fartyg på det norra fartygsstråket vid ett eventuellt fel troligast driver upp mot mötande trafik istället för i riktning mot Triton.

Det begränsade utrymmet mellan vindparken och fartygsstråket riskerar att orsaka radarstörningar och försenad upptäckt av båtar och fartyg i närheten. Risken för att missa ett radarmål gäller framför allt mindre båtar som fritids- och fiskebåtar men även upptäckten av fartyg kan påverkas. Vad gäller fartyg bedöms risken särskilt stor där färjetrafiken kommer norrut mellan parkens två delområden. Radarstörningar i form av "small target loss", dvs. att radarn inte kan hålla det markerade radarmålet, och "swapping targets", dvs. att en markering av radarmål hoppar till ett annat radarmål, riskerar att ske när fartyg passerar vindkraftverken på ett avstånd mindre än 1,5 M. Så kallade spökekon eller falska ekon kan förekomma vid passage närmare än 0,25 M från vindparken.

En ytterligare eventuell effekt av det begränsade avståndet är risken för hopträngning inom ett enskilt fartygsstråk. Ostgående trafik kan, i sin ambition att hålla ett tillräckligt avstånd från vindparken, undvika att nyttja den sydligaste delen av det egna fartygsstråket, vilket leder till en mindre lateral spridning inom stråket med hopträngning och ökad risk för s.k. "overtaking"-kollision, dvs. att fartyg kolliderar vid passage av annat fartyg inom det egna stråket.

Färjetrafik på sydgående led korsar trafiken norr om Triton. Skulle en sydgående färja tvingas väja för ett ostgående fartyg är vindparken begränsande vad gäller manöverutrymmet till styrbord då färjan ska ner genom vindparken.

För det alternativa parkområdet med 1 000 m (0,54 M) säkerhetsavstånd mellan vindpark och fartygsstråk identifieras samma typ av faror som för basalternativet, men risken för radarstörningar förekommer främst i form av "small target loss" och "swapping targets". Vad gäller risken för hopträngning bedöms den minska något med ett större avstånd. För sydgående fartyg på

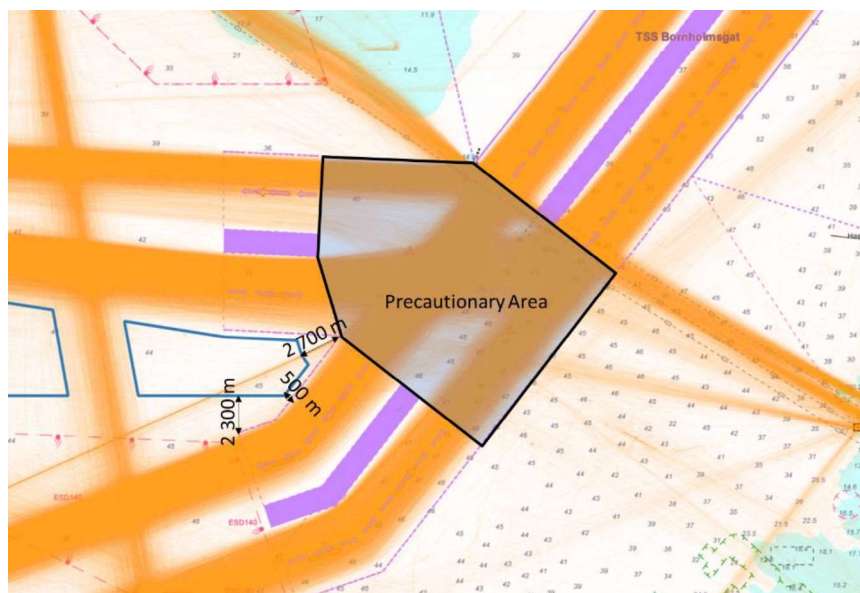
färjetrafikstråket på väg genom Triton som behöver väja för ostgående fartyg är utrymmet för att komma tillbaka på sydlig rutt fortfarande begränsat av vindparken, om än i något mindre utsträckning än i basalternativet.

### 3.1.2 Fartygsstråk söder om Triton

Avståndet mellan fartygsstråket och vindparken varierar utmed på den södra och sydöstra sidan av Triton.

För det östligaste delområdet är det minsta avståndet mellan det huvudsakliga fartygsstråket med västgående trafik och den östra ytterkanten av vindparken 500 m (0,27 M). Den östligaste delen av området bedöms vara ett kritiskt område ur ett riskperspektiv, med tät trafik runtom och med förekomsten av ett korsande ruttn i den *Precautionary Area* som ligger nordost om Triton, se Figur 3.2.

Ett tekniskt fel på ett fartyg, exempelvis en blackout eller ett roderbortfall, söder om Tritons östra del bedöms kunna bli kritiskt. Beroende på var ett sådant eventuellt fel inträffar kan en sydöstlig eller sydvästlig vind driva fartyget mot vindparken. På grund av det lilla avståndet mellan vindpark och fartygsstråk är aktionstiden kort, och i tillägg till det är vattendjupet i området cirka 50 m och möjligheterna för en lyckad nödankring kan även ur den aspekten vara begränsade.



Figur 3.2 Ruttsystemet öster om Triton, med markerad Precautionary Area samt trafiksepareringszoner i lila.

Det begränsade avståndet mellan vindpark och fartygsstråk innebär även en risk för radarstörningar på samma sätt som beskrivet för fartygsstråket norr om Triton. Risken för radarstörningar bedöms vara stor i den östligaste delen av Triton, och mindre ju längre västerut man kommer. På den södra sidan av Tritons västligaste del bedöms risken för radarstörningar vara obefintlig, vad gäller huvudfartygsstråket i sydvästlig/nordöstlig riktning.

På den södra sidan av parkens västra del varierar avståndet till fartygsstråket från knappt 1 M längst i öster till cirka 7 M i västra delen av Triton. Söder om vindparken finns dock också ett militärt övningsområde, som närmast på ett avstånd om cirka 1 M från parken. När Försvarsmakten genomför skjutövningar är området avlyst för fartygstafik som under sådana tillfällen tvingas ta en annan väg. Fartygstafiken på väg åt sydväst kommer då med stor sannolikhet i stället att gå på en i stort sett rak västlig kurs mellan skjutområdet och vindparken, vilket just vid dessa tillfällen innebär att trafiken kommer att ha ett passageavstånd på under 1 M till vindparkens södra ytterkant. Trafiken på väg åt nordost går troligen längre söderut, på en rutt söder om det militära

övningsområdet. Avlysningar informeras om ut till fartygen via s.k. Ufs (Underrättelser till Sjöfarare) / NtMs (Notice to Mariners), och innehåller information om när och var övning pågår. Ingen formell omdirigering till en specifik rutt görs men ett säkerhetsavstånd finns oftast angivet.

Trafikanalysen visar att det förekommer trafik även genom området. Denna trafik är dock begränsad och kommer när vindparken är etablerad att behöva följa gängse rutt på sin passage mot sydväst.

Tritons västra delområde bedöms inte medföra en särskilt betydande riskökning för fartygstrafiken på huvudfartygsstråket söder om vindparken. Avståndet mellan fartygsstråket och Triton varierar mellan cirka 3,5 M till 7 M och ger gott om plats för en eventuell 360°-gir och en relativt god aktionstid i händelse av blackout följt av drift mot vindparken, innan en eventuell allision skulle ske med vindparken.

För alternativet med 1 000 m säkerhetsavstånd mellan vindpark och fartygsstråk identifieras samma faror som för alternativet med 500 m avstånd mellan vindpark och fartygsstråk. I detta fall kan dock sannolikheten antas bli något lägre. Söder om Triton går fartygsstråket på ett längre avstånd än så, för större delen av parken. Det är återigen för den ostligaste delen av parken som avståndet är kritiskt, i anslutning till *Precautionary Area*, även med ett avstånd på 1 000 m (cirka 0,5 M).

Vad gäller risken för radarstörningar är den primärt förekommande i den ostligaste delen av parken, och med 1 000 m avstånd gäller risken främst "*swapping targets*" och "*small target loss*".

### 3.1.3 Färjetrafikstråk

Genom Triton går ett fartygsstråk främst trafikerat av de passagerarfartyg och Ro-Pax-fartyg som regelbundet går mellan Ystad och Świnoujście. Fartygsstråket är cirka 2,4 M brett. Trafiken som går här är i egenskap av linjetrafik vana vid området men avståndet till fartygsstråkets ytterkanter är relativt litet. Fartygen som främst trafikerar stråket är cirka 180 m vilket enligt PIANCs rekommendationer ger ett rekommenderat passageavstånd på cirka 1,2 M (PIANC, 2018). Mötande fartyg riskerar att gå närmare varandra än vad som idag är fallet och risken för en kollision bedöms öka för trafiken på rutten genom Tritons etablering. I händelse av blackout eller annat tekniskt fel och en vinddrift mot parkområdet bedöms det även finnas en risk för allision.

Det begränsade avståndet medför också en risk för radarstörningar, främst då "*target loss*" och "*swapping targets*" som riskerar att uppstå vid passage närmare än 1,5 M. Radarstörningar bedöms vara särskilt riskfyllda i anslutning till när korsande av fartygsstråket norr om parken ska ske. Ostgående fartyg på rutten norr om Triton riskerar att missa fartyg på nordgåendekurs genom Triton och är också begränsade i sitt manöverutrymme i och med det nordöstra hörnet av Tritons västra delområde.

### 3.1.4 Precautionary Area

Nordost om Triton möts tre fartygsstråk; stråket norr om Triton, stråket söder om Triton samt stråket i nordostlig/sydvästlig riktning genom Bornholmsgattet. Korsningen där dessa stråk möts är en *Precautionary Area*, ett område som av IMO definieras som ett område där fartyg ska navigera med särskild försiktighet och inom vilket det kan finnas rekommendationer gällande trafikflödets riktning.<sup>9</sup>

Den största risken inom detta område förekommer där sydvästgående trafik från riktning Östersjön ska gå ner på rutten söder om Triton, och då korsar den ostgående trafik som kommer från stråket norr om Triton. För den sydvästgående trafiken ligger svårigheten i att eventuellt behöva göra en undanmanöver för trafiken från väster och då möjligen behöver hålla ut åt styrbord för att sedan vika

---

<sup>9</sup> IMO:s definition: an area within defined limits where ships must navigate with particular caution and within which the direction of flow of traffic may be recommended.

ner på sin rutt mot södra sidan av vindparken igen. Sydvästgående fartyg kommer då att hålla en ”peka-på-kurs” mot vindparken vid en sådan manöver.

För trafiken som kommer från väster, norr om parken finns en viss svårighet i den sydvästgående trafiken, som kräver extra uppmärksamhet även om det är den sydvästgående trafiken som är väjningsskyldig i aktuellt fall. Vindparken kan orsaka radarstörningar för ostgående fartyg som ligger i den södra halvan av det ostgående fartygsstråket norr om parken.

### **3.1.5 Övrig sjötrafik / allmänt**

Mänskliga fel från besättning på fartyg på fartygsstråken kring vindparken kan innebära en missad gir eller manöver och att ett annat, icke väjningsskyldigt, fartyg får göra en undanmanöver. Sker detta vid exempelvis korsning av ostgående trafik norr om parken och nordgående färjetrafik kan en interaktion med vindparken ske på grund av det begränsade manöverutrymmet.

Fritidsbåtar bedöms inte förekomma i någon större utsträckning i området, men en segelbåt med högre masthöjd kan vid en missbedömning av svepbredd skadas av rotorbladen. Det bedöms vara relativt osannolikt att en segelbåt av detta slag skulle segla så pass nära ett vindkraftverk.

Förekomsten av fritidsbåtar, i den utsträckning de förekommer, kan påverka riskbilden för fartyg i området, som med vindparken på plats inte har samma manöverutrymme för att undvika en kollision med en fritidsbåt som missbedömt avståndet till fartyget.

Ett oljeutsläpp i närheten av vindparken riskerar att få mer allvarliga konsekvenser än i ett område utan vindpark i och med en försvårad begränsning och upptagning av olja på grund av vindkraftverken.

Fiske förekommer i viss utsträckning i området och framför allt norr om vindparken. Förekomsten av fiskebåtar i fartygsstråket kan tvinga fartyg på ruten till undanmanöver, och tillgängligt manöverutrymme kan komma att vara begränsat av parken. Över passagelinje 1, norr om parken, registrerades dryga 360 passager av fiskefartyg under 2020. Huruvida fiske kommer att tillåtas i färdigställd park är inte fastslaget.

### **3.1.6 Anläggningsfasen**

Under anläggningsfasen kommer såväl olika anläggningsfartyg som fartyg för transporter av komponenter och besättning att trafikera området. Anläggningsfasen är kort relativt vindparkens livslängd, men under denna period ökar antalet fartyg i området stort. Fartygen kopplade till anläggningsfasen kommer avvika från och även korsa kringliggande fartygsstråk.

Innan vindparken står på plats är områdets yttre begränsningar inte tydliga och synligheten på exempelvis fundament kan vara låg vilket kan utgöra en risk för ett fartyg som av någon anledning behövt göra en manöver och hamnat alltför nära vindparken. Anläggningsfartyg kan också förekomma vid eller strax utanför ytterkanten av vindparken och då i direkt närhet till fartygsstråket, vilket då kan minska tillgängligt manöverutrymme för fartygen något.

Kabellägningsfartyg och andra arbetsbåtar avviker från gängse kurser och kan tvinga fartyg på kringliggande stråk till undanmanöver, med ökad risk för kollision med andra fartyg som följd.

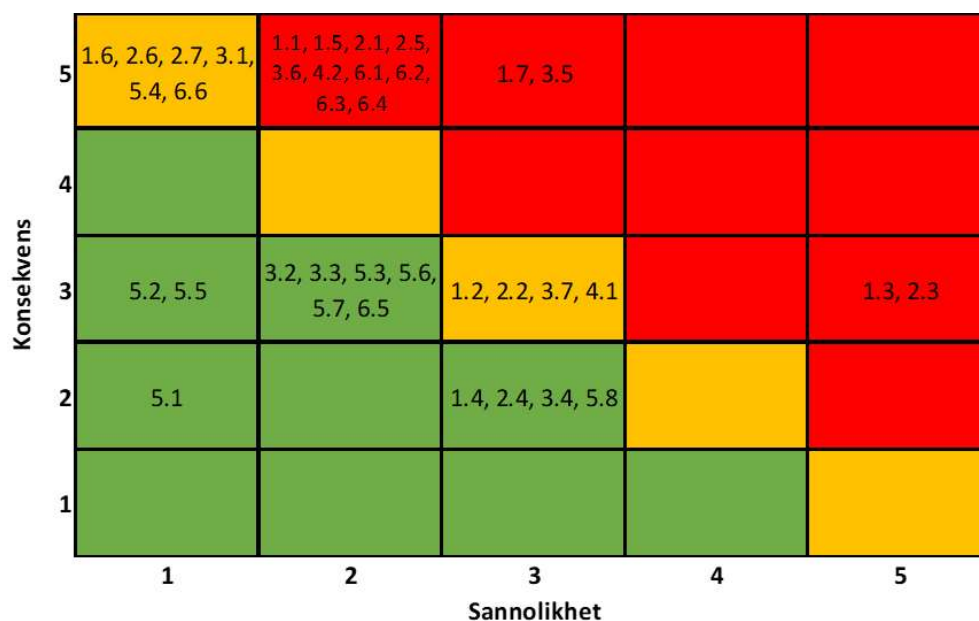
Störningseffekter i form av radarstörningar kan förekomma även under anläggningsfasen, samt även i form av bländande ljus från arbetsplattformar. Primärt gäller detta för trafiken norr om Triton, på grund av det begränsade avståndet mellan fartygsstråk och vindpark.

För anläggningsfasen görs en särskild riskbedömning i kapitel 4.

### 3.1.7 Sammanställning av identifierade risker

Totalt identifierades 37 faror, se Bilaga 1 Hazid-protokoll. För respektive identifierad fara har sannolikheten samt konsekvensen bedömts på en femgradig skala, där fem innebär högst sannolikhet respektive svårast konsekvenser. Konsekvensen för faror som kan leda till kollision har genomgående bedömts till 5, för faror som kan leda till grundstötning har konsekvensen bedömts till 4 och för faror som kan leda till en interaktion med vindparken har konsekvensen bedömts till 3. Bedömningarna är gjorda på en jämförande basis, dvs. farorna ställs i proportion till varandra, mellan de olika identifierade farorna i syfte att identifiera de mest kritiska. Skattningarna avser scenarier då riskreducerande åtgärder inte har implementerats. För faror i anläggningsfasen har dock åtgärder i form av information om pågående arbete via Underrättelser för sjöfarande (Ufs) och *Notice to Mariners* (NtMs) förutsatts.

Genom att väga samman den skattade sannolikheten och konsekvensen för respektive fara kan risken värderas i en så kallad riskmatris, se Figur 3.3. Siffrorna i matrisen refererar till Id-nummer för respektive fara i Hazid-protokollet, se Bilaga 1. Generellt för riskmatriser brukar de röda områdena i matrisen representera risknivåer som inte kan accepteras och där åtgärder krävs för att minska riskerna. De gröna områdena representerar låg risknivå och risker i dessa områden accepteras. De gula områdena representerar en betydande risknivå men som kan tolereras. Åtgärder som minskar risken ska dock övervägas och implementeras där minskningen av risken står i rimlig proportion till kostnad. I det aktuella fallet, där inga kvantitativa beräkningar av sannolikheter och konsekvenser ännu har gjorts, används matrisen i första hand för att illustrera hur sannolikhet och konsekvens kan vägas samman samt för att identifiera de farorna som kan antas vara mest kritiska och därmed bli föremål för vidare analys.



Figur 3.3 Riskmatris för basalternativ med som minst 500 m säkerhetsavstånd till närliggande fartygsstråk. Numren i matrisen refererar till ID-nummer för identifierade faror, se bilaga 1 Hazid-protokoll. Skattningarna av sannolikhet och konsekvens i matrisen avser scenarier då riskreducerande åtgärder inte har vidtagits och är gjorda på en jämförande basis, dvs. farorna ställs i proportion till varandra.

Av figuren framgår att flera av de identifierade farorna faller inom det röda området. Av dessa utgörs flera av faror gällande anläggningsfasen (6.1, 6.2, 6.3 och 6.4). Dessa bedöms dock inte vara av samma kritiska karaktär då de endast är temporära. Av de övriga farorna som hamnar i det röda fältet har sex stycken (1.1, 1.3, 1.5, 2.1, 2.3 och 2.5) samma primära orsak; litet avstånd mellan fartygsstråket och parkområdet (och därmed begränsat navigationsområde). Resterande faror i det röda fältet härrör till korsande fartygsstråk (1.7, 3.5, 3.6 och 4.2).

## 4 Riskbedömning anläggningsfas

Anläggningsfasen för den planerade vindparken är relativt kort jämfört med parkens driftsfas. Etableringen innebär dock en ökad trafik i området och sjöfarten i området kan komma att påverkas i högre grad under denna fas.

Etableringen kommer troligen att ske under cirka ett års tid med cirka 260 arbetsdagar. Eventuellt kan dock etableringen komma att ske i två perioder där första halvan parken etableras under en säsong och den andra halvan efterföljande år. Alternativt kan elsystem samt fundament komma att installeras en säsong och vindkraftverk samt OSS:er efterföljande år. Eventuella villkor kan också medföra att installationen tvingas pausas för att återupptas nästa säsong.

Tillkommande trafik utgörs av fartyg av varierande storlek, exempelvis båtar för besättning (CTV-fartyg, *Crew Transfer Vessel*) och bevakning, pråmekipage för fundamenttransporter, mudderverk, kabellägningsfartyg, stödbensfartyg och andra typer av *offshore supply*-fartyg. Dessa enheter rör sig på olika ruttor och med olika frekvens till parkområdet och har således olika stor påverkan. Även storleksmässigt och manövermässigt skiljer sig fartygen åt. En besättningsbåt är en liten enhet, längd cirka 15–25 m, med god manöverförmåga medan exempelvis ett pråmekipage för transport av fundament och turbiner kan ha en totallängd på cirka 250 m och vara relativt långsam och manövermässigt trög.

Tabell 4.1 visar en sammanställning av uppskattat antal fartygsrörelser för respektive fartygstyp. Uppskattningarna är gjorda baserat på en layout med 129 vindkraftverk och installationen har antagits ske under en säsong. Baserat på denna uppskattning antas etableringen medföra 1 651 fartygsrörelser tur- och retur till parkområdet (totalt cirka 3 300 fartygspassager) och i genomsnitt cirka sex fartygsrörelser tur- och retur per dag under de 260 arbetsdagarna.

Tabell 4.1 Uppskattning av antal fartygsrörelser (tur- och returesor) för etablering av Triton.

Funktion	Fartygstyp	Aktivitet	Antal
Bevakning	Guard vessel	Bevakning	220
Fundament	Feeder Alpha och Bravo	Leverans fundament	66
Fundament	Dredge	Bottenpreparering	200
Fundament	Jackup Alpha	Installation	30
Fundament	Scour Alpha och Bravo	Installation	66
Fundament	CTV Alpha	Installation	175
Kablar	Feeder Charlie	Kabelleverans	11
Kablar	Kabelläggning	Installation	15
Kablar	Scour Charlie	Erosionsskydd	12
Kablar	CTV Bravo	Installation	175
Vindkraftverk	Feeder Echo och Golf	Turbinleverans	66
Vindkraftverk	Jackup Bravo	Installation	15
Vindkraftverk	CTV Charlie och Echo	Installation	400
Driftsättning	CTV Foxtrot	Driftsättning, provdrift	200

Det antagna scenariot innebär att i ett första skede installeras transformatoranläggningar och exportkablar. Därefter sker installationen i tre parallella linjer för fundament, kablar respektive turbiner, avslutningsvis sker driftsättning och provdrift. De tre linjerna är förskjutna något sinsemellan på så sätt att när de första fundamenten är installerade förläggs det interna kabelnätet mellan dessa och därefter installeras vindkraftverken. Fundament och vindkraftverk transporteras på pråmar från slutmonteringshamnen till vindparken, varje pråm antas ta två fundament eller vindkraftverk. Leverans av det interna kabelnätet sker med pråm som tar tolv kabellängder. Fundament och vindkraftverk installeras med hjälp av stödbensplattformar, kablar installeras med kabellägningsfartyg. Utöver dessa fartyg kommer även fartyg som kan hantera exempelvis bubbelgardiner eller lägga ut erosionskydd, att förekomma. Även fartyg som utför persontransporter och transporter av mindre komponenter samt bevakning kommer att förekomma.

Av de identifierade riskerna för anläggningsfasen bedöms riskerna kopplade till den ökade trafikintensiteten och korsandet av etablerade fartygsstråk som mest kritisk, se avsnitt 4.1 nedan.

Sannolikheten för övriga identifierade faror i anläggningsfasen, såsom allision med strukturer under konstruktion samt kollision med stillaliggande installationsfartyg inom parkområdet, bedöms som lägre. Även konsekvenserna bedöms i de flesta fall vara mindre allvarliga.

Riskreducerande åtgärder i form av tydlig och frekvent information via Ufs och NtMs om att anläggningsarbete pågår förutsätts vidtas. Detta antas ha effekt på merparten av de identifierade farorna. Även åtgärder såsom att området markeras visuellt med bojar utrustade med racon eller radarreflektorer samt att området tydligt definieras och markeras i sjökort, bedöms vara effektiva riskreducerande åtgärder med effekt på de flesta av den identifierade riskerna.

För att begränsa påverkan från bländande belysning från plattformar i närheten av kringliggande fartygsstråk, bör arbetsbelysning på arbetsfartyg och plattformar i möjligaste mån skärmis av mot passerande trafik.

#### **4.1 Korsande trafik under anläggningsfasen**

Fartygen involverade i etableringen av parken rör sig till och från tillverkningshamn eller utskeppningshamn, hamn för lager av material och till och från installationshamn. Installationshamnen är den hamn varifrån persontransporter samt transport av mindre komponenter sker och det är till och från denna hamn som resor sker mest frekvent, med dagliga resor tur och retur. Till största del utgörs denna trafik av besättningsbåtar. Vilka hamnar som kommer att användas är inte fastslaget ännu. Såväl Rønne på Bornholm som Ystad och Trelleborg utgör möjliga alternativ som installations- och slutmonteringshamn. Esbjerg i Danmark och Świnoujście i Polen är möjliga utskeppningshamnar för vindkraftverken.

Som ett "worst case" antas att all fartygstrafik involverad i etableringen kommer att korsa fartygsstråket med högst trafikintensitet, dvs. stråket på den södra sidan av Triton. Detta kan bli fallet om exempelvis Rønne på Bornholm nyttjas som installations- och slutmonteringshamn och om Świnoujście utgör utskeppningshamn. Beroende på hur många vindkraftverk som byggs och dess storlek samt beroende på vilka fartyg som involveras i anläggningsfasen och hur dessa lastas kommer antalet fartygsrörelser till och från parkområdet att förändras. Anläggandet av parken antas ske under ett år tid.

Baserat på antalet fartygsrörelser enligt Tabell 4.1 och med trafikstatistik för fartygsstråket söder om Triton (passagelinje 2) kan sannolikhet för ett scenario där anläggningsfartyg och fartyg på fartygsstråket har korsande kurser uppskattas, se Tabell 4.2. Ett sådant scenario skulle kunna leda till en kollision om inga åtgärder vidtas av fartygen.

Tabell 4.2 Sammanställning av uppskattande beräkningar för korsande kurser mellan anläggningsfartyg och fartyg på stråket söder om Triton.

A: Anläggningsfartyg som korsar fartygsstråk söder om Triton		B: Fartyg på stråk söder om Triton	
Längd (m)	200	Längd (m)	250
Hastighet (knop)	7	Hastighet (knop)	12
Antal passager per år	3 300	Antal passager per år	24 212
A exponerar sig för att bli påseglad av B under sammanlagt (min/år)		3 057	
B exponerar sig för att bli påseglad av A under sammanlagt (min/år)		16 356	
Sannolikhet att B håller korsande kurs mot A (tillfällen/år)		141	
Sannolikhet att A håller korsande kurs mot B (tillfällen/år)		103	
Sammanlagd sannolikhet för korsande kurser mellan A och B (tillfällen/år)		244	

Baserat på beräkningarna i Tabell 4.2 kan en situation där ett anläggningsfartyg och fartyg på stråket söder om Triton har korsande kurser förväntas uppstå cirka 244 gånger under det år som anläggandet sker. Denna sannolikhet skall dock ej förväxlas med sannolikheten för kollision eftersom fartygen i en plats av korsande trafikflöden förutsätts iaktta gällande sjövägsregler och att det väjningsskyldiga fartyget justerar kurs eller fart så att en närsituation undviks. Sedvanliga "causation factors"<sup>10</sup>, dvs. olyckssannolikhet per möte, är i storleksordningen  $10^{-4}$ , vilket skulle innebära en olyckssannolikhet på cirka 0,03 per år.

Bevakningsfartyget samt CTV-fartygen som står för många av passagera antas vara relativt snabbgående och ha god manöverförmåga vilket gör att de antas ha goda förutsättningar att kunna undvika en potentiell kollision med ett fartyg på fartygsstråken. De större installationsfartygen kan dock antas ha sämre förutsättningar att anpassa kurs. Var och när passage över fartygsstråket sker kan också styras med hjälp av "marine coordinator" för att undvika situationer med passager nära andra passerande fartyg.

Åtgärder i form av att definiera en, eller vid behov ett fåtal, enhetliga ruttor där anläggningsfartygen korsar fartygsstråket under rätt vinkel, och på en plats där det finns utrymme för väjningsmanövrar bedöms kunna bidra till att begränsa sannolikheten för en kollision. Genom att eftersträva att korsningarna sker på samma ställe för alla anläggningsfartyg ökar också förutsägbarheten för fartygens trafikmönster och manövrar vilket också kan bidra till att minska sannolikheten för kollisioner.

<sup>10</sup> Med standardinställningar (default) i IWRAP används  $1,3 \cdot 10^{-4}$  som *causation factor* för *crossing collision*

## 5 Riskbedömning driftsfas

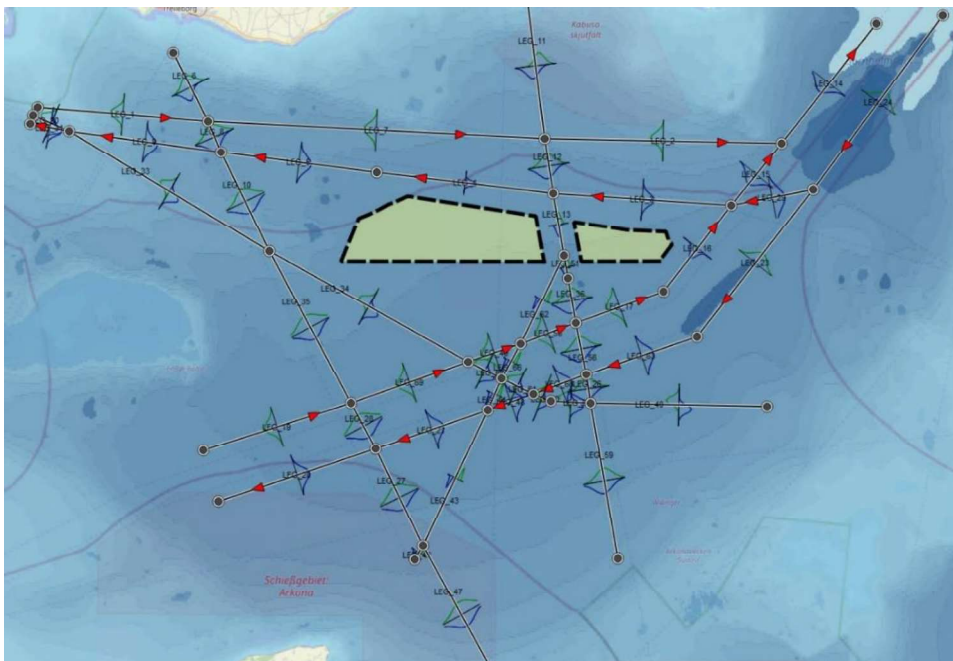
Riskerna bedöms dels baserat på sannolikheten för att ett olycksscenario ska uppstå, dels baserat på hur allvarliga konsekvenser respektive olycksscenario kan antas medföra. Sannolikheten för identifierade risker och olyckshändelser beräknas och kvantifieras där så är möjligt. Hur allvarliga möjliga konsekvenser av respektive olycksscenarioer kan antas bli uppskattas och bedömts kvalitativt på en femgradig skala. I samband med detta göra beaktanden avseende säkerhetsavstånd för undanmanöver och möjligheter till nödankring gjorts. För bedömning av konsekvenserna av interaktion med vindparken genomförs även beräkningar av hur ofta en interaktion med vindparken kan antas medföra en allision med något av verken har genomförts.

### 5.1 Beräkning av grundstötnings-, kollisions- samt allisionssannolikhet

För att bedöma om och hur vindparken kan komma att påverka sannolikheten för grundstötningar och kollisioner mellan fartyg samt för att uppskatta sannolikheten för att fartyg seglar eller driver in i vindparken, används programmet IWRAP Mk2 (*IALA Waterway Risk Assessment Program*).

Baserat på AIS-data modelleras det aktuella området genom att fartygstråk, s.k. *legs*, samt nodpunkter, s.k. *waypoints* definieras för att likna det aktuella sjötrafikmönstret. Stråken går mellan två *waypoints*, och till varje *waypoint* kan flera stråk knytas för att definiera var fartygstråk korsas eller konvergerar. I programmet beräknas, baserat på AIS registreringarna, sedan för varje *leg*, en statistisk fördelning som beskriver hur långt ifrån centrumlinjen fartygen framförs (lateralfördelning).

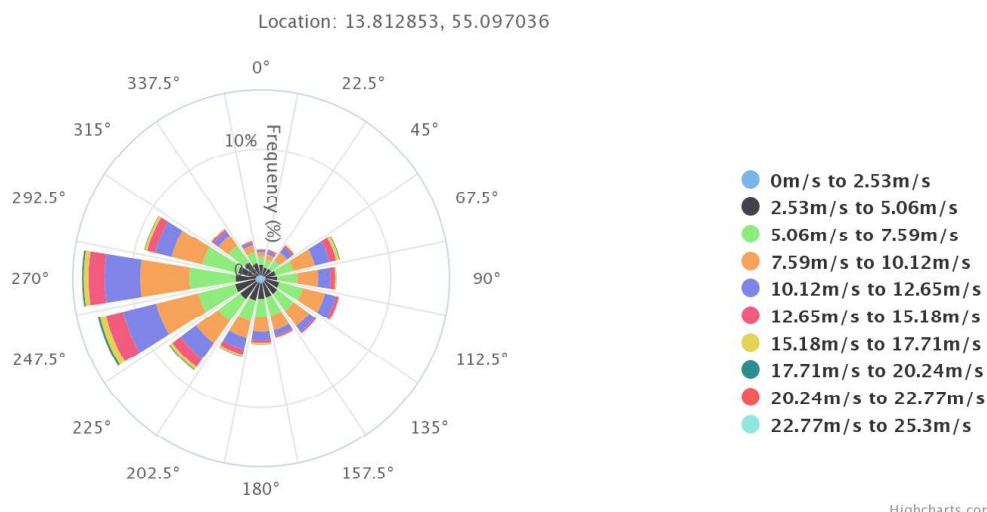
I programmet används AIS-data för att beräkna sannolikheten för kollisioner längs respektive *leg* och vid definierade *waypoints*. Sannolikheten för grundstötningar i fartygsstråkens närområde beräknas också längs definierade djupkurvor och landkonturer. Modellen kompletteras också med en vindpark för att beräkna sannolikheten för allisioner med parken. Figur 5.1 visar IWRAP-modellen som beräkningarna baseras på.



Figur 5.1 IWRAP-modell för beräkning av sannolikhet för grundstötning, kollisioner samt allisioner. För varje leg i modellen visas den laterala fördelningen av trafiken med en grön (västgående trafik) respektive blå (östgående trafik) kurva. På många av de definierade "legsen" går trafiken endast i en riktning. De röda pilarna i figuren indikerar i vilken riktning det saknas trafik.

Vilken riktning ett fartyg kommer att driva påverkas i första hand av vindriktning. IWRAP-modellen har därför kompletterats med sannolikhet för olika driftriktningar baserat på vindstatistik för området. Förhärskande vindriktning i det aktuella området är sydväst – väst, se Figur 5.2, vilket gör att fartyg med blackout i de flesta fall kommer att driva åt nordost-ost.

Global, Met. Parameters (incl. 10m wind) at 0.2 deg., Climate Forecast System  
Reanalysis (CFSR), NCEP NOAA



Figur 5.2 Vindros baserat på vinddata från 2000–2019 för området vid Triton (DHI, 2021).

Förutom de förhärskande vindriktningarna inverkar även strömriktningen på förloppet vid scenarion med *drifting grounding* och *drifting allision*. Havsströmmarnas hastighet är i regel måttlig i de aktuella farvattnen och dess riktning kan variera temporärt beroende på aktuellt väderläge. Inverkan av ström är inte beaktad i de presenterade IWRAP-beräkningarna.

Den matematiska modellen baseras på en probabilistisk modell där geometriska villkor definierar ett antal s.k. kollision-/grundstötningskandidater, dvs. en modell för beräkning av sannolikheten för att fartyg ska gå på grund vid en viss position om en ingen åtgärd vidtas respektive sannolikheten för att två fartyg kolliderar med varandra i en viss *waypoint* eller längs med något av "*legsen*" om ingen åtgärd vidtas av fartygen. Antalet kandidater multipliceras med empiriskt bestämda s.k. *causation factors* som representerar sannolikheten att en farlig kurs, orsakad av tekniska eller mänskliga fel, inte skall korrigeras i tid och därmed leda till kollision eller grundstötning. Olika *causation factors* används för olika typer av kollision- och grundstötningsscenario vilka karaktäriseras enligt nedan:

Kollision (mellan två fartyg) – beroende på var de uppstår kategoriseras som:

*head-on* – kollision mellan mötande fartyg

*overtaking* – kollision vid omkörning i samma fartygsstråk

*crossing* – kollision vid korsande fartygsstråk

*merging* – kollisioner i nodpunkter där fartygsstråk sammanstrålar eller

*bend* – kollisioner i nodpunkter där farleden kröker.

Grundstötning karaktäriseras som antingen:

*Powered grounding* – då fartyget pga. mänskligt fel grundstöter under framdrivning eller

*Drifting grounding* – då fartyget pga. tekniskt fel typ blackout driver på grund utan att framdrivningsmaskineriet är igång.

Allisioner karaktäriseras på motsvarande sätt som grundstötning:

*Powered allision* – då fartyget pga. mänskligt fel seglar in i vindparken under framdrivning eller

*Drifting allision* – då fartyget pga. tekniskt fel typ blackout driver in i vindparken utan att framdrivningsmaskineriet är igång.

De redovisade numeriska värdena för kollision-, grundstöttnings- och allisionssannolikheter är beräknade med de standardvärden (default) som finns för de olika *causation factors* (se avsnitt 8.3). I brist på omfattande registrerad incidentstatistik från det aktuella området har standardvärdena inte justerats för att korrelera med de beräknade resultaten. Detta innebär att redovisade värden inte skall tolkas som absoluta tal, utan endast bör analyseras ur ett jämförande perspektiv för att identifiera eventuella signifikanta skillnader mellan nulägesbildens incidentsannolikheter och de som kan förväntas uppstå när vindparken har etablerats.

Beräkningar genomförs för två olika trafikscenarier.

- Scenario 1 - "base case"  
Nuvarande trafikmönster samt trafikintensitet baserat på AIS-data för 2020.
- Scenario 2 - 2030  
Med en trafikökning på 20 % från dagens trafik/scenario 1.

För respektive trafikscenarion görs beräkningar för totalt fem olika fall;

- *A: Utan vindpark.*  
Utgör ett nollalternativ och beräknas för att kunna jämföra hur olyckssannolikheter påverkas av en etablering. Modellen avser avspejla aktuellt trafikmönster i området.
- *B: Med vindpark och säkerhetsavstånd 500 m från fartygsstråkets ytterkant.*  
Avser fallet när en vindpark har etablerats. Trafikmönstret förändras inte jämfört med fall A
- *C: Med vindpark, säkerhetsavstånd 500 m från fartygsstråkets ytterkant, hopträngning av trafik vid passage nära park*  
I riskidentifieringen identifierades det föreliggande risk att fartygstrafiken som passerar på stråken i direkt närhet till parken kommer att trängas ihop när fler fartyg i dessa stråk väljer en rutt något längre från parken. I beräkningsfall C antas därför fartygstrafiken hålla ett minsta avstånd på 1 M till vindparken. Därmed förskjuts också lateralcentrum för denna trafik bort från vindparken och närmare trafiken i motgående riktning.
- *D: Med vindpark, reducerad utbredning - säkerhetsavstånd 1 000 m från fartygsstråkets ytterkant.*  
Avser fallet när en vindpark har etablerats. Parken i fall D har dock reducerats så att ett minsta avstånd på 1 000 m (jmf 500 m i fall B och C) upprätthålls till de kringliggande fartygsstråkets ytterkant. Trafikmönstret förändras inte jämfört med fall A.
- *E: Med vindpark, reducerad utbredning - säkerhetsavstånd 1 000 m från fartygsstråkets ytterkant, hopträngning av trafik vid passage nära park* (I likhet med fall C)  
Samma utbredning av vindpark som i fall D. I likhet med fall C antas fartygstrafiken som passerar på stråken i direkt närhet till parken trängas ihop när fler fartyg i dessa stråk väljer en rutt något längre från parken. Hopträngningen av trafiken blir dock mindre när vindparken reducerats och ett säkerhetsavstånd på 1 000 m upprätthålls.

### 5.1.1 Resultat

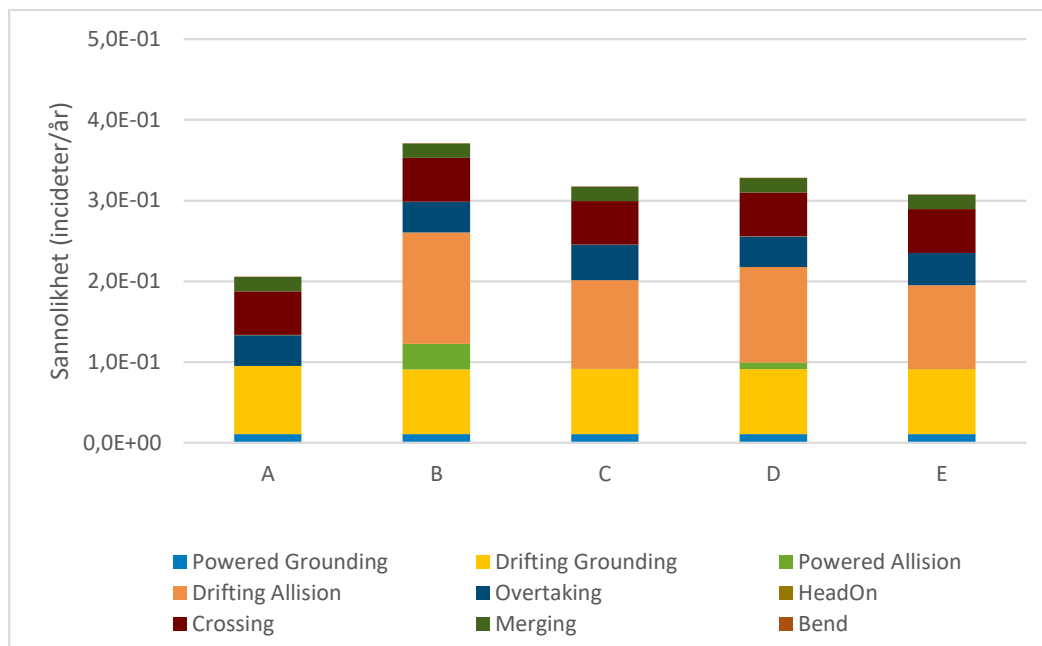
För varje beräkning presenteras sannolikhet för grundstötningar, kollisioner och allisioner med vindparken i tabellform, se Tabell 5.1 - Tabell 5.2. Resultaten illustreras i diagram i Figur 5.3 och Figur 5.4

Tabell 5.1 Beräknade sannolikheter (incidenter/år) för Scenario 1; trafik motsvarande 2020. E anger tiopotensfaktor, exempelvis E-04 = 10<sup>-4</sup>.

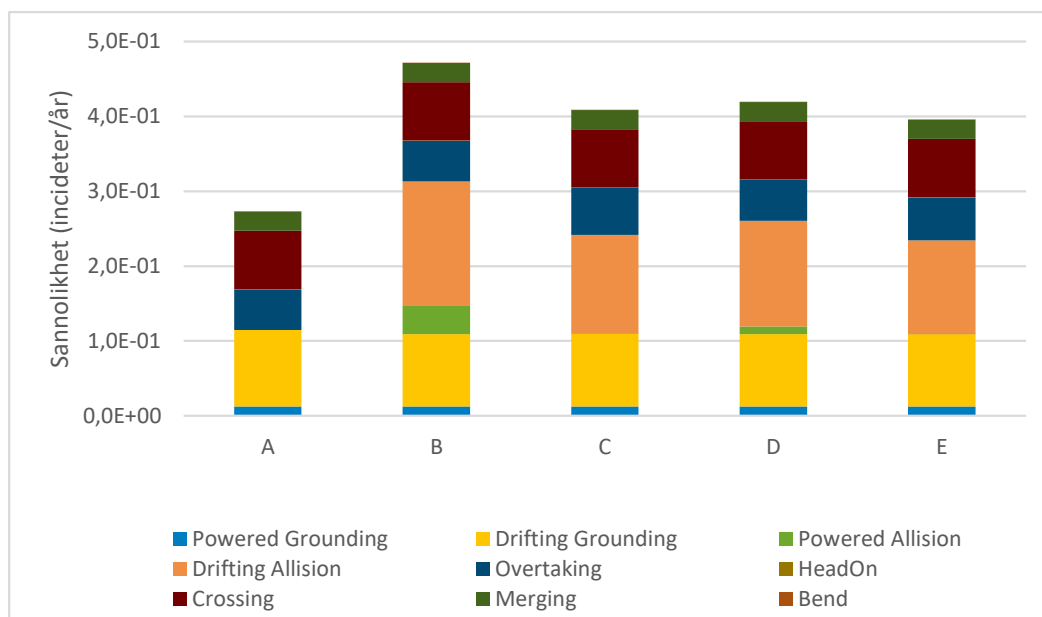
TRAFIKSCENARIO 1	A	B	C	D	E
	Utan park	500 m SA	500 m SA hopträngning	1000 m SA	1000 m SA hopträngning
Powered Grounding	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02
Drifting Grounding	8,5E-02	8,0E-02	8,1E-02	8,1E-02	8,1E-02
<b>Total Groundings</b>	9,5E-02	9,1E-02	9,2E-02	9,1E-02	9,1E-02
Powered Allision	---	3,2E-02	3,5E-06	8,6E-03	5,7E-05
Drifting Allision	---	1,4E-01	1,1E-01	1,2E-01	1,0E-01
<b>Total Allisions</b>	0,0E+00	1,7E-01	1,1E-01	1,3E-01	1,0E-01
Overtaking	3,8E-02	3,8E-02	4,4E-02	3,8E-02	4,0E-02
Head-On	2,9E-04	2,9E-04	3,0E-04	2,9E-04	3,0E-04
Crossing	5,4E-02	5,4E-02	5,4E-02	5,4E-02	5,4E-02
Merging	1,8E-02	1,8E-02	1,8E-02	1,8E-02	1,8E-02
Bend	4,9E-05	4,3E-05	4,3E-05	4,3E-05	4,3E-05
<b>Total Collisions</b>	1,1E-01	1,1E-01	1,2E-01	1,1E-01	1,1E-01
<b>Total Accidents</b>	2,1E-01	3,7E-01	3,2E-01	3,3E-01	3,1E-01

Tabell 5.2 Beräknade sannolikheter (incidenter/år) för Scenario 2; trafik motsvarande 2020 + 20 %. E anger tiopotensfaktor, exempelvis E-04 = 10<sup>-4</sup>.

TRAFIKSCENARIO 2	A	B	C	D	E
	Utan park	500 m SA	500 m SA hopträngning	1000 SA	1000 SA hopträngning
Powered Grounding	1,3E-02	1,3E-02	1,3E-02	1,3E-02	1,3E-02
Drifting Grounding	1,0E-01	9,7E-02	9,7E-02	9,7E-02	9,7E-02
<b>Total Groundings</b>	1,1E-01	1,1E-01	1,1E-01	1,1E-01	1,1E-01
Powered Allision	---	3,8E-02	4,2E-06	1,0E-02	6,9E-05
Drifting Allision	---	1,7E-01	1,3E-01	1,4E-01	1,3E-01
<b>Total Allisions</b>	0,0E+00	2,0E-01	1,3E-01	1,5E-01	1,3E-01
Overtaking	5,5E-02	5,5E-02	6,3E-02	5,5E-02	5,7E-02
Head-On	4,2E-04	4,2E-04	4,3E-04	4,2E-04	4,3E-04
Crossing	7,8E-02	7,8E-02	7,8E-02	7,8E-02	7,8E-02
Merging	2,6E-02	2,6E-02	2,6E-02	2,6E-02	2,6E-02
Bend	6,2E-05	6,2E-05	6,2E-05	6,2E-05	6,2E-05
<b>Total Collisions</b>	1,6E-01	1,6E-01	1,7E-01	1,6E-01	1,6E-01
<b>Total Accidents</b>	2,7E-01	4,7E-01	4,1E-01	4,2E-01	4,0E-01



Figur 5.3 Beräknade sannolikheter för trafikscenario 1.



Figur 5.4 Beräknade sannolikheter för trafikscenario 2.

## 5.2 Uppskattning av sannolikhet för övriga identifierade faror

I samband med Haziden identifierades tre faror vilka inte direkt antas innebära kollision, grundstötning eller allision och därmed inte kan kvantifieras och beräknas med IWRAP.

### 5.2.1 Radarstörningar

Fartyg som passerar nära vindparken riskerar att få radarstörningar. Två olika radartyper används; S-band, som har en våglängd på 10 cm, och X-band som en kortare våglängd, 3 cm. För navigering i tättrafikerade och begränsade områden används X-band mestadels, för bättre upptäckt av det som rör sig i närområdet. S-band är mer av en översiktsradar, men nödvändig för en tidig upptäckt.

När ARPA (*automatic radar plotting systems*) används för att följa radarmål i närheten av en vindpark, exempelvis ett mindre fartyg som passerar genom parken, kan ARPAn tappa sin plot och istället hoppa till ett annat mål, s.k. *"target swap"*. Även möjligheten att följa ett radarmål och få viktiga data om CPA<sup>11</sup> och TCPA<sup>12</sup> går då förlorad. Studier har visat att särskild försiktighet bör iakttas vad gäller pulslängd, val av räckvidd och förstärkning upp till 1,5 M från vindparken för att minimera radarstörningar. Interaktion mellan turbiner och fartygsradar kan generera falska ekon och radarklutter kan då uppstå på samma avstånd från fartyget som vindkraftverket. (PIANC, 2018)

Enligt PIANC kan passage av vindparken på ett avstånd mindre än 1,5 M (2 778 m) göra så att störningar på fartygsradarns S-band uppstår vilket enligt PIANC utgör en medelhög risk eftersom detta kan innebära s.k. *"small target loss"* (PIANC, 2018). Detta kan exempelvis leda till att mindre båtar eller andra mindre hinder inte syns på radarn och därmed upptäcks för sent. Vid passage på ett avstånd mindre än 0,25 M (cirka 500 m) kan även störningar på radarns X-band uppstå vilket kan medföra spökekon, eller så kallade falska ekon, vilket enligt PIANC utgör en mycket hög risk (PIANC, 2018).

Exakt vilka och hur mycket störningseffekter som uppstår beror på flera saker. Troligtvis ger ett ökat avstånd mellan turbiner en mindre påverkan, medan större vindkraftverk troligtvis ger en viss ökning i störningseffekt. Hur mycket störningar som uppstår beror också på var det enskilda fartyget har sin radar placerad (L.S.Rashid, 2007). Vad den faktiska radarstörningseffekten blir i en vindpark med stora vindkraftverk men med ett större avstånd mellan varje vindkraftverk behöver modelleras och studeras för varje enskild park för att kunna fastställas.

Utmed den norra sidan av Triton kan ostgående fartyg komma att passera på ett avstånd om 0,25 M (500 m) vilket då enligt PIANC innebär en mycket hög risk. De flesta fartygen kommer dock att passera längre norr ut i fartygstråket där störningar på X-band inte antas uppstå. Dock kan störningar på S-band uppstå vilket enligt PIANC bedöms som en medelhög risk. Detta skulle kunna leda till svårigheter att upptäcka nordgående fartyg på stråket genom parken, vilket skulle kunna medföra ett scenario med risk för kollision.

Även fartyg på sydvästgående förbi Triton kan vid parkens östra del komma att passera så nära som 0,25 M vilket då innebär en mycket hög risk enligt PIANC. Även i detta fall kan dock de allra flesta fartygen antas passera längre ifrån parken där endast störningar på S-band förväntas, vilket innebär en medelhög risk. Stråket genom vindparken där inga vindkraftverk placeras och där färjetrafiken passerar är cirka 2,5 M bred vilket vid passage i mitten innebär ett avstånd på cirka 1,2 M på var sida till vindkraftverken och därmed en medelhög risk för radarstörningar.

## 5.2.2 Service/underhållsfartyg som korsar de rekommenderade rutterna

Trafik till och från parken med service- och underhållsfartyg förväntas ske dagligen, vilket innebär cirka 700 passager per år. Vilken hamn denna trafik kommer att utgå från är dock inte fastslaget. Om trafiken utgår från en hamn på svenska sydkusten kan denna antas behöva korsa fartygsstråket norr om Triton. Om trafiken istället kommer att utgå från Rönne på Bornholm kommer den behöva korsa fartygsstråket som går på den södra/östra sidan av Triton. Eftersom trafikintensiteten på detta stråk är högre antas detta utgöra *"worst case"* avseende sannolikheten för en kollision mellan service/underhållsfartyg och fartyg som passerar på stråket.

Tabell 5.3 visar sammanställning av antaganden och beräkningar för uppskattning av sannolikheten för ett scenario där service-/underhållsfartyg och fartyg på fartygsstråket är på korsande kurs med varandra.

---

<sup>11</sup> CPA: Closest Point of Approach, det minsta avstånd som de två objekten (fartygen) kommer att ha mellan varandra, mätt radar till radar.

<sup>12</sup> TCPA: Time to Closest Point of Approach, tiden till det tillfälle där fartygen är som närmast varandra.

Tabell 5.3 Sammanställning av uppskattande beräkningar för korsande kurser mellan service-/underhållsfartyg och fartyg på stråket söder/öster om Triton.

A: Servicefartyg som korsar fartygsstråk söder/öster om Triton		B: Fartyg på stråk söder/öster om Triton	
Längd (m)	50	Längd (m)	250
Hastighet (knop)	15	Hastighet (knop)	12
Antal passager per år	700	Antal passager per år	24 212
A exponerar sig för att bli påseglad av B under sammanlagt (min/år)		76	
B exponerar sig för att bli påseglad av A under sammanlagt (min/år)		16 356	
Sannolikhet att B håller korsande kurs mot A (tillfällen/år)		3	
Sannolikhet att A håller korsande kurs mot B (tillfällen/år)		22	
Sammanlagd sannolikhet för korsande kurser mellan A och B (tillfällen/år)		25	

Baserat på beräkningarna i Tabell 5.3 kan en situation där ett service/underhållsfartyg är på kollisionskurs med fartyg på stråket söder om Triton förväntas uppstå 25 gånger per år. Denna sannolikhet skall dock ej förväxlas med sannolikheten för kollision eftersom fartygen i en plats av korsande trafikflöden förutsätts iaktta gällande sjövägsregler och att det väjningsskyldiga fartyget justerar kurs eller fart så att en närsituation undviks. Servicefartygen antas vara relativt snabbgående och ha god manöverförmåga vilket gör att de antas ha goda förutsättningar att kunna undvika en potentiell kollision med ett fartyg på fartygsstråket.

### 5.2.3 Svårigheter att bekämpa ett eventuellt utsläpp

Vindkraftverken kan försvåra framkomligheten och tillgängligheten inom etableringsområdet. Skulle ett utsläpp av olja ske i närheten av det aktuella området kan vindparken därmed medföra svårigheter för Kustbevakningen avseende begränsning av utsläpp och upptagning av olja. Med anledning av den omfattande trafiken i området kring parken och de stora tättrafikerade fartygsstråken norr respektive söder om parken, vilken även omfattar transport av oljeprodukter, kan sannolikheten för ett utsläpp sker i parkens närhet anses vara betydande. I första hand kan ett utsläpp på den västra och södra sidan av Triton antas försvåras av vindparken eftersom den förhärskande vindriktningen sydsydväst-väst gör att oljan i många fall kommer att driva mot parken. Vid ett utsläpp på östra eller norra sidan kommer oljan i de flesta fall att driva mot Bornholm eller den svenska kusten och sannolikheten för att vindparken försvårar bekämpningen är då lägre.

Sannolikheten för att ett större utsläpp sker inom parkområdet bedöms vara mycket liten eftersom parkområdet förutsätts trafikerats främst av service- och underhållsfartyg. Eventuellt kan dock mindre läckage av olja eller andra kemikalier uppstå i samband med underhåll av verken, men komponenter med kemikalier kommer att vara utrustade med uppsamlingskärl eller liknande konstruktioner för att säkerställa att vid en skada på strukturen, kan inget komma ut i havet. Även oljan i växellådan kommer att rymmas så att olja inte kan komma ut, och dieselaggregat kommer att stå på spilltråg.

## 5.3 Uppskattning av konsekvenser

Konsekvenserna vid en kollision mellan fartyg bedöms kunna bli allvarigare än vid en grundstötning eftersom en kollision kan ske med högre relativ hastighet och orsaka större skador på de fartyg som är inblandade, jämfört med grundstötning som i de flesta fall kommer att ske i låg fart. En kollision kan även bland annat leda till ett brandscenario. Fartyget kan också få stora stabilitetsproblem med förlisning som följd. Eventuell bärgning av fartyg som förlist försvåras avsevärt om detta ska göras på djupt vatten efter en kollision jämfört med om detta behöver ske till följd av en grundstötning. Även

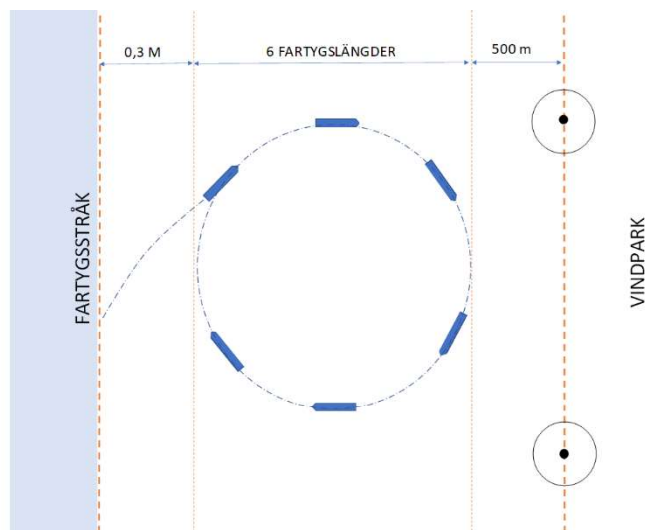
eventuella utsläpp av last eller fartygsbränsle riskerar vanligen att bli större vid en kollision jämfört med vid en grundstötning. Störst konsekvenser kan förväntas uppstå vid en kollision där ett fartyg kör in i sidan av ett annat, vilket kan ske vid s.k. *crossing-*, *merging-* och *bend collision*.

Konsekvenserna för respektive fara kan inte uppskattas kvantitativt, istället har konsekvenserna för respektive fara endast bedömts kvalitativt och på jämförande basis. Dessa bedömningar omfattas av Hazid-protokollet i bilaga 1. Bedömningarna är gjorda på en femgradig skala där konsekvenser i form av kollision har bedömts till 5, grundstötning till 4 och interaktion med vindparken till 3. Avsnitt 5.3.1 - 5.3.3 beskriver aspekter som beaktats vid bedömning av konsekvenser.

### 5.3.1 Säkerhetsavstånd för undanmanöver

Enligt riktlinjer från såväl PIANC (PIANC, 2018) som brittiska MCA (Maritime & Coastguard Agency, 2021) krävs ett avstånd på minst 2 M mellan vindpark och fartygsstråk för att riskerna ska betraktas som låga. I flera länder, bl.a. Nederländerna, Danmark och Storbritannien, baseras riktlinjerna kring säkerhetsavstånd på att fartyg ska kunna uppfylla COLREG och att det därmed ska vara möjligt för fartygen som passerar vindparken att göra en undanmanöver för att undvika en kollision i form av en 360-gradersgir åt styrbord (PIANC, 2018). Erforderligt avstånd för en 360-gradersgir beräknas enligt Figur 5.5 som 0,3 M plus 6 fartyglängder plus 500 m från fartygsstråkets yttre gräns (PIANC, 2018) (NorthSEE Project, 2018).

För de två alternativa utformningarna av parken som har analyserats upprätthålls inte det säkerhetsavstånd mellan vindpark och fartygsstråk som rekommenderas av PIANC och MCA samt Nautical Institute (Nautical Institute & The world ocean council, 2013), vilka har samma angreppssätt för säkerhetsavstånd som de förstnämnda.

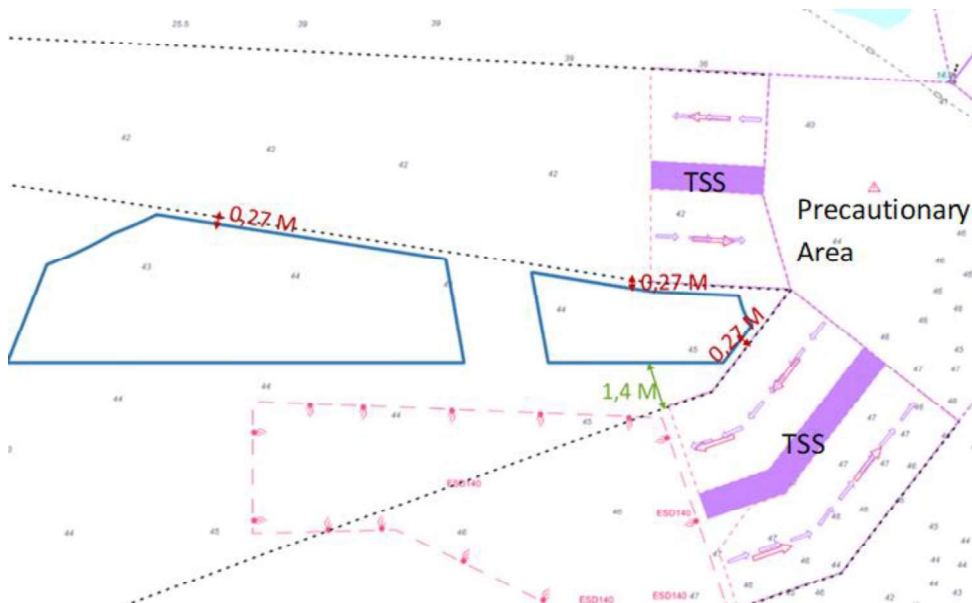


Figur 5.5 Schematisk bild över beräkning av rekommenderat erforderligt avstånd mellan fartygsstråk och vindpark för att möjliggöra en 360-gradersgir. (NorthSEE Project, 2018) (PIANC, 2018)

Ett säkerhetsavstånd som möjliggör en 360°-gir enligt ovan utgör en generell rekommendation men vid utvärdering och fastställande ska även lokala förutsättningar beaktas.

För trafiken på norra sidan om Triton bedöms en fartyglängd om 200 m vara dimensionerande vilket enligt rekommendationerna innebär att det behövs ett avstånd på 2 256 m (cirka 1,2 M) mellan ytterkanten på fartygsstråket och vindparken. För den södra sidan om Triton bedöms en fartyglängd om 250 m vara dimensionerande vilket då innebär avståndet till vindparken behöver vara 2 556 m (cirka 1,4 M) enligt rekommendationerna. Mellan Tritons två parkdelar går primärt färjetrafik med fartyg med en längd på 175 m. Detta innebär enligt PIANCs rekommendationer att ett avstånd mellan ytterkant fartygsstråk och parkområde ska vara 2106 m (cirka 1,1 M).

Utmed den norra delen av Triton är avståndet mellan fartygsstråket och vindparken, såsom den presenteras i basalternativet, betydligt mindre än det rekommenderade, 500 m (0,27 M) i basalternativet jämfört med rekommenderade 2 256 m (1,2 M). Även utmed vindparkens sydöstra sida är avståndet mellan TSS:en och vindparken bara 500 m (0,27 M), och därmed betydligt mindre än det rekommenderade avståndet på 1,4 M för 250 m långa fartyg. Väster om TSS:en på upprätthålls dock ett avstånd på över 1,4 M mellan vindparkens södra sida och fartygsstråket, se Figur 5.6.



Figur 5.6 Avstånd mellan fartygsstråk och vindpark. Utmed den norra samt den sydöstra sidan av Triton är avståndet 500 m (0,27 M). Väster om TSS:en upprätthålls ett avstånd på över det rekommenderade avståndet 1,4 M till vindparkens södra sida.

En 360°-gir antas i första hand kunna utgöra en undanmanöver för att undvika en *head-on collision*, alternativt för att undvika en *crossing* eller *merging collision*. Konsekvensen av att avståndet inte är tillräckligt för en 360°-gir kan eventuellt leda till en kollision om ett fartyg väljer att inte göra en undanmanöver i en situation där två fartyg befinner sig på kollisionskurs. Alternativt kan det leda till att manövern misslyckas och att en kollision därmed inte undviks. Avståndet mellan vindkraftverken i parken kan dock bli relativt stort; som minst 960 m (layout med vindkraftverk på 15 MW) respektive 1 360 m (layout med vindkraftverk på 25 MW), och beroende på var fartyget befinner sig kan det gå att göra en 360-gradersgir genom att nyttja utrymmet mellan verken. En sådan manöver antas dock vara förenad osäkerhet och risker och antas därför endast utgöra en sista utväg för att försöka undvika allvarliga konsekvenser vid en allision med ett vindkraftverk.

Norr om Triton är väst- respektive ostgående trafik tydligt separerad vilket gör att sannolikheten för behov av en undanmanöver för att undvika en *head-on collision* bedöms som liten. Detsamma gäller för trafiken i TSS:en på den sydöstra sidan. Tekniska eller mänskliga fel kan dock föranleda behov av undanmanöver i form av en 360°-gir. Trafiken som passerar mellan parkdelarna, i första hand färjor, är inte tydligt separerad i nord- respektive sydgående vilket gör att situationer där en undanmanöver för att undvika en *head-on collision* kan antas uppstå.

I området öster om Triton, i *Precautionary Area*, förekommer korsande trafik genom att den trafik som kommer från nordost och som ska gå söder om Triton behöver korsa trafiken som kommer västerifrån norr om Triton. Utrymmet för undanmanövrar är litet och parkområdet kan möjligen hindra en återgång till den normala rutten i de fall sydvästgående fartyg har behövt hålla ut sin kurs till styrbord. En 360°-gir i detta läge medför istället en risk för kollision med ostgående trafik.

### 5.3.2 Nödankring

Fartyg som drabbats av blackout och som pga. av rådande vindförhållanden driver mot parken kan, om manöverförmågan inte återfås tillräckligt snabbt, behöva nödankra för att undvika att driva in i parken. Av fartyg som drabbats av blackout kan uppskattningsvis cirka 50 % hinna återfå manöverförmågan inom 15 min (Rasmussen, o.a., 2012). Förutsatt hård vind kan fartyget antas driva med hastighet av 1,5 knop. Nödankring bedöms kunna ske på mindre än 10 min. Baserat på detta krävs då ett avstånd på 463 m för att hinna nödankra.

Möjligheterna till en lyckad nödankring påverkas av vattendjupet och på djup större än 50 m är möjligheterna små. Runt Triton är vattendjupet som minst cirka 40 m. Först dryga 5 M norr om Triton är det något mindre djupt, cirka 30 m. Med tanke på förhärskande vindriktning och riktning på kringliggande fartygsstråk bedöms fartygstrafiken mellan Tritons två parkdelar vara den som främst hade behövt kunna nödankra, men vattendjupet i området är cirka 45 m vilket kan komplicera nödankring. Sammantaget bedöms nödankring i området runt Triton vara relativt svårt.

### 5.3.3 Interaktion med vindpark och allision med vindkraftverk

I de flesta fall kommer en interaktion med vindparken inte innebära en kollision med något av vindkraftverkens torn eftersom dessa bara upptar en liten andel av områdets yta och konsekvenserna för ett sådant scenario bedöms som mindre allvarliga. En kollision med ett av tornen kan dock få allvarliga konsekvenser. Vindkraftstornen antas inte var dimensionerade för att klara den kraft som det skulle innebära om ett stort fartyg driver in i tornet och tornet kan därmed antas ge vika. Detta skulle, i värsta fall, kunna innebära att så väl rotorblad som nacell faller ner och träffar fartyget.

Vindkraftverken kan ha en maximal totalhöjd på 370 m över vattenytan och en rotordiameter på 340 m. Rotorbladens spetsar kommer att nå ner till 30 m ovanför vattenytan. Många av de fartyg som passerar på fartygsstråken runt Triton, med risk att driva in i parken, har ett *airdraft*, dvs. höjd över vattnet, större än 30 m. Om dessa driver nära något av verken och passerar under rotorbladens svepyta kan de därmed skadas.

Ett bulk-/tankfartyg av panamax-, aframax- och suzmaxtyp, vilka är frekventa fartygsstorlekar på stråket sydost om Triton, har ett *airdraft* på cirka 35–40 m. Även mindre tankbåtar, med en längd på cirka 150 m, har en höjd på cirka 30 m. Större och högre fartyg går också i området, ex. Maersks containerfartyg med en längd på 399 m, bredd 59 m och *airdraft* på 58 m. Samma höjd gäller för förekommande kryssningsfartyg med en *airdraft* på 58 m (längd 315 m och bredd 50 m). För att inte riskera att träffas av en rotorbladspets måste, baserat på storleken på de fartyg som trafikerar området, merparten av dessa fartyg passera på ett avstånd större än 100 m. Om ett fartyg kommer in i området kan dock vindkraftverken stoppas och rotorerna försättas i s.k. "*Bunny-ear-position*", dvs. ett blad rakt ner och två snett upp. Fartygen kan då passera närmare vindkraftstornen (under bladen riktade snett uppåt) utan att skadas.

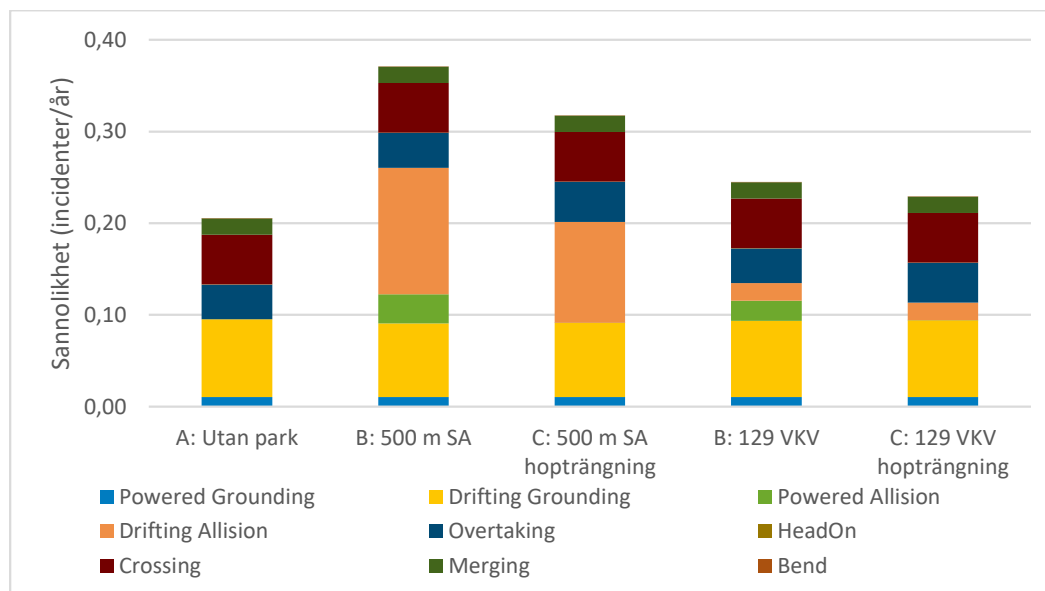
För att uppskatta i hur stor utsträckning en interaktion med vindparken kan innebära en allision med något av verken har kompletterande beräkningar gjorts där parkens utbredning har ersatts med flera små områden med en diameter av 100 m för att modellera enskilda vindkraftverk i parken. Beräkningar har genomförts för en layout med totalt 129 vindkraftverk och utgår från basalalternativet för parkens utbredning, dvs. med ett minsta avstånd på 500 m mellan fartygsstråk och närmaste vindkraftverk. En layout med 129 vindkraftverk bedöms utgöra ett troligt "worst case" avseende nautiska risker. Den slutliga layouten kan komma att bestå av vindkraftverk med en större rotordiameter och därmed ett färre antal verk, vilket medför en något lägre sannolikhet för allision med vindkraftverk.

Beräkningarna har genomförts för trafikscenario 1, dvs. scenariot där trafikintensiteten motsvarar 2020 års nivå. Tabell 5.4 visar resultat av beräkningarna för fallen B och C, dvs. utan respektive med

en hopträngning av trafiken. I jämförande syfte innefattar tabellen även resultaten för samma trafikscenario när vindparkens område modellerats. Figur 5.7 visar en jämförelse av den beräknade totala olyckssannolikheten.

Tabell 5.4 Jämförande av resultat vid modellering av enskilda vindkraftverk (VKV) och parkområdet med trafikscenario 1. I kolumnerna "B 500 SA" och "C 500 m SA, hopträngning" avser allisionssannolikheten för allision med vindpark

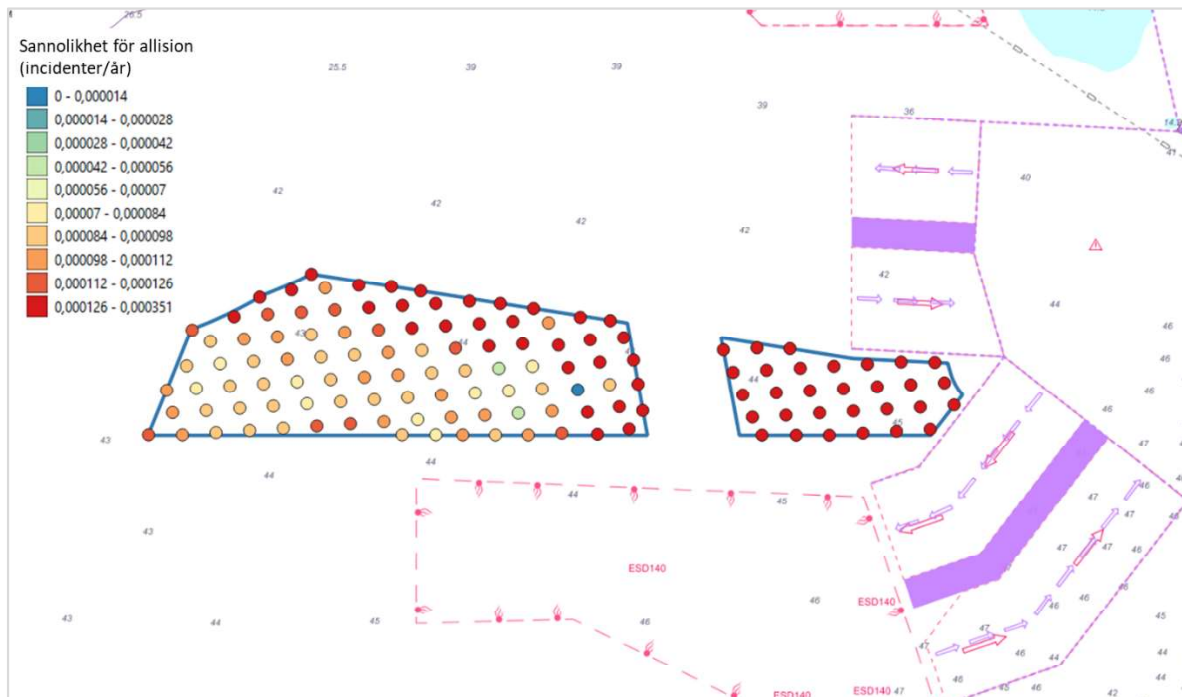
TRAFIKSCENARIO 1	A	B	C	B	C
	Utan park	500 m SA	500 m SA hopträngning	129 VKV	129 VKV hopträngning
Powered Grounding	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02
Drifting Grounding	8,5E-02	8,0E-02	8,1E-02	8,3E-02	8,4E-02
<b>Total Groundings</b>	9,5E-02	9,1E-02	9,2E-02	9,4E-02	9,4E-02
Powered Allision	---	3,2E-02	3,5E-06	2,2E-02	7,9E-06
Drifting Allision	---	1,4E-01	1,1E-01	1,9E-02	1,9E-02
<b>Total Allisions</b>	0,0E+00	1,7E-01	1,1E-01	4,1E-02	1,9E-02
Overtaking	3,8E-02	3,8E-02	4,4E-02	3,8E-02	4,4E-02
HeadOn	2,9E-04	2,9E-04	3,0E-04	2,9E-04	3,0E-04
Crossing	5,4E-02	5,4E-02	5,4E-02	5,4E-02	5,4E-02
Merging	1,8E-02	1,8E-02	1,8E-02	1,8E-02	1,8E-02
Bend	4,9E-05	4,3E-05	4,3E-05	4,9E-05	4,3E-05
<b>Total Collisions</b>	1,1E-01	1,1E-01	1,2E-01	1,1E-01	1,2E-01
<b>Total Accidents</b>	2,1E-01	3,7E-01	3,2E-01	2,5E-01	2,3E-01



Figur 5.7 Jämförande diagram över beräknad total olyckssannolikhet vid modellering av enskilda vindkraftverk (VKV) respektive parkområdet/vindpark med trafikscenario 1.

Av Tabell 5.4 framgår att den totala sannolikheten för en allision i beräkningarna reduceras till en fjärdedel när enskilda vindkraftverk modelleras jämfört med tidigare beräkningar när sannolikheten för allision beräknats baserat på parkområdets utbredning. Baserat på detta kan det antas att fartyg kommer att segla eller driva in i vindparken en gång på cirka sex år, men att en allision med något av

verken i parken kan väntas en gång på cirka 24 år. Figur 5.8 illustrerar med en färgskala sannolikheten för allision vid respektive vindkraftverk för fallet utan hopträngning.

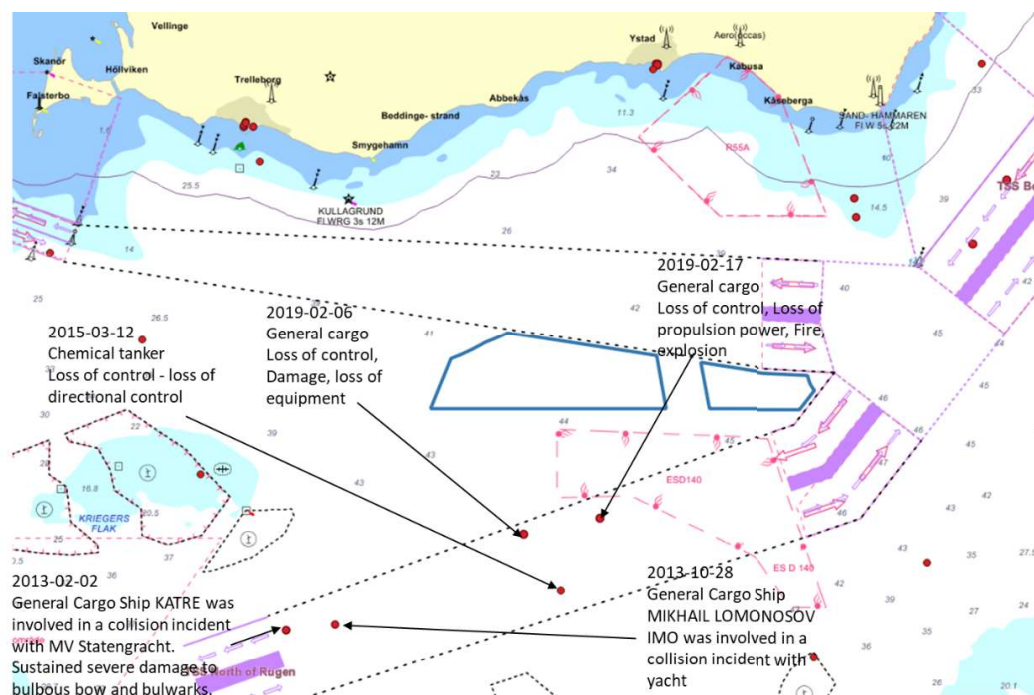


Figur 5.8 Beräknad sannolikhet för allision vid respektive vindkraftverk i parken baserat på en layout med 129 stycken 15 MW-turbiner. Layouten utgår från ett parkområde där ett säkerhetsavstånd på 500 m mellan fartygsstråk och närmaste vindkraftverk upprätthålls. I modellen är vindkraftverken modellerade som cirklar med en diameter på 100 m. För att figuren ska bli enklare att läsa har cirklarna i figuren förstörats.

Vindparken kommer att övervakas och om ett fartyg driver eller seglar in i parken oavsiktligt kan verken stoppas. Ett av bladen kommer då att peka rakt ner vilket gör att fartyget inte riskerar att segla in i eller att träffas av en vingspets. Baserat på detta kan beräkningarna anses konservativa då verken har modellerats till att uppta en yta med diametern 100 m trots att tornet har en diameter på bara cirka 20 m.

## 6 Riskvärdering

Resultaten av IWRAP-beräkningarna visar att i fallen utan vindpark är sannolikheten för en kollision och sannolikheten för en grundstötning ungefär samma; 0,11 incidenter per år respektive 0,095 incidenter per år, dvs kollision och grundstötning kan i det modellerade området förväntas ske cirka 1 gång på 10 år. Olycksstatistik från området visar att det skett två kollisioner under perioden 2015 – 2019 (EMCIP och Sea web), se Figur 6.1. I fartygsstråket söder om Triton finns också tre rapporterade incidenter där fartyg har fått blackout eller tappat manöverförmågan.



Figur 6.1 Rapporterade olyckor i databasen Seaweb för perioden 2010 - 2020 samt EMCIP för perioden 2015–2019.

I beräkningarna minskar sannolikheten för grundstötning något när en vindpark etableras. Detta beror till största delen på att en del av de fartyg som i beräkningar utan vindkraftverk driver långt och går på grund vid, i första hand, svenska sydkusten, nu istället kommer att driva in i vindparken, dvs. en allision sker istället. Skillnaderna i sannolikhet avseende grundstötning för beräkning A, B och C, dvs. utan vindpark, med vindpark respektive med park och hopträngd trafik, är dock väldigt liten.

När vindparken etableras introduceras en ny typ av risk i form av allision. I samtliga trafikscenarier när vindparkens utbredning modelleras är sannolikheten för allisioner betydande för den summerade olycks-/incidentersannolikheten i området. Dock betraktas konsekvenserna av allision med parken som mindre allvarliga eftersom bara cirka en fjärdedel beräknas leda till en allision med något av verken i parken.

Tabell 6.1 visar en sammanställning av beräknade sannolikheter för samtliga beräkningsfall för en vindpark med ett säkerhetsavstånd 500 m. För trafikscenario 1 innebär etableringen en ökning av den summerade sannolikheten med cirka 81 % för fall B och med cirka 55 % för fall C. För trafikscenario 2 är den procentuella ökningen något mindre, 73 respektive 50 %.

Tabell 6.1 Sammanställning av total beräknad sannolikhet för någon typ av olycka eller incident för samtliga beräkningsfall för säkerhetsavstånd 500m.

Trafik-scenario	Beräknings-fall	Sannolikhet grundstötning	Sannolikhet allision	Sannolikhet kollision	Summerad sannolikhet	Ökning jämfört med A (%)
1	A	9,5E-02	---	1,1E-01	2,1E-01	
	B	9,1E-02	1,7E-01	1,1E-01	3,7E-01	81 %
	C	9,2E-02	1,1E-01	1,2E-01	3,2E-01	55 %
2	A	1,1E-01	---	1,6E-01	2,7E-01	
	B	1,1E-01	2,0E-01	1,6E-01	4,7E-01	73 %
	C	1,1E-01	1,3E-01	1,7E-01	4,1E-01	50 %

När allisionssannolikheten istället beräknas genom modellering av 129 vindkraftverk, istället för baserat på parkområdet, blir ökningen av den summerade olycks-/incidentsannolikheten betydligt lägre, 19 % för beräkningsfall B respektive 12 % för fall C i trafikscenario 1, se Tabell 6.2.

Tabell 6.2 Sammanställning av total beräknad sannolikhet för någon typ av olycka eller incident för trafikscenario 1 med säkerhetsavstånd på 500 m när allisionssannolikheten beräknas genom modellering av 129 vindkraftverk (cirklar med diameter 100 m).

Trafik-scenario	Beräknings-fall	Sannolikhet grundstötning	Sannolikhet allision	Sannolikhet kollision	Summerad sannolikhet	Ökning jämfört med A (%)
1	A	9,5E-02	---	1,1E-01	2,1E-01	
	B 129 VKV	9,4E-02	4,1E-02	1,1E-01	2,5E-01	19 %
	C 129 VKV	9,4E-02	1,9E-02	1,2E-01	2,3E-01	12 %
2	A	1,1E-01	---	1,6E-01	2,7E-01	
	B 129 VKV	1,1E-01	4,9E-02	1,6E-01	3,2E-01	17 %
	C 129 VKV	1,1E-01	2,3E-02	1,7E-01	3,0E-01	11 %

När trafiken trängs ihop i beräkningsfall C ökar avståndet mellan trafiken och vindparken, vilket medför att allisionerna vid Triton minskar på grund av att fler av fartygen som driver mot vindparken beräknas hinna få tillbaka sin manöverförmåga alternativt nödankra, även om nödankring bedöms svårt runt Triton, innan allision sker. Vid en jämförelse mellan fall B och C syns att kollisions- och grundstötningssannolikheten ökar vid hopträngning men inte i samma utsträckning som allisionerna minskar.

Det huvudsakliga bidraget till allisionssannolikheten utgörs av sannolikheten för *drifting allision* medan *powered allisions* för de flesta beräkningsfall är marginellt, se Tabell 6.3.

Tabell 6.3 Sammanställning av beräknade sannolikheter för allision med vindparken.

	Scenario 1		Scenario 2	
	B	C	B	C
Powered	3,2E-02	3,5E-06	3,8E-02	4,2E-06
Drifting	1,4E-01	1,1E-01	1,7E-01	1,3E-01
<b>Total Allisions</b>	<b>1,7E-01</b>	<b>1,1E-01</b>	<b>2,0E-01</b>	<b>1,3E-01</b>

Sannolikheten för en kollision är samma för beräkning A och B för respektive trafikscenario, dvs. utan respektive med park. För beräkning C, där trafiken trängs ihop, ökar sannolikheten. För trafikscenario 1 beräkningsfall C kan en kollision förväntas ske en gång på cirka 8,5 år (0,116 incidenter/år) jämfört med en gång på cirka 9 år (0,110 incidenter/år) för beräkning A och B, dvs en ökning på cirka 6 %. Ökningen i det modellerade området kan härröras till en ökad sannolikhet för, i första hand, *overtaking-collision* men även delvis för *head-on-collision*, på de stråk där trafiken antas tryckas ihop när fartygen väljer en rutt något längre ifrån parken.

Sannolikheten för en kollision är också starkt beroende av trafikintensiteten. För trafikscenario 2 där trafiken antas öka med 20 % leder detta till en ökning av kollisionssannolikhet på cirka 45 % jämfört med scenario 1 (0,159 för scenario 2 beräkningsfall A och B, jämfört med 0,110 för scenario 2 beräkningsfall A och B). Baserat på detta kan en trafikökning antas få större påverkan på den totala kollisionssannolikheten i området jämfört med vindparkens påverkan på kollisionssannolikheten.

En sannolikhet för kollision inom området som ligger på 1 gång per cirka 9 år innebär en betydande risk och konsekvenserna av en kollision bedöms som allvarliga. Etableringen av vindparken medför inte några nya punkter där fartygsstråk korsar varandra eller går ihop vilket gör att sannolikheten för såväl *crossing*, *merging* och *bend* inte påverkas av etableringen. Beroende på huruvida, eller i vilken omfattning, vindparken kommer leda till att trafiken trycks ihop kan risken för *overtaking*- och *head-on collisions* påverkas av vindkraftsetableringen.

Tabell 6.4 visar en sammanställning av beräknade sannolikheter för samtliga beräkningsfall för en vindpark med ett säkerhetsavstånd 1 000 m. För trafikscenario 1 innebär etableringen en ökning av den summerade sannolikheten med 60 respektive 50 % för fall D och E. För trafikscenario 2 är den procentuella ökningen något mindre: 54 respektive 45 %.

Tabell 6.4 Sammanställning av total beräknad sannolikhet för någon typ av olycka eller incident för samtliga beräkningsfall för säkerhetsavstånd 1 000 m.

Trafik-scenario	Beräknings-fall	Sannolikhet grundstötning	Sannolikhet allision	Sannolikhet kollision	Summerad sannolikhet	Ökning jämfört med A (%)
1	A	9,5E-02	---	1,1E-01	2,1E-01	
	D	9,1E-02	1,3E-01	1,1E-01	3,3E-01	60 %
	E	9,1E-02	1,0E-01	1,1E-01	3,1E-01	50 %
2	A	1,1E-01	---	1,6E-01	2,7E-01	
	D	1,1E-01	1,5E-01	1,6E-01	4,2E-01	54 %
	E	1,1E-01	1,3E-01	1,6E-01	4,0E-01	45 %

Liksom för basalternativet med 500 m säkerhetsavstånd minskar sannolikheten för en allision när en hopträngning av trafiken modelleras samtidigt som kollisionssannolikheten ökar något. Hopträngningen när fartygen modelleras hålla ett avstånd på 1 M till parken blir dock mindre i fallen med ett säkerhetsavstånd på 1 000 m, jämfört med ett säkerhetsavstånd på 500 m, och ökningen av kollisionssannolikhet är därför mindre.

Jämförelse av allisionssannolikhet visar att det större säkerhetsavståndet på 1 000 m (beräkningsfall D) minskar sannolikheten för *powered allisions* med 73 %. Även *drifting allisions* minskar för beräkningsfall D jämfört med B, se Tabell 6.5.

Tabell 6.5 Jämförelse av allisionssannolikhet för beräkningsfall B och D.

		B	D	Reducering D jämfört B
		500 m SA	1000 m SA	
1	Powered Allision	3,2E-02	8,6E-03	73 %
	Drifting Allision	1,4E-01	1,2E-01	14 %
	<b>Total Allisions</b>	<b>1,7E-01</b>	<b>1,3E-01</b>	<b>26 %</b>
2	Powered Allision	3,8E-02	1,0E-02	73 %
	Drifting Allision	1,7E-01	1,4E-01	15 %
	<b>Total Allisions</b>	<b>2,0E-01</b>	<b>1,5E-01</b>	<b>25 %</b>

## 7 Riskreducerande åtgärder

### 7.1 Ökat avstånd mellan vindparken och fartygsstråken

Många av de identifierade riskerna härrör till att det är ett litet avstånd mellan parken och fartygstrafiken på norra sidan samt på den sydöstra sidan. Basalternativet för parken innebär att avståndet mellan parken och ytterkanten av fartygsstråket på den norra sidan av parken är 500 m. Även på den sydöstra sidan är avståndet till fartygsstråkets ytterkant 500 m.

Den åtgärd som antas innebära störst riskreducerande effekt är ett ökat avstånd mellan vindparken och trafiken på den norra sidan samt trafiken på den sydöstra sidan. Ett större avstånd kan skapas antingen genom en reducering av parkens utbredning, eller genom att fartygsstråken förskjuts bort från vindparken. En förskjutning av fartygsstråket på den norra sidan skulle kunna åstadkommas genom att minska bredden på TSS:en vid Tritons nordöstra hörn. En sådan åtgärd kan dock förväntas öka risken för kollisioner när trafiken trängs ihop.

Med ett större avstånd mellan vindparken och trafiken förbättras möjligheterna för fartyg som drabbats av ett tekniskt fel och driver mot parken att hinna nödankra, vilket medför en lägre sannolikhet för allision. Ett ökat säkerhetsavstånd medför också att sannolikheten för powered allision reduceras. När vindparken ligger på ett större avstånd från fartygsstråken kommer troligen också hoptryckningen av trafiken att reduceras eller utebli, dvs ett trafikmönster enligt fall C är mindre troligt. Därigenom kan denna åtgärd även minska sannolikheten för overtaking collisions.

### 7.2 Övriga identifierade riskreducerande åtgärder

I tillägg till ovan riskreducerande åtgärd i form av ökat avstånd mellan vindparken och fartygsstråken har ytterligare åtgärder identifierats. Tabell 7.1 redovisar åtgärder som kommer att implementeras. Tabell 7.2 redovisar identifierade åtgärder som kan ha riskreducerande effekt och som kan övervägas.

Tabell 7.1 Kravställda riskreducerande åtgärder och åtgärder som planerade att implementeras samt förväntade effekter av dessa åtgärder.

Kravställd/Planerad åtgärd	Förväntad effekt
Driftsfas	
Utmärkning av vindparken sker i enlighet med gällande rekommendationer enligt TSFS 2017:66 (Transportstyrelsen, 2017).	Detta är en förutsättning och har beaktats i genomförd analys. Reducerar sannolikheten för <i>powered allision</i> .
Vindparkens utbredning framgår tydligt i sjökort.	Detta är en förutsättning och har beaktats i genomförd analys. Reducerar sannolikheten för <i>powered allision</i> .
Anläggningsfas	
Information om pågående arbete via Ufs, notice to mariners, utmärkning i sjökort etc.	Medvetenhet om pågående arbeten och ökad beredskap hos förbipasserande fartyg. Reducerar sannolikheten för kollision mellan fartyg på fartygsstråken samt korsande etableringstrafik, samt eventuellt uppehållande arbetsfartyg i området
Aktiv övervakning av området samt "marine coordinator" som koordinerar trafiken till och från etableringsområdet och som kan larma/anropa fartyg i området.	Genom koordinering av trafiken involverad i etableringen kan påverkan på övrig trafik reduceras och sannolikheten för kollisioner minskas.

Tabell 7.2 Identifierade åtgärder som kan ha en riskreducerande effekt.

Möjlig åtgärd	Förväntad effekt
Driftsfas	
Vindkraftverken utmed den norra samt sydöstra sidan placeras på linje parallellt med fartygsstråket.	Möjliggör för trafiken att använda parallellindex och vindkraftverken kan då utgöra navigatorisk hjälp. Kan reducera sannolikheten för <i>powered allsion</i> samt eventuellt minska sannolikheten för kollisioner.
Placering av vindkraftverk i det nordöstra hörnet vid färjetrafikstråket undviks	Förbättrar förutsättningarna för upptäckt av nordgående färjetrafik och ökar utrymmet för undanmanöver för ostgående fartyg. Reducerar konsekvenserna av radarströningar.
Efter idrifttagande kartläggs eventuella radarstörningar i syfte att identifiera och implementera lämpliga åtgärder. Ex. en eller flera extra radaranläggningar	Reducerar konsekvenserna av radarstörningar.
Vindkraftverken utrustas med racon och/eller virtuell AIS.	Verken kan då utgöra alternativa navigationshjälpmedel. Kan förenkla navigation och eventuellt reducera effekterna av radarstörningar. Kan reducera sannolikheten för <i>powered allsion</i> samt eventuellt minska sannolikheten för kollisioner.
Parken fjärrövervakas och vindkraftverken kan stoppas om fartyg driver in i området.	Skador på fartyg från roterade rotorblad kan undvikas. Reducerar konsekvenserna av allsion med vindkraftparken.
Parken och området omkring fjärrövervakas för att möjliggöra upptäckt av fartyg på allisionskurs med vindparken. Möjlighet att larma och ropa upp eventuellt fartyg som håller en kurs som kan leda till <i>powered allsion</i> .	Vindkraftverken kan stoppas för att undvika skador på fartyg från roterade rotorblad. Kan reducera sannolikheten för <i>powered allsion</i> .
Etablera samarbete med Kustbevakningen. Parken är försedd med länsar och annan utrustning för att hantera ett utsläpp.	Minskar konsekvenserna av försvårad bekämpning för kustbevakningen vid ett eventuellt oljeutsläpp i parken.
Anläggningsfas	
Extra utmärkning av området med bojar/specialmärken.	Tydliggör parkområdets gräns och området där arbeten pågår. Reducerar sannolikheten för <i>powered allsion</i> med vindkraftverk under byggnation samt sannolikheten för kollision med arbetsfartyg.
Tillfällig trafikomläggning i samband med kabelförläggning genom fartygsstråk.	Skapa ett säkerhetsavstånd mellan förbipasserande fartygstafrik och fartyg som lägger kabel. Reducerar sannolikheten för kollision.
Arbete i närhet till fartygsstråk sker under särskild övervakning.	Reducerar sannolikheten för <i>powered allsion</i> mellan anläggningsfartyg och fartygs om passerar nära stråkets ytterkant.

Möjlig åtgärd	Förväntad effekt
Korsning av färjetrafikstråk sker med hänsyn till tidtabeller för färjetrafik.	Reducera sannolikheten för <i>powered allision</i> mellan anläggningsfartyg och fartygs om passerar på färjetrafikstråket.
För trafik till och från parken definieras enhetliga ruttor som korsar de stora fartygsstråket under så rät vinkel som möjligt på en plats där det finns utrymme för väjningsmanövrar.	Genom att eftersträva att korsningarna sker på samma ställe ökar förutsägbarheten vad gäller trafikmönster och manövrar. Bidrar till att minska sannolikheten för kollision mellan anläggningsfartyg och fartyg på de stora fartygsstråken.

Effekten av ovan angivna riskreducerande åtgärder och dess potential att minska de identifierade riskerna är svår att bestämma och har inte kunnat kvantifierats. Åtgärder som innebär navigatoriska förbättringar kan minska sannolikheten för *powered allision* samt potentiellt bidra till att minska sannolikheten för kollisioner något. Ingen av åtgärderna i Tabell 7.1 och Tabell 7.2 bedöms dock bidra till att reducera sannolikheten för en *drifting allision*.

## 8 Osäkerhets- och känslighetsanalys

Genomförda beräkningar bygger på flera antaganden och det föreligger flera osäkerheter kring den framtida trafiken och framtida riskbilden.

### 8.1 Framtida trafikintensitet

De flesta prognoser tyder på att fartygstrafiken kommer att öka till 2030. Den antagna trafikprognosen för 2030 med en trafikökning på 20 % jämfört med dagens trafik är dock mycket osäker. Beräkningarna visar samtidigt att trafikintensiteten är av avgörande roll för riskbilden i området, och då i första hand avseende kollisionsrisken. Beräkningsresultaten är känsliga för en ökning av trafik då sannolikheten för en kollision inte är linjär mot trafikintensiteten utan snarare ökar med kvadraten på trafikökningen.

### 8.2 Hopträngning av trafik

Eventuellt kan vindparken komma att medföra att fartygstrafiken som passerar på stråken i direkt närhet till parken kommer att trängas ihop när fler fartyg i dessa stråk väljer en rutt något längre från parken. Detta är tänkt att återspeglas i beräkningsfall C och E där trafikens laterala spridning har minskats och där lateralcentrum för sydvästgående trafik respektive ostgående trafik på de båda stråken har förskjutits åt sydost respektive norr ut. I beräkningsfall C och E gör den modellerade hopträngningen därmed att trafiken passerar på minsta avstånd från parken på 1 M istället för 500 m i fall B respektive 1 000 m i fall D.

Det är dock osäkert huruvida denna anpassning av rutter kommer att ske, och i så fall i vilken grad trafiken kommer att ta en rutt längre bort från parken. Studier av effekter på fartygstrafiken kring vindparker i Storbritannien tyder på en viss påverkan i form av att medelavståndet för passage av ett område ökar efter att etablering av vindkraft skett (Anatec, 2016). Analysen visar bl. a. att efter en etablering av vindpark Humber Gateway minskar andelen fartyg som passerar på ett avstånd mindre än 1 M från området där vindkraft etablerats jämfört med innan etableringen.

Baserat på studien går det dock inte att dra några slutsatser kring hur sannolik en hopträngning i det aktuella fallet med Triton är. Det går inte heller att fastställa vilket avstånd mellan park och fartygsstråk som krävs för att en hopträngning ska kunna anses osannolik.

Om den laterala spridningen minskar än mer än vad som modellerats i fall C och E kommer detta leda till en ökad sannolikhet för *overtaking collision*. Om lateralcentrum förskjuts än mer åt sydost respektive norr antas detta leda till högre sannolikhet för *head-on-collision* eftersom denna trafik då kommer närmare trafiken i motsatt riktning.

Åtgärder i form av att verken i områdets yttre rand är placerade på en rak linje parallellt med stråket, och därmed utgör en tydlig visuell referens och därigenom ett navigatoriskt hjälpmedel, kan eventuellt också minska sannolikheten för en hopträngning.

### 8.3 IWRAP

De genomförda IWRAP-beräkningarna är baserade på förinställda *causation factors*. Beräkningsresultaten är direkt beroende av dessa faktorer och resultaten kommer att variera i direkt proportion till dessa.

I Tabell 8.1 redovisas *causation factors* vilka har använts i genomförda beräkningar.

Tabell 8.1 Förinställda Causation factors i IWRAP vilka har använts i aktuella beräkningar.

	Causation factor
Merging	1,3E-4
Crossing	1,3E-4
Bend	1,3E-4
Head-on	0,5E-4
Overtaking	1,1E-4
Powered grounding	1,6E-4
Powered allision	1,6E-4

För drifting allision och drifting grounding baseras beräkningarna i IWRAP på en blackoutfrekvens på 0,7 per fartygsår för passagerarfartyg samt RoRo-fartyg och på 1,75 per fartygsår för resterande fartygstyper. Beräkningarna innefattar också en Weibullfördelning av *self-repair*-tider för blackout, en faktor andelen lyckade/misslyckade nödankringsförsök (0,7), kriterier för ankring (max djup: 7 gånger fartygets designdjupgående och minsta ankringsavstånd från grund: 3 gånger fartygslängden), samt en funktion för driftriiktning (här justerad för att återspegla lokala vindförhållanden med en förhärskande vindriktning från västsydväst) och medeldrifthastighet (1 knop). Värdena är generella defaultvärden och det kan inte förutsättas vara helt representativa för det aktuella området.

Beräkningar är gjorda i syfte att kunna bedöma potentiell påverkan av vindparken och de beräknade sannolikheterna ska inte betraktas som faktiska värden. Genom att beräkna olyckssannolikheterna med och utan park samt för olika trafikscenarier bedöms det dock möjligt att jämföra olika scenarier och därmed analysera potentiell påverkan av vindparken.

De redovisade sannolikheterna är beräknade för den specificerade modellen. Beroende på hur stort område, och med vilken noggrannhet detta modelleras, kommer sannolikheterna att variera. Med ett större modellerat område hade såväl grundstötnings- som kollisionssannolikheterna blivit högre och vindparkens relativa påverkan hade då blivit mindre.

## 9 Slutsatser och rekommendationer

Det utpekade området för etableringen av Triton ligger mellan tättrafikerade fartygsstråk och gränisar även till en s.k. *Precautionary Area*, i öster där tre stråk möts. Trafiken i området består av flera olika fartygstyper med en övervikt av tank, general cargo, bulk och container till och från Östersjön samt Ro-Ro- och passagerartrafik mellan vindparkens planerade delområden. De identifierade riskerna under såväl anläggningsfas som driftsfas handlar också primärt om etablering av en vindpark på ett relativt litet avstånd från den täta trafiken. Detta gäller främst i området längst i öster mot *Precautionary Area*, men även så väl norr om vindparken som söder om Tritons östra del.

Ett litet avstånd mellan en vindpark och fartygsstråk innebär en risk för radarstörningar. För Triton gäller att norra och sydöstra sidan är riskområden utifrån ett radarstörningsperspektiv. Med ett litet avstånd mellan parken och fartygsstråken begränsas också möjligheterna för fartyg som driver mot parken att hinna nödankra eller hinna återfå manöverförmågan innan interaktion med parken sker. Ett avstånd på 500 m mellan park och fartygsstråkens ytterkant antas också kunna medföra att fartygen väljer en rutt något längre ifrån parken, vilket kan leda till att trafiken trängs ihop och att risken för kollisioner på dessa stråk därmed ökar.

Genomförda IWRAP-beräkningar visar att sannolikheten för grundstötningar inte förändras nämnvärt när parken introduceras. Beräkningarna visar också att en eventuell hopträngning och minskad lateral spridning av trafiken på de tättrafikerade rutterna kan leda till en ökad sannolikhet för *overtaking collisions*. Det råder dock stor osäkerhet om hur stor hopträngning som är att vänta, den modellerade hopträngningen är stor och beräkningarna kan därmed anses konservativa.

Med anledning av den omfattande trafiken i området och de tättrafikerade rutterna är sannolikheten för en kollision i det modellerade området relativt hög även utan införandet av en vindpark. I trafikscenario 1, nuläget, innebär införandet av vindparken, och den antagna hopträngningen av trafiken, en ökning av kollisionssannolikhet på knappt 6 % i det modellerade området. Kollisionssannolikheten är dock starkt beroende på trafikintensiteten och en eventuell trafikökning i området på 20 % beräknas leda till att kollisionssannolikheten ökar med cirka 44 % i fallet utan vindpark.

Etableringen av vindparken innebär att en ny typ av fara introduceras, allision med vindparken, vilket leder till att den sammanlagda sannolikheten för en incident eller olycka ökar väsentligt. Beräkningarna visar dock att endast i en fjärdedel av fallen med en interaktion med parken kommer detta leda till en faktisk allision med något av verken. Jämförelse av de olika alternativen för parkens utbredning, som innebär 500 m respektive 1 000 m mellan park och fartygsstråk, visar att ett det större avståndet minskar sannolikheten för en allision med cirka 25 %. Utöver minskad sannolikhet för allision bedöms det större avståndet också bidra till att minska risken för radarstörningar. Med ett säkerhetsavstånd på 1 000 m bedöms även sannolikheten för att en hopträngning av trafiken ska uppstå som lägre.

Både basalternativet för parkens utbredning som innebär ett säkerhetsavstånd på 500 m och alternativet med en reducerad park som ger 1 000 m säkerhetsavstånd mellan parken och fartygsstråkens ytterkant innebär stora avsteg från PIANCs riktlinjer avseende säkerhetsavstånd. Alternativen medger inte utrymme för fartygen på stråken i norr och sydost att göra en undanmanöver i form av en 360-gradersgir, vilket enligt flera internationella riktlinjer bör beaktas vid fastställande av säkerhetsavstånd. Trafikintensiteten är hög i de riksintresseklassade farledsstråken norr och söder om det föreslagna parkområdet. Öster om området, där fartygsstråken sammanstrålar och som sedan 2005 utgör en *Precautionary Area*, är trafiksituationen särskilt komplex. Tillsammans med det korsande färjetrafikstråket gör detta det föreslagna etableringsområdet särskilt känsligt med avseende på säkerhetsavstånd och övriga riskreducerande åtgärder.

Även anläggningsfasen innebär tillkommande trafik i området som troligen kommer behöva korsa ett av fartygsstråken. Under tiden då installations- och arbetsfartyg förväntas trafikera området finns risk för kollisioner och åtgärder i form av övervakning, styrning och koordinering av trafiken bör därför vidtas. Vederbörlig information ska också gå ut till förbipasserande fartyg via etablerade kanaler.

Sammantaget bedöms Triton innebära att de nautiska riskerna i området ökar, i första hand på grund av den risk för allisioner som vindparken medför. Riskreducerande åtgärder föreslås utformas i samråd med sjöfartsmyndigheter.

## 10 Referenser

- Anatec. (2016). *Influence of UK Offshore Wind Farm Installation on Commercial Vessel Navigation: A Review*. Anatec.
- DHI. (den 10 Mars 2021). *Metocean Data Portal*. Hämtat från Global, Met. Parameters (incl. 10m wind) at 0.2 deg., Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), NCEP NOAA:  
<https://www.metocean-on-demand.com/#/main>
- Government of the Netherlands, T. M. (2014). *White Paper on Offshore Wind Energy, Partial review of the National Water Plan Holland Coast and area north of the Wadden Islands*. The Ministry of Infrastructure and Environment, The Ministry of Economic Affairs.
- L.S.Rashid. (2007). *IMPACT MODELLING OF WIND FARMS ON MARINE* . MACS Engineering Research Group.
- Maritime & Coastguard Agency. (2021). *MGN 654 (M+F) Safety of Navigation: Offshore Renewable Energy Installations (OREIs) - Guidance on UK Navigational Practice, Safety and Emergency Response*. Maritime & Coastguard Agency.
- Nautical Institute & The world ocean council . (2013). *The shipping Industry and marine spatial planning - A professional approach* . Nautical Institute & The world ocean council .
- NorthSEE Project. (2018). *Improving the co-existence of Offshore Energy Installations & Shipping*. Interreg North Sea region.
- PIANC. (2018). *MarCom WG Report n° 161 - 2018, Interaction between offshore wind farms and maritime navigation*. PIANC The World Association for Waterborne Transport Infrastructure.
- Transportstyrelsen. (2017). *TSFS 2017:66 Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om utmärkning till sjöss med sjösäkerhetsanordningar*.
- UNCTAD. (2020). *Review of Maritime Transport 2020*. Geneva: United Nations.