
RESUMÉ RAPPORT

ENERGI E2

Sejladsrisikovurdering for Horns Rev 2


MARTS 2006



REPORT No. 643233- RES – 01

REVISION No. 1

DET NORSKE VERITAS

RESUMÉ RAPPORT

Dato for første udgivelse: 2006-03-09	Projekt No.: 643233	DET NORSKE VERITAS DANMARK A/S Region Nordic Countries Tuborg Parkvej 8 2900 Hellerup Denmark Tel: +45 39 45 48 00 Fax: +45 39 45 48 01 http://www.dnv.com Org. No. 65549 VAT
Godkendt af: Sven Johansen 	Organisatorisk enhed: Wind Turbine Projects	
Kunde: Energi E2	Kunde ref.: Mr. Steffen Andersen Ms. Pernille Holm Skyt	
<p>Forord:</p> <p>Denne rapport er en dansk resumé rapport for den tekniske risikovurdering for sejladsikkerhed i forbindelse med vindmølleparken Horns Rev 2. En mere detaljeret gennemgang kan findes i hovedrapporten "Navigational Risk Assessment Wind Farm Horns Rev 2" Doc. No. 643233- REP – 01, dateret 09.03.2006.</p> <p>Kollisionsfrekvensen i driftfasen er for den nordlige placering fundet til $4.3 \cdot 10^{-3}$ pr. år, svarende til en returperiode på 230 år. For den sydlige placering er den årlige kollisionsfrekvens fundet til $1.2 \cdot 10^{-2}$ svarende til en returperiode på 84 år.</p> <p>For konstruktionsfasen (kollisioner relateret til installation af parken) er den maksimale årlige skib-skib kollisionsfrekvens fundet til $1.7 \cdot 10^{-2}$, hvilket svarer til en returperiode på 60 år. Frekvensen er meget usikker og afhænger af, hvordan installationsfartøjerne er kontrolleret og styret.</p> <p>For at kunne sammenholde ovenstående frekvenser med den daglige risiko i området, er skibs-skibs kollisionsfrekvensen i området omkring Horns Rev evalueret for et område på 80 km x 95 km². Returperioden er her fundet til 40 år, og risikoen for en skib-skib kollision i området er derved større end en skib-mølle kollision. Dette skyldes selvfølgelig i høj grad størrelsen af det undersøgte område. Som en grov verifikation er de fundne kollisions frekvenser sammenholdt med de faktiske hændelser i området over de sidste 10 år. Af de faktiske data fremgår det, at der ikke har været hændelser i vindpark området i denne periode.</p> <p>Baseret på nærværende analyse med fokus på sejladsikkerhed anbefaler vi, at den nordlige placering vælges til mølleparken.</p>		

Rapport No.: 643233- RES – 01	Målgruppe:	
Rapport titel: Sejladrisikovurdering for Horns REV 2 Marts 2006		
Arbejde udført af: Claus Fridtjof Christensen 		
Arbejde verificeret af: Tove Feld 		
Dato for denne revision:	Rev. No.: 1	Antal sider: 11

- No distribution without permission from the client or responsible organisational unit, i.e. free distribution within DNV after 3 years
- Strictly confidential
- Unrestricted distribution

<i>Indholdsfortegnelse</i>	<i>Side</i>
1 INTRODUKSION	1
2 KONKLUSION	2
3 BESKRIVELSE AF MØLLEPARKEN OG MILJØFORHOLD	4
3.1 Miljøforhold i park området	4
3.2 Mølleparken	4
4 SEJLRUTER OG SKIBSTRAFIK	6
4.1 Skibskollisionsmodellen	8
5 KOLLISIONSFREKVENSER	9
5.1 Installationsfasen	9
5.2 Driftfasen	9
6 RISKOREDUCERENDE TILTAG	11
7 REFERENSER	12

RESUMÉ RAPPORT

1 INTRODUKSION

Nærværende resumé rapport omhandler sejladsrisikovurderingen for en ny vindmøllepark ved Horns Rev. Parken hedder Horns Rev 2 og ligger vest for den allerede eksisterende vindmøllepark Horns Rev 1.

En detaljeret risikovurdering er udført for to mulige placeringer af vindmølleparken. Analysen dækker både operationsfasen og installationsfasen. De to lokaliteter er betegnet “Nord” og “Syd” i det følgende. En detaljeret gennemgang kan findes i hovedrapporten “Navigational Risk Assessment Wind Farm Horns Rev 2” ref. /1/.

Risikovurdering er baseret på anerkendte matematiske modeller, som typisk anvendes til sådanne analyser, hvor de anvendte modelparametre er baseret på historiske (statistiske) data. Resultatet af risikoanalysen er derfor estimerer som eksempelvis den gennemsnitlige tid mellem to kollisioner.

Via den stokastiske model kan de forskellige usikkerheder kvantificeres og den tilhørende usikkerhed medtages. Risikoanalysen bidrager derfor til en rationel beslutningsproces, som i denne analyse bruges til at bestemme den bedste lokalitet til mølleparken med hensyn til sejladsikkerhed.

Analysen omhandler følgende emner:

- En evaluering af skib-skib kollisionsrisikoen under installationsfasen og skib-mølle kollision i produktionsfasen.
- En identificering af mulige risikoreducerende tiltag, som eventuelt kan blive implementeret.

For at evaluere kollisionsrisikoen er skibstrafikken omkring Horns Rev identificeret. Dette betyder, at sejlruiter og skibenes fordeling efter størrelse og skibstype er bestemt for hver sejlroute.

Området omkring Horns Rev er forholdsvis barsk med hensyn til vind og bølger, og antallet af lystbåde er derfor yderst begrænset. Da denne type skibe ikke medfører en stor miljørisiko (olie udslip eller lignede), og de ikke er i stand til at beskadige møllerne, er de ikke medtaget i analysen.

Skibe dækket af SOLAS (Safety Of Life At Sea, større end 500 BT) eller skibe udrustet med AIS er medtaget, samt alle fiskeskibe større end 5 BT. Alle fiskeskibe er antaget at følge de identificerede ruter ud i Nordsøen, hvilket er konservativt eftersom disse ruter passerer forholdsvis tæt på den foreslåede møllepark. Det skal dog bemærkes, at antallet af fiskeskibe registreret i Esbjerg havn er faldet fra 85 i 2002 til 44 i 2005, og antallet af fiskefartøjer forventes fortsat at falde. Fiskefartøjerne er derfor af begrænset betydning.

Med udgangspunkt i de identificerede sejlruiter med tilhørende skibstrafik og modelparametre, er skib-skib og skib-mølle kollisionsfrekvenserne bestemt.

Endelig er forskellige mulige risikoreducerende tiltag identificeret. Disse kan implementeres, hvis risikoen er for høj, eller hvis de tilhørende omkostninger for at indføre det pågældende tiltag er begrænset.

RESUMÉ RAPPORT

2 KONKLUSION

De fundne kollisionsfrekvenser for de to mulige placeringer af vindmølleparken for driftfasen er samlet i Tabel 2-1 nedenfor.

Årlig kollisionsfrekvens og tilhørende retur periode	Direkte påsejling (Menneskelig fejl)	Sideværs collision (Drivende skib)	Total frekvens
Placering "Nord"	$1.2 \cdot 10^{-3} / 820$	$3.1 \cdot 10^{-3} / 320$	$4.3 \cdot 10^{-3} / 230$
Placering "Syd"	$7.1 \cdot 10^{-3} / 140$	$4.9 \cdot 10^{-3} / 205$	$1.2 \cdot 10^{-2} / 84$

Tabel 2-1: Årlig kollisionsfrekvens og den tilhørende returperiode for de to mulige placeringer af mølleparken for driftfasen

Af ovenstående resultater fremgår det, at den nordlige placering har den laveste kollisionsfrekvens. Dette skyldes hovedsagelig, at den nordlige placeringens vestligste kant ligger mere mod øst end den yderste spids af Horns Rev. Da de nord-sydgående skibe er tvunget til at passere vest om spidsen af revet, bliver afstanden til den nordlige placering af mølleparken derfor større.

For installationsfasen er den årlige frekvens for en skib-skib kollision for installationsfartøjerne fundet ca. $1.7 \cdot 10^{-2}$ svarende til en returperiode på 60 år. Dette tal er meget usikkert og vil afhænge af, hvordan installationsfartøjerne er håndteret og styret, og om der er fast navigationskanal osv.

Som en overordnet sammenligning er skib-skib kollisioner i et område omkring Horns Rev på ca. 80 km x 95 km evalueret, og returperioden er her fundet til ca. 40 år. Af dette fremgår det, at risikoen for en skib-skib kollision i området er betydeligt højere end sandsynligheden for en skib-mølle kollision.

Indflydelsen fra Horns Rev 1 mølleparken på Horns Rev 2 er fundet til at være ubetydelig. Dette skyldes, at de to parker ligger på hver sin side af revet. Til gengæld har revet en stor positiv indflydelse på begge mølleparker.

Vindmølleparken Horns Rev 2's indflydelse på radar og kommunikationsudstyr er evalueret på baggrund af et studie udført på vegne af Maritime and Coastguard Agency (MCA) i England.

På baggrund af dette studie er det evalueret, at Horns Rev 2 ikke vil påvirke GPS (Global Positioning System), magnetiske kompas eller VHF radio eller mobil telefoner.

Af studiet fremgår det, at møller kan påvirke radaren i form af skyggebilleder eller blinde områder, hvis skibene er meget tæt på parken eller inde i parken. For den nordlige placering er det evalueret, at påvirkning af radar er uden betydning, da den nord-syd gående trafik mødes med den øst-vest gående trafik mere en 5 sømil fra parkens syd-vestligste punkt. Dette skyldes at skibene må sejle uden om spidsen af Horns Rev.

For placeringen "Syd" der ligger længere mod vest og dermed tættere på den nord-syd gående trafik er der måske mulighed for påvirkning af skibsradar. Parkens udformning er dog buet i denne retning, hvorved de nødvendige kursændringer bliver mindre således at den nødvendige reaktionstid ved en mødesituation reduceres. En eventuel radar påvirkning skønnes derfor ikke, at

RESUMÉ RAPPORT

øge risikoen for skibs-skibs kollisioner ved parken. Hvis den sydlige placerings vælges, anbefales det dog, at undersøge de mulige radarpåvirkninger nærmere.

Det skal understreges, at de evaluerede kollisionsfrekvenser er defineret som alvorlige kollisioner, hvor alvorligt betyder, at skibet eller møllen skal repareres efter kollisionen. Herudover skal det bemærkes, at kollisionsenergien for et sideværtsdrivende skib typisk vil være mindre end ved en direkte påsejling på grund af den lavere hastighed. Skaderne i forbindelse med en kollision fra et drivende skib vil derfor typisk være mindre. I forbindelse med miljøkonsekvenser skal det dog siges, at en direkte påsejling sjældent medføre olieudslip, da brændstoftankene ikke ligger forrest i skibet.

Konsekvenserne ved en kollision er ikke evalueret i nærværende analyse. Konsekvensen vil være mere usikker end kollisionsfrekvensen, og det vil afhænge om fokus er på personsikkerhed eller eksempelvis miljøpåvirkning. Det skal dog bemærkes, at statistik fra kollisioner i danske farvande viser, at kun ca. hver 10. kollision medfører olieudslip, og personskade sker formentlig endnu sjældnere. Vi mener derfor, at de fundne kollisionsfrekvenser er acceptable.

Baseret på nærværende analyse med fokus på sejladsikkerhed anbefaler vi at den nordlige placering vælges til mølleparken.

3 BESKRIVELSE AF MØLLEPARKEN OG MILJØFORHOLD

3.1 Miljøforhold i park området

De specifikke miljø forhold i området er beskrevet i hovedrapporten, ref. /1/.

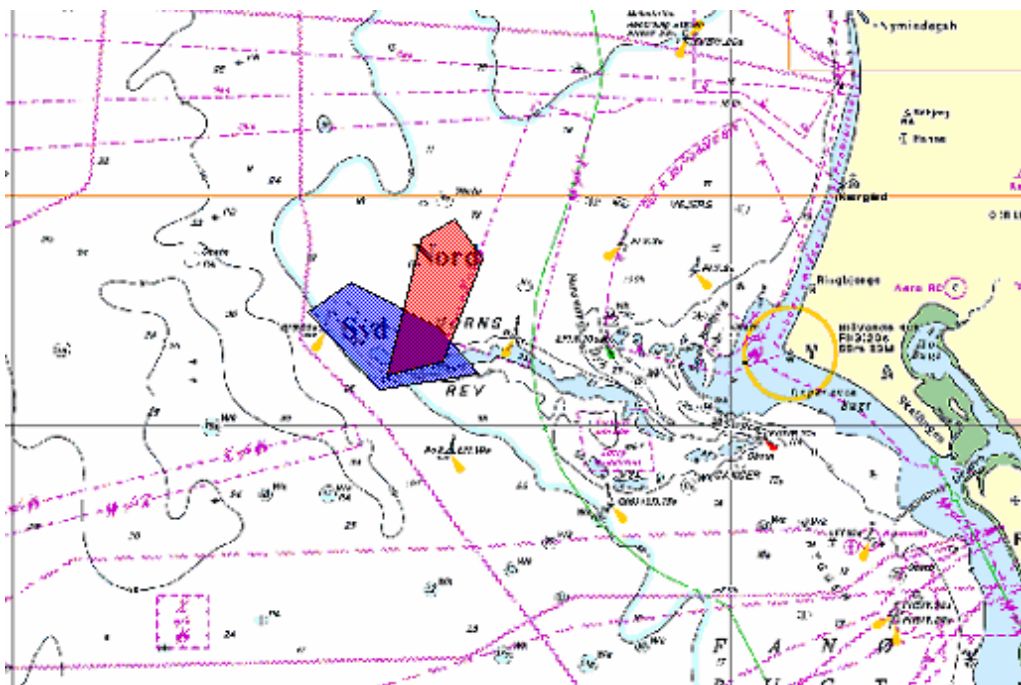
For analysen er vinden den dominerende faktor, eftersom drivhastigheden regnes fuldt korreleret til denne. Strømmen er hovedsageligt tidevandsdomineret og vil derfor vende fra maksimum til maksimum i løbet af 12 timer. For længerevarende drivtider vil den derfor udjævnes og er således ikke taget i regning.

Sigtbarhed indgår i analysen, da lav sigtbarhed betyder, at de bruger radar, og der er en vis sandsynlighed for en radarfejl. Antallet af dage med lav sigtbarhed er fundet til 20 dage om året for området omkring Horns Rev.

Vanddybden i området varierer lidt i de to områder. Vanddybden er størst for den sydlige placering og varierer mellem 3.5 og 20 m, mens vanddybden for den nordlige placering er lidt mindre og varierer mellem 4 og 17 meter.

3.2 Mølleparken

De to mulige placeringer af mølleparken ligger omkring den ydre del af Horns Rev. For placeringen betegnet "Syd" er udstrækningen størst i revets længderetning, mens placeringen betegnet "Nord" er størst i nord-syd retningen. Afstanden fra mølleparken til Blåvand er ca. 31 km. De to placeringer er vist i Figur 3-1.

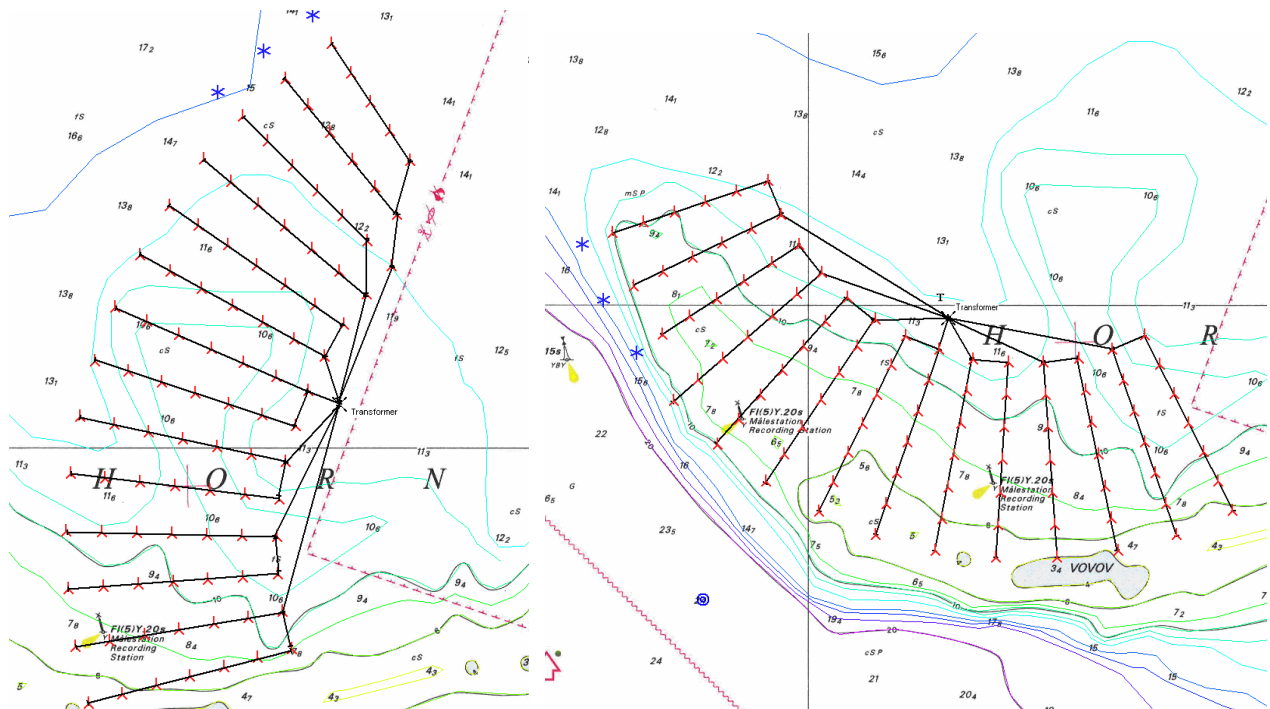


Figur 3-1: De to placeringer af mølleparken

RESUMÉ RAPPORT

Mølleparken består af 92 møller plus 3 ekstra forsøgmøller samt en transformer station. Den forventede møllehøjde er antaget til ca. 120m og diameteren af fundamentet til ca. 10 m. Transformermodulet er antaget at være 25 x 25 m.

Konfigurationen af mølleparken ved de to placeringer er vist i Figur 3-2



Figur 3-2: Park konfiguration for de to placeringer. Venstre: “Nord” og højre: “Syd”

RESUMÉ RAPPORT

4 SEJLRUTER OG SKIBSTRAFIK

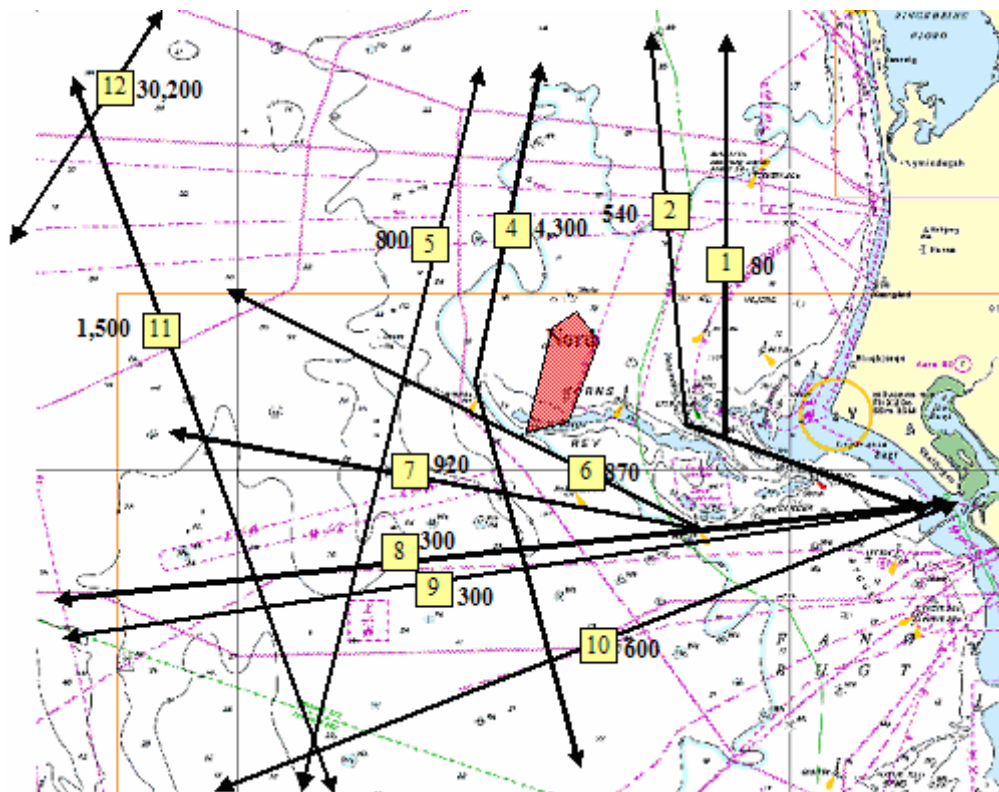
På baggrund af AIS plot for området samt informationer fra havne, Dover strait og Wasser und Schifffahrts Direktion (WSD) i Tyskland er sejlruiter og den tilhørende fordeling af skibstype og størrelse estimeret for området omkring Horns Rev 2.

Skibstrafikken består hovedsagelig af nord-syd eller sydvest-nordøst gående skibstrafik samt trafik ind og ud af Esbjerg havn.

De identificerede sejlruiter vil påvirkes en lille smule afhængig af om Nord eller Syd placeringen vælges, og kollisionsfrekvensen for den givne placering er derfor bestemt for det tilhørende billede af skibstrafikken. De to trafikbilleder er vist i Figur 4-1 og Figur 4-2 og det kan ses, at forskellene er begrænsede.

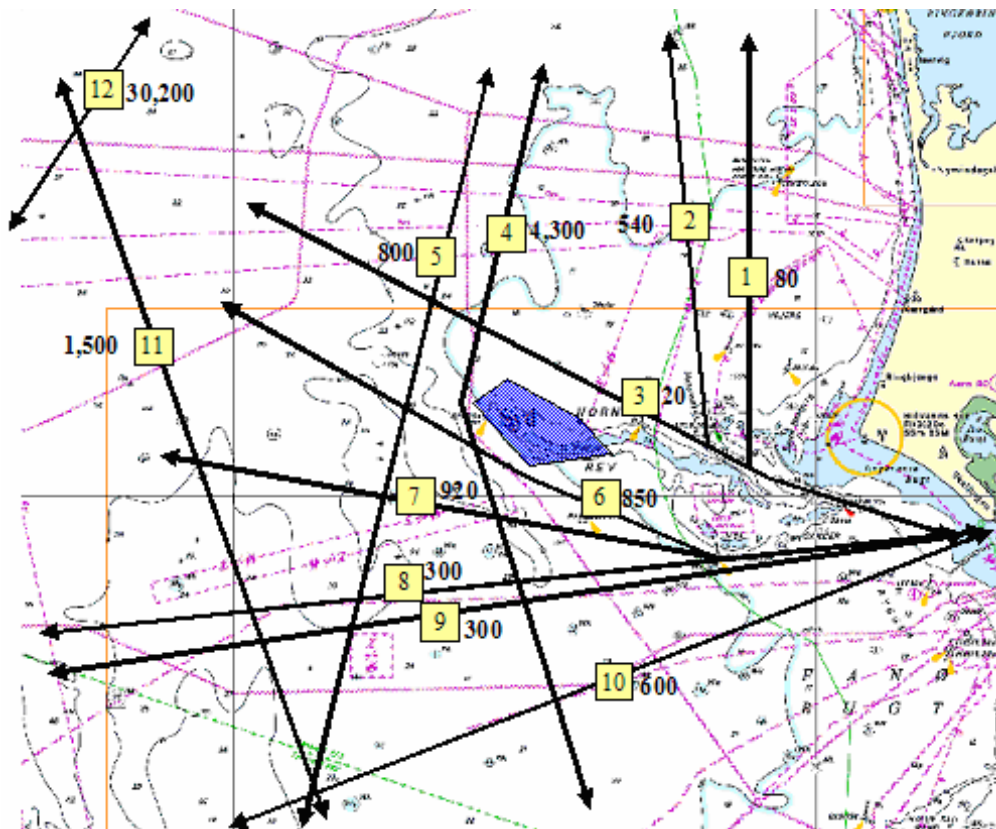
Hvis den nordlige placering vælges, så er det antaget, at rute 3, som tidligere passerede igennem området vil forsvinde. Den årlige skibstrafik her er dog kun 20 skibe så betydningen er begrænset.

Hvis den sydlige placering vælges, vil rute 6 og rute 4 blive skubbet mod vest og syd, så de passerer mølleparken med en afstand på 1 sømil.



Figur 4-1: Skibsruter med årlig antal skibe for placering “Nord”

RESUMÉ RAPPORT



Figur 4-2: Skibsruter med årlig antal skibe for placering “Syd”

I den i Figur 4-1 og Figur 4-2 angivne årlige skibstrafik er fiskeskibe medtaget. Det er konservativt antaget, at 1100 fiskeskibe om året følger ruterne fra Esbjerg ud langs Horns Rev.

De præcise koordinater for de forskellige ruter tilhørende fordelingen af skibstrafikken vinkelret på den ideelle sejlroute og fordelingen af skibsstørrelse og type kan findes i hovedrapporten ref. /1/.

Skibstyperne er inddelt i 6 grupper. Disse er:

- Tankere
- Kemikalie tanker
- Færger og Ro/Ro skibe
- Supplyskibe
- Fiskeskibe
- Alle andre (dette er hovedsagelig stykgods og containerskibe)

Årsagen til denne inddeling er, at konsekvenserne er typisk store for de første to grupper. Færger og supplyskibe har typisk mere end et fremdriftsmaskineri og sejler lidt hurtigere, og endelig er fiske- og supplyskibe taget ud, da de typisk kender området godt og derfor sejler tættere på revet og mølleparken.

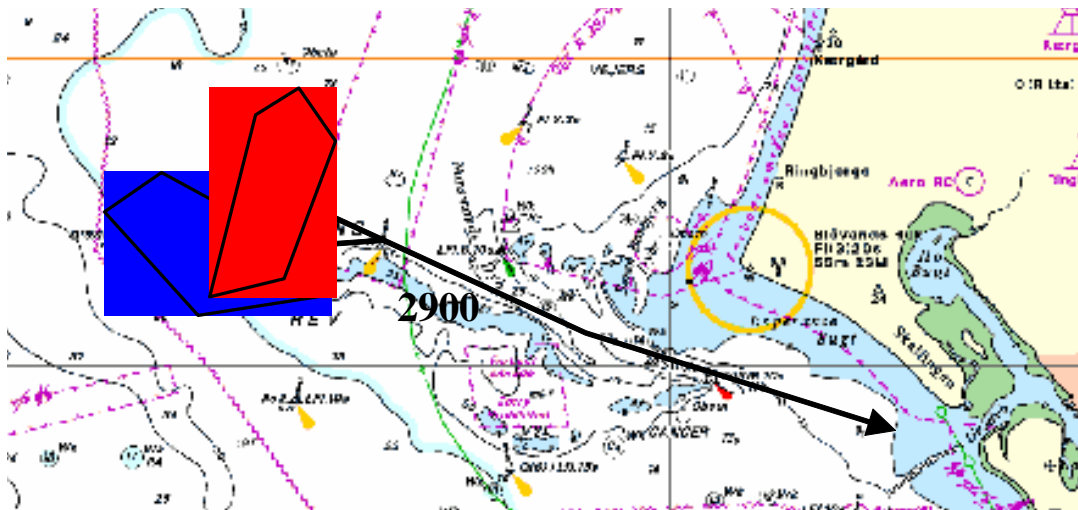
Installationsperioden er forventet at vare omkring 2 år. For det år med flest installationsfartøjer er der antaget følgende antal i de forskellige perioder.

RESUMÉ RAPPORT

Periode	Antal skibe
Marts – Maj	7
Juni – August	15
September – November	7
December - Februar	3

Tabel 4-1: Forventet maksimal antal skibe i installationsfasen

Nogle af disse fartøjer vil ligge længe i mølleparken, mens andre vil sejle frem og tilbage dagligt. Det er konservativt antaget, at alle skibe i gennemsnit vil sejle til Esbjerg hver anden dag og at de vil følge ruterne givet i Figur 4-3.

**Figur 4-3: Sejlroute for installationsfasen med tilhørende årlig skibstrafik**

4.1 Skibskollisionsmodellen

Nærværende skibstrafik er således datagrundlaget i analysen. To hovedscenarier er analyseret i analysen. Disse er:

- Kollision som skyldes en navigationsfejl, mens skibet er fuldt operationsdygtigt. Fejlen kan skyldes en radarfejl eller en menneskelig fejl, som kan medføre en direkte påsejling ved tæt på fuld hastighed.
- Kollision som skyldes, at skibet er udsat for en mekanisk fejl der stopper fremdriftmaskineriet og derved resulterer i, at skibet kommer til at drive efter vind og strøm. Et sådan skib vil typisk drive sideværts, og kollisionen vil ske med en meget reduceret hastighed.

Endelig er skib-skib kollisioner bestemt ud fra skibsintensiteten og lokale forhold som sigtbarhed og sejlretning.

For nærmere information om beregningsmodellen, herunder antagelser og input parametre henvises til hovedrapporten ref. /1/.

5 KOLLISIONSFREKVENSER

Nedenfor er hovedresultaterne for både installationsfasen som operationsfasen anført.

5.1 Installationsfasen

For installationsfasen er det antaget, at kun skib-skib kollisioner er relevante, da vindmøllerne kun vil være der delvist. Dette er ikke helt rigtigt, men da skib-skib kollisionerne er dominerende, er tilnærmelsen af mindre betydning.

Sejlruten ud til parken er stort set den samme for de to placeringer, og forskellen i kollisionsfrekvens er derfor begrænset. Resultatet er vist i Tabel 5-1.

Placering	“Syd”	“Nord”
Årlig kollisionsfrekvens	$1.72 \cdot 10^{-2}$	$1.58 \cdot 10^{-2}$
Retur periode	58	63

Tabel 5-1: Skib – skib kollisionsfrekvens for de to mulige parkplaceringer under installationsfasen.

Årsagen til den forholdsvis høje kollisionsfrekvens skyldes, at ruten gennem Slugen er meget smal, og operationsmulighederne ved en mødesituationer er derfor begrænset.

5.2 Driftfasen

Den nordlige placering:

Hvis den nordlige placering er valgt, fås den årlige kollisionsfrekvens i driftfasen til $4.3 \cdot 10^{-3}$, hvilket svarer til en returperiode på 232 år. I Tabel 5-2 er vist, hvordan frekvensen er fordelt mellem de to scenarier.

Scenarier	Direkte påsejling (menneskelig fejl)	Drivende skib	Total
Årlig kollisionsfrekvens	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$3.1 \cdot 10^{-3}$	$4.3 \cdot 10^{-3}$
Retur periode	820	320	230

Tabel 5-2: Årlig kollisionsfrekvens for den nordlige placering.

Det største risikobidrag kommer fra supplyskibe og fiskefartøjer, som sejler ud langs med Horns Rev. Bidraget fra den nord-sydgående trafik er begrænset, da nordlige placerings vestligste kant ligger længere mod øst end spidsen af Horns Rev, som skibene er tvunget til at sejle uden om.

Den sydlige placering:

De årlige kollisionsfrekvenser for den sydlige placering er fundet til $1.2 \cdot 10^{-2}$, hvilket svarer til en returperiode på 84 år. Fordelingen af frekvensen mellem de to scenarier er vist i Tabel 5-3.

RESUMÉ RAPPORT

Scenarier	Direkte påsejling (menneskelig fejl)	Drivende skib	Total
Årlig kollisionsfrekvens	$7.1 \cdot 10^{-3}$	$4.9 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$
Retur periode	140	205	84

Tabel 5-3: Årlig kollisionsfrekvens for den sydlige placering.

For den sydlige placering er det største bidrag fra den nord-sydgående skibstrafik, som passerer vest om parken. Samtidig er der igen et betydeligt bidrag fra trafikken, som går ud langs med Horns Rev. Den sydlige placering ligger en smule mere mod vest end den nordlige placering, og den opnår derfor ikke samme beskyttelse af Horns Rev.

For at sammenligne de ovenstående skib-mølle kollisionsfrekvenser, er den årlige frekvens for en skib-skib kollision beregnet for et område på ca. $80 \times 95 \text{ km}^2$ rundt om Horns Rev. Frekvensen er fundet til $2.5 \cdot 10^{-2}$ pr. år svarende til en returperiode på 40 år. Heraf fremgår det, at sandsynligheden for en skib-skib kollision er større end en skib-mølle kollision. Dette skyldes til en vis grad områdets størrelse. (En skib-skib kollision kan forekomme over alt i området, mens skib-mølle kollision kun kan ske i mølleparken.)

Baseret på nærværende analyse med fokus på sejladsikkerhed, finder vi skibskollisionsfrekvensen acceptable og anbefaler, at den nordlige placering vælges til etablering af mølleparken.

6 RISKOREDUCERENDE TILTAG

Forskellige tiltag, som kan indføres for at reducere risikoen yderligere, er identificeret. Generelt bør sådanne værdier vurderes efter et ALARP princip (As Low As Reasonable Practical), hvilket populært betyder, at hvis omkostningerne for tiltaget er begrænset eller at tiltaget giver en meget høj nytteeffekt, så bør tiltaget indføres.

De vigtigste tiltag er givet nedenfor. For yderligere tiltag se hovedrapporten ref. /1/.

1. Etablering af en beskyttelseszone på 500 m udenfor vindmølleparken, som er tydeligt markeret på søkort og navigationshåndbøger.
2. Lysmarkering af parken for skibs- og flytrafik.
3. Installering af AIS på møllerne.
4. Installering af et automatisk system, som alarmerer mølleparkens kontrol center om at et skib er på kollisionskurs med mølleparken.

Ved tiltag 4 kan man ikke gøre noget ved skibet, men man har mulighed for at lukke møllen ned.

Det skal bemærkes, at ovennævnte risikoreducerende tiltag ikke er taget i regning i nærværende analyse.

Samtidig skal det bemærkes, at skibstrafikken forventes at stige i fremtiden på grund af økonomisk vækst og øget samhandel. Det må dog forventes, at risikoforøgelsen pga. den øgede trafik i stor grad vil modsvares af forskellige risikoreducerende tiltag som løbende bliver implementeret.

7 REFERENSER

- /1/ “Navigational Risk Assessment Wind Farm Horns Rev 2” Doc. No. 643233- REP – 01, dateret 09.03.2006.

- o0o -