

JULI 2025
A1 CONSULT

CYKEL- OG GANGBRO OVER GULDBORGSUND: SEJLADSRISIKOANALYSE

JULI 2025
A1 CONSULT

CYKEL- OG GANGBRO OVER GULDBORGSUND: SEJLADSRISIKOANALYSE

PROJEKTNR.

A290351

DOKUMENTNR.

A290351-001

VERSION

3.0

2.0

1.0

UDGIVELSESDATO

07.07.2025

25.06.2025

19.06.2025

BESKRIVELSE

Revideret udgave

Revideret udgave

-

UDARBEJDET

MRIL

CAFM, MRIL

CAFM, MRIL

KONTROLLERET

ALBL

ALBL

ALBL

GODKENDT

ALBL

ALBL

ALBL

INDHOLD

1	Introduktion	7
1.1	Projektbeskrivelse	7
1.2	Formål	8
1.3	Omfang	8
1.4	Struktur	8
2	Grundlag	10
2.1	Cykel- og gangbroens geometri	10
2.2	Placering af wakeboardbanen	10
2.3	Øvrige anlæg ved havnefronten som er del af helhedsplanen	11
2.4	Tekniske data	11
2.5	AIS-data	12
2.6	Farvand og besejlingsforhold	13
3	Fremgangsmåde for risikoanalysen	17
3.1	Principper	17
4	Identificerede farescenarier	19
5	Frekvensanalyse	20
5.1	Eksisterende forhold	20
5.2	Trafikmodel	21
5.3	Skibspassager per skibslængde	24
5.4	Model for beregning af sandsynligheden for skibskollision med broen	25
5.5	Frekvensmodel	26
6	Risikovurdering	31
6.1	Anlægsfasen	31
6.2	Driftsfasen	32
6.3	Kumulative virkninger	36

7	Afværgeforanstaltninger	37
7.1	Anlægsfase	37
7.2	Driftsfase	37
8	Konklusion	39
9	References	41

1 Introduktion

1.1 Projektbeskrivelse

Som en del af helhedsplanen for udvikling af Nykøbing Falster havn skal der på søterritoriet udføres en cykel- og gangbro. Broen udføres med et klappag, så skibstrafikken i sundet kan passere gennem broens åbning.



Figur 1-1 Skitse af projektområdet

1.2 Formål

D. 8. sept. 2023 har A1 Consult på vegne af Guldborgsund Kommune indsendt ansøgning om nyt anlæg på søterritoriet i forbindelse med helhedsplanen for Nykøbing Falster havn. Projektansøgningen blev sendt i høring d. 5. okt. 2023 af Kystdirektoratet.

Beredskabsstyrelsen har i et høringssvar efterspurgt en analyse af nuværende skibstrafik og en sejladsrisikoanalyse. Der er herefter af A1 Consult d. 23. feb. 2024 blevet udarbejdet en ny rapport for at beskrive skibstrafikken i Guldborgsund, samt de risici der er forbundet med opførelsen af cykel- og gangbroen som kan påvirke skibstrafikken [1]. Det indsendte materiale er af Beredskabsstyrelsen d. 21. aug. 2024 blevet vurderet utilstrækkeligt, og Beredskabsstyrelsen efterspørger at broens betydning på sejladssikkerheden og gennemsejlingsfarvandet belyses yderligere, da der mangler en begrundelse for de risikoreducerende tiltag. Derudover noterer Beredskabsstyrelsen, at de projekterede brosignaler vil følge standarden, men at der stadig skal indsendes et broreglement.

Guldborgsund Kommune har efter dialog med Beredskabsstyrelsen og lystsejlerne ændret broen med hensyn til broåbning, gennemsejlingshøjde og betjening. Denne rapport samt det vedhæftede broreglement er et bilag til det allerede indsendte materiale fra A1 Consult. Formålet med rapporten er at leve op til Beredskabsstyrelsens krav til dokumentation.

1.3 Omfang

Analysen i nærværende rapport behandler de risici som har betydning for sejladssikkerheden ved broen i dens anlægs- samt driftsfase.

Risici for sejladssikkerheden forbundet med større vedligeholdelsesarbejde eller nedbrydning af broen er ikke vurderet i rapporten.

Der er anvendt de samme påvirkningsgradskategorier til at vurdere påvirkningen af sejladssikkerheden, som A1 Consult benyttede i deres Risikolog [1].

1.4 Struktur

Rapporten er struktureret på følgende måde:

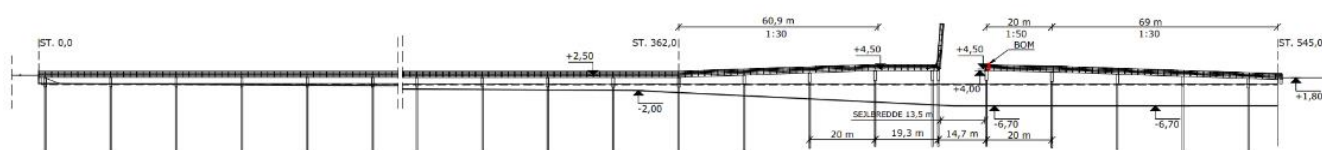
- › Kapitel 2 beskriver grundlaget for risikoanalysen. Heri indgår beskrivelse af broens geometri samt opbygning, øvrige anlæg på havnefronten og fremtidige planer for afvikling af erhvervshavnen.
- › I kapitel 3 beskrives risikoanalysens fremgangsmåde, som følger retningslinjer udstedt af International Maritime Organisation (IMO).
- › Kapitel 4 identificerer risici for sejladssikkerheden i forbindelse med anlægs- og driftsfasen.

- › I kapitel 5 beskrives modellerringsmetoden for bestemmelse af frekvensen af skibskollisioner. Heri indgår også analyse, fremskrivning og bearbejdning af skibstrafikdata, så de bliver anvendelige som input til skibskollisionsmodellen.
- › I kapitel 6 estimeres og evalueres de identificerede risici.
- › Kapitel 7 beskriver og vurderer de trufne afværgeforanstaltninger, efterfulgt af konklusionen i kapitel 8.

2 Grundlag

2.1 Cykel- og gangbroens geometri

Broen som skal opføres over Guldborgsund har en længde på 550 m og udføres med et enkeltfløjet klapfag. Når klapfaget er lukket, er deri sejlrunden ved klapfaget en gennemsejlingshøjde på 4 m, mens der under de faste brofag er en gennemsejlingshøjde på min. 2 m ved daglig vande. Gennemsejlingsbredden i klapfaget er 13,5 m.



Figur 2-1 Længdesnit af cykel- og gangbro

2.2 Placering af wakeboardbanen

Der etableres en wakeboardbane i det lavvandede område (vanddybde under 2 meter) øst for den bestående sejlrunde, som vist på Figur 2-2.



Figur 2-2 Placering af wakeboardbanen

2.3 Øvrige anlæg ved havnefronten som er del af helhedsplanen

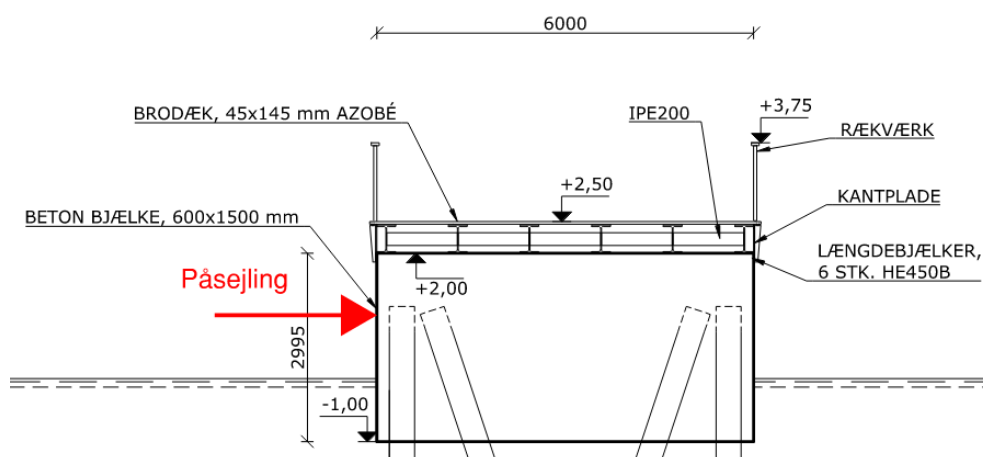
Som led af helhedsplanen for udvikling af Nykøbing Falster havn skal erhvervshavnen på modsatte side af Toreby sejlkub afvikles, så der kan etableres rekreative områder indrettet til bl.a. svømning og en boardwalk, hvor lystbåde kan fortøjjes, som vist på Figur 1-1.

Området syd for broen vil være hovedsageligt forbeholdt lystbåde. Den nye erhvervshavn ca. 300 m mod nord vil blive indrettet så erhvervsfartøjer kan fortøjjes, læsses og losses.

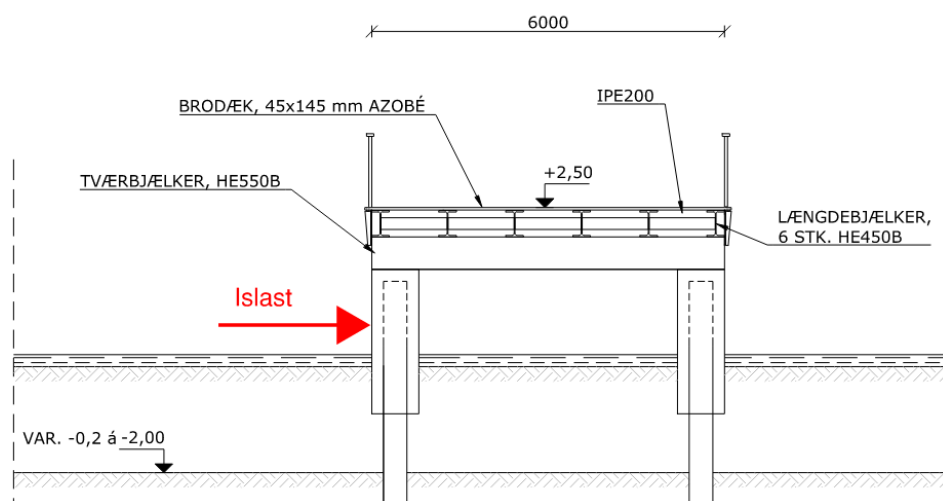
Gennemsejlingsbredden i klappaget vil hindre de fleste større fartøjer i at kunne passere, da bredden kun er 13,5 m. Det vurderes at det hovedsageligt vil være de mindste fartøjer i DWT-klasse 1, som vil kunne passere. Som eneste aktivitet med større fartøjer i nærhed af broen forventes der ca. 13 anløb om året med et melasseskib, som vil lægge til kajs ca. 300 m nord for broen.

2.4 Tekniske data

- › Kapacitet af pillerne
 - › For fagene med piller med 4 stk. pæle (2 lod- og 2 skråpæle) er konstruktionen eftervist for en påsejlingslast på ~0,18 MN [2] (Ifølge samme reference svarer dette til en påsejling med ca. 3 knob. Det er dog ikke nærmere specificeret, hvilket displacement samt hydraulisk tillægsmasse der er lagt til grunde for lastberegningen). Pillerne i fagene i dæmningen er udført som 2 stk. lodpæle og er eftervist for en regningsmæssig islast på ~0,12 MN. Se i øvrigt nedenstående skitser, se Figur 2-3 og Figur 2-4.
- › Faghøjden
 - › Frihøjden under brodækket er 4 m ved hovedfagets piller (pille 5 og 6) og aftager gradvist til begge sider. Frihøjden under brodækket for piller, der udelukkende er designet til islast, er 2 m (pillerne 12-29).
- › Længde og bredde på hver pille i vandoverfladen (MSL)
 - › Sammenstøbningen af pælene er tiltænkt udført som en bjælke og pælehatte med følgende dimensioner ($L \times B \times H$): For pælegrupper = 6 m x 0,6 m x var. (til -1,0 m). For enkeltpæle = 0,6 m x 0,6 m x 3 m (til -1,0 m)



Figur 2-3 Design af pillerne, der er dimensioneret mod påsejling



Figur 2-4 Design af pillerne, der er dimensioneret mod islast

2.5 AIS-data

2.5.1 Indsamling og analyse af historiske AIS-data

AIS-data for projektområdet i Guldborgsund er indhentet fra Beredskabsstyrelsen og dækker perioden fra januar 2024 til december 2024.

2.5.2 Datagrundlag

AIS

AIS er en engelsk forkortelse for Automatic Identification System som er et VHF-baseret værktøj, som muliggør udveksling af skibsoplysninger. Der findes to typer af AIS-transmitter: klasse A og klasse B. Klasse B-udstyr kan kun udsende dynamisk information om skibet, bl.a. position, fart, kurs, navigationsstatus og skibets identifikationsnummer MMSI samt kaldesignal; denne meddelelse kaldes således for en dynamisk rapport. Klasse A-udstyr kan udover dynamiske rapporter udsende generelle oplysninger om selve skibet som identifikationsnummeret IMO, skibstype,

skibslængde, skibsbredde såvel som sejladsrelaterede oplysninger om godstype, aktuel dybgang og destination; denne rapport kaldes en statisk rapport. Information i den statiske rapport er manuelt indtastet af besætningsmedlemmer, hvilket kan medføre fejl i oplysninger.

Klasse A-udstyr blev obligatorisk i 2005 for større skibe. I Danmark omfatter kravet for nuværende generelt skibe over 300 GT, samtlige passagerskibe og fiskeskibe længere end 15 m [3].

Skibsparmetre

S&P Sea-Web World Shipping Encyclopedia indeholder detaljeret information om over 140.000 skibe. Information herfra inkluderer f.eks. IMO-nummer, skibstype, bruttotonnage (GT), dødvægtstonnage (DWT), maksimalt displacement (skibets maksimale masse i lastet tilstand), maksimal dybgang, længde, bredde osv.

Da både AIS-data og Sea-Web-data indeholder IMO-identifikationsnummer, er det muligt at koble de to datasæt sammen, så AIS-data kan suppleres med yderligere oplysninger om skibenes egenskaber i den videre analyse. Kobling til Sea-web data forbedrer også pålideligheden af det anvendte data, konkret i tilfælde af fejl-indtastninger i den manuelle, statiske del af AIS-rapporterne. Kun i tilfælde hvor IMO-nummeret ikke findes i Sea-web-dataene, bruges information om skibenes type og størrelse fra AIS. Hvis skibenes længde oplyst via AIS er større end 50 m, kan information om skibene desuden søges på internettet (marinetraffic.com, etc.)

Informationerne bruges til at inddele skibe i relevante skibstyper og størrelsesklasser (se afsnit 2.5.3)

2.5.3 Skibstyper og størrelsesklasser

Der er enkelte parametre af stor betydning for modelleringen, som hverken kan findes i AIS-data eller Sea-Web-data. Det drejer sig om bl.a. skibenes dækshøjde samt deres faktiske displacement afhængigt af lasttilstanden, som kan have betydning for kollisionskraften. Lasttilstanden er også afgørende for skibets faktiske dybgang og der haves derfor både displacement og dybgang for ballast og lastet tilstand.

COWI lavede under projekteringen af Storebæltsbroen et detaljeret studie af skibenes specifikationer, herunder det faktiske displacement. Studiet blev siden hen opdateret under projekteringen af den senere forkastede bro over Femern Bælt, hvor informationer og målinger fra et stort antal skibe blev inkluderet. Resultatet af dette studie er en skibstabel, opdelt efter DWT-grupper og skibstype, der indeholder gennemsnitlige værdier for alle relevante parametre. Den aktuelle skibstrafik ved broen inddeles således baseret på DWT og skibstype. Hver kombination af DWT og skibstype får på den måde tildelt specifikationer, der er repræsentative for den aktuelle gruppe.

2.6 Farvand og besejlingsforhold

Baseret på [4] er der i perioden 1. marts 2023 til 13. april 2023 målt en gennemsnitlig strømhastighed på 0,6 knob og en maks. værdi på 2,89 knob for

nordgående strøm, og for sydgående strøm en gennemsnitlig strømhastighed på 0,12 knob og en maks. værdi på 3 knob. Målingerne er foretaget syd for cykel- og gangbroen, og nord for Kong Frederik IX' Bro.

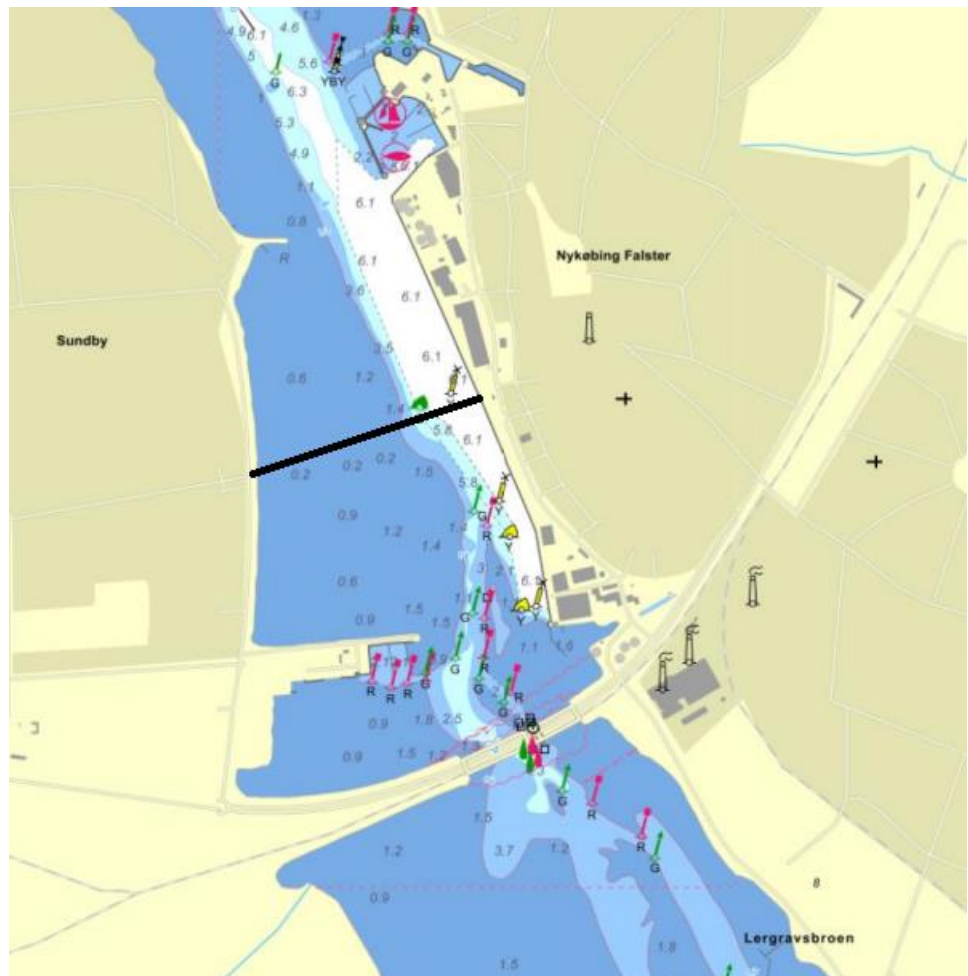
Guldborgsund vises på nedenstående søkort, med projektområdet indikeret med en rød firkant.



Figur 2-5 Søkort af Guldborgsund, hvor projektområdet i Nykøbing Falster er markeret med en rød firkant.

Afmærkninger i projektområdet

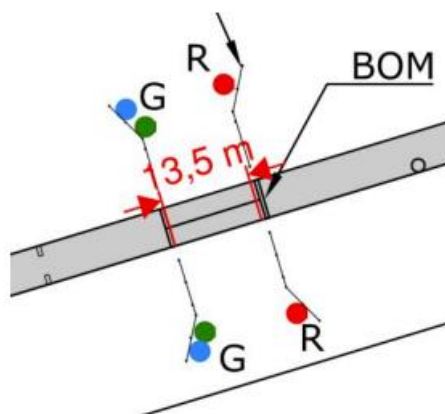
På nedenstående søkort vises eksisterende søafmærkninger i projektområdet.



Figur 2-6 Søafmærkninger og dybdeforhold for projektområdet ved Nykøbing Falster havn og Toreby sejlklub. Placering af ny cykel- og gangbro er påtegnet søkortet med en sort streg.

Afmærkninger på
broen

På hver side af gennemsejlingsfaget installeres lysafmærkning, hvor der på den østlige side markeres med røde lys, og den vestlige side udsendes grønt lys. Der etableres på den vestlige side også tagesirene. Klappagets position markeres med enten 2 eller 3 lys når det er åbnet og et enkelt rødt lys når det er lukket. Da der kun kan sejle et enkelt skib igennem adgangen, indikerer 2 røde lys at skibe fra nord kan passere, og 3 røde lys når skibe fra syd kan sejle i gennem.



Figur 2-7 Afmærkning af broåbningen

3 Fremgangsmåde for risikoanalysen

I dette kapitel præsenteres de grundlæggende principper, som risikoanalysen bygger på.

3.1 Principper

Analysen er baseret på 'Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA)' udgivet af Den Internationale Søfartsorganisation IMO (IMO, 2018). En FSA består grundlæggende af følgende fem punkter:

- 1 Identifikation af farer (en liste over alle relevante ulykkesscenarier med potentielle årsager og udfald).
- 2 Vurdering af risici (evaluering af risikofaktorer).
- 3 Risikostyringsmuligheder (udarbejdelse af lovgivningsmæssige foranstaltninger til at kontrollere og reducere de identificerede risici).
- 4 Cost-benefit-analyse (bestemmelse af omkostningseffektiviteten af hver risikostyringsmulighed).
- 5 anbefalinger til beslutningstagning (der gives oplysninger om farerne, deres tilknyttede risici og omkostningseffektiviteten af alternative risikostyringsmuligheder). Hvis risikoen vurderes at være acceptabel uden yderligere foranstaltninger, er der efter det andet punkt ingen grund til at foretage det tredje og fjerde punkt, dvs. undersøgelse af risikobegrænsende foranstaltninger og cost-benefit-analyse.

I Danmark er følgende specifikke tilgang til maritime sikkerhedsanalyser tidligere anvendt i henhold til aftalen mellem daværende Søfartsstyrelsen (nu Beredskabsstyrelsen) og rådgivningsvirksomhederne DNV og COWI, jf. [5]. Tilgangen er udarbejdet i forbindelse med sejladsrisikovurderinger af offshorevindparker, men er lige så relevante for andre typer af indgreb i farvandet. Risikoanalysen, der præsenteres heri, følger den samme tilgang, som består af følgende trin:

Trin 0: Etablering af en metode for søfartssikkerhed baseret på de krav og principper, der er fastlagt i [5].

Trin 1: Beregning af ulykkesraterne. Analysen forelægges Beredskabsstyrelsen.

Trin 2: Hvis myndigheden ikke kan acceptere det beregnede antal ulykker, foretages der også en konsekvensanalyse, som sammen med frekvenstallet giver et billede af den samlede risiko. Dette forelægges derefter for Beredskabsstyrelsen igen.

Trin 3: Hvis Beredskabsstyrelsen ikke kan acceptere den beregnede risiko, udarbejdes en analyse med risikoreducerende foranstaltninger. Dette forelægges derefter Beredskabsstyrelsen.

Denne rapport følger trin 0 og 1, det vil sige, at den er baseret på analysen af ulykkesfrekvensen. Trin 2 og 3 kan behandles i fremtiden, hvis de ansvarlige myndigheder anser det for nødvendigt.

4 Identificerede farescenarier

I dette kapitel identificeres der for sejladssikkerheden de farescenarier som opstår som følge af anlæggelsen af cykel- og gangbroen samt wakeboardbanen i Guldborgsund, samt i den senere driftsfase.

Anlægsfase

Farescenarier for sejladssikkerheden er vurderet som følgende:

- › Skib-skib-kollision mellem et erhvervsskib og et anlægsfartøj.
- › Skib-skib-kollision mellem et fritidsfartøj og et anlægsfartøj.
- › Grundstødning

Driftsfase

Farescenarier for sejladssikkerheden er vurderet som følgende:

- › Kollision mellem et erhvervsskib eller et fritidsfartøj og broen.
- › Kollision mellem et erhvervsskib eller et fritidsfartøj og wakeboardbanen
- › Kollision mellem to skibe, enten:
 - › Kollision mellem to erhvervsskibe
 - › Kollision mellem to fritidsfartøjer
 - › Kollision mellem et erhvervsskib og et fritidsfartøj
- › Grundstødning

Der vil for de identificerede farescenarier være mulighed for olieudslip, brand, personskader og materielle skader.

Anlægsfase

For farescenarierne identificeret for anlægsfasen vurderes sandsynligheden for kollisioner og grundstødning kvalitativt.

Driftsfase

For farescenarierne identificeret for driftsfasen følges en modelleringsproces, der tillader at kvantificere sandsynligheden for kollision, jf. næste afsnit. Grundstødning vurderes derimod kvalitativt.

Størstedelen af farescenarierne er allerede vurderet i A1 Consults rapport [1] på et kvalitativt grundlag og er fortsat gyldige. Derfor er de ikke vurderet yderligere.

5 Frekvensanalyse

I dette kapitel beskrives den nuværende skibstrafik i området hvor broen skal anlægges, samt hvordan trafikken her vil ændre sig efter broen er anlagt. Herefter beskrives det hvordan sandsynligheden beregnes for skibskollision mod broen.

5.1 Eksisterende forhold

Grundlaget for information om skibstrafik er beskrevet i afsnit 2.5. Intensiteten af skibstrafikken for perioden er vist i Figur 5-1. Antallet af gennemsejlinger gennem hver 10x10 m-celle ud fra AIS-data er illustreret ved hjælp af farvelægningen. De røde linjer på figuren viser hvor flest skibe sejler, altså den oftest benyttede rute. De grønne linjer markerer hvor færrest skibe har sejlet, og de gule symboliserer en mellemliggende intensitet.

Baseret på AIS-dataene er antallet af skibspassager over brolinjen talt til 6.151 i perioden januar-december 2024. Antallet af skibspassager samt de enkelte skibstypers andel af den samlede trafik er beskrevet i afsnit 5.3. Fragtskibe udgør 0,8% af skibstrafikken, mens olietankere udgør 0,5% af skibstrafikken. Lyst- og sejlbåde udgør hoveddelen af skibstrafikken med hhv. 45,4% og 52,2%. Skibstypen "andre", som udgør 1,2% af skibstrafikken, indeholder hovedsageligt udgravningsfartøjer og slæbebåde.



Figur 5-1 Skibstrafikintensitet i perioden fra januar 2024 – december 2024. Farven viser antallet af gennemsejlinger per 10 m x 10 m celle baseret på AIS

Tabel 5-1 Fordeling af skibstrafik sejlen igennem krydslinjen (den blå linje på Figur 5-1) i Guldborgsund per skibstype samt trafikens andel af samlet trafik i perioden januar 2024 – december 2024.

Skibstype	Årlig frekvens	Andel af samlet trafik
Fragtskib	50	0,8%
Olietanker	29	0,5%
Lystbåd	2.790	45,4%
Sejlbåd	3.210	52,2%
Andre	72	1,2%
I alt	6.151	100,0%

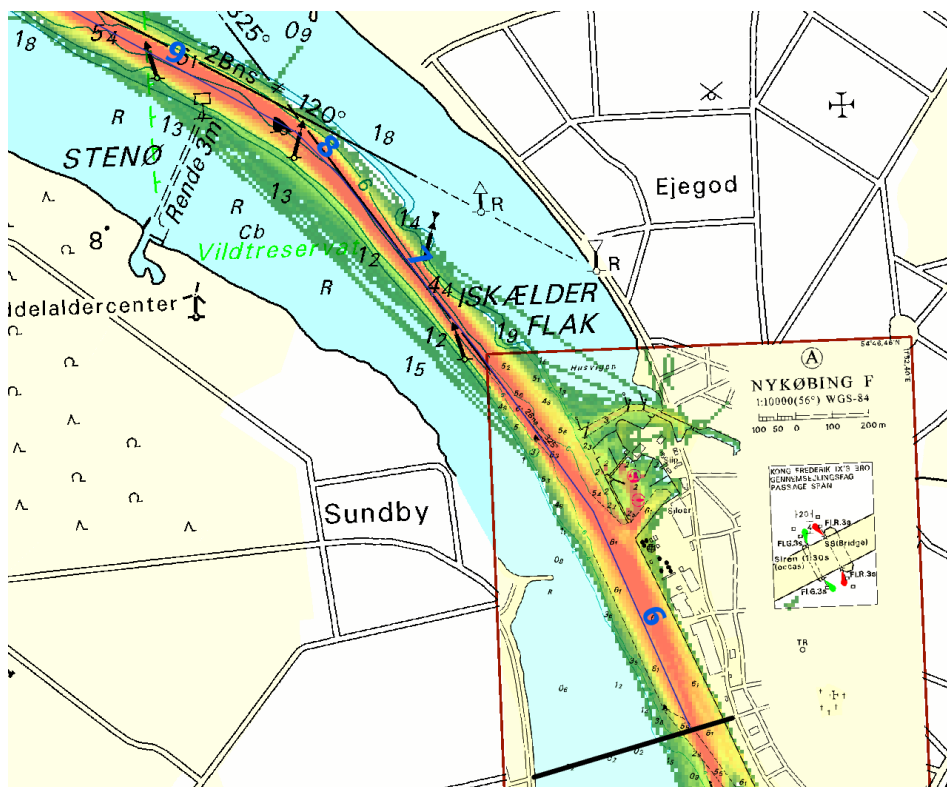
Der vil ske en ændring i skibstrafikken efter anlæggelsen af cykel- og gangbroen, da erhvervshavnen skal afvikles og flyttes, jf. afsnit 2.3. Det vurderes at større skibe ikke vil passere igennem broens åbning. Et estimat af den fremtidige trafik er angivet i Tabel 5-4.

5.2 Trafikmodel

Trafikruter

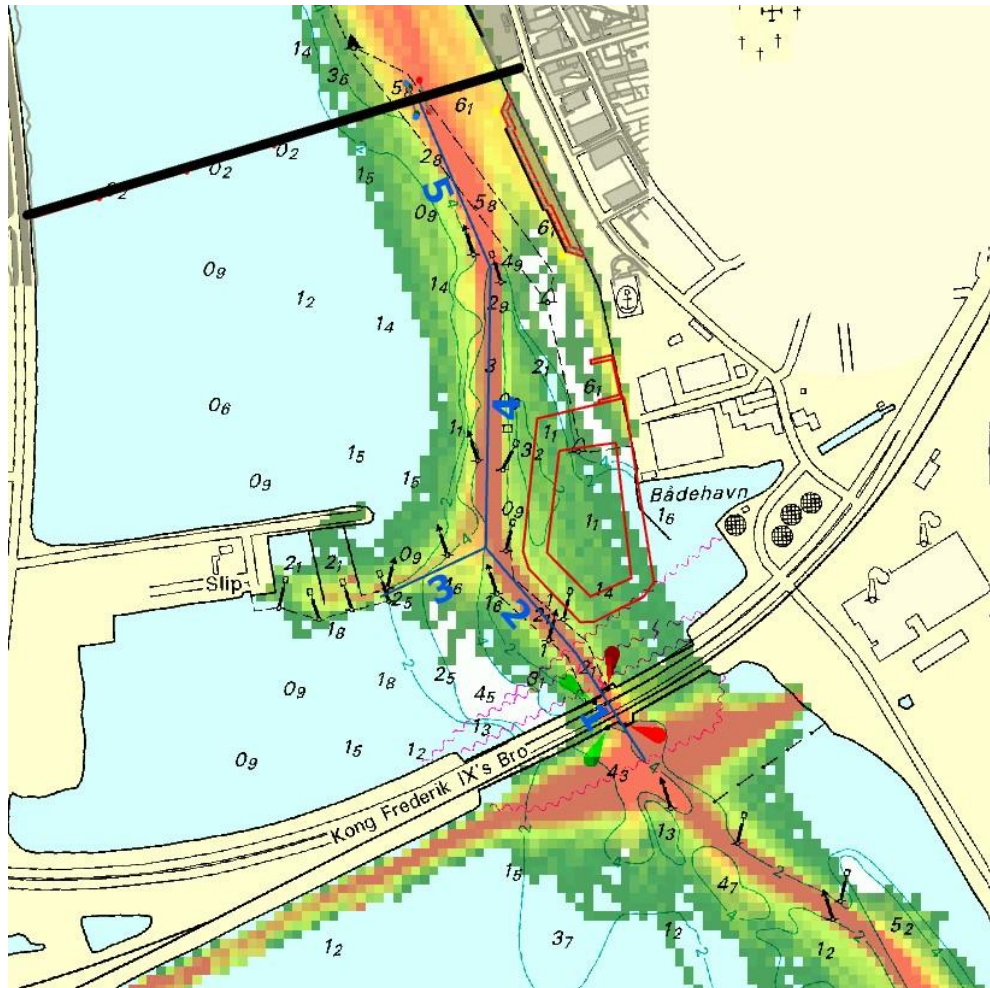
Trafikken for syd- og nordgående trafik er vist separat hhv. i Figur 5-2 og Figur 5-3.

Sydgående skibstrafik kan modelleres ved hjælp af 4 ruteben, som er markeret med blå på figuren.



Figur 5-2 Grønne, gule og røde linjer repræsenterer gennemsejlinger i sydgående retning baseret på AIS. De blåfarvede linjer repræsenterer de idealiserede ruteben nr. 6 til 9 for sydgående trafik.

Skibstrafikken i nordgående retning modelleres ved hjælp af i alt 5 ruteben.



Figur 5-3 Grønne, gule og røde linjer repræsenterer gennemsejlinger i nordgående retning baseret på AIS. De blåfarvede linjer repræsenterer de idealiserede ruteben nr. 1 til 5 for nordgående trafik..

Hastighed

Skibenes hastighed ved passage af broen er udregnet som et gennemsnit af hastigheder i AIS-rapporter umiddelbart før og efter broen. For hver skibstype og størrelsesklasse med mindst tre årlige passager modelleres hastigheden med tre forskellige hastighedsfraktiler. Interval af hastigheder er 2,9-4,7 knob.

Tværgående fordeling

Som beskrevet i starten af afsnit Figur 5-1 kan skibstrafikken repræsenteres ved et antal trafikruter som vist i Figur 5-2 og Figur 5-3. Det ses også, at skibe sejler med forskellig afstand til de markerede ruter. Denne afstand fra skib til rute kan måles og analyseres. Derfor er det muligt at modellere skibe, der sejler i samme retning, men med forskellig afstand til ruten, som skibe på én rute med én tværgående fordeling. Typisk kan den tværgående fordeling beskrives ved en normalfordeling med given middelværdi og standardafvigelse.

Last

Skibenes lasttilstand er estimeret på basis af oplysninger om aktuel dybgang fra AIS, som sammenlignes med den maksimale dybgang fra Sea-Web, hvis

tilgængelig. Skibe med lastgrad under 33,33 % er modelleret som værende i ballast, skibe med lastgrad over 66,67 % er modelleret som fuldt lastet og de resterende er modelleret som delvist lastet.

Slæbebådsassistance og lodsning

Erhvervsfartøjer anvender ikke slæbebåde ved anløb i dag, og det kommer de heller ikke til i fremtiden. Der er ikke lodspligt i Guldborgsund. Hvis der bruges lods, vil denne blive afsat/afhentet langt fra anlægsområdet.

Fritidsfartøjer

Der foregår fritidssejls med sejlbåde og andre lystbåde fra lystbådehavnene i og nær projektområdet. De fleste mindre fritidsfartøjer har ikke AIS-udstyr, fordi der ikke er lovgivning, der kræver det. Derfor er antallet af fritidsfartøjer i AIS-datasættet begrænset til dem, der frivilligt har installeret AIS-udstyr. For at tage højde for de fritidsfartøjer, der ikke har AIS-udstyr ombord, er der foretaget en mindre manuel optælling af aktiviteter af fritidsfartøjer i og omkring projektområdet.

Tabel 5-2 Manuel optælling af mindre fritidsfartøjer foretaget ved projektområdet i mellem 03-06-2025 og 11-06-2025

Dato og tidsinterval	Antal af mindre fritidsfartøjer med AIS-signal	Observeret antal, type og størrelse af mindre fritidsfartøjer*
03-06-2025 - kl. 16:30 - 17:00	0	1 motorbåd (12 m) 1 motorbåd (5 m) 1 sejlbåd (12 m) 1 sejlbåd (15 m)
04-06-2025 - kl. 15:50 - 16:20	0	1 motorbåd (12 m) 1 motorbåd (6 m)
11-06-2025 - kl. 18:15 - 19:00	0	1 motorbåd (7 m) 1 sejlbåd (8 m) 1 sejlbåd (10 m) 1 sejlbåd (10 m)

*Note: Størrelsen af fritidsfartøjerne er estimeret og skal kun ses som en indikation af størrelsen

Det er af Beredskabsstyrelsen erfaret fra tidligere projekter at kun 5-10% af alle fartøjer mindre end 15 m eller mindre end 300 GT udsender AIS-signaler [6], men da ingen fritidsfartøjer udsendte AIS-signal i den manuelle tælling af fritidsfartøjer, kan det ikke bekræftes. Det er besluttet at korrigere for antallet af fritidsfartøjer med AIS med en faktor på 10 for at opnå et retvisende estimat af det samlede antal fritidsfartøjer.

5.3 Skibspassager per skibslængde

Tabel 5-3 viser trafikken under de nuværende forhold, mens Tabel 5-4 viser den forventede trafiksituation efter broens etablering. Her vil melasseskibet være det eneste større skib, der bruger havnen. Selvom om det ikke vil passere brolinjen under normal drift, er der mulighed for, at skibet begynder at drive og derved rammer broen. Derfor er melasseskibet del af trafikmodellen (se også ulykkesmodellen i afsnit 5.5).

Tabel 5-3 Samlede passager på tværs af det planlagte broforløb ifølge AIS-data fra 2024. (En korrektionsfaktor på 10 anvendes på fritidsfartøjer for at tage højde for skibe, der ikke bruger AIS.)

Skibstype (→)						
Skibslængde (↓)	Fragtskib	Olietanker	Lystbåd	Sejlbåd	Andre	Alle typer
< 10 m			1.130	1.710	11	2.851
10-20 m			1.650	1.410	36	3.096
20-30 m			10	30	8	48
30-40 m	2			40		42
40-50 m	2			20		22
50-75 m	13				1	14
75-100 m	33	27				60
100-125 m		2				2
125-150 m					16	16
Alle længder	50	29	2.790	3.210	72	6.151

Tabel 5-4 Samlede passager som modelleres (kun skibe i DWT-klasse 1 samt ét større melasseskib om året)

Skibstype (→)					
Skibslængde (↓)	Fragskib	Lystbåd	Sejlbåd	Andre	Alle typer
< 10 m		1.130	1.710	11	2.851
10-20 m		1.650	1.410	36	3.096
20-30 m		10	30	8	48
30-40 m	2		40		42
40-50 m	2		20		22
50-75 m	13*)				13
75-100 m					
100-125 m					
125-150 m					
Alle længder	17	2.790	3.210	55	6.072

*) Passerer ikke broen og regnes derfor kun med blandt kollisioner af drivende skibe (CAT IV, se modellering i afsnit 5.5)

5.4 Model for beregning af sandsynligheden for skibskollision med broen

En overordnet model for beregning af skibsstødsrisiko for broen kan udtrykkes som:

$$N_c = \sum_{\text{ulykkeskategorier}} \sum_{\text{ruter}} \sum_{\text{skibstyper}} N_s \cdot P_g \cdot P_c \cdot R$$

Hvor komponenterne er defineret som følger:

- › N_c er et estimat på den årlige sandsynlighed for kritisk svigt af broen forårsaget af skibsstød. Intensiteten fremkommer som en summering over ulykkeskategorier, ruter og skibstyper. Skibstyper er opdelt efter vægt, dybgang, dækhushøjde og brug af lods.
- › N_s er årligt antal passerende skibe opgjort på type (se 5.1).

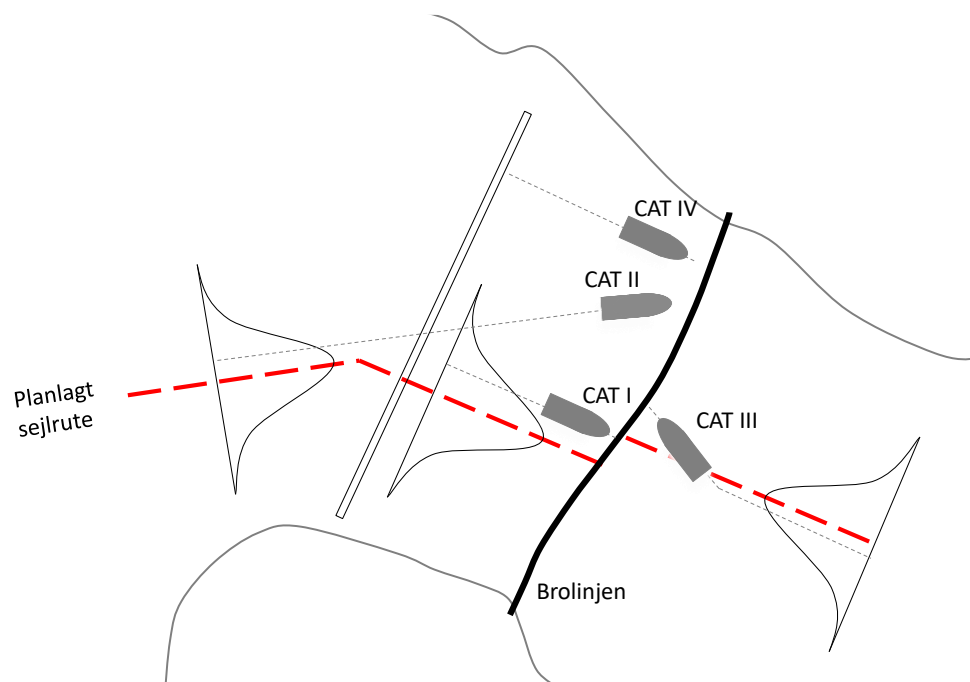
- › P_g er geometrisk sandsynlighed for at skibe af en given type har kurs mod pillen eller faget på grund af en navigationsfejl. Sandsynligheden afhænger af ulykkeskategorien (se 5.5.1). Sandsynligheden bestemmes ud fra en plan betragtning, men den indeholder også en uafhængig lodret komponent: For det første afgør vanddybden, om skibet kan nå frem til broelementet 5.5.3; for det andet er højden af brodragerens underkant afgørende for, om den kan rammes af skibets mast eller dækshus.
- › P_C er den såkaldte causation-sandsynlighed, dvs. sandsynligheden for at et skib laver en navigationsfejl og fejler i at rette kursen igen før broen (se 5.5.2).
- › R angiver, hvor effektivt et sikkerhedstiltag vil kunne beskytte broen og dermed reducere sandsynligheden for svigt eller eventuelt konsekvenserne heraf.

5.5 Frekvensmodel

5.5.1 Ulykkeskategorier

Skibskollisioner kategoriseres efter, hvornår skibet begyndte at afvige fra ruten, skematisk vist i Figur 5-5.

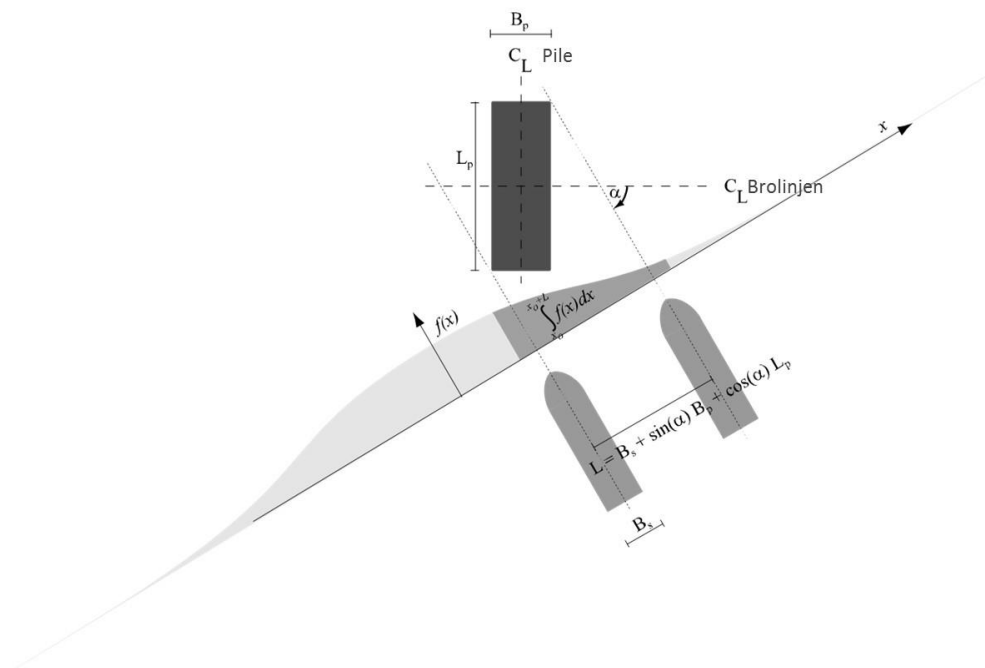
- › CAT I Skibe som på rutens sidste del før broen afviger fra sikker kurs grundet menneskelige fejl, utilstrækkelighed eller tekniske problemer.
- › CAT II Skibe som ikke fik rettet kursen i rutens sidste knæk før broen, men fortsætter uanfægtet mod broens piller eller sidefag.
- › CAT III Skibe som tæt på broen møder andre fartøjer og tvinges til at foretage en undvigemanøvre, hvorved de bringer sig på kollisionskurs med broen.
- › CAT IV Vildfarne skibe som kan ramme broen i hele sundets bredde. Denne kategori omfatter også drivende skibe.



Figur 5-4 Skematisk illustration af forskellige ulykkeskategorier. De røde stiplede linjer repræsenterer planlagte sejladsruter, mens de sorte stiplede linjer repræsenterer sejlads for ulykkesscenarier.

5.5.2 Plan geometri

Den geometriske kollisionssandsynlighed i planen beregnes for hver kombination af skibstype, skibsstørrelse og sejladsrute i henhold til de enkelte kollisionsscenarier CAT I til IV. Den geometriske sandsynlighed beregnes ud fra vinklen α mellem skibets sejlroute og brolinjen, som varierer afhængigt af rute, kollisionsscenario og broelement. Figur 5-5 illustrerer grundlaget for beregningen.



Figur 5-5 Beregning af den geometriske kollisionssandsynlighed i planen.

CAT I

Den tværgående ruteafvigelse af skibe på afveje i CAT I antages at være normalt fordelt. Normalfordelingens standardafvigelse estimeres typisk enten som værende lig skibenes længde, 10% af sejlrendens naturlige bredde eller til spredningen af det naturlige sejladsmønster på stedet før broens opførelse. Sidstnævnte er klart den foretrukne metode, da den viser, hvordan skibsbesætningen vil sejle, hvis den af en eller anden grund ikke er tilstrækkelig opmærksom på broen. Metoden kan kun anvendes, hvis der foreligger AIS-data fra perioden inden broens etablering. Denne betingelse er opfyldt og derfor anvendes metoden. De resulterende modelparametre er samlet i Figur 5-4.

Tabel 5-5 Middelværdi og spredning for normalfordeling for CAT I kollisioner.

Rute	Middelværdi [m]	Spredning [m]
5 (nordgående trafik)	0	20,2
6 (sydgående trafik)	0	28,1

CAT II

Både for sydgående og nordgående trafik skal skibene foretage en kursændring, førend de passerer broen. Hvis skibe glemmer denne kursændring, kan de potentielt ramme broens sidefag eller piller.

Den tværgående fordeling af disse skibe bestemmes baseret på skibstrafikkens faktiske spredning i området inden knækket. Skibe vil typisk nærme sig dette knæk med lidt forskellige vinkler. Glemmer et skib at foretage kursændring, vil dets kurs således være med til at afgøre, hvor langs brolinjen det vil ramme.

For at afspejle denne variation i skibstrafikken bestemmes spredningen for CAT II ud fra skibenes naturlige fordeling inden knækket samtidig med, at der gøres en korrektion for at medtage den naturlige vinkelspredning for skibene. Dette fører til en større standardafvigelse og ændret middelværdi. Modelparametrene brugt i analysen er samlet i Tabel 5-6.

Tabel 5-6 Middelværdi og spredning for normalfordeling af CAT II kollisioner.

Rute	Middelværdi [m]	Spredning [m]
2 (nordgående trafik)	0,7	8,9
4 (nordgående trafik)	4,8	7,9

CAT III

Denne kategori modelleres ikke, da skibstrafikken omkring broen er meget lille og et møde mellem to skibe kun sker sjældent. Derfor er risikobidraget fra denne kategori ubetydeligt i forhold til CAT I, II og IV.

CAT IV

Skibe i denne kategori modelleres med en jævn (uniform) fordeling langs brolinjen fra kyst til kyst, en strækning på 550 m.

5.5.3 Vertikal geometri

I den lodrette dimension indgår skibets overbygning i modelleringen af den geometriske sandsynlighed (P_g). Broens sidefag ligger lavere end gennemsejlingsfaget, og derfor kan dækshuset for nogle skibe potentielt ramme overbygningen her. Dette forudsætter, at vanddybden ikke fører til grundstød forinden broen nås. Derudover vil skibenes lasttilstand påvirke dækshushøjden og dette medtages også i analysen.

5.5.4 Causation

Causation-sandsynligheden er sandsynligheden for at et skib på kollisionskurs med en forhindring ikke lykkes i at undvige.

CAT I og IV

Causation-sandsynligheden for CAT I og CAT IV tilsammen estimeres til $3,17 \cdot 10^{-4}$ per år baseret på [7] [8]. Faktoren er afledt fra den oprindelige forskning af Fujii, som bestemte værdien baseret på japanske data og samtidig fastslog, at sandsynligheden er omvendt proportional med sigtbarheden. I Danmark, hvor lav sigtbarhed forekommer dobbelt så hyppigt som i Japan, anvendes derfor den dobbelte værdi, svarende til $3,17 \cdot 10^{-4}$. Erfaringerne siden åbningen af Storebæltsbroen har ikke givet anledning til at ændre på sandsynligheden, som ligeledes også anvendes ved den nye Storstrømsbro [8].

Causation-sandsynligheden fordeles mellem de to ulykkeskategorier CAT I og CAT IV. CAT IV tilskrives typisk 1-5 % af causation-sandsynligheden [9]. I dette studie blev 1 % af causation-sandsynligheden tildelt CAT IV og 99 % af causation-sandsynligheden CAT I. Her anvendes 1 % for drivende fartøjer, der potentielt kan kolliderer med broen. Tilfældige, ubevogtede fartøjer forventes ikke at kolliderer med

broen på grund af sejllrendens udformning og andre navigationsmæssige forhindringer.

CAT II

Causation-sandsynligheden for CAT II sættes til $7,81 \cdot 10^{-5}$ baseret på erfaringer fra Storebæltsbroen fra de seneste år [7].

Hvis et skib sejler ligeud i stedet for at dreje ved ruteknækket, består der en vis sandsynlighed for, at det retter op igen inden, det når brolinjen. Der bruges følgende antagelser [8] [9]:

20% af skibene uden lods som glemmer at dreje uden lods (2% af dem med lods) sejler med total uopmærksomhed og tjekker ikke deres kurs før de har passeret brolinjen.

De resterende skibe tjekker deres kurs gennemsnitligt hvert 120. sekund. Dette modelleres som en Poisson-proces, hvilket også blev antaget ved modelleringen af skibskollisioner ved den nye Storstrømsbro.

Tabel 5-3 viser den causation-sandsynlighed, som benyttes for henholdsvis CAT I, II og IV.

Tabel 5-7 Causation opdelt på ulykkeskategori.

CAT	P _c
I	$0,99 \cdot 3,17 \cdot 10^{-4}$
II	$7,81 \cdot 10^{-5}$
IV	$0,01 \cdot 3,17 \cdot 10^{-4}$

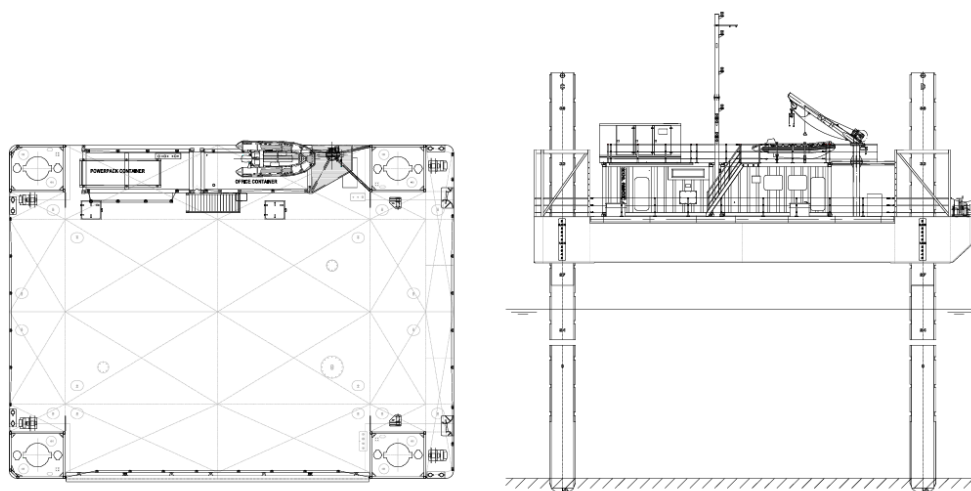
6 Risikovurdering

I dette kapitel evalueres risikoen for de identificerede farescenarier

6.1 Anlægsfasen

Under anlægsfasen må der forventes væsentlig aktivitet af fartøjer som indgår i anlægsarbejdet.

- › Type og størrelse på de fartøjer, der anvendes i anlægsarbejdet
 - › Det forventes at en flåde af typen Jack VI (se Figur 6-1) vil være et realistisk fartøj, som vil blive anvendt i forbindelse med etableringen af broen. Udover flåden vil der også blive anvendt mindre slæbebåde. Det planlægges at arbejdet fra st. 0 til st. 356 vil blive foretaget fra land ved etableringen af en midlertidige dæmning, mens den resterende strækning fra st. 356 til st. 545 udføres fra vand, med de oplyste fartøjer. Se tegning 111C for stationeringer.
- › Antal besøg fra anlægfsartøjer på byggepladsen
 - › Det forventes at erhvervskajen på Nykøbing-siden af sundet vil blive anvendt i udførelsesfasen til bygge- og oplægsplads i forbindelse med etableringen af den del af broen, som står på dybere vand, dvs. fra st. 356 til st. 545. Den øvrige del af broen etableres fra Sundby-siden. Det er på nuværende tidspunkt estimeret at det vil tage 12-18 måneder at etablere broen. I denne periode vil der i en stor del af tiden skulle anvendes flåde, dels i forbindelse med etableringen af bropillerne (rammearbejde og støbearbejde), dels i forbindelse med etableringen af brodækket (stålarbejder). Der må derfor forventes en kontinuerlig sejlads mellem broen og byggepladsen ved erhvervskajen i en væsentlig del af anlægsperioden.



Figur 6-1 Jack VI skitse

6.1.1 Påvirkning på sejladsikkerheden i anlægsfasen

Se Beredskabsstyrelsens skema "Vurdering af sejladsikkerheden ved arbejder til søs" vedlagt som et separat dokument.

6.2 Driftsfasen

Påvirkning af sejladsikkerheden i driftsfasen er vurderet for følgende fire marine strukturer:

- › Cykel- og gangbro
- › Boardwalk
- › Svømmeområde
- › Wakeboard bane

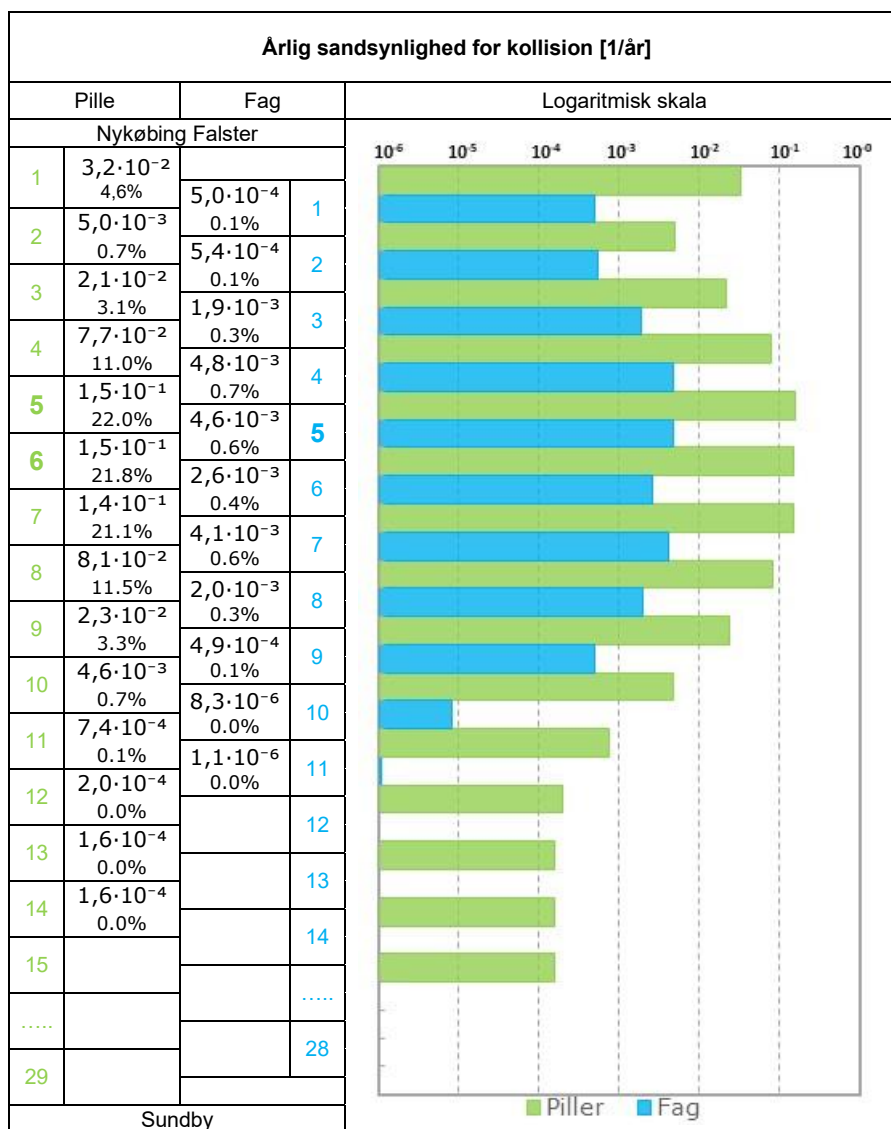
Påvirkningen af sejladsikkerheden for cykel- og gangbroen er vurderet ved hjælp af den kvantitative metode beskrevet i afsnit 5.5, dvs. ved at beregne kollisionsfrekvenser, mens den for de øvrige marine strukturer er vurderet ved en kvalitativ metode.

6.2.1 Cykel- og gangbro

Resultater – kollisionssandsynligheder

En oversigt over den årlige kollision sandsynlighed af broelementer (piller og drager) er vist i Tabel 6-1.

Tabel 6-1 Den årlige sandsynlighed for kollision af alle broens elementer



Tabel 6-1 giver et samlet overblik over resultaterne i form af den årlige kollision sandsynlighed for alle cykel- og gangbroens elementer. Den samlede årlige skibskollisionsfrekvens for broen er $7,2 \cdot 10^{-1}$. Det største bidrag til kollisionsfrekvenserne kommer fra bropillerne dvs. 97,0%, mens kollisionsfrekvenserne for brodragerne kun udgør 3,0 % af det samlede antal kollisioner. Betragtes kollisionsfrekvens for pillerne, kommer det største bidrag fra hovedpille 5 og 6 (ca. 22,0% af hver), efterfulgt af pille 7 (21,1%).

Detaljerede resultater for den årlige kollisionssandsynlighed med hensyn til skibsretning og ulykkeskategorier præsenteres nedenfor.

Bropiller

Dette afsnit præsenterer kollisionsfrekvensen for bropillerne i forhold til skibstrafikretning og de enkelte ulykkeskategorier defineret i afsnit 5.5.1. Kollisionssandsynligheden er præsenteret i Tabel 6-2, opdelt på skibstrafikretning og ulykkeskategorier. Det ses, at 57,0% af kollisionsfrekvensen fremkommer fra nordgående

fartøjer, og 43,0% af kollisionsfrekvensen kommer fra sydgående fartøjer. Yderligere ses det fra tabellen, at 95,0% af frekvensen kommer fra kategori I (CAT I), 4,6% kommer fra kategori II (CAT II) og det resterende bidrag til frekvensen kommer fra kategori IV (CAT IV).

Tabel 6-2 Bropiller – Årlig sandsynlighed for kollision ift. ulykkeskategorier og skibstrafikretning

Bropiller – Årlig sandsynlighed for kollision [1/år]				
Retning	Ulykkeskategorier			
	CAT I	CAT II	CAT IV	Samlet
Nordgående	$3,6 \cdot 10^{-1}$ 52,2%	$3,2 \cdot 10^{-2}$ 4,6%	$1,3 \cdot 10^{-3}$ 0,2%	$4,0 \cdot 10^{-1}$ 57,0%
Sydgående	$3,0 \cdot 10^{-1}$ 42,8%	-	$1,1 \cdot 10^{-3}$ 0,2%	$3,0 \cdot 10^{-1}$ 43,0%
Samlet	$6,6 \cdot 10^{-1}$ 95,0%	$3,2 \cdot 10^{-2}$ 4,6%	$2,4 \cdot 10^{-3}$ 0,4%	$7,0 \cdot 10^{-1}$ 100%

Brodrager

Dette afsnit præsenterer kollisionsfrekvens for brodragerne. Kollisionssandsynligheden er præsenteret i Tabel 6-3, opdelt på skibstrafikretning og ulykkeskategorier. Det ses, at 51,2% af kollisionsfrekvensen fremkommer fra nordgående fartøjer, og 48,8% af kollision frekvensen kommer fra sydgående fartøjer. Yderligere ses det fra tabellen, at 97,9% af frekvensen kommer fra kategori I (CAT I), 1,8% kommer fra kategori II (CAT II) og det resterende bidrag til frekvensen kommer fra kategori IV (CAT IV).

Tabel 6-3 Brodrager – Årlig sandsynlighed for kollision ift. ulykkeskategorier og skibstrafikretning

Brodrager – Årlig sandsynlighed for kollision [1/år]				
Retning	Ulykkeskategorier			
	CAT I	CAT II	CAT IV	Samlet
Nordgående	$1,1 \cdot 10^{-2}$ 49,2%	$3,9 \cdot 10^{-4}$ 1,8%	$3,3 \cdot 10^{-5}$ 0,2%	$1,1 \cdot 10^{-2}$ 51,2%
Sydgående	$1,1 \cdot 10^{-2}$ 48,6%	-	$3,4 \cdot 10^{-5}$ 0,2%	$1,1 \cdot 10^{-2}$ 48,8%
Samlet	$2,2 \cdot 10^{-2}$ 97,9%	$3,9 \cdot 10^{-4}$ 1,8%	$6,7 \cdot 10^{-5}$ 0,4%	$2,2 \cdot 10^{-2}$ 100%

Diskussion

Individuelle bidrag til den årlige kollisionssandsynlighed for hver pille viser, at 73,6% af kollisionssandsynligheden hidrører fra hovedfagets piller og de to tilstødende piller (pillerne 4 til 7). Det dominerende bidrag til risikoen kommer fra hovedpillerne 5 og 6, som samlet udgør knap 44% af den samlede kollisionsfrekvens for broen, se Tabel 6-1. Dette skyldes primært, at standardafvigelsen for

normalfordelingen for CAT I-kollisioner (20 til 28 m, se Tabel 5-5) er høj i forhold til klapfagets gennemsejlingsbredde på 13,5 m.

De samlede kollisionssandsynlighed på $0,71 + 0,02 = 0,73$ hændelser per år svarer til en gentagelsesperiode på 16 måneder. Når man ser på det rene frekvenstal, kan risikoen virke høj. I virkeligheden vil de fleste hændelser dog foregå ved en begrænset hastighed, dels fordi fartøjerne i forvejen sejler langsomt, dels fordi de typisk vil reducere farten yderligere når en kollision bliver uundvigelig. Der er tale om mindre fartøjer, hvor kollisionens energi vil være tilsvarende begrænset. Derfor anses risikoen – forstået som sandsynlighed for alvorlige konsekvenser - ikke som usædvanlig eller høj.

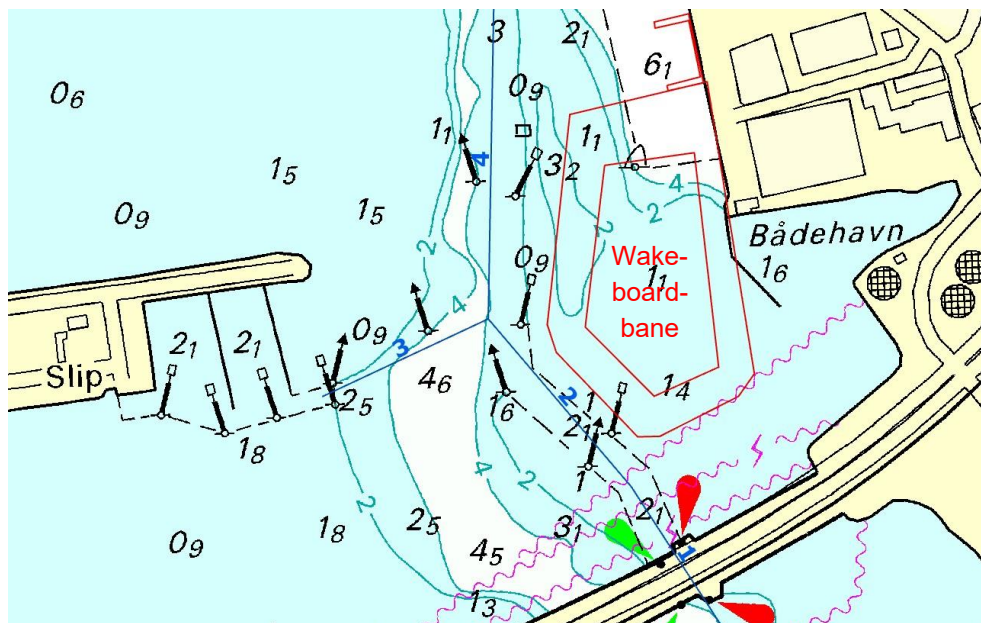
6.2.2 Wakeboardbane

Der er en ekstra kollisionssandsynlighed for fartøjstrafikken på grund af etableringen og tilstedeværelsen af wakeboardbanen. Denne ekstra kollisionssandsynlighed kan opstå fra de nærliggende ruter 2, 3 og/eller 4, se Figur 6-2.

Rutenettet på Figur 6-2 viser, at rute 3 indebærer et 'glemt at dreje' scenarie, dvs. CAT II. Østgående skibe på rute 3 kan potentielt komme ud for at dreje for sent, når de skal dreje ind på enten ruteben 2 eller 4, og fortsætte sejladsen mod wakeboardbanen. Afstanden mellem wakeboardbanens vestlige afgrænsning og det waypoint, hvor skibe potentielt kan glemme at dreje, er ca. 80 meter. Ifølge AIS-data for året 2024 var der i alt 650 skibspassager i østgående retning på rute 3. Disse passager udgør cirka 11 % i forhold til det samlede antal passager, der passerer brolinjeføring. Da disse mindre fartøjer netop har forladt bådehavnen, vurderes sandsynligheden for et 'glemt at dreje' scenarie også som lille. På grund af det lave antal passager, den lave sandsynlighed for at glemme at dreje og den reducerede hastighed vurderes den ekstra påvirkning på sejladsikkerheden fra rute 3 til at være lille.

På tilsvarende vis er der en ekstra kollisionssandsynlighed (CAT I kollisionsscenario) mellem wakeboardbanen og fartøjstrafikken på rute 2 og 4. Det samlede antal årlige passager på disse ruter er næsten tilsvarende antallet, der passerer brolinjeføringen. Standardafvigelsen for nordgående skibe på rute 2 og 4 er henholdsvis 8,9 og 7,9 m, se Tabel 5-6. Den mindste afstand mellem rute 2 og wakeboardbanen er cirka 35 m. På grund af denne lave standardafvigelse og den relativt store afstand vurderes den geometriske sandsynlighed og dermed kollisionssandsynligheden for, at fartøj rammer wakeboardbanen, som lav. Desuden forløber rute 2 og 4 i en afmærket sejlrende, hvilket gør det endnu mindre sandsynligt, at der skulle forekomme ruteafvigelser hen mod wakeboardbanen. Til sidst kan det også nævnes, at vandet under wakeboardbanen er relativt lavt, hvilket både vil afskrække nogle fartøjer og samtidig medføre standsning ved grundstødning af nogle andre fartøjer. Disse omstændigheder sætter kollisionssandsynligheden yderligere ned.

Af de ovennævnte grunde vurderes den ekstra negative påvirkning af sejladsikkerheden som følge af wakeboardbanens tilstedeværelse for fartøj, der sejler på rute 2, 3 og 4, til at være lille.



Figur 6-2 Placering af wakeboardbanen og nærliggende rutenet for skibstrafik

6.2.3 Øvrige anlæg

Boardwalk

For nordgående skibstrafik er der en lille sandsynlighed for, at et fartøj glemmer at dreje på rute 4 og bibeholder dets kurs imod boardwalk-konstruktionen. Der er ikke tale om en ny rute, og fartøjerne sejler i forvejen ad rute 4 på grund af den eksisterende afmærkning i sejlrenden. Etableringen af boardwalk forventes derfor ikke at medføre en yderligere negativ påvirkning af sejladsikkerheden. Det kan endda siges, at tilstedeværelsen af boardwalk kan absorbere energi fra et påsejlende fartøj og derved have en positiv effekt på sejladsikkerheden.

Svømmeområde

Svømmeområdet er placeret i en afstand fra skibstrafikken på rute 4 og 5. Skibstrafikken følger allerede disse ruter i dag, dvs. inden anlæggelsen. Desuden ligger svømmeområdet så at sige i skyggen af wakeboardbanen, dvs. at ethvert fartøj der rammer svømmeområdet fra nord vil med endnu højere sandsynlighed ramme den allerede eksisterende wakeboardbane. Det er ikke muligt at ramme svømmeområdet fra syd, igen på grund af wakeboardbanen. Derfor forventes tilstedeværelsen af svømmeområdet ikke at have en negativ indvirkning på sejladsikkerheden.

6.3 Kumulative virkninger

Der er ikke fundet kumulative virkninger på sejladsikkerheden som følge af tilstedeværelsen af cykel- og gangbroen, wakeboardbanen eller øvrige anlæg, som indgår i helhedsplanen.

7 Afværgeforanstaltninger

7.1 Anlægsfase

Der er ikke fastsat endelige afværgeforanstaltninger på nuværende tidspunkt. Det forventes dog at arbejdet varsles i efterretninger for søfarende samt at der udlægges specialafmærkning rundt om arbejdsområdet, således at sejlene styres den rette vej gennem projektområdet. Det forventes ikke at der bliver behov for vagtskib. Se også Beredskabsstyrelsens skema "Vurdering af sejladsikkerheden ved arbejder til søs" vedlagt som et separat dokument.

7.2 Driftsfase

7.2.1 Besejling

Generel vejledning om hvordan broen kan passeres [10].

- › Fartøjer, der kan lægge masten, eller som er af en sådan højde, at de kan passere under broen, kan ikke forlange denne åbnet.
- › Broåbningen må kun passeres af et skib ad gangen. Hvis der er udsigt til, at flere skibe samtidigt vil komme til at passere broen fra samme side, skal sejlskibe have fortrinsret for maskindrevne skibe. Ethvert skib, der skal passere broen, skal have et anker klar til at falde. Der skal endvidere være truffet alle fornødne foranstaltninger til at undgå påsejling af broen som følge af ankre, rigning, udenbordsfartøjer, davider m.v.
- › Alle fritidsfartøjer, der er udstyret med motor, skal benytte denne under passage af broen. Inden for en afstand af 250 m på hver side af broen må skibe kun sejle med den for bevarelse af skibets manøvrevede nødvendige fart.
- › Broåbningen vil blive markeret med lysafmærkning (grøn og rød) i hver sejlretning. Afmærkningerne vil følge en eksisterende retning for indgående sejlads, som i dag går fra nord mod syd i Guldborg Sund.
- › Ved lukket bro, kan der fortøjes imens der afventes åbning af broen. Fortøjning nord for broen kan ske langs kajen og opholdstrappen. Fortøjning syd for broen skal ske langs den ca. 200 m lange Boardwalk.

7.2.2 Afmærkning på broen

Se afsnit 2.6

7.2.3 Afmærkning af wakeboardbanen

Wakeboardbanen befinder sig øst for en afmærket sejlrende. Sejlrendens eksisterende afmærkninger virker som afværgetiltag med henblik på eventuel påsejling af

wakeboardbanen. Desuden er der i projektet indarbejdet specialafmærkninger, se Figur 2-2.

8 Konklusion

› Anlægsfasen

- › Der kan være en høj risiko for skib-skib-kollision mellem et fritidsfartøj og et anlægsfartøj i en kort periode under anlægsfasen nær hovedfagets piller. Denne kollisionsrisiko kan undgås ved omhyggelig planlægning. I virkeligheden vil eventuelle hændelser dog for det meste foregå ved en begrænset hastighed og fartøjer er små, så kollisionens energien vil være begrænset. Derfor anses risikoen – forstået som sandsynlighed for alvorlige konsekvenser - ikke som usædvanlig eller høj.
- › Der er ikke fastsat endeligt afværgeforanstaltninger på nuværende tidspunkt. Det forventes dog at arbejdet varsles i efterretninger for søfarende samt at der udlægges specialafmærkning rundt om arbejdsområdet, således at sejlene styres den rette vej gennem projektområdet.

› Driftsfasen

- › Der er ikke fundet yderligere negativ påvirkning af sejladsikkerheden som følge af anlæggelsen og tilstedeværelsen af boardwalk og svømmeområdet i projektets driftsfase.
- › Risikoen fra tilstedeværelsen af wakeboardbanen er lille, hvilket skyldes skibenes faktiske sejladsmønster og afmærkningen af sejlrenden. Desuden er vandet under wakeboardbanen relativt grundt, hvilket vil medføre standsning ved grundstødning for i hvert fald nogle fartøjers vedkommende.
- › Cykel- og gangbroen udgør en tillægsrisiko for sejladsikkerheden i form af en stigning i kollisionsfrekvenser. Det dominerende bidrag til risikoen kommer fra de to hovedpiller ved klapfaget samt de to tilstødende piller. Dette skyldes primært, at spredningen for normalfordelingen for CAT I-kollisioner er stor i forhold til gennemsejlingsbredden for klapfaget. De samlede kollisionsfrekvens på $0,71 + 0,02 = 0,73$ hændelser per år svarer til en gentagelsesperiode på 16 måneder. Når man ser på det rene frekvenstal, kan risikoen virke høj. I virkeligheden vil de fleste hændelser dog foregå ved en begrænset hastighed og fartøjer er små, så kollisionens energien vil være begrænset. Derfor anses risikoen – forstået som sandsynlighed for alvorlige konsekvenser - ikke som usædvanlig eller høj.
- › Generel vejledning om, hvordan broen kan passeres, samt afmærkning på broen er etableret for at reducere denne negative påvirkning af sejladsikkerheden. Det bør desuden drøftes og aftales med Beredskabsstyrelsen, om disse afværgeforanstaltninger er tilstrækkelige.
- › Hovedpillerne er designeret til at modstå en påsejlingskraft fra et fartøj, der sejler på 3 knob. Skibstrafikanalyser viser en gennemsnitlig hastighed på lidt over 4 knob. Det kan overvejes at undersøge, hvorvidt dette har betydning for broens lastkapacitet mod skibsstød. Dette emne ligger

imidlertid uden for temaområdet for sejladsrisikovurderingen og hører snarere hjemme i den statiske eftervisning, dvs. hvis man ser bort fra ekstremscenariet med katastrofalt svigt, hvor broen falder ned på det skib, der har ramt den. Det forventes dog, at der fastsættes en fartbegrænsning på 3 knob, hvorved denne bemærkning vil blive genstandsløs.

9 References

- [1] A1 Consult AS, Guldborgsund Kommune, Helhedsplan Nykøbing F. Havn, Trafik- og Sejladsrisikoanalyse., 23-02-2024.
- [2] A1 Consult, *E-mail med emne "SV: Sejladsrisikoanalyse, Guldborgsund Kommune, Helhedsplan" sendt af Emil Nørgaard Sørensen, 02.06.2025 kl. 06:55 .*
- [3] »Bekendtgørelse om teknisk forskrift om et trafikovervågnings- og trafikinformationssystem i danske farvande og havne, BEK nr 1021 af 26/08/2010,« 2010.
- [4] BioApp, Notat: Strømmålinger ved svømmeområde i Nykøbing Falster havneområde, 2023.
- [5] DNV & COWI, Memo omkring sejladsforhold: Koordinering af metoden for Horns Rev 3 og Kriegers Flak, 2013.
- [6] Beredskabsstyrelsen, *Supplerende høringssvar, Guldborgsund, 23-07046 - SFS 2023150786.*
- [7] COWI rapport for A/S Storebælt, »Skibskollisioner, grundlag for beregninger. A054212-007, 27.05.2016 (ikke offentlig tilgængelig)«.
- [8] COWI rapport, »Ny Storstrømsbro VVM-undersøgelse, ship traffic—navigation, 93200-COW-REP-2-NAV-00101-1.0,« 2014.
- [9] O. D. Larsen, »Ship Collision with Bridges. The Interaction between Vessel Traffic and Bridge Structures,« 1991.
- [10] A1 Consult, Bilag 1 - Udkast til broreglement, Guldborgsund Kommune_C_13, 2025.