

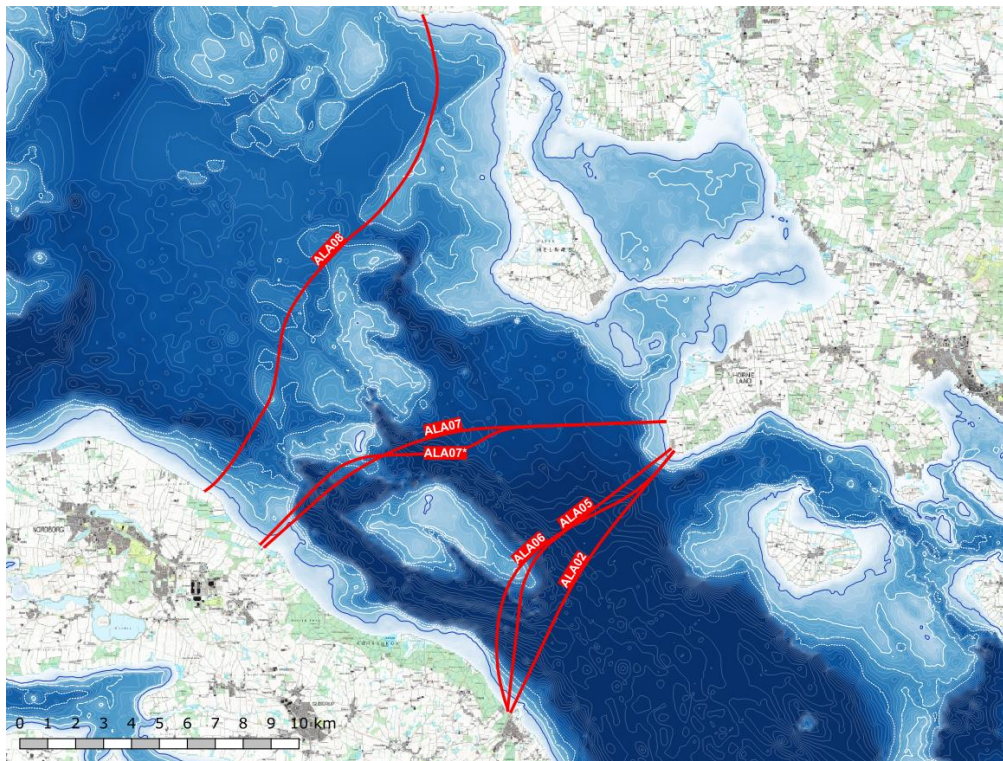
Til
Sund & Bælt Holding A/S

Dokumenttype
Rapport

Dato
Februar, 2024

Als-Fyn Anlægstekniske forundersøgelser

Sejladsforhold og risiko for skibskollisioner



Als-Fyn Anlægstekniske forundersøgelser

Sejladshold og risiko for skibskollisioner

Projekt navn **Fyn-Als Framework**
Projektnr. **1100052138**
Modtager **Sund & Bælt**
Dokumenttype **Teknisk rapport**
Version **5.0**
Dato **13-02-2024**
Udarbejdet af **HGL/MASOE**
Kontrolleret af **TOKJ**
Godkendt af **TOKJ**
Beskrivelse **Rapportering af workshop og analyse af sejladshold og risiko for skibskollisioner ang. mulige korridorer for en Als-Fyn Forbindelse**

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
<https://dk.ramboll.com>

Revision	Dato	Udarbejdet af	Tjekket af	Godkendt af	Beskrivelse
1.0	20-02-2023	HGL	MASOE/TOKJ	TOKJ	Første udgave til kommentering hos S&B
2.0	31-03-2023	HGL	TOKJ	TOKJ	Opdatering efter kommentering og tilføjelse af sydlig bjælkebro
3.0	05-06-2023	HGL	TOKJ	TOKJ	Opdatering med minimumsløsninger
4.0	22-12-2023	MASOE	TOKJ	TOKJ	Opdateret analyse af ALA07. Tidligere ALA07 kaldes nu ALA07*. Ny korridor kaldes ALA07, og beskrives sammen med ALA07*.
5.0	13-02-2024	MASOE	TOKJ	TOKJ	Opdatering efter kommentering fra S&B.

Confidential

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

Indhold

1.	Introduktion	3
2.	Fremgangsmåde	4
3.	Generelle forhold, grundlag og forudsætninger	5
3.1	Batymetri og navigationsforhold	5
3.2	Skibstrafik	8
3.3	Brodesign og gennemsejlinger	10
3.4	Mødesituationer i gennemsejlingen	11
3.5	Kollisionsrisiko mod en brokonstruktion	13
3.6	Workshop	21
4.	Evalueringsmetode	22
4.1	Kollisionsrisiko – kriterier og evaluering	22
4.2	Sejladeforhold – kriterier og evaluering	24
5.	Korridorer	27
5.1	Baggrund, prioriteringer og endeligt valgte korridorer	27
5.2	ALA02 – Broforbindelse mellem Fyns Hav og Sønder Hjørne på Horneland	30
5.3	ALA06 – Broforbindelse mellem Fyns Hav og Sønderhjørne over Søndre Stenrøn	36
5.4	ALA07* og ALA07 – Broforbindelse mellem Tranerodde og Horne vest	40
5.5	ALA08 – Broforbindelse mellem Lavensby Strand og Sønderby	50
5.6	ALA05 – Kombineret forbindelse mellem Fyns Hav og Sønderhjørne over Søndre Stenrøn	54
6.	Alternativ broløsning for ALA02 og ALA07*/ALA07	58
6.1	Trafikbegrænsning og omlægning til mindre skibe	59
6.2	Mødesituationer efter begrænsning af skibenes længde til 175m	60
6.3	Kollisionslaster	61
6.4	ALA02 – med bjælkebro i den sydlige passage	62
6.5	ALA07*/ALA07 – med bjælkebro i den sydlige passage	66
7.	Minimumsløsninger	70
7.1	Gennemsejlingsarrangement	70
7.2	Gennemsejlingens placering	71
7.3	Rutelægning frem mod gennemsejlingen	73
7.4	Sammenfatning	77
8.	Sammenfatning og konklusion	78
9.	Temaer for yderligere undersøgelser	82
9.1	Detaljeret analyse af AIS data	82
9.2	Mulighed for energioptag i brokonstruktionen ved en kollision	82
9.3	Trafikken til Aabenraa og Ensted Havn	82
9.4	Erfaring med og praksis for mødesituationer	82

9.5	Modellering af kollisionsrisikoen i mødesituationer	82
9.6	Modellering af kollisionsrisikoen i snævert farvand	83
9.7	Navigationssimuleringer	83
9.8	Størrelsen på skibe, der vil passere bjælkebroens gennemsejling	83
9.9	Gennemsejlingens placering i minimumsløsning	83
10.	Referencer	84

Appendikser

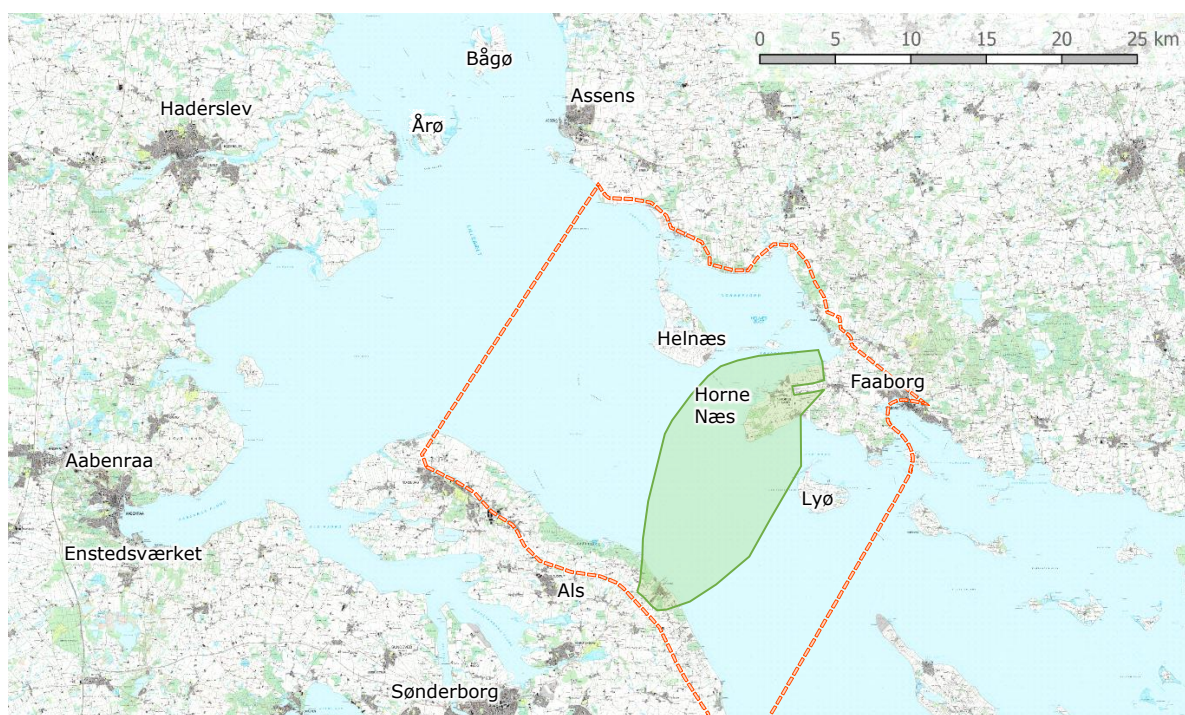
Appendiks 1 – Grundlag for korridorworkshop

Appendiks 2 – Tabeloversigt – registreret skibstrafik i 2021

Appendiks 3 – Estimering af mødesituationer

1. Introduktion

Rambøll udarbejder for Sund & Bælt A/S en anlægningsteknisk forundersøgelse for en mulig fast forbindelse mellem Als og Fyn. Herunder er skibstrafikken i området afklaret og analyseret – se /1/ – og afledte hensyn og krav til forbindelsens placering, overordnede udformning og konstruktion er identificeret, så skibstrafikken kan arrangeres på sikker og acceptabel vis omkring og igennem forbindelsen. Forundersøgelsen var oprindeligt afgrænset til forundersøgelsesområdet vist i Figur 1-1. Kombinationen af store vanddybder (se afsnit 3.1) og en begrænset, men vigtig, trafik med meget store skibe (se afsnit 3.2), udgør en ikke uvæsentlig udfordring for en fast broforbindelse indenfor forundersøgelsesområdet.

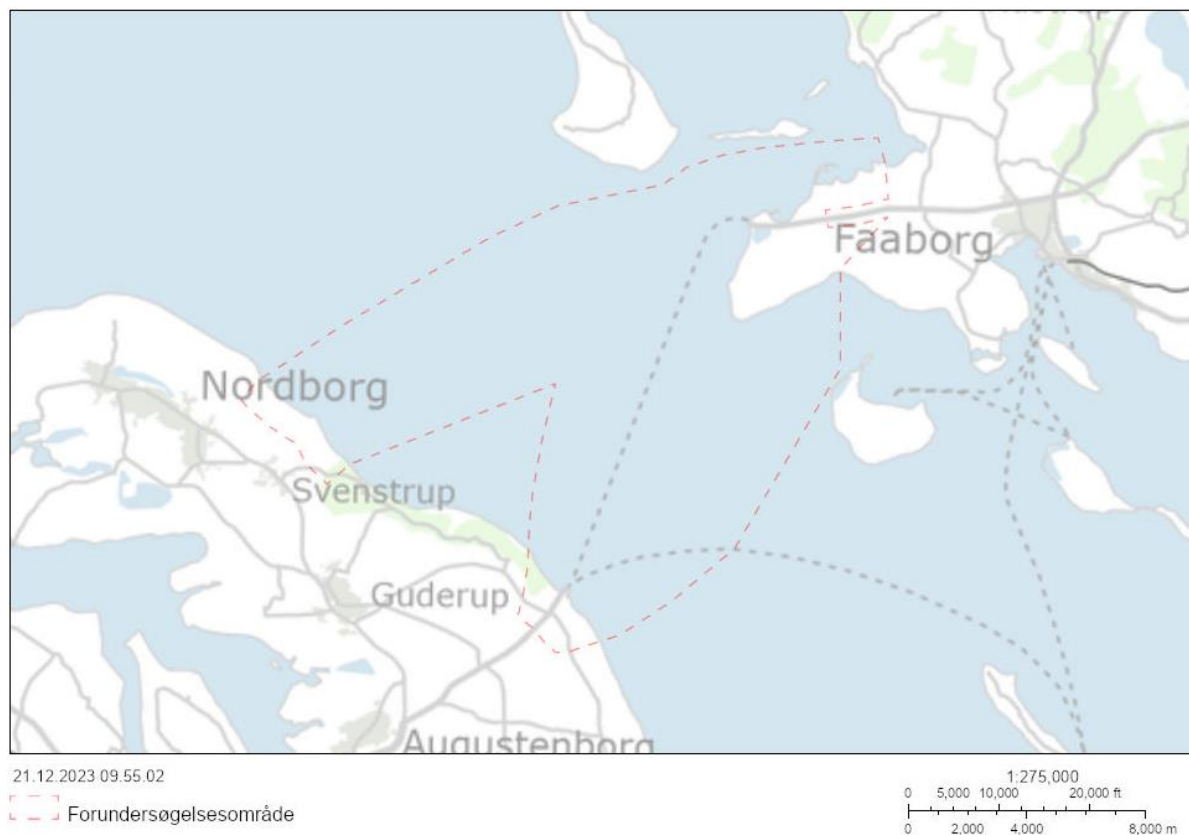


Figur 1-1 Kort over regionen med forundersøgelsesområdet for en fast forbindelse mellem Als og Fyn (-----), samt det udvidede område for screening af alternative korridorer (-----).

Sund & Bælt A/S har derfor anmodet Rambøll om at gennemføre en identifikation af alternative korridorer indenfor det udvidede område vist i Figur 1-1. Fokus for denne identifikation skal være muligheden for et sikkert og acceptabelt arrangement af skibstrafikken omkring og igennem forbindelsen. Nærværende rapport er produktet af dette arbejde.

Screeningen er afgrænset til det udvidede område vist i Figur 1-1. Forslag til korridorer skal i udgangspunktet forudsætte en ren broforbindelse og skal alene have fokus på at begrænse risikoen for kollision mod broen og samtidig sikre et realistisk og sikkert arrangement af skibstrafikken. I tillæg hertil, er det undervejs besluttet at tilføje en allerede konkretiseret kombineret løsning (bro og tunnel), samt en bjælkebro løsning. Sidstnævnte vil begrænse passage af de større skibe i den nuværende trafik.

Resultaterne af screeningen af alternative korridorer har blandt andet været årsag til at udvide forundersøgelsesområdet som vist i Figur 1-2. Nærværende rapport er i den forbindelse opdateret med yderligere vurdering af en ekstra korridor i det udvidede forundersøgelsesområde.



Figur 1-2 Udvidet forundersøgellesområde.

Den rapporterede sejladsanalyse (/1/) og det underliggende datagrundlag anvendes som basis vedrørende skibstrafikken, og evaluering af de foreslåede korridorer gøres kvalitativt svarende til den form, der er anvendt ved en tilsvarende forundersøgelse for en fast forbindelse over Kattegat (/3/).

Den igangværende anlægstekniske forundersøgelse er underlagt specifikke kvalitative scoringskriterier for en række forskellige parametre for de betragtede løsninger, herunder parametre for *sejladsforhold* og *kollisionsrisiko*. Sund & Bælt A/S har foreskrevet at nærværende undersøgelse alene skal fokusere på de relevante parametre *sejladsforhold* og *kollisionsrisiko* ved identifikation og til evaluering af mulige korridorer.

2. Fremgangsmåde

Opgaven er indledningsvis belyst og iscenesat ved at samle og illustrere: tilgængeligt grundlag og data for opgaven (afsnit 3.1-3.2), de anlægningstekniske antagelser for en broforbindelse (afsnit 3.3), samt en introduktion af termer og betragtninger ved analyse, vurdering og reduktion af kollisionsrisikoen (afsnit 3.5).

Med dette som udgangspunkt afholdtes den 14. december 2022 en workshop (afsnit 3.6), der identificerede en række alternative korridorer i det udvidede område. Som foreskrevet var fokus på korridorer, der bedst muligt begrænser risikoen for skibskollisioner mod forbindelsen uden at kompromittere sejladsforholdene for trafikken i området.

Den efterfølgende proces med at fastlægge mulige arrangementer af skibstrafikken omkring og igennem forbindelsen, viste at høj prioritering på at minimere kollisionsrisikoen kan lede til arrangementer af skibstrafikken, der dels kunne være i for stor modstrid med sejladsens faktiske afvikling, og dels kunne indeholde forhold af overset betydning for sejladssikkerheden. Der opstod således behov for at prøve sådanne arrangementer af overfor søfartskyndige.

Det for opgaven specificerede evalueringskriterium for *sejladsforhold* (se afsnit 4) er blandt andet udtrykt ved forventningen om, hvorvidt søfartsmyndighederne kan acceptere det foreslåede sejladsarrangement og de tilhørende begrænsninger for sejladsen igennem en broløsning. Den 23. januar 2023 afholdte Sund & Bælt derfor møde med Christian Degner og Flemming Sparre Sørensen fra Søfartsstyrelsen, for at drøfte forskellige tilgange til at arrangere og lede sejladsen omkring og igennem en broforbindelse. Et kort referat af disse drøftelser kan findes i /4/. Projektets forslag til korridorer og tilhørende arrangementer af trafikken omkring de identificerede løsninger er efterfølgende justeret, ud fra den viden og de tilkendegivelser Søfartsstyrelsen delte ved mødet.

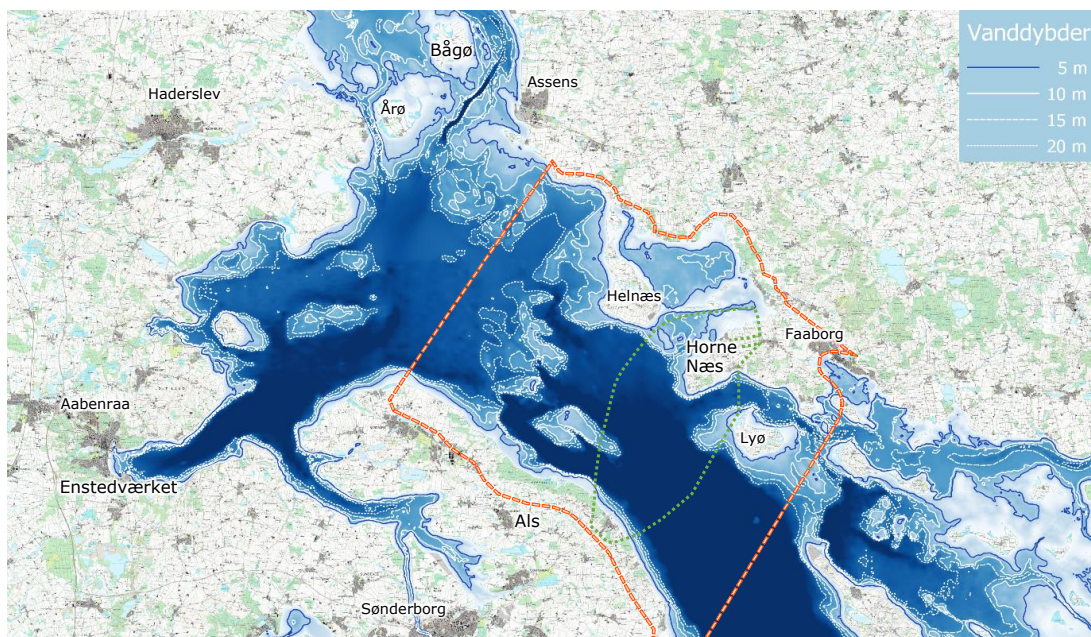
Endeligt er de kvalitative evalueringskriterier for parametrene *sejladsforhold* og *kollisionsrisiko* omsat til en række konkrete kvalitative og kvantitative evalueringspunkter (afsnit 4.1 og 4.2), der giver mulighed for sammenligning på tværs af korridorerne, og som danner grundlag for en samlet mere absolut scoring op imod de kvalitative kriterier.

De undersøgte og evaluerede løsninger i korridorerne tilbyder en gennemsejling til hver af de to hovedruter i farvandet. For at udvide og/eller afgrænse udfaldsrummet af løsninger, giver undersøgelsen også en diskussion og evaluering af løsninger, der kun tilbyder en gennemsejling.

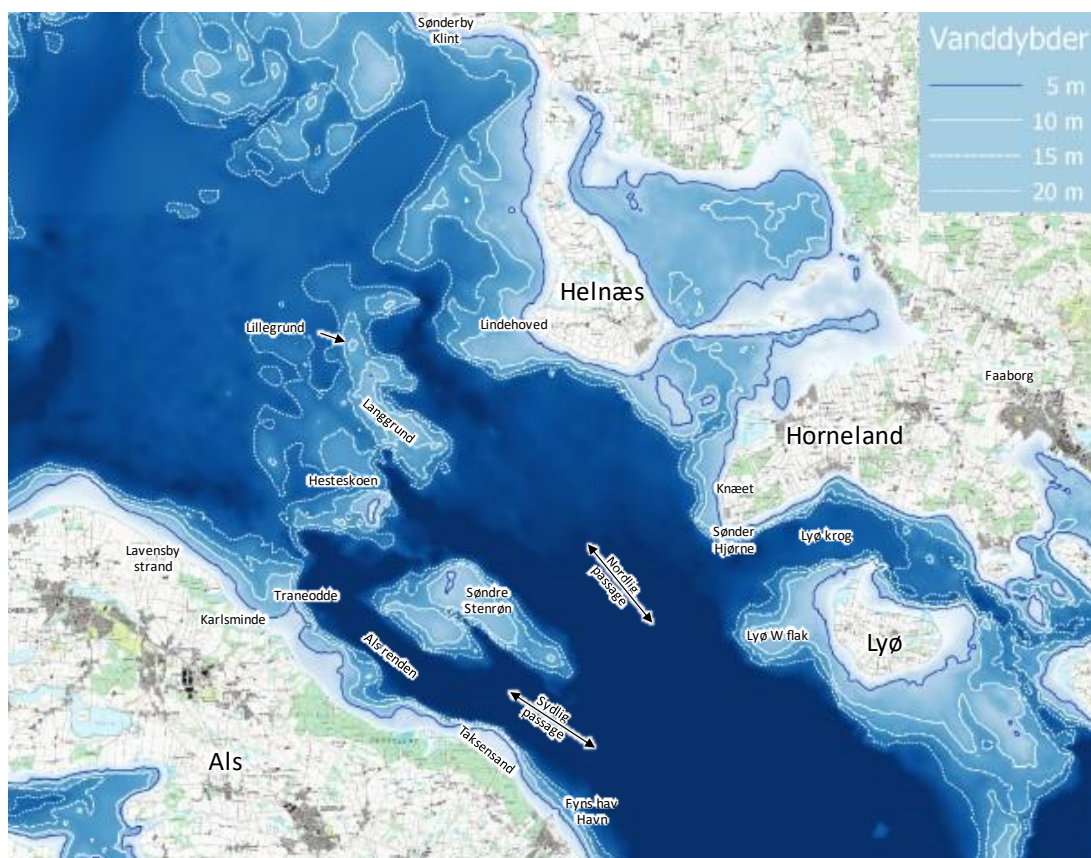
3. Generelle forhold, grundlag og forudsætninger

3.1 Batymetri og navigationsforhold

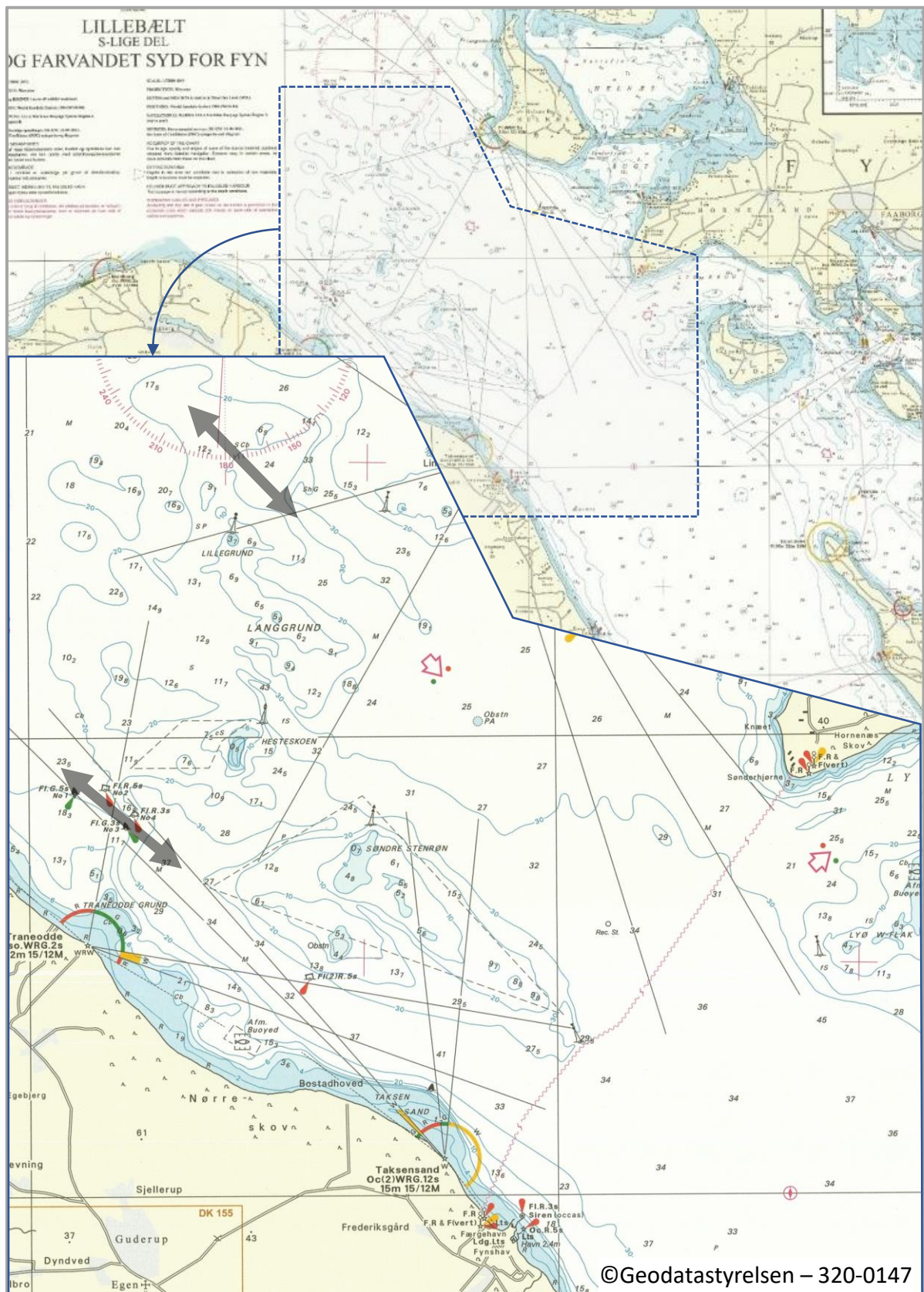
Som det ses af kortet i Figur 3-1 er farvandet i forundersøgelingsområdet generelt meget dybt, mere end 20 m ganske tæt ved kysten og helt op til 40 m i de dybeste dele midt i området. Den øvre (nordlige) halvdel af screeningsområdet mellem Helnæs og Als indeholder en del lokale områder med lavere vanddybde, der enkelte steder bliver til deciderede rev eller grunde – ved Søndre Stenrøn, Hesteskoen, samt Lillegrund og Langegrund – se Figur 3-2. De store vanddybder tillader uhindret navigation i store dele af området, mens de lokalt lavvandede områder begrænser navigationen betragteligt for større skibe med dybgang over 10m. Sejladsforholdene og disse lokalt bestemmende begrænsninger fremgår af søkortet i Figur 3-3.



Figur 3-1 **Oversigt over batymetrien i og omkring screeningsområdet.**
 (..... : forundersøgelsernes forundersøgelserområde, - - - : udvidet screeningsområde)



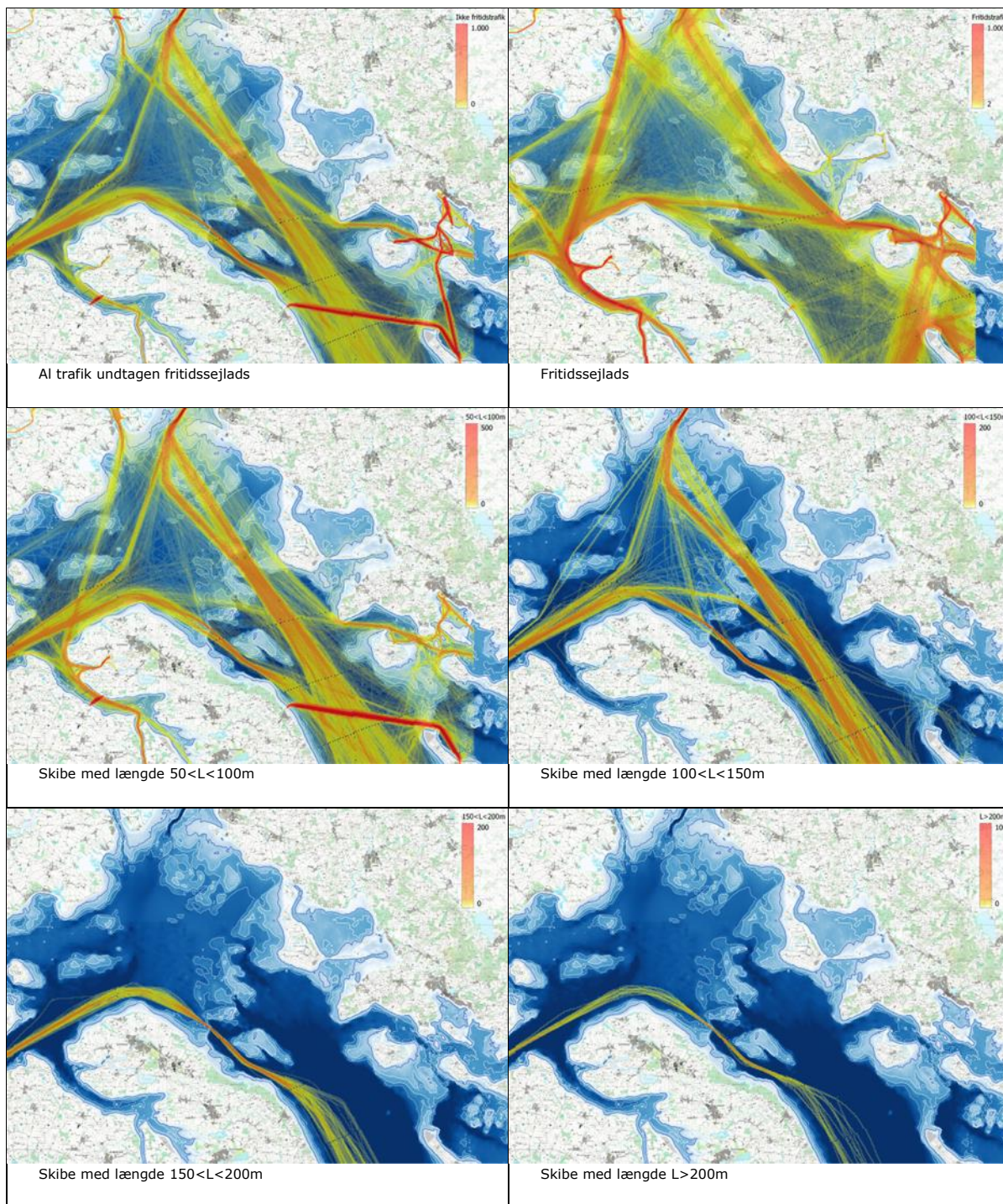
Figur 3-2 **Batymetrien i screeningsområdet samt anvendte stednavne og betegnelser.**



Figur 3-3 Søkort over screeningsområdet. De to begrænsende snævring for den nordlige og den sydlige passage, der er de hovedsageligt anvendte passager for erhvervstrafikken, er markeret med \longleftrightarrow .

3.2 Skibstrafik

Opgørelsen af skibstrafikken er baseret på analyserne af AIS data for 2021 rapporteret i /1/. Fordelingen af den observerede trafik i området i 2021 er præsenteret i Figur 3-4. Fritidssejladserne ses at navigere frit og uhindret i det meste af screeningsområdet, men destinationerne Als Fjord, Lillebælt og det sydfynske øhav er dominerende for de ruter, der afspejler sig i fritidstrafikken.



Figur 3-4 Illustration af trafikens fordeling i området for forskellige grupper af skibe og skibsstørrelser. Færgetrafikken mellem Fyn og Als (Bøjden på Horneland og Fyns Hav på Als) er elimineret. For året 2021.

Trafik, der ikke er registreret som fritidstrafik, ses i større udstrækning at være fokuseret til de to passager nord og syd for Søndre Stenrøn, som er relateret til de to snævringer markeret i Figur 3-3. Trafikken af mindre erhvervsskibe (50-100m længde), viser samme udbredelse som trafikken generelt, mens de større skibe (100-150m længde) er mere fokuseret i de to nord-sydgående passager i området, med Aabenraa og Lillebælt som destinationer vest og nord for området. Endelig anvender trafikken af store skibe (150-200m længde) og meget store skibe (over 200m længde) alene den sydlige passage mellem Søndre Stenrøn og Als, og har Aabenraa og/eller Enstedværket som destination.

Baseret på den detaljerede tabellering af den registrerede trafik for 2021 vist i Appendiks 2 giver Tabel 3-1 en sammenfatning af trafikken, der ikke er fritidstrafik, for 5 størrelsesklasser af skibe.

Tabel 3-1 Årstrafik for 2021, der ikke er fritidstrafik, i den sydlige og nordlige passage.

Længde [m]	Sydlige passage			Nordlige passage			Begge passager		
	Nordgående	Sydgående	Samlet	Nordgående	Sydgående	Samlet	Nordgående	Sydgående	Samlet
0 - 50	175	182	357	363	407	770	538	589	1,127
50 - 100	158	170	328	365	415	780	523	585	1,108
100 - 150	71	64	135	162	168	330	233	232	465
150 - 200	51	51	102				51	51	102
200 - 300	9	9	18				9	9	18
Total	464	476	940	890	990	1,880	1,354	1,466	2,820

Den samlede trafik i de to passager udgør ca. 1/8 af trafikken igennem Storebæltsforbindelsen og er dermed ikke signifikant i forhold til de større faste forbindelser i danske farvande. Omvendt er trafikken 2-3 gange større og omfatter væsentlig større skibe, end der passerer under den kommende Ny Storstrømsbro. Trafikken er dermed heller ikke ubetydelig.

Trafikken med skibe af længde i intervallerne 0-50m og 50-100m ses at være af cirka samme omfang, mens trafikken successivt aftager med stigende størrelse af skibene. De små skibe udgør ikke en reel kollisionsrisiko for broen, hvorfor evalueringen i denne rapport udelukkende fokuserer på trafikken med skibe længere end 50 meter. Denne trafik er sammenfattet i Tabel 3-2 både som årstrafik og omsat til lettere fortolkelige mål for passagehyppigheden.

Tabel 3-2 Årstrafik for skibe længere end 50 meter.

Længde [m]	Sydlige passage		Nordlige passage		Begge passager	
	Årstrafik	svarende til	Årstrafik	svarende til	Årstrafik	svarende til
50 - 100	328	6,3 per uge	780	2,1 per dag	1.108	3,0 per dag
100 - 150	135	2,6 per uge	330	6,3 per uge	465	1,3 per dag
150 - 200	102	2,0 per uge			102	2,0 per uge
200 - 300	18	1,5 per måned			18	1,5 per måned
Total	583	1,6 per dag	1.110	3,0 per dag	1.693	4,6 per dag

Den samlede trafik af skibe større end 50m ses at udgøre knapt 2 per dag for den sydlige passage og 3 per dag for den nordlige passage. En sammenlægning af trafikken i den ene passage vil dermed øge trafikken fra 2 eller 3 til 5 passager per dag, hvilket ikke udgør en radikal ændring af trafikken. Da de største skibe alene anvender den sydlige passage, vil det være mest oplagt at samle trafikken her. Det snævre farvand betyder at mødesituationer kunne blive mere udfordrende her, men med samlet 5 passager per dag, hvor passagen af den snævre del typisk vil tage ½ time, vurderes antallet af mødesituationer ikke at stige betragteligt ved en sammenlægning af trafikken i den sydlige passage.

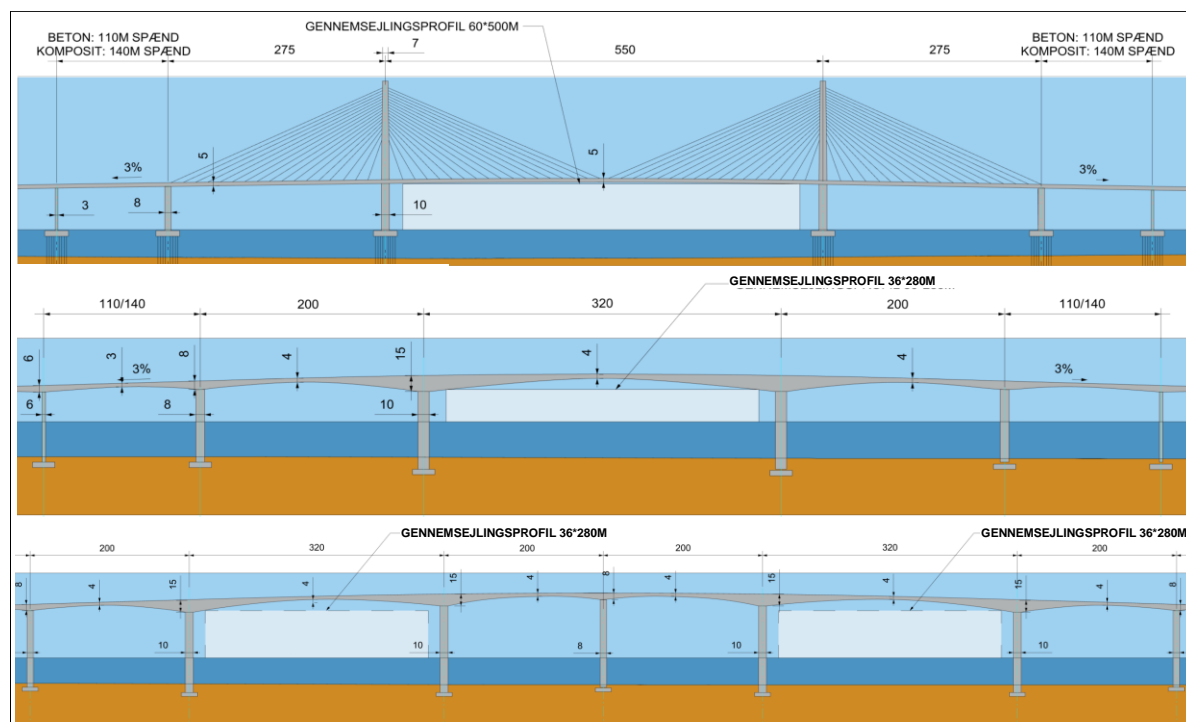
At skibe større end 150m ikke anvender den nordlige passage skyldes ifølge densitetskortene i Figur 3-4, at denne trafik skal til Enstedværket eller Aabenraa Havn. Og uanset om trafikken

kommer til området sydfra eller nordfra igennem Lillebælt, vil den nordlige passage således være en omvej. At den observerede trafik til Enstedværket og Aabenraa ikke benytter Lillebælt, og at der heller ikke er transittrafik igennem Lillebælt med denne størrelse skibe, antyder, at det er forholdene i passagen op til Lillebælt og ikke forholdene i den nordlige passage, der begrænser trafikken til skibe under 150 meters længde.

3.3 Brodesign og gennemsejlinger

I undersøgelsen forudsættes broforbindelsen at indeholde dedikerede gennemsejlingsfag til trafikken i den sydlige og nordlige passage. Af hensyn til fritidssejladser er frihøjden under lavbroen udenfor gennemsejlingerne forudsat til at være 18 meter, og afhængig af det valgte princip for brodrageren, forventes spændvidden af disse standardfag at blive på mellem 110 og 140 meter. I nærværende analyse er spændvidden alene forudsat ikke at være under 110 meter.

For gennemsejlingsfag til den nordlige passage forudsættes en gennemsejlingsåbning, der er 280 meter bred og enten 26 eller 36 meter høj. Under forudsætning om ensrettet sejlads – dvs. uden eller med meget sjældne mødesituationer – vil denne gennemsejling være tilstrækkelig for skibe med en længde på op til 175 meter. Ifølge den observerede trafik for 2021 anvender skibe længere end 150 meter tilsyneladende aldrig den nordlige passage, hvorfor den forudsatte geometri for gennemsejlingsåbningen er tilstrækkelig til at betjene den aktuelle trafik.



Figur 3-5 Skitsering af mulige gennemsejlingsfag: en kabelbåren bro for en dobbeltrettet navigationsåbning i den sydlige passage (øverst), en bjælkebro for den nordlige passage med en dobbeltrettet navigationsåbning (midt), og to enkeltrettede navigationsåbninger (nederst).

For gennemsejlingsfaget til den sydlige passage forudsættes en gennemsejlingsåbning, der er 500 meter bred og 60 meter høj. Dette vil være tilstrækkeligt for skibe med en længde på op til 315 meter under forudsætning om ensrettet passage centralt i gennemsejlingen – se også afsnit 4.2 i /1/.

Nærværende undersøgelse af kollisionsrisiko og sejladsforhold ved allerede overvejede og alternative korridorer, har alene fokus på skibe længere end 50 meter. Dette fokus er

underbygget af, at et mindste standardspænd på 110 m med en frihøjde på 18 meter giver en tilstrækkelig gennemsejlingsåbning for skibe, der er mindre end 50 meter lange. Den maksimale stødkraft i en kollision med et 50 meter langt skib estimeres at være 20-30 MN. Siden pillerne for standardspændet forventes at kunne mobilisere en modstandsevne på 40-50 MN, udgør disse skibe ikke en kollisionsrisiko; selv ikke hvis de vælger at passere broen udenfor de etablerede gennemsejlinger. Hvis omfanget af trafikken med disse skibe bliver en udfordring for passagen af de større skibe i de dedikerede gennemsejlinger, vil det være muligt at arrangere separate gennemsejlinger til denne trafik i standardspænd.

3.4 Mødesituationer i gennemsejlingen

Antagelsen om at ensrettet passage kan forudsættes i gennemsejlingen i den sydlige passage er støttet af den registrerede trafikmængde (2-3 passager om dagen), der vil betyde at et skib under passage af gennemsejlingen kun sjældent vil møde et modgående skib.

Som en indledende vurdering af potentialet for kritiske mødesituationer, er trafikken i den nordlige og sydlige passage underkastet en simpel analyse i forhold til tilstrækkeligheden af de foreslåede gennemsejlinger. Trafikken i begge retninger forudsættes at ankomme tilfældigt over tid, og alle skibe antages at sejle med 10 knob. En mødesituation defineres ved, at et skib møder et modgående skib indenfor en 4 sømil lang strækning omkring gennemsejlingen. Når gennemsejlingens bredde ikke er stor nok til at give begge de modgående skibe en fri bredde på 1,6 gange deres længde, betegnes mødesituationen som kritisk. Tabel 3-3 sammenfatter resultatet af denne analyse, når den baseres på al trafik, der ikke er fritidssejls (Tabel 3-1). Når der ses bort fra trafik med skibe mindre end 50 meter, leder analysen til resultaterne vist i Tabel 3-4.

Tabel 3-3 Simple estimater af mødesituationer og kritiske mødesituationer. Alle tal er passager per år og er baseret på den observerede trafik for 2021, der ikke er fritidssejls. (Anbefalede løsningsmuligheder er markeret med gult)

Skibstrafik	Passager per år	Gennemsejlinger		Mødesituationer per år	Kritiske mødesituationer per år	Andel kritiske møder
		Bredde	Antal			
Sydlige passage	940	500m	1	20	0,9	4,4%
			2	-	-	-
Nordlige passage	1.880	280m	1	77	24,9	32,3%
			2	-	-	-
Samlet trafik	2.820	500m	1	170	1,9	1,1%
			2	-	-	-

Når alle skibsstørrelser medtages, estimeres der 20 årlige mødesituationer i den sydlige passage og i kun én af disse situationer er gennemsejlingen på 500 meter utilstrækkelig. For den nordlige passage estimeres der 77 årlige mødesituationer hvoraf 25 er kritiske, hvis gennemsejlingen kun tilbyder et gennemsejlingsfag. Andelen af mødesituationer, der er kritiske, er således 8 gange højere i den nordlige passage end i den sydlige. Navigationsåbningen i den sydlige passage giver dermed bedre plads til mødesituationer end hvis der tilsvarende kun er en åbning i den nordlige passage. Det skyldes at trafikken med de store skibe, der har defineret navigationsåbningens bredde, udgør en væsentlig større andel af trafikken i den nordlige passage, end den gør i den sydlige.

En fast forbindelse kunne forudsættes, at de større skibe i den nordlige passage omledes til at anvende den sydlige passage. Betydningen af en sådan omlægning er indikeret ved at betragte den ekstreme situation, hvor al trafikken i den nordlige passage ledes over i den sydlige passage.

Siden antallet af mødesituationer vokser kvadratisk med trafikken, leder sammenlægning af trafikken til en markant stigning i antallet af mødesituationer. Imidlertid omfatter den overførte trafik fra den nordlige passage kun skibe mindre end 150 meter, og mødesituationerne i denne trafikstrøm vil kunne rummes i den bredere navigationsåbning i den sydlige passage uden at udgøre en kritisk passage. Det forklarer hvorfor antallet af kritiske mødesituationer kun øges fra knapt 1 om året til knapt 2 om året.

Nærværende evaluering af sejladsforhold og kollisionsrisiko har fokus på trafikken med skibe længere end 50 meter. I Tabel 3-4 vises derfor resultatet af samme analyse af mødesituationer, men alene baseret på andelen af skibstrafikken med skibe længere end 50m. Antallet af passager udgør cirka 60% af trafikken i Tabel 3-3, og antallet af mødesituationer er reduceret til cirka 36%. Det er i overensstemmelse med den kvadratiske sammenhæng mellem trafik og mødesituationer ($0,6^2=0,36$). Antallet af passager med kritisk møde reduceres dog kun marginalt i forhold til Tabel 3-3, da de kritiske mødesituationer primært afhænger af trafikken med større skibe, som er den samme i de to analyser.

Tabel 3-4 Som Tabel 3-3 men begrænset til kun at betragte trafik med skibe længere end 50 m. (Anbefalede løsningsmuligheder er markeret med gult)

Skibstrafik	Passager per år	Gennemsejlinger		Mødesituationer per år	Kritiske mødesituationer per år	Andel kritiske møder
		Bredde	Antal			
Sydlige passage	583	500m	1	8	0,8	10,6%
			2	-	-	-
Nordlige passage	1.110	280m	1	27	23,6	86,1%
			2	-	-	-
Samlet trafik	1.693	500m	1	63	1,7	2,7%
			2	-	-	-

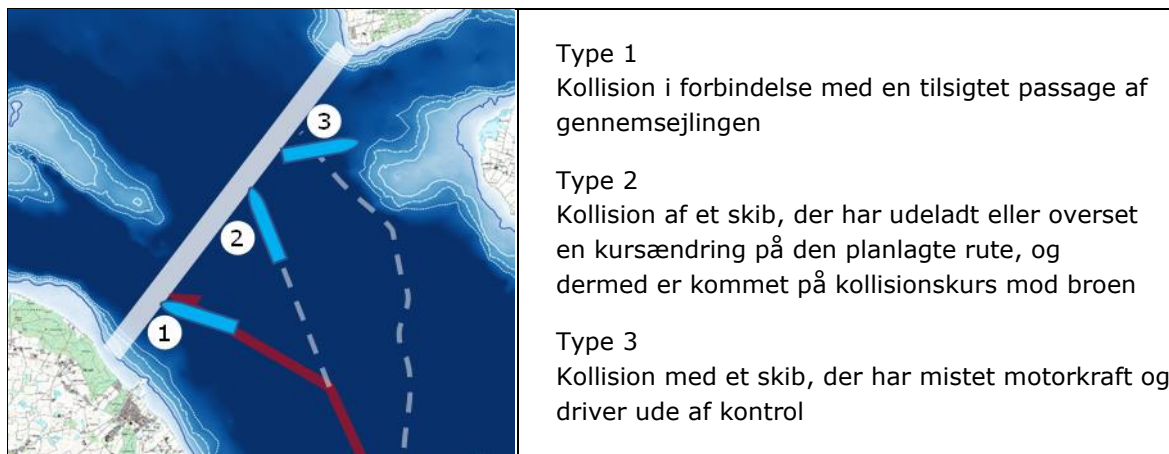
Samlet set er mængden af trafik og dens størrelsesfordelingen i den sydlige passage nogenlunde konsistent med det foreslåede gennemsejlingsfag, idet der kun estimeres cirka 1 kritisk mødesituation om året. Men det skyldes primært, at det er en uensartet størrelsesfordeling, med forholdsvis få passager af de helt store skibe, der definerer gennemsejlingens bredde. Dobbelt så megen trafik i den nordlige passage og en mere ensartet størrelsesfordeling leder til væsentlig flere kritiske mødesituationer – 24 per år eller 2 per måned. Endelig ses antallet af kritiske passager ikke at stige voldsomt, hvis den nuværende trafik i den nordlige passage omlægges til at benytte den sydlige passage. Det skyldes igen, at gennemsejlingsåbningen på 500 m er baseret på meget få passager af meget store skibe, og at det store trafikvolumen fra den nordlige passage alene omfatter skibe under 150 m, der kan møde hinanden ved broen uden at skabe en kritisk mødesituation.

På baggrund af de høje estimater af hyppigheden af kritiske mødesituationer er det vurderet nødvendigt at arrangere to separate gennemsejlinger i den nordlige passage. Den ene bredere gennemsejling i den sydlige passage vurderes at være tilstrækkelig, også selvom al trafik ledes igennem den sydlige passage. Disse vurderinger/anbefalinger er markeret i Tabel 3-3 og Tabel 3-4. Nødvendigheden af to gennemsejlinger i den nordlige passage er forudsat og anvist i de foreslåede arrangementer af sejladsen ved en adskillelse af de nord- og sydgående ruter¹, og evaluering af sejladsforholdene for de foreslåede korridorer og deres arrangement af sejladsen forudsætter ligeledes, at der arrangeres 2 gennemsejlinger i broen over den nordlige passage.

¹ Adskillelsen anvendt i disse illustrationer er symbolsk og svarer til 2 standardspænd på 110m. Anvendes brodesignet med 2 gennemsejlinger vist i Figur 3-5, vil afstanden mellem ruterne blive større.

3.5 Kollisionsrisiko mod en brokonstruktion

Ved en risikovurdering af en brokonstruktion over besejlet farvand, deles kollisionsmulighederne sædvanligvis op i de tre scenarier illustreret i Figur 3-6.



Figur 3-6 Illustration af de kollisionsscenarier, der typisk inddrages i vurdering af kollisionsrisikoen for en brokonstruktion hen over besejlet farvand.

Type 1 – ved passage af gennemsejlingen

Denne kollisionskategori vil omfatte alle de typer og størrelser af skibe, der kan forventes at passere broen. Gennemsejlingsåbningen vil være valgt med udgangspunkt i denne forventede trafik, og det vil dermed være sikret at skibet ikke kan nå brodrageren. Dermed vil kollisioner af type 1 sædvanligvis kun vedrøre pillerne på hver side af gennemsejlingen. Kollisionerne sker i forbindelse med en tiltænkt passage af gennemsejlingen og vil derfor foregå mindst med manøvfart (typisk 4-6 knob). Er der anlagt en rummelig gennemsejling, så passagen ikke kræver særlig agtpågivenhed, vil skibet have sædvanlig eller måske let reduceret marchfart, og denne fart må derfor også forudsættes i en kollision. Skibets bevægelsesenergi (kinetiske energi) skal optages ved deformation af skibets stive bovkonstruktion, og det kræver meget store kræfter at foranledige denne knusning. Disse store kræfter skal de udsatte bropiller enten designes til at kunne modstå, eller beskyttes imod med eksterne beskyttelsesværker.

Type 2 – udeladt kursændring

Denne kollisionsrisiko kan både opstå med skibe, der navigerer hen imod en gennemsejling i broen, og for skibe, der navigerer i farvandet omkring broen, men ikke har (eller burde have) til hensigt at passere broen. Kollisionsrisikoen kan derfor omfatte skibe af en størrelse, der ikke er taget i betragtning i designet af broen. Ruteforløbet hen mod den nødvendige kursændring afgør hvilke dele af broen, der er eksponeret for kollisionsrisiko. Det kan i uheldige tilfælde omfatte dele af broen langt fra gennemsejlingen, hvor broen ikke er forstærket eller beskyttet af hensyn til type 1 kollisioner. Da skibet vil være "en route" når forglemmelsen indtræder, vil kollisionen kunne ske som en bov-kollision med sædvanlig marchfart. Kombinationen af at dele af broen langt fra gennemsejlingerne kan rammes, at skibet kan være større end dem, der er planlagt at skulle passere (endsige være i nærheden af) broen, og at der vil være tale om en bov-kollision med et skib i marchfart, kan gøre denne kollisionstype afgørende for gennemførligheden af et broprojekt. Da skibet kan ramme dele af broen, hvor det ikke var tiltænkt at et skib skulle passere under, kan kollisionen lede til 3 principielle scenarier, afhængig af frihøjden under brodrageren:

- Bovkollision mod brodrageren
Dette scenarie er umiddelbart mest kritisk, idet den stive/stærke bov vil kunne anrette stor skade på drageren.
- Kollision mellem skibets overbygning og brodrageren
Skibets overbygning vil ikke have samme lokale styrke som boven, men da kontaktfladen kan blive stor, vil der kunne udvikles en stor samlet kraft
- Bovkollision mod en bropille
Dette scenarie svarer til kollision af Type 1.

Overordnet set er risikoen ved Type 2 kollisioner størst, når skibet kan opnå direkte kontakt med overbygningen. En større del af broens længde vil dermed være eksponeret, end hvis skibet kun kan ramme bropillerne. Desuden er brodrageren og dens lejer mere komplicerede at forstærke imod kollisionskræfterne, end pillerne. Og kollisionskraften på brodragere vil overføres til pillerne, så de skal også forstærkes imod kollisionskræfter, der angriber helt oppe ved toppen af pillen.

Type 3 – Drivende skib

Et skib, der har mistet motorkraften og ikke vælger at kaste anker, vil tabe fart og ende med at drive med vind og strøm. Farten i den tilstand vil typisk være mindre end 4 knob eller 2 m/s, og pga. af forskelle i skibets form over og under vandet, vil skibet sædvanligvis orientere sig i en skæv vinkel i forhold til drivretningen. En kollision af denne type kan dermed forudsættes ikke at lede til en direkte bov-kollision. Kontakten med broen kan overordnet opdeles i tre scenarier:

- Skibets skrog rammer brodrageren først
Med undtagelse af den særlige situation hvor skroget er parallelt med brodrageren, vil den første kontakt med overbygningen opstå for eller agter på skibet. Kontaktkraften vil være modereret af, at skibet roterer for til sidst at lægge sig parallelt med brodrageren. Her vil skibets bevægelse vinkelret på broen blive endelig standset, mens det i princippet fortsat kan glide på langs af broen.
- Skibets overbygning rammer brodrageren først
I dette scenarie vil skibet også begynde at rotere omkring kontaktpunktet, og det videre forløb afhænger af, om kontaktpunktet er foran eller bagved skibets midtpunkt i drivretningen. Er kontaktpunktet bagved skibets midtpunkt, vil resten af skibet have passeret under brodrageren. Og forudsat at overbygningen ikke rives helt af, vil skibet rotere omkring kontaktpunktet indtil det ligger i balance med vind og strømkræfterne på skibet. Er midtpunktet bagved kontaktpunktet, vil skibet rotere enten indtil flere dele af overbygningen opnår kontakt med brodrageren, eller indtil skroget når kontakt med en bropille.
- Skibets skrog rammer en pille først
Størrelsen af kontaktkraften mod pillen er betinget af hvor langt fra skibets midt- eller tyngdepunkt kontakten opstår. Ved en lille afstand vil skibet blive standset momentant af pillen, og hele bevægelsesenergien skal omsættes ved denne kontakt med brokonstruktionen. Ved større afstande vil skibet fortsætte sin bevægelse efter første kontakt, men nu med en rotation omkring kontaktpunktet. Kraften på pillen kan dermed blive væsentligt mindre end ved midtskibs kontakt. I det videre forløb vil skibet rotere og enten "glide helt af" og drive forbi den ramte pille, eller blive standset helt når skibets overbygning kommer i kontakt med brodrageren eller skroget rammer endnu en pille.

På grund af skibets begrænsede hastighed vil der uanset scenarie ikke udvikles kollisionskræfter af samme størrelsesorden som i Type 1 eller 2 kollisioner. Til gengæld vil risikoen eksponere hele broens længde, og det vil i princippet kun være vanddybderne ved og omkring broen, der afgør hvor store skibe, de enkelte dele af broen kan blive ramt af.

3.5.1 Kollisionstypernes kritikalitet for korridor og sejladsarrangement

Skibenes enorme masse er den afgørende udfordring ved at have skibstrafik omkring og igennem en broforbindelse. Selv med de relativt moderate hastigheder, de større skibe normalt sejler med, er deres bevægelsesenergi af en størrelse, som brokonstruktioner umuligt kan absorbere i en kollision. Den eneste måde konstruktionerne kan overleve en kollision på, er derfor at give dem så stor styrke, at det er skibet, der knuses i deres kontakt med brokonstruktionen, og derved optager den store bevægelsesenergi. Hvis brokonstruktionen har en veldefineret elastisk eller plastisk deformationsmulighed, kan energioptaget i denne naturligvis tages i regning. Men det kræver store deformationer i konstruktionen at optage en tilstrækkelig stor andel af kollisionens energi, til at den maksimale kraft under kollisionen bliver reduceret betragteligt.

Skibets skrog er skibets bærende konstruktion, der skal kunne optage de store kræfter, der er forbundet med at bære skibets last igennem bølgerne på havet. Skroget er at betragte som en bjælke, der afstiver skibet i længderetningen, og understøttes af den ujævne og bevægelige havoverflade. Skrogbjælkens behov for styrke og stivhed øges med dens længde, og det betyder at skibets længde er en vigtig parameter for hvor stærkt skroget vil være. Skibets bov tvinges igennem vandet og bølgerne for at gøre plads til skrogbjælken, hvilket gør boven til den mest udsatte del og dermed den del af skroget, med størst lokal styrke. Derfor er en bov-kollision med et skib i fart det værste kollisionsscenario. Skrogbjælkens styrke og stivhed formår at lægge hele skibets inertie bagved boven, hvorved al skibets bevægelsesenergi kanaliseres frem og driver bovets kontakt og knusning mod brokonstruktionen.

I Eurocodes 1991-1-7:2007 /5/ Appendix C er givet en approksimativ formulering for, hvor store kræfter, der udvikles i en bov-kollision af et skib med en given længde, displacement og fart. Underliggende i denne formulering er bovkonstruktionens deformationskarakteristik beskrevet ved en bi-lineær plastisk kurve med stivheder, der øges med den betragtede skibs længde. Skibets masse og fart bestemmer tilsammen hvor stor en kinetisk energi, der skal optages ved knusning af boven, og den udledte maksimale stødkraft er bestemt ved at forudsætte, at al kollisionens energi omsættes til plastisk dissipation i den bi-lineære beskrivelse af boven.

Formuleringen er anvendt i /1/ til bestemmelse af den mulige kollisionsslast for de skibe, der er registreret at krydse korridoren i hhv. den nordlige og sydlige passage. For den nordlige passage estimeres den største kollisionskraft til 162 MN, mens de større skibe i den sydlige passage kan mobilisere helt op til 580 MN. Skibe på op til 50 meters længde, vil i princippet være i stand til at passere sikkert igennem et 110 m standardspænd. Sådanne passager vil kunne ske på skibets eget initiativ eller i et formelt arrangeret gennemsejlingsfag, og det vil derfor være relevant at sikre, at pillerne i et standardspænd kan modstå en kollision fra disse småskibe. Kollisionskraften for denne størrelse skib estimeres til 20-30MN.

I identifikation og evaluering af korridorer har det derfor højeste prioritet at reducere forbindelsens samlede eksponering for bov-kollisioner. Da de store kollisionskræfter alene er forbundet med Type 1 og Type 2 kollisioner, er det frekvensen for disse kollisionsscenerier, der i første omgang skal minimeres ved valg af korridor og sejladsarrangementet.

Risikoen for Type 1 kollisioner afhænger dels af gennemsejlingsåbningens bredde og dermed af pyloners og pillers afstand til trafikken. Men også af sejladsforløbet umiddelbart op til og igennem

gennemsejlingen. Gennemsejlingens størrelse kan ændres uafhængigt af den betragtede korridor og det vil forblive en mulighed for at justere kollisionsfrekvensen, hvis det senere viser sig nødvendigt. Omvendt vil sejladsforløbet frem til gennemsejlingen – herunder gennemsejlingens placering på korridoren – i store træk lægges fast via valget af korridor, og af hvordan den bedst harmonerer med den overordnede trafikale situation og med farvandets begrænsninger for sejladsen. Sejladsarrangementet omkring gennemsejlingen skal derfor have fokus tidligt i forløbet, når forslag til korridorer afklares, detaljeres og evalueres.

Frekvensen af Type 2 kollisioner er alene styret af tilstedeværelse af distinkte knæk på skibenes ruter i farvandet omkring broen, og hvorvidt rutebenet frem mod dette knæk giver skibene en kurs mod dele af broen. Det er derfor afgørende, at der med korridoren og sejladsarrangementet er fokus på helt at eliminere den form for ruteknæk.

Type 3 kollisioner sker med mindre fart og dermed mindre kollisionsenergi, men alle dele af korridoren, der står på tilstrækkelig vanddybde, er eksponeret. Interaktionen imellem skib og konstruktion vil være meget kompleks, og det er derfor vanskeligere at afklare hvor strukturelt kritiske disse kollisioner er. Navnlig på dette tidlige stadie af et broprojekt, hvor konstruktionernes udformning stadig kun er kendt på skitseniveau. Den begrænsede kollisionsenergi i Type 3 kollisioner vurderes dog at medføre, at kollisionstypen er mindre bestemmende for realiseringen af broforbindelse, end kollisioner af Type 1 og Type 2 vil være. Da kollisionstypen er uundgåelig og vil eksponere alle korridorer i stort set samme grad, vil kollisionstypen ikke blive en reelt differentierende faktor for korridorerne. Derfor har den ikke indgået aktivt i søgningen efter og optimeringen af relevante korridorer.

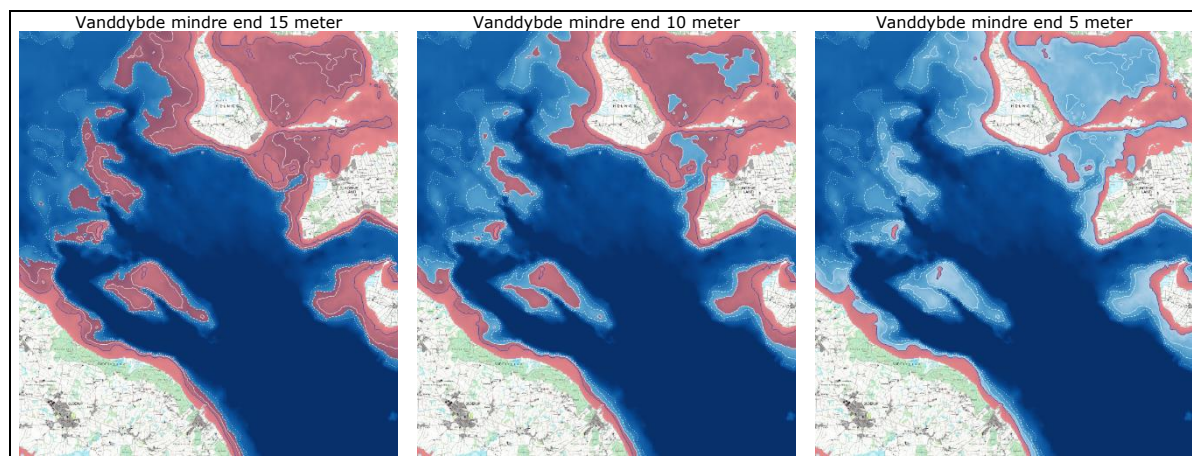
3.5.2 Naturlig kollisionsbeskyttelse

Alle kollisionstyper vil være forhindret for dele af korridoren, som skibene ikke kan nå uden at grundstøde. De reducerede vanddybder i midten af screeningsområdet ved Hestekoer, Langgrund, Lillegrund og Søndre Stenrøn (se Figur 3-2) kan dermed søges anvendt til at skærme dele af korridoren.

De generelt store vanddybder omkring trafikken i screeningsområdet betyder dog, at det er tvivlsomt at forsøge at begrænse Type 1 kollisioner ved at flytte pylonerne eller pillerne på hver side af gennemsejlingen ind på lavere vanddybder. Selv hvis korridoren krydser den smalleste del af snævringen i den sydlige passage, vil det kræve et spænd på minimum 1.200 meter før begge pyloner når en vanddybde mindre end 15 meter. De få store skibe, der mobiliserer de største kollisionskræfter, har opgivet deres dybgang til 16,5 meter. En placering på 15 meter vand kunne dermed være tilstrækkeligt – om end marginalt – til at skibet standser eller at farten reduceres tilstrækkeligt inden kontakt med pylonen. Men har skibet en smule trim (lidt større dybgang agter end ved boven) eller er dybgangen blot en meter mindre ved næste passage, kan pylonen ikke regnes beskyttet. Det betragtes derfor ikke relevant at forfølge denne type beskyttelse imod Type 1 kollisioner ved placering af korridoren.

Til gengæld er der udstrakte dele af farvandet mellem Als og Fyn, der kunne forhindre kollisioner af Type 2 eller Type 3 – se Figur 3-7. De helt store skibe, der i lastet tilstand opnår en dybgang på mellem 15 og 20 meter, vil grundstøde mod de udstrakte områder, hvor vanddybden ikke overstiger 15 meter. Når de samme skibe er i ballast – dvs. tomme, men ballasterede så skrue og ror er tilstrækkelig neddykket – er deres dybgang ikke mere end 8-10 meter, og områderne hvor de vil grundstøde – dvs. med mindre end 10 meters vanddybde – er nu væsentlig reduceret.

De hyppigt forekomne mindre erhvervsskibe, med en længde på 50-100 meter, rapporterer en dybgang på mellem 2 og 6 meter, og ud fra områder med mindre end 5 meters vanddybde vist i Figur 3-7, vil disse skibe kunne passere uhindret igennem.



Figur 3-7 Udstrækning af områder med begrænset vanddybde

Selvom områderne med lokalt lavere vanddybder forekommer omfattende, er det altså begrænset hvor stor en del af trafikken, disse områder i virkeligheden vil kunne standse, hvis skibene kommer på afveje.

Beskyttelsen overfor de største skibe er dog stadig relevant at forfølge i den indledende vurdering og screening af korridorer og tilhørende sejladsarrangementer. Og hvis der efter detaljeret analyse af risikobilledet for en attraktiv løsning er behov for lokalt at øge beskyttelsen til også at omfatte mindre skibe, kan de naturlige rev udbygges ved at udlægge lokale stenrev.

Miljøministeriet har i 2022 besluttet at genetablere specifikke stenrev, der er decimeret af tidligere tiders stenfiskeri, for at styrke havmiljøet og biodiversiteten /7/. De første 5 lokationer omfatter bl.a. et rev på Lyø W Flak, der ligger i udkanten af forundersøgelingsområdet for Als-Fyn forbindelsen. Med den erklærede ambition for udbedringer af sådanne stenrev kunne Miljøministeriet have en egeninteresse i, hvis de eksisterende stenrev i midten af farvandet ønskes udbygget som beskyttelse for en brokonstruktion. Den lokale forening Als Stenrev arbejder derudover også for mulighederne for yderligere stenrev i området.

Forudsætningen om at korridoren kan drage fordel af beskyttelsen fra de lavvandede områder i farvandet medtages derfor stadig i evalueringen. Også selvom den nuværende beskyttelse kun viser sig at omfatte de største skibe i trafikken.

3.5.3 Forstærkning og beskyttelsesværker

De store vanddybder, der gør det særlig vanskeligt for anlægsprojektet at imødekomme behovet for stor kollisionskapacitet af de udsatte pyloner og piller, betyder også, at det bliver tilsvarende vanskeligt at etablere ekstern beskyttelse af pillerne, der skal kunne håndtere de samme designkræfter.

De beskyttelsesøer, som er anvendt til beskyttelse af ankerblokkene på Østbroen over Storebælt og af 5 af pillerne på tilkørselsbroen, drager fordel af at vanddybden på disse steder i forvejen var moderat – under 10 m på østsiden og mellem 10 og 15 m på vestsiden. Med de større dybder i farvandet mellem Als og Fyn vil tilsvarende beskyttelsesøer få et meget større omfang.

Eksterne beskyttelseskonstruktioner såsom fenderværker og cellekonstruktioner (dolphins), der helt eller delvist ofres i en kollision, vil være udfordret af vanddybden og funderingsforholdene, på samme niveau som brokonstruktionen er det. Det vurderes derfor ikke relevant at medtage den slags muligheder som afhjælpende foranstaltninger til alternative korridorer.

3.5.4 Type 1 kollisioners frekvens og den afledte designlast for de helt store skibe
Pylonerne på hver side af gennemsejlingen i den sydlige passage, er eksponeret for bovkollisioner med de største skibe, der er estimeret til at kunne mobilisere kollisionskræfter på op til 580 MN. De særligt store skibe, der leder til sådanne kræfter, passerede blot 4 gange i 2021 hvoraf kun 2 af passagerne var i den fuldt lastede tilstand, der leder til de største kollisionskræfter. De 2 andre foregik i en lettere lastet tilstand, der leder til lidt mindre kræfter – mellem 490 og 520MN.

Til projektmæssig sammenligning er pylonerne på Østbroen over Storebælt designet for en kollisionskraft på 673 MN, svarende til et tankskib på 250.000 DWT (dødvægtston). Dette designscenarie repræsenterede det største skib, der passerede forbindelsens linjeføring på det tidspunkt hvor forbindelsen blev designet. Pylonerne på Storebælt er funderet på 20 til 25 meters dybde, og da de bærer et brospænd på 1624 meter, er de i udgangspunktet designet med en stor funderingskapacitet. Det har gjort det realistisk at designe pylonen for en så stor kollisionskraft.

Ifølge Tabel 3-2 passerede der 18 skibe i 2021 med en længde over 200m, og de anvendte alle den sydlige passage. Baseret på disse skibes længde, lastestatus og fart ved passagen, estimeres de tilhørende kollisionslaster at ligge i intervallet fra 280 MN til 580 MN.

Den acceptable sandsynlighed for strukturelt svigt i en kritisk svigtform for en brokonstruktion som følge af ulykkeslast er i /6/ sat til 10^{-7} per år. Svigt af den enkelte pylon udgør en separat kritisk svigtform, så sandsynligheden for svigt af hver pylon må ikke overstige 10^{-7} per år. Sandsynligheden for en kollision i hver af de 18 passager vil dermed være bestemmende for om pylonen skal designes for en kollisionlast på 280MN, på 580MN eller på en mellemliggende værdi.

Et groft estimat for kollisionssandsynligheden ved den enkelte passage af den aktuelle størrelse af skibe er (se f.eks. /8/ og /9/):

$$P_{Koll} = P_C \left[\Phi \left(\frac{L_S + B_P + B_S}{2\sigma} \right) - \Phi \left(\frac{L_S - B_P - B_S}{2\sigma} \right) \right] = 1,7 \cdot 10^{-9}$$

hvor

$P_C = 10^{-4}$	er en generel faktor for hyppighed af fejl (causation faktor)
$L_S = 550 \text{ m}$	er spændvidden af broen og dermed afstanden mellem pylonerne
$B_P = 45 \text{ m}$	er bredden af pillen
$B_S = 45 \text{ m}$	er bredden af skibet
$\sigma = 55 \text{ m}$	er trafikens spredning, og er sat til 1/9 af gennemsejlingsbredden på 500m
$\Phi(x)$	er den kumulative fordeling for normalfordelingen

Spredningen σ anvendt i denne beregning harmonerer med den observerede spredning af navigationen i den snævre del af Als-renden. Dermed kan estimatet være relevant for korridorer placeret over denne snævre del (ALA07 og ALA07* se afsnit 5). Antallet af registrerede passager af store skibe er dog ikke stort nok til at bekræfte trafikens fordeling i større detalje.

Givet sandsynligheden for kollision per passage på $1,7 \cdot 10^{-9}$ vil de 18 passager af skibe, der er længere end 200m, tilsammen udgøre en årlig sandsynlighed for kollision på $3 \cdot 10^{-8}$. Summen af de groft beregnede kollisionssandsynligheder er dermed mindre end den acceptable svigtgrænse, og dermed kunne det være tilstrækkeligt at designe pylonen for en kollisionslast på 280 MN.

En mere detaljeret risikoanalyse skal gennemføres for den eller de korridorer, det er vurderet interessant at gå videre med, for at medtage andre forhold end den observerede fordeling af skibstrafikken i bestemmelse af frekvensen for kollision.

Ovenstående betragtninger om den mulige reduktion af kollisionslasten er alene relevant for ALA07/ALA07*, der krydser trafikken i Als-renden, hvor den er mest fokuseret. Muligheden antydes i evalueringen ved at angive kollisionslasten for pylonerne til "280-580MN". I forbindelse med udvidelse af forundersøgelsesområdet arbejdes der dog anlægsteknisk med en konkret korridor i dette område, hvilket medfører et behov for en konkret, estimeret kollisionslast. På forundersøgelsesniveau vurderes derfor en kollisionslast på 350 MN som rimeligt. Dette skyldes to forhold:

- 1) Der kan sandsynligvis – som følge af ovenstående – ses bort fra kollisionslasten fra de største skibe længere end 200 meter, pga. deres spredning ved passagen. Dette vil medføre en kollisionslast på 280 MN.
- 2) Andre forhold end den observerede skibstrafik kan ændre på bestemmelse af frekvensen for kollisioner, ligesom antallet af større skibe vil kunne ændre sig i fremtiden.

Et tillæg på 25% er derfor indledningsvist indført for at dække ovenstående usikkerheder, så kollisionslasten på forundersøgelsesniveau fastlægges til $280 \text{ MN} + 25\% = 350 \text{ MN}$. Dette svarer til kollisionslasten fra et skib på 225 m.

De øvrige korridorer krydser trafikken i den sydlige passage hvor trafikken er væsentlig mere spredt, og der vil den indicerede mulighed for en reduceret kollisionslast ikke være gældende. Her forudsættes en kollisionslast på 580MN for pylonerne.

I den nordlige passage er sejladsen ikke naturligt fokuseret ved nogen af de betragtede korridorer, så kollisionslasten for pillerne omkring den nordlige gennemsejling forventes at være bestemt af det største skib. I evalueringen antages derfor en nødvendig kollisionslast på 160 MN for alle korridorer.

3.5.5 Begrænsninger af skibstrafikken eller af trafikens betingelser

Skibstrafikken i området dækker en meget omfattende fritidssejlads, en ikke ubetydelig transittrafik op igennem Lillebælt, og endelig trafikken til Enstedværket og Aabenraa havn. Ingen af disse vil have seriøse alternativer hvis en fast forbindelse medfører deciderede begrænsninger for den trafik, der aktuelt passerer forbindelsens korridor. Derfor vil korridorer og løsninger, der fordrer sådanne begrænsninger, sandsynligvis ikke blive accepteret af Søfartsmyndighederne.

Hvis de anlægningstekniske udfordringer og aftrykket på anlægsbudgettet forbundet med den store gennemsejling til den sydlige passage ultimativt er vejen for projektets realisering, vurderes det realistisk og muligt at eliminere gennemsejlingen til den nordlige passage. Hvis den overvejede forbindelse er baseret på en tunnelforbindelse under den sydlige passage, er denne mulighed oplagt, idet tunnelen ikke vil ændre på de nuværende sejladsbetingelser i Als-renden.

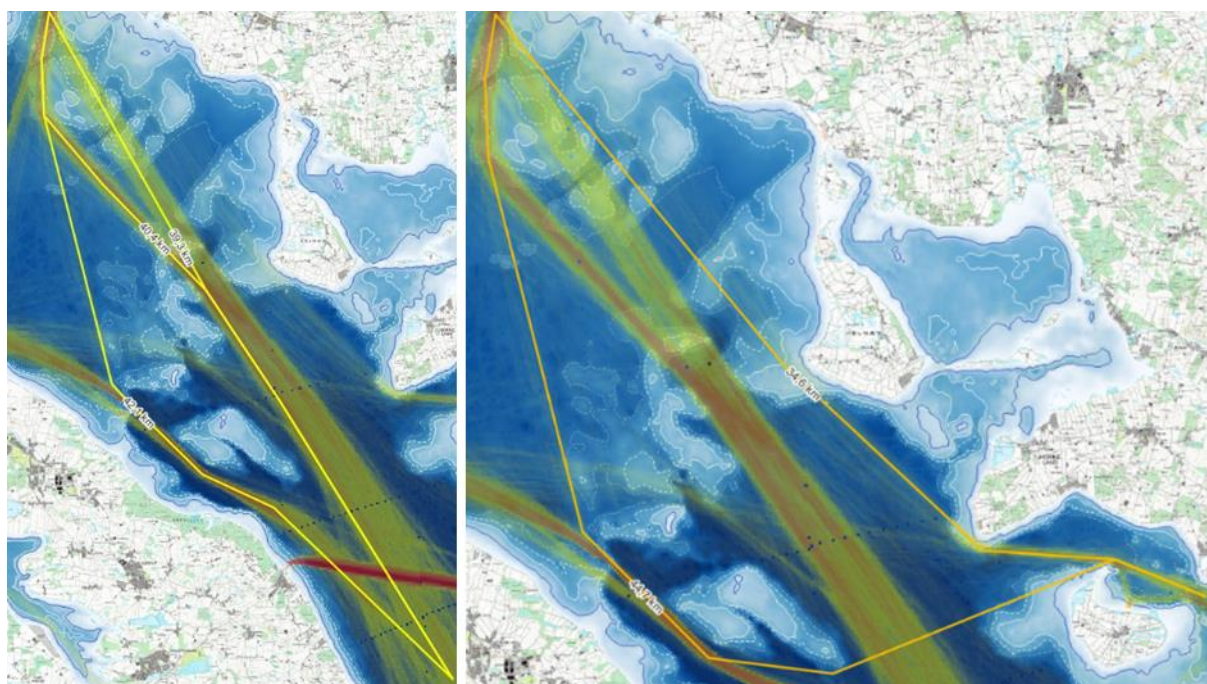
Baseret på den observerede trafik i 2021, vil en samling af al trafikken i den sydlige passage betyde i alt 4-5 daglige passager af skibe længere end 50 m (se Tabel 3-2). Med en broforbindelse vil sandsynligheden for mødesituationer i Als-renden øges fra 1,1 til 2,4 om året (se Tabel 3-3). Dette forøgede niveau vurderes ikke at være kritisk, og mødesituationer ses ikke

som en hindring for sammenlægning af trafikken i den sydlige passage. Men det vil være nødvendigt at belyse de aktuelle omstændigheder for og håndtering af mødesituationer i Als-rendens snævre forløb på basis af data og erfaringer for den nuværende situation, for med sikkerhed at have forstået årsagerne til og betydningen af disse mødesituationer.

Som vist i Figur 3-8 vil flytning af trafikken fra den nordlige passage til den sydlige øge sejllængden fra nord til syd med maksimalt 3 km eller ca. 10%. En rejse fra Lyø Krog i øst til indgangen til Lillebælt bliver imidlertid 10 km eller 30% længere.

Endelig byder den sydlige passage på mere trange navigationsforhold end den nordlige. Men siden trafikken i den nordlige passage alene omfatter skibe med en dybgang mindre end 10 m, er batymetrien i den sydlige passage på ingen måde udfordrende for denne trafik. Batymetrien i Figur 3-1 viser også, at trafikken i den nordlige passage ved indgangen op mod Lillebælt i nord skal igennem en længere sejrende, der ikke er bredere end snævringen i Als-renden. Så trafikken der aktuelt anvender den nordlige passage, er i forvejen udsat for mere udfordrende navigation, end den, der bliver tilføjet, ved at flytte trafikken over i den sydlige passage.

Muligheden for helt at eliminere den nordlige gennemsejling er ækvivalent til den endeligt valgte løsning for Storebæltsforbindelsen, hvor skibstrafikken igennem Vestbroen er begrænset til skibe under 1.000 DWT, og al anden trafik henvises til passage gennem Østbroen. Grænsen på 1.000 DWT svarer til skibe på omkring 50 meters længde, og denne størrelse skibe forventes at kunne passere lavbroen uden behov for et særligt gennemsejlingsfag.



Figur 3-8 Ændring af den samlede rejselængde, hvis trafikken gennem den nordlige passage lægges over i den sydlige. (Venstre: nord-syd passager, Højre: mellem Lyø Krog og indgangen til Lillebælt)

Yderligere evalueringer af betydningen af trafikomlægningen vil være nødvendige for at afklare, om muligheden for at begrænse trafikken i den nordlige gennemsejlingsåbning kan forfølges. En eventuel begrænsning af trafikken vurderes dog at have samme implikationer for alle korridorer og vil derfor ikke ændre på den relative scoring af korridorer og løsninger. Muligheden for at

begrænse trafikken indgår derfor ikke som en systematisk del af den aktuelle evaluering, men kunne være relevant at fokusere på, ved en mere detaljeret evaluering af korridorer, der forekommer særlig interessante.

En tilsvarende omlægning af trafikken i den sydlige passage over til den nordlige, kunne lede til et meget enkelt arrangement af trafikken. Men da den store dybgang igennem den sydlige passage er af vital betydning for Ensted Havn, som er en af dybeste havne i Østersøen, vurderes det at ville være ødelæggende for den planlagte udvikling af havnen.

Udgangspunktet for evalueringen vil derfor være, at forbindelsen indeholder en gennemsejling for både den sydlige og nordlige passage.

3.6 Workshop

Identifikationen af relevante forslag til alternative korridorer blev initieret den 14. december, 2022, ved en workshop med deltagere fra projektorganisationen fra Sund & Bælt A/S og Rambøll:

Deltager	Organisation	Titel/rolle
Titti Kopp	Sund & Bælt A/S	Projektdirektør
Nis Nonboe Andersen	Sund & Bælt A/S	Projektleder, anlæg
Mikkel Sønderstrup Randsø	Sund & Bælt A/S	Projektleder, miljø
Lene Hougaard Vesterholt	Rambøll	Projektleder, anlægsteknik
John Elnegaard Hansen	Rambøll	Specialist, brokonstruktioner
Toke Koldborg Jensen	Rambøll	Projektleder, sejladsanalyser
Mads Sørensen	Rambøll	Specialist, sejladsanalyser
Henrik Gluver	Rambøll/AMP Consulting	Specialist, sejladsanalyser

Workshoppen blev introduceret med en sammenfatning af:

- resultater, observationer og konklusioner fra sejladsanalysen /1/
- det på tidspunktet aktuelle stade af de anlægstekniske undersøgelser med fokus på de udfordringer, som skibstrafikken udgør for en broforbindelse bl.a. baseret på /2/
- forhold ved farvandsforhold, sejlads mønster og sejladsarrangement af betydning for sejlads sikkerheden og kollisionsrisikoen, bl.a. inspireret af metoden i Kattegatprojektet /3/.

Materialet udarbejdet til workshoppen er vedlagt i Appendiks 1.

Ved workshoppen identificeredes 4 korridorer, som det vurderedes relevant at gå videre med. Den ene er den allerede undersøgte korridor ALA02, som i de anlægstekniske forundersøgelser anvendes til rene broforbindelser. Som alternativ til rene broforbindelser, der kræver en stor gennemsejlingsåbning til de største skibe, er det efterfølgende besluttet at tilføje en korridor fra de anlægningstekniske undersøgelser, hvor forbindelsen lægges i en sænketunnel under trafikken med de store skibe. Korridoren er benævnt ALA05 i de anlægstekniske forundersøgelser.

Udover de korridorer, der er koordineret med de anlægstekniske forundersøgelser, blev der på workshoppen identificeret tre alternativer, ALA06, ALA07 og ALA08. Herfra er ALA07 yderligere bearbejdet i de anlægstekniske forundersøgelser efter udvidelse af forundersøgelsesområdet. Dette har bevirket, at ALA07 i nærværende rapport fremstår i to versioner; en korridor på baggrund af en indledende screening ud fra et sejlads sikkerhedsperspektiv og en anlægsteknisk optimeret korridor, hhv. ALA07* for den indledende screening og ALA07 for den anlægsteknisk optimerede korridor.

De i alt 5 korridorer, der er udvalgt til evaluering i nærværende rapport, er præsenteret og diskuteret i afsnit 5.

4. Evalueringsmetode

Hensigten med den foreliggende undersøgelse er at identificere korridorer for broløsninger, der i videst muligt omfang giver de bedste forudsætning for såvel et lavt niveau af kollisionsrisiko for broen, som for et godt og acceptabelt arrangement af skibstrafikken omkring og igennem broløsningen. For at opnå en friere brainstorming fokuseres der ikke her på andre anlægstekniske hensyn. De identificerede korridorer og løsninger vil efterfølgende blive evalueret i forhold til disse andre hensyn.

Til evalueringen har Sund & Bælt A/S foreskrevet kriterier, der klassificerer hvorledes specifikke aspekter af projektet, bidrager til risikoen for, at projektet ikke vil kunne accepteres og gennemføres, hvis det blev forelagt som løsningsforslag til en fast forbindelse. Kriterierne anvender 4 stigende niveauer af dette risikobidrag: *Lav, Forventeligt, Forhøjet og Høj*.

Til evaluering af sameksistensen mellem den faste forbindelse og skibstrafikken er angivet separate kriterier for *Kollisionsrisiko* (afsnit 4.1) og for *Sejladshold* (afsnit 4.2). Disse to aspekter er sædvanligvis i opposition eller modsatrettede. Så begunstiggelse af sejladsholdene ved projektet kan lede til en øget kollisionsrisiko, og reduktion af kollisionsrisikoen kan betyde forringelse af sejladsholdene. Den separate evaluering af de to aspekter udstiller projektets mulighed for at tilgodese begge hensyn og opnå balance i deres klassifikation for projektet.

I den aktuelle identifikation og evaluering af korridorer og tilhørende sejladshold, er vurdering af risikobidragene baseret på en kvalitativ vurdering med få kvantificerbare markører. Med det foreløbige stade af forundersøgelserne, vil de foreslåede korridorer og deres sejladshold forsat kunne justeres og optimeres, for at udligne ubalancer imellem kollisionsrisikoen og sejladsholdene og for at imødekomme ændringer, der forbedrer projektrisikobidrag for andre evalueringsparametre. Den foreliggende evaluering af korridorer og sejladshold skal derfor opfattes som en indledende screening, der skal give begrundede forslag til korridorer, som ville være relevant at arbejde videre med.

I erkendelse af det optimeringspotentiale, der fortsat er i de foreslåede korridorer og sejladshold, og med henvisning til de enkle kvantitative indikatorer, der anvendes i vurderingen, er evalueringen af den enkelte løsning for eksempel ikke detaljeret og skarp nok til at kunne tildele løsningen 'Høj' og derved udelukke den fra videre betragtning. Evalueringen hviler i større udstrækning på kriteriernes reference til gensidig sammenligning, så én løsnings udfordringer medfører en højere projektrisiko, hvis der findes en anden løsning, hvor den samme udfordring er mindre betydende.

4.1 *Kollisionsrisiko* – kriterier og evaluering

I det specificerede kriterie for *Kollisionsrisiko* i Tabel 4-1 refereres til en øvre acceptgrænse for kollisionsrisikoen. Siden hensigten med den aktuelle evaluering alene er at vurdere potentialet for kollisionsrisiko via kvalitativ og semi-kvantitativ syntese af datagrundlaget, kan den del af kriteriet ikke umiddelbart anvendes. Der refereres tillige til rettidig varsling før en kollision, men der er (endnu) ikke forudsat overvågning eller VTS af forbindelsen, og med den begrænsede skibstrafik omkring og igennem forbindelsen, vurderes det ikke realistisk, at forbindelsen skulle have behov for konstant overvågning. Uden et sådant system, er rettidig varsling ikke mulig, og denne del af kriteriet er derfor heller ikke anvendeligt for vurderingen.

Tabel 4-1 Klassificering af projektrisiko for evalueringskriteriet *Kollisionsrisiko*.

Kollisionsrisiko Øvrige emner	Definition
Høj	Projektrisikobidraget hidrørende fra skibsstød vurderes som Højt, når: <ul style="list-style-type: none"> i) den estimerede kollisionsrisiko overskrider en motiveret øvre acceptgrænse, eller ii) den forudsatte kollisionsbeskyttelse og strukturforstærkninger er af et usædvanligt og gennemgribende omfang, eller iii) de forudsatte forebyggende eller beskyttende tiltag er af en type, der ikke tidligere er set anvendt, eller iv) rettidig varsling af trafikken på forbindelsen er tvivlsom for betydende kollisionsscenarier.
Forhøjet	Projektrisikobidraget hidrørende fra skibsstød vurderes som Forhøjet, når: <ul style="list-style-type: none"> i) den estimerede kollisionsrisiko overskrider halvdelen af en motiveret øvre acceptgrænse, eller ii) den nødvendige kollisionsbeskyttelse og strukturforstærkninger er af ikke sædvanlig type eller omfang, eller iii) rettidig varsling af trafikken på forbindelsen vil være vanskelig for betydende kollisionsscenarier, eller iv) projektets overordnede potentiale for kollisionsrisiko er uhensigtsmæssig stort i forhold til mere oplagte alternativer, eller v) skibstrafikken forudsættes pålagt omlægning, begrænsninger eller navigationsmæssige forhold, som vil blive opfattet som betydelige i forhold til mere oplagte alternativer.
Forventelig	Projektrisikobidraget hidrørende fra skibsstød vurderes som Forventeligt, når: <ul style="list-style-type: none"> i) den estimerede kollisionsrisiko ikke overskrider halvdelen af en motiveret øvre acceptgrænse, og ii) den nødvendige kollisionsbeskyttelse og strukturforstærkninger er af sædvanlig type og omfang, og iii) rettidig varsling af trafikken på forbindelsen vil være mulig for alle væsentlige kollisionsscenarier, og iv) projektets overordnede potentiale for kollisionsrisiko er ikke usædvanligt, og v) skibstrafikken forudsættes ikke pålagt omlægning, begrænsninger eller navigationsmæssige forhold, som vil blive opfattet som usædvanlige.
lav	Projektrisikobidraget hidrørende fra skibsstød vurderes som Lavt når det er usandsynligt at et skib overhovedet vil kunne komme i kontakt med konstruktionen. Det vil være tilfældet ved en boret tunnel.

Evalueringen af *Kollisionsrisiko* bliver i denne analyse baseret på følgende kvalitative og kvantitative markører eller parametre, der vurderes at have betydning for kollisionsrisikoen langs med korridoren:

Gennemsejling

Krydsningsvinkel

Trafikkens vinkel med korridoren i gennemsejlingen.

En vinkelret krydsning er at foretrække, men en afvigelse på op til $\pm 10^\circ$ er acceptabelt.

Markøren angiver vinklerne for hver gennemsejling.

Ruteben mod gennemsejling

Rutebenet frem til selve gennemsejlingen bør være længere end 2 km for den sydlige passage og 1 km for den nordlige, for at de største skibe kan opnå en ret og stabil kurs

inden de når gennemsejlingen. Markøren angiver for hver gennemsejling den korteste længde af det nordlige og sydlige ruteben hen mod gennemsejlingen.

Trafikkens spredning

Fri og uhindret sejlads i stor bredde op mod broen kan betyde, at der må antages en større spredning af skibene i modelleringen af Type 1 kollisioner, og dermed en større frekvens af kollisioner mod broens piller. Markøren angiver for hvilke trafikstrømme denne situation vurderes gældende.

Ruteknæk

Type 2 potentiale

Antal ruteknæk med potentiale for Type 2 scenarier med retning mod korridoren.

Sikkert afdækkede

Antal ruteknæk hvor afdækning imod Type 2 kollisioner vurderes at være sikker.

Usikkert afdækkede

Antal ruteknæk hvor afdækningen mod Type 2 kollisioner er usikker, fordi sejladsarrangementet ikke nødvendigvis vil blive fulgt.

Ikke afdækkede

Antal ruteknæk, hvor risikoen for Type 2 kollisioner mod korridoren ikke er afdækket med sejladsarrangementet. Medmindre der fortsat er muligheder for at justere på korridor eller arrangement, bør et ikke afdækket ruteknæk lede til et "Højt" projektrisikobidrag.

Drivende skibe

Forhøjet eksponering af korridoren

Andelen af korridorens to sider, der vender mod store områder med uhindret sejlads, hvor eksponeringen overfor kollision med drivende skibe må forventes at være forhøjet. Markøren angives som en faktor gange korridorens længde L. (Da korridoren er eksponeret på begge sider, vil faktoren kunne ligge mellem 0 og 2.)

Skærmet del af korridoren

Andelen af korridorens to sider, der i nogen grad er skærmet imod kollision fra drivende skibe. Markøren angives som en faktor gange korridorens længde L. (Da korridoren er eksponeret på begge sider, vil faktoren kunne ligge mellem 0 og 2.)

Øvrigt

Særlige forhold

Her noteres særlige forhold, der kunne øge eksponeringen for kollisioner.

4.2 Sejladsforhold – kriterier og evaluering

Evalueringskriterierne for *Sejladsforhold* i Tabel 4-2 baseres dels på kvalitative niveauer for kompleksitet, manøvrermæssige udfordringer og logistiske begrænsninger, og dels på en sammenfattende vurdering af, om sejladsforholdene kan forventes godkendt af Søfartsmyndighederne. Endelig giver kriterierne mulighed for en relativ klassificering i forhold til hinanden med henvisning til "oplagte alternativer". På grund af den skitse-mæssige karakter af de

betragtede løsninger og den begrænsede detalje i de anvendte evalueringsparametre, er nærværende anvendelse af kriterierne i stor udstrækning baseret på den relative klassificering.

Tabel 4-2 Klassificering af projektrisiko for evalueringskriteriet *Sejladsforhold*.

Sejladsforhold Øvrige emner	Definition
Høj	Projektrisikobidraget hidrørende fra sejladsforhold vurderes som Højt, når rammerne for omlægning og arrangement af sejladsen tilføjer kompleksitet, manøvrermæssige udfordringer eller logistisk begrænsning af en grad og/eller i et omfang, som vil blive opfattet som uacceptabelt eller som meget uhensigtsmæssigt i forhold til oplagte alternativer. Sejladsforholdene kan sandsynligvis ikke arrangeres på en måde, der kan opnå Søfartsmyndighedernes godkendelse.
Forhøjet	Projektrisikobidraget hidrørende fra sejladsforhold vurderes som Forhøjet, når rammerne for omlægning og arrangement af sejladsen tilføjer kompleksitet, manøvrermæssige udfordringer eller logistisk begrænsning af en grad og/eller i et omfang, som vil blive opfattet som betydeligt eller som uhensigtsmæssigt i forhold til oplagte alternativer. Sejladsforholdene kan muligvis ikke arrangeres på en måde, der kan opnå Søfartsmyndighedernes godkendelse.
Forventelig	Projektrisikobidraget hidrørende fra sejladsforhold vurderes som Forventeligt, når rammerne for omlægning og arrangement af sejladsen tilføjer kompleksitet, manøvrermæssige udfordringer og logistisk begrænsning af en grad og i et omfang, som vil blive opfattet som begrænset. Sejladsforholdene kan overvejende sandsynligt arrangeres på en måde, der kan opnå Søfartsmyndighedernes godkendelse.
lav	Projektrisikobidraget hidrørende fra sejladsforhold vurderes som Lavt, når det er overvejende sandsynligt, at løsningen ikke har eller kun meget i begrænset omfang har indvirkning på sejladsforholdene omkring anlægskonstruktionen. Det vil typisk være gældende for dele af forbindelsen, der er udført som tunnel.

Evalueringen af *Sejladsforhold* bliver i denne analyse baseret på følgende kvalitative og kvantitative markører eller parametre, der vurderes at have betydning for sejladsforholdene med de foreslåede sejladsarrangementer:

Sejladsarrangement

Logik og meningsfuldhed

Den nuværende besejling af området er i stor udstrækning selvvalgt af navigatørerne og må derfor være logisk og meningsfuld i forhold til sejladsens hensigt. Hvis der er elementer i det foreslåede arrangement, der er ulogiske eller ikke giver mening, kan trafikken have mindre tilbøjelighed til at følge den forudsatte sejlads. Markøren angiver i hvilken udstrækning denne logik og meningsfuldhed bevares med den forudsatte besejling af området, som sejladsarrangementet omkring og igennem forbindelsen leder til.

Udfordringer

Identificerede forhold ved korridoren og sejladsarrangementet, der udgør særlige udfordringer for sejladsen.

Gennemsejling

Placering

Gennemsejlingernes placering i forhold til det nuværende sejlads mønster. Markøren angives som en cirka afstand for hver gennemsejling.

Forlænget sejlads

I hvilket omfang giver korridorens og gennemsejlingens placering anledning til forlænget sejlads. Markøren angiver den længste omvej for trafik igennem hver gennemsejling, uden hensyntagen til det foreslåede arrangement af sejladsen. For den nordlige gennemsejling baseres målet på trafik til/fra Lyø Krog.

Ruteben mod gennemsejling

Har løbet til gennemsejlingerne tilstrækkelig længde til at skibene kan opnå stabil, ret kurs mod gennemsejlingen. Markøren angiver for hver gennemsejling den korteste længde for den nord- og sydgående trafik.

Andet

Andre særlige udfordringer ved gennemsejlingens placering.

Ruteknæk

Utryk placering

Er der ruteknæk, der med deres placering har særligt potentiale for at skabe utrygge situationer. Sådanne ruteknæk må forventes at møde modstand hos myndighederne. Markøren angiver antallet af sådanne ruteknæk for hver gennemsejling.

Omvej for ruteknæk

Er der ruteknæk, der i særlig grad leder til forlænget sejlads. Trafikken kan i mindre omfang være tilbøjelig til at følge sejladsanvisning og søafmærkning for disse ruteknæk. Markøren angiver den største omvej for hver gennemsejling, som et ruteknæks placering er årsag til.

Uklar hensigt

For hvilke ruteknæk vil hensigten med den foreslåede placering være uklar for navigatører. Hvis hensigten er uklar og knækkets placering giver forlænget eller utryk sejlads, vil trafikken i mindre udstrækning være tilbøjelig til anvende det anviste ruteknæk.

5. Korridorer

I forundersøgelsen betragtes løsninger til en fast forbindelse indenfor 400 meter brede korridorer. Løsningerne i den enkelte korridor er konkretiseret i en linjeføring midt i korridoren, men evaluering af løsningen skal være gældende for andre konkrete linjeføringer indenfor korridoren. For korridoren ALA07*/ALA07 har dette ikke været muligt, hvilket nødvendiggør en opdeling i to delvist selvstændige underkorridorer. I den nærværende undersøgelse illustreres og diskuteres løsningerne i korridorerne også med udgangspunkt i en løsning placeret i den centrale linjeføring. Evalueringen af løsningerne og af korridoren vil dog dække tilsvarende løsninger på alternative linjeføringer indenfor den 400 meter brede korridor.

5.1 Baggrund, prioriteringer og endeligt valgte korridorer

Afsøgningen af mulige alternative korridorer er primært foranlediget af de anlægstekniske udfordringer ved at sikre tilstrækkelig kollisionskapacitet for pylonerne omkring den sydlige gennemsejling. De foreløbige estimater angivet i /1/ indikerer at kravet til kollisionskapaciteten for pylonerne kan nå op på 580 MN. Det er kun 15% mindre end designkapaciteten for pylonerne på Østbroen over Storebælt (673 MN), der bærer en hængebro med et spænd på 1.624 m over en international sejlroute med af størrelsesordenen 20.000 årlige passager. At der opnås næsten samme designkapacitet for en vejbro i indre danske farvand, med et spænd på 550 m over en erhvervstrafik på ca. 600 årlige passager, beror dels på, at de designmæssige retningslinjer er ændret ved indførelsen af Eurocode siden designet af Storebæltsforbindelsen. Men er også en konsekvens af en uheldig ujævn størrelsessammensætning af skibstrafikken i farvandet mellem Als og Fyn. At pylonerne med de hidtil betragtede korridorer tilligemed skal funderes på 30-40 m vand, hvor Storebæltsforbindelsens pyloner er placeret på 20-25 m vand, pointerer yderligere, hvor meget mere udfordrende de indikerede designkrav for en Als-Fyn forbindelse er.

Ved den nordlige gennemsejling er skibene i den nuværende trafik noget mindre, men med udgangspunkt i Eurocode kan kravet til kollisionskapaciteten af pillerne stadig nå op på 160 MN. Og denne ikke uvæsentlige kapacitet skal også tilvejebringes ved fundering på 35 meters vanddybde.

De store udfordringer for en brokonstruktion over den sydlige passage kan muligvis reduceres ved at flytte korridoren nordligere, hvor især trafikken med de store skibe navigerer mere fokuseret igennem den smalle passage ud for Tranerodde. Den observerede smallere fordeling af trafikken kunne lede til en lavere estimeret frekvens af kollisioner mod pylonerne. Er denne frekvens tilstrækkelig lav, vil den normkrævede kollisionskapacitet også kunne reduceres.

Da kollisionskræfterne ved den nuværende fordeling af trafikken bliver store ved begge gennemsejlinger, kunne det give mening at samle al erhvervstrafik i den ene gennemsejling; og her forekommer det mest oplagt at samle al trafikken i den sydlige gennemsejling. Hvis en broløsning på denne del af forbindelsen fortsat bliver en urimelig stor anlægningsteknisk udfordring, kan broen lokalt erstattes af en tunnelloøsning. Begge disse perspektiver er derfor overvejet i forbindelse med identifikation og evaluering af de alternative korridorer.

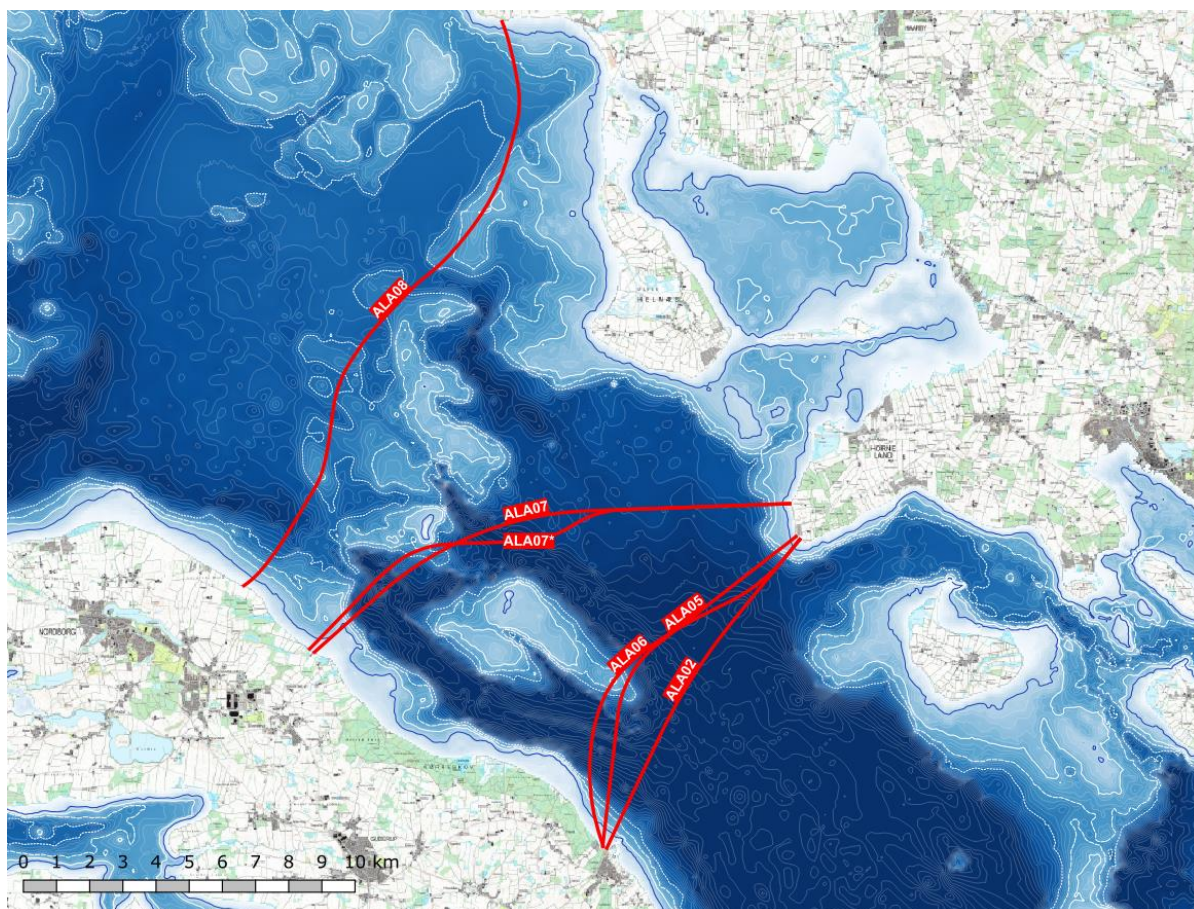
Evaluering af mulige korridorer for den vestlige del af en fast forbindelse over Kattegat (/3/) har indikeret, og foreløbige beregninger af risikoen for broløsninger på den østlige del af samme forbindelse har understreget, at risikoen for Type 2 og Type 3 kollisioner kan have stor betydning for korridorenes anbefaling til videre overvejelse. Minimering af disse risikobidrag ved at placere korridoren hvor den er skærmet af områder med lavere vanddybde, har derfor været en yderligere motivation ved identifikation og evaluering af alternative korridorer.

Workshoppen og den efterfølgende modning og afklaring af de fremkomne alternative korridorer har således været styret af følgende prioriteringer:

- At placere den sydlige gennemsejling hvor trafikken er mest fokuseret
- At placere så stor en del af korridoren, hvor den enten er skærmet af, eller drager fordel af, områder med lavere vanddybde
- At have mulighed for at kunne flytte erhvervstrafikken helt eller delvis til den sydlige gennemsejling

De igangværende forundersøgelser for anlægsprojektet og for forbindelsens betydningen for miljøet har identificeret områder i screeningsområdet, hvor det af andre hensyn er formålsløst at overveje korridorer for en broforbindelse. Derfor er der hverken overvejet eller medtaget korridorer med landfæste på Helnæs, og korridorer igennem de mere lavvandede områder imellem Als og Fyn er lagt hvor vanddybden er 10 meter eller mere.

Til den videre analyse og evaluering på *sejladforhold* og *kollisionsrisiko* er medtaget 3 nye korridorer (ALA06, ALA07*/ALA07 og ALA08), som sammen med 2 korridorer (ALA02 og ALA05), der allerede er betragtet i anlægsprojektet, udgør de 5 korridorer vist i Figur 5-1. Efter udvidelse af forundersøgellesområdet er varianten ALA07 ligeledes behandlet i anlægsprojektet.



Figur 5-1 Nye korridorer (ALA06, ALA07*/ALA07 og ALA08), der sammen med tidligere betragtede korridorer (ALA02 og ALA05) indgår i evalueringen.

Tabel 5-1 Korridorerne medtaget i evalueringen

Korridor	Længde	Motivation
ALA02	11,0 km	Korridoren er allerede anvendt for en broforbindelse i de anlægstekniske forundersøgelser og er den korteste og mest oplagte korridor indenfor forundersøgelsesområdet.
ALA06	12,3 km	Korridoren opnår en mere vinkelret krydsning af trafikken i den sydlige passage og drager samtidig fordel af de lavere vanddybder ved den sydlige spids af Søndre Stenrøn.
ALA07*	15,9 km	Korridoren placerer gennemsejlingen for den sydlige passage lidt syd for snævringen ved Tranerodde, hvor trafikken er mere fokuseret. Placeringen imellem Søndre Stenrøn og Hesteskoen skærmer den midterste del af korridoren imod kollisioner med de store skibe med større dybgang. Den indsatte s-kurve øst for Hesteskoen tillader skibstrafikken at lave en vinkelret krydsning på korridoren i en evt. nordlig passage.
ALA07	15,6 km	I lighed med ALA07*, placerer korridoren gennemsejlingen for den sydlige passage hvor trafikken er mere fokuseret, og placeringen imellem Søndre Stenrøn og Hesteskoen skærmer den midterste del af korridoren imod kollisioner med de store skibe med større dybgang. Det manglende s-kurveforløb gør, at en evt. nordlig passage ikke er mulig.
ALA08	19,7 km	Korridoren søger at drage mest mulig fordel af områderne med lavere vanddybde. En korridor direkte igennem områderne er drøftet, men ikke medtaget. Påvirkningerne af de lavvandede områder og et landfæste på Helnæs vil betyde at denne korridor sandsynligvis vil blive afvist. Den valgte korridor er derfor lagt i passende afstand umiddelbart nord for områderne, hvor der er minimum 10 meters vanddybde. Da landfæste på Helnæs ikke vurderes muligt, ender korridoren ved Sønderby Klint, og får en samlet længde på knap 20 km.
ALA05	11,8 km	Korridoren er allerede anvendt for en kombineret bro- og tunnelforbindelse i forundersøgelserne. Korridoren er trukket op mod sydspidsen af Søndre Stenrøn, så en kunstig ø mellem sænketunnelen under den sydlige passage og brodelen over den nordlige del, kan etableres på reducerede vanddybder.

Korridorerne og det eller de relevante arrangement(er) af skibstrafikken omkring dem diskuteres og evalueres indledningsvist separat (afsnit 5.2-5.6). I afsnit 7 sammenholdes og diskuteres den resulterende evaluering af de 5 korridorer på kriterierne *sejladshold* og *kollisionsrisiko*.

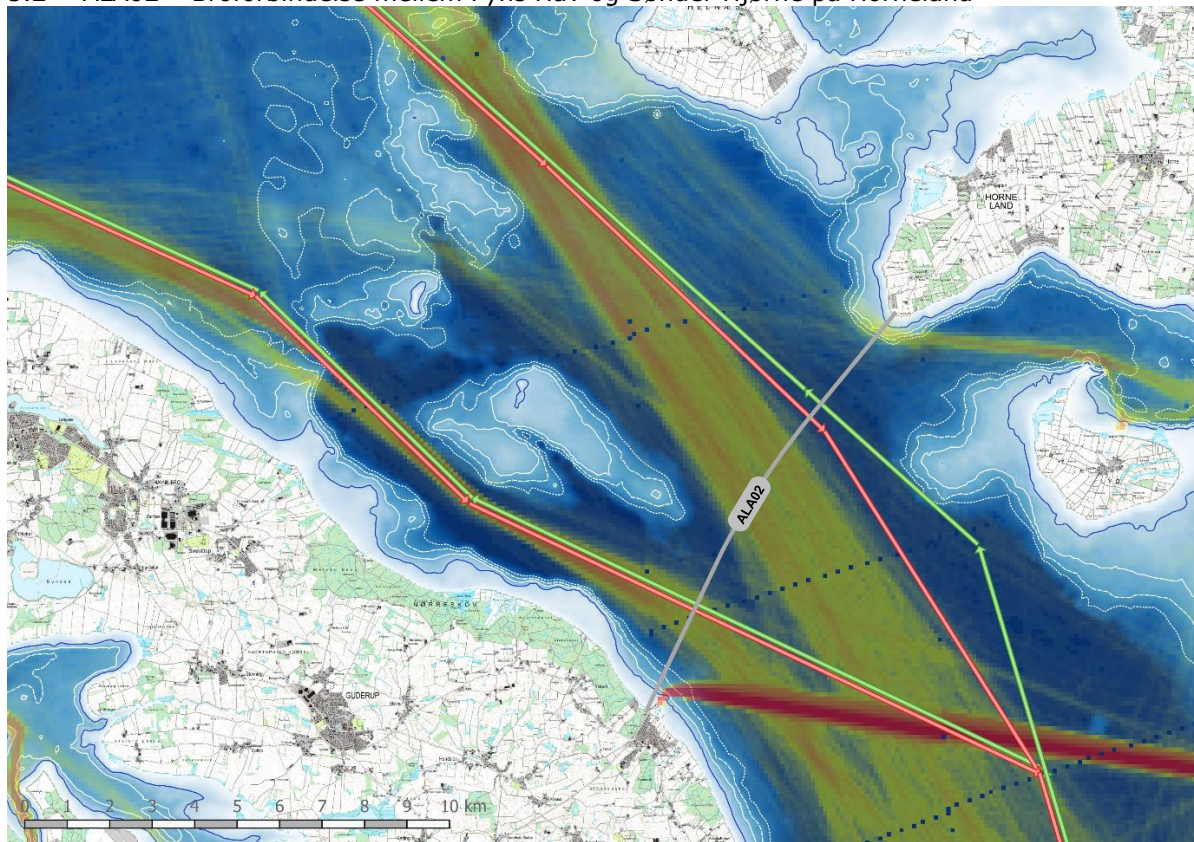
5.1.1 Opsætning af sejladshold

I arrangement af sejladsholden er der taget udgangspunkt i trafik med skibe på mere end 50 meters længde. Skibe mindre end 50 meter navigerer typisk mere frit og uafhængigt af sejladsholdmarkeringer, og vil kunne passere under broen langs det meste af korridoren. De udgør dermed generelt en mindre risiko for brokonstruktionen, end skibe, der er længere end 50 meter. Eventuelle gener eller uheldigheder ved sejladsholdet for denne ikke uvæsentlige trafik af mindre erhvervsskibe og for fritidssejladsholden, vil blive diskuteret og inddraget i vurderingen, men er ikke givet betydning i fastlæggelsen og beslutning af arrangementet. Sejladsholdarrangementerne er udviklet successivt med følgende sekvens af prioriteter:

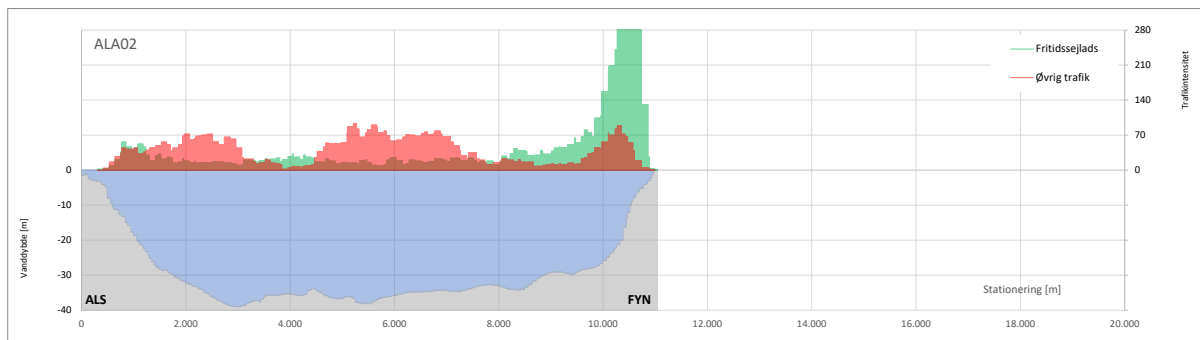
- at overholde de begrænsninger og naturlige fixpunkter, som området's batymetri definerer,
- at minimere risikoen for broen ved at skabe vinkelrette eller nær vinkelrette krydsninger i gennemsejlingerne, og ved at sikre, at arrangementet ikke indeholder ruteknæk, der eksponerer broen for kollisioner af Type 2,
- at sejladsholden arrangeres så hensigtsmæssigt og så konsistent med den nuværende sejladshold, som muligt

Denne prioriteringsrækkefølge sikrer den bedst mulige score på *kollisionsrisiko*, men kan ikke samtidigt sikre den bedste score på *sejladshold*. Hvis udfordringer med de forudsatte sejladshold skaber usikkerhed om, om det foreslåede arrangement vil blive fulgt, skaber det også usikkerhed om hvorvidt den forudsatte begrænsning eller eliminering af kollisionsrisiko vil opnås i virkeligheden. Dette noteres som en usikkerhed på scoren for *kollisionsrisiko* og bringes med til den samlede scoring af korridoren og det tilhørende sejladsholdarrangement.

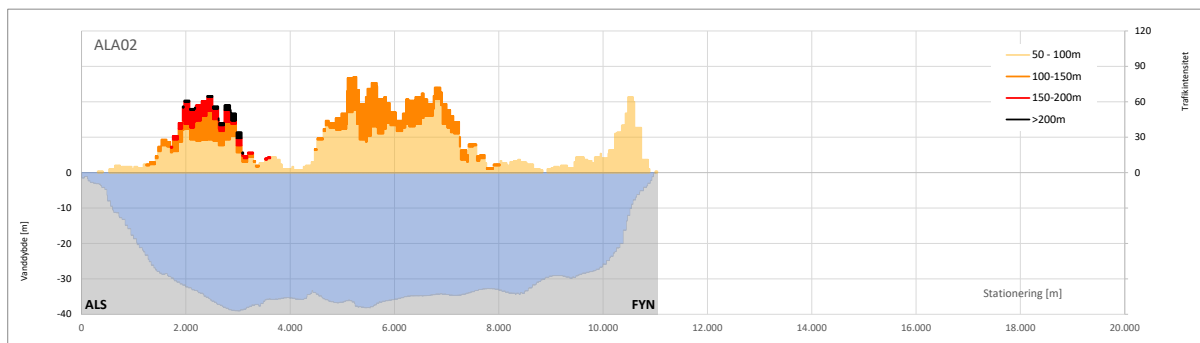
5.2 ALA02 – Broforbindelse mellem Fyns Hav og Sønder Hjørne på Horneland



Figur 5-2 Korridoren ALA02 vist med dybdeforhold, trafiktheden for skibe længere end 50 m, og det anbefalede forslag til sejladsarrangement.



Figur 5-3 Dybdeforhold og trafikintensitet opdelt i fritidssejls og øvrig trafik langs med korridoren ALA02.



Figur 5-4 Dybdeforhold og trafikintensiteten med skibe over 50 meters længde langs med korridoren ALA02.

Forløbet af korridoren ALA02 er vist i Figur 5-2, og dybdeforholdene og trafiktætheden langs med korridoren er detaljeret i Figur 5-3 og Figur 5-4. Vanddybden overstiger 30 meter langs det meste af korridoren. Kysten er stejlest på Fyns-siden, men ved både Als og Fyn overstiger vanddybden 25 meter blot 1,3 km fra kysten.

Fritidssejladser er jævnt til stede langs med hele korridoren, men er særligt koncentreret ved kysten på Fyns-siden. Den øvrige trafik bærer tydeligt præg af at skulle gå enten vest eller øst om Søndre Stenrøn ca. 4 km fra Als-siden, men bortset fra denne begrænsning navigeres der ret frit. Som for fritidssejladser er der for den øvrige trafik også en lokal højere trafikintensitet nær kysten på Fynssiden, af skibe der kommer fra eller skal til farvandet mellem Lyø og Horneland (Lyø Krog).

I den nuancerede fordeling af trafikken i Figur 5-4 ses skibe på mellem 50 og 100 meters længde at dominere trafikbilledet og navigere relativt bredt i de to hovedruter øst og vest om Søndre Stenrøn. Det er alene denne størrelsesklasse, der udgør trafikken nær kysten på Fynssiden. De lidt større skibe med en længde på 100-150m anvender alene de to hovedruter vest og øst om Søndre Stenrøn, og fordelingerne i disse er mere samlet. Trafik med skibe over 150m er alene registreret i den sydlige passage (vest om Søndre Stenrøn), og ved korridoren er denne trafik udbredt over ca. 1000 m på tværs af korridoren.

5.2.1 ALA02 – Anbefalet sejlsarrangement

Med udgangspunkt i batymetrien er ruteføringen for den nordlige passage fixeret i nord til at gå igennem snævringen ved Lillegrund. Der ønskes et ret forløb herfra ned til krydsning af korridoren for at undgå knæk med Type 2 potentiale. Bindinger af rutelægningen syd for korridoren giver ikke realistiske muligheder for en fuldstændig vinkelret krydsning, men den opnåede vinkel på 93° for nordgående trafik og 95° for sydgående trafik er også fuldt ud acceptabel. Den (lille) forskel skyldes at den viste ruteføring antager separate gennemsejlingsfag for de to retninger. Anvendes samme fag krydser begge retninger med 93°.

Sydfra er trafikken lagt an med en kurs mod den sydlige del af Horneland frem til en 32 graders kursændring mod bagbord op mod broen. Rutebenet op til broen fortsætter dermed videre i det fastlagte ruteben nord for korridoren. Kursen mod Horneland og placeringen af ruteknækket vil sikre, at et skib, der ikke ændrer kursen op til krydsning af broen, ikke udgør en Type 2 kollisionsrisiko for den vestlige del af broen. Den sydgående trafik forventes ikke slavisk at følge ruteforløbet syd for broen, men regnes at gå direkte mod den sydligere placerede sammenfletning med trafikken fra/til den sydlige passage.

Rutelægningen af trafikken i den nordlige passage giver dermed en i praksis vinkelret krydsning af broinjen og indeholder ingen knæk, der medfører kollisionsrisiko af Type 2.

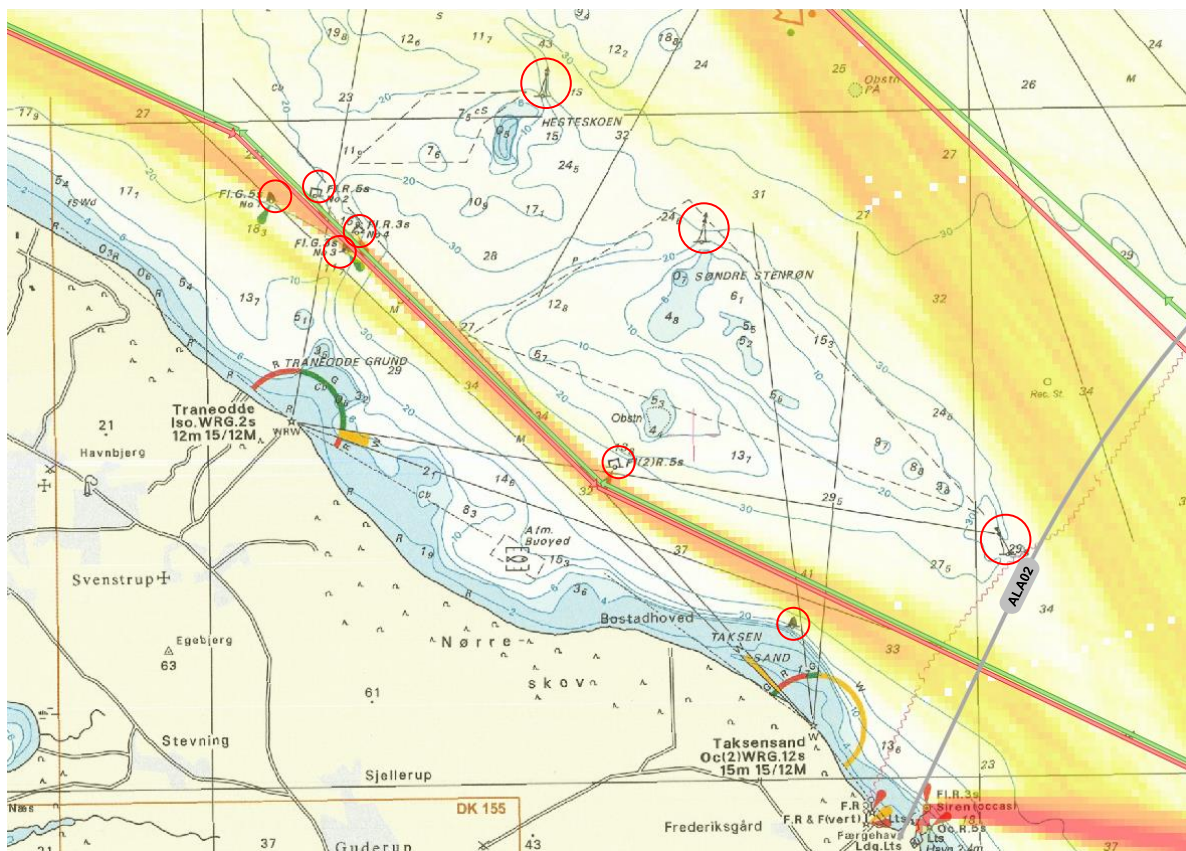
Trafikken sydfra, der skal anvende den sydlige passage, må nødvendigvis foretage mindst en (bagbords) kursændring op mod korridoren, for at kunne lægge an til en vinkelret passage af broen. Da trafikken på ruten omfatter meget store skibe, er det vigtigt at sikre, at denne kursændring ikke udgør en Type 2 risiko for broen vest for gennemsejlingen. Kursændringen må derfor flyttes så langt mod øst, at rutebenet umiddelbart før kursændringen ikke har retning mod broen. Det sikres ved også at lade denne trafik følge ruten med kurs mod Horneland, som er lagt an til trafikken over til den nordlige passage, og markere hvor trafik over mod den sydlige passage skal dreje op mod broen for at opnå en vinkelret krydsning af korridoren. Efter krydsning af korridoren kræver det kun en enkelt kursændring syd for Søndre Stenrøn at følge Als renden op igennem snævringen ved Tranerodde. Stedet for denne kursændring er placeret efter den

observerede navigation – se Figur 5-5 – og det videre forløb op igennem Als renden er lagt igennem trafikens faktiske placering i snævringen ved Tranerodde Grund.

Sydgående trafik igennem den sydlige passage er nødsaget til at foretage mindst to kursændringer for at komme igennem snævringen, Als renden og passere broen. Den første kursændring er lagt knap en sømil nord for snævringen, så rutebenet inden kursændringen har retning mod Søndre Stenrøn. Skibe, der ikke fortager denne kursændring, vil dermed grundstøde på Søndre Stenrøn førend det når frem til og udgør en Type 2 kollisionsrisiko for broen. Rutebenet op til den næste kursændring – ved bøjen SSV for Søndre Stenrøn se Figur 5-5 – vil have retning mod Taksensand, og foretages ruteændringen ikke, vil skibet gå på grund førend det udgør en Type 2 kollisionsrisiko for broen.

Med dette arrangement i den sydlige passage sikres en retvinklet krydsning af korridoren, og strategisk placering af knækkene på ruten i forhold til batymetrien kan begrænse risikoen for Type 2 kollisioner.

De to sektorfyr på Taksensand og Tranerodde leder aktuelt trafikken gennem Als renden – se Figur 5-5. Det fremgår at hvid sektor på Tranerodde fyr ikke følger rutelægningen gennem korridoren, og vil skulle flyttes for at blive det. Til gengæld vil en bro tilbyde ledefyr, der støtter skibene i ruten frem mod gennemsejlingen, og lysmarkeringen, der skal støtte sydgående skibe gennem broen, kan også støtte nordgående skibe efter passagen. Enkelheden i arrangement af lyset på broen kan dog stadig gøre det hensigtsmæssigt at flytte fyret ved Tranerodde længere mod nord.

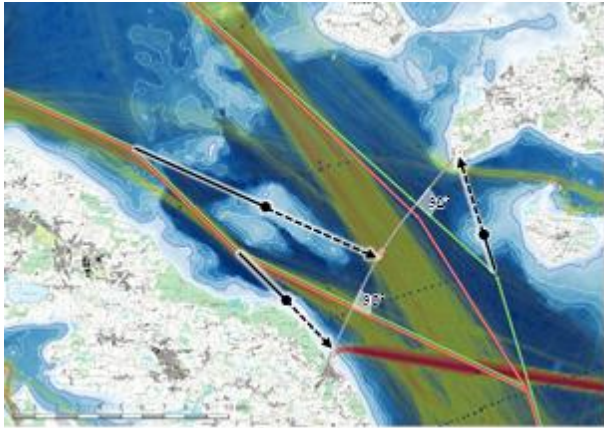


Figur 5-5 Sejlsarrangement for ALA02 i Als renden og den eksisterende søafmærkning i farvandet.

Det fremgår desuden af Figur 5-5, at den eksisterende bøjemarkering af ruten igennem snævringen nord for Tranerodde fyr, må forlænges ca. 1 km mod NV for at definere den ønskede placering af ruteknækket.

5.2.2 Evaluering

Kollisionsrisiko

- + Krydsningen af korridoren er vinkelret i den sydlige passage og næsten vinkelret i den nordlige (93° - 95°),
 - + Ruteforløbet op til begge gennemsejlinger giver god afstand til at opnå en ret og stabil kurs,
 - + Ved strategisk placering af de nødvendige ruteknæk i forhold til land og områder med begrænset vanddybde, kan risikoen fra disse knæk for kollisioner af Type 2 reduceres
 - + Områderne med lavere vanddybde beskytter i nogen udstrækning den vestlige del af korridoren imod Type 3 kollisioner nordfra.
 - + Grundet de større muligheder for grundstødning i det smalle farvand i den sydlige passage, vurderes den nordlige side for denne del af korridoren ikke at være særlig højt eksponeret for Type 3 kollisioner.
- 
- Det forhindringsfrie farvand med store dybder syd for korridoren, kræver ikke opmærksom og præcis navigation op mod korridoren fra syd. Det kan betyde, at der må antages en bredere geometrisk fordeling ved estimering af Type 1 kollisioner sydfra, og dermed øge Type 1 risikoen. Dette forhold har størst betydning for gennemsejlingen til den sydlige passage.
 - Nordgående trafik til den nordlige passage forudsættes at navigere helt ud til bøjen ved ruteknækket ved Lyø inden der rettes op mod gennemsejlingen. At lægge opretningen så langt fra broen (ca. 5 km) kan virke formålsløst, og da ruten tillige bringer skibet på kurs mod (og ganske tæt på) Lyø W Flak, må det forventes at en del af trafikken vælger en mere direkte kurs mod gennemsejlingen og retter op til passagen tættere på broen end anvist af bøjen ved Lyø. Det skaber usikkerhed om den beskyttelse imod Type 2 kollisioner, som er årsagen til den valgte rutelægning. Denne usikkerhed bør/skal der tages højde for i risikoestimeringen, der danner basis for designet af broen.
 - Tilsvarende ligger knækket og den tilhørende bøje for nordgående trafik til den sydlige passage dels langt fra broen (9 km eller 4,9 sm) og dels langt nord sammenlignet med det nuværende sejlads mønster op mod den sydlige passage. Det kan skabe tvivl om trafikken systematisk vil anvende bøjen, og dermed fastlægge ruteknækket så veldefineret, som det er forudsat i vurderingen af risikoen for Type 2 kollisioner fra denne trafik.
 - Det åbne og dybe farvand syd for korridoren betyder at hele sydsiden af broen er eksponeret for kollisioner af Type 3 fra hele dette farvandsområde.
 - Korridoren vender på den østlige halvdel op mod et større, åbent farvandsområde, og vil derfor være eksponeret for Type 3 kollisioner på den nordlige side

Sejladsforhold

- + Sejladsen kan generelt arrangeres med få og lange ruteben, og arrangementet vil i nogen udstrækning give mening for skibsfarten
- Det er ikke hensigtsmæssigt at tvinge trafikken til og fra de to passager ind i samme rute syd for korridoren. Men retningen af rutebenet igennem den sydlige gennemsejling betinger at der skal anlægges et knæk på ruten op i den sydlige gennemsejling, og det knæk må nødvendigvis ligge på ruten op til den nordlige passage.
- Med en placering omkring 3 km fra kysten på Fynssiden, er den nordlige gennemsejling ikke optimal for kystnær erhvervstrafik og den omfattende fritidssejlads.
- Den nordgående trafik mod den nordlige passage, vil med bøjen ved Lyø ledes med kurs mod og ganske tæt på de lavvandede områder. Det strider imod sædvanlig navigationspraksis, og giver anledning til utryghed ved afmærkningen og dens hensigt.
- Bøjen, der markerer knækket på ruten for denne nordgående trafik, ligger unaturligt langt fra broen (5 km eller 2,7 sm), og det er tvivlsomt om den vil blive brugt systematisk af skibe, der skal krydse broen. Søafmærkning med uklar årsag og/eller tvivlsom effekt bør så vidt muligt undgås.
- Ved en mødesituation mellem et nord- og sydgående skib syd for den nordlige gennemsejling, forudsættes det sydgående skib som vist i arrangementet at dreje sydover kort efter passage af broen. Men fastholder skibet kursen gennem broen helt ned til bøjen ved Lyø, vil det nordgående skib blive klemt inde mellem det sydgående skib og Lyø W Flak.

Tabel 5-2 Sammenfatning af evalueringsparametre for korridoren ALA02.
(NP/SP: nordlige hhv. sydlige passage, (N)/(S): nord- hhv. sydgående)

Kollisionsrisiko		Sejladsforhold	
Gennemsejling		Sejlads arrangement	
Krydsningsvinkel	NP: 93°, 95° SP: 90°, 90°	Logik og meningsfuldhed	Ulogiske elementer
Ruteben mod gennemsejling	NP(N): 5 km SP(S): 5,5 km	Udfordringer	Klemt ruteføring ved Lyø
Trafikkens spredning	NP(N): Større SP(N): Større	Gennemsejling	
Kollisionslast	NP: 160MN SP: 580MN	Afstand fra nuværende trafik	NP: 2 km SP: ~0 km
Ruteknæk		Forlænget sejlads	NP: 1,5 km SP: ~0 km
Type 2 potentiale	NP: 1 SP: 3	Ruteben mod gennemsejlingen	NP(N): 5 km SP(N): 5,5 km
Sikkert afdækkede	NP: 2 SP: 2	Andet	-
Usikkert afdækkede	NP: 1 SP: 1	Ruteknæk	
Ikke afdækkede	NP: SP:	Utryk placering	NP(N)
Drivende skibe		Omvej for ruteknæk	NP(N): 0,5 km SP(N): 1,5 km
Forhøjet eksponering	Nordside: 1/2 L Sydside: L	Uklar hensigt	NP(N), SP(N)
Skærmet korridor	Nordside: 1/3 L Sydside:		
Øvrigt			
Særlige forhold	-		

5.2.3 Diskussion

Hovedudfordringen ved korridoren er eksponeringen for Type 2 kollisionsrisiko fra sejladsen i farvandet syd for korridoren. Risikoens udstrækning på korridoren er vanskelig at afgrænse, fordi

den afhænger af det enkelte skibs rutevalg og stringens i navigationen, i det åbne farvand syd for korridoren. Forslaget til navigationsarrangementet kan – hvis det bliver fulgt – begrænse risikoen, men det giver ikke en garanti. For at eliminere denne risiko helt, skal kursændringer i arrangementet syd for korridoren fjernes, og det ses kun muligt hvis den sydlige gennemsejling elimineres, og al trafikken ledes igennem en nordlig gennemsejling. En sådan ændring af besejlingsforholdene kan ikke forventes accepteret af myndighederne eller regionale interessenter med behov for søtransport.

Udfordringen med Type 1 kollisionsrisikoen i det sydlige gennemsejlingsfag, og med de deraf følgende krav om stor kollisionskapacitet af pylonerne, som denne risiko medfører, forværres af, at trafikken sydfra mod gennemsejlingen kan navigere meget frit. Teoretiske og statistiske studier kunne underbygge at trafikken, efter etablering af en broforbindelse med tilhørende søafmærkning, vil blive mere fokuseret end aktuelt observeret. Dette kunne også danne grundlag for at antage en mindre spredning i modellering af trafikken i den risikoberegning, der leder til det høje kapacitetskrav til pylonerne. Men der er ikke tilstrækkelig konsensus omkring risikomodelerne på dette område, til at myndigheder og de eventuelle eksperter, der måtte bistå dem, kan forventes at acceptere en mere optimistisk modellering af den fremtidige situation. For korridoren ALA02, med dens eksponering fra uhindret navigation i farvandet mod syd, vurderes det derfor ikke umiddelbart sandsynligt, at en mere detaljeret modellering og vurdering af Type 1 kollisionsrisikoen kan retfærdiggøre en lavere kollisionskapacitet for pylonerne.

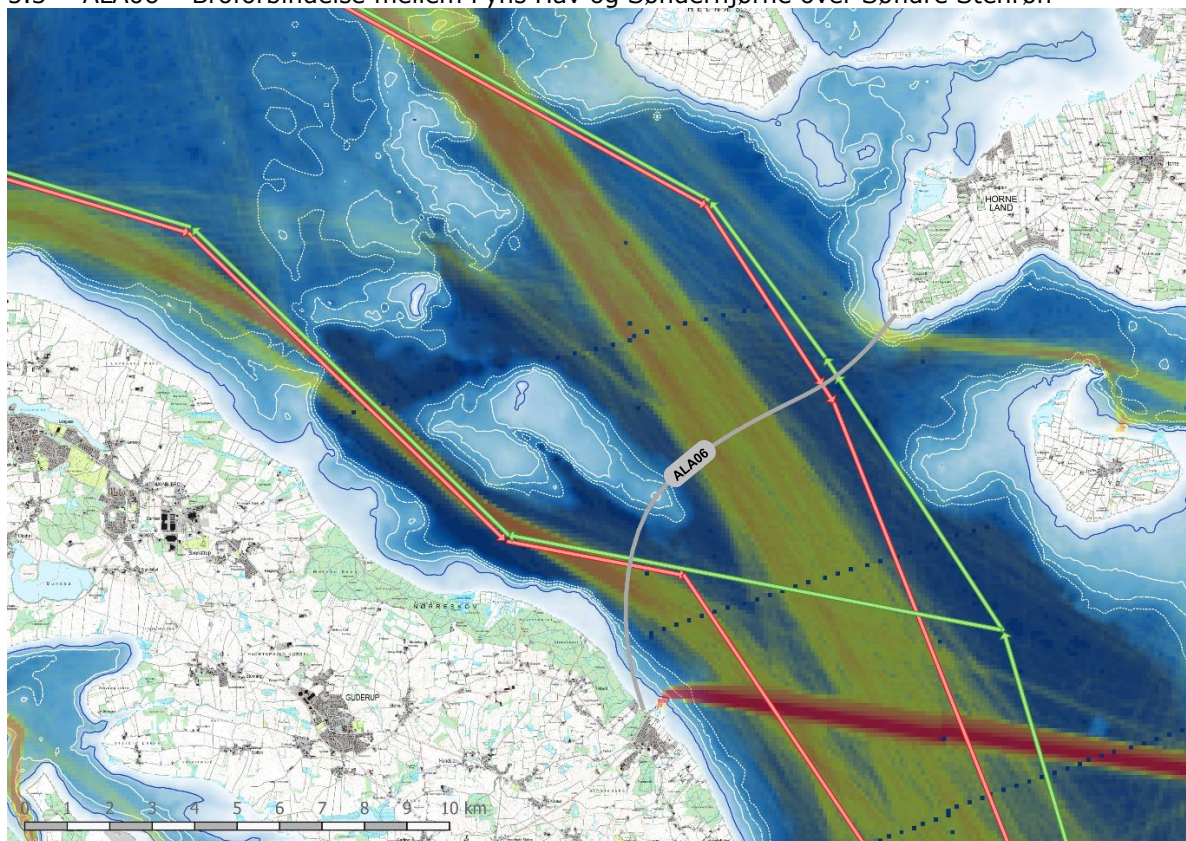
Sejladsarrangementet omkring ALA02 er slavisk fokuseret på at eliminere Type 2 kollisionsrisikoen, fordi denne risiko er afgørende for gennemførligheden af anlægsprojektet for en broløsning. Det resulterende sejladsarrangement er derfor i teorien – med dette specifikke sigte – måske relevant. Men der er flere elementer i rutelægningen, der ikke giver mening for det enkelte skibs passage igennem området. Så intentionerne med rutelægningen kan ikke forventes at blive indset af trafikken og dermed indfriet i praksis. Dermed kan der rejses tvivl om den risikoreducerende effekt, som arrangementet er konstrueret til at medføre.

Hvis rutelægningen omvendt blev baseret på, hvordan navigatørerne ville finde sejladsen naturlig og optimal, ville der i rutelægningen ikke være tiltag for at mindske risikoen for kollisioner mod broforbindelsen. En sådan rutelægning vil sandsynligvis medføre et uacceptabelt højt risikoniveau. Så ved ensidigt at tilgodese det ene hensyn (kollisionsrisiko eller sejladsen) i rutelægningen, vil det andet hensyn blive kompromitteret.

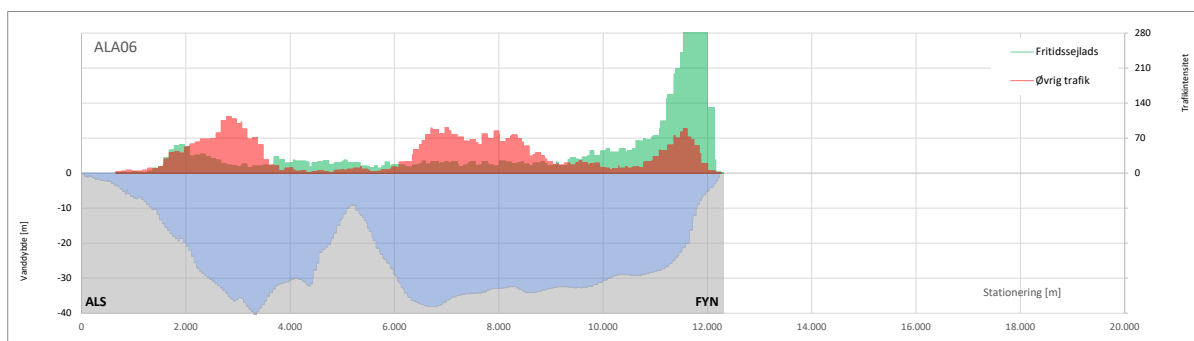
Når rutelægningen ensidigt er fokuseret på at begrænse den vanskeligt håndterbare Type 2 kollisionsrisiko, vil dette hensyn vides at være prioriteret for alle korridorer. Evaluering af hvor meget den resulterende rutelægning er i strid med hensigtsmæssig og naturlig sejlads, vil illustrere i hvilket omfang rutelægningen omkring korridorerne kan tilgodese begge hensyn. Og det giver en konsistent måde at sammenligne i hvilken grad korridorerne muliggør en rutelægning, der er både sikker og hensigtsmæssig.

Korridoren ALA02 er evalueret i forhold til kriteriet for *kollisionsrisiko* med udgangspunkt i den anbefalede løsning i Figur 5-2, hvor der er fokuseret på et lavt risikoniveau. De deraf følgende uhensigtsmæssigheder for sejladsen er noteret, og indgår i vurderingen i forhold til kriteriet for *sejladssforhold*. Dersom uhensigtsmæssigheder ved sejladssforholdene skaber tvivl om, at arrangementets risikoreducerende effekt vil indfris i praksis, er det tilbageført og inddraget som en usikkerhed i evalueringen i forhold til kriteriet for *kollisionsrisiko*, specifikt i form af usikker afdækning af Type 2 risiko fra ruteknæk.

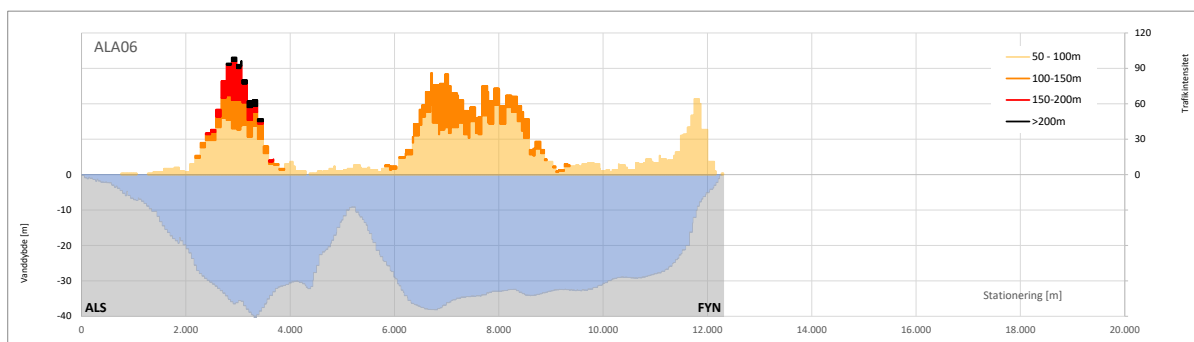
5.3 ALA06 – Broforbindelse mellem Fyns Hav og Sønderhjørne over Søndre Stenrøn



Figur 5-6 Korridoren ALA06 vist med dybdeforhold, trafikætheden for skibe længere end 50 m, og det anbefalede forslag til sejlsarrangement.



Figur 5-7 Dybdeforhold og trafikintensitet opdelt i fritidssejls og øvrig trafik langs med korridoren ALA06.



Figur 5-8 Dybdeforhold og trafikintensiteten med skibe over 50 meters længe langs med korridoren ALA06.

Forløbet af korridoren ALA06 er vist i Figur 5-6, og dybdeforhold og trafiktæthed langs med korridoren er detaljeret i Figur 5-7 og Figur 5-8. Korridoren har samme ilandføringspunkter som ALA02, men følger en nordlig kurve op til sydspidsen af Søndre Stenrøn dels for at drage fordel af de lavere vanddybder her, men særligt for at opnå mere vinkelrette krydsninger af den eksisterende skibstrafik i både den nordlige og sydlige passage. Det fremgår af Figur 5-7 at fordelene med lavere vanddybde er begrænset til én til halvanden kilometer lang strækning på midten af korridoren. Og det svarer cirka til hvor meget længere korridoren ALA06 er i forhold til ALA02.

Da krydsningen af den sydlige passage ligger nordligere end for ALA02, fremstår trafikken her mere samlet og fokuseret end for ALA02. Og den lavere vanddybde ved Søndre Stenrøn (omkring st5000) afspejler sig i en større afstand imellem trafikken i den nordlige og sydlige passage. Derudover er trafikken og dens fordeling meget lig med billedet for ALA02.

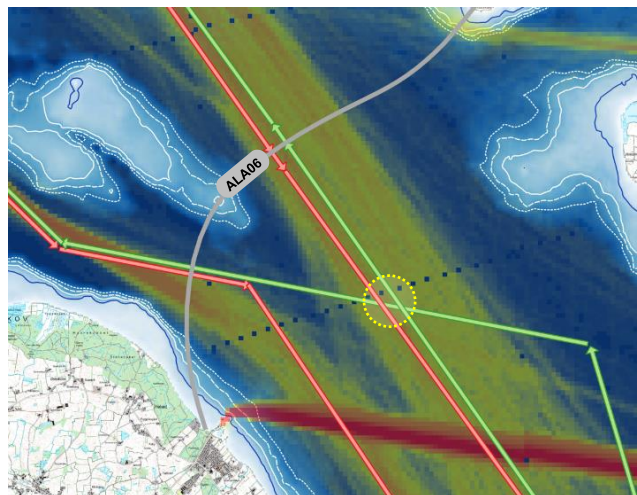
5.3.1 ALA06 – Anbefalet sejladsarrangement

Forløbet i den sydlige passage adskiller sig primært fra arrangementet for ALA02 ved retningen af rutebenet sydfra hen til gennemsejlingen. En mindre betydende forskel er, at knækket på ruten ind til Als-renden nordfra, retter Type 2 kollisioner imod Hesteskoen. Med arrangementet for ALA02 rettes denne risiko mod Søndre Stenrøn. I begge tilfælde er hensigten at eventuelle skibe i en Type 2 kollisionssituation vil grundstøde på de lavvandede områder.

For at opnå en vinkelret krydsning af korridoren ind til den sydlige passage, skal rutebenet ind til Als-renden lægges i en mere øst-vestlig retning end for ALA02. Nødvendigheden af at forebygge risikoen for Type 2 kollisioner sydfra betyder, at denne relativt lille ændring får stor betydning for resten af arrangementet.

Den sydfra kommende trafik til den sydlige passage skal nødvendigvis foretage en kursændring ind på rutenbenet mod gennemsejlingen, og dette knæk vil være kilde til Type 2 scenarier. For at undgå at disse situationer eksponerer korridoren øst for gennemsejlingen, må ruteknækket trækkes så langt mod øst, at rutebenet sydfra op til knækket får retning mod Lyø W Flak og Sønder Hjørne.

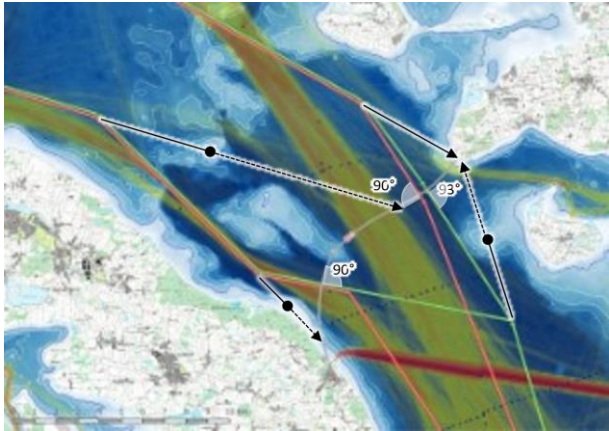
I det anbefalede arrangement er ruten op mod den nordlige passage trukket med dette knæk over mod Lyø for at undgå at adskille de to ruter. Dersom ruterne skiltes, så trafikken op til den nordgående passage kunne anvende den umiddelbare direkte rute op igennem korridoren, ville det skabe en uheldig krydsning af den nordgående trafik til de to gennemsejlinger (se illustrationen til højre).



Når ruteforløbet til den nordlige passage trækkes med mod øst, tilføjes denne rute knæk både syd og nord for korridoren, som begge er kilder til Type 2 situationer. Placeringen af knækket syd for korridoren er givet, og det sikrer at Type 2 scenarier er rettet mod Lyø W Flak og Horne Næs øst for broen. Knækket nord for korridoren er blevet placeret, så sydgående trafik ikke eksponerer nordsiden af broen for Type 2 kollisioner.

5.3.2 Evaluering

Kollisionsrisiko

- + Krydsningen af korridoren kan anlægges vinkelret i gennemsejlingen til den sydlige passage, og næsten vinkelret til den nordlige passage (90° og 93°)
 - + Ruteforløbet op til begge gennemsejlinger giver god afstand til at opnå en ret og stabil kurs,
 - + Ved strategisk placering af de nødvendige ruteknæk i forhold til land og områder med begrænset vanddybde, kan risikoen fra disse knæk for kollisioner af Type 2 reduceres
 - + Områderne med lavere vanddybde beskytter i nogen udstrækning den vestlige del af korridoren imod Type 3 kollisioner nordfra
- 
- Det forhindringsfrie farvand med store dybder syd for korridoren, kræver ikke opmærksom og præcis navigation op mod korridoren fra syd. Det kan betyde, at der må antages en bredere geometrisk fordeling ved estimering af Type 1 kollisioner sydfra, og dermed øge risikoen for Type 1 kollisioner. Dette forhold har størst betydning for gennemsejlingen til den sydlige passage.
 - Nordgående trafik til den nordlige passage forudsættes at navigere ud til bøjen ved ruteknækket ved Lyø inden der rettes op mod gennemsejlingen. At lægge opretningen så langt fra broen (ca. 7 km) kan virke formålsløst, og da ruten tillige bringer skibet på kurs mod (og ganske tæt på) Lyø W Flak, må det forventes at en del af trafikken vælger en mere direkte kurs mod gennemsejlingen (svarende til den viste rute for sydgående trafik ud af gennemsejlingen) og retter op til passagen tættere på broen end anvist af bøjen ved Lyø. Det skaber usikkerhed om den tiltænkte beskyttelse imod Type 2 kollisioner, som er årsagen til den valgte rutelægning. Denne usikkerhed bør/skal der tages højde for i risikoestimeringen, der danner basis for designet af broen.
 - Tilsvarende ligger knækket og den tilhørende bøje for nordgående trafik til den sydlige passage dels langt fra broen (9 km eller 4,9 sm) og dels langt mod nord sammenlignet med det nuværende sejlads mønster op mod den sydlige passage. Det kan skabe tvivl om trafikken systematisk vil anvende bøjen, og dermed fastlægge ruteknækket så veldefineret, som det er forudsat i vurderingen af risikoen for Type 2 kollisioner fra denne trafik.
 - Det åbne og dybe farvand syd for korridoren betyder at hele sydsiden af broen er eksponeret for kollisioner af Type 3 fra hele dette farvandsområde.
 - Korridoren vender på den østlige halvdel op mod et større, åbent farvandsområde, og vil derfor være eksponeret for Type 3 kollisioner på den nordlige side.

Sejladsforhold

- + Sejladsen kan generelt arrangeres med få og lange ruteben, og arrangementet vil i nogen udstrækning give mening for skibsfarten
- Med en placering omkring 3 km fra kysten på Fynssiden, er den nordlige gennemsejling ikke optimal for kystnær erhvervstrafik og den omfattende fritidssejlads.
- Den nordgående trafik mod den nordlige passage, vil med bøjen ved Lyø ledes med kurs mod og ganske tæt på de lavvandede områder. Det strider imod sædvanlig navigationspraksis, og giver anledning til utryghed ved afmærkningen og dens hensigt.

- Bøjen, der markerer knækket på ruten for denne nordgående trafik, ligger unaturligt langt fra broen (5 km eller 2,7 sm), og det er tvivlsomt om den vil blive brugt systematisk af skibe, der skal krydse broen. Søafmærkning med uklar årsag og/eller tvivlsom effekt bør så vidt muligt undgås.
- Knækket og den tilhørende bøje for nordgående trafik til den sydlige passage ligger langt fra broen (9 km eller 4,9 sm) og er langt mod nord sammenlignet med det nuværende sejlads mønster op til den sydlige passage.
- Ved en mødesituation mellem et nord- og sydgående skib syd for den nordlige gennemsejling, forudsættes det sydgående skib som vist i arrangementet at dreje sydover kort efter passage af broen. Men fastholder skibet kursen gennem broen helt ned til bøjen ved Lyø, vil det nordgående skib blive klemt inde mellem det sydgående skib og Lyø W Flak.
- Arrangementet af ruten for nordgående trafik ind gennem den sydgående gennemsejling øger rutens længde med ca. 7,5 km
- Knækket syd for Helnæs på ruten ned mod den nordlige gennemsejling kan/vil forekomme u hensigtsmæssigt for både nord- og sydgående trafik. Anvender nordgående skibe ikke punktet, krydser den sydgående trafik u hensigtsmæssigt. Anvender sydgående skibe ikke punktet, giver rutelægningen ikke den sikkerhed imod Type 2 kollisioner, som er motivationen for rutelægningen og punktets placering.

Tabel 5-3 Sammenfatning af evalueringsparametre for korridoren ALA06.
(NP/SP: nordlige hhv. sydlige passage, (N)/(S): nord- hhv. sydgående)

Kollisionsrisiko		Sejladsforhold	
Gennemsejling		Sejlads arrangement	
Krydsningsvinkel	NP: 90°, 93° SP: 90°, 90°	Logik og meningsfuldhed	Ulogiske elementer
Ruteben mod gennemsejling	NP(S): 4,5km SP(S): 3km	Udfordringer	Klemte ruteføring ved Lyø
Traffikkens spredning	NP(N): Større SP(N): Større	Gennemsejling	
Kollisionslast	NP: 160MN SP: 580MN	Afstand fra nuværende trafik	NP: 3km SP: 0,5km
Ruteknæk		Forlænget sejlads	NP: 1km SP: ~0km
Type 2 potentiale	NP: 2 SP: 3	Ruteben mod gennemsejlingen	NP(S): 4,5km SP(S): 3km
Sikkert afdækkede	NP: 1 SP: 2	Andet	-
Usikkert afdækkede	NP: 1 SP: 1	Ruteknæk	
Ikke afdækkede	NP: SP:	Utryk placering	NP(S)
Drivende skibe		Omvej for ruteknæk	NP(N,S): 0,5km SP(N): 3,5km
Forhøjet eksponering	Nordside: 1/2 L Sydside: L	Uklar hensigt	NP(S), SP(N)
Skærmet korridor	Nordside: 1/3 L Sydside: ~0 L		
Øvrigt			
Særlige forhold	-		

5.3.3 Diskussion

Samme principielle og specifikke punkter som for ALA02.

Ilandføringens skæve vinkel med kystlinjen på Als i den foreslåede korridor er ikke optimal i forhold til anlægningstekniske prioriteringer. Det vil kunne justeres med lokale kurver på korridoren – svarende til den lokale opretning af ALA07 ved den nordlige gennemsejling – uden at ændre på korridorens evaluering i forhold til sejladsforhold og kollisionsrisiko.

5.4 ALA07* og ALA07 – Broforbindelse mellem Tranerodde og Horne vest

Set fra både et sejladmæssigt og et anlægsteknisk synspunkt er en korridor mellem Tranerodde og Søndre Stenrøn en betragtning værdig, da korridoren i højere grad er beskyttet imod skibskollisioner af type 2. Idet skibstrafikken i Als-renden naturligt snævrer sig sammen bidrager det derudover positivt til at sænke kollisionfrekvensen på broen.

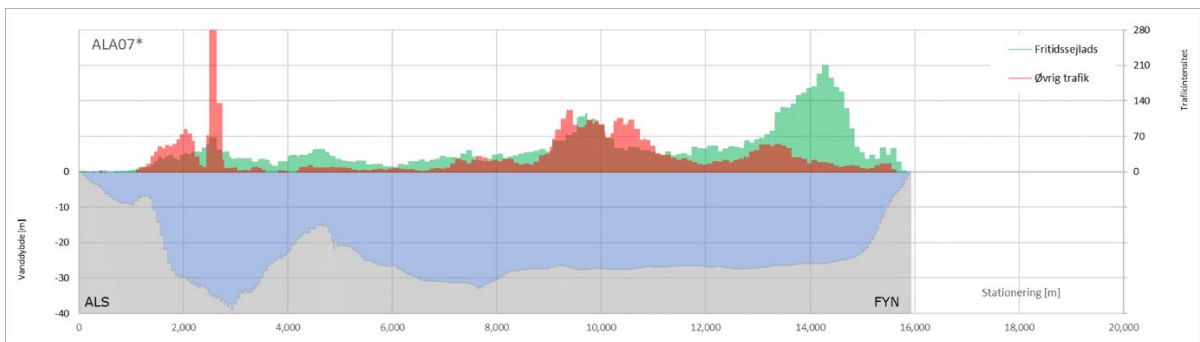
På workshopen af 14. december 2022, se afsnit 3.6, blev korridoren ALA07* beskrevet på et kort og vurderet som en sejladsteknisk relevant løsning. På workshopen kunne ALA07* anlægsteknisk ikke vurderes, hvorfor dette skete efterfølgende. Vurderingen fra anlægsteknik førte til en alternativ optegning af ALA07*, som i nærværende rapport er benævnt ALA07.

Anlægsteknisk er ALA07* udfordret af ugunstige geotekniske forhold, som det ønskes at undgå, ligesom den tilføjede S-kurve øst for Søndre Stenrøn betyder et kompromis med vejtrafikforholdene på broen. Af disse årsager har forundersøgelsens anlægstekniske rådgivere foreslået en alternativ linjeføring, ALA07, der er placeret tæt på ALA07*, men er tilpasset de geotekniske og trafikale forhold, samt undgår anlæg i miljøbeskyttede stenrev.

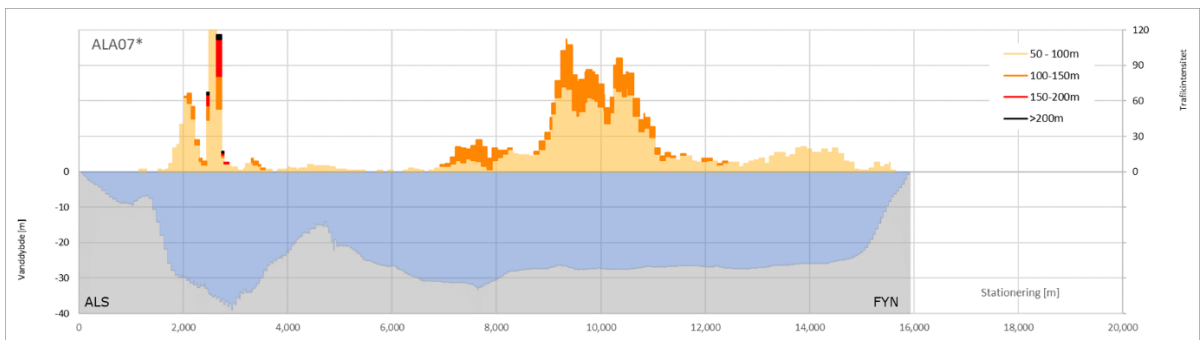
Begge linjeføringer er behandlet i de følgende afsnit.



Figur 5-9 Korridoren ALA07* vist med dybdeforhold, trafikætheden for skibe længere end 50 m, og det anbefalede forslag til sejladsarrangement.



Figur 5-10 Dybdeforhold og trafikintensitet opdelt i fritidssejlad og øvrig trafik langs med korridoren ALA07*.

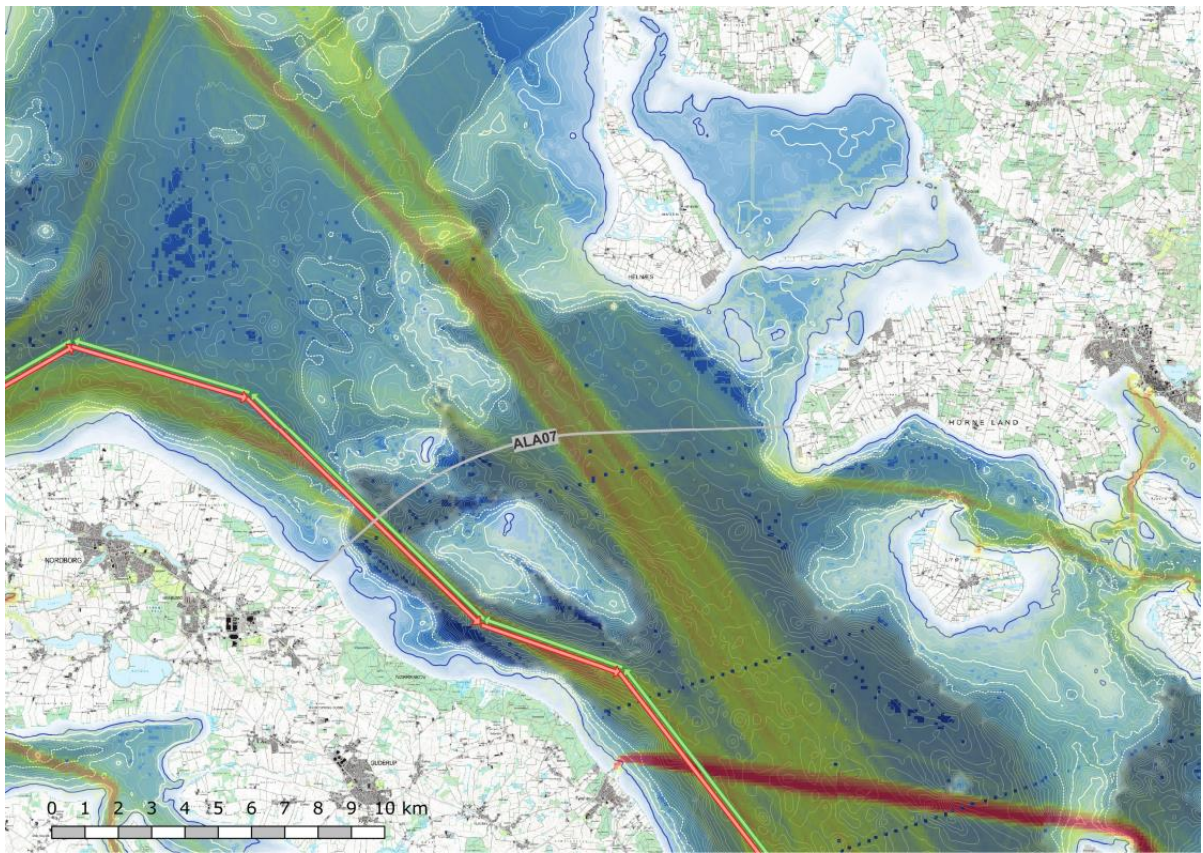


Figur 5-11 Dybdeforhold og trafikintensiteten med skibe over 50 meters længde langs med korridoren ALA07*.

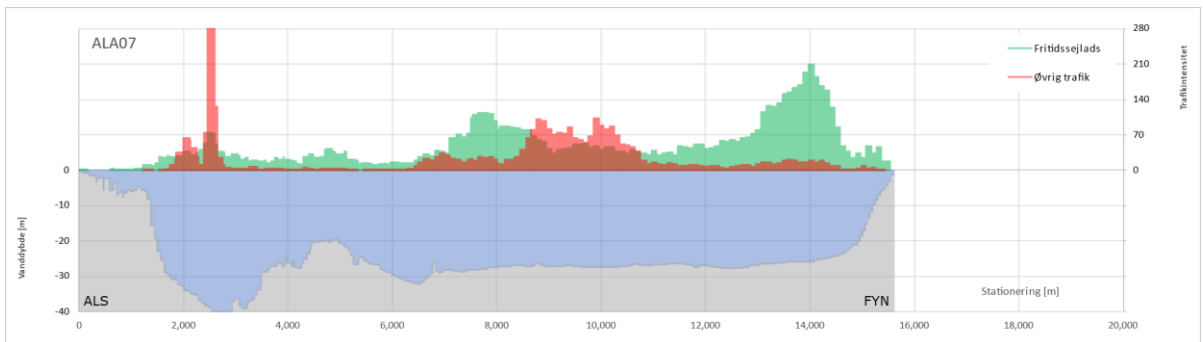
Forløbet af korridoren ALA07* er vist i Figur 5-9, og dybdeforholdene og trafiktætheden langs med korridoren er detaljeret i Figur 5-10 og Figur 5-11. Vestfra bliver vanddybden lokalt meget stor, og det sker med ret stor stejthed (4%) fra vest ned i renden. Den valgte placering af korridoren ved en sydlige passage er sket med udgangspunkt i en indledende prioritering af landfæstets placering lige nord for Tranerodde, at korridoren går vinkelret ud til krydsningen af skibstrafikken, og at korridoren bliver holdt syd for Hesteskoen og på 10 meters vanddybde eller mere. Med vanddybder på 30-40m giver det ikke de bedste betingelser for fundering af en bro, der skal mobilisere stor modstandsevne overfor kollisioner. Fra st5.000 og østover er vanddybderne stabilt på godt 25 m.

Hensigten med placeringen af korridoren er bl.a. at krydse Als-renden ved den bøjemarkerede snævring, så trafikken er så fokuseret som muligt. Ifølge trafiktæthederne i Figur 5-10 ses det at være opnået for en del af trafikken. De mindre erhvervsskibe (50-100m) ses i Figur 5-11 at danne et separat spor parallelt med de helt store skibe, der pga. deres dybgang placerer sig mere centralt i renden. Dette fremgår også tydeligt med en stor og bred tæthed af "øvrige skibe" i Figur 5-10. Dette separate spor kan både betyde, at småskibene helst vil holde sig fri af den større trafik midt i renden, men kan også være konsekvens af, at de mindre skibe udnytter deres begrænsede dybgang til at gå tættere på kysten og derved forkorte deres sejlads. Den faktiske afkortning af sejladsen, som den fremgår af Figur 5-9, bestyrker dog ikke den sidste motivation.

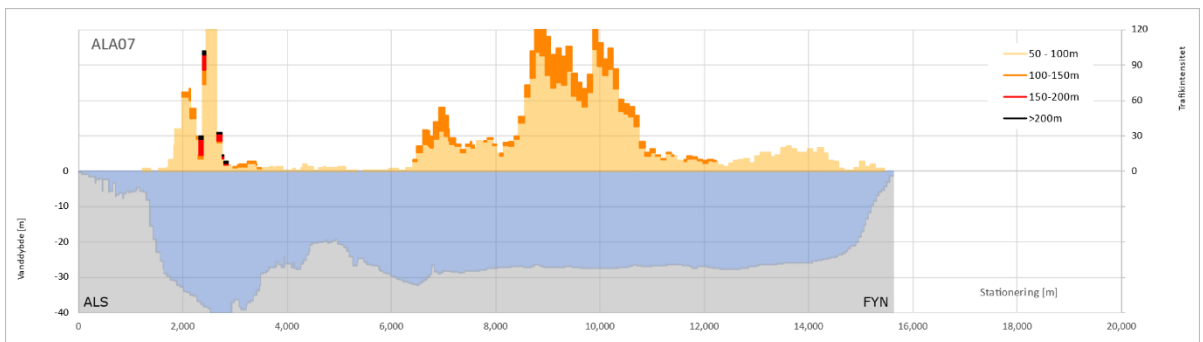
Ved krydsningen af trafikken i den nordlige passage er ALA07* udformet, så det bliver enkelt at arrangere en vinkelret passage af korridoren uden ruteknæk nord eller syd for broen. Den S-formede del af broen er dermed gunstig for såvel sejladsforholdene som for kollisionsrisikoen i fald der etableres en nordlig gennemsejling. Korridoren uden den S-formede tilføjelse er behandlet som ALA07 nedenfor.



Figur 5-12 Korridoren ALA07 vist med dybdeforhold, trafiktheden for skibe længere end 50 m, og det anbefalede forslag til sejladsarrangementet.



Figur 5-13 Dybdeforhold og trafikintensitet opdelt i fritidssejlad og øvrig trafik langs med korridoren ALA07.



Figur 5-14 Dybdeforhold og trafikintensiteten med skibe over 50 meters længe langs med korridoren ALA07.

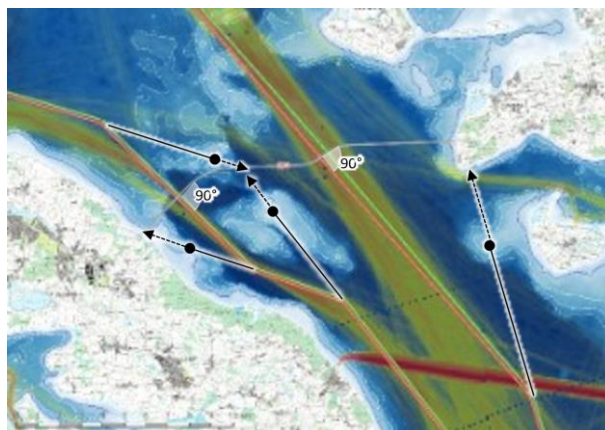
Forløbet af korridoren ALA07 er vist i Figur 5-12, og dybdeforholdene og trafiktætheden langs med korridoren er detaljeret i Figur 5-16 og Figur 5-17. Den valgte placering af korridoren ved en sydlige passage skal sikre, at korridoren går så vinkelret som muligt ud til krydsningen af skibstrafikken. Afvigelsen fra en vinkelret krydsning skyldes et kompromis hvor geotekniske forhold er indarbejdet i forløbet af korridoren. Dette betyder, at den sydlige passage på ALA07 ligger cirka 350 m syd for den sydlige passage på ALA07* og medfører lidt større vanddybder i korridoren ALA07* end ALA07. Som for ALA07* er ALA07 korridoren holdt syd for Hesteskoen. Vanddybder ved den sydlige passage er på 30-40m. Fra st5.000 og østover er vanddybderne stabilt på godt 35 m.

Som for ALA07* er hensigten med placeringen af korridoren at krydse Als-renden tæt ved den bøjemarkerede snævring, hvor trafikken i forvejen er så fokuseret som muligt. Ifølge trafiktæthederne i Figur 5-12 ses det at være opnået for en del af trafikken. De mindre erhvervsskibe (50-100m) ses i Figur 5-14 at danne et separat spor parallelt med de helt store skibe, der pga. deres dybgang placerer sig mere centralt i renden. Dette fremgår også tydeligt med en stor og bred tæthed af "øvrige skibe" i Figur 5-13. Dette separate spor er ved at opstå ved korridoren ALA07 og mere tydeligt for ALA07*.

I modsætning til ALA07* har ALA07 ikke en lokal kurve på korridoren. Dette betyder, at det ikke er muligt at tilgodese krydsninger af trafikken i den nordlige passage, da der ikke er en acceptabel krydsningsvinkel, se afsnit 5.4.4.

5.4.1 ALA07* - Anbefalet sejlsadsarrangement

Gennemsejlingen for den nordlige passage er placeret og vinklet, så der opnås en vinkelret krydsning med en direkte rute midt igennem snævringen ved Lillegrund. Denne rute og retning fortsættes så langt syd for korridoren, som det er nødvendigt for at undgå, at det nødvendige ruteknæk er kilde til Type 2 kollisioner med retning mod broen. Rutebenet syd for knækket har retning mod Lyø W Flak og Sønder Hjørne og ikke mod broen. Forudsat at ruteføringen følges, udgør dette knæk ikke en Type 2 risiko.



Indsejlingen sydfra til den sydlige passage er lagt, så første ruteben har retning mod Sønder Stenrøn. Overses den første (bagbords) kursændring ind i Als-renden, vil skibets fortsatte kurs føre til en grundstødning mod Sønder Stenrøn. Næste (styrbords) kursændring op i renden, vil bringe skibet på en ret kurs igennem både gennemsejlingen og snævringen, og ud af Als-renden. Overses denne kursændring vil skibet grundstøde syd for Tranerodde og dermed ikke udgøre en Type 2 kollisionsrisiko for broen.

På indsejlingen nordfra er ruten trukket ca. 1km mod NV i forhold til den observerede trafik. Dermed kan den styrbords kursændring, der bringer skibet ned i Als-renden, placeres så rutebenet hen til kursændringen har retning mod Hesteskoen. Overses kursændringen vil skibet have retning mod Hesteskoen og grundstøde der, uden at udgøre en Type 2 kollisionsrisiko for broen.

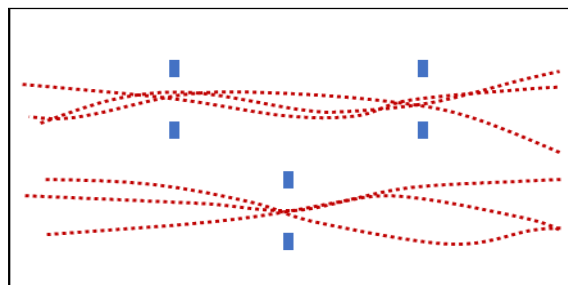
5.4.2 Evaluering

Kollisionsrisiko

- + Alle gennemsejlinger kan anlægges vinkelret på korridoren
 - + Den sydlige gennemsejling er placeret hvor trafikken er mest fokuseret ved snævringen ud for Tranerodde.
 - + Knæk på ruterne nord og syd fra frem mod den sydlige gennemsejling, der kunne udgøre en Type 2 kollisionsrisiko for broen, er arrangeret så Søndre Stenrøn og Hesteskoen bliver naturlige barrierer imod denne risiko.
 - + Korridoren er placeret mellem de lavvandede områder ved Søndre Stenrøn og Hesteskoen. En del af bro længden er dermed delvis beskyttet mod Type 3 kollisioner fra både nord og syd.
- For nordgående trafik til den nordlige passage ligger opretningen ind på rutebenet op til gennemsejlingen knap 15 km syd for korridoren, og knap 2 km øst for den aktuelt observerede typiske sejlads op igennem passagen. Der er ikke sikkerhed for at forløbet bliver fulgt og dermed at ruteknækket ligger veldefineret så langt mod syd. Den tilsigtede beskyttelse imod Type 2 kollisioner er dermed ikke sikker.
 - Knækket på ruten fra nord ind i den sydlige passage ligger knap 1 km NØ for den aktuelt observerede sejlads, og det kan skabe usikkerhed om søafmærkningen vil blive fulgt, så ruteknækket bliver veldefineret på den ønskede lokation. Sker det ikke, opnås ikke (nødvendigvis) den tilsigtede beskyttelse imod Type 2 scenarier nordfra. Det er muligt at optimere dette forløb til en mere oplagt placering af knækket, og dermed til en højere grad af anvendelse.

Sejladeforhold

- + Sejladsen gennem den sydlige passage er enkel, intuitiv og følger det aktuelle sejlads mønster med kun få afvigelser
- Den nordlige gennemsejling er placeret ca. 6 km vest for Horne Næs, hvilket giver kystnær trafik til og fra Lyø Krog en omvej. Sejladsen fra Horne Næs op til snævringen ved Lillegrund øges dog kun med ca. 1 km ved denne placering af gennemsejlingen.
 - Ved at lægge den sydlige gennemsejling syd for den bøjemarkerede snævring etableres to på hinanden følgende smalle passager, som skibene skal manøvrere igennem. Det giver større stivhed og begrænsning af navigationen, end hvis korridoren og snævringen var sammenfaldende (se illustrationen)
 - Placering af en brokonstruktion i korridoren skaber en visuel barriere og et radarspor tværs igennem snævringen, der udgør en central forhindring for de dybtgående skibe. Det kan påvirke navigatørens overblik over eventuel trafik på den modsatte side af snævringen, og dermed reducere trygheden og sikkerheden ved passage af snævringen.



Tabel 5-4 Sammenfatning af evalueringsparametre for korridoren ALA07*.
 (NP/SP: nordlige hhv. sydlige passage, (N)/(S): nord- hhv. sydgående)

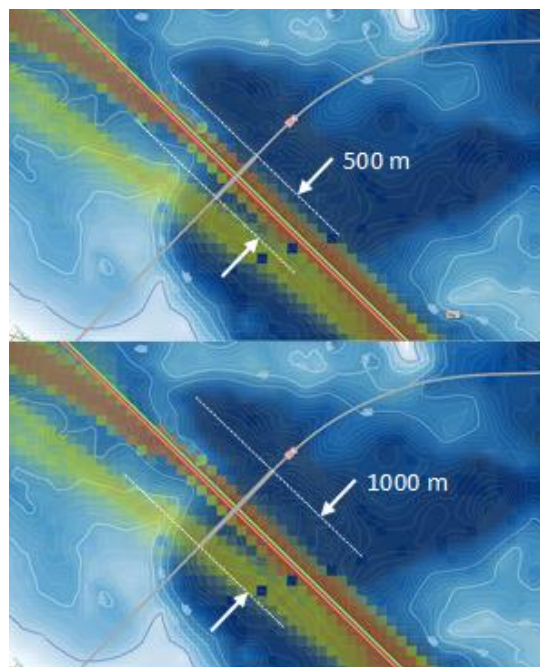
Kollisionsrisiko		Sejladsforhold	
Gennemsejling		Sejlads arrangement	
Krydsningsvinkel	NP: 90°,90° SP: 90°,90°	Logik og meningsfuldhed	Ok
Ruteben mod gennemsejling	NP(S): 12km SP(N,S): 5km	Udfordringer	SP: Udsyn ved snævring
Trafikkens spredning	NP(N): Normal SP(N,S): Lille	Gennemsejling	
Kollisionslast	NP: 160MN SP: 350MN	Afstand fra nuværende trafik	NP: ~0km SP: ~0km
Ruteknæk		Forlænget sejlads	NP: 0,5km SP: ~0km
Type 2 potentiale	NP: 1 SP: 3	Ruteben mod gennemsejlingen	NP(S): 13km SP(N,S): 5km
Sikkert afdækkede	NP: 3 SP: 3	Andet	-
Usikkert afdækkede	NP: 1 SP: 1	Ruteknæk	
Ikke afdækkede	NP: 1 SP: 1	Utryk placering	-
Drivende skibe		Omvej for ruteknæk	NP(N): 0,5km SP(S): 1km
Forhøjet eksponering	Nordside: ~0L Sydside: 1/2L	Uklar hensigt	NP(N)
Skærmet korridor	Nordside: 0,3L Sydside: 0,3L		
Øvrigt			
Særlige forhold	SP: bro tæt på snævring		

5.4.3 Diskussion

Motivationen til at lægge korridoren tæt på snævringen fremgår af Figur 5-15, hvor den smalle fordeling af trafikken imellem bøjerne ved selve snævringen viser, at skibene her navigerer meget præcist. Den lokalt større tæthed af trafikken ved st2,500 på korridoren (se Figur 5-11) viser, at en del af skibene fra alle størrelsesklasser vælger at følge gennem snævringen og bøjerne. Og er i stand til at navigere præcist.

Det fremgår af Figur 5-15 at den trafik, der aktuelt ikke passerer igennem snævringen, ved passage af en bro med en navigationsåbning på 500 meter kan blive tvunget til at passere gennem snævringen og bøjerne for at opnå en vinkelret og centreret passage af gennemsejlingen. Dermed kunne tilstedeværelsen af en bro lede til, at al trafik navigerer hen til og passerer korridoren med den observerede lille spredning, der følger af at sejle mellem bøjerne.

Øges gennemsejlingsbredden til 1000 meter vil det ifølge Figur 5-15 ikke være tilsvarende oplagt, at al trafikken fokuseres og følger ruten imellem bøjerne.



Figur 5-15 Trafiktæthed (L>50m), batymetri ved snævringen i Als-runden og indikeret navigationsbredde på 500 og 1000m.

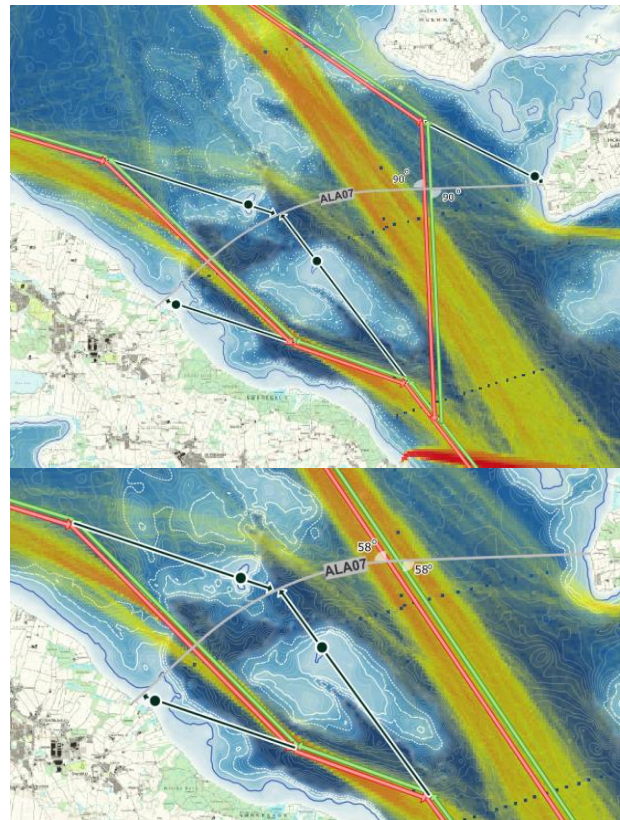
Med et større spænd vil trafikken, der aktuelt passerer vest om snævringen og bøjerne, få bedre plads til fortsat at anvende denne separate rute. Selvom denne trafik hovedsageligt omfatter de mindre til mellemstore skibe ($L=50-150\text{m}$), der ikke udgør den bestemmende risiko for broen, kunne en sådan differentieret navigation i gennemsejlingen være en potentiel kilde til faresituationer, og dermed være uønsket.

Det ses af batymetrien i Figur 5-15 at den navigationsmæssige fordel ved at flytte korridoren mod nord, så der bliver sammenfald af de lokale navigationsmæssige udfordringer, også vil betyde, at broens pyloner kan funderes på noget mindre vanddybder, end med den foreslåede korridor. Denne reduktion af vanddybden vil reducere den anlægningstekniske udfordring ved at optage de store kollisionskræfter mod pylonerne, og dermed skabe bedre grundlag for at opnå en acceptabel kollisionsrisiko for hovedbroen. Situationen er ikke tilsvarende gunstig med en 1000m bred gennemsejling, idet den nordlige pylon derved forbliver på relativt dybt vand (godt 30 m).

En bedre forståelse af årsagerne til den observerede navigation i og omkring snævringen er nødvendig for at kunne vurdere fordele, udfordringer og farer ved at placere en gennemsejling i nærheden af eller umiddelbart over snævringen. Og for med sikkerhed at kunne beslutte, i hvilken udstrækning fordelene ved den stærke fokusering af trafikken kan anvendes aktivt i placering og design af en broforbindelse. Mere detaljerede analyser af den registrerede sejlads i området ved snævringen over en større tidsmæssig periode, samt indsamling af erfaringer med og vidnesbyrd om navigationen ved snævringen, vil bidrage til grundlaget for at opnå den nødvendige forståelse.

5.4.4 ALA07 – Anbefalet sejladsarrangement

Sejladsarrangementet tilrettelægges sådan, at det først og fremmest minimerer kollisionsrisikoen, og sekundært giver de bedst mulige sejladsforhold, selvom begge dele, jf. afsnit 5.1.1, modsiger hinanden. I praksis går der på kompromis med sejladsforholdene af hensyn til kollisionsrisikoen. For ALA07 er der ikke fundet et acceptabelt sejladsarrangement, der giver mening for en nordlig gennemsejling. En løsning med mindst mulig kollisionsrisiko vil kræve, at ruteknæk ikke medfører unødigt eksponering af broen, samt at trafikken ledes så vinkelret som muligt under broen, se øverste figur. Dette sejladsarrangement giver navigationsmæssige udfordringer i forbindelse med mødesituationer på begge sider af korridoren, ligesom arrangementet får skibene tæt på kyster eller områder med lav vanddybde. Forsøges i stedet at skabe optimale sejladsforhold, hvor skibene kan følge den naturlige rute nord om Søndre Stenrøn, se nederste figur, fås en lille krydsningsvinkel på 58 grader, hvilket afviger væsentligt fra de acceptable 10 grader fra en retvinklet krydsning.



Samlet set vurderes en nordlig passage på ALA07 ugunstig og ulogisk, hvorfor der ikke inddrages en nordlig passage på ALA07. Hvis ALA07 med en nordlige passage alligevel medtages i efterfølgende analyser og undersøgelser vurderes det nødvendigt at tilpasse korridoren og sejlsadsarrangementet, så der opnås en mere vinkelret passage, eksempelvis ved en delvis indførelse af S-kurven fra ALA07*.

Indsejlingen sydfra til den sydlige passage er lagt, så første ruteben har retning mod Søndre Stenrøn. Overses den første (bagbords) kursændring ind i Als-renden, vil skibets fortsatte kurs føre til en grundstødning mod Søndre Stenrøn. Næste (styrbords) kursændring i renden, vil bringe skibet på en ret kurs igennem både gennemsejlingen og snævringen, og ud af Als-renden. Overses denne kursændring vil skibet grundstøde syd for Tranerodde og dermed ikke udgøre en Type 2 kollisionsrisiko for broen.

På indsejlingen nordfra er ruten trukket ca. 1 km mod NV i forhold til den observerede trafik. Dermed kan den styrbords kursændring, der bringer skibet ind i Als-renden, placeres så rutebenet hen til kursændringen har retning mod Hesteskoen. Overses kursændringen vil skibet have retning mod Hesteskoen og grundstøde der, uden at udgøre en Type 2 kollisionsrisiko for broen.

Ved den sydlige passage afviger krydsningsvinklen med 7-8 grader i forhold til en vinkelret krydsning, hvilket vurderes at være acceptabelt. Effektivt medfører krydsningsvinklen, at navigatøren oplever en let reduceret navigationsåbning sammenlignet med en vinkelret krydsning. Derfor bør spændet på kabelbroens frie gennemsejling tilsvarende øges til minimum 510 meter for at kompensere for den oplevede reduktion.

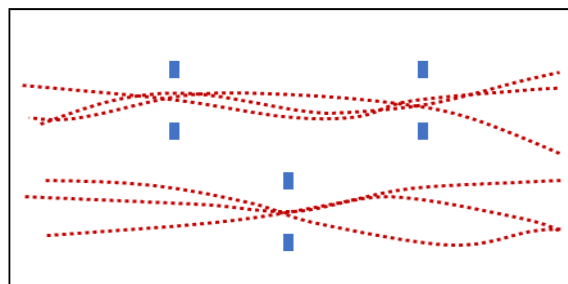
5.4.5 Evaluering

Kollisionsrisiko

- + Den sydlige gennemsejling er placeret hvor trafikken er mest fokuseret ved snævringen ud for Tranerodde.
- + Knæk på ruterne nord og syd fra frem mod den sydlige passage, der kunne udgøre en Type 2 kollisionsrisiko for broen, er arrangeret så Søndre Stenrøn og Hesteskoen bliver naturlige barrierer imod denne risiko.
- + Korridoren er placeret mellem de lavvandede områder ved Søndre Stenrøn og Hesteskoen. En del af bro længden er dermed delvis beskyttet mod Type 3 kollisioner fra både nord og syd.
- Knækket på ruten fra nord ind i den sydlige passage ligger knap 1 km NØ for den aktuelt observerede sejlsads, og det kan skabe usikkerhed om søafmærkningen vil blive fulgt, så ruteknækket bliver veldefineret på den ønskede lokation. Sker det ikke, opnås ikke (nødvendigvis) den tilsigtede beskyttelse imod Type 2 scenarier nordfra. Det er muligt at optimere dette forløb til en mere oplagt placering af knækket, og dermed til en højere grad af anvendelse.

Sejlsadsforhold

- + Sejlsadsen gennem den sydlige passage er enkel, intuitiv og følger det aktuelle sejlsadsmønster med kun få afvigelser
- Ved at lægge den sydlige gennemsejling syd for den bøjemarkerede snævring etableres to på hinanden følgende smalle passager, som skibene skal manøvrere igennem. Det giver større stivhed og begrænsning af



navigationen, end hvis korridoren og snævringen var sammenfaldende (se illustrationen). Den øgede afstand til bøjemarkeringen ved ALA07 i fht. ALA07* har ikke stor betydning for de største skibe, da der kun er tale om cirka én skibslængde mere i afstand.

- Placering af en brokonstruktion i korridoren skaber en visuel barriere og et radarspor tværs igennem snævringen, der udgør en central forhindring for de dybtgående skibe. Det kan påvirke navigatørens overblik over eventuel trafik på den modsatte side af snævringen, og dermed reducere trygheden og sikkerheden ved passage af snævringen.

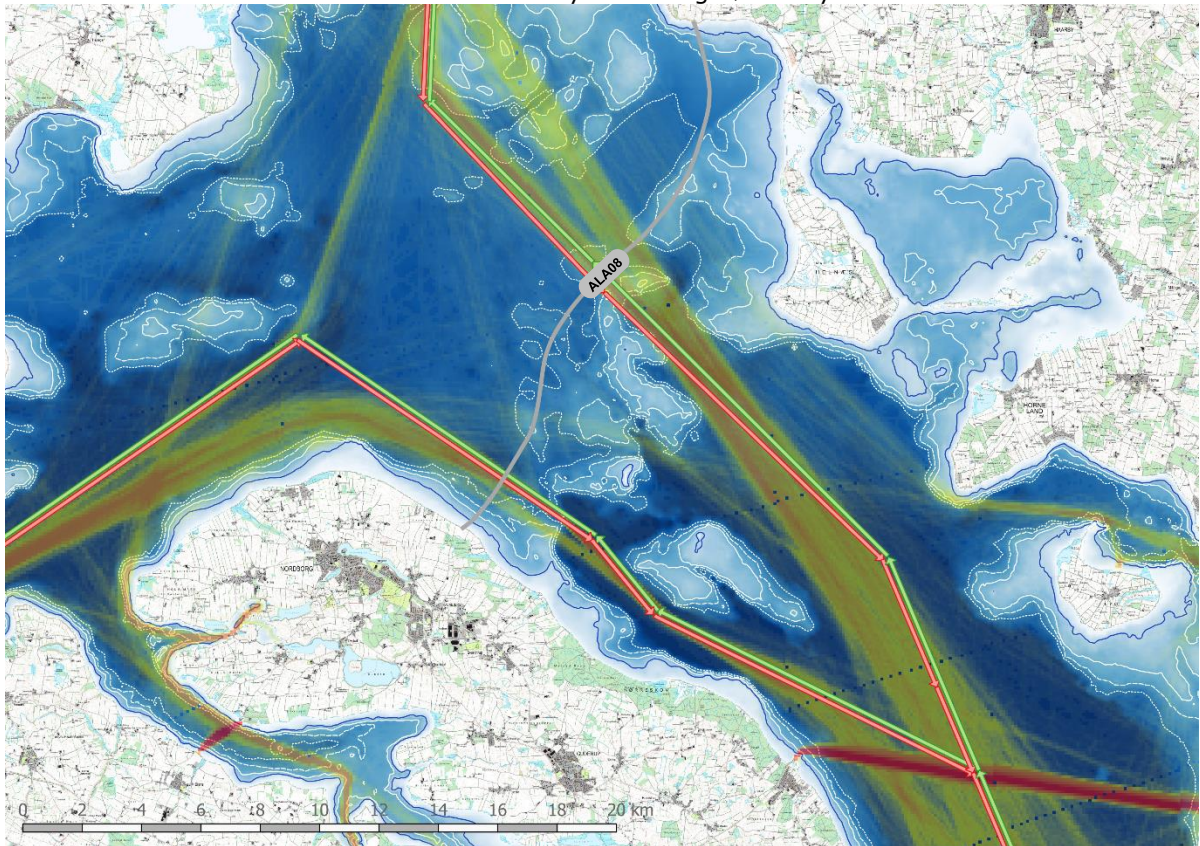
Tabel 5-5 Sammenfatning af evalueringsparametre for korridoren ALA07.
(NP/SP: nordlige hhv. sydlige passage, (N)/(S): nord- hhv. sydgående)

Kollisionsrisiko		Sejladsforhold	
Gennemsejling		Sejlads arrangement	
Krydsningsvinkel	SP(N,S): 82°, 98°	Logik og meningsfuldhed	Ok
Ruteben mod gennemsejling	SP(N,S): 5km	Udfordringer	SP: Udsyn ved snævring
Trafikkens spredning	SP(N,S): Lille	Gennemsejling	
Kollisionslast	SP: ~350MN	Afstand fra nuværende trafik	SP: ~0km
Ruteknæk		Forlænget sejlads	SP: ~0km
Type 2 potentiale	SP: 3	Ruteben mod gennemsejlingen	SP(N,S): 5km
Sikkert afdækkede	SP: 3	Andet	-
Usikkert afdækkede	SP:	Ruteknæk	
Ikke afdækkede	SP:	Utryk placering	-
Drivende skibe		Omvej for ruteknæk	SP(S): 1km
Forhøjet eksponering	Nordside: ~0L Sydside: 1/2L	Uklar hensigt	
Skærmet korridor	Nordside: 0,3L Sydside: 0,3L		
Øvrigt			
Særlige forhold	SP: bro tæt på snævring		

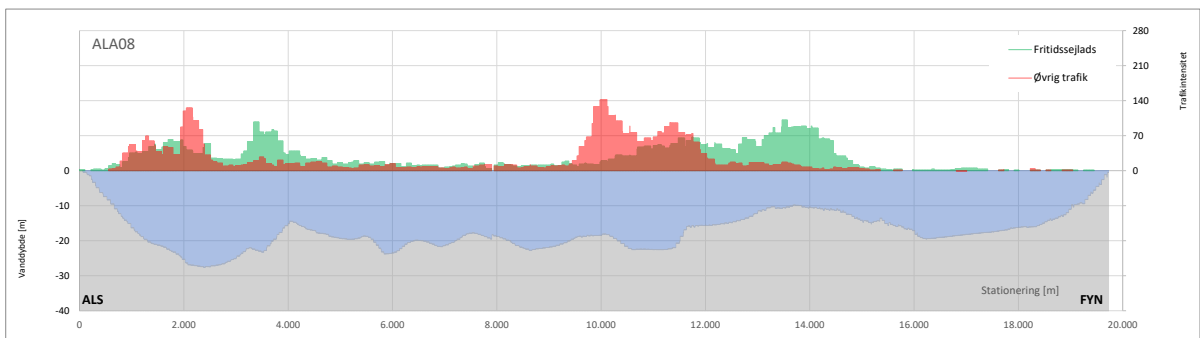
5.4.6 Diskussion

Placeringen af det sydlige fag er, som diskuteret i 5.4.3 for ALA07*, og gælder også for ALA07. Dog er den sydlige gennemsejling på ALA07 placeret lidt syd for ALA07*, men kun cirka en skibslængde for de største skibe, hvilket ikke giver anledning til væsentligt ændrede forhold for skibene. Vinklingen ved gennemsejlingen for ALA07 afviger derudover nogle grader fra gennemsejlingen på ALA07*, og som konsekvens har ALA07 en gennemsejlingsbredde på mindst 510 m. Det er i gennemgangen af det anbefalede sejladsarrangement, afsnit 5.4.4, diskuteret hvorfor, en nordlig gennemsejling på ALA07 ikke medtages i den videre analyse.

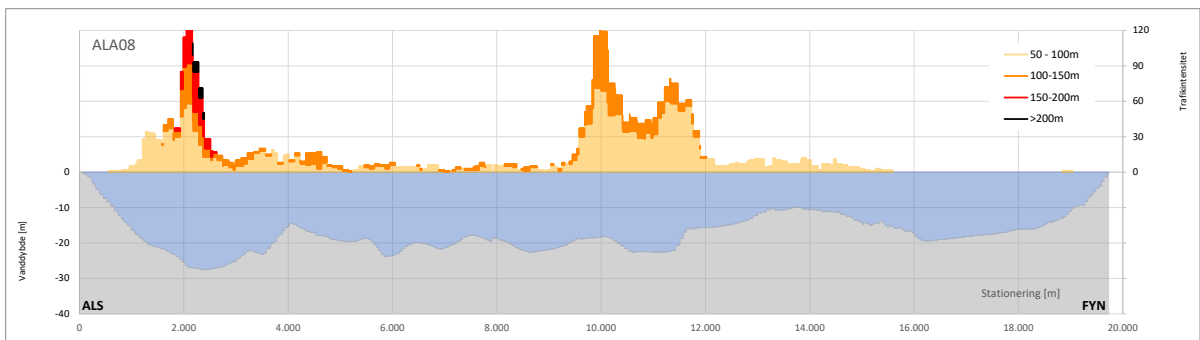
5.5 ALA08 – Broforbindelse mellem Lavensby Strand og Sønderby



Figur 5-16 Korridoren ALA08 vist med dybdeforhold, trafiktheden for skibe længere end 50 m, og det anbefalede forslag til sejladsarrangement.



Figur 5-17 Dybdeforhold og trafikintensitet opdelt i fritidssejls og øvrig trafik langs med korridoren ALA08.



Figur 5-18 Dybdeforhold og trafikintensiteten med skibe over 50 meters længde langs med korridoren ALA08.

Denne korridor er valgt med henblik på at udnytte tilstedeværelsen af de lavvandede områder mest muligt, uden dog at kompromittere de helt lavvandede områder, der har særlig miljømæssig bevågenhed. Sejlads-mæssigt betyder lavere vanddybder en mere begrænset skibstrafik og øget naturlig beskyttelse imod kollisioner.

Trafikken i den nordlige og sydlige passage er klart adskilt langs med denne korridor, med en sporadisk trafik imellem, ligeligt repræsenteret af mindre skibe (50-100m) og større skibe (100-150m). I den nordlige passage er erhvervstrafikken spredt på to overlappende spor. Et vestligt spor med trafik, der vælger at gå vest om områderne nordpå med lavere vanddybde, og et østligere spor, der passerer over disse områder og direkte mod indgangen til kanalen op mod Lillebælt. Trafikken af mindre skibe (50-100m) er ligeligt fordelt imellem de to spor, mens de større skibe (100-150m) i større udstrækning vælger det vestlige spor, hvor en mere fixeret rutelægning vest om de lavvandede områder i nord giver denne trafik en mere fokuseret fordeling ved korridoren.

Den fokus af fritidssejladser ved det østlige landfæste, som observeres ved de andre korridorer, er jævnet ud langs med ALA08 og ligger længere fra landfæstet. Ved den sydlige passage ses fritidstrafikken dels at passere samme sted som erhvervstrafikken igennem Als-renden, og dels at krydse korridoren længere ude (omkring st3.500). Denne sidste del af fritidstrafikken krydser diagonalt igennem området mellem Lyø Krog (Faaborg) nord om Als.

Den øvrige trafik igennem den sydlige passage er mere spredt ved ALA08 end ved ALA07. Så fordelingen ved at være tæt på snævringen er allerede kraftigt reduceret blot 1 sømil nordvest for snævringens nordlige ende. Fordelingen af erhvervstrafikken i Figur 5-18 viser desuden en mere spredt trafik 1-1½ km øst for den fokuserede trafik. Dette er sporet af den skrå trafik mellem den sydlige passage og kanalen ved Assens op mod Lillebælt.

5.5.1 ALA08 – Anbefalet sejladsarrangement

Sejladsarrangementet for ALA08 er styret af ønsket om at arrangere knæk på ruteforløbene, så potentialet for Type 2 kandidater enten ikke har retning mod korridoren, eller er rettet mod lavvandede områder, så Type 2 kollisionskandidater vil grundstøde før de når frem til korridoren. Syd for korridoren giver det mulighed for en rutelægning, der er i rimelig overensstemmelse med det aktuelt observerede trafikbillede. Men da ALA08 ikke er naturligt beskyttet overfor kollisioner på den nordlige side, kræver det nogle radikale placeringer af ruteknækkene at undgå Type 2 eksponering.

Det er især tvivlsomt at trafikken fra Aabenraa i vest kan bringes til at gå omkring ruteknækket nord for Als. Det er en stor omvej og formålet med den stramme rutelægning vil ikke være indlysende for navigatørerne. Ved den nordlige passage giver det mening for navigatørerne nordfra at anvende bøjemarkeringen nord for den nordlige passage som fikspunkt i ruten ned mod gennemsejlingen.

Ruten op i den nordlige passage fra syd må trækkes mod øst til et fikspunkt sydvest for Horneland, så Type 2 kandidater fra denne kursændring vil ramme Helnæs før de når korridoren. Det er ikke en stor ændring i forhold til det nuværende navigationsmønster, men siden det underliggende formål med at placere bøjen så langt mod øst ikke vil være oplagt for navigatørerne, er det ikke sandsynligt at bøjen bliver brugt.

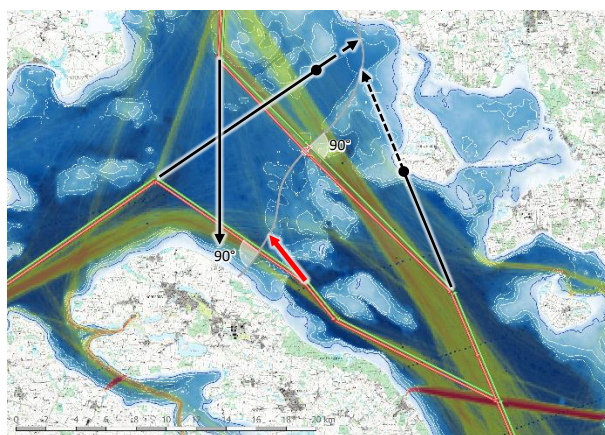
Ruten syd fra ind i den sydlige passage er mindre kritisk for ALA08, idet broforbindelsen vil ligge i læ af Søndre Stenrøn for de fleste sandsynlige rutevalg ind i passagen. Den separate rutelægning op i den sydlige passage for ALA07 (se Figur 5-9) ville være et relevant alternativ til den

foreslåede rutelægning for ALA08. I selve passagen (sydfra) skal sejladsen gå vest om Søndre Stenrøn i sikker afstand, og efter at have rundet bøjen syd for Søndre Stenrøn (Figur 3-3) skal kursen lægges mod styrbord (højre) for at rette op imod snævringen. Men endnu en kursændring mod bagbord (venstre) er nødvendig for at få en kurs vinkelret på korridoren. Denne sidste kursændring er kilde til en Type 2 kollisionsrisiko, som broen ikke umiddelbart kan beskyttes imod. For at eliminere dette knæk, f.eks. ved at anvende ruteføringen foreslået for ALA05 (se Figur 5-19) igennem Als-renden, vil skibet komme ud af snævringen med en mere nordlig kurs, og det vil betyde at knækpunktet nord for Als for den sydgående rute bliver rykket yderligere mod øst. Dermed bliver den sydgående rutelægning i den sydlige passage endnu mere urealistisk.

5.5.2 Evaluering

Kollisionsrisiko

- + Alle gennemsejlinger kan anlægges vinkelret på korridoren
- + Nordgående trafik ledes ind i den sydlige passage uden ruteknæk, der er kilde til Type 2 kollisioner mod broen
- + Nordgående trafik til den nordlige passage kan ledes op til gennemsejlingen uden ruteknæk, der er kilde til Type 2 kollisioner mod broen
- + Sydgående trafik ned igennem den sydlige passage kan lægge an til passage af gennemsejlingen i god afstand af denne, og uden at foretage kursændringer, der definerer kilde til Type 2 kollisioner mod broen.
- + Sydgående trafik ledes ned til gennemsejlingen i den nordlige passage langs en rute, der ligger meget tæt på det nuværende sejlads mønster, og ikke skaber kilder til Type 2 kollisioner mod broen
- + Den sydlige del af korridoren er delvis beskyttet imod Type 3 kollisioner af de lavvandede områder omkring Lillegrund, Langegrund, Hesteskoen og Søndre Stenrøn.
- Nordgående trafik i den sydlige passage skal foretage en kursændring ved opretning mod gennemsejlingen, der vil være kilde til Type 2 kollisioner mod broen øst for gennemsejlingen
- Ruten, som den sydgående trafik skal følge ned til gennemsejlingen i den sydlige passage, ligger langt fra det nuværende sejlads mønster, og udgør en ikke helt forståelig omvej. Det er tvivlsomt om denne rute vil blive fulgt, hvorved rutens forsikring imod uønskede Type 2 kandidater også bliver tvivlsom.



Sejladsforhold

- + Gennemsejlingerne er placeret hvor trafikken aktuelt er fokuseret. Så deres placering giver ikke anledning til omfattende omveje
- + Sejladsen op igennem den sydlige passage er enkel, intuitiv og følger det nuværende sejlads mønster med kun få afvigelser
- Placering af gennemsejlingen i den sydlige passage nord for den bøjemarkerede snævring etablerer to på hinanden følgende passager, som skibene skal manøvrere igennem. Det giver større stivhed og begrænsning af navigationen, end hvis korridoren og snævringen var sammenfaldende
- Placering af en brokonstruktion i korridoren skaber en visuel barriere og et radarspor tværs igennem snævringen, der udgør en central forhindring for de dybtgående skibe. Det kan

påvirke navigatørens overblik over eventuel trafik på den modsatte side af snævringen, og dermed reducere trygheden og sikkerheden ved passage af snævringen.

- Ruten for nordgående trafik i den sydlige passage vil efter passage af gennemsejlingen ledes op mod og ganske tæt på områder med lavere vanddybde. Oplægget til sejladsen er tillige en stor omvej, og vil sandsynligvis ikke blive fulgt. Det vil føre til uønskede krydsninger af ruten for den sydgående trafik ned mod gennemsejlingen.
- Ruten, som den sydgående trafik skal følge ned til gennemsejlingen i den sydlige passage, ligger langt fra det nuværende sejladmønster, og udgør en ikke helt forståelig omvej. Det er tvivlsomt at denne rute vil blive fulgt.

Tabel 5-6 Sammenfatning af evalueringsparametre for korridoren ALA08.
(NP/SP: nordlige hhv. sydlige passage, (N)/(S): nord- hhv. sydgående)

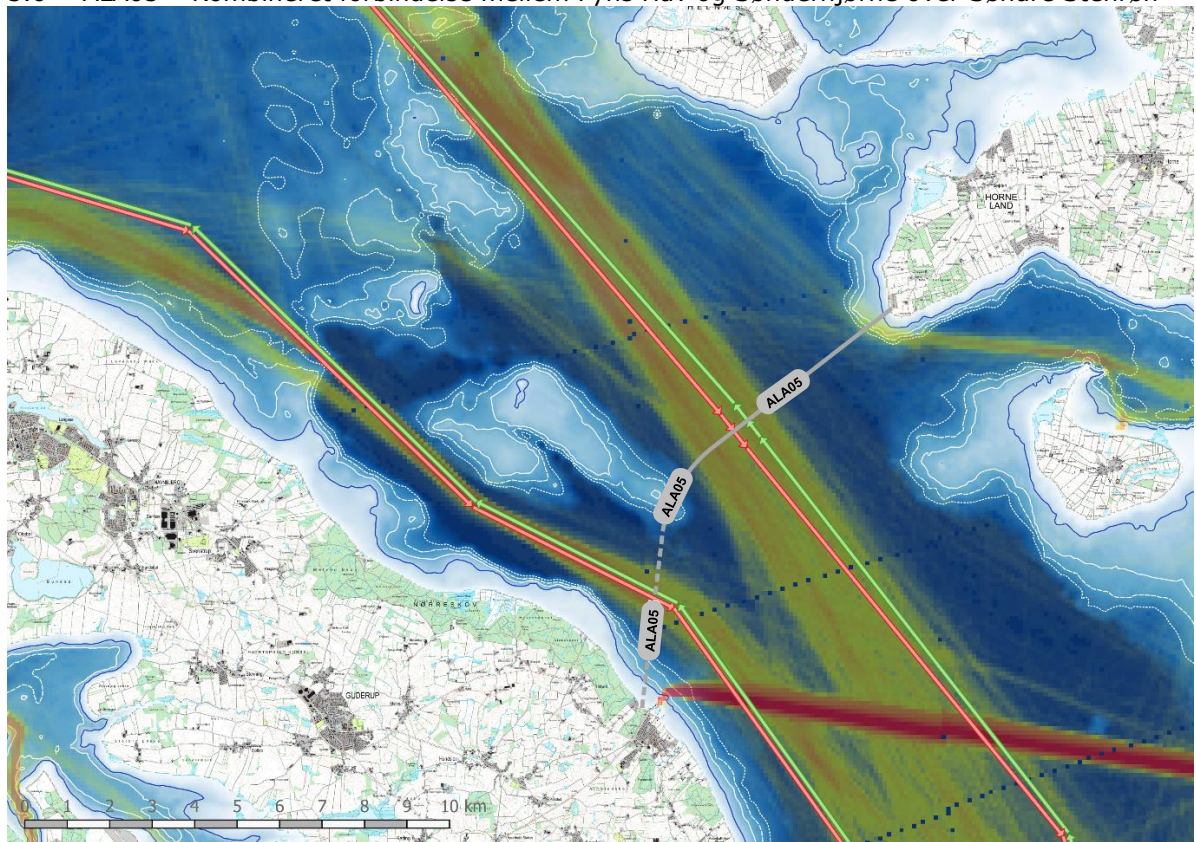
Kollisionsrisiko		Sejladsforhold	
Gennemsejling		Sejlads arrangement	
Krydsningsvinkel	NP: 90°, 90° SP: 90°, 90°	Logik og meningsfuldhed	Ulogiske elementer
Ruteben mod gennemsejling	NP(S): 8,5km SP(N): 3,5km	Udfordringer	SP: Udsyn ved snævring
Trafikkens spredning	NP(N,S): Normal SP(N,S): Lille	Gennemsejling	
Kollisionslast	NP: 160MN SP: 580MN	Afstand fra nuværende trafik	NP: ~0km SP: ~0km
Ruteknæk		Forlænget sejlads	NP: ~0km SP: ~0km
Type 2 potentiale	NP(N,S): 2 SP(N,S): 4	Ruteben mod gennemsejlingen	NP(S): 8,5km SP(N): 3,5km
Sikkert afdækkede	NP(S): 1 SP(N): 1	Andet	-
Usikkert afdækkede	NP(N): 1 SP(N,S): 2	Ruteknæk	
Ikke afdækkede	NP: 1 SP(N): 1	Utryk placering	-
Drivende skibe		Omvej for ruteknæk	NP(N): 0,5km SP(S): 3km
Forhøjet eksponering	Nordside: L Sydside: L	Uklar hensigt	NP(N), SP(N,S)
Skærmet korridor	Nordside: L Sydside: L	Øvrigt	
Særlige forhold		SP: Bro tæt på snævring	

5.5.3 Diskussion

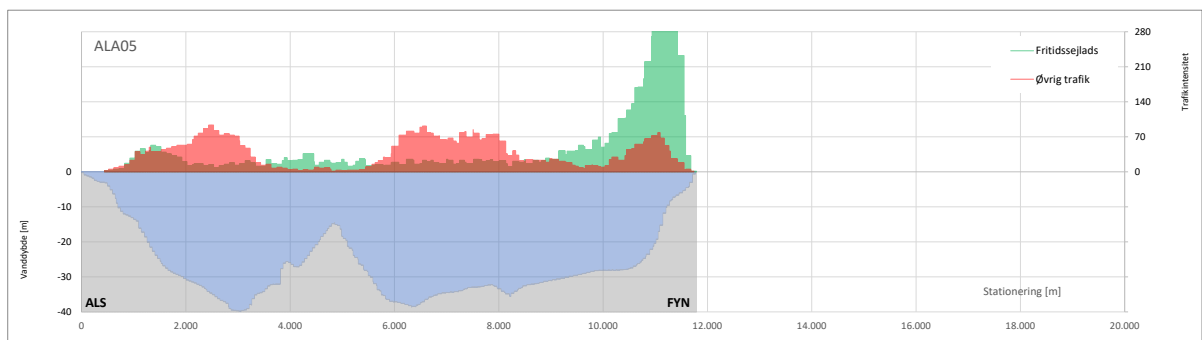
Den umiddelbare forventning om, at broen vil være mindre eksponeret ved at ligge nær de lavvandede områder, bliver ikke helt indfriet fordi korridoren – for at beskytte de lavvandede områder – er holdt på mindst 10 meters vanddybde. Det kan ses af Figur 5-17 at denne prioritering leder til en vanddybde på 15 meter eller mere langs det meste af korridoren. Dermed vil broen ikke nyde nogen beskyttelse imod kollisioner nordfra.

Sejladsarrangementet prioriterer at sikre beskyttelse af korridoren imod Type 2 kollisioner. Men som bemærket for ALA02 (afsnit 5.2.3) og ALA06 (afsnit 5.3.3) er den søafmærkning, der vil være aktuel i dette farvand, blot et tilbud (og en støtte) til skibsfarten. Det er op til den enkelte navigatør at beslutte, om afmærkningen er relevant at anvende for den aktuelle sejlads. Dermed vil søafmærkning af ruteben og ruteknæk, på ingen måde give garanti for den ønskede sejlads. For ALA08 leder strategien for sejladsarrangementet til et ulogisk (nærmest absurd) sejladsarrangement, der på ingen måde kan forventes fulgt i praksis. Det understreger at forebyggelsen af Type 2 kollisioner skal bygges ind i korridoren (som i ALA07) hvis det er muligt. Sejladsarrangementet alene giver ikke tilstrækkelige indflydelse til at opnå den ønskede beskyttelse.

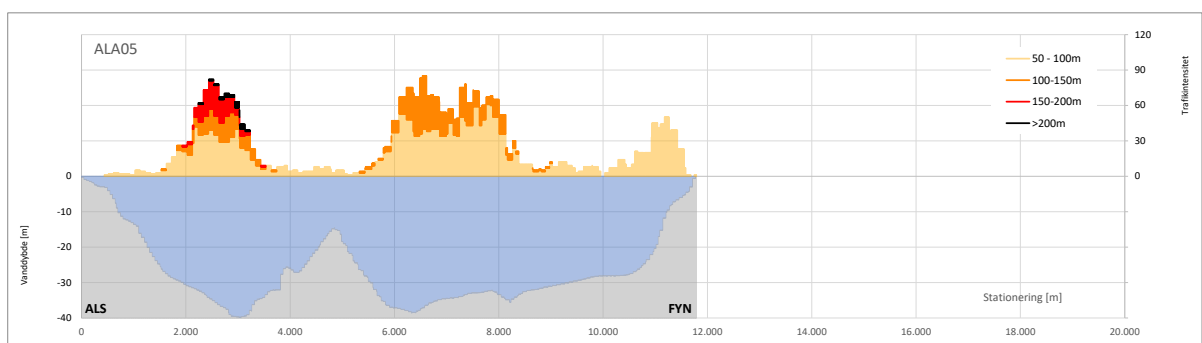
5.6 ALA05 – Kombineret forbindelse mellem Fyns Hav og Sønderhjørne over Søndre Stenrøn



Figur 5-19 Korridoren ALA05 vist med dybdeforhold, trafiktætheden for skibe længere end 50 m, og det anbefalede forslag til sejladsarrangement.



Figur 5-20 Dybdeforhold og trafikintensitet opdelt i fritidssejls og øvrig trafik langs med korridoren ALA05.



Figur 5-21 Dybdeforhold og trafikintensiteten med skibe over 50 meters længe langs med korridoren ALA05.

Korridoren ALA05 mellem Fyns Hav og Sønder Hjørne er tiltænkt en kombineret løsning med en sænketunnel under den sydlige passage og en broløsning over den nordlige passage. Af hensyn til etablering af en kunstig ø i overgangen fra tunnel til bro, er korridoren lagt over sydspidsen af Søndre Stenrøn.

Selvom korridoren er trukket op mod Søndre Stenrøn, er vanddybden, hvor den kunstige ø skal placeres, stadig betragtelig (15 m). I midten af den sydlige passage ses en vanddybde 40 meter. Trafikkens fordeling svarer til korridor ALA06. Tunnelen giver ikke i sig selv et behov for at samle den relativt spredte trafik i den sydlige passage. Men af hensyn til kollisionsrisikoen mod tunnelportalen ved den kunstige ø, vil det være relevant at trafikken, ved brug af passende søafmærkning, ledes til at være mere stramt arrangeret ved indgangen til den sydlige passage.

Sammenholdt med den aktuelle spredte fordeling af trafikken i den nordlige passage, må denne trafik også fokuseres imod gennemsejlingsåbningerne. Bøjen i syd og snævringen i nord vil samle trafikken, og den visuelle fremtoning af gennemsejlingerne, deres radar ekko og ledelys på broen vil hjælpe med at holde trafikken i et mere samlet forløb ned mod broen.

5.6.1 ALA05 - Anbefalet sejladsarrangement

Fraværet af broen over den sydlige passage gør at trafikken igennem denne kan følge det nuværende ruteforløb syd for snævringen. For at begrænse risikoen for grundstødning mod den østlige del af tunnelen og den kunstige ø, vil det dog være relevant at afmærke ruteknækket ved indgangen til den sydlige passage, så eventuelle nordgående Type 2 situationer fra dette knæk, ikke har kurs mod tunnelen ved overgangen til den kunstige ø.

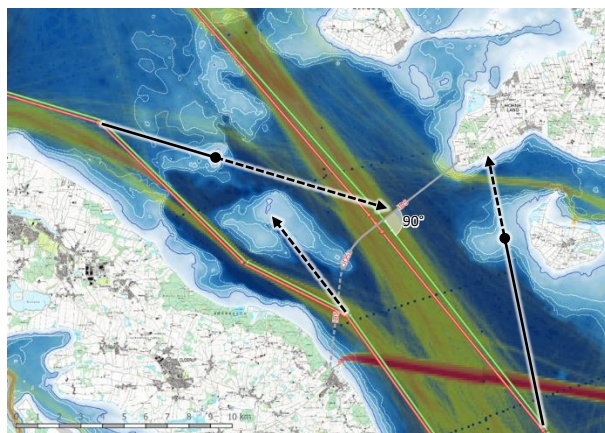
Nord for snævringen er det tilsvarende nødvendigt at markere den ene kursændring, der er nødvendig ned mod snævringen i den sydlige passage. Fiksering af dette ruteknæk skal sikre, at en sydgående Type 2 kollisionskandidat fra dette ruteknæk vil grundstøde mod Hesteskoen, før den når over til brokonstruktionen i den nordlige passage.

Trafikken i den nordlige passage kan lægges i et ret forløb, fra et strategisk placeret ruteknæk i syd helt op igennem snævringen i nord. Ruteknækket er placeret så sydligt, at nordgående Type 2 kollisionskandidater herfra vil have retning mod Lyø W Flak og Horne Næs.

5.6.2 Evaluering

Kollisionsrisiko

- + Gennemsejlingen i den nordlige passage krydses vinkelret, og er placeret hvor trafikken aktuelt er fokuseret
- + Hvis den forudsatte rutelægning følges, forhindres det at Type 2 kollisioner udgør en risiko for brokonstruktionen og for tunnelen ved overgangen til den kunstige ø
- + Ruteforløbet i den nordlige passage er enkelt og direkte, uden ruteknæk eller oplæg til sådanne, der kan være kilde til Type 2 kollisioner
- Overgangen fra bro til tunnel giver en lavere frihøjde af broen, og dermed en øget sårbarhed overfor kollisioner. Det vil primært være Type 3 kollisioner, der eksponerer denne del af broen.



- Overgangen fra tunnel til kunstig ø midt i farvandet eksponerer tunnelen for kollision og grundstødning.

Sejladsforhold

- + Ruteforløbet igennem både den sydlige og nordlige passage er enkelt og intuitivt
- + Fraværet af en bro, der vil udgøre en ikke uvæsentlig forhindring i den i forvejen snævre sydlige passage, bevarer den fulde anvendelighed af den dybe sejlrende, og giver forbindelsen større fleksibilitet fordi det er mere realistisk at føre en del af trafikken fra den nordlige passage over i den sydlige passage
- Gennemsejlingen i broen ligger godt 4 km fra landfæstet på Fynssiden, og det udgør en ikke uvæsentlig omvej for trafik mellem Lyø Krog (og Faaborg) og farvandet nord for korridoren

Tabel 5-7 Sammenfatning af evalueringsparametre for korridoren ALA05.
(NP/SP: nordlige hhv. sydlige passage, (N)/(S): nord- hhv. sydgående)

Kollisionsrisiko		Sejladsforhold	
Gennemsejling		Sejlads arrangement	
Krydsningsvinkel	NP: 90°,90° SP: 90°,90°	Logik og meningsfuldhed	Ok
Ruteben mod gennemsejling	NP(N): 12km SP(N): -	Udfordringer	-
Trafikkens spredning	NP(N): Større SP(N): Større	Gennemsejling	
Kollisionslast	NP: 160MN SP:	Afstand fra nuværende trafik	NP: ~0km SP: -
Ruteknæk		Forlænget sejlads	NPN): 2km SP(): ~0km
Type 2 potentiale	NP(N): 1 SP(N,S): 3	Ruteben mod gennemsejlingen	NP(N): 12km SP(): -
Sikkert afdækkede	NP: SP(N,S): 3	Andet	Fuld sejladsfrihed i sydlige passage
Usikkert afdækkede	NP(N): 1 SP:	Ruteknæk	
Ikke afdækkede	NP: SP:	Utryk placering	
Drivende skibe		Omvej for ruteknæk	NP(N): 0,5km SP(): -
Forhøjet eksponering	Nordside: 1/2L Sydside: 2/3L	Uklar hensigt	NP(N)
Skærmet korridor	Nordside: 1/10L Sydside:		
Øvrigt			
Særlige forhold	Grundstødning mod tunnel og ø		

5.6.3 Diskussion

Både overgangen fra tunnel til kunstig ø og fra kunstig ø til bro bringer forbindelsens langsgående konstruktionslementer – tunnelrør og brodæk – indenfor geometrisk rækkevidde af skibenes struktur over og under vandet. Det øger konstruktionens eksponeringen for fysisk kontakt betragteligt og gør det særlig vigtigt at undgå at eksponere denne del af korridoren for kollisioner. En sædvanlig løsning vil være at forlænge øen og danne et beskyttelsesrev langs med den udsatte del af bro- og tunnelkonstruktionen.

Trafikken i den nordlige passage vil være det primære grundlag for kollisioner mod brodelen øst for den kunstige ø, og det er derfor relevant at overveje at lægge trafikken med de større skibe over i den sydlige passage, og derved reducere anlægsomkostningerne til den nordlige gennemsejling. Besparelsen kan enten være fuldstændig, så gennemsejlingshøjden i den nordlige passage ikke overstiger 18 meter. Dermed vil den nordlige passage være forbeholdt mindre skibe

på op til ca. 50 m og lystsejlere, med almindelig højde rigning. Eller det kan være en delvis reduktion af gennemsejlingshøjden fra 30-36 m til kun 26 m, så kun erhvervsskibe på op til ca. 100 m vil kunne benytte den nordlige gennemsejling. Med en frihøjde på 26m vil også de fleste større lystsejlere kunne benytte den nordlige gennemsejling. Tunnelløsningen under den sydlige passage betyder, at forbindelsen ikke tilføjer forhindringer til sejladsen, og det vil gøre det mere sandsynligt at vinde accept for en hel eller delvis overførsel af trafikken fra den nordlige passage til den sydlige.

6. Alternativ broløsning for ALA02 og ALA07*/ALA07

Behovet for en kabelbåren bro i den sydlige passage er foranlediget af en relativ lille trafik med meget store skibe til terminalen ved Enstedværket og til Aabenraa Havn. I den sydlige passage er trafikken med skibe længere end 50m – dvs. skibe som ikke ville kunne passere broen i et standardspænd på 110 m – 583 passager per år. Heraf udgør 21% trafik med skibe længere end 150m mens blot 3% af trafikken er med de skibe længere end 200m, der gør en kabelbåren bro ubetinget nødvendig.

Selvom det som nævnt i 3.5.5 forventes at møde modstand, hvis en broforbindelse forhindrer selv en lille del af den eksisterende skibstrafik, forekommer det relevant at belyse hvorledes en broløsning uden en kabelbåren gennemsejling ville blive evalueret i den nærværende kontekst. Evalueringen af løsningen gøres under forudsætning af, at den begrænsning af trafikken som en ren bjælkebro vil medføre, er accepteret rent politisk og dermed ikke udgør en specifik risiko for projektets gennemførelse. Forudsætningen betyder, at denne evaluering ikke er direkte sammenlignelig med evalueringerne i de øvrige korridorer betragtet i afsnit 5.

Gennemsejlingen i bjælkebroen vist i Figur 3-5 er med en spændvidde på 320m er nær grænsen for, hvornår en bjælkebro vil være billigere at bygge end en kabelbåren bro (skråstagsbro). Den udgør derfor et relevant eksempel til vurdering af en broløsning med en reduceret bredde af gennemsejlingen i den sydlige passage. Gennemsejlingsåbningen i den viste løsning er 280m bred og vil dermed kunne passeres af skibe med en længde op til $280/1,6=175m$ med et sædvanligt niveau af kollisionsrisiko mod broen og uden at blive opfattet som en utryg passage for navigatøren.

Begrænsningen af trafikken til skibe under 175 meters længde kan ikke gøres direkte med et decideret forbud. Det ville formentligt være i modstrid med gammel international traktat, der forpligter Danmark til ikke at hindre passage igennem de danske bæltter. Og det er ikke sædvanligt at basere restriktion af skibstrafik på en specificeret største skibslængde. Endelig vil det kræve en kontinuert overvågning af trafikken med et VTS-system eller lignende, at håndhæve et sådant forbud så sikkerheden for brokonstruktionen ikke kompromitteres.

Den primære mulighed for at begrænse størrelsen af skibe, der vil forsøge passage, ligger i valget af frihøjden i gennemsejlingen. Skibene har vigtige kommunikations- og navigationsinstallationer øverst på deres mast(er) på taget af kommandobroen, og beskadigelsen af disse vil få alvorlige konsekvenser for skibets sikkerhed på den videre rejse. Et skib vil derfor ikke forsøge passage under en bro, hvis det er klart for navigatøren, at frihøjden er utilstrækkelig og at passagen kunne lede til beskadigelse af dette udstyr. For oceangående skibe er kommandobroens højde over vandet korreleret med skibets længde, for at sikre tilstrækkeligt udsyn ud over boven. Og dermed opstår også en korrelation imellem skibets længde, og den frihøjde skibet har behov for, for at dets master med antenner og navigationsudstyr kan passere uskadt under brodrageren. Figur 4-2 i /1/ afbilder denne korrelation baseret på skibe, der har navigeret i området i 2021, og af denne fremgår det, at en frihøjde på ca. 36 meter vil være utilstrækkelig for de skibe i datagrundlaget, der er længere end 175m. I det følgende forudsættes det derfor, at skibstrafikken igennem den sydlige passage vil være begrænset til skibe med en længde op til 175m, hvis frihøjden i gennemsejlingen sættes til 36 meter. Da korrelationen imellem skibslængden og den nødvendige frihøjde for skibets passage udviser nogen variation bl.a. med skibets type og ikke mindst med lasttilstanden for det enkelte skib, leder begrænsningen af frihøjden til 36 meter ikke til en eksakt afgrænsning af skibenes længde. En mere nuanceret analyse af balancen mellem utilsigtet forhindring af trafik med skibe, der er kortere end 175m, og

den forøgede kollisionsrisiko ved passage af andre skibstyper, der er længere end 175 meter, vil være nødvendig i en senere fase.

6.1 Trafikbegrænsning og omlægning til mindre skibe

Den forudsatte begrænsning af skibenes længde betyder, at de største skibe, der aktuelt besejler den sydlige passage, vil blive forhindret af broen. Hele farvandsafsnittet mellem Als-Fyn forbindelsen og den Gamle Lillebæltsbro, vil dermed være utilgængeligt for trafik med skibe længere end 175 meter. Og mulighederne for industri og import/eksport-aktiviteter med adgang til dette farvandsafsnit, vil dermed være forhindret i at basere deres virksomhed på søtransport med skibe længere end 175 meter.

Ved inspektion af den observerede trafik i 2021, omfatter de 72 passager af skibe længere end 175 meter, følgende typer:

Skibstype	Passager i 2021
Bulk Carrier	14
Self Discharging Bulk Carrier	18
Heavy Load Carrier	2
Crude Oil Tanker	8
Oil Products tanker	2
Chemical/Oil Products tanker	28
Samlet	72

Med undtagelse af den ene observerede Heavy Load Carrier, vil de øvrige transportere kunne erstattes/omlægges til en mindre størrelse af en tilsvarende skibstype. Denne omlægning til mindre skibe vil lede til flere transportere, men hvis lastekapaciteten på de observerede transportere ikke har været fuldt udnyttet, behøver omlægningen i praksis ikke at svare til erstatning af de store skibes fulde kapacitet.

For at give den mest konservative vurdering af ændringen i skibstrafikken, forudsættes trafikken med skibe længere end 175 meter at blive erstattet med skibe på 175 meters længde med samme lastegrad, som de observerede passager. Skibenes lasteevne varierer approksimativt med skibslængden i 3. potens, så én passage med et skib af længde L kan erstattes af $(L/175m)^3$ passager af et 175 meter langt skib. Som det ses af Tabel 6-1 leder den beskrevne omlægning af de 72 passager af skibe over 175 meter til $169 \cdot 48 = 121$ passager af skibe på 175 meters længde. Begrænsning af skibenes størrelse og omlægning af den eksisterende trafik til skibe af den maksimale længde øger dermed trafikken med $121 - 72 = 49$ passager per år svarende til 5% af alle passager, der ikke er fritidstrafik, eller 8% af trafikken med skibe længere end 50m.

Tabel 6-1 Årlig trafik i den sydlige passage som observeret (til venstre) og efter den estimerede omlægning af trafik med skibe længere end 175m (til højre).

Længde [m]	Sydlige passage		
	Nordgående	Sydgående	Samlet
0 - 50	175	182	357
50 - 100	158	170	328
100 - 150	71	64	135
150 - 175	24	24	48
175 - 200	27	27	54
200 - 300	9	9	18
Total	464	476	940

Længde [m]	Sydlige passage (L _{MAX} =175m)		
	Nordgående	Sydgående	Samlet
0 - 50	175	182	357
50 - 100	158	170	328
100 - 150	71	64	135
150 - 175	85	85	169
175 - 200			
200 - 300			
Total	489	501	989

Tabel 6-2 Sammenfatning af trafik med skibe længere end 50 meter efter omlægning af trafikken med skibe længere end 175 m.

Længde [m]	Sydlige passage (LMAX=175m)		Nordlige passage		Begge passager	
	Årstrafik	svarende til	Årstrafik	svarende til	Årstrafik	svarende til
50 - 100	328	6,3 per uge	780	2,1 per dag	1.108	3,0 per dag
100 - 150	135	2,6 per uge	330	6,3 per uge	465	1,3 per dag
150 - 175	169	3,3 per uge			169	3,3 per uge
175 - 200						
200 - 300						
Total	632	1,7 per dag	1.110	3,0 per dag	1.742	4,8 per dag

Sammenfatning af den reviderede trafiksammenfatning i Tabel 6-2 adskiller sig fra den observerede trafik i Tabel 3-2 ved fraværet af trafik med de helt store skibe, og et tillæg på yderligere 1,3 ugentlige passager af skibe på 150 til 200 meters længde. Med den forudsatte omlægning af transporterne giver den forholdsvis omfattende begrænsning af skibsstørrelsen fra 300 til 175 meters længde således ikke anledning til en markant forøgelse af det samlede antal passager.

For de virksomheder, der vil blive berørt af trafikomlægningen, kan de logistiske og forretningsmæssige konsekvenser af begrænsningen godt vise sig anderledes alvorlige. Og de fremtidige muligheder for ny erhvervsaktivitet med behov for søtransport i farvandsafsnittet vil for altid være underlagt denne trafikbegrænsning indført med en broforbindelse. Således har Aabenraa Havn i forbindelse med den igangværende afvikling af Ensted kraftvarmeværk overtaget Ensted havn i 2021. Som en af de dybeste havne i den vestlige del af Østersøen giver Ensted havn unikke muligheder for at tiltrække erhvervsaktivitet med behov for søtransport med stor dybgang. Disse politiske og erhvervs-mæssige perspektiver skal derfor medtages i den videre behandling af en broløsning, der medfører begrænsninger af skibsstørrelsen, der kan passere.

6.2 Mødesituationer efter begrænsning af skibenes længde til 175m

Den reducerede bredde af gennemsejlingen ændrer ikke kun på hvor stort et skib, der sikkert vil kunne passere broåbningen, men ændrer også hvornår en mødesituation mellem modgående skibe i nærheden af gennemsejlingen vil blive betegnet som kritisk. Analysen af mødesituationer i afsnit 3.4 er derfor gentaget med den reducerede gennemsejlingsbredde for den sydlige passage og med den i afsnit 6.1 foreslåede omlægning af trafikken. Mødesituationer vil kun være et problem hvis broen anlægges med kun én gennemsejling til dobbeltrettet trafik, og analysen er medtaget for at underbygge nødvendigheden af, at der arrangeres to separate gennemsejlinger i begge passager.

Resultaterne er sammenfattet i Tabel 6-3 for al trafik, der ikke er fritidssejlad, og i Tabel 6-4 for trafik med skibe længere end 50 meter, der ikke kan passere i et standardspænd. Sammenholdes resultaterne i Tabel 6-3 med resultaterne for en 500 meter bred gennemsejling i Tabel 3-3, ses en mindre forøgelse i antallet af mødesituationer i den sydlige passage fra 20 til 22 per år. Det er en direkte konsekvens af de 49 ekstra passager per år pga. af omlægningen af de store skibe. Reduktionen af gennemsejlingsbredden fra 500 til 280 meter leder derimod til en mere markant forøgelse i antallet af kritiske mødesituationer fra ca. 1 per år til 10 per år.

Af resultaterne i Tabel 6-4 ses det, at når den del af trafikken, der har mulighed for at passere broen igennem et af de mange standardspænd, tages ud af analysen, reduceres antallet af mødesituationer i den sydlige passage med 60% til 9 per år, mens antallet af kritiske passager falder med 30% til 7 per år. Selvom hyppigheden af kritiske passager dermed er mindre end i den nordlige passage, er det stadig en problemstilling, der enten skal afklares yderligere, eller helt elimineres ved at etablere to separate gennemsejlinger i den sydlige passage. Da bjælkebroen i

den sydlige passage i forvejen vil begrænse sejladserne ind og ud af farvandsområdet – en begrænsning som det i denne evaluering er forudsat accepteret – forventes det at give et øget potentiale for indsigelser og modstand, hvis den foreslåede løsning giver en forhøjet hyppighed af kritiske møder ved kun at tilbyde én gennemsejling i den sydlige passage. Bjælkebro løsningen i dette afsnit forudsættes derfor at tilbyde 2 gennemsejlinger i den sydlige passage for at opnå et ambitionsniveau og deraf følgende projektrisikobidrag svarende til løsningerne betragtet i afsnit 5. I afsnit 7 undersøges mulighederne for at forenkle gennemsejlingerne for alle korridorerne uden at projektrisikobidragene vurderes at blive "Høj".

Tabel 6-3 Simple estimater af mødesituationer og kritiske mødesituationer. Alle tal er passager per år og er baseret på den observerede trafik for 2021, der ikke er fritidssejladser. (De anbefalede løsningsmuligheder er markeret med gult)

Skibstrafik	Passager per år	Gennemsejlinger		Mødesituationer per år	Kritiske mødesituationer per år	Andel kritiske møder
		Bredde	Antal			
Sydlige passage	989	280m	1	22	10,3	47,1%
			2	-	-	-
Nordlige passage	1.880	280m	1	77	24,9	32,3%
			2	-	-	-
Samlet trafik	2.869	280m	1	176	66,7	37,9%
			2	-	-	-

Tabel 6-4 Som Tabel 6-3 men begrænset til kun at betragte trafik med skibe længere end 50 m. (De anbefalede løsningsmuligheder er markeret med gult)

Skibstrafik	Passager per år	Gennemsejlinger		Mødesituationer per år	Kritiske mødesituationer per år	Andel kritiske møder
		Bredde	Antal			
Sydlige passage	632	280m	1	9	7,4	82,7%
			2	-	-	-
Nordlige passage	1.110	280m	1	27	23,6	86,1%
			2	-	-	-
Samlet trafik	1.742	280m	1	67	55,6	83,5%
			2	-	-	-

Muligheden for at samle al trafikken i den sydlige passage er som tidligere også betragtet i analysen af mødesituationer. Men hvor den ene gennemsejling i løsningerne betragtet i afsnit 5 er bestemt af en relativ lille del af trafikken og dermed giver god plads til mødesituationer for den øvrige trafik, vil en større del af trafikken udnytte én gennemsejling med reduceret bredde fuldt ud. Mødesituationer bliver derved kritiske i langt større udstrækning end med den brede gennemsejling: 67 ud af 176 årlige møder (38%) hvis al trafik antages at anvende gennemsejlingen, til 56 ud af 67 årlige møder (84%) hvis kun skibe længere end 50 meter antages at anvende gennemsejlingen.

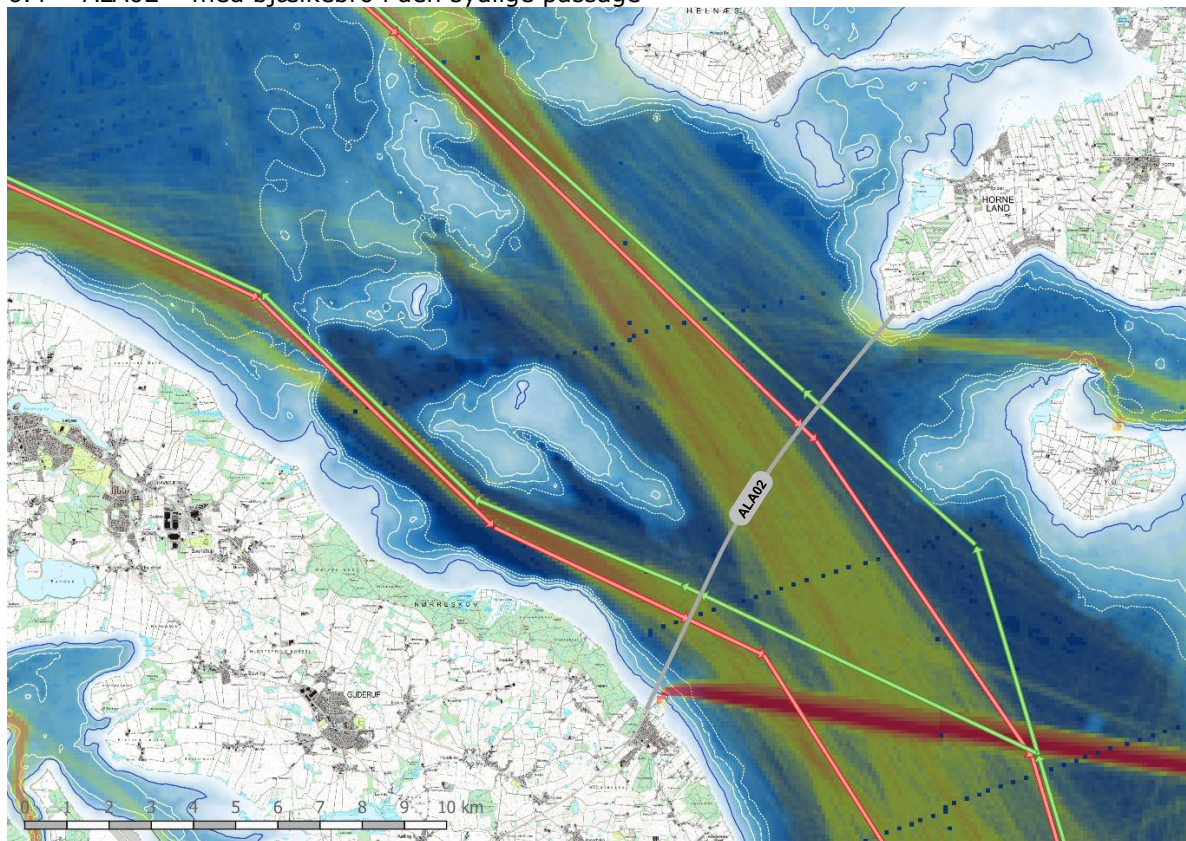
Når det er anbefalet at tilbyde to gennemsejlingsåbninger til trafikken i den nordlige passage, er det også klart, at det samme arrangement bliver ubetinget nødvendigt i den sydlige passage, hvis al trafikken samles her. Disse anbefalinger er markeret i Tabel 6-3 og Tabel 6-4.

6.3 Kollisionslaster

Udover at reducere kravet til navigationsåbningens bredde, vil omlægning af trafikken med de meget store skibe også lede til en reduktion af de meget store kollisionslaster, som

brokonstruktionen i den sydlige passage skal designes for med udgangspunkt i den observerede trafik. Den observerede trafik i den sydlige passage, med skibe på en længde på 175 meter eller derunder, leder til en kollisionslast på 200-220 MN. Trafikken i den nordlige passage omfatter kun skibe på op til 150 meters længde, og derfor estimeres kollisionslasten for den samme brokonstruktion til blot 160 MN.

6.4 ALA02 – med bjælkebro i den sydlige passage



Figur 6-1 Korridoren ALA02 vist med dybdeforhold, trafiktheden for skibe længere end 50 m, og det anbefalede forslag til sejladsarrangement, når der forudsættes en bjælkebro i den sydlige passage.

Vanddybdens og trafikthedens variation langs med korridoren illustreret i Figur 5-3 og Figur 5-4 er fortsat relevant for løsningen, men omlægningen af trafik med skibe længere end 175 meter er naturligvis ikke afspejlet i trafikthederne.

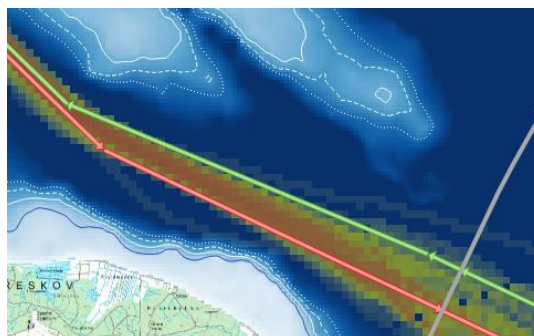
Som anbefalet i afsnit 6.2 forudsætter en bjælkebro løsning i den sydlige passage en separat gennemsejling for hver retning. Den skitserede geometri for gennemsejlingen vist i Figur 3-5 anvender to 200 meter fag imellem gennemsejlingerne for at skabe belastningsmæssig balance med de større gennemsejlingsfag. Afstanden mellem ruterne i gennemsejlingen bliver dermed på 720 meter, hvilket der er rigelig plads til i den nordlige passage, men ikke harmonerer med den mere fokuserede sejlads ind og ud af det snævre forløb i den sydlige passage. Strukturelt og anlægsteknik er det også vurderet muligt at nøjes med blot et 200 meter spænd imellem de to navigationsåbninger, så afstanden mellem ruterne reduceres til 520 meter. Denne smallere geometri vil være nødvendig i den sydlige passage, mens der er plads til begge udformninger i den nordlige. For enkelthedens skyld anvendes den smalle geometri af gennemsejlingen i begge passager, men dersom det anlægningsteknik er mere fordelagtigt, kan den bredere geometri anvendes i den nordlige passage.

Begrænsningen af trafikken i den sydlige passage til skibe på op til 175 meters længde vil jævnfør overvejelserne i indledningen til afsnit 6 betinge en frihøjde i gennemsejlingen på maksimalt 36 meter. Samme frihøjde er nødvendig for at tillade passage af den observerede trafik i den nordlige passage.

6.4.1 ALA02 med bjælkebro – Anbefalet sejladsarrangement

I forhold til Figur 5-2 adskiller den alternative ruteføring i Figur 6-1 sig alene ved den forudsatte afstand på 520 meter mellem ruterne i de to retninger i såvel den sydlige som i den nordlige passage.

Med opdeling i to separate ruter bringes ruterne i den sydlige passage ud i yderkanten af den aktuelt observerede sejlads. Ses alene på skibe med længder på 150 til 200 meter (figuren til højre), ligger ruterne helt ude i kanten af det observerede sejladsmønster. Med den viste rutelægning er afstanden fra den sydgående rute ind til 5 meters vanddybde ved Als mellem 500 og 600 meter. Hvis det af anlægningstekniske årsager bliver nødvendigt at øge afstanden mellem ruterne fra 520 til de 720 meter som er vist i Figur 3-5, skal gennemsejlingen for løsningen flyttes tilsvarende længere mod nord, så rutelægningen ikke tvinger trafikken nærmere mod kysten på Als.



Den separate ruteføring eliminerer de udfordringer, som mødesituationer nær broen kan give anledning til, og vil derfor både give en reduktion af kollisionsrisikoen mod broen og øge sejladssikkerheden. Det skal dog erindres at mere end 95% af trafikken i den sydlige passage estimeres at foregå uden modgående trafik. Mødesituationerne skal derfor være behæftet en med markant højere kollisionsrisiko end sædvanlige solopassager, for at mødesituationer vil få afgørende betydning for det samlede risikobillede for broen.

6.4.2 Evaluering

Evalueringen i afsnit 5.2.2 af sejladsarrangementet for korridoren ALA02 med en stor gennemsejling i den sydlige passage og en separeret gennemsejling i den nordlige passage, vil også være gældende for sejladsarrangementet i Figur 6-1, med følgende tilføjelser:

Kollisionsrisiko

- + Den separerede gennemsejling i den sydlige passage eliminerer udfordringerne med mødesituationer i nærheden af broen, og den forøgelse af kollisionsrisikoen, som disse passager kunne være behæftet med,
- + Begrænsningen af trafikken til skibe, der ikke er længere end 175 meter, medfører en væsentlig reduktion af den kollisionslast, som brokonstruktionen skal dimensioneres til at modstå,
- Sandsynligheden for en kollision i den sydlige passage under en solopassage vil være større med en 280 meter bred gennemsejling end med den oprindelige forudsatte gennemsejling på 500 meter.

Sejladsforhold

- + Med den separerede gennemsejling i den sydlige passage elimineres udfordringerne med mødesituationer i nærheden af broen,

- Trafikken ind og ud af hele farvandsområdet nord for korridoren, vil være begrænset til skibe under 175 meters længde,
- Separeringen af trafikken ved gennemsejlingen i den sydlige passage forhindrer en central placering i sejlrenden, med maksimal afstand til de lavvandede områder på begge sider, som navigatører som udgangspunkt foretrækker.

Tabel 6-5 Sammenfatning af evalueringsparametre for korridoren ALA02 med en bjælkebro i den sydlige passage.
(NP/SP: nordlige hhv. sydlige passage, (N)/(S): nord- hhv. sydgående)

Kollisionsrisiko		Sejladsforhold	
Gennemsejling		Sejlads arrangement	
Krydsningsvinkel	NP: 93°, 95° SP: 90°, 90°	Logik og meningsfuldhed	Ulogiske elementer
Ruteben mod gennemsejling	NP(N): 5 km SP(N): 5,5 km	Udfordringer	Klemte ruteføring ved Lyø
Trafikkens spredning	NP(N): Større SP(N): Større	Gennemsejling	
Kollisionslast	NP: 160MN SP: 220MN	Afstand fra nuværende trafik	NP: 2 km SP: ~0 km
Ruteknæk		Forlænget sejlads	NP: 1,5 km SP: ~0 km
Type 2 potentiale	NP: 1 SP: 3	Ruteben mod gennemsejlingen	NP(N): 5 km SP(N): 5,5 km
Sikkert afdækkede	NP: 2 SP: 2	Andet	Ingen passage for skibe over 175m ^{*)} , Separeret trafik i begge passager
Usikkert afdækkede	NP: 1 SP: 1	Ruteknæk	
Ikke afdækkede	NP: 1 SP: 1	Utryk placering	NP(N)
Drivende skibe		Omvej for ruteknæk	NP(N): 0,5 km SP(N): 1,5 km
Forhøjet eksponering	Nordside: 1/2 L Sydside: L	Uklar hensigt	NP(N) SP(N)
Skærmet korridor	Nordside: 1/3 L Sydside: L		
Øvrigt			
Særlige forhold	Separeret trafik i begge passager, Kun skibe under 175 m ^{*)}		

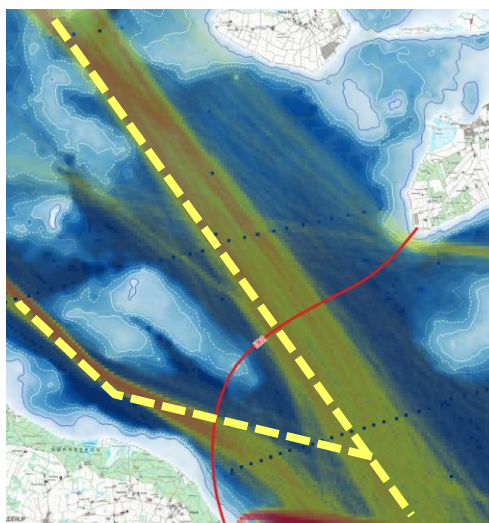
^{*)} Begrænsningen af gennemsejlingen til skibe med en længde mindre end 175m er forudsat accepteret og påvirker ikke evalueringen.

6.4.3 Diskussion

Den betragtede variant af en brøløsning i ALA02 tillader ikke passage af den eksisterende trafik med meget store skibe til Enstedværket og Aabenraa Havn. Den forventes derfor at møde modstand både hos Søfartsstyrelsen og blandt erhvervslivet nord for korridoren, der har behov for eller interesse i søtransport ind og ud af farvandsområdet. Den er alligevel behandlet for at indicere betydningen af en sådan begrænsning af skibstrafikken, og samtidigt evaluere hvilke fordele – og eventuelle ulemper – løsningen måtte medføre for det anlægstekniske projekt.

Omlægningen af skibstrafikken er baseret på at fastholde trafikarbejdet opgjort i lastekapacitet, og det leder uundgåeligt til en større trafik målt i antal passager. Den bestemte forøgelse er hverken en udfordring for broforbindelsen, for gennemsejlingerne eller for sejladsarrangementet omkring og op til broen. Anlægsprojektet simplificeres ved ikke at omfatte et kabelbåret gennemsejlingsfag, og ved at pillerne omkring gennemsejlingen kan designes for reduceret kollisionslast på 220 MN. Det er kun 40% af kollisionslasten på 580 MN for det kabelbårne alternativ.

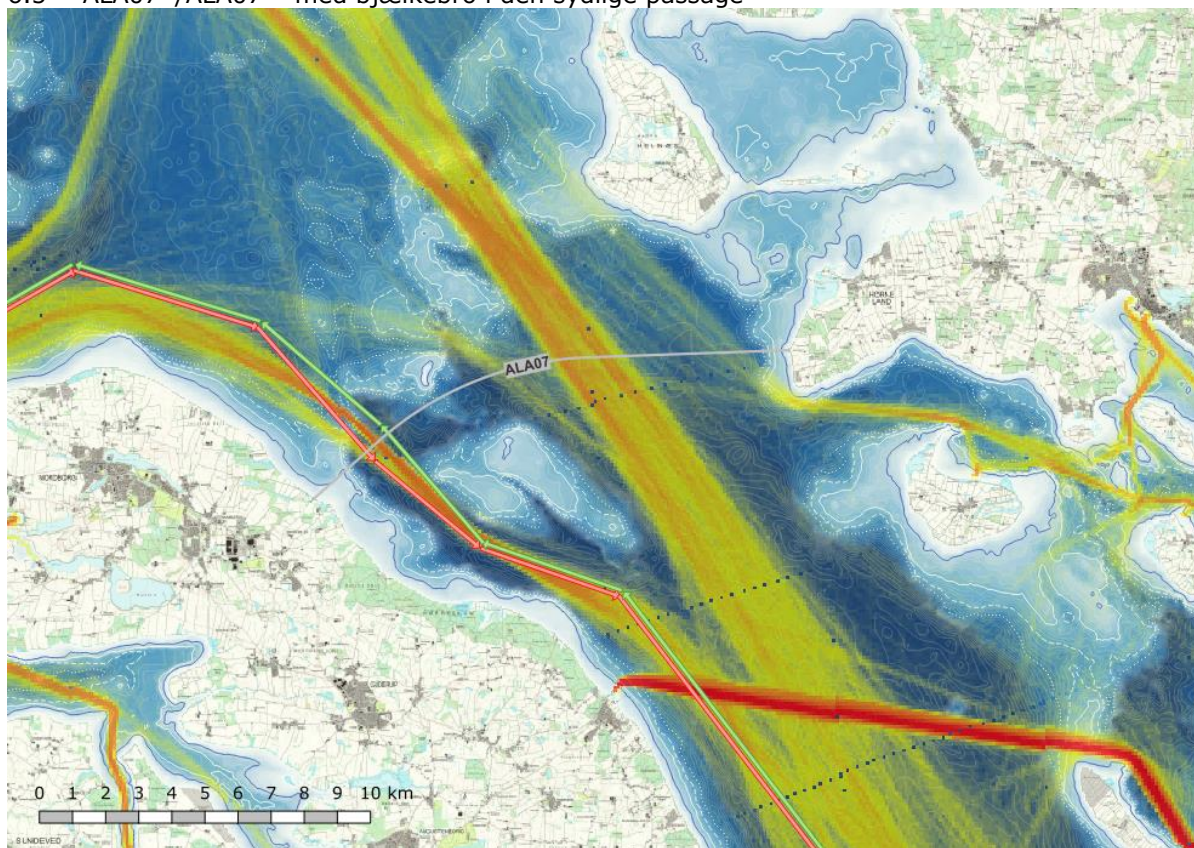
Udfordringen med at etablere en realistisk rutelægning af den sydfra kommende skibstrafik frem til gennemsejlingerne, uden at skabe u hensigtsmæssige kilder til Type 2 kollisioner, er ikke umiddelbart påvirket af den ændrede gennemsejling. Det har imidlertid betydning at gennemsejlingerne i den nordlige og den Sydlige passage i praksis er ens og skal designes for samme kollisionskraft. Det åbner mulighed for at skabe et enklere og mere realistisk sejladsarrangement, hvor Type 2 kollisionsrisikoen er håndteret uden tvivlsomme rutelægninger. Muligheden vil kræve justering af korridoren, og kan bedst illustreres med ALA06 – se figuren til højre. Den nordgående trafik følger samme rute op til et punkt ca. 5 km fra korridoren, hvor trafikken mod den sydlige passage drejer fra, og trafikken op igennem den nordlige passage kan fortsætte med uændret kurs. Denne rutelægning har været overvejet for ALA06, men afgreningen mod den sydlige passage vil dermed være kilde til Type 2 kollisioner. Med den eksisterende trafik, vil denne risiko eksponere den nordlige gennemsejling for kollision med de store skibe, der navigerer i den sydlige passage. Men med en bjælkebro over den sydlige passage vil trafikken være begrænset, og Type 2 risikoen mod den nordlige gennemsejling, vil ikke adskille sig markant fra den Type 1 risiko, som trafikken i den nordlige passage allerede eksponerer den nordlige gennemsejling for.



Begrænsningen af trafikken i den sydlige passage åbner for en anden – mere radikal – løsning på korridor og rutelægning, idet den ene af de to gennemsejlinger kunne elimineres. Dybgangen af skibe med en længde på op til 175 meter vil typisk ikke overstige 10-11 meter, så når trafikken er begrænset til skibe af den størrelse, kan den arrangeres væsentlig mere frit i forhold til de lokale variationer af dybden. Og trafikken har under alle omstændigheder ikke behov for at benytte sig af de særligt store dybder i den sydlige passage.

Ovenstående viser, at de grundlæggende bindinger for korridor og sejladsarrangement for en fast forbindelse ændrer sig markant, hvis skibstrafikken kan begrænses som forudsat i dette afsnit. Skulle det vise sig realistisk at opnå opbakning til en broløsning, der medfører en sådan radikal begrænsning af skibstrafikken, bør/skal korridor og sejladsarrangement genovervejes på ny.

6.5 ALA07*/ALA07 – med bjælkebro i den sydlige passage



Figur 6-2 Korridoren ALA07 vist med dybdeforhold, trafiktheden for skibe længere end 50 m, og det anbefalede forslag til sejladsarrangement, når der forudsættes en bjælkebro i den sydlige passage.

Vanddybdens og trafiktheden variation langs med korridorerne, som illustreret i hhv. Figur 5-9 og Figur 5-12, er fortsat relevante for begge løsninger, men omlægning af trafik med skibe længere end 175 meter er naturligvis ikke afspejlet i trafikthederne.

Som anbefalet i afsnit 6.2 forudsætter en bjælkebro løsning i den sydlige passage en separat gennemsejling for hver retning. Den skitserede geometri for gennemsejlingen vist i Figur 3-5 anvender to 200 meter fag imellem gennemsejlingerne for at optimere det statiske system omkring gennemsejlingsfagene. Afstanden mellem ruterne i gennemsejlingen bliver dermed på 720 meter, hvilket ikke harmonerer med den fokuserede sejlads i det snævre forløb i den sydlige passage.

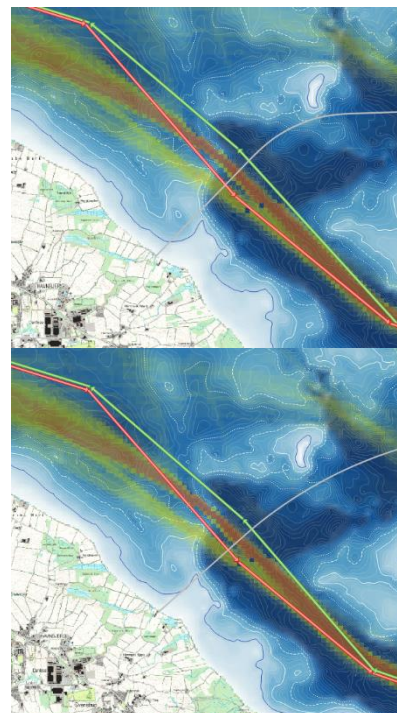
Begrænsningen af trafikken i den sydlige passage til skibe på op til 175 meters længde vil jævnfør overvejelserne i indledningen til afsnit 6 betinge en frihøjde i gennemsejlingen på maksimalt 36 meter.

6.5.1 ALA07*/ALA07 med Bjælkebro – Anbefalet sejladsarrangement

For både ALA07* og ALA07 med bjælkebro er den eneste forskel fra sejladsarrangementerne med skråstagsbro den forudsatte afstand på 720 meter mellem ruterne i de to retninger.

Med en opsplitning i to separate ruter bringes ruterne i den sydlige passage ud på ydersiden af den aktuelt observerede sejlads og tæt på lavvandede områder. Selv med en reduceret afstand mellem gennemsejlingsfagene på 520 m, som antaget for en bjælkebro i ALA06, se afsnit 6.4, vil ruterne ikke harmonere med den observerede sejlads.

Ses alene på skibe med længder på 150 til 200 meter (figurerne til højre), ligger ruterne for ALA07* (øverste figur) et stykke væk fra det observerede sejlads mønster. Med den viste rutelægning er afstanden fra den sydgående rute ind til 5 m vanddybde ved Als cirka 900 meter. Afstanden til 10 m kurven er mindre og på cirka 300 meter for både den sydgående og nordgående trafik. For ALA07 gælder der samme problematik og praktisk talt samme afstande til hhv. 5 m og 10 m kurverne.



Ved begge korridorer gælder, at den separerede sejlads eliminerer de udfordringer, som mødesituationer nær broen kan give anledning til, hvilket derfor både vil give en reduktion af kollisionsrisikoen mod broen og øge sejlads sikkerheden. Det skal dog erindres at mere end 95% af trafikken i den sydlige passage estimeres at foregå uden modgående trafik. Mødesituationerne skal derfor være behæftet med en markant højere kollisionsrisiko end sædvanlige solopassager, for at mødesituationer vil få afgørende betydning for det samlede risikobillede for en bro, hvilket ikke ventes at være tilfældet idet trafikken tvinges igennem hvert sit enkeltrettede fag.

6.5.2 Evaluering

Evalueringerne i afsnit 5.4.2 for ALA07* og 5.4.5 for ALA07 af sejladsarrangementet sydlige passage vil også være gældende for sejladsarrangementet i Figur 6-2, med følgende tilføjelser:

Kollisionsrisiko

- + Den separerede gennemsejling i den sydlige passage eliminerer udfordringerne med mødesituationer i nærheden af broen, og den forøgelse af kollisionsrisikoen, som disse passager kunne være behæftet med,
- + Begrænsningen af trafikken til skibe, der ikke er længere end 175 meter, medfører en væsentlig reduktion af den kollisionslast, som brokonstruktionen skal dimensioneres til at modstå,
- Sandsynligheden for en kollision i den sydlige passage under en solopassage vil være større med en 280 meter bred gennemsejling end med den oprindelige forudsatte gennemsejling på 500 meter.
- Navigering tættere på mere lavvandede områder både før og efter gennemsejlingen og i nærheden af snævringen kan desuden give en usikkerhed ved passage af broen.

Sejladsforhold

- + Med den separerede gennemsejling i den sydlige passage elimineres udfordringerne med mødesituationer i nærheden af broen,
- Trafikken ind og ud af hele farvandsområdet nord for korridoren, vil være begrænset til skibe under 175 meters længde,
- Separeringen af trafikken ved gennemsejlingen i den sydlige passage forhindrer en central placering i sejlrenden, med maksimal afstand til de lavvandede områder på begge sider, som navigatører som udgangspunkt foretrækker.
- Gunstig anvendelse af den i forvejen fokuserede trafik i Als-renden (et af formålene med at placere en bro i korridoren ALA07*/ALA07) umuliggøres af behovet for separering af trafikken i to enkeltrettede gennemsejlinger.

**Tabel 6-6 Sammenfatning af evalueringsparametre for korridoren ALA07*/ALA07 med en bjælkebro i den sydlige passage.
(NP/SP: nordlige hhv. sydlige passage, (N)/(S): nord- hhv. sydgående)**

Kollisionsrisiko		Sejladsforhold	
Gennemsejling		Sejlads arrangement	
Krydsningsvinkel	NP*: 93°, 95° SP*: 84°, 85° SP : 92°, 89°	Logik og meningsfuldhed	Ulogiske elementer
Ruteben mod gennemsejling	NP*(N): 12 km SP*(N,S): 4,7 km SP: 5km, 4,3km	Udfordringer	Strider imod observeret, fokuseret sejlads i Als-renden
Trafikkens spredning	NP*(N): Større SP(N,S): Større	Gennemsejling	
Kollisionslast	NP: 160MN SP: 220MN	Afstand fra nuværende trafik	NP*: 0 km SP*: ~0,4 km SP: ~0,4 km
Ruteknæk		Forlænget sejlads	NP*: 0,5 km SP: ~0 km
Type 2 potentiale	NP*: 1 SP*: 2 SP: 2	Ruteben mod gennemsejlingen	NP*: 13 km SP*(N): 4,7 km SP(N): 4,3 km
Sikkert afdækkede	NP: 2 SP*: 2 SP: 2	Andet	Ingen passage for skibe over 175m [^]), Separeret trafik i begge passager
Usikkert afdækkede	NP*: 1 SP: 1	Ruteknæk	
Ikke afdækkede	NP: 1 SP: 1	Utryk placering	NP(N)
Drivende skibe		Omvej for ruteknæk	NP*(N): 0,5 km SP(N): 1,5 km
Forhøjet eksponering	Nordside: ~0L Sydside: 1/2 L	Uklar hensigt	NP(N) SP(N)
Skærmet korridor	Nordside: 0,3 L Sydside: 0,3 L		
Øvrigt			
Særlige forhold	Separeret trafik i begge passager, Kun skibe under 175 m [^])		

[^]) Begrænsningen af gennemsejlingen til skibe med en længde mindre end 175m er forudsat accepteret og påvirker ikke evalueringen.

) angiver ALA07

6.5.3 Diskussion

Den betragtede variant af en broløsning i både ALA07* og ALA07 tillader ikke passage af den eksisterende trafik med meget store skibe til Enstedværket og Aabenraa Havn. Den forventes derfor at møde modstand både hos Søfartsstyrelsen og blandt erhvervslivet, der har behov for eller interesse i søtransport ind og ud af farvandsområdet. Den er alligevel behandlet for at indicere betydningen af en sådan begrænsning af skibstrafikken, og samtidigt evaluere hvilke fordele – og eventuelle ulemper – løsningen måtte medføre for det anlægstekniske projekt.

Omlægningen af skibstrafikken er baseret på at fastholde trafikarbejdet opgjort i lastekapacitet, og det leder uundgåeligt til en større trafik målt i antal passager. Den bestemte forøgelse er hverken en udfordring for broforbindelsen, for gennemsejlingerne eller for sejladsarrangementet omkring og op til broen. Anlægsprojektet simplificeres ved ikke at omfatte et kabelbåret gennemsejlingsfag, og ved at pillerne omkring gennemsejlingen kan designes for reduceret kollisionslast på 220 MN. Det er 63% af kollisionslasten på 350 MN for det kabelbårne alternativ.

Udfordringen med at etablere en realistisk rutelægning af den sydfra kommende skibstrafik frem til gennemsejlingerne, uden at skabe u hensigtsmæssige kilder til Type 2 kollisioner, er ikke umiddelbart påvirket af den ændrede gennemsejling.

Begrænsningen af trafikken i den sydlige passage for skibe længere end 175 meter vurderes mulig, også selvom trafikken skal navigere bredere end i dag for at passere korridoren. Dog anvendes den allerede eksisterende fokusering af skibstrafikken ikke for denne løsning. Dybgangen af skibe med en længde på op til 175 meter vil typisk ikke overstige 10-11 meter, så når trafikken er begrænset til skibe af den størrelse, kan den arrangeres væsentlig mere frit i forhold til de lokale variationer af dybden. Og trafikken har under alle omstændigheder ikke behov for at benytte sig af de særligt store dybder i den sydlige passage. Dog, skal sejladsarrangementet vise hensyn til, at både nord- og sydgående skibe er nødt til at navigere tættere på 10 m kurven, hvilket for navigatøren på de største skibe (længere end 150 meter) vil virke ulogisk.

Ovenstående viser, at de grundlæggende bindinger for korridor og sejladsarrangement for en fast forbindelse ændrer sig markant, hvis skibstrafikken kan begrænses som forudsat i dette afsnit. Skulle det vise sig realistisk at opnå opbakning til en broløsning, der medfører en sådan radikal begrænsning af skibstrafikken, bør/skal korridor og sejladsarrangement genovervejes på ny.

7. Minimumsløsninger

De foreslåede korridorer og tilhørende løsninger har alle været fokuseret på at tillade passage af den nuværende erhvervstrafik i både den nordlige og sydlige passage. De meget store skibe, der anvender den sydlige passage, gør det nødvendigt med en skråstagsbro for at tilbyde et tilstrækkelig stort navigationsspænd i den sydlige gennemsejling, mens det større trafikvolumen i den nordlige passage, og den heraf følgende større hyppighed af mødesituationer, gør det nødvendigt at anlægge to separate gennemsejlingsåbninger i gennemsejlingen for den nordlige passage. Tilsammen udgør disse gennemsejlingsarrangementer en stor anlægningsteknisk investering, der ikke nødvendigvis er i balance med den samlede trafik på knap 5 passager per døgn af erhvervsskibe længere end 50 meter (se Tabel 3-2).

Derfor gennemføres i dette afsnit en evaluering af forbindelsen på kriterierne for *Kollisionsrisiko* og *Sejladsforhold* når der kun etableres et gennemsejlingsarrangement til at betjene den samlede skibstrafik. Evalueringen af disse minimumsløsninger gennemføres med udgangspunkt i de fem korridorer foreslået i afsnit 5, selvom disse korridorer, med undtagelse af ALA07, på forskellig vis er udformet/tilpasset til at give en gunstig krydsning af både den sydlige og nordlige passage. For at tillade sikker passage af den nuværende, samlede trafik, vil det enlige gennemsejlingsarrangement kræve en skråstagsbro i de rene broløsninger (ALA02, ALA06, ALA07*/ALA07 og ALA08) og en sænketunnel i den kombinerede løsning (ALA05). Den særlige løsning i korridorerne ALA02 og ALA07*/ALA07 betragtet i afsnit 6, hvor begge gennemsejlinger er baseret på bjælkebroer, evalueres også i en minimumsudgave med et enkelt gennemsejlingsarrangement med to separate gennemsejlingsåbninger. Evalueringen af denne løsning er underlagt den samme forudsætning som løsningen betragtet i afsnit 6, at det på forhånd er accepteret – og dermed ikke udgør en projektrisiko – at gennemsejlingen ikke tillader passage af skibe længere end 175 m.

De væsentlige betydninger af kun at etablere ét gennemsejlingsarrangement diskuteres tematisk på tværs af løsningerne i de følgende afsnit, og sammenfattes i oversigten i afsnit 7.4.

7.1 Gennemsejlingsarrangement

Den forudsatte skråstagsbro vist i Figur 3-5 vil med en navigationsåbning på 500m×60m tillade passage af de største skibe observeret i trafikken, under forudsætning af at passagen kan foregå centrert og uden modgående trafik. Specifikt for ALA07 er spændet øget til 510m×60m for at kompensere for krydsningsvinklen, men dette er uden betydning i forhold til mødesituationer. Ifølge den indledende analyse af mødesituationer i afsnit 3.4 forventes den samlede trafikspassage i denne gennemsejling at medføre mellem 60 og 170 situationer per år, hvor to modgående skibe mødes op til eller umiddelbart efter passage af broen. Af disse vil knap 2 mødesituationer per år betegnes som kritiske, idet de mødende skibe ved passage af broen ikke kan sikres sædvanlig sikkerhedsafstand til hinanden og til broens pyloner. Gennemsejlingen skal således på sikker og intuitiv måde kunne håndtere både centrert envejspassage af meget store skibe, og hyppigere passage af mellemstore og store modgående skibe i et tovejsarrangement. Dette vurderes at hæve projektrisikobidraget for *Sejladsforhold* for minimumsløsninger med en gennemsejlingsåbning i den nævnte skråstagsbro til "Forhøjet".

For den kombinerede løsning i ALA05 vil passage af korridoren foregå over tunneldelen i den sydlige passage, og dette giver tilstrækkelig bredde til at arrangere passage af den samlede trafik uden udfordringer. Selve gennemsejlingen og arrangementet af sejladsen heri bidrager dermed ikke særskilt til projektrisikoen.

Endelige vil der med den rene bjælkebrosløsning i ALA02 og ALA07*/ALA07 arrangeres envejsstrafik i to separate gennemsejlingsåbninger, så mødesituationer ikke vil opstå under

passage af broen. Skibenes størrelse er desuden forudsat begrænset, så de 280 meter brede gennemsejlingsåbninger altid er tilstrækkelig. Gennemsejlingen for denne løsning øger derfor ikke projektrisikoen i forhold til *Kollisionsrisiko* over det forventelige.

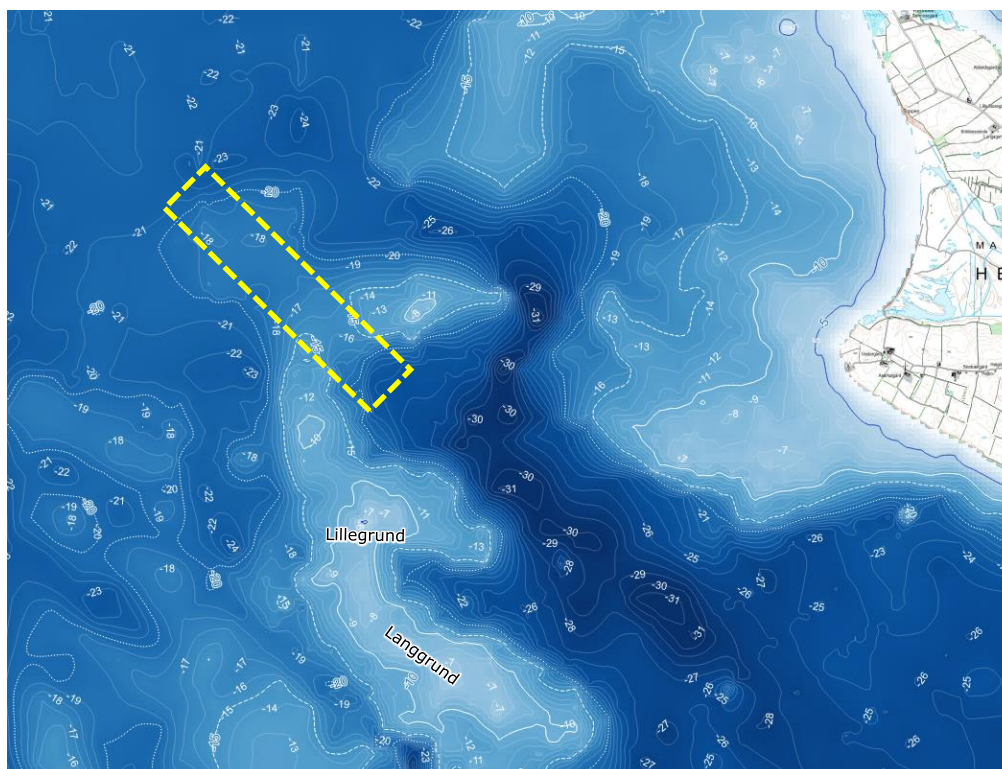
7.2 Gennemsejlingens placering

For broløsningerne kan minimumsløsningens ene gennemsejling i princippet placeres enten over den sydlige eller nordlige passage. Dog er batymetrien i den sydlige passage den eneste, der med sikkerhed tillader passage af de største skibe i den observerede trafik. Dermed bliver det mest oplagt at samle trafikken i den sydlige passage. For de sydlige korridorer med broløsninger (ALA02 og ALA06) medfører indsejlingen sydfra til gennemsejlingen ved den sydlige passage en risiko for Type 2 kollisioner, der ikke enkelt lader sig eliminere via rutelægningen. Og det er tvivlsomt, om den rutelægning, der er nødvendig for at minimere denne risiko, faktisk vil blive fulgt. For disse løsninger kunne det vise sig mere hensigtsmæssigt at lægge trafikken over i den nordlige passage og placere broens gennemsejling her.

For den kombinerede bro og tunnel løsning i ALA05 vil den eneste relevante minimumsløsning være at eliminere gennemsejlingen i brodelen over den nordlige passage og lede al trafikken til den sydlige passage over tunneldelen.

7.2.1 Batymetri

Den nordlige passage har rigeligt store vanddybder til den sammenlagte trafik med undtagelse af et mindre område cirka en sømil nord for Lillegrund, hvor vanddybden er mellem 15 og 20 meter – se Figur 3-3 og Figur 7-1. Området er cirka 2,5 km langt og skal uddybes til minimum 20 meter for at give trafikken samme mulighed for passage her, som snævringen i den sydlige passage ved Tranerodde grund giver – se Figur 3-3.



Figur 7-1 Område i den nordlige passage med utilstrækkelig vanddybde til at tillade passage af de største skibe observeret i undersøgelsesområdet.

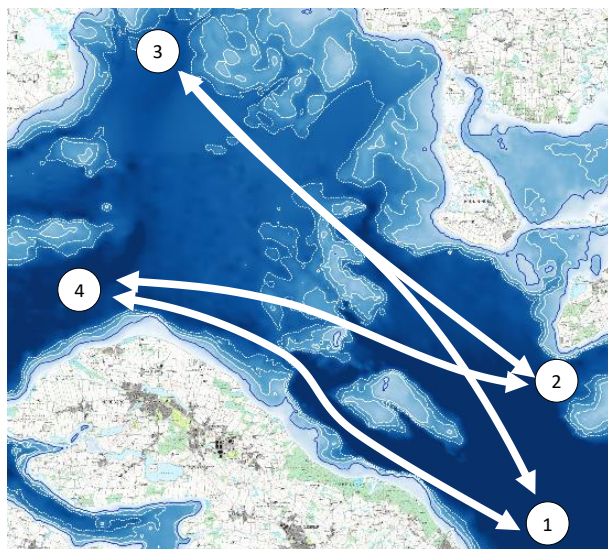
Uddybningen vil ikke nødvendigvis være acceptabel – f.eks. af miljømæssige årsager – og selve omkostningen ved uddybning og et eventuelt fremtidigt vedligehold af renden vil være en tillægsomkostning for projektet. Hvis den nordlige gennemsejling af andre årsager findes mest hensigtsmæssig for en broløsning, vil behovet for denne uddybning bidrage til en specifik forøgelse af projektrisikoen for *Sejladsforhold*.

For den rene bjælkebro løsning i korridor ALA02 og ALA07*, hvor den mindre bredde af gennemsejlingsåbningen forhindrer passage af skibe længere end 175 m, vil uddybningen ikke være nødvendig. Gennemsejlingen for denne broløsning kan derfor lægges i den nordlige passage uden denne specifikke uddybning og medfølgende forøgelse af projektrisikoen. For ALA07 er en gennemsejling i den nordlige passage ikke muligt uden at tilpasse korridoren. Derfor, skal placeringen af gennemsejlingen på ALA07 være ved den sydlige passage.

7.2.2 Omlægning af trafikken

Den mest direkte betydning af hvilken af de to gennemsejlinger der bevares, vil være omlægning af sejladsen i projektområdet. Den samfundsøkonomiske konsekvens heraf vil blive undersøgt i detalje i relation til forundersøgelsens miljømæssige evaluering af korridorerne og de tilhørende løsninger. Til nærværende evaluering vurderes det blot om omlægningen overordnet leder til enten væsentlig forlængelse af sejladsen for specifikke trafikstrømme, eller til u hensigtsmæssigt arrangement for betydende dele af trafikken, der kunne øge projektrisikoen relateret til *Sejladsforhold*.

I Figur 7-2 er indikeret de trafikstrømme, der vil blive berørt af at der kun etableres en gennemsejling, og Tabel 7-1 giver en omtrentlig forlængelse af sejladsen hvis den sydlige hhv. nordlige gennemsejling bevares i minimumsløsningen.



Figur 7-2 Trafikstrømme i projektområdet berørt af gennemsejlingen i en forbindelse

Tabel 7-1 Forøget sejlads med kun en gennemsejling i forbindelsen.

Trafikstrøm	Med sydlig gennemsejling	Med nordlig gennemsejling
① ↔ ③	~0 km	ingen
① ↔ ④	ingen	~7 km
② ↔ ③	~9 km	ingen
② ↔ ④	~5 km	ingen

Det største volumen af erhvervstrafik ligger i den nordlige passage (mellem ① og ③), og omvejen for denne trafik er forsvindende, uanset hvilken gennemsejling, der bevares. Erhvervstrafikken i den sydlige passage (mellem ① og ④) pålægges en ikke uvæsentlig omvej på ca. 7 km, hvis gennemsejlingen over den sydlige passage ikke bevares. Den største omvej på ca. 9 km opnås for trafikken mellem ② og ③ hvis den nordlige gennemsejling ikke etableres. Ifølge Figur 3-4 er denne trafik mellem ② og ③ domineret af fritidssejlad, men mindre erhvervsskibe med en længde mellem 50 og 100 m ses også at benytte ruten. Trafikken på tværs af området (mellem ② og ④) pålægges en omvej på ca. 5 km, hvis den nordlige gennemsejling ikke etableres. Denne trafik er ifølge Figur 3-4 dog overvejende fritidstrafik, der for de fleste fartøjers vedkommende kan passere broen i et standard brospænd hvor frihøjden er 18 m eller højere.

Samlet set vil placering af den ene gennemsejling i den sydlige passage medføre den mindste omvej for erhvervstrafikken. Da omlægningen er en radikal ændring sejladsforholdene i forhold til det nuværende, må den dog stadig vurderes at lede til en forøgelse af projektrisikoen for *Sejladsforhold* i forhold til en løsning med både en Nordlig og Sydlig passage. Placering gennemsejlingen i den nordlige passage vil den medfølgende omvej for trafikken i den sydlige passage alene lede til en forhøjet projektrisiko i relation til *Sejladsforhold*.

7.3 Rutelægning frem mod gennemsejlingen

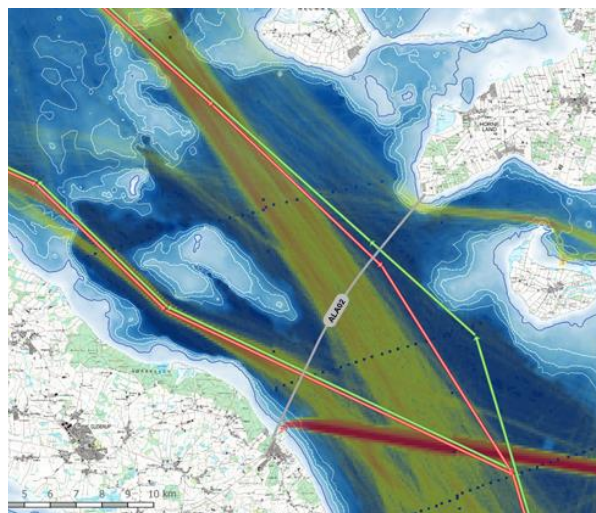
For løsningerne med to gennemsejlinger behandlet i afsnit 5 og 6, har den primære udfordring ved ruteføringen frem mod gennemsejlingerne været at undgå knæk på ruterne, der giver risiko for kollisioner af Type 2 (kollisioner der opstår fordi skibet ved et ruteknæk fortsætter med uændret kurs frem mod broen). To separate gennemsejlinger giver mulighed for flere kilder til denne type kollisionsrisiko, og forsøges det som i afsnit 5 og 6 helt systematisk at undgå disse kilder til Type 2 kollisionsrisiko, bliver den affødte rutelægning i nogle tilfælde så usædvanlig, at trafikken ikke kan forventes at følge den.

Med kun én gennemsejling giver minimumsløsningerne bedre mulighed for at eliminere kilder til Type 2 kollisionsrisiko med en hensigtsmæssig rutelægning. Denne strategi anvendes derfor også for minimumsløsningerne. Selvom overvejelserne i afsnit 7.2 leder til, at en gennemsejling i den sydlige passage er den mest gunstige af hensyn til projektrisikoen for *Sejladsforhold*, holdes begge muligheder for fuldstændighedens skyld åbne i diskussionen af rutelægningen for de enkelte minimumsløsninger.

7.3.1 Broløsning i ALA02 med skråstagsbro til en dobbeltrettet gennemsejling

I ruteføringen drøftet i afsnit 5.2.1 for en broløsning med en nordlig og sydlig passage i ALA02, hersker der mest tvivl om hvorvidt ruten sydfra op mod gennemsejlingen i den nordlige passage vil blive fulgt. Rutens knæpunkt ligger langt mod øst i forhold til gennemsejlingen og bringer trafikken tæt på de lavvandede områder ved Lyø.

Ruten sydfra op mod den sydlige passage forudsætter, at trafikken retter op til den vinkelrette krydsning af korridoren i usædvanlig stor afstand og langt øst i forhold til den ideelle rute op mod broen. Denne rute vurderes dog stadig mere meningsfuld og tryk end ruten til den nordlige gennemsejling. Korridorens krydsning med den direkte rute op igennem den nordlige passage sker under en relativ skæv vinkel, som gør det vanskeligt at etablere et passende rutearrangement med en vinkelret krydsning af korridoren. I den sydlige passage sikrer korridoren en vinkelret krydsning af den rute, som den observerede trafik anvender. Og selvom ruteknækket, hvor trafikken skal rette ind til passage af gennemsejlingen, er rykket langt mod sydøst, giver det samlede forløb stadig mening. Baseret alene på ruteføringen motiverer denne dermed mest til at beholde den Sydlige gennemsejling i en alternativ minimumsløsning.



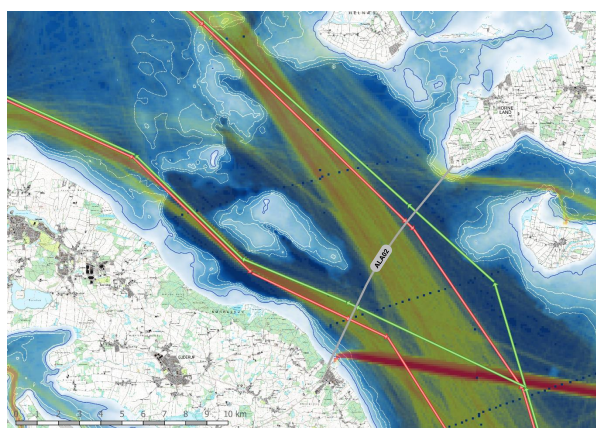
Dersom korridoren drejes let mod uret ved landfæstet på Als – f.eks. ved at rette korridoren ud – vil ruten op i den sydlige passage kunne drejes med og dermed rykke ruteknækket for opretning mod gennemsejlingen længere mod syd. Herved bringes ruten nærmere den ideelle rute sydfra op mod den sydlige passage. Samtidig vil kilden til Type 2 kollisionsrisiko flyttes længere væk fra broen og dermed få mindre betydning.

Trods den underliggende mening i ruteføringen op i den sydlige passage vil det dog ikke være sikkert, at al trafik slavisk vil følge den ønskede rute og ændre kursen op mod gennemsejlingen helt nede ved det markerede ruteknæk. Det giver usikkerhed om hvorvidt den tiltænkte reduktion af Type 2 kollisionsrisikoen kan opnås i praksis.

7.3.2 Broløsning i ALA02 med en dobbelt bjælkebro til to enkeltrettede gennemsejlinger

Denne minimumsløsning adskiller sig kun fra den foregående ved at gennemsejlingen ændres fra en skråstagsbro til en bjælkebro med to ensrettede gennemsejlinger. Ændringen betyder at skibene, der krydser korridoren, ikke er længere end 175 meter. Men det ændrer ikke afgørende på rutelægningen frem til gennemsejlingen.

Rutelægningen for den tilsvarende løsning med et nordligt og sydligt gennemsejlingsfag er diskuteret i afsnit 6.4.1, og har samme udfordringer, som er fremhævet ved den

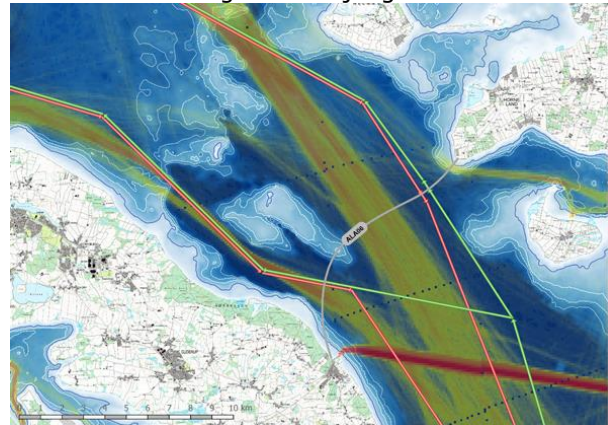


foregående minimumsløsning. Med hensyn til rutelægningen vil det derfor være mest hensigtsmæssigt at lægge gennemsejlingen i den sydlige passage, og eventuelt at rette korridoren op, så den drejes (med uret) ved gennemsejlingen og tillader en mere sydlig retning på ruten op til gennemsejlingen.

Usikkerheden om hvorvidt trafikken vil følge ruteforløbet helt fra knækket i syd gælder også for denne løsning og skaber derved usikkerhed om den tiltænkte reduktion af Type 2 kollisionsrisikoen fra trafikken sydfra.

7.3.3 Broløsning i ALA06 med skråstagsbro til en dobbeltrettet gennemsejling

Korridoren ALA06 er konstrueret med henblik på at give bedre krydsninger af den eksisterende trafik i både den sydlige og den nordlige passage. Denne hensigt viste sig dog vanskelig at profitere på med en fulde broløsning der har en Nordlig og Sydlig passage, fordi rutelægningen sydfra ind til gennemsejlingerne giver ruteknæk nær ved broen, som gør det nødvendigt at beskytte broen ved den nordlige gennemsejling imod kollision fra de meget store skibe i trafikken i den sydlige gennemsejling. Når eliminationen af denne kollisionsrisiko sættes i fokus for rutelægningen, viser ruteforløbet sig at blive særdeles uhensigtsmæssigt.

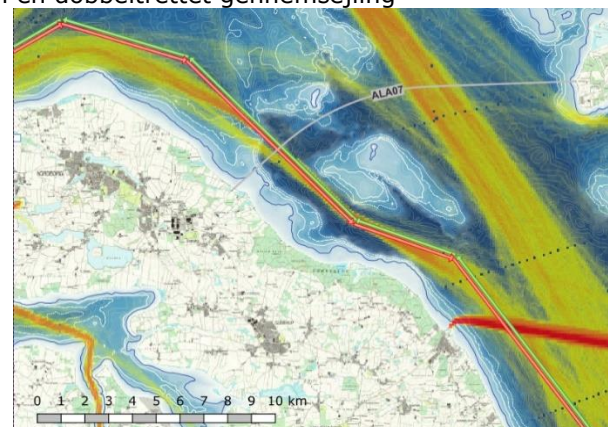


Vælges en sydlig gennemsejling i minimumsløsningen, vil rutelægningen syd for broen fortsat blive meget uhensigtsmæssig. Vælges i stedet en nordlig gennemsejling hvor korridoren krydser trafikken i den nordlige passage, kan ruten igennem gennemsejlingen gøres helt retlinet. Denne mulighed medfører at trafikken i den sydlige passage skal lægges over i den nordlige passage, og det kræver dels uddybning af ruten ved Lillegrund (se afsnit 7.2.1) og betyder en ikke uvæsentlig omvej for den nuværende trafik i den sydlige passage. Tilsammen vil disse tiltag give et stort bidrag til projektrisikoen for *Sejladsforhold* der således vil blive skubbet op i "Forhøjet". Omvendt vil valget af en sydlig gennemsejling give en betydelig risiko for kollision af Type 2 og dermed et stort bidrag til projektrisikoen for *Kollisionsrisiko*, der også vil havne i "Forhøjet".

Uanset hvilken placering af gennemsejlingen der vælges, vil en minimumsløsning i ALA06 således være belastet med en forhøjet projektrisiko enten for *Sejladsforhold* eller *Kollisionsrisiko*.

7.3.4 Broløsning i ALA07 med skråstagsbro til en dobbeltrettet gennemsejling

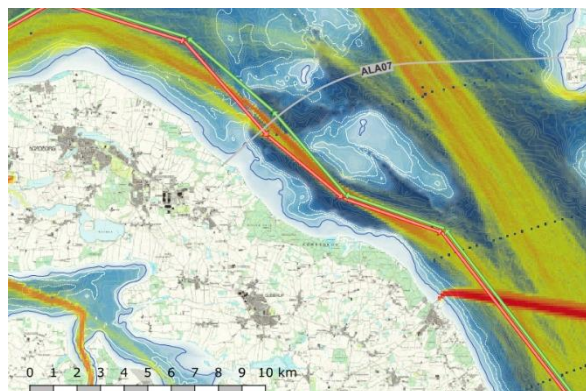
Motivationen for ALA07 er at bringe den sydlige gennemsejling ind i læ af de lavvandede områder øst for Als-renden for at reducere kollisionsrisikoen fra de store skibe i den sydlige passage. Dermed giver en minimumsløsning i korridoren kun mening, hvis det er den sydlige gennemsejling, der bevares. Rutelægningen igennem den sydlige gennemsejling vil være som beskrevet i afsnit 5.4.4. Omlægning af trafikken fra den nordlige passage til den sydlige giver primært en større omvej for den begrænsede erhvervstrafik mellem Lyø Krog og Lillebælt, hvilket vurderes



til at projektrisikoen for *Sejladshold* er forhøjet.

7.3.5 Broløsning ALA07 med bjælkebro til to enkeltrettede gennemsejlingsfag

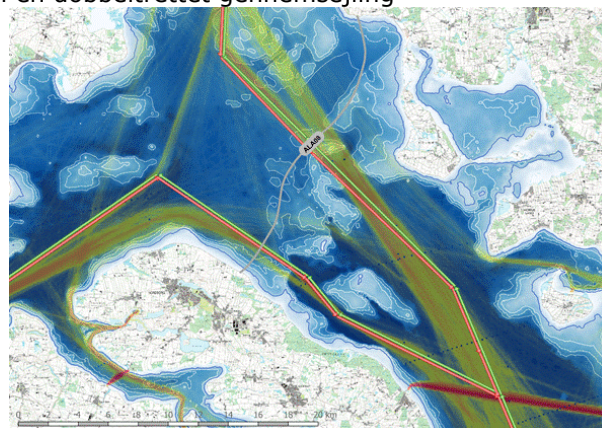
Denne minimumsløsning adskiller sig kun fra den foregående ved at gennemsejlingen ændres fra en skrånstagsbro til en bjælkebro med to ensrettede gennemsejlinger og er som beskrevet i afsnit 6.5.1. Rutelægningen tilpasses de to ensrettede fag, hvormed der bliver en afstand på 720 m mellem ruterne ved den sydlige passage. Videre tillader denne løsning kun at skibe med længder mindre end 175 meter kan krydse korridoren.



Rutelægningen er diskuteret i afsnit 6.5.1, og har samme udfordringer, som er fremhævet ved den foregående minimumsløsning. Dvs. forhøjet projektrisiko for sejladshold pga. lille afstand til områder med lav vanddybde og afvigelse fra det observerede sejladsmønster. For kollisioner er projektrisikoen uændret.

7.3.6 Broløsning i ALA08 med skrånstagsbro til en dobbeltrettet gennemsejling

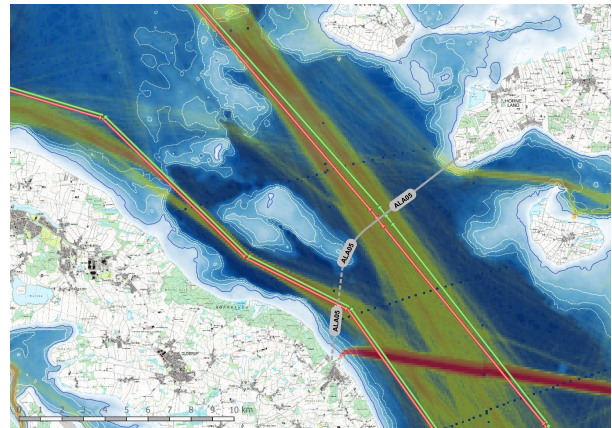
Korridoren ALA08 er foreslået som et nordligt beliggende alternativ, der er i så stor udstrækning som muligt er lagt i læ af de lavvandede områder i den nordlige ende af det udvidede undersøgelsesområde. Korridorens forløb ved den sydlige gennemsejling viste sig uheldig, idet trafikken sydfra er nødt til at foretage mindre kursændringer i nærheden af broen, og det giver en høj eksponering for Type 2 kollisioner. Ruteføringen fra Enstedværket og Aabenraa ind til den sydlige gennemsejling blev også ganske omstændelig, når der med rutelægningen er fokuseret på at undgå kilder til Type 2 kollisioner. Omvendt giver ruteføringen frem til og igennem den nordlige gennemsejling ingen særlige udfordringer eller problemer. Dermed forekommer det umiddelbart mest oplagt at beholde den nordlige gennemsejling i en minimumsløsning i korridoren. Men når trafikken i den sydlige passage lægges op igennem den nordlige gennemsejling, vil trafikken fra Enstedværket og Aabenraa igen skabe kilde til Type 2 kollisioner mod korridorens nordligste del.



Med en nordlig gennemsejling er minimumsløsningen belastet af omvejen ved omlægning af trafikken i den sydlige til den nordlige passage, af behovet for uddybning af farvandet ved gennemsejlingen, af den kollisionsrisiko af Type 2, som trafikken fra Enstedværket og Aabenraa havn medfører og af de udfordringer det giver, at gennemsejlingen skal kunne håndtere både store skibes passage centralt i navigationsåbningen og modgående passage af mellemstore skibes. Samlet set vil projektrisikoen fra *Sejladshold* nærme sig "Højt", mens projektrisikoen fra *Kollisionsrisiko* vil være i den lave ende af "Forhøjet".

7.3.7 Kombineret løsning i ALA05 med gennemsejling over tunneldelen

Med denne løsning placeres passagen af korridoren over tunnelen. Som det vises i afsnit 5.6.1 er ruteføringen frem til krydsningen af tunneldelen uafhængig af ruten til gennemsejling i brodelen. Ruteføringen over tunneldelen for minimumsløsningen uden en gennemsejling i brodelen er derfor uændret i forhold til løsningen med et nordligt gennemsejlingsfag. Omlægning af trafikken fra den nordlige passage til den sydlige må forventes at give nogen modstand. Risikoniveauet må derfor sættes til forhøjet for *Sejladsforhold*.



Omvendt vil kollisionsrisikoen for brodelen blive kraftig reduceret ved omlægning af trafikken, og den øgede trafik over tunneldelen vurderes ikke at medføre en tilsvarende stigning i risikoen for kollisioner. Samlet set vurderes projektrisikobidraget for *Kollisionsrisiko* at være uændret eller måske lavere end for løsningen med et nordligt gennemsejlingsfag.

7.4 Sammenfatning

Minimumsløsningerne evalueres relativt i forhold til projektrisikovurderingen for løsningerne med flere gennemsejlingsfag. De nødvendige ændringer og mulige forbedringer, som minimumsløsningerne fordrer eller giver anledning til, er summeret i Tabel 7-2. I afsnit 8 omsættes disse til op og/eller nedjustering af projektrisikobidragene for *Sejladsforhold* og *Kollisionsrisiko* for løsningerne med flere gennemsejlingsfag.

Tabel 7-2 Sammenfatning af forhold og ændringer i minimumsløsninger

Korridor Gennemsejling	ALA02 Skråstags- bro	ALA02 Bjælkebro	ALA06 Skråstags- bro	ALA07 Skråstags- bro	ALA07 Bjælkebro	ALA08 Skråstags- bro	ALA05 Tunnel
Ændring af forhold							
Gennemsejling Placering Komplikation	Sydlig Øget trafik	Sydlig Ingen	Sydlig Øget trafik	Sydlig Øget trafik	Sydlig Ingen	Nordlig Øget trafik	Sydlig Ingen
Uddybning	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej
Trafikoplægning Omfang Trafik	Begrænset Lokal trafik	Begrænset Lokal trafik	Begrænset Lokal trafik	Begrænset Lokal trafik	Begrænset Lokal trafik	Stor Store skibe	Begrænset Lokal trafik
Beskyttelse imod Type 2 kollisioner	Bedre men usikker	Bedre men usikker	Bedre men usikker	Bedre	Bedre	Bedre men usikker	Bedre

8. Sammenfatning og konklusion

Tabel 8-1 sammenfatter diskussionen og evalueringen af de undersøgte korridorer og sejladsarrangementer i afsnit 5.2 til 5.6 og af varianterne af ALA02 og ALA07* med en ren bjælkebro i afsnit 6.4 og 6.5. Løsningerne i Tabel 8-1 inkluderer to gennemsejlingsmuligheder.

Af de noterede parametre, lægges der for *Kollisionsrisiko* særligt vægt på antallet af ruteknæk med potentiale for Type 2 kollisioner, der enten ikke er dækket af, eller hvor der er usikkerhed om, hvorvidt sejladsarrangementet vil blive fulgt, så risikoen bliver dækket af. Antallet af 'Ikke afdækkede' og 'Usikkert afdækkede' ruteknæk er indikation for Type 2 kilder, som korridoren ikke er beskyttet imod med tilstrækkelig sikkerhed. Kollisionsrisikoen for broen kan derfor blive vanskelig at gøre acceptabel. Justeringer af selve korridoren kan medvirke til at reducere eller afhjælpe problemet, og det er derfor ikke relevant at sætte projektrisikobidraget til "Højt" og derved helt afskære korridoren for videre overvejelse, før sådanne justeringer er forsøgt. Korridorerne ALA07* og ALA05 har hver kun én usikkert afdækket Type 2 kilde, og derfor er projektrisikobidraget for disse sat til "Forventeligt". Løsningerne i de øvrige tre korridorer har to eller tre sådanne kilder, og med henvisning til, at der er alternative korridorer med bedre løsninger på problemstillingen, sættes projektrisikobidraget til "Forhøjet" for disse løsninger.

Separering af trafikken i den sydlige passages gennemsejling for bjælkebro løsningen i ALA02 og ALA07*, sammen med begrænsningen af trafikken til skibe under 175 meters længde er begge fordelagtig for kollisionsrisikoen. Begrænsningen af skibenes størrelse åbner for en bedre håndtering af Type 2 risikoen, men det vil kræve justeringer af korridoren. Evalueringen bevares derfor uændret til "Forhøjet" for ALA02 og "Forventelig" for ALA07*.

For *Sejladshold* er omfanget af eventuelle restriktioner på den nuværende trafik af primær betydning. Dernæst lægges særlig vægt på, om sejladsarrangementet er logisk og giver mening for navigatøren, om arrangementet giver anledning til utrygheder i navigationen, og om der er ruteknæk, det ikke forventes at være meningsfyldte for navigatørerne at anvende. Begrænsning af trafikken i den sydlige passage til skibe under 175 meters længde er en væsentlig restriktion ved bjælkebro løsningerne i ALA02 og ALA07*. Dette forhold alene betinger et "Højt" projektrisikobidrag. Selv uden begrænsningen i trafikken vil en bjælkebro i ALA07* bevirke en spredning af den ellers fokuserede trafik i Als-renden og dermed sejlads tættere på lavere vand. Dette bevirker et forhøjet projektrisikobidrag. For de øvrige løsninger sættes projektrisikobidraget til "Forhøjet" for korridorer med mere end et ruteknæk med 'Uklar hensigt', med et ruteknæk, der leder til en omvej på mere end 1 km, eller med 'Ulogiske elementer' i sejladsarrangementet. Ellers er projektrisikobidraget sat til "Forventeligt".

Projektrisikobidraget sættes dermed til "Forhøjet" for både *Kollisionsrisiko* og *Sejladshold* for bjælke- & kabelbro løsninger i korridorerne ALA02, ALA06 og ALA08. Dermed er disse korridorer vurderet mere udfordrede end ALA07* og ALA05, hvor projektrisikobidraget kan sættes til "Forventeligt" for både *Kollisionsrisiko* og *Sejladshold*, dog "Forhøjet" for sejladshold ved en bjælkebro i den sydlige passage for ALA07*.

De noterede udfordringer med korridorerne ALA07* og ALA05 er alle relateret til arrangementet af trafikken i den nordlige passage, og deres betydning for kollisionsrisikoen kan reduceres ved at flytte noget af trafikken i den nordlige passage over i den sydlige. I et eventuelt videre arbejde med ALA07* og ALA05 i forundersøgelserne, er det derfor relevant at undersøge muligheden for og effekten af at flytte trafik med skibe over en vis størrelse fra den nordlige til den sydlige passage.

Tabel 8-1 Evaluering af de 5 korridorer med løsningsvarianter og de foreslåede sejladsarrangementer.
(NP/SP: nordlige hhv. sydlige passage, (N)/(S): nord- hhv. sydgående trafik)

Korridor	ALA02	ALA02	ALA06	ALA07*	ALA07*	ALA08	ALA05
Længde	11,0 km	11,0 km	12,3 km	15,9 km	15,9 km	19,7 km	11,8 km
Anlægsprojekt	Bjælke- & kabelbro	Bjælkebro	Bjælke- & kabelbro	Bjælke- & kabelbro	Bjælkebro	Bjælke- & kabelbro	Bjælkebro & Tunnel
Kollisionsrisiko	Forhøjet	Forhøjet	Forhøjet	Forventelig	Forventelig	Forhøjet	Forventelig
Gennemsejling							
Krydsningsvinkel	NP: 93°, 95° SP: 90°, 90°	NP: 93°, 95° SP: 90°, 90°	NP: 90°, 93° SP: 90°, 90°	NP: 90°, 90° SP: 90°, 90°	NP: 90°, 90° SP: 90°, 90°	NP: 90°, 90° SP: 90°, 90°	NP: 90°, 90° SP: 90°, 90°
Ruteben mod gennemsejling	NP(N): 5 km SP(S): 5,5 km	NP(N): 5 km SP(N): 5,5 km	NP(S): 4,5km SP(S): 3km	NP(S): 12km SP(N,S): 5km	NP(S): 12km SP(N,S): 5km	NP(S): 8,5km SP(N): 3,5km	NP(N): 12km SP(N): -
Trafikkens spredning	NP(N): Større SP(N): Større	NP(N): Større SP(N): Større	NP(N): Større SP(N): Større	NP(N): Normal SP(N,S): Lille	NP(N): Normal SP(N,S): Lille	NP(N,S): Normal SP(N,S): Lille	NP(N): Større SP(N): Større
Kollisionslast	NP: 160MN SP: 580MN	NP: 160MN SP: 220MN	NP: 160MN SP: 580MN	NP: 160MN SP: 350MN [^]	NP: 160MN SP: 220MN	NP: 160MN SP: 580MN	NP: 160MN SP:
Ruteknæk							
Type 2 potentiale	NP: 1 SP: 3	NP: 1 SP: 3	NP: 2 SP: 3	NP: 1 SP: 3	NP: 1 SP: 3	NP(N,S): 2 SP(N,S): 4	NP(N): 1 SP(N,S): 3
Sikkert afdækkede	NP: 2 SP: 2	NP: 2 SP: 2	NP: 1 SP: 2	NP: 1 SP: 3	NP: 1 SP: 3	NP(S): 1 SP(N): 1	NP: 1 SP(N,S): 3
Usikkert afdækkede	NP: 1 SP: 1	NP: 1 SP: 1	NP: 1 SP: 1	NP: 1 SP:	NP: 1 SP:	NP(N): 1 SP(N,S): 2	NP(N): 1 SP:
Ikke afdækkede	NP: SP:	NP: SP:	NP: SP:	NP: SP:	NP: SP:	NP: SP(N): 1	NP: SP:
Drivende skibe							
Forhøjet eksponering	Nordside: 1/2 L Sydside: L	Nordside: 1/2 L Sydside: L	Nordside: 1/2 L Sydside: L	Nordside: ~0L Sydside: 1/2L	Nordside: ~0L Sydside: 1/2L	Nordside: L Sydside:	Nordside: 1/2L Sydside: 2/3L
Skærmet korridor	Nordside: 1/3 L Sydside:	Nordside: 1/3 L Sydside:	Nordside: 1/3 L Sydside: ~0 L	Nordside: 0,3L Sydside: 0,3L	Nordside: 0,3L Sydside: 0,3L	Nordside: L Sydside:	Nordside: 1/10L Sydside:
Øvrigt							
Særlige forhold	-	Separeret trafik i begge passager Ingen skibe over 175 m længde	-	SP: bro tæt på snævring	SP: bro tæt på snævring Separeret trafik i begge passager Ingen skibe over 175 m længde	SP: Bro tæt på snævring	Grundstødning mod tunnel og ø

[^]) For denne korridor er evalueret 280 til 580 MN i kollisionslast, men bedste bud for en designlast på forundersøgelsesniveau er de opgivet 350 MN.

Korridor Længde	ALA02 11,0 km	ALA02 11,0 km	ALA06 12,3 km	ALA07* 15,9 km	ALA07* 15,9 km	ALA08 19,7 km	ALA05 11,8 km
Anlægsprojekt	Bjælke- & kabelbro	Bjælkebro	Bjælke- & kabelbro	Bjælke- & kabelbro	Bjælkebro	Bjælke- & kabelbro	Bjælkebro & Tunnel
Sejladsforhold	Forhøjet	Forhøjet ^{^^}	Forhøjet	Forventelig	Forhøjet ^{^^}	Forhøjet	Forventelig
Sejlads arrangement							
Logik og meningsfuldhed	Ulogiske elementer	Ulogiske elementer	Ulogiske elementer	Ok	Ok	Ulogiske elementer	Ok
Udfordringer	Klemte ruteføring ved Lyø	Klemte ruteføring ved Lyø	Klemte ruteføring ved Lyø	SP: Udsyn ved snævring	SP: Udsyn ved snævring	SP: Udsyn ved snævring	-
Gennemsejling							
Afstand fra nuværende trafik	NP: 2 km SP: ~0 km	NP: 2 km SP: ~0 km	NP: 3km SP: 0,5km	NP: ~0km SP: ~0km	NP: ~0km SP: ~0km	NP: ~0km SP: ~0km	NP: ~0km SP: -
Forlænget sejlads	NP: 1,5 km SP(N): ~0 km	NP: 1,5 km SP(N): ~0 km	NP(): 1km SP(): ~0km	NP(): 0,5km SP(): ~0km	NP: 0,5km SP: ~0km	NP(): ~0km SP(): ~0km	NP(N): 2km SP(): ~0km
Ruteben mod gennemsejling	NP(N): 5 km SP(N): 5,5 km	NP(N): 5 km SP(N): 5,5 km	NP(S): 4,5km SP(S): 3km	NP(S): 13km SP(N,S): 5km	NP(S): 13km SP(N,S): 5km	NP(S): 8,5km SP(N): 3,5km	NP(N): 12km SP(): -
Særlige forhold	-	Separeret trafik i begge passager	-	-	Separeret trafik i begge passager	-	Fuld sejladsfrihed i sydlige passage
Ruteknæk							
Utryk placering	NP(N)	NP(N)	NP(S)	-	SP(N,S)	-	-
Omvej for ruteknæk	NP(N): 0,5 km SP(N): 1,5 km	NP(N): 0,5 km SP(N): 1,5 km	NP(N,S): 0,5km SP(N): 3,5km	NP(N): 0,5km SP(S): 1km	NP(N): 0,5km SP(S): 1km	NP(N): 0,5km SP(S): 3km	NP(N): 0,5km SP: -
Uklar hensigt	NP(N), SP(N)	NP(N), SP(N)	NP(S), SP(N)	NP(N)	NP(N)	NP(N), SP(N,S)	NP(N)

^{^^}) Vurderingen forudsætter politisk accept af at skibe over 175m ikke kan passere. Uden denne forudsatte accept vil risikobidraget være vurderet til Højt.

De i afsnit 7 betragtede minimumsløsninger, hvor forbindelsen reduceres til kun at tilbyde én gennemsejling, stiller krav om nødvendige ændringer, men giver også mulighed for relevante justeringer, i forhold til løsningerne med to gennemsejlingsmuligheder evalueret i Tabel 8-1. Særligt anvendes ALA07 i stedet for ALA07* ved fraværet af en nordlig gennemsejling, da der ikke er behov for en linjeføring med vinkelret krydsning af trafikken nord om Søndre Stenrøn.

Til evaluering af projektrisikoen for minimumsløsningerne omsættes de forudsatte/nødvendige ændringer for minimumsløsningerne sammenfattet i Tabel 7-2 til en skønsmæssig op- eller nedjustering af projektrisikoevalueringerne for løsningerne med to gennemsejlingsmuligheder givet i Tabel 8-1. De resulterende projektrisikobidrag fremgår af Tabel 8-2.

Tabel 8-2 Evaluering af minimumsløsninger i de 5 korridorer.

Korridor	ALA02	ALA02	ALA06	ALA07	ALA07	ALA08	ALA05
Længde	11,0 km	11,0 km	12,3 km	15,6 km	15,6 km	19,7 km	11,8 km
Anlægsprojekt	Bjælke- & kabelbro	Bjælkebro	Bjælke- & kabelbro	Bjælke- & kabelbro	Bjælkebro	Bjælke- & kabelbro	Bjælkebro & Tunnel
Kollisionsrisiko	Forhøjet	Forhøjet	Forhøjet	Forventelig	Forhøjet	Forhøjet	Forventelig
Sejladforhold	Forhøjet	Forhøjet ^{^^)}	Forhøjet	Forhøjet	Forhøjet ^{^^)}	Forhøjet	Forventelig

^{^^)} Vurderingen forudsætter politisk accept af at skibe over 175m ikke kan passere. Uden denne forudsatte accept vil risikobidraget være vurderet til Højt.

Rammen for "Forhøjet" projektrisiko er rummelig, hvorfor det kun er på *Sejladforhold* for ALA07 og *Kollisionsrisiko* for ALA07 bjælkebro, at der ses en ændring i evalueringen fra "Forventelig" til "Forhøjet". Disse justeringer skyldes den øgede trafik igennem gennemsejlingen og de deraf øgede krav om både central envejsgennemsejling af de meget store skibe og hyppigere tovejspassage af mellemstore skibe, samt at bjælkebroen vil presse skibstrafikken tæt på mere lavvandede områder.

9. Temaer for yderligere undersøgelser

Målsætningen med nærværende analyse har været en overordnet screening af mulige alternative korridorer for en fast forbindelse og af relevante arrangementer af skibstrafikken omkring og igennem forbindelsen. Diskussionen af løsningerne har berørt en række forskellige tekniske temaer, som har betydning for sejladsikkerheden, for risikoen for kollisioner, og for kravene til brokonstruktionen. Temaernes overordnede betydning for den aktuelle undersøgelse er blevet anslået med udgangspunkt i simple analyser, konkret erfaring fra lignende projekter, samt erfaringsbaserede vurderinger. Men inddragelsen af temaerne har efterladt spørgsmål, som det kunne være relevant at undersøge i større detalje, end det har været relevant og muligt indenfor rammerne af nærværende screening. De følgende konkrete emner er vurderet relevante at forfølge i større detalje i det videre undersøgelsesarbejde.

9.1 Detaljeret analyse af AIS data

Det tilgængelige AIS-data giver mulighed for detaljeret afklaring og analyse af den sejladsmæssige adfærd i den sydlige passage. Det faktiske sejladsforløb for større skibe frem til og igennem snævringen kan afsløre i hvilken udstrækning snævringen udgør en reel udfordring for sejladsen.

Faktisk opståede mødesituationer nær eller i den sydlige passage kan identificeres, og adfærden frem til og under disse mødesituationer kan studeres i detalje. Det vil skabe et mere velbegrunder fundament for opfattelsen af den virkelige alvorlighed af mødesituationer.

9.2 Mulighed for energioptag i brokonstruktionen ved en kollision

Deformation af brokonstruktionen vil være med til at absorbere en del af energien i et kollisionsscenario. Den forventede pælefundering kombineret med en dybde ned til kompetente funderingslag giver mulighed for elastiske deformationer af den ramte pylon eller pille, og dermed for elastisk eller plastisk absorption af en del af kollisionsenergien. Det bør undersøges i hvilken udstrækning de særlige (ugunstige) funderingsforhold giver basis for at kunne reducere de kollisionslaster, underbygningen skal designes for, med henvisning til denne energiabsorption.

9.3 Trafikken til Aabenraa og Ensted Havn

Trafikken til og fra de to havne stiller særlige og store krav til udformningen af en broforbindelse. Der bør derfor rettes henvendelse til de to havne, for at afklare de aktiviteter, der afstedkommer den observerede trafik, hvordan disse aktiviteter forventes at udvikle sig i fremtiden, hvilke forventninger, der er til nye aktiviteter i fremtiden, og hvordan havnene forventes at udvikle sig fremover. Det giver et nødvendigt perspektiv i forhold til hvor stor en betydning en fast forbindelse kan tillades at have på trafikken i området.

9.4 Erfaring med og praksis for mødesituationer

Inspektion af AIS data fra området kan bidrage med specifikt input vedrørende mødesituationer i det lokale farvand (se afsnit 9.1). I tillæg bør der søges støtte fra erfarne navigatører til at skabe en velfunderet opfattelse af, hvornår en mødesituation vurderes at udgøre en særlig udfordring og hvordan disse situationer håndteres frem til og under selve passagen. Særligt er der behov for at afklare, hvordan en mødesituation i nærheden af en bropassage vil blive håndteret.

9.5 Modellering af kollisionsrisikoen i mødesituationer

Med udgangspunkt i den forståelse og opfattelse, der kan etableres igennem aktiviteterne i 9.1 og 9.4, og passende suppleret med relevant teoretisk litteratur, skal der etableres en relevant kausal

modellering af hvordan tilstedeværelsen af modgående trafik påvirker/ændrer modelleringen af sandsynligheden for en kollision.

9.6 Modellering af kollisionsrisikoen i snævert farvand

I relation til ALA07*/ALA07 er det i afsnit 3.5.4 indiceret, at den stærkt fokuserede fordeling af trafikken i snævringen i den sydlige passage kunne bruges til at reducere den estimerede kollisionsfrekvens, og dermed reducere hvor stor en kollisionslast bropillerne omkring gennemsejlingen skal designes til at modstå. Der skal etableres et seriøst og velunderbygget grundlag for at anvende den observerede fokus af trafikken til dette formål.

9.7 Navigationssimuleringer

Vurdering af og hensyntagen til sejladsforholdene ved de foreslåede korridorer og broløsninger er baseret på generelle betragtninger og erfaring fra tilsvarende projekter. Snævringen i den sydlige passage repræsenterer imidlertid en særlig navigationsmæssig begrænsning/betingelse for sejladsen igennem den sydlige passage, og analysen af AIS data giver indtryk af, at sejladsen kan lægges ret præcist og fokuseret igennem det snævre forløb. Der opfordres derfor til at benytte navigationssimuleringer (desktop eller full mission) til at undersøge hvorledes sejladsen påvirkes, når en bropassage føjes til udfordringen med det snævre farvand.

I forhold til mødesituationer bør det indledningsvis afklares, hvor stor tolerancen er for en mødesituation i det snævre forløb. Hvor stor en længde i den sydlige passage, et større skib på forhånd vil sikre sig at have for sig selv til passagen. Hvordan det ville blive håndteret, hvis modgående trafik alligevel indfinder sig.

9.8 Størrelsen på skibe, der vil passere bjælkebroens gennemsejling

I den nuværende fase af undersøgelserne antages trafikken i den nordlige passage at svare til den aktuelt observerede trafik, mens trafikken igennem en tilsvarende bjælkebro i den sydlige passage antages at kunne begrænses til skibe med en længde under 175m ved at sætte gennemsejlingens frihøjde til 36 meter. I begge tilfælde vil det være nødvendigt at gennemføre en mere nuanceret undersøgelse af hvilke typer og størrelser af skibe, der ville forsøge eller afstå fra passage af gennemsejlingen. Nuanceringen er særlig relevant for en løsning med en bjælkebro i den sydlige passage, fordi denne vil begrænse trafikken i forhold til den aktuelt observerede. I den nordlige passage, hvor trafikken formodes begrænset af forholdene i passagen op igennem Lillebælt, vil en ændring i skibenes størrelse enten skyldes en ændring af forholdene i Lillebælt, eller at den faste forbindelse ændrer på fordelingen af trafikken imellem den sydlige og nordlige passage.

9.9 Gennemsejlingens placering i minimumsløsning

For minimumsløsningerne med kun en gennemsejling, kunne det give et mere hensigtsmæssigt sejladsarrangement at placere gennemsejlingen i den nordlige passage. Det betyder dog en større omvej for trafikken, der aktuelt benytter den sydlige passage, og at passagen NØ for Lillegrund skal uddybes, for at tillade passage af de største skibe i denne trafik. Medtages en minimumsløsning i de videre undersøgelser, bør fordele og ulemper ved en gennemsejling i den nordlige passage undersøges og afvejes i større detalje.

10. Referencer

- /1/ Rambøll for Sund & Bælt A/S, Als-Fyn Teknisk Forundersøgelse, Sejladsanalyse, september 2022.
- /2/ Rambøll for Sund & Bælt A/S, Als-Fyn Forundersøgelse, Udvælgelseskriterie, Notat, november 2022.
- /3/ COWI for Sund & Bælt A/S, Kattegatforbindelsen Kyst-Kyst – Anlægstekniske Forundersøgelser, KKV – Sejladsforhold og risiko for skibskollision, Fagnotat, 2020.
- /4/ MOM fra møde med Søfartsstyrelsen den 23. januar, 2023.
- /5/ DS/EN 1991-1-7 Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner – Del 1-7: Generelle laster – Ulykkeslast, 2. udgave 2007-06-22
- /6/ DS/EN 1991-1-7 DK NA:2013 - Tillæg broer:2015 Afsnit 3.2 (1) Acceptabelt risikoniveau og 4 Stødpåvirkning, 1/1/2016
- /7/ Mere liv under havets overflade: Nye stenrev i Lillebælt, Kattegat og Øresund, Miljøministeriet, Pressemeddelelse, 29-06-2022.
- /8/ Ship Collision with Bridges, The Interaction between Vessel Traffic and Bridge Structures, Ole Damgaard Larsen, IABSE, Structural Engineering Documents, 1993
- /9/ Vessel Collision Design of Highway Bridges, Second Edition, 2009, AASHTO

Appendiks 1 – Grundlag for korridorworkshop

Als Fyn linjeføring workshop

Et sejlads og brokonstruktions perspektiv

Workshop for Sund og Bælt den 14-12-2022



1

Program

14 ⁰⁰ -14 ³⁰	Introduktion
14 ³⁰ -15 ¹⁵	Nye linjeføringer
15 ¹⁵ -15 ³⁰	break
15 ³⁰ -16 ¹⁵	Mere linjeføring
16 ¹⁵ -16 ³⁰	Pause
16 ³⁰ -17 ⁰⁰	Evaluering linjeføringer

2

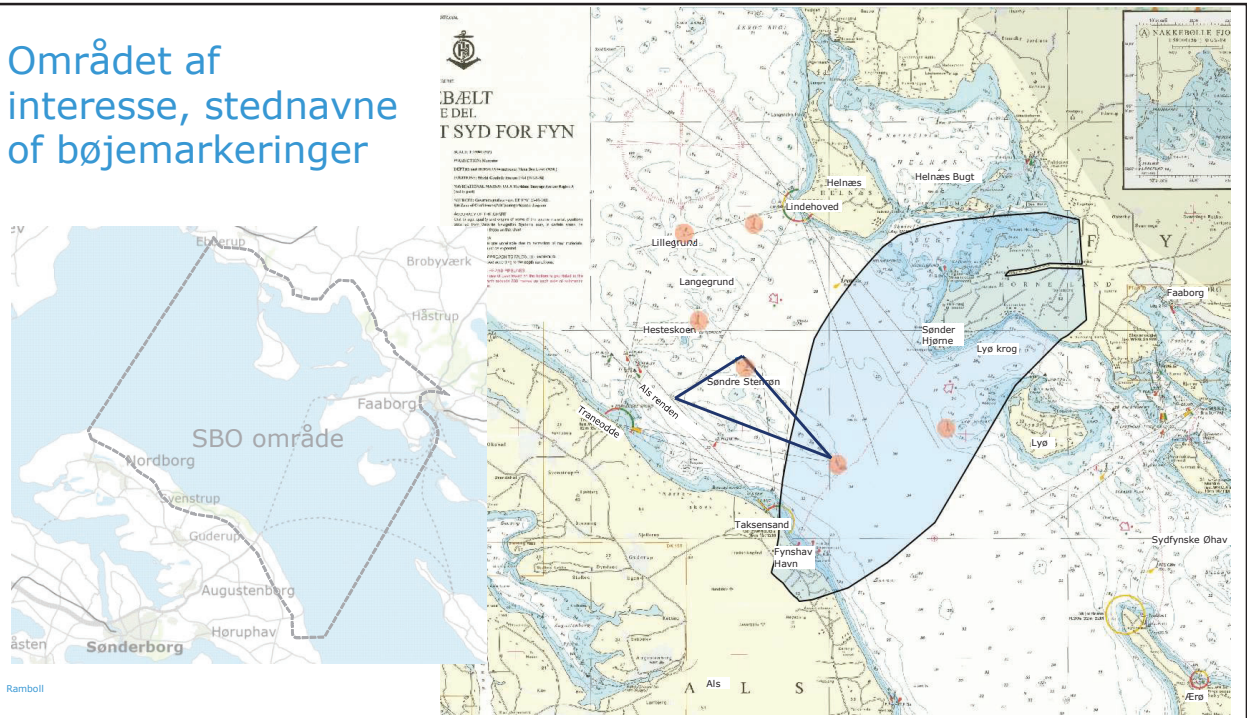
Introduktion

Ramboll

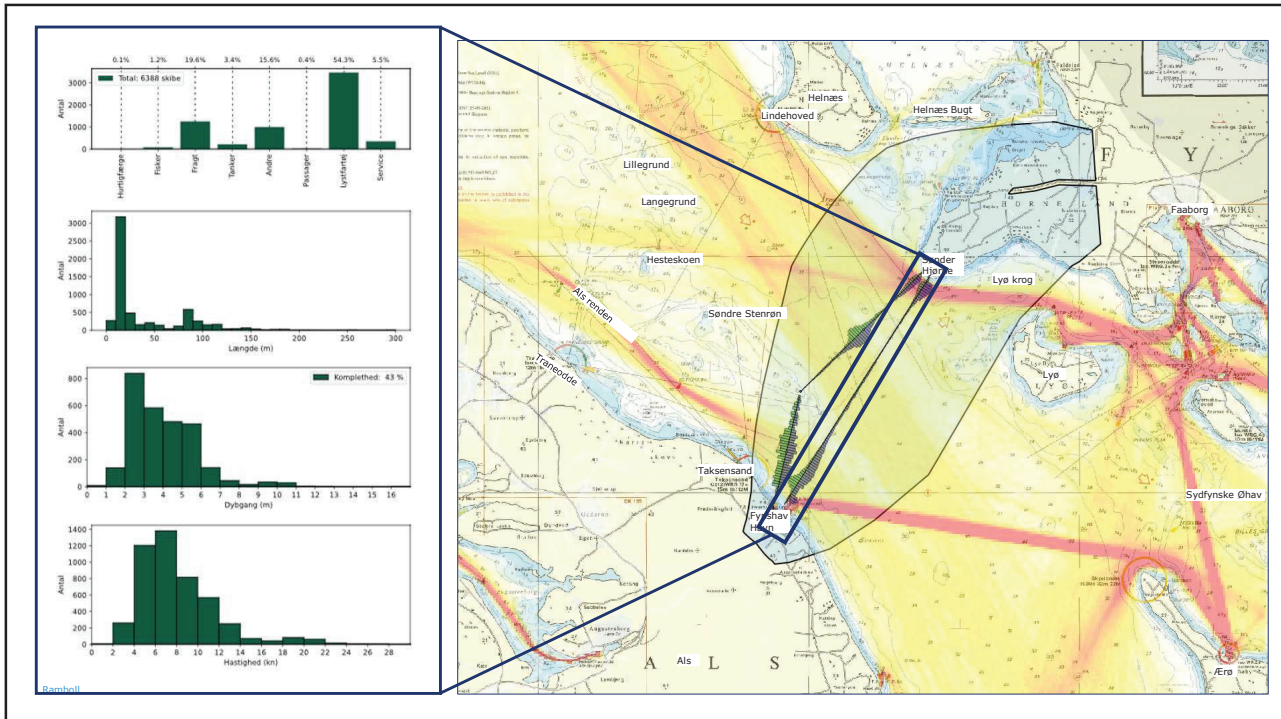
3

3

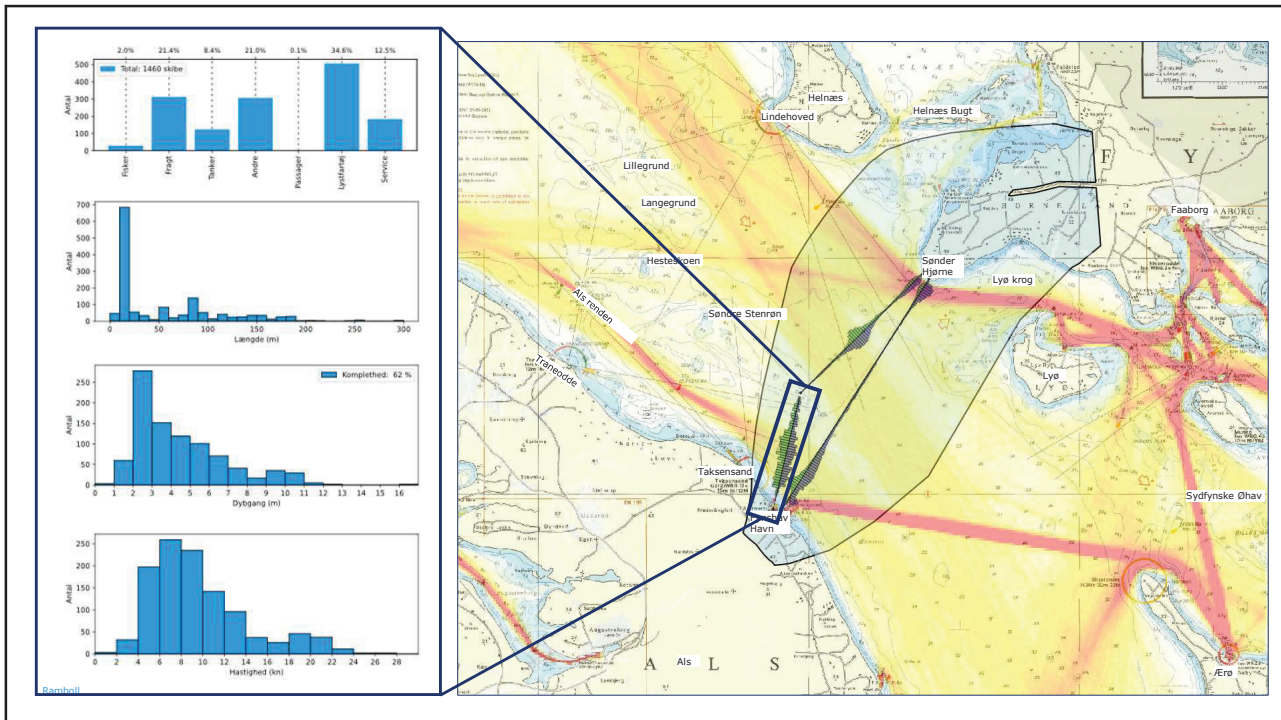
Området af interesse, stednavne of bøjemarkeringer



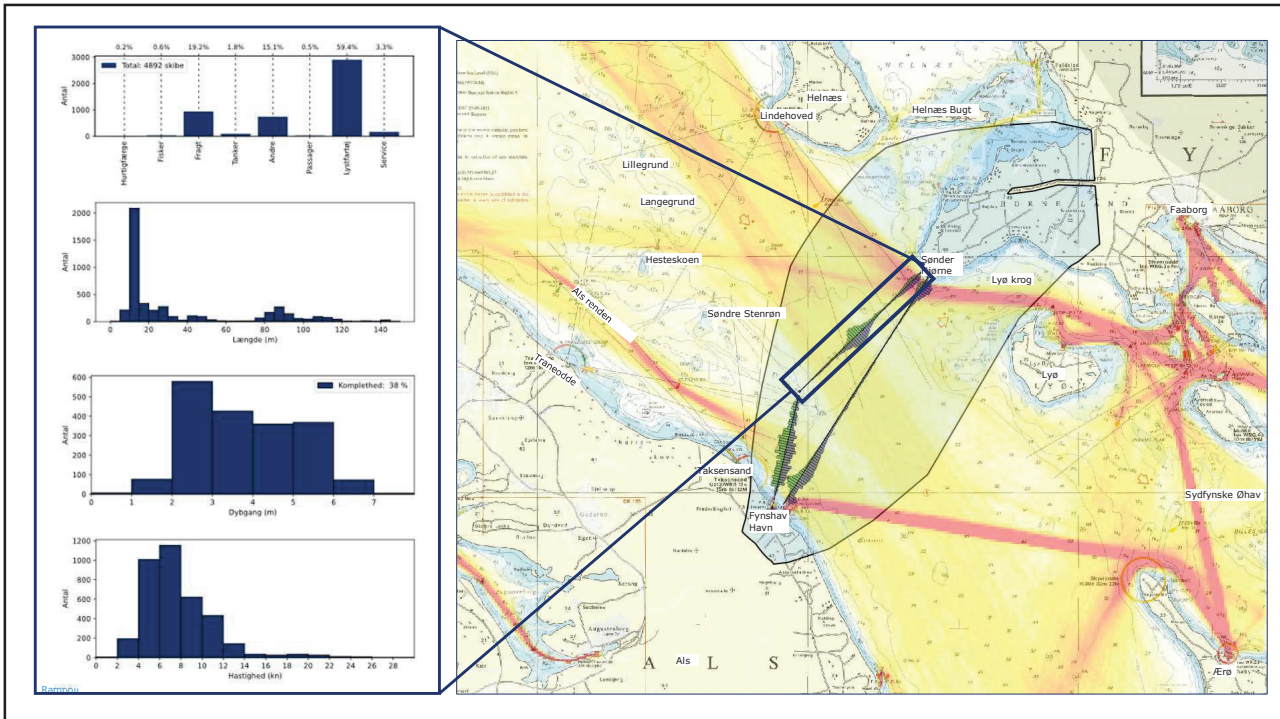
4



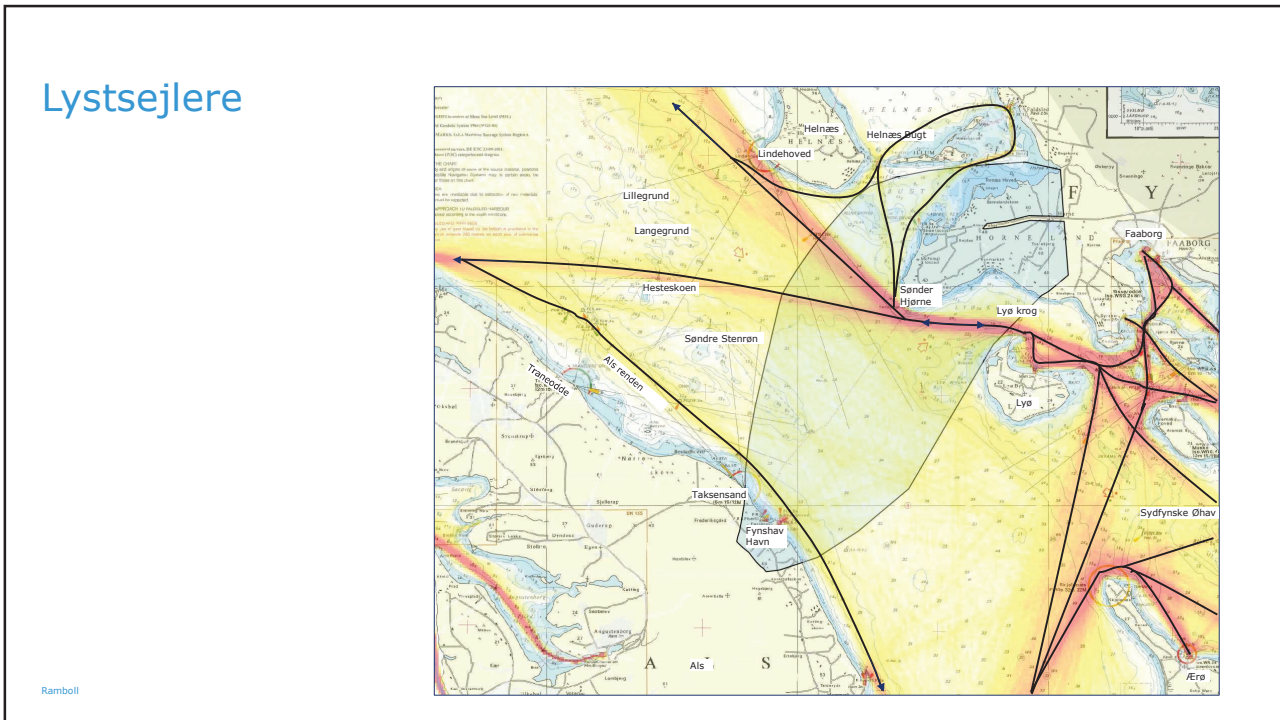
5



6

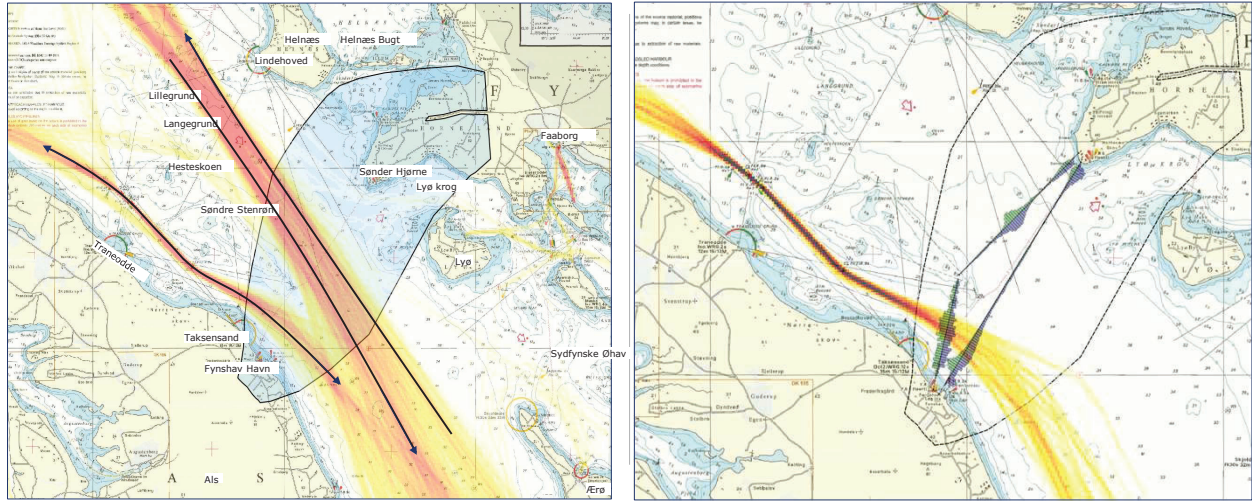


7



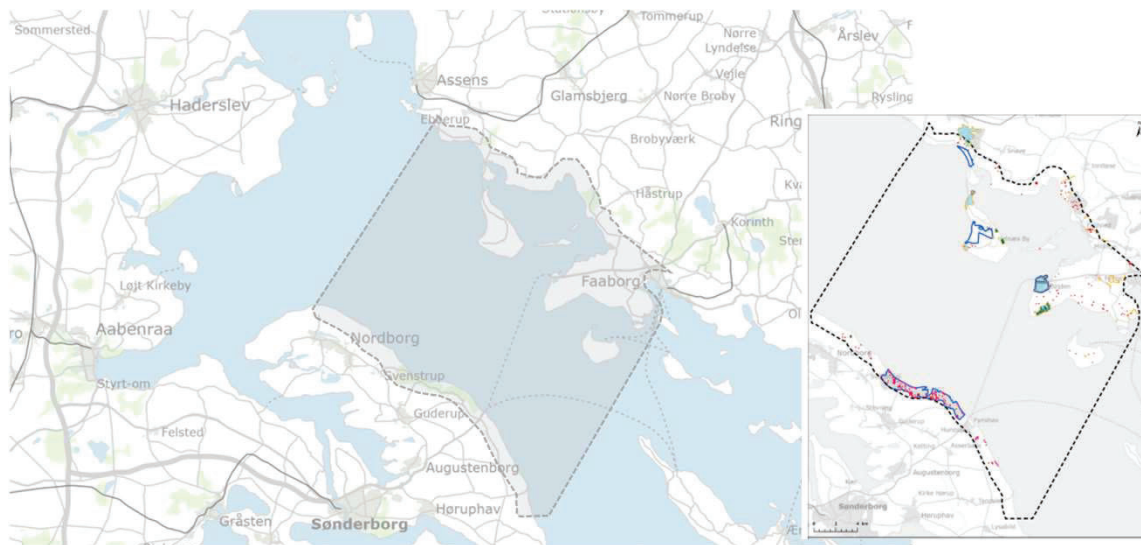
8

Fragt- og tankskibe vs. skibe længere end 150m



9

SBO området

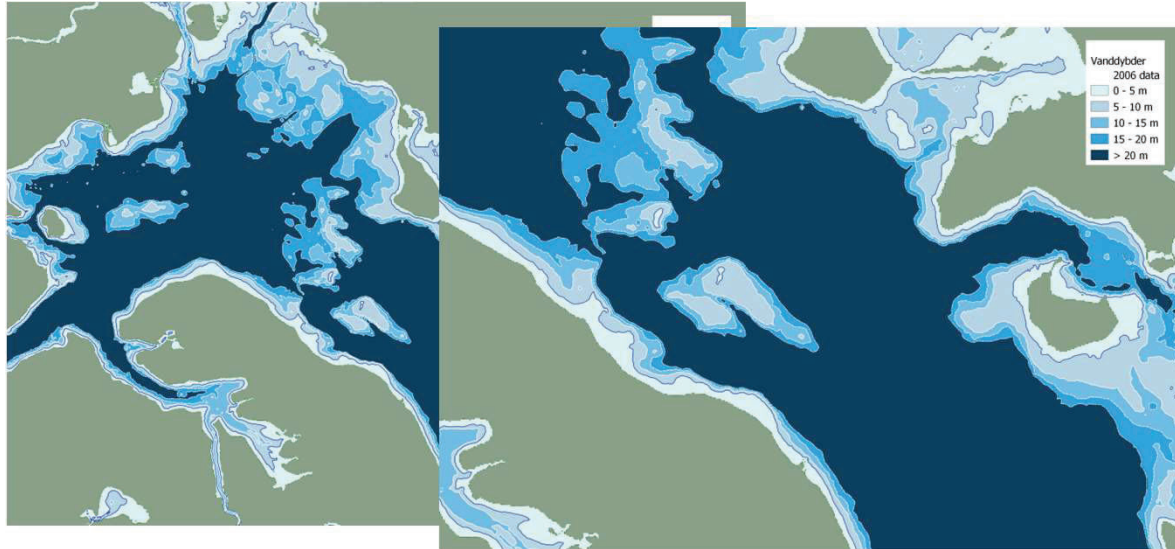


Ramboll

10

10

Batymetri

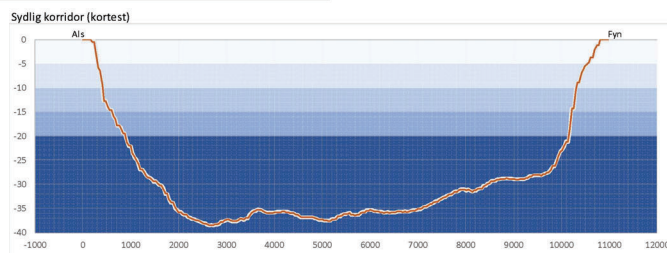
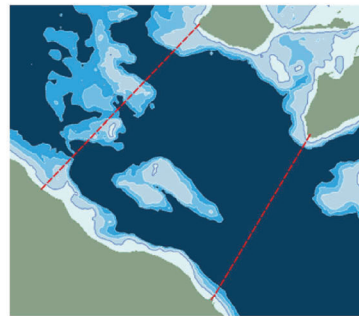
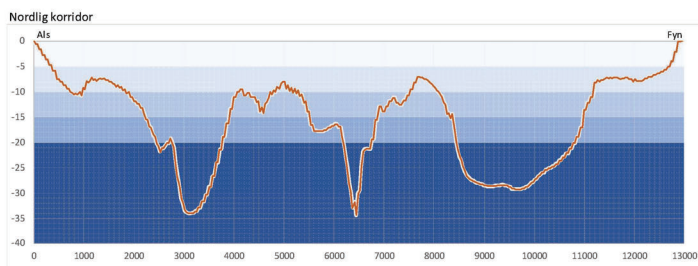


Ramboll

11

11

Batymetri langs mulige linjeføringer

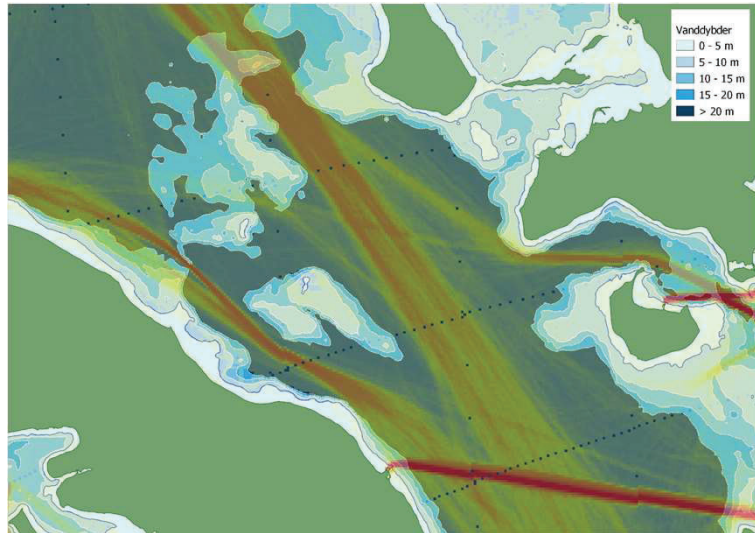


Ramboll

12

12

Erhvervsmæssig trafik (alle størrelser)

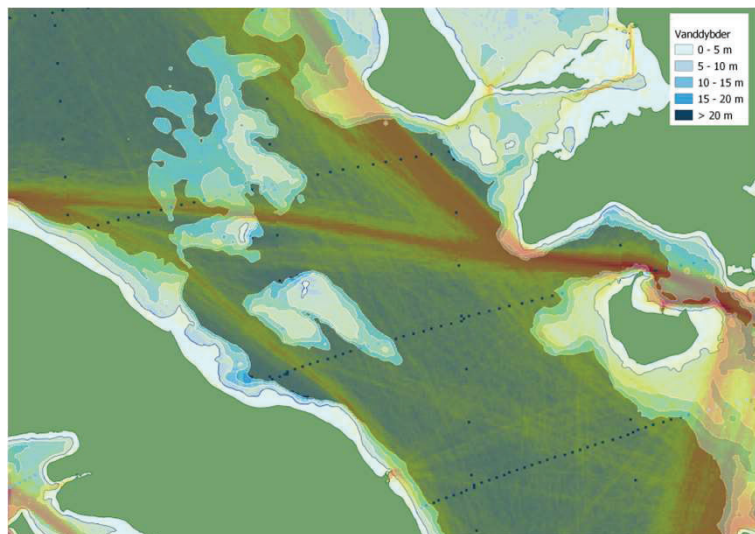


Ramboll

13

13

Sejlads med fritidsfartøjer

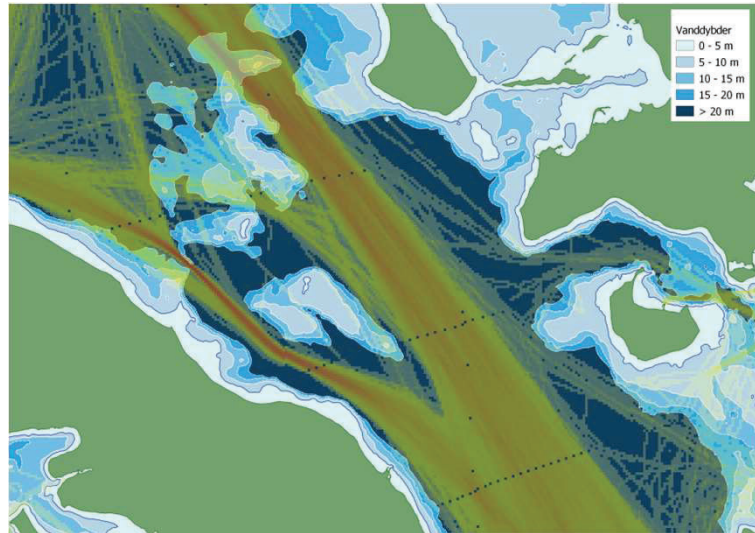


Ramboll

14

14

Alle størrelser last og fragtskibe



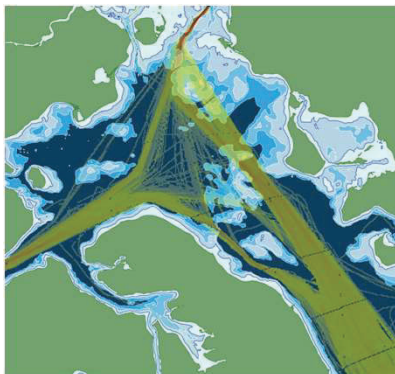
Ramboll

15

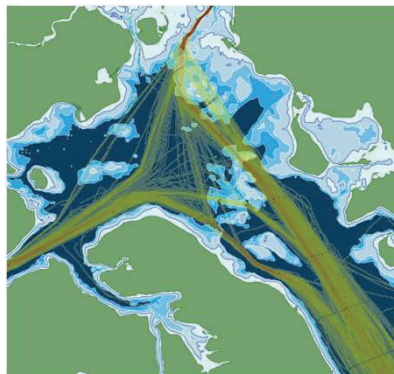
15

Erhvervstrafik af stigende størrelse

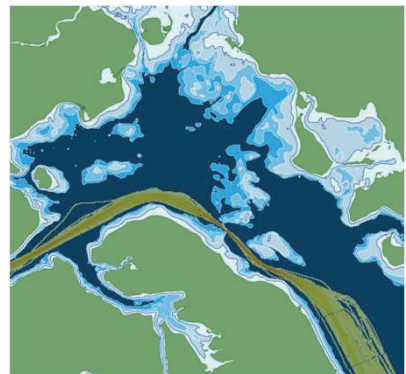
• 80-100m



• 100-150m



• Over 150m

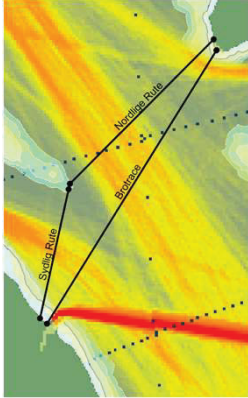


Ramboll

16

16

Trafiktælling



Erhvervstrafik

Længde [m]	Sydlige Rute		Nordlige Rute		Brotrace	
	Nordgående	Sydgående	Nordgående	Sydgående	Nordgående	Sydgående
0 - 10	22	25	131	88	158	114
10 - 20	332	352	1,245	1,176	1,619	1,557
20 - 30	21	33	249	233	242	238
30 - 40	15	18	60	59	76	79
40 - 50	5	4	69	121	74	125
50 - 60	44	40	24	27	70	68
60 - 70	9	10	11	12	20	22
70 - 80	18	19	41	40	59	59
80 - 90	64	75	198	243	263	320
90 - 100	25	26	98	104	124	132
100 - 110	10	4	69	70	78	74
110 - 120	21	20	61	62	81	83
120 - 130	11	12	9	7	20	19
130 - 140	12	12	6	11	18	23
140 - 150	18	16	17	20	33	36
150 - 160	17	17			17	17
160 - 170	6	6			6	6
170 - 180	13	13			13	13
180 - 190	14	14			14	14
190 - 200	1	1			1	1
200 - 210	2	2			2	2
210 - 220	1	1			1	1
220 - 230						
230 - 240						
240 - 250	1	1			1	1
250 - 260	3	3			3	3
260 - 270						
270 - 280						
280 - 290						
290 - 300	2	2			2	2
300 - 999						
Total	687	726	2,288	2,273	2,995	3,009

Erhvervstrafik (kummuleret)

Længde [m]	Sydlige Rute			Nordlige Rute			Brotrace		
	Nord	Syd	Total	Nord	Syd	Total	Nord	Syd	Total
0 - 10	687	726	1,413	2,288	2,273	4,561	2,995	3,009	6,004
10 - 20	665	701	1,366	2,157	2,185	4,342	2,837	2,895	5,732
20 - 30	333	349	682	912	1,009	1,921	1,218	1,338	2,556
30 - 40	312	316	628	663	776	1,439	976	1,100	2,076
40 - 50	297	298	595	603	717	1,320	900	1,021	1,921
50 - 60	292	294	586	534	596	1,130	826	896	1,722
60 - 70	248	254	502	510	569	1,079	756	828	1,584
70 - 80	239	244	483	499	557	1,056	736	806	1,542
80 - 90	221	225	446	458	517	975	677	747	1,424
90 - 100	157	150	307	260	274	534	414	427	841
100 - 110	132	124	256	162	170	332	290	295	585
110 - 120	122	120	242	93	100	193	212	221	433
120 - 130	101	100	201	32	38	70	131	138	269
130 - 140	90	88	178	23	31	54	111	119	230
140 - 150	78	76	154	17	20	37	93	96	189
150 - 160	60	60	120				60	60	120
160 - 170	43	43	86				43	43	86
170 - 180	37	37	74				37	37	74
180 - 190	24	24	48				24	24	48
190 - 200	10	10	20				10	10	20
200 - 210	9	9	18				9	9	18
210 - 220	7	7	14				7	7	14
220 - 230	6	6	12				6	6	12
230 - 240	6	6	12				6	6	12
240 - 250	6	6	12				6	6	12
250 - 260	5	5	10				5	5	10
260 - 270	2	2	4				2	2	4
270 - 280	2	2	4				2	2	4
280 - 290	2	2	4				2	2	4
290 - 300	2	2	4				2	2	4
300 - 999									

Ramboll

17

17

Geometrisk fordeling af krydsninger



Ramboll

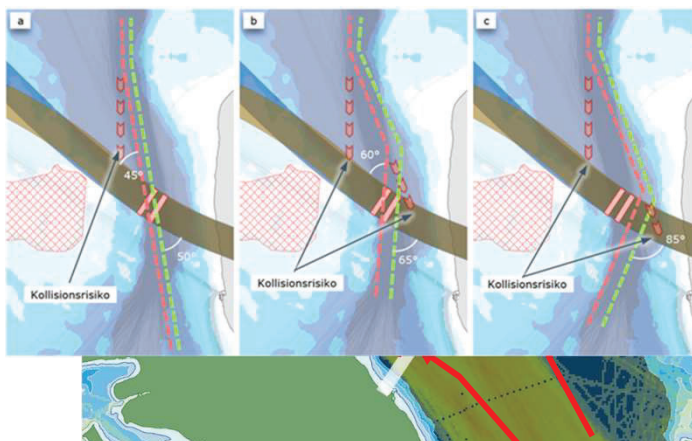
18

18

Rutelægning

Prioriteter:

- Enkelt ruteforløb
- God afstand til områder med utilstrækkelig dybgang
- Vinkelret passage af brolinien
- Oprettning 5-10 skibslængder før passage
- Begræns broen for eksponering mod skibe, der ikke får drejet



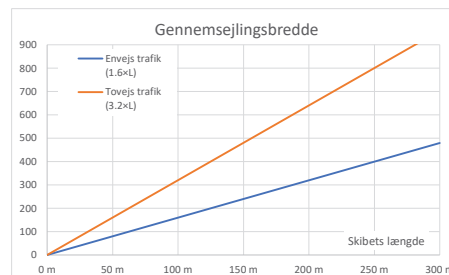
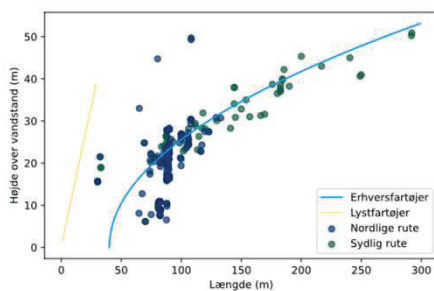
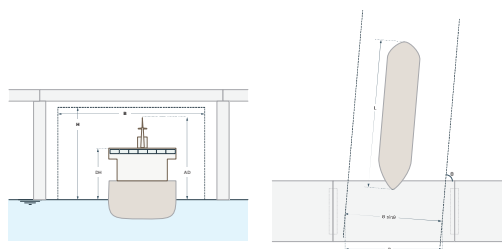
Ramboll

19

19

Gennemsejling

- Frihøjden er styrende for hvilken størrelse skibe, der forsøger passage
- Skrå passage øger kravet til gennemsejlsbredden
- Gennemsejlsbredden følger af frihøjden og krydsningsvinklen



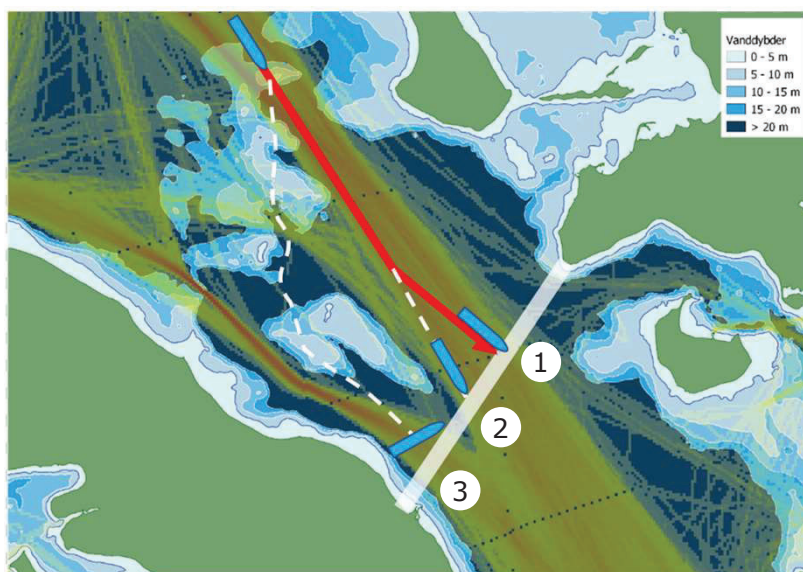
Ramboll

20

20

Kollisionsrisiko

1. Under gennemsejlingen
hovedpiller/pyloner
2. Ved glemt kursændring
sidefagspiller/dragere
3. Drivende skib
alle broens dele



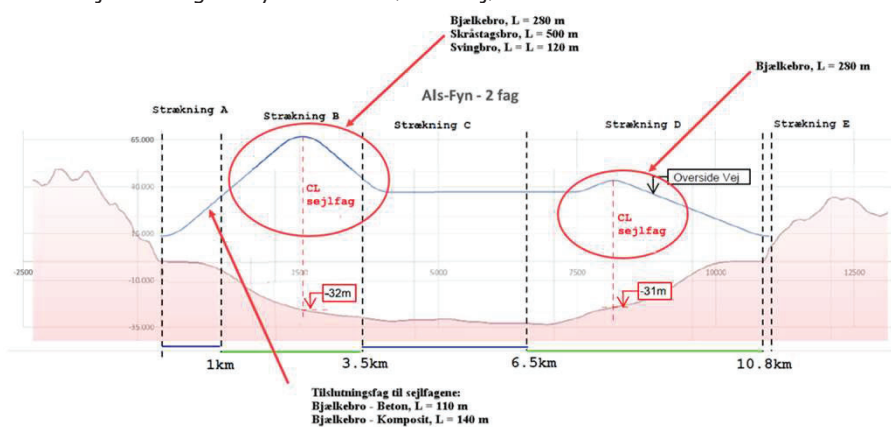
Ramboll

21

21

Brodesign

- Overvejede designs: Fyns Hav til Sønder Hjørne

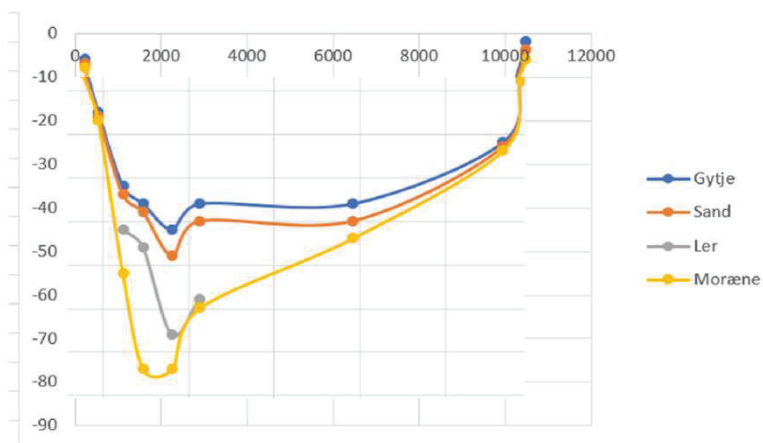


Ramboll

22

22

Brodesign – geotekniske forhold



Ramboll

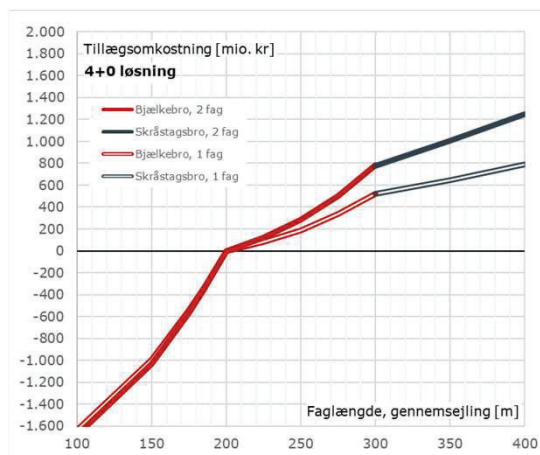
23

23

Brodesign – tilægskostning ved gennemsejling

Fra forundersøgelser for Kattegatforbindelsen:

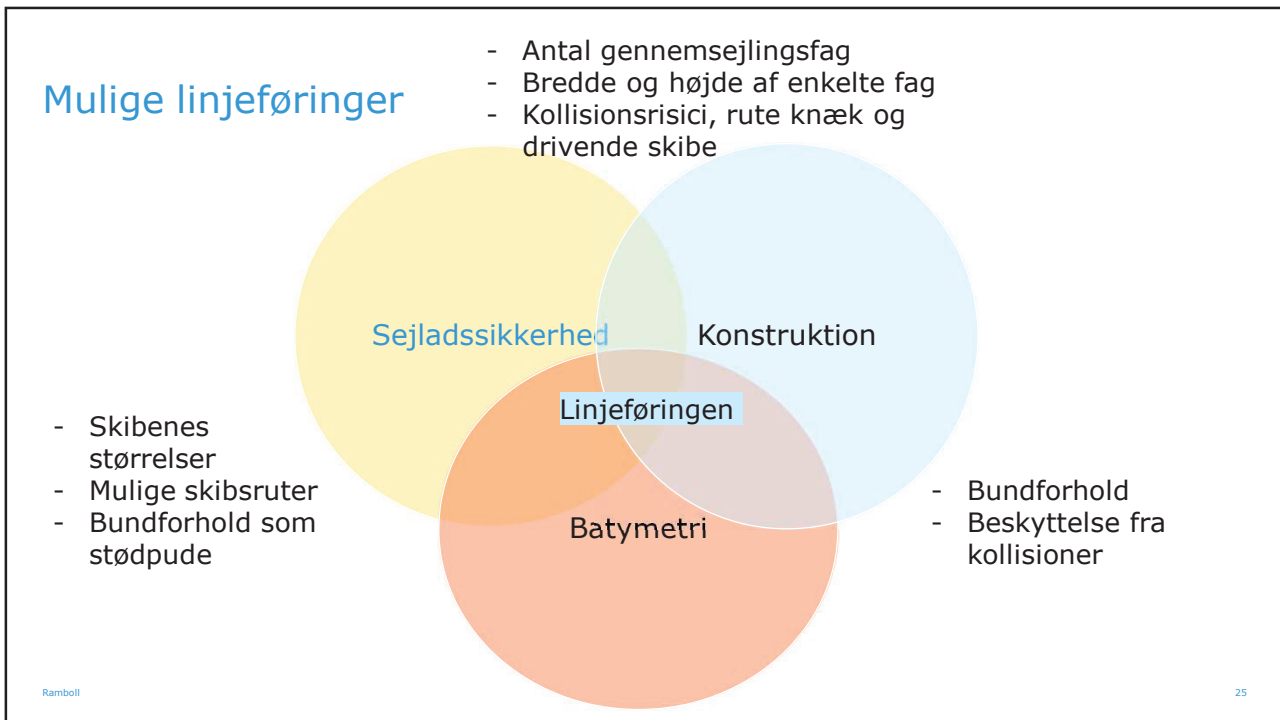
- Tillægskostning ved lokal erstatning af den anvendte 200 m bjælkebro med en alternativ bro med ændret faglængde i gennemsejlingen.



Ramboll

24

24



25

Nye mulige linjeføringer

Fri leg

Ramboll 26

26

Kaffepause

Ramboll

27

27

Nye mulige linjeføringer

Fri leg fortsat

Ramboll

28

28

Kaffepause

Ramboll

29

29

Evaluering af linjeføringer

Ramboll

30

30

Appendiks 2 – Tabeloversigt – registreret skibstrafik i 2021

Erhvervstrafik (Samlet trafik fratrukket fritidssejlad)

Længde [m]	Sydlige passage		Nordlige passage		Begge passager	
	Nordgående	Sydgående	Nordgående	Sydgående	Nordgående	Sydgående
0 - 10	1	4	10	6	11	10
10 - 20	141	133	51	68	192	201
20 - 30	17	28	215	198	232	226
30 - 40	13	16	32	33	45	49
40 - 50	3	1	55	102	58	103
50 - 60	42	40	20	19	62	59
60 - 70	9	10	8	9	17	19
70 - 80	18	19	41	40	59	59
80 - 90	64	75	198	243	262	318
90 - 100	25	26	98	104	123	130
100 - 110	10	4	69	70	79	74
110 - 120	20	20	61	60	81	80
120 - 130	11	12	9	7	20	19
130 - 140	12	12	6	11	18	23
140 - 150	18	16	17	20	35	36
150 - 160	17	17			17	17
160 - 170	6	6			6	6
170 - 180	13	13			13	13
180 - 190	14	14			14	14
190 - 200	1	1			1	1
200 - 210	2	2			2	2
210 - 220	1	1			1	1
220 - 230						
230 - 240						
240 - 250	1	1			1	1
250 - 260	3	3			3	3
260 - 270						
270 - 280						
280 - 290						
290 - 300	2	2			2	2
300 - 999						
Total	464	476	890	990	1,354	1,466

Erhvervstrafik (omvendt kummuleret på størrelse)

Længde [m]	Sydlige passage			Nordlige passage			Begge passager		
	Nord	Syd	Total	Nord	Syd	Total	Nord	Syd	Total
>0	464	476	940	890	990	1,880	1,354	1,466	2,820
>10	463	472	935	880	984	1,864	1,343	1,456	2,799
>20	322	339	661	829	916	1,745	1,151	1,255	2,406
>30	305	311	616	614	718	1,332	919	1,029	1,948
>40	292	295	587	582	685	1,267	874	980	1,854
>50	289	294	583	527	583	1,110	816	877	1,693
>60	247	254	501	507	564	1,071	754	818	1,572
>70	238	244	482	499	555	1,054	737	799	1,536
>80	220	225	445	458	515	973	678	740	1,418
>90	156	150	306	260	272	532	416	422	838
>100	131	124	255	162	168	330	293	292	585
>110	121	120	241	93	98	191	214	218	432
>120	101	100	201	32	38	70	133	138	271
>130	90	88	178	23	31	54	113	119	232
>140	78	76	154	17	20	37	95	96	191
>150	60	60	120				60	60	120
>160	43	43	86				43	43	86
>170	37	37	74				37	37	74
>180	24	24	48				24	24	48
>190	10	10	20				10	10	20
>200	9	9	18				9	9	18
>210	7	7	14				7	7	14
>220	6	6	12				6	6	12
>230	6	6	12				6	6	12
>240	6	6	12				6	6	12
>250	5	5	10				5	5	10
>260	2	2	4				2	2	4
>270	2	2	4				2	2	4
>280	2	2	4				2	2	4
>290	2	2	4				2	2	4
>300									

Dagligt eller hyppigere

Ugentlig eller hyppigere

Månedlig eller hyppigere

Årlig eller hyppigere

Fritidssejlad

Længde [m]	Sydlige passage		Nordlige passage		Begge passager	
	Nordgående	Sydgående	Nordgående	Sydgående	Nordgående	Sydgående
0 - 10	21	21	121	82	142	103
10 - 20	191	219	1,194	1,108	1,385	1,327
20 - 30	4	5	34	35	38	40
30 - 40	2	2	28	26	30	28
40 - 50	2	3	14	19	16	22
50 - 60	2		4	8	6	8
60 - 70			3	3	3	3
70 - 80						
80 - 90						
90 - 100						
100 - 110						
110 - 120	1			2	1	2
Total	223	250	1,398	1,283	1,621	1,533

Appendiks 3 – Estimering af mødesituationer

EXCEL beregning af mødesituationer med en gennemsejlingsbredde på 500m i den sydlige og 280m i den nordlige passage:

Oprindelig trafik	Omladning af trafik fra nordlige til sydlige passage baseret på L _{MAX}				Omladning af trafik fra store til mindre skibe i den sydlige passage				Kritisk møde, alle størrelser skibe				Kritisk møde, skibe med L>50m						
	Sydlige rute		Nordlige rute		Sydlig passage		Nordlig passage		Potensfunktion:		Sydlig passage		Nordlig passage		Sydlig passage		Nordlig passage		
	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	
0 - 10	1	4	10	6	1	4	10	6	1	4	10	6	1	4	10	6	1	4	
10 - 20	141	133	51	68	141	133	51	68	141	133	51	68	141	133	51	68	141	133	
20 - 30	17	28	215	198	17	28	215	198	17	28	215	198	17	28	215	198	17	28	
30 - 40	13	16	32	33	13	16	32	33	13	16	32	33	13	16	32	33	13	16	
40 - 50	3	1	55	102	3	1	55	102	3	1	55	102	3	1	55	102	3	1	
50 - 60	42	40	20	19	42	40	20	19	42	40	20	19	42	40	20	19	42	40	
60 - 70	9	10	8	9	9	10	8	9	9	10	8	9	9	10	8	9	9	10	
70 - 80	18	19	41	40	18	19	41	40	18	19	41	40	18	19	41	40	18	19	
80 - 90	64	75	198	243	64	75	198	243	64	75	198	243	64	75	198	243	64	75	
90 - 100	25	26	98	104	25	26	98	104	25	26	98	104	25	26	98	104	25	26	
100 - 110	10	4	69	70	10	4	69	70	10	4	69	70	10	4	69	70	10	4	
110 - 120	20	20	61	60	20	20	61	60	20	20	61	60	20	20	61	60	20	20	
120 - 130	11	12	9	7	11	12	9	7	11	12	9	7	11	12	9	7	11	12	
130 - 140	12	12	6	11	12	12	6	11	12	12	6	11	12	12	6	11	12	12	
140 - 150	18	16	17	20	18	16	17	20	18	16	17	20	18	16	17	20	18	16	
150 - 160	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
160 - 170	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
170 - 175	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
175 - 180	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
180 - 190	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
190 - 200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
200 - 210	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
210 - 220	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
220 - 230																			
230 - 240																			
240 - 250	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
250 - 260	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
260 - 270																			
270 - 280																			
280 - 290																			
290 - 300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Total	464	476	890	990	464	476	890	990	464	476	890	990	464	476	890	990	464	476	
		a end 50m																	
		Mødesitu:																	

EXCEL beregning af mødesituationer med en gennemsejling på 280m i både den sydlige og nordlige passage:

Oprindelig trafik	Omlægnings af trafik fra nordlige til sydlige passage baseret på L _{MAX}				Omlægnings af trafik fra store til mindre skibe i den sydlige passage				Kritisk møde, alle støjrøiser skibe				Kritisk møde, skibe med L>50m										
	Sydlige passage		Nordlig passage		Sydlige passage		Nordlig passage		Sydlige passage		Nordlig passage		Sydlige passage		Nordlig passage								
	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.	Nordg.	Sydg.							
0 - 10	1	4	10	6	1	4	10	6	1	4	10	6	0,01	0,02									
10 - 20	141	133	51	68	141	133	51	68	141	133	51	68	1,09	1,03									
20 - 30	17	28	215	198	17	28	215	198	17	28	215	198	0,16	0,26	0,4	0,3							
30 - 40	13	16	32	33	13	16	32	33	13	16	32	33	0,13	0,17	0,1	0,1							
40 - 50	3	1	55	102	3	1	55	102	3	1	55	102	0,03	0,01	0,2	0,3							
50 - 60	42	40	20	19	42	40	20	19	42	40	20	19	0,55	0,53	0,2	0,2	0,6	0,5					
60 - 70	9	10	8	9	9	10	8	9	9	10	8	9	0,12	0,14	0,1	0,1	0,1	0,1					
70 - 80	18	19	41	40	18	19	41	40	18	19	41	40	0,28	0,31	1,0	0,9	0,3	1,0					
80 - 90	64	75	198	243	64	75	198	243	64	75	198	243	1,44	1,66	9,1	10,0	1,4	1,7					
90 - 100	25	26	98	104	25	26	98	104	25	26	98	104	0,61	0,62	4,8	4,6	0,6	0,6					
100 - 110	10	4	69	70	10	4	69	70	10	4	69	70	0,25	0,10	3,5	3,2	0,3	0,1					
110 - 120	20	20	61	60	20	20	61	60	20	20	61	60	0,57	0,56	3,2	2,8	0,6	0,6					
120 - 130	11	12	9	7	11	12	9	7	11	12	9	7	0,32	0,34	0,5	0,4	0,3	0,3					
130 - 140	12	12	6	11	12	12	6	11	12	12	6	11	0,36	0,36	0,4	0,3	0,3	0,3					
140 - 150	18	16	17	20	18	16	17	20	18	16	17	20	0,59	0,50	1,4	1,5	0,5	0,5					
150 - 160	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	0,75	0,74	0,5	0,5	0,5	0,5					
160 - 170	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0,27	0,26	0,2	0,2	0,2	0,2					
170 - 175	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,76	2,70	1,8	1,7							
175 - 180	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12											
180 - 190	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14											
190 - 200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
200 - 210	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2											
210 - 220	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
220 - 230																							
230 - 240																							
240 - 250	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
250 - 260	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3											
260 - 270																							
270 - 280																							
280 - 290																							
290 - 300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2											
Total	464	476	890	990	464	476	890	990	489	501	890	990	10,3	10,3	24,8	24,9	7,4	7,4	23,5	23,6			
												a end 50m				Mødesitu:							
												314	319	527	583	21,8	21,9	76,9	77,3	9,0	9,0	27,3	27,4