

Til
Sund & Bælt Holding A/S

Dokumenttype
Rapport

Dato
November, 2024

ALS-FYN

FORUNDERSØGELSE

BAGGRUNDSRAPPORT –

ANLÆGSTEKNISKE UNDERSØGELSER FOR

KYST-KYST



Als-Fyn forundersøgelse

Baggrundsrapport – Anlægstekniske undersøgelser for kyst-kyst

Projektnavn **Als-Fyn Anlægsteknisk Forundersøgelse**
Projektnr. **1100052138**
Modtager **Sund & Bælt Holding A/S**
Dokumenttype **Rapport**
Version **12.0**
Dato **2024/11/08**
Udarbejdet af **ACA/SMG/HENM/MASOE/MSORE/MANJE**
Kontrolleret af **RMH/LRP/MDA/TOKJ**
Godkendt af **LRP**

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

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

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

Indhold

1.	Indledning	8
1.1	Baggrund	8
1.2	Oversigt	8
1.3	Metode	11
2.	Sammenfatning	13
2.1	Generelt	13
2.1.1	Broløsninger (ALA02 & 07)	13
2.1.2	Kombinationsløsning (ALA05)	16
2.1.3	Borede tunnellsøsninger (ALA03, ALA10 & ALA11)	17
2.1.4	Sænketunnellsøsninger (ALA01, ALA04 & ALA09)	18
2.1.5	Sammenligning på tværs af løsninger	19
2.2	Farvandet mellem Als og Fyn	20
3.	Definitioner og rammer	20
3.1	Undersøgelsesområde og forundersøgelsesområde	20
3.2	Korridorer	20
3.3	Projekteringsforudsætninger	20
4.	Evalueringsmetode	21
4.1	Indledning	21
4.2	Analyseparametre	21
4.2.1	Anlægsøkonomi	22
4.2.2	Anlægstekniske projektrisici	22
4.3	Projektrisikobidrag	22
4.3.1	Projektering	22
4.3.2	Udførelse	23
4.3.3	Geoteknik	23
4.3.4	Luftkvalitet i tunneler	23
4.3.5	Sejladsforhold	23
4.3.6	Skibsstød	23
4.4	Projektrisikoniveauer	24
4.4.1	Lavt projektrisikoniveau	24
4.4.2	Forventeligt projektrisikoniveau	25
4.4.3	Forhøjet projektrisikoniveau	26
4.4.4	Højt projektrisikoniveau	27
5.	Geotekniske forhold	29
5.1	Anlægstekniske konsekvenser	33
5.1.1	Sænketunneler	33
5.1.2	Borede tunneler	33
5.1.3	Brofundering	35
6.	Tværsnitsopbygning	36
6.1	Bro	38

6.1.1	Vejbanetværsnit	38
6.2	Vurderingskriterier	42
6.2.2	Installationer	43
6.2.3	Drift og vedligehold	43
6.3	Tunnel	44
6.3.1	Vejbanetværsnit	44
6.3.2	Tunnelers drifts- og sikkerhedsforhold	46
6.3.3	Tværsnit	52
6.3.4	Vurderingskriterier	56
6.4	Konklusion	58
7.	Konstruktionstyper	59
7.1	Vejtekniske krav til kyst-kyst forbindelsen	59
7.1.1	Længdeprofil	60
7.1.2	Linjeføring, Horisontal profil	60
7.2	Veje og stier på land	60
7.2.1	Arealbehov	63
7.2.2	Trafik på Als-siden	64
7.2.3	Trafik på Fyn-siden	70
7.2.4	Opsamlingspladser	70
7.2.5	Øvrige vandreruter og cykelstier i området.	72
7.3	Broer	73
7.3.1	Skråstagsbroer	73
7.3.2	Bjælkebroer	77
7.3.3	Bevægelige broer	81
7.3.4	Fundamenter	84
7.3.5	Projektrisikobidrag	87
7.4	Tunneler	91
7.4.1	Vandtæthed	91
7.4.2	Sænketunneler	92
7.4.3	Borede tunneler	97
7.4.4	Cut & Cover tunnel og portalbygninger	100
7.5	Andre anlægskonstruktioner	101
7.5.1	Trug/rampe	101
7.5.2	Projektrisikobidrag	103
7.5.3	Tunnelportaler med servicebygning	108
7.6	Marine konstruktioner	109
7.6.1	Generel beskrivelse	109
7.6.2	Generel udførelsesmetode	110
7.6.3	Generel drift og vedligeholdelse	111
7.6.4	Dæmninger	111
7.6.5	Kunstig ø mellem bro og tunnel	114
7.6.6	Sænketunnelbeskyttelse	116
7.6.7	Beskyttelse af boret tunnel ved ilandføringspunkt ved Fynshav	116
7.7	Arbejdsarealer	116
7.7.1	Arbejdspladsarealer i ilandføringszone	116
7.7.2	Elementproduktionspladser	117
7.8	Miljøtiltag	119
7.8.1	Broløsninger	119
7.8.2	Tunnelløsninger	120
8.	Sejladsforhold og kollisionsrisiko	121
8.1	Formål og fremgangsmåde	121

8.2	Grundlag	122
8.2.1	Navigationsforhold i undersøgelsesområdet	122
8.2.2	Skibstrafik	125
8.2.3	Sejladsarrangementer og kollisionsrisiko	127
8.3	Korridorerne	128
8.3.1	ALA01	129
8.3.2	ALA02	129
8.3.3	ALA03	133
8.3.4	ALA04	133
8.3.5	ALA05	133
8.3.6	ALA07	135
8.3.7	ALA09	138
8.3.8	ALA10	139
8.3.9	ALA11	139
9.	Anlægstekniske løsninger	139
9.1	Generelt	139
9.2	Korridor ALA01	146
9.2.1	Korridorbeskrivelse	146
9.2.2	Løsning 1.1: Fynshav - Horne Vest (Sænketunnel, helt nedgravet)	148
9.2.3	Løsning 1.2: Fynshav - Horne Vest (Sænketunnel, delvist nedgravet)	152
9.3	Korridor ALA02	152
9.3.1	Korridorbeskrivelse	152
9.3.2	Løsning 2.1: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/betonbjælkebro, sænkekasse)	155
9.3.3	Løsning 2.2: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/betonbjælkebro, in-situ fundament)	159
9.3.4	Løsning 2.3: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/kompositbjælkebro, sænkekasse)	160
9.3.5	Løsning 2.4: Fynshav-Horne Syd (Skråstagsbro/kompositbjælkebro, in-situ fundament)	161
9.3.6	Løsning 2.5: Fynshav - Horne Syd (Frit-frembygget bro/Betonbjælkebro, sænkekasse)	162
9.3.7	Løsning 2.6: Fynshav - Horne Syd (Frit-frembygget bro/Betonbjælkebro, in-situ fundament)	165
9.3.8	Løsning 2.7: Fynshav - Horne Syd (Frit-frembygget bro/Kompositbjælkebro, sænkekasse)	166
9.3.9	Løsning 2.8: Fynshav - Horne Syd (Frit-frembygget bro/Kompositbjælkebro, in-situ fundament)	167
9.3.10	Løsning 2.9: Fynshav - Horne Syd (Klapbro)	168
9.3.11	Løsning 2.10: Fynshav - Horne Syd (Svingbro)	169
9.3.12	Løsning 2.11: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/frit-frembygget bro/betonbjælkebro, sænkekasse)	171
9.3.13	Løsning 2.12: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/frit-frembygget bro/betonbjælkebro, in-situ fundament)	174
9.3.14	Løsning 2.13: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/frit-frembygget bro/kompositbjælkebro, sænkekasse)	175
9.3.15	Løsning 2.14: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/frit-frembygget bro/kompositbjælkebro, in-situ fundament)	176
9.4	Korridor ALA03	177
9.4.1	Korridorbeskrivelse	177

9.4.2	Løsning 3.1: Fynshav - Horne Syd (Boret tunnel)	180
9.5	Korridor ALA04	185
9.5.1	Korridorbeskrivelse	185
9.5.2	Løsning 4.1: Fynshav - Horne Øst (Sænketunnel, helt nedgravet)	188
9.5.3	Løsning 4.2: Fynshav - Horne Øst (Sænketunnel, delvist nedgravet)	192
9.6	Korridor ALA05	193
9.6.1	Korridorbeskrivelse	193
9.6.2	Løsning 5.1: Fynshav - Horne syd (Sænketunnel/bjælkebro)	197
9.7	Korridor ALA07	204
9.7.1	Korridorbeskrivelse	204
9.7.2	Løsning 7.1: Tranerodde – Horne Vest (Skråstagsbro/betonbjælkebro, sænkekasse)	207
9.7.3	Løsning 7.2: Tranerodde – Horne Vest (Skråstagsbro/betonbjælkebro, in-situ fundament)	212
9.7.4	Løsning 7.3: Tranerodde – Horne Vest (Skråstagsbro/kompositbjælkebro, sænkekasse)	213
9.7.5	Løsning 7.4: Tranerodde – Horne Vest (Skråstagsbro/kompositbjælkebro, in-situ fundament)	213
9.7.6	Løsning 7.5: Tranerodde – Horne Vest (Frit-frembygget bro/betonbjælkebro, sænkekasse)	214
9.7.7	Løsning 7.6: Tranerodde – Horne Vest (Frit-frembygget bro/betonbjælkebro, in-situ fundament)	217
9.7.8	Løsning 7.7: Tranerodde – Horne Vest (Frit-frembygget bro/kompositbjælkebro, sænkekasse)	218
9.7.9	Løsning 7.8: Tranerodde – Horne Vest (Frit-frembygget bro/kompositbjælkebro, in-situ fundament)	219
9.8	Korridor ALA09	221
9.8.1	Korridorbeskrivelse	221
9.8.2	Løsning 9.1: Fynshav - Horne Vest (Sænketunnel, helt nedgravet)	223
9.9	Korridor ALA10	228
9.9.1	Korridorbeskrivelse	228
9.9.2	Løsning 10.1: Tranerodde - Horne Nord (Boret tunnel)	230
9.10	Korridor ALA11	234
9.10.1	Korridorbeskrivelse	234
9.10.2	Løsning 11.1: Fynshav - Horne Syd (Boret tunnel)	239
10.	Sammenfatning af projektrisiko	241
10.1	Indledning	241
10.2	Samlet vurdering	241
10.2.1	Tabeloversigt	242
10.2.2	Bemærkninger til den samlede vurdering	243
11.	Anlægsteknisk tidsplan	244
11.1	ALA01 – Sænketunnel	244
11.2	ALA02 – Bro	247
11.3	ALA03 – Boret tunnel	250
11.4	ALA04 – Sænketunnel	252
11.5	ALA05 – Kombineret Bro/sænketunnel	255
11.6	ALA07 – Bro	258
11.7	ALA09 - Sænketunnel	262
11.8	ALA10 – Boret tunnel	264
11.9	ALA11 – Boret tunnel	266
12.	Anlægsoverslag	266

12.1	Indledning	266
12.2	Metode generelt	266
12.2.1	Tillæg til projektering, tilsyn og administration (PTA)	267
12.2.2	Ikke medtagne tillæg	267
12.2.3	Prisindeks	267
12.3	Konstruktionstyper	267
12.3.1	Broer	267
12.3.2	Bro referencepriser	268
12.3.3	Tunneler	273
12.3.4	Marine konstruktioner (kunstige øer, dæmning og tunnelbeskyttelse)	285
12.4	Anlægsoverslag per løsning	287
12.5	Anlægsoverslag for basisløsningerne	288
12.6	Sammenfatning af besparelspotentialer	288
12.6.1	Broløsninger	288
12.6.2	Besparelspotentiale ved anvendelse af elementfabrik i Rødby.	290
12.6.3	Tunnelløsninger	290
13.	Anbefalinger til kommende faser	291
13.1	Geoteknik	291
13.1.1	Geoteknisk grundlag	291
13.1.2	Geofysiske undersøgelser	292
13.1.3	Geotekniske undersøgelser	292
13.1.4	Fundering	293
13.2	Sejladeforhold og kollisionsrisiko	293
13.3	Tværsnitsudformning, fremkommelighed og Operational Risk Assessment (ORA)	295
13.4	Ledninger og kabler	295
13.5	Cykelstier og vandreruter i området	295
14.	Referencer	296
15.	Bilag 1 - Anlægsoverslag	297

1. INDLEDNING

1.1 Baggrund

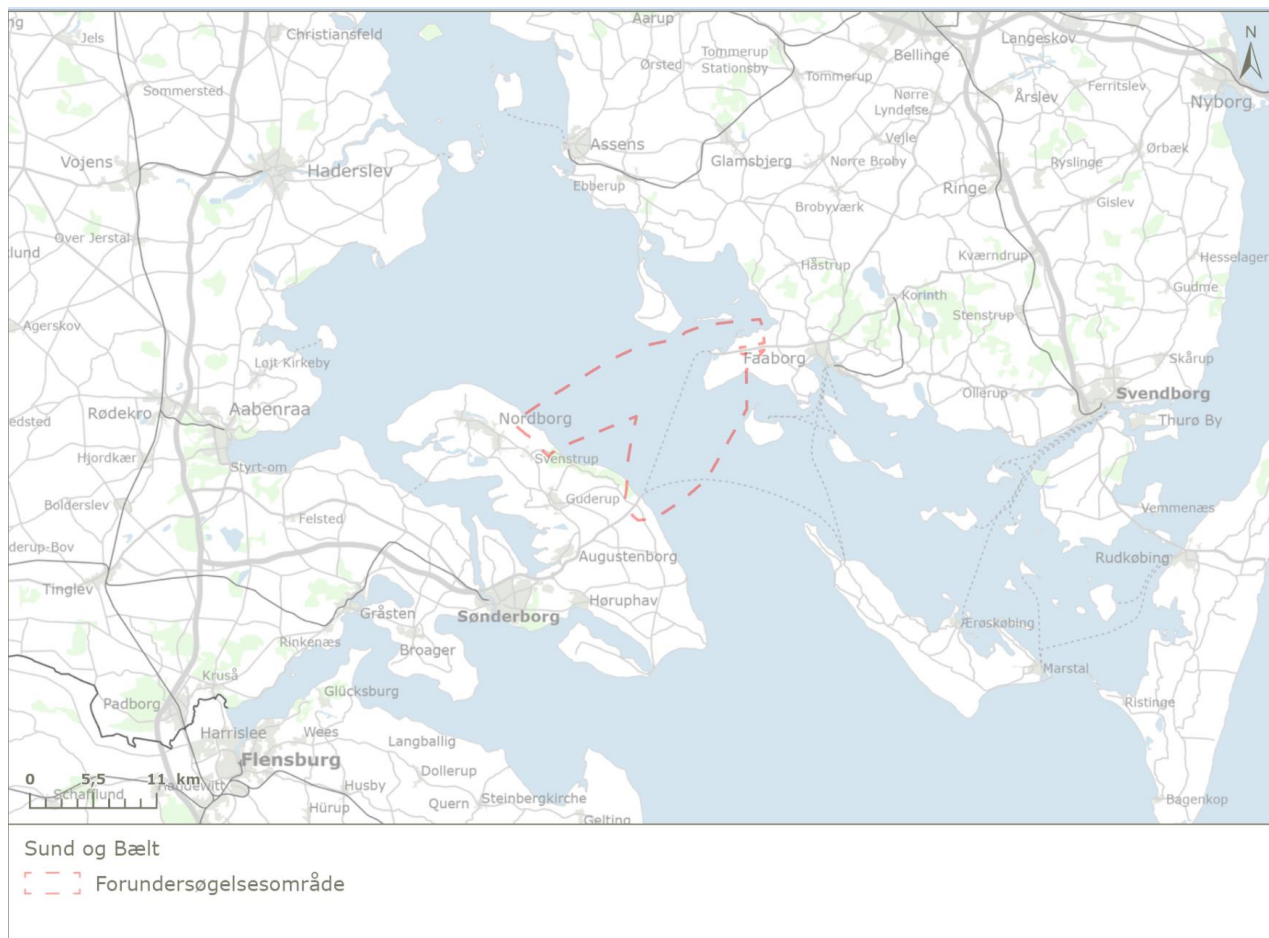
Sund og Bælt Holding A/S har i juni 2022 udpeget Rambøll Danmark A/S til at gennemføre anlægstekniske forundersøgelser for en kyst-kyst forbindelse mellem Als og Fyn.

Nærværende Baggrundsrapport omfatter afrapportering af dette arbejde for en vejforbindelse med en planlægningshastighed på 90 km/t.

Sideløbende med de anlægstekniske undersøgelser har Rambøll Danmark A/S gennemført miljøtekniske forundersøgelser, som er afrapporteret i den miljøfaglige baggrundsrapport [18]. Der har løbende været dialog mellem miljø og anlægsteknik for at tage hensyn til eventuelle begrænsninger fra enten et anlægs- eller miljøteknisk perspektiv. COWI har for Vejdirektoratet udarbejdet en baggrundsrapport om tilsluttende korridorer for landanlæg på hhv. Als- og Fyn-siden [19] (Baggrundsrapport - Teknik og miljø for landanlæg). Grænsefladen til landanlæggene er defineret ved den stiplede røde linje, som indikerer afgrænsningen af undersøgelsesområdet for kyst-kyst forbindelsen på Figur 1-1 og Figur 1-2.

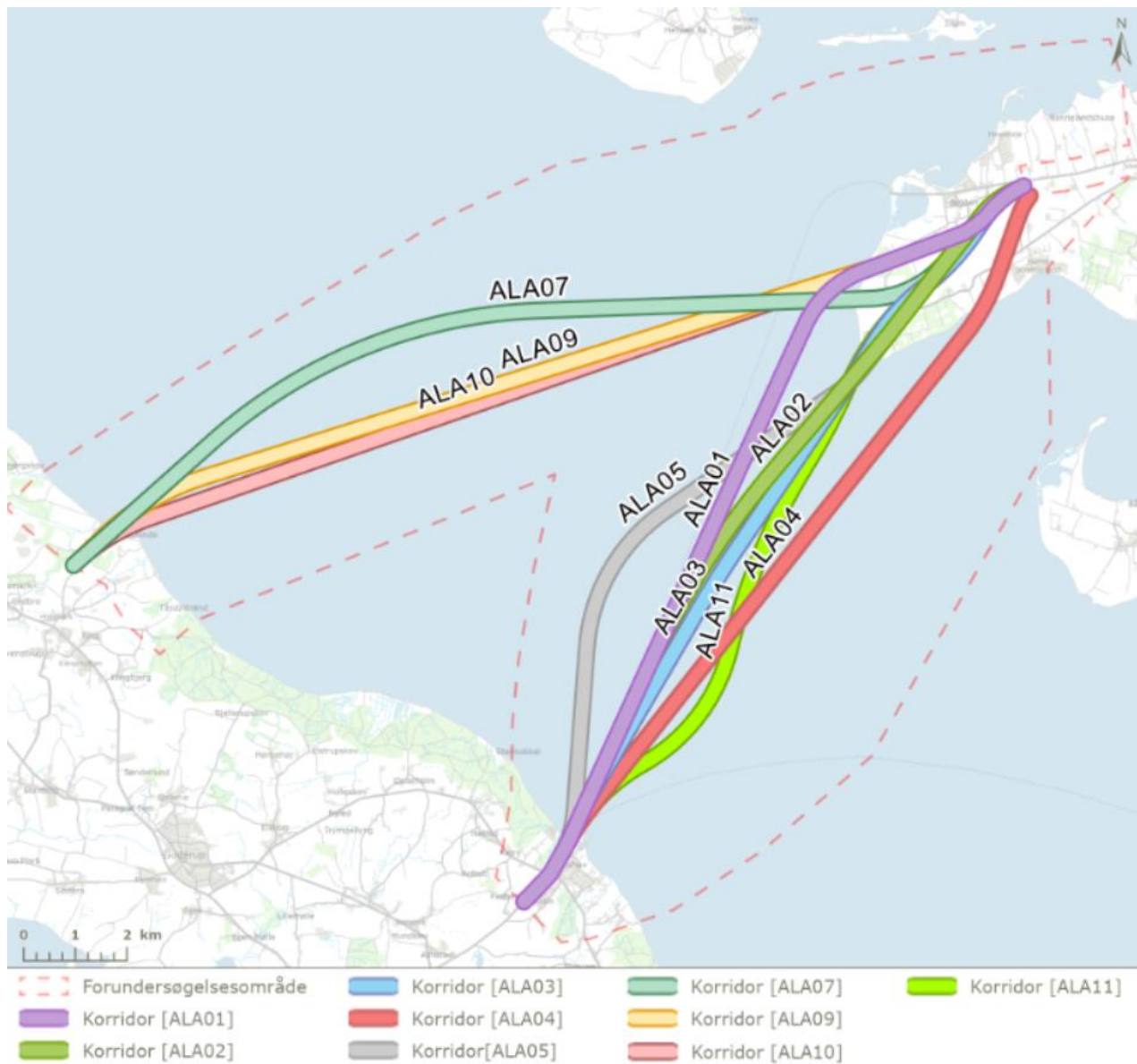
1.2 Oversigt

På Figur 1-1 kan placeringen af undersøgelsesområdet ses.



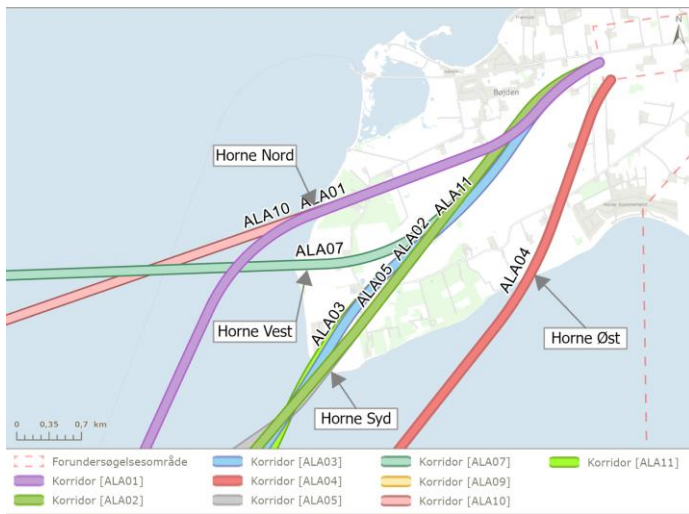
Figur 1-1 – Placering af forundersøgelsesrområde

Als-Fyn forbindelsen består af 9 undersøgte korridorer. Disse korridorer er overordnet illustreret på figur Figur 1-2.

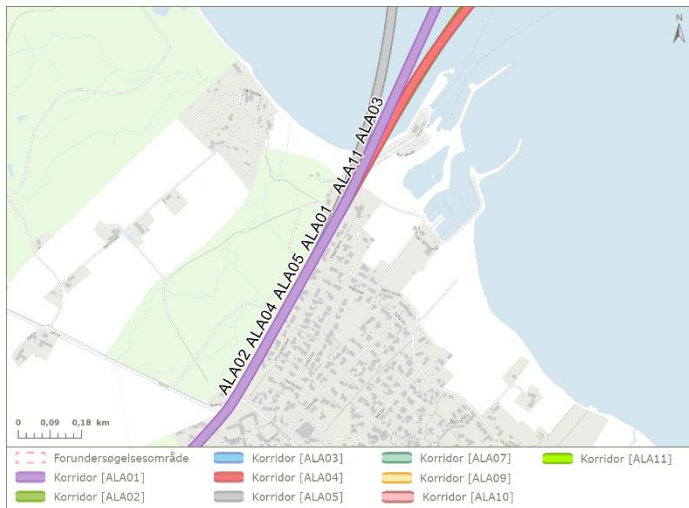


Figur 1-2 – Undersøgte mulige korridorer.

Det ses af Figur 1-2, at korridorerne har to mulige ilandføringspunkter på Als-siden mens der på Fyn-siden er flere muligheder indenfor et mindre område. I Figur 1-3 er det defineret hvilke geografiske betegnelser projektet benytter for de forskellige ilandføringspunkter.



Startpunkter på Fyn.



Slutpunktet "Fynshav".



Slutpunktet "Tranerodde".

Figur 1-3 Definition af navngivning af slutpunkter.

Der er undersøgt følgende anlægstekniske løsninger i korridorerne:

- ALA01 – Sænketunnel
- ALA02 – Broløsning
- ALA03 – Boret Tunnel
- ALA04 – Sænketunnel
- ALA05 – Kombineret bro & Tunnel
- ALA07 – Broløsning
- ALA09 – Sænketunnel
- ALA10 – Boret tunnel
- ALA11 – Boret tunnel

I hver af korridorerne er der nogle specifikke terrænmæssige forhold, som er hensigtsmæssige for den undersøgte anlægstekniske løsning, hvorfor det ikke er relevant at undersøge den specifikke korridor for både en tunnelløsning og en broløsning. ALA08 og ALA06 betegner linjeføringer, som er blevet undersøgt i forbindelse med evalueringen af påvirkningen fra sejladsforhold og risiko for skibskollisioner. Linjeføringerne er ikke fundet egnet til samlet viderebearbejdning i projektet.

Detaljerede oplysninger om korridorerne fremgår af afsnit 7, 8 og 9.

Som en del af arbejdet med nærværende baggrundsrapport er der blevet udarbejdet en række fagnotater, som redegør for tekniske detailundersøgelser foretaget for at understøtte arbejdet med baggrundsrapporten. Disse fagnotater fremgår af nedenstående liste, samt af referencelisten i afsnit 14. Disse baggrundsrapporter danner grundlag for Sund & Bælt / Vejdirektoratet / Trafikstyrelsens udarbejdelse af Sammenfattende Rapport.

Udarbejdede fagnotater:

- Als -Fyn Teknisk Forundersøgelse – Sejladsanalyse
- Als -Fyn Anlægstekniske forundersøgelser – Sejladsforhold og risiko for skibskollisioner
- Als-Fyn Geologisk Screenings rapport
- Als-Fyn Geoteknisk Vurderingsrapport
- Als- Fyn Design Basis (Design Basis for kyst-kyst forbindelsen)
- Als- Fyn Normsatte krav til løsninger
- Als- Fyn Screening af tværsnit
- Als- Fyn Projektinformationsnotat (Interfaceinformation overleveret fra det anlægstekniske projekt til miljøundersøgelserne)
- Als- Fyn Arbejdspladsarealer
- Als- Fyn Tegningsbilag

1.3 Metode

I nærværende rapport er undersøgt korridorer, som vurderes realiserbare. Hver korridor repræsenterer en anlægsteknisk løsning f.eks. boret tunnel eller broløsning.

I en kommende fase enten forud for eller som en del af en Miljøkonsekvensvurdering (MKV) hvor løsningsrummet forventes væsentligt indskrænket, vil de udvalgte korridorer blive nøjere analyseret. Dette må forventes at kunne føre til optimeringer og justeringer af de tekniske løsninger.

Dette vil være en naturlig del af en projektoptimering, hvor også en nødvendig viden om f.eks. de geotekniske forhold skal være tilvejebragt. Den nøjagtige linjeføring vil også som en del af en sådan projektoptimering blive justeret for at tilgodese den valgte linjeføring.

I nærværende baggrundsrapport præsenteres en vurdering af korridorerne og konstruktionstypernes bidrag til projektrisikoen hidrørende fra tekniske forhold vedrørende kyst – kyst delen af en Als-Fyn forbindelse, og der angives estimater for anlægsomkostningerne. En samlet prioritering af korridorer og konstruktive løsninger vil også bero på en vurdering af miljø- og planforhold, korridorer på land, trafikale betjening, mv. De i denne baggrundsrapport præsenterede korridorer og konstruktionstyper må derfor i den videre proces justeres på basis af disse øvrige analyseparametre samt et forbedret datagrundlag fremkommet igennem supplerende undersøgelser. Dette vil i VVM-fasen kunne føre til justeringer af korridorforløb og ændret udformning af tekniske løsninger inden for korridorerne.

2. SAMMENFATNING

2.1 Generelt

Undersøgelserne afrapporteret i nærværende baggrundsrapport har haft til formål at beskrive mulige korridorer og konstruktionstyper for kyst-kyst delen af en Als-Fyn forbindelse, som en vejforbindelse mellem Als og Fyn. Arbejdet har været fokuseret på en bred kortlægning af tekniske muligheder for en forbindelse, og på at tilvejebringe et teknisk grundlag for miljøundersøgelser, en vurdering af projektrisici (tekniske og udførelsesmæssige risici, som kan give udslag i manglende godkendelser, forsinkelser og fordyrelser) for de enkelte løsninger, samt at udarbejde tilhørende anlægsoverslag. Resultaterne heraf har skullet tjene som input i en prioriteringsproces forud for det videre arbejde med projektet.

Generelt er der undersøgt løsninger baseret på kabelbårne broer, bjælkebroer, sænketunneller, borede tunneler og kunstige øer. Der er foretaget en geofysisk kortlægning af området, men der er ikke foretaget detaljerede geotekniske undersøgelser.

Det har været styrende for løsningerne, at de holdes så korte som muligt samt at ilandføringerne sker hensigtsmæssigt i forhold til det stejle terræn på særligt Fyn-siden. I udgangspunktet er den korteste løsning billigst.

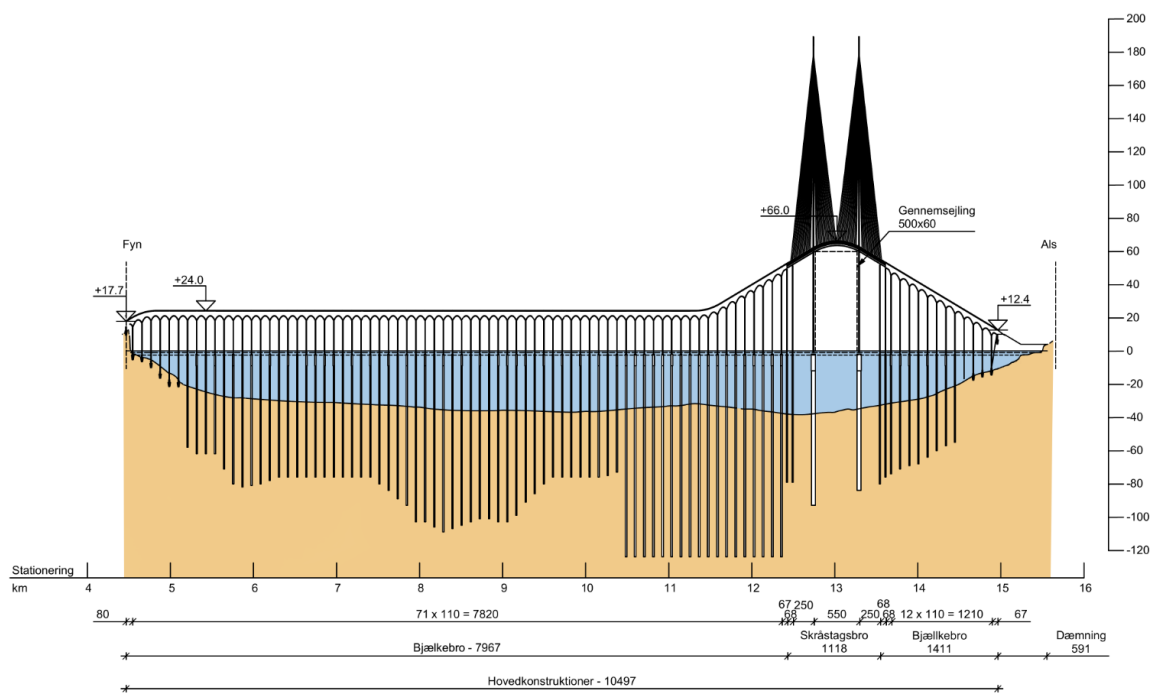
Nedenfor ses den primære udformning af de undersøgte løsninger. Med primære udformning menes at der f.eks. for broløsningen er undersøgt forskellige varianter, men som overordnet tager udgangspunkt i den viste spændviddekonfiguration. Yderligere er der også undersøgt muligheden for anvendelse af bevægelige broer (svingbroer og klapbroer), men disse er ikke fundet at være egnede løsninger på lokaliteten, se afsnit 9.3.10 og 9.3.11. I forhold til en sænketunnel er det viste længdeprofil svarende til en helt nedgravet løsning. Der er også undersøgt muligheden for anvendelse af en delvist nedgravet løsning, men denne er ikke fundet egnet på lokaliteten, se afsnit 9.5.3.

2.1.1 Broløsninger (ALA02 & 07)

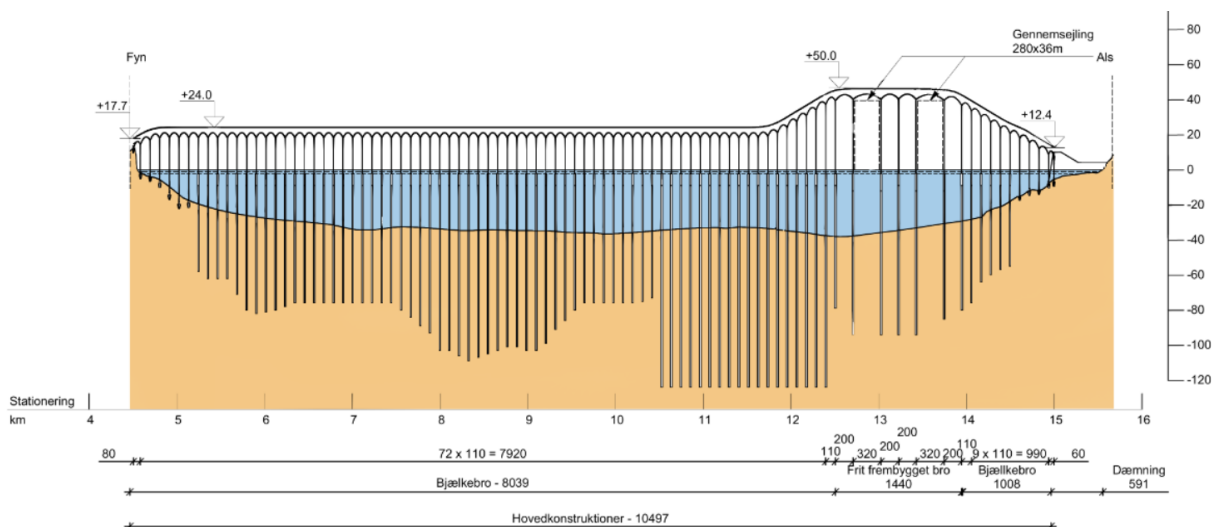
For broløsningerne foretrækkes en løsning som 2.1/7.1 eller 2.11 med en skråningsbro, der har en fri gennemsejling på ca. 500/510 m, da dette vurderes at opfylde kravene til sejladsforholdene på hensigtsmæssig vis, hvorimod de rene bjælkebrosløsninger som 2.5/7.5 resulterer i restriktioner på størrelsen af skibe, som vil kunne benytte farvandet mellem Als og Fyn herunder besejle Aabenraa havn i fremtiden. Restriktionerne vil skulle politisk godkendes. De nævnte broløsninger fremgår af nedenstående figurer.

Ved sammenligning af brokorridorerne ALA02 med ALA07 er ALA02 vurderet til at være den billigste løsning grundet den kortere længde. Løsningen ALA02 vil resultere i fundering på Lillebæltssler, som kan give anledning til fordyrende funderingsomkostninger, hvor omfanget ikke er muligt at fastlægge indenfor nærværende fase grundet detaljeringniveauet af det geotekniske grundlag til rådighed for forundersøgelsen, se afsnit 5. Yderligere har løsningen i forhold til ALA07 et højere risikoprofil relateret til sejladsforhold, som øger løsningens samlede risikoprofil. Fremtidige undersøgelser bør afklare de præcise karakteristika og omfang for Lillebæltssleren i området samt jordbundsforhold i øvrigt, inden det kan endeligt konkluderes hvilken af de to korridorer, der giver den mest hensigtsmæssige anlægstekniske brosløsning. Yderligere skal der udføres mere detaljerede analyser til afklaring af

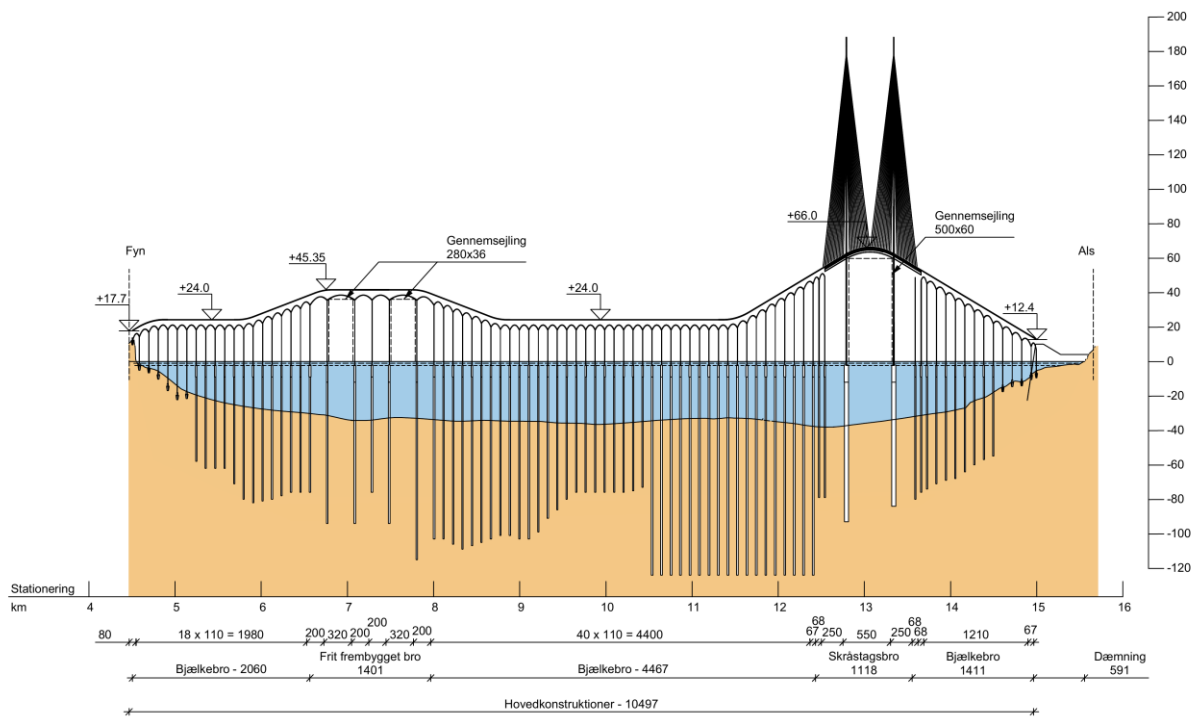
påvirkningen fra skibstrafikken, som beskrevet i afsnit 13 inden det kan endeligt besluttes hvilken broløsning, der foretrækkes ud fra et rent anlægsteknisk perspektiv.



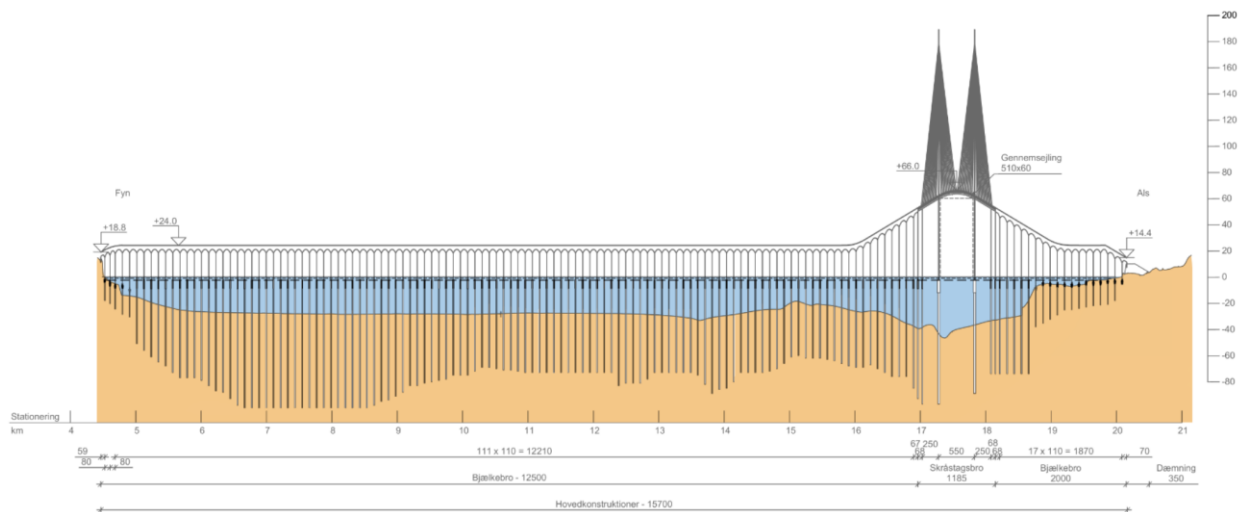
Figur 2-1 Længdeprofil bro ALA02, løsning 2.1 Fynshav – Horne Syd.



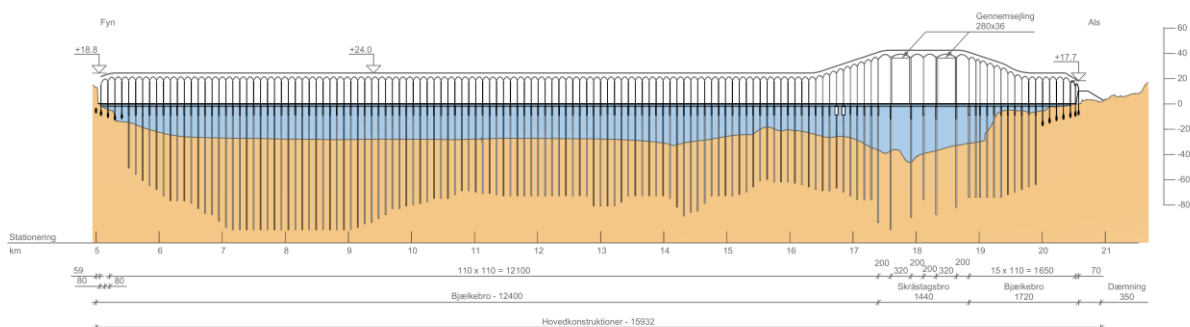
Figur 2-2 Længdeprofil bro ALA02, løsning 2.5 Fynshav – Horne Syd.



Figur 2-3 Længdeprofil bro ALA02, Iøsning 2.11 Fynshav – Horne Syd.



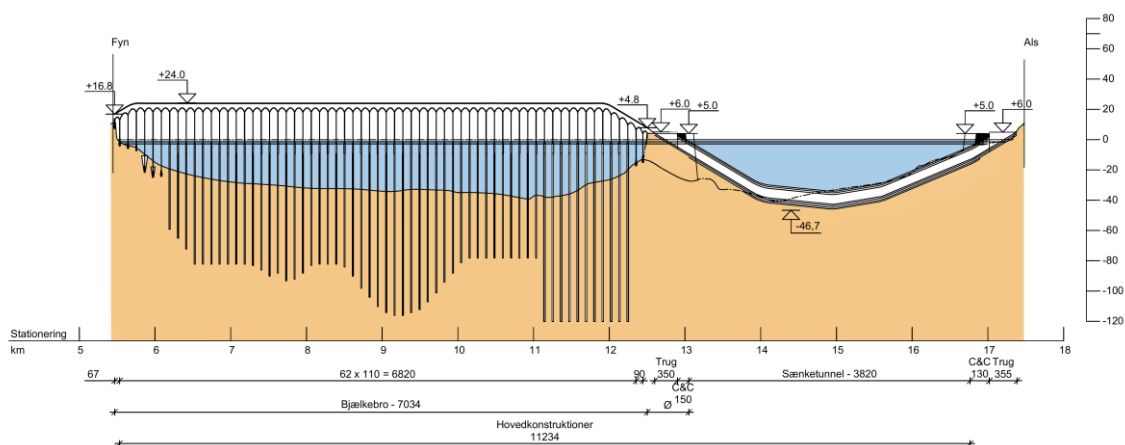
Figur 2-4 Længde profil for Bro ALA07, Iøsning 7.1 Tranerodde – Horne Vest.



Figur 2-5 Længdeprofil for Bro ALA07, løsning 7.5 Tranerodde – Horne Vest

2.1.2 Kombinationsløsning (ALA05)

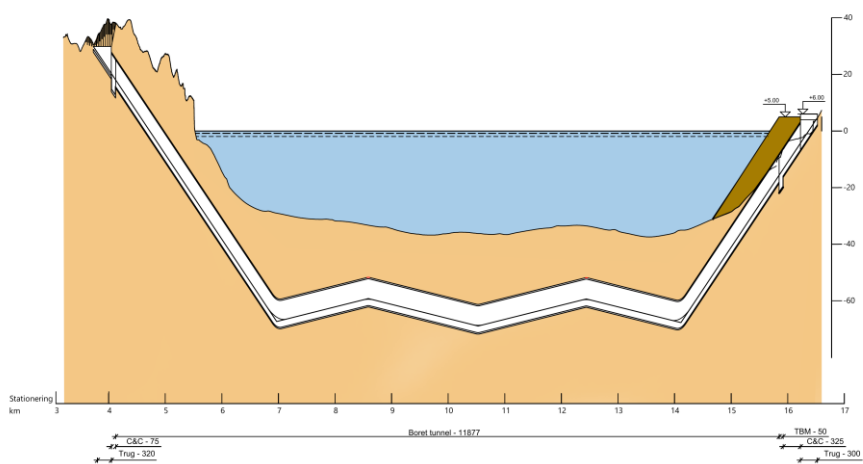
Ved udvikling af kombinationsløsningen (ALA05) har projektet forsøgt at udnytte det forhold, at en tunnelloøsning udmærker sig ved at risikoen for skibsstød i den permanente situation er minimal grundet den store vanddybde (40 m) i området kombineret med en bjælkebro, hvor størrelsen af skibene, der skal passere er mindre, og dermed reduceres risikoen for store skibsstøds-laster. En ulempe ved løsningen er dog, at den bliver forholdsvis lang for at passere det lavvandede område, hvor den kunstige ø placeres. Det lavvandede område er et hensigtsmæssigt sted at placere den kunstige ø, da omfanget af tilfyld til opbygning af den kunstige ø begrænses. Funktionen af den kunstige ø er, at denne skal forestå overgangen mellem tunnelloøsningen og broløsningen. Tunnelloøsningen er kendetegnet ved at konstruktionen ligger under eller delvist nedgravet under havbunden mens broløsningen, ligger ca. 18 m over havoverfladen. På den kunstige ø overgår linjeføringen således fra at være hhv. under havbunden til over havoverfladen. Længden af kombinationsløsningen bevirker, at løsningen bliver uøkonomisk, yderligere vil løsningen også have nogle øgede risici i forhold til geoteknik grundet den kunstige ø's placering i området med Lillebæltsler.



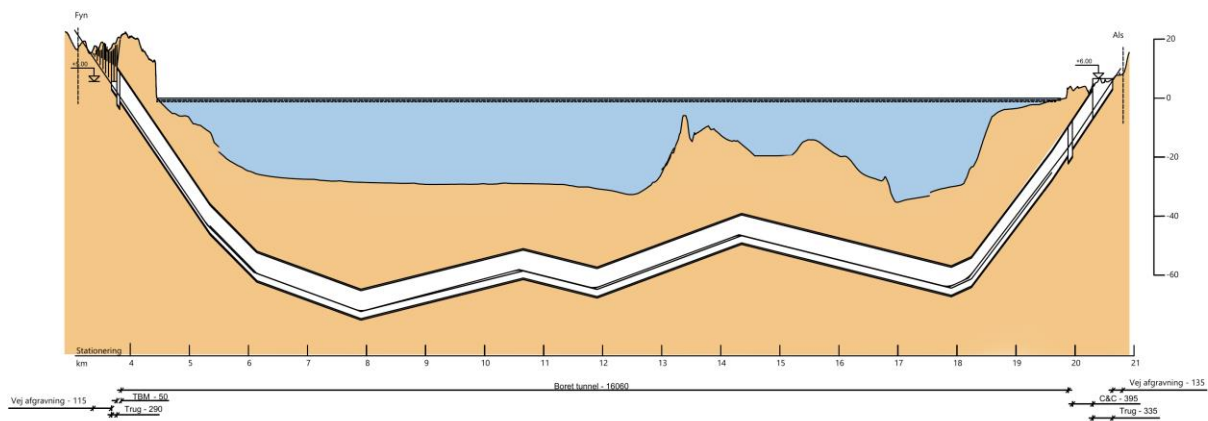
Figur 2-6 Længdeprofil ALA05 Kombineret bro tunnelloøsning, løsning 5.1 Fynshav – Horne Syd.

2.1.3 Borede tunnelløsninger (ALA03, ALA10 & ALA11)

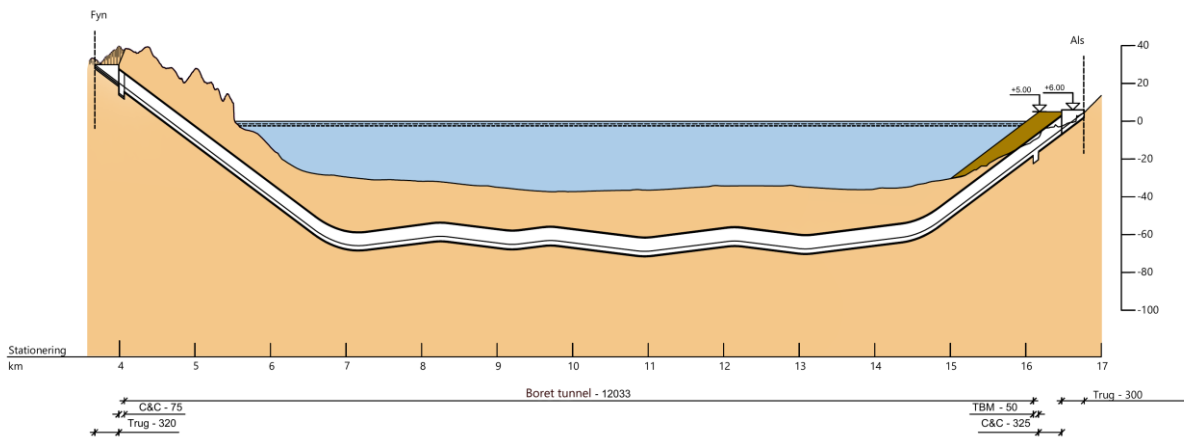
For de borede tunnelløsninger anbefales de borede tunnel løsninger ALA10 og ALA11 idet disse har det laveste risikoprofil i forhold til løsning ALA03. Løsningerne med de borede tunneler fremgår af nedenstående figurer. Det lave risikoprofil for ALA11 og ALA09 skyldes, at korridorerne er placeret således komplikationer med Lillebæltsleren undgår. ALA11 anbefales af de to løsninger, da denne har den laveste anlægsomkostning grundet den korteste længde.



Figur 2-7 Længdeprofil for den borede tunnelløsning langs ALA03, Løsning 3.1 Fynshav – Horne Syd.



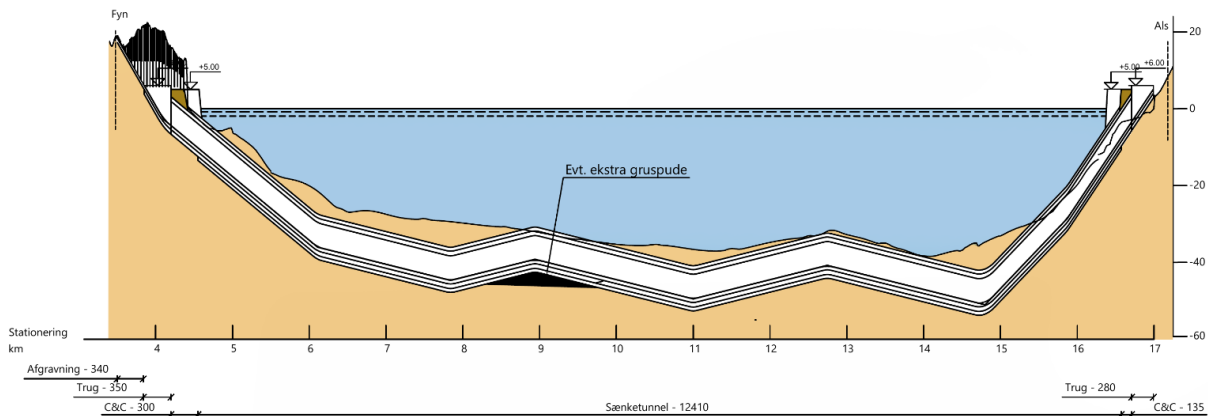
Figur 2-8 Længdeprofil ALA10 Boret tunnel, Løsning 10.1 Tranerodde – Horne Nord.



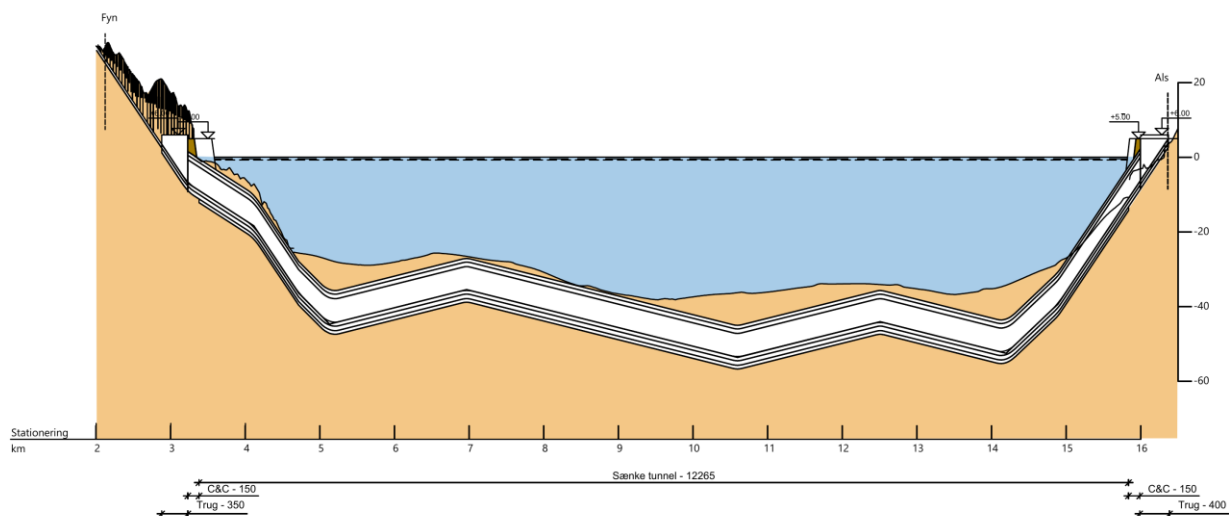
Figur 2-9 Længdeprofil ALA11 Boret tunnel, løsning 11.1 Tranerodde – Horne Nord.

2.1.4 Sænketunnelløsninger (ALA01, ALA04 & ALA09)

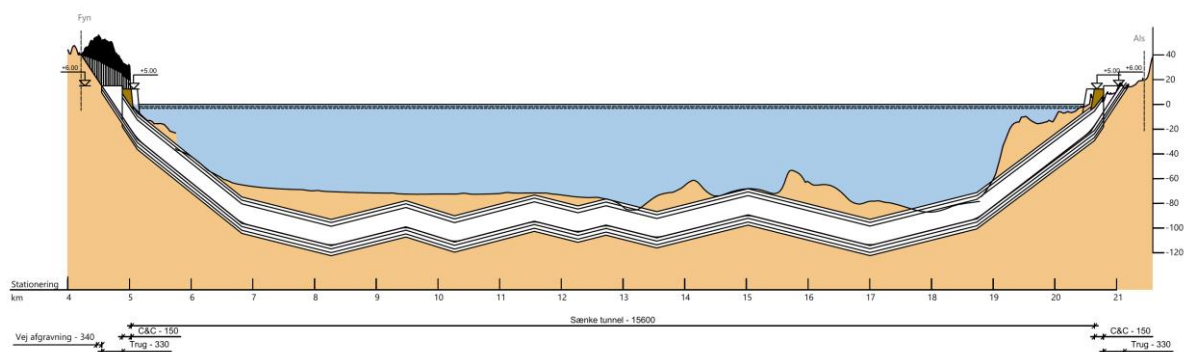
Når man kigger på sænketunnelløsningerne, gør det samme billede sig gældende. Korridor ALA09 har det laveste risikoprofil i forhold til korridorerne ALA01 og ALA04 idet komplikationer med Lillebæltseren undgås. Sænketunnelløsningerne fremgår af de nedenstående figurer. I en fremtidig fase af projektet vil det være muligt at justere på placeringen af korridoren for ALA01 og ALA04 for at undgå komplikationerne fra Lillebæltseren. Da ALA04 er den korteste, vil den være meget egnet for denne viderebearbejdning.



Figur 2-10 Længdeprofil for sænketunnel langs ALA01, løsning 1.1 Fynshav – Horne Nord.



Figur 2-11 Længdeprofil for sænketunnel langs ALA04, Løsning 4.1 Fynshav – Horne Øst.



Figur 2-12 Længdeprofil ALA09 for sænketunnel, løsning 9.1 Tranerodde – Horne Nord.

2.1.5 Sammenligning på tværs af løsninger

Den miljøtekniske rapport tilhørende forundersøgelsesfasen konkluderer at miljøtekniske afværgetiltag er nødvendige for at reducere udbredelsen af undervandstøj ved etablering af broløsningernes pælefundering. Tiltaget er i forundersøgelsen vurderet til at øge anlægsomkostningen for broløsningerne med ca. 20%. For tunnelloøsningerne er der på nuværende tidspunkt ikke fundet behov for supplerende miljøtiltag. For sænketunnelloøsningerne er der forudsat gravehastighed tilsvarende Femern projektet, som giver anledning til acceptable niveauer for sedimentspredningen under udgravning.

I Tabel 2-1 er anlægsomkostningerne angivet for de undersøgte løsninger for basistværsnittet. Mere information om bredden af tværsnittets indflydelse på anlægsomkostningen henvises til afsnit 12.6. Det påpeges at bredden af basistværsnittet ikke er optimalt i forhold til fremkommelighed, men benyttes til sammenligning af anlægsomkostningen på tværs af projekterne.

Tabel 2-1 Anlægsoverslag for de forskellige løsninger med basistværsnittet.

ALA01	ALA02	ALA03	ALA04	ALA05	ALA07	ALA09	ALA10	ALA11
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Kyst til Kyst Længde		[m]	13475	11088	12947	13315	11782	16282	16560	17150	13103
		[mia. DKK]	11,10	9,08	10,45	11,30	11,25	10,50	14,19	14,19	10,57
PTA	12%	[mia. DKK]	1,33	1,09	1,25	1,36	1,35	1,26	1,70	1,70	1,27
Korrektions- tillæg	50%	[mia. DKK]	6,22	5,08	5,85	6,33	6,30	5,88	7,94	7,95	5,92
Samlet pris inkl. PTA og korrektio		[mia. DKK]	18,65	15,25	17,56	18,98	18,89	17,63	23,83	23,84	17,75

Ved sammenligning af anlægsomkostningerne af løsningerne, hvor omkostningerne til nævnte miljøtiltag for broløsningerne inkluderes, er det broløsningen ALA02, som har den laveste anlægsomkostning. Samlet set vurderes ALA11 dog som den mest fordelagtige anlægstekniske løsning, da denne har det laveste samlede risikoprofil, idet komplikationer med Lillebæltsløbet kan undgås og løsningen har et lavt risikoprofil i forhold til sejladsforhold og skibsstød.

I en kommende fase anbefales det at få etableret et mere fyldestgørende geoteknisk grundlag samt en mere dybdegående analyse af de nævnte projektrisici, inden det konkluderes, hvilken anlægsteknisk løsning der findes mest hensigtsmæssig på lokaliteten.

2.2 Farvandet mellem Als og Fyn

For krydsning af farvandet mellem Als og Fyn er der udarbejdet mulige løsninger inden for et bredt spektrum af undersøgte konstruktionstyper. Broløsningerne er i høj grad styret af skibstrafikken idet farvandet i dag giver mulighed for passage af alle type skibe. Der er dog kun ved brug af AIS data fra 2021 registreret skibe med længde på op til ca. 300 m. For alle løsningstyperne har det overordnede udgangspunkt været at udforme korridorerne således, at den kortest mulige længde med udgangspunkt i de valgte ilandføringspunkter opnås samt at undgå områder med dårlige jordbundsforhold.

3. DEFINITIONER OG RAMMER

3.1 Undersøgellesområde og forundersøgellesområde

Undersøgellesområdet og forundersøgellesområdet er defineret som det geografiske område, hvor projektet kan placeres jf. kommissorium for forundersøgelsen. Undersøgellesområdet er vist på Figur 1-1.

3.2 Korridorer

Mulige forbindelser imellem Als og Fyn er skitseret i et antal undersøgte korridorer.

En korridor er i denne sammenhæng et bånd, inden for hvilket det er muligt at udforme linjeføringer, som overholder de geometriske designkrav for den aktuelle korridor. Korridorerne er som udgangspunkt ca. 400 m brede.

3.3 Projekteringsforudsætninger

Som en del af arbejdet med nærværende baggrundsrapport og for de præsenterede anlægsoverslag er forskellige tekniske løsninger blevet skitseret. Disse overholder som udgangspunkt gældende normer og vejregler. Relevante dele heraf, samt øvrige tekniske krav, forhold og antagne valg, er sammenfattet i et særskilt fagnotat, Design Basis, [13].

4. EVALUERINGSMETODE

4.1 Indledning

På baggrund af offentligt tilgængelige data og indsamlede data er der ved udarbejdelsen af nærværende baggrundsrapport fokuseret på at foretage anlægstekniske analyser af en række forhold omhandlende f.eks.: konstruktive, geotekniske, marintekniske, driftsmæssige og sejladmæssige forhold.

Formålet med de nævnte undersøgelser har været at bidrage til at identificere de mest relevante anlægstekniske løsninger og korridorer mellem Als og Fyn, herunder foretage en prissætning af disse. Der er foretaget en vurdering af korridorerne og konstruktionstypernes bidrag til projektrisikoen tilhørende tekniske forhold (Anlægstekniske projektrisici).

Som det fremgår af afsnit 4.3 er den anlægstekniske projektrisiko kun én blandt flere analyseparametre, som bidrager til en samlet vurdering og prioritering. Emnerne behandlet i nærværende baggrundsrapport fremgår af afsnit 4.2. De foreslåede korridorer og konstruktionstyper må derfor i den videre proces forventes at blive justeret og ændret på basis af alle analyseparametre samt et forbedret datagrundlag med supplerende undersøgelser se afsnit 13.

Baggrundsrapporten fokuserer på kyst-kyst. Forholdene på land har alene indgået i overvejelserne i forhold til placering af ilandføringspunkter. Det er tilstræbt at forkorte den samlede længde af krydsningen (af rejsetidsmæssige, anlægs- og driftsøkonomiske årsager) og undgå Særligt betydningsfulde områder (SBO), der er udpeget ud fra et miljømæssigt hensyn og tætte bebyggelser mv. Af ovenstående emner er det ud over længden på krydsningen hensynet til vanddybder, sejlrufter og øvrige natur- og miljøforhold, som har været styrende for placering af linjeføringerne.

4.2 Analyseparametre

Nedenstående analyseparametre er behandlet i nærværende baggrundsrapport og bidrager til den samlede projektrisiko, som vil være bestemmende for udvælgelsen af den optimale udformning af en Als-Fyn forbindelse.

- **Anlægsøkonomi**
- **Projekteringsrisiko**
- **Udførelsesrisiko**
- **Geoteknisk risiko**
- **Luftkvalitet i tunneler**
- **Sejladsforhold**
- **Skibsstød**

Nedenfor er kort redegjort for håndteringen af nævnte enkelte analyseparametre.

For en fast forbindelse som Als-Fyn udgør risikoen for påvirkningen af driften også en vigtig parameter, som skal tages med i overvejelserne ved valg af anlægsteknisk løsning og udformningen af denne. I afsnit 6 er det evalueret hvorledes valg af tværsnitsbredde kan påvirke fremkommeligheden og forbindelsens funktionalitet i forhold til opfyldelse af de sikkerheds- og redningsmæssige aspekter i tilfælde af uforudsete hændelser som færdselsuheld på forbindelsen. Yderligere er det evalueret hvorledes fremkommeligheden af forbindelsen påvirkes af de forudsete hændelser som drift – og vedligeholdelsesarbejder.

4.2.1 Anlægsøkonomi

I nærværende baggrundsrapport er de estimerede anlægsomkostninger opgjort for de undersøgte korridorer og konstruktionstyper. Efterfølgende vil anlægsomkostningerne indgå i en rangering af de undersøgte korridorer og tekniske løsninger som en del af de samfundsøkonomiske beregninger for korridorerne.

4.2.2 Anlægstekniske projektrisici

Undersøgelse af de forskellige korridorer og konstruktionstyper har afdækket en række usikkerheder af teknisk karakter. Disse er i første omgang søgt reduceret ved indarbejdelse af afhjælpende tiltag som er prissat. Der er dog – pga. projektets tidlige stadie - efterladt usikkerheder, som først vil kunne kvantificeres og håndteres i en senere fase, når projektet har en større detaljeringsgrad og på baggrund af dyberegående analyser. Disse usikkerheder indebærer en risiko for forøgede anlægsomkostninger og forsinkelser, hvorfor anlægsoverslagene i nærværende fase af forundersøgelserne er tillagt et korrektionstillæg på 50% (40% for vej i terræn), se afsnit 12.2.4. Størrelsen af de anvendte korrektionstillæg for forundersøgelsen er i overensstemmelse med principperne for Ny anlægsbudgettering. Korrektionstillægget reduceres i de kommende faser, jf. principperne i Ny anlægsbudgettering. Usikkerhederne er i det følgende grupperet under forskellige temaer kaldet projektrisikobidrag. På baggrund af vurderingen af disse projektrisikobidrag for den enkelte løsning, er der efterfølgende lavet en vurdering af det samlede tekniske risikobidrag som kan bringes videre i en overordnet projektrisikovurdering som også inkluderer ikke-tekniske bidrag. Den samlede afvejning af projektrisici foretages af Sund & Bælt for så vidt angår kyst-kyst delen af undersøgelsen. Projektrisikobidrag hidrørende fra planforhold samt natur- og miljøforhold kan være afgørende for den samlede projektrisiko. Disse forhold er ikke behandlet i nærværende baggrundsrapport.

4.3 Projektrisikobidrag

Overordnet set skal projektrisiko forstås som kombinationen af sandsynligheden og konsekvenserne der leder til at projektet fordyres, forsinkes eller i værste fald ikke kan realiseres som følge af uforudsete forhold. Størrelsen af konsekvensen kan ses som størrelsen af den mulige procentuelle fordyrelse af projektet herunder at myndighedsgodkendelser er meget vanskelige at opnå. En række projektrisikobidrag er ikke vurderet i nærværende baggrundsrapport, såsom natur- og miljøforhold, planforhold, arkæologi samt ueksploderet ammunition (UXO). Der er foretaget en vurdering af nedenstående 6 anlægstekniske projektrisikobidrag, som indgår i den samlede projektrisiko for en given løsning:

4.3.1 Projektering

Projekteringsrisikoen skal forstås som bidraget til projektrisikoen som hidrører fra uafklarede forhold vedrørende projekteringen af konstruktionen og den efterfølgende godkendelse af designet og opnåelse af ibrugtagningstilladelse. Projektrisikobidraget vil typisk øges i tilfælde af en konstruktion som sjældent før er set, og som der derfor er begrænsede erfaringer med. Eksempler på projekteringsrisici kan være forbundet med sikkerhedskoncepter som f.eks. uforudsete behov for vindafskærmning på høje broer eller forøgede krav til brandbeskyttelse og brandslukningskapacitet både i tunneler og broer samt behov for forøget ventilationskapacitet i lange tunneler.

4.3.2 Udførelse

Udførelsesrisikoen skal forstås som bidraget til projektrisikoen som hidrører fra uafklarede forhold vedrørende konstruktionsmetoder, tilgængelighed af materialer og opnåelse af myndighedsgodkendelser og ibrugtagningstilladelse. Projektrisikobidraget vil typisk øges i tilfælde af en konstruktion som sjældent før er set enten som type eller størrelse, og som der derfor er begrænsede erfaringer med. Et eksempel på en sådan udførelsesrisiko kunne være nedbrud af tunnelboremaskiner i særligt lange borede tunneler, eller sænketunneler på store vanddybder.

4.3.3 Geoteknik

Det geotekniske bidrag til projektrisikoen skyldes en relativt ringe viden om de faktiske geotekniske forhold frem til det tidspunkt, hvor egentlige detaljerede geotekniske undersøgelser vil blive udført i den nøjagtige linjeføring af en given løsning. De endelige geotekniske data kan føre til et fordyret design indeholdende f.eks. pælefundering eller jordudskiftning, som ikke kan forudses på det nuværende grundlag. Under selve udførelsen kan der også dukke uforudsete geotekniske forhold op, som kan føre til forsinkelser og fordyrelser, såsom uforudsete lokale forekomster af blød bund, plastisk ler eller store sten. Forskellige konstruktionstyper kan have forskellig følsomhed over for forskellige uforudsete forhold.

4.3.4 Luftkvalitet i tunneler

Sikring af acceptabel luftkvalitet er af afgørende betydning for driftsfasen af en tunnel. En lang tunnel vil medføre øgede koncentrationer af uønskede stoffer. Modsat opleves dog i disse år en væsentlig forbedring af emissionsniveauerne for 30 køretøjer, hvor køretøjer med tidligere EURO Emissionsnormer udfases, og hvor elkøretøjer og nyere EURO Emissionsnormer med renere rensningsteknologier gradvist indføres. Mængden af bremsestøv og partikler fra dækslid, som udgør et væsentligt bidrag til de uønskede stoffer, vil dog ikke på samme måde blive reduceret som følge af denne udvikling. Disse forhold, herunder residual kapacitet i tunnelen i forhold til de antagne trafikmængder, trafikfordeling (let/tung) og emissionsstandarder dækkes under projektrisikobidrag "Luftkvalitet i tunnel". Det skal bemærkes at der i Danmark ikke p.t. er fastlagt grænseværdier for koncentrationen af uønskede stoffer i luften i en tunnel, hvilket i sig selv repræsenterer en projektrisiko.

4.3.5 Sejladsforhold

Projektrisikobidraget fra sejladsforhold skal forstås som en økonomisk risiko i forbindelse med ekstraomkostninger ved at udvikle og udføre en løsning som vil medføre tilfredsstillende forhold for sejladsen i området. F.eks. kan en godkendelse af projektet fra Søfartsstyrelsens side forudsætte ændringer i projektets udførelse, som på nuværende tidspunkt ikke kan forudses. Ultimativt vil en manglende accept kunne føre til, at den pågældende løsning ikke kan gennemføres. I forundersøgelserfasen har projektet været i dialog med Søfartsstyrelsen omkring de foreslåede løsninger og løsningerne er efterfølgende tilpasset. Forhøjet risiko for grundstødning eller indbyrdes kollision imellem skibe henregnes til nærværende projektrisikobidrag.

4.3.6 Skibsstød

Projektrisikobidraget fra skibskollisioner mod konstruktioner fokuserer alene på konsekvenserne for forbindelsen, og med udgangspunkt i en beregnet (eller estimeret) hyppighed for længerevarende afbrydelser, vurderes det om: i) en forbindelse med denne hyppighed af afbrydelser vil findes acceptabel, ii) om de foranstaltninger, bygværker og forholdsregler, der er nødvendige at opnå denne hyppighed, er i acceptabel balance med den opnåede hyppighed; og iii) om mulighederne for at

varetage trafikanternes sikkerhed ved en kollision findes acceptable. For alle aspekter kræver det et omfattende analysearbejde såvel at afklare og dokumentere aspektets omfang, som at tilvejebringe basis for accept. Evalueringen i denne forundersøgelse gøres på indikativ basis og med indbyrdes sammenligning af korridorer og løsninger for øje.

4.4 Projektrisikoniveauer

Overvejelserne om projektrisiko er i nærværende baggrundsrapport foretaget efter nedenstående kategorisering af de enkelte anlægstekniske projektrisikobidrag i 4 projektrisikoniveauer: **Lavt**, **Forventeligt**, **Forhøjet** og **Højt**. Niveauerne er relative og skal sættes i forhold til nærværende projekts kompleksitet og størrelse. I de tilfælde hvor afhjælpende tiltag er forudsat som en del af løsningen og derfor prissat, er kategoriseringen et udtryk for det resterende projektrisikobidrag. Sådanne prissatte afhjælpende tiltag inkluderer f.eks. beskyttelse af sænketunnel mod påsejling og flytning af linjeføringer for at undgå ufordelagtig batymetri eller for høj skibsstødsrisiko. Når der i de følgende afsnit lægges vægt på i hvilken grad, der er erfaring med projektering og udførelse af en given konstruktionstype i den aktuelle størrelse, skyldes det en antagelse om, at jo mere sjælden en løsning er, jo større er risikoen for uforudsete afledte konsekvenser, som f.eks. kan være fordyrelser, forsinkelser og vanskeligheder med at opnå godkendelser. Derved kan en uprøvet, men knap så kompleks løsning medføre samme projektrisikobidrag, som en kendt, men kompleks løsning.

4.4.1 Lavt projektrisikoniveau

Kriterier for tildeling af projektrisikoniveauet **Lavt** inden for de enkelte projektrisikobidrag er angivet i det følgende.

4.4.1.1 Projektering

Projekteringsrisikoen vurderes som **Lav**, når der er tale om en konstruktion, som med hensyn til type og størrelse er almindelig, og hvormed der er god erfaring fra lignende projekter. Der vurderes således at være meget lav risiko for, at gennemførelse af projekteringen vil kræve anvendelse af højt specialiserede design tekniske løsninger.

4.4.1.2 Udførelse

Projektrisikobidraget fra udførelsen vurderes som **Lavt**, når der er tale om en konstruktion, som med hensyn til type og størrelse er almindelig, og hvormed der er god erfaring fra lignende projekter. Der vurderes således at være meget lav risiko for, at udførelsen vil kræve anvendelse af højt specialiserede anlægstekniske udførelsesmetoder.

4.4.1.3 Geoteknik

Projektrisikobidraget hidrørende fra geotekniske forhold vurderes som **Lavt**, når de geotekniske forhold i den pågældende korridor er velkendte og velbeskrevne, så der er ringe sandsynlighed for, at der under projektering og udførelse vil fremkomme information, som vil lede til behov for fordyrende ændringer i designet eller afhjælpende tiltag under udførelsen.

4.4.1.4 Luftkvalitet i tunneler

Projektrisikobidraget hidrørende fra sikring af acceptabel luftkvalitet i tunneler vurderes som **Lavt**, hvis der sandsynligvis aldrig vil være behov for at regulere trafikmængden for at sikre en luftkvalitet i tunnelen, som lever op til kravene i sammenlignelige Europæiske lande (i mangel på danske normkrav for luftkvalitet i tunneler).

4.4.1.5 Sejladsforhold

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 anlægsstrukturen. Det vil være typisk være gældende for dele af forbindelsen, der er udført som tunnel.

4.4.1.6 Skibsstød

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.

4.4.2 Forventeligt projektrisiko-niveau

Hvor projektrisiko-niveauet er fundet at ligge enten i den høje eller lave ende af **Forventeligt** er dette angivet i de respektive underafsnit "Vurdering af projektrisikobidrag" i afsnittene 5, 8 og 9. Kriterier for tildeling af projektrisiko-niveauet Forventeligt inden for de enkelte projektrisikobidrag er angivet i det følgende.

4.4.2.1 Projektering

Projekteringsrisikoen vurderes som **Forventeligt**, når der er tale om en konstruktion, som med hensyn til type og størrelse ikke er usædvanlig, og hvormed der er erfaring fra lignende internationale projekter. Der vurderes således at være lav risiko for, at gennemførelse af projekteringen vil kræve anvendelse af højt specialiserede design-tekniske løsninger, som kun sjældent er set før.

4.4.2.2 Udførelse

Projektrisikobidraget hidrørende fra udførelsen vurderes som **Forventeligt**, når der er tale om en konstruktion, som med hensyn til type og størrelse ikke er usædvanlig, og hvormed der er erfaring fra lignende projekter. Der vurderes således at være lav risiko for, at udførelsen vil kræve anvendelse af højt specialiserede anlægstekniske udførelsesmetoder, som kun sjældent er set før.

4.4.2.3 Geoteknik

Projektrisikobidraget hidrørende fra geotekniske forhold vurderes som **Forventeligt**, når der er etableret et overordnet kendskab til de geotekniske forhold i området i form af en geologisk model, og at denne ikke giver anledning til at forvente væsentlige ændringer i de forudsatte funderingskoncepter ud over, hvad man normalt vil forvente for et projekt af denne størrelse og kompleksitet.

4.4.2.4 Luftkvalitet i tunneler

Projektrisikobidraget hidrørende fra sikring af acceptabel luftkvalitet i tunneler vurderes som **Forventeligt**, hvis der i yderst sjældent forekommende trafikale spidsbelastningssituationer vurderes at være nødvendigt at regulere trafikmængden for at kunne opnå en luftkvalitet i tunnelen, som lever op til kravene i sammenlignelige Europæiske lande (i mangel på danske normkrav for luftkvalitet i tunneler)

4.4.2.5 Sejladsforhold

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.

4.4.2.6 Skibsstød

Projektrisikobidraget hidrørende fra skibsstød vurderes som Forventeligt, når:

- 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 potentielle risiko for kollisioner ikke er usædvanligt, og
- v) skibstrafikken forudsættes ikke pålagt omlægning, begrænsninger eller navigationsmæssige forhold, som vil blive opfattet som usædvanlige.

4.4.3 Forhøjet projektrisikoniveau

Hvor projektrisikoniveauet er fundet at ligge enten i den høje eller lave ende af **Forhøjet** er dette angivet i de respektive underafsnit "Vurdering af projektrisikobidrag" i afsnittene 6, 7, 8 og 10. Kriterier for tildeling af projektrisikoniveauet Forhøjet inden for de enkelte projektrisikobidrag er angivet i det følgende.

4.4.3.1 Projektering

Projekteringsrisikoen vurderes som **Forhøjet**, når der er tale om en konstruktion, som med hensyn til type og størrelse er sjælden, og hvormed der er meget begrænset erfaring fra lignende internationale projekter. Der vurderes således at være betydelig risiko for, at gennemførelse af projekteringen vil kræve anvendelse af højt specialiserede designtekniske løsninger, som kun sjældent er set før.

4.4.3.2 Udførelse

Projektrisikobidraget hidrørende fra udførelsen vurderes som **Forhøjet**, når der er tale om en konstruktion, som med hensyn til type og størrelse er sjælden, og hvormed der er meget begrænset erfaring fra lignende projekter. Der vurderes således at være betydelig risiko for, at udførelsen vil kræve anvendelse af højt specialiserede anlægstekniske udførelsesmetoder, som kun sjældent er set før.

4.4.3.3 Geoteknik

Projektrisikobidraget hidrørende fra geotekniske forhold vurderes som **Forhøjet**, når der er indikationer af særlige forekomster af f.eks. blød bund eller plastisk ler, som vil kunne medføre væsentlige fordyrelser af designet eller af udførelsen, og disse ikke kan kvantificeres tilstrækkeligt og dermed indarbejdes i anlægsoverslaget i nærværende forundersøgelserfase.

4.4.3.4 Luftkvalitet i tunneler

Projektrisikobidraget hidrørende fra sikring af acceptabel luftkvalitet i tunneler vurderes som **Forhøjet**, hvis der i sjældent forekommende trafikale spidsbelastningssituationer vurderes at være nødvendigt at regulere trafikmængden i tunnelen for at kunne opnå en luftkvalitet i tunnelen, som lever op til kravene i sammenlignelige Europæiske lande (i mangel på danske normkrav for luftkvalitet i tunneler).

4.4.3.5 Sejladsforhold

Projektrisikobidraget hidrørende fra sejladsforhold vurderes som **Forhøjet**, når rammerne for omlægning og arrangement af sejladsen tilføjer kompleksitet, manøvre-mæssige 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.

4.4.3.6 Skibsstød

Projektrisikobidraget hidrørende fra skibsstød vurderes som **Forhøjet**, når:

- 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 betydelige kollisions-scenarier, eller
- iv) projektets potentielle risiko for kollisioner 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.

4.4.4 Højt projektrisikoniveau

Kriterier for tildeling af projektrisikoniveauet Højt inden for de enkelte projektrisikobidrag er angivet i det følgende.

4.4.4.1 Projektering

Projektrisikobidraget vurderes som **Højt**, når der er tale om en konstruktion, som med hensyn til type og størrelse er særdeles usædvanlig, og hvormed der er meget begrænset erfaring fra lignende internationale projekter. Det vurderes således at projekteringen med stor sandsynlighed vil kræve højt specialiserede og usædvanlige design-tekniske løsninger, som ikke er gennemført før.

4.4.4.2 Udførelse

Projektrisikobidraget vurderes som **Højt**, når der er tale om en konstruktion, som med hensyn til type og størrelse er særdeles usædvanlig, og hvormed der er meget begrænset erfaring fra lignende internationale projekter. Det vurderes således, at udførelsen med stor sandsynlighed vil kræve højt specialiserede og usædvanlige anlægstekniske udførelsesmetoder, som ikke er gennemført før.

4.4.4.3 Geoteknik

Projektrisikobidraget hidrørende fra geotekniske forhold vurderes som **Højt**, når der er klare indikationer af omfangsrige forekomster af f.eks. blød bund eller plastisk ler, som vil kunne medføre markante fordyrelser af designet eller af udførelsen, og at disse ikke kan kvantificeres tilstrækkeligt og dermed indarbejdes i anlægsoverslaget i nærværende forundersøgningsfase.

4.4.4.4 Luftkvalitet i tunneler

Projektrisikobidraget vurderes som **Højt**, hvis der i normalt forekommende trafikale spidsbelastningssituationer vurderes at være nødvendigt at regulere trafikmængden i tunnelen for at kunne opnå en luftkvalitet i tunnelen, som lever op til kravene i sammenlignelige Europæiske lande (i mangel på danske normkrav for luftkvalitet i tunneler).

4.4.4.5 Sejladsforhold

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.

4.4.4.6 Skibsstød

Projektrisikobidraget hidrørende fra skibsstød vurderes som **Højt**, når:

- 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 kollisionsscenerier.

For hver løsning er der foretaget en kategorisering af de enkelte projektrisikobidrag i henhold til ovenstående niveauer. Resultatet heraf er sammenfattet i afsnit 11.

5. GEOTEKNISKE FORHOLD

I foråret 2023 gennemførte Sund & Bælt en indledende geofysisk undersøgelse af forundersøgelsesområdet for den faste forbindelse mellem Als og Fyn. Den geofysiske undersøgelse blev udført af GEUS. Den overordnede geologi er vist på de geologiske længdesnit angivet i Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Korridor og geologiske længdesnit

Korridor	Forbindelsestype	Tegning / Geologisk længdesnit
Horne til Fynshav		
ALA01	Sænketunnel	AF-A-TG-ALA01-001.pdf
ALA02	Bro	AF-A-TG-ALA02-001.pdf
ALA03	Boret tunnel	AF-A-TG-ALA03-001.pdf
ALA04	Sænketunnel	AF-A-TG-ALA04-001.pdf
ALA05	Kombination af sænketunnel og bro	AF-A-TG-ALA05-001.pdf
ALA11	Boret tunnel	AF-A-TG-ALA11-001.pdf
Horne til Tranerodde		
ALA07	Bro	AF-A-TG-ALA07-001.pdf
ALA09	Sænketunnel	AF-A-TG-ALA09-001.pdf
ALA10	Boret tunnel	AF-A-TG-ALA10-001.pdf

Der er ikke gennemført geotekniske undersøgelser for den faste forbindelse mellem Als og Fyn, hvorfor geotekniske materialeparametre ikke kan fastlægges for jordarterne beskrevet i den geofysiske undersøgelsesrapport, ref. [1], og vist på de geologiske længdesnit.

I 2014 gennemførte Energinet en geofysisk undersøgelse for to mulige kabelruter mellem Horne Næs og Fynshav, ref. [4]. Denne undersøgelse omfatter ligeledes 16 stk. 3 m - 5 m vibrocore. Vibrocore prøverne er geologisk beskrevet og der er udført klassifikationsforsøg på udvalgte prøver. I marts 2018 gennemførte Sønderborg Forsyning indledende geotekniske undersøgelser for vindmølleparken Lillebælt Syd, beliggende nord for den påtænkte faste forbindelse, ref. [5] og [6].



Figur 5-1 Illustration af undersøgelsesområder dvs. sejl/undersøgelseslinjer for GEUS' indledende geofysiske undersøgelse udført i 2023. Afstanden mellem sejl/undersøgelseslinjer er ca. 1 km. Undersøgelseskorridorerne for Energinets undersøgelse for kabelrute mellem Fyn og Als vist med rødt. Undersøgelsesområdet for vindmølleparken Lillebælt Syd indikeret nord for Als-Fyn undersøgelsesområdet.

Vanddybden på størstedelen af strækningen mellem Horne og Fynshav er mellem 35 m og 42 m. På strækningen mellem Horne og Tranerodde er vanddybden ca. 30 m.

Øverst træffes mellem 5 og 10 m postglaciale (Holocæne) marine sedimenter, primært bestående af gytje. Enkelte steder er tykkelsen op til ca. 15 m, se Figur 5-2. Under gytjen træffes postglaciale (Holocæne) brakvandssedimenter som primært består af organiskrige kohæsive (lerede) sedimenter. Tykkelsen af brakvandssedimenterne er maksimalt 5 m.

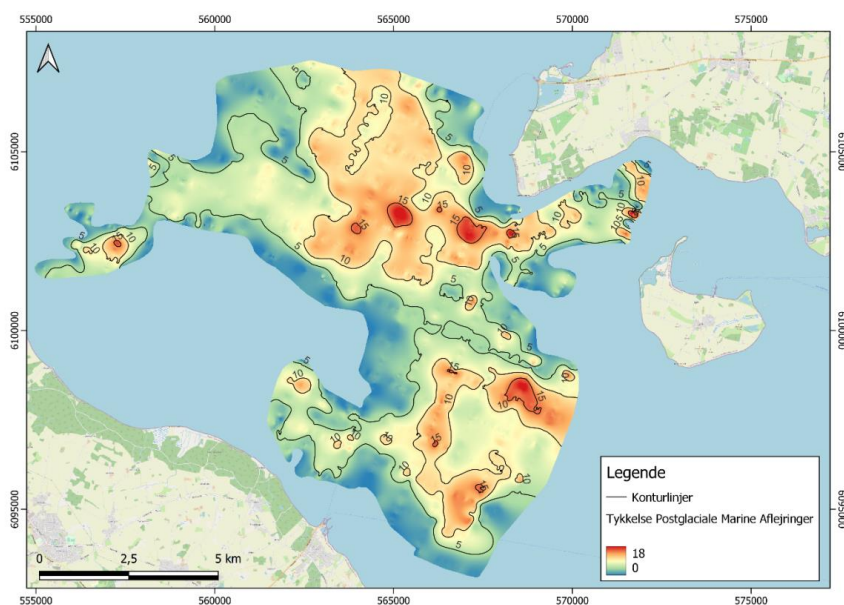
Under de postglaciale sedimenter træffes generelt senglaciale aflejringer. Disse består øverst af lerede søaflejringer (ferskvandsler/smeltevandsler). Under den senglaciale ler træffes i store dele af forundersøgelsesområdet senglaciale smeltevandssand. Under de senglaciale aflejringer træffes glaciale aflejringer primært bestående af moræneler. Dog træffes der på en strækning ca. 3 til 5 km øst for Als, ved Søndre Stenrøn, Lillebæltssler under de glaciale aflejringer. Lillebæltssleret træffes mellem 10 m og 20 m under havbunden. Områder hvor der er truffet Lillebæltssler er vist på Figur 5-3. Der er kun truffet Lillebæltssler ved de fem sydlige korridorer, dvs. ALA01 – ALA05. Korridoren for ALA11 er valgt således at den borede tunnel føres syd om området hvor der er truffet Lillebæltssler, se Figur 5-3.

I områder hvor de øverste marine og organiske-holdige postglaciale aflejringer har en tykkelse på mere end ca. 6 m forekommer der ofte gas som følge af nedbrydning af det organiske materiale. Dette benævnes normalt "shallow gas". På Figur 5-4 er illustreret hvor der er truffet "shallow gas" i undersøgelsesområdet. Det ses at der er truffet "shallow gas" i størstedelen af undersøgelsesområdet. Ved bestemmelse af tykkelsen af de øvre gasholdige jordlag er der anvendt konservative seismiske hastigheder således at den viste tykkelse af de postglaciale aflejringer er den maksimale tykkelse. Det vurderes således, at den virkelige tykkelse vil vise sig at være reduceret når der er gennemført geotekniske undersøgelser og resultaterne af geotekniske og geofysiske undersøgelser korreleres.

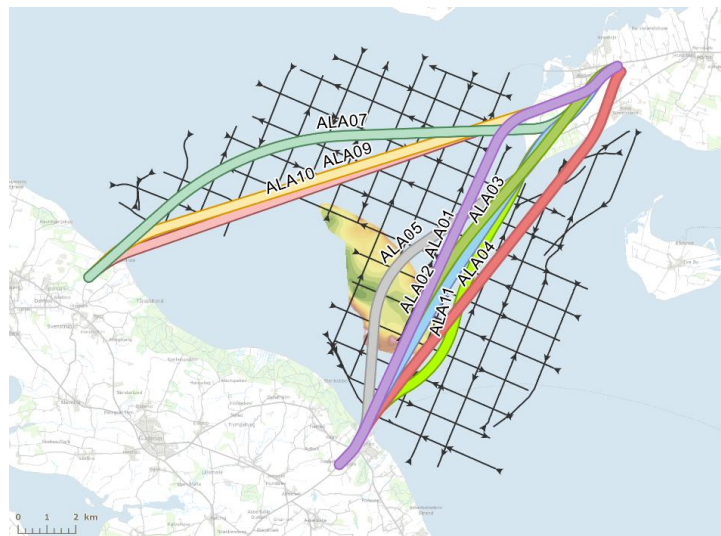
Et par km syd for undersøgelsesområdet er der i 2013 udført en ca. 170 m dyb boring, IOPD M0059 (The Intergrated Ocean Drilling Program). I denne boring træffes der øverst ca. 50 m postglaciale marine sedimenter, gytje. Gytjen underlejres af senglaciale og glaciale aflejringer og der træffes kridt/kalk ca. 170 m under havbunden. Store forekomsterne af gytje vurderes ikke at være repræsentative for undersøgelsesområdet og denne boring er ikke relevant for geologien i undersøgelsesområdet. Men det ses, at i det sydlige Lillebælt kan forventes meget store variationer i jordbundsforhold / geologi over relativ korte afstande.

Det ses af bl.a. Figur 5-1 at den geofysiske undersøgelse udført i 2023 for Als-Fyn projektet, ref. [1], ikke er ført helt ind til land ved Tranerødde på Als. Det ses af de geologiske længdesnit, at den geologiske model stopper ca. 2 km fra kysten ved Tranerødde. Oversiden af de glaciale aflejringer ud for Tranerødde er vurderet på baggrund af de geologiske forhold i området, bl.a. hældning og dybde af glaciale aflejringer i den geologiske model, vanddybder, hældning af eksisterende havbund mm. Den kystnære del af vurderingen er udført på baggrund af de geotekniske undersøgelser udført ved Himmarnstrand, ref. [9]. Ved kysten træffes oversiden af de glaciale aflejringer ca. i kote -1 m. Oversiden af de glaciale aflejringer er herefter svagt hældende til ca. kote -7 m ca. 150 m fra kysten. Herefter falder oversiden af den glaciale aflejringer til ca. kote -11 m ca. 180 m fra kysten. Herefter, dvs. i området mellem de kystnære undersøgelser og den geologiske model, estimeres oversiden af de glaciale aflejringer på baggrund som beskrevet ovenfor.

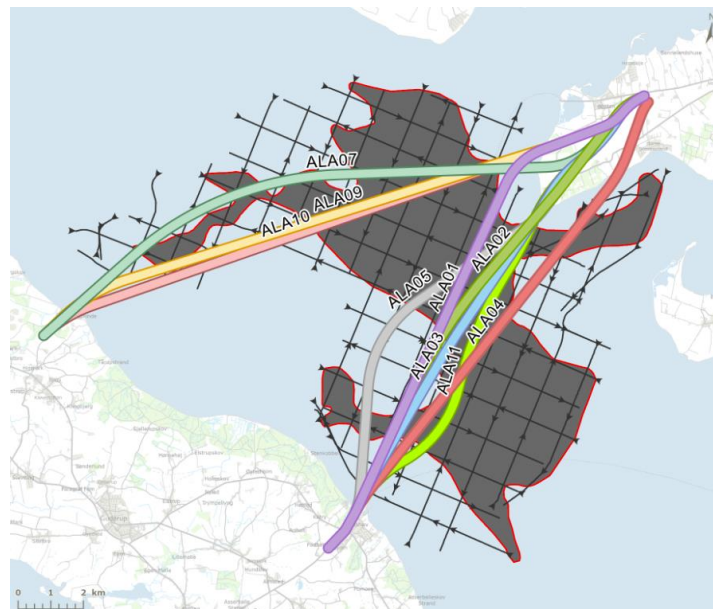
Resultaterne af de ovenfor nævnte geotekniske undersøgelser er anvendt til at vurdere og bestemme indledende materialeparametre for jordlagene beskrevet i den indledende geofysiske undersøgelse, ref. [1]. Da der ikke er udført geotekniske undersøgelser i forundersøgelsesområdet for den faste forbindelse mellem Als og Fyn er alle indledende materialeparametre bestemt på baggrund af ingeniørmæssige vurderinger/valg samt erfaringer med lignende jordlag. For en mere detaljeret beskrivelse af geologien, udledning af indledende materialeparametre mm, henvises til den Geotekniske vurderingsrapport, ref. [2].



Figur 5-2 Tykkelse af postglaciale (Holocæne) marine sedimenter, gytje, ref. [1].



Figur 5-3 Illustration af områder med Lillebæltsler, ref. [2].



Figur 5-4 Illustration af områder med "shallow gas", ref. [2].

5.1 Anlægstekniske konsekvenser

Geologiske og geotekniske forhold kan påvirke de forskellige anlægskonstruktioner på forskellige måder. Nedenfor gives en kort vurdering af hvordan forskellige jordarter påvirker funderingsprincipper og anlægsmetoder.

5.1.1 Sænketunneler

Generelt vurderes senglaciale og glacielle aflejringer at udgøre overside af bæredygtige lag, som er egnede til direkte fundering af sænketunneler. I størstedelen af forundersøgningsområdet og i sænketunnel korridorerne træffes oversiden af de bæredygtige lag maksimalt 10 m under havbunden. Men på en ca. 2 km stækning vest for Horne Vest træffes de bæredygtige lag ca. 15 m under havbunden. Syd for Søndre Stenrøn træffes et område med palæogent Lillebæltssler. Lillebæltssleret er skubbet op af isen og stillet på skrå som blokke/flager der efterfølgende er dækket af forholdsvis tynde lag af senglaciale og glacielle aflejringer. Den plastiske palæogene Lillebæltssler udviser ofte stort sætning- og svelningspotentiale ved hhv. belastning og aflastning. Dette kan betyde store differensbevægelser over korte afstande, både i tunnelens længde- og tværetning.

Tunnelrenden udgraves hovedsageligt i bløde postglaciale marine aflejringer og et par meter i de bæredygtige senglaciale og/eller glacielle aflejringer. I de bløde postglaciale marine aflejringer vurderes det, at tunnelrenden kan udgraves med skåninger på mellem 18° og 11°, svarende til hhv. anlæg A=3 og A=5. Udgravning i de intakte senglaciale og glacielle aflejringer kan udføres med stejle skråninger. For den anlægstekniske forundersøgelse er der for udgravningsskråningerne lavet en gennemsnitsbetragtning til brug for mængdeberegninger og anlægsoverslag. I alle jordlag er udgravningsskråninger antaget til 14°, svarende til anlæg A=4,0.

Ved kysten på Fyn træffes der stejle kystskrænter og ved ilandføringspunkterne træffes der generelt gode funderingsforhold som primært består af intakt moræneler samt mindre lag af smeltevandssand. Grundet de høje kystnære skråninger må der forventes højtliggende vandspejl som kan påvirke anlægsarbejderne samt den endelige udformning af ramper mm.

Ved ilandføringspunkterne ved Fynshav træffes der primært moræneler og derfor vurderes funderingsforholdene at være gode. Ved ilandføringspunktet ved Tranerødde er geologien ukendt men det vurderes, at der under nogle få meter postglaciale aflejringer træffes intakt moræneler. På land træffes ligeledes primært moræneler, men i området vest for ilandføringspunktet Tranerødde træffes der ligeledes mindre områder med postglacial ferskvandsgytje og -tørv. Det vurderes, at postglaciale sedimenter skal bortgraves.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen vurderes for sænketunneler i de sydlige korridorer at være **Forhøjet** mens det i den nordlige korridor vurderes at være **Forventeligt**.

5.1.2 Borede tunneler

På grund af den høje og stejle kystskrænt på Fyn etableres den første ca. 0,5 km af forbindelsen i trug/afgravning. Start skakten etableres ca. 0,5 km inde i land. Ved trug og start skaktene forventes gode funderingsforhold som primært består af intakt moræneler med indslag af smeltevandssand. Der må forventes højtliggende vandspejl ved trug og start skakten som kan påvirke udstrækning af evt. nødvendig opdriftssikring.

De borede tunneler bores hovedsageligt i moræneler eller senglacielt sand eller -ler. Langs kysterne samt på den vestlige del bores der primært i moræneler mens der på den østlige del primært bores i

senglaciale aflejringer. De intakte moræneaflejringer, vurderes at være sammenlignelige med forholdene ved Storebælt. Der kan forekomme større sten i både de senglaciale og glacielle aflejringer og disse kan forårsage forsinkelse af borearbejdet. Mængderne og risikoen for store sten kan vurderes på baggrund af erfaringer fra bl.a. Storebælt og Femern.

Ved Fynshav etableres der godt 0,5 km trug og "cut & cover" ramper. Skakten etableres i området nord for den eksisterende færgehavn. Under eksisterende havbund forventes primært intakt moræneler. Ved ilandføringene ved Tranerodde etableres knap 1 km "cut & cover", trug og vej i afgravning. Skakten etableres ved den eksisterende kystlinje. Både skakten, "cut & cover" rampe og trug forventes udført i intakt moræneler. Der kan dog forventes mindre terrænnære områder bestående af postglacial ferskvandsgytje og -tørv.

For ALA-03 bores der syd for Søndre Stenrøn gennem palæogent Lillebæltssler. Lillebæltssleret er skubbet op af isen og stillet på skrå som blokke/flager der efterfølgende er dækket af forholdsvis tynde lag af senglaciale og glacielle aflejringer. Den plastiske palæogene Lillebæltssler udviser ofte stort sætning- og svelningspotentiale ved hhv. belastning og aflastning. Dette kan betyde store differensbevægelser over korte afstande. Det er på nuværende tidspunkt også usikkert hvordan den plastiske Lillebæltssler "reagerer" på tunnelboremaskinen og etablering af tværtunneler. Korridoren for ALA11 er valgt således, at den borede tunnel føres syd om området hvor der er truffet Lillebæltssler.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for borede tunneler udført i sydlige korridorer hvor der bores gennem områder med Lillebæltssler vurderes at være **Højt**. Føres den borede tunnel syd om området med Lillebæltssler, dvs. ALA11, vurderes geoteknikkens bidrag til projektrisikoen at være **Forventeligt**.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for borede tunneler i den nordlige korridor vurderes at være **Forventeligt**.

5.1.3 Brofundering

Generelt vurderes sen-glaciale og glaci-ale aflejringer at udgøre overside af bæredygtige lag. Ved kysterne på både Als og Fyn vurderes det, at bro-piller kan funderes direkte på sen-glaciale og glaci-ale aflejringer. Hvis fremtidig geotekniske undersøgelser viser, at de intakte (sen)glaci-ale aflejringer ikke har tilstrækkelig styrke kan de kystnære fundamenter evt. funderes på præfabrikerede rammede beton-pæle, enten som traditionel pæle-fundering eller som jordforstærkning.

På den dybe og centrale del af korridorerne funderes broen på store borede pæle. På størstedelen af strækningen bores pælene i sen-glaciale og glaci-ale aflejringer. For korridor ALA02 og ALA05 træffes der på strækningen syd for Søndre Stenrøn store forekomster af Lillebæltsler. I områder med Lillebæltsler må der forventes sætningsforløb der løber over mange år, måske hele broens levetid.

Der kan forekomme større sten i både de sen-glaciale og glaci-ale aflejringer og disse kan for-sage forhindring/forsinkelse i forbindelse med pæle-installationen. Mængderne og risikoen for store sten kan vurderes på baggrund af erfaringer fra bl.a. Storebælt og Femern.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen vurderes for en fast forbindelse bestående af en bro-løsning i korridor ALA02 og ALA05 at være **Forhøjet** mens geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro-løsning i korridor ALA07 vurderes at være **Forventeligt**.

6. TVÆRSNITSOPBYGNING

Projektet har gennemgået en proces, hvor formålet har været at være at bestemme hvilket tværsnit hhv. tunnellsningen og broløsningen bør have for netop at opfylde de nødvendige sikkerheds- og redningsmæssige krav samt de vejtekniske krav for udformning af et vejanlæg under de givne betingelser, som er på lokaliteten. Der er taget udgangspunkt i motortrafikvej med en skiltet hastighed på 90 km/t jf. Design Basis [13] og et dagligt trafiktal på 18.000 køretøjer. Nævnte trafik tal bygger på et maksimalt scenarie, hvor der ikke afkræves afgift for at benytte forbindelsen. Til sammenligning passerer ca. 36.000 køretøjer dagligt Storebæltsbroen. Ydermere er Storebæltsforbindelsen en del af en det primære Transeuropæiske vejnet TEN-T hvor en helt eller delvis nedlukning af forbindelsen har store konsekvenser for den generelle fremkommelighed på tværs af landet. I udgangspunktet vil en 2-sporet vej med et spor i hver retning yde tilstrækkelig kapacitet på strækningen i forhold til trafikmængden. Et dagligt trafiktal på 18.000 køretøjer svarer til en spidstidbelastning på strækningen på maksimalt 2100 person pe/h (person ækvivalenter/time), mens kapaciteten på en 2-sporet vej under ideelle forhold er 2800 pe/h i begge retninger til sammen, når man kigger på en forbindelse anlagt på åbent land. For en kyst-kyst forbindelse findes andre betingelser for at kunne opretholde kravene til sikkerhed og redning, hvorfor projektet har søgt at specificere en tværsnitsudformning, hvor størrelsen tager udgangspunkt i at opfylde de sikkerheds- og redningsmæssige samt trafiktekniske krav sammenholdt med krav til niveauet af fremkommelighed af forbindelsen. Formålet med processen til bestemmelse af forbindelsens tværsnit har således været at gøre det muligt for projektet at belyse forholdet mellem funktionalitet og økonomi i forhold til bredden af tværsnittets indflydelse på anlægsomkostningen. Når man kigger på andre fast forbindelser i Danmark som for eksempel Øresundstunnelen og Dronning Mary's Bro, har disse to kørebaner samt en bred kantbane i hver retning.

Fremkommeligheden på forbindelsen kan blive begrænset i forbindelse med f.eks. mindre færdselsuheld og løbende vedligeholdelsesarbejder. I forbindelse med fremkommeligheden er der ikke kigget på større uheldsscenarioer som f.eks. brand og heraf følgende konsekvenser for fremkommelighed. Denne typer hændelser vurderes for nuværende at påvirke løsningerne i forhold til tværsnitsudformningen ensartet.

I dette afsnit beskrives de i denne rapport anvendte tværsnit og tilhørende vurdering af fremkommeligheden ved de forskellige tværsnit. Projektet er primært bygget op omkring et basistværsnit, som er det mindst muligt tilladelige fra et rednings- og sikkerhedsperspektiv samt krav om opfyldelse af de danske Vejregler. I forhold til vejreglerne benytter disse en skellen mellem minimumsbredde og anbefalet bredde, disse begreber tager udgangspunkt i at vejtekniske optimale forhold skal være til stede for at man kan anvende minimumsbredder.

Yderligere er der udarbejdet alternative tværsnit, som vil øge fremkommeligheden for både forudsete (drift & vedligehold) og uforudsete hændelser (ulykker). Konsekvenserne af reduktionen af fremkommeligheden under vedligeholdelsesarbejder kan minimeres ved at planlægge at udføre vedligeholdelsesarbejderne som natarbejde eller generelt på tidspunkter hvor trafikmængden forventes lav.

I Tabel 6-1 er det angivet hvilke tværsnitsvarianter projektet har valgt at undersøge.

Tabel 6-1 Basisløsning samt alternative tværsnit for de forskellige konstruktionstyper. Det skal bemærkes at vurderingerne gælder for hændelsen hvor der er spæret for trafikken i det ene tunnelrør eller på den ene brohalvdel.

	Basistværsnit	Tilvalg 1	Tilvalg 2	Tilvalg 3	Tilvalg 4
Bro	<u>10,6 m</u> 1+1 løsning uden nødspor, uden midterautoværn . Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler uden mulighed for dobbeltrettede trafik	<u>11,45 m</u> 2+1 løsning uden nødspor uden midterautoværn Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltrettede trafik (60 km/t)	<u>15 m</u> 1+1 løsning med nødspor med midterautoværn Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler uden mulighed for dobbeltrettede trafik (60 km/t)	<u>15,9 m</u> 2+2 løsning uden nødspor uden midterautoværn Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltrettet trafik (60 km/t)	<u>18 m</u> 2+2 løsning uden nødspor med midterautoværn Anbefalet bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltrettet trafik (80 km/t)
Sænketunnel	2x5,8 m = <u>11,6 m</u> 1 kørebane Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler uden mulighed for dobbeltrettede trafik	2x7,95 m = <u>15,9 m</u> 2 kørebaner Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltrettet trafik (60 km/t)	2x9 m = <u>18 m</u> 2 kørebaner Anbefalet bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltrettet trafik (80 km/t)		
Boret tunnel	2x 7,7 m = <u>15,4 m</u> 1 kørebane + 1 nødspor Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler uden mulighed for dobbeltrettede trafik	2x7,95 m = <u>15,9 m</u> 2 kørebaner Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltrettet trafik (60 km/t)	2x9 m = <u>18 m</u> 2 kørebaner Anbefalet bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltrettet trafik (80 km/t)		

Fremkommeligheden af de forskellige tværsnit vil blive vurderet ud fra nedenstående kriterier.

Dårlig

Fuldstændig nedlukning af trafik i én retning, der medfører at trafik for den lukkede retning skal omlægges til en anden rute.

Ringe

Behov for stor hastighedsnedsættelse af trafikken i begge retninger og med afvikling med reducerede pladsforhold uden midterautoværn for broløsning og midtervæg for tunnel løsning

Rimelig

Behov for mindre eller ingen hastighedsnedsættelse af trafikken og afvikling med reducerede pladsforhold uden midterautoværn for broløsning og midtervæg for tunnel løsning

God

Behov for mindre eller ingen hastighedsnedsættelse af trafikken og afvikling med adskillelse af midterautoværn for broløsning og midtervæg for tunnel løsning.

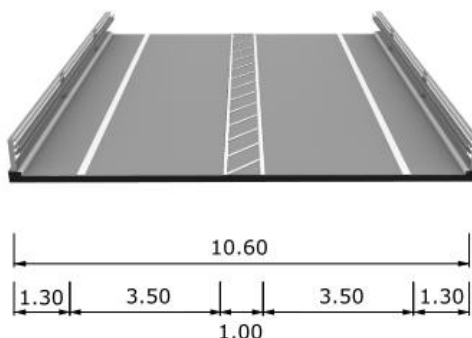
6.1 Bro

6.1.1 Vejbanetværsnit

Der er forudsat fem vejbanetværsnitsløsninger for krydsningen. Hver løsning er beskrevet i afsnit nedenfor.

6.1.1.1 2-sporet løsning uden nødspor og uden midterautoværn

Ud fra en vejteknisk vurdering er det fastlagt, at tværsnit for vejanlægget på broen som minimum bør have en bredde på 10,6 m, se Figur 6-1. Dette tværsnit består af to kørespor med en bredde på 3,5 m, to 1,3 m en 1,3 m bred kantbane i hver side af tværsnittet samt en 1 m bred midterrabat.



Figur 6-1 Basisløsning - minimumsbredde af 2-sporet løsning uden nødspor og uden midterautoværn for broløsning.

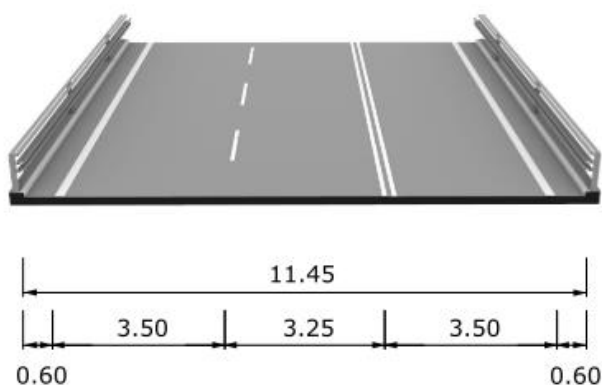
Dette vejprofil betragtes på nuværende tidspunkt, og i denne rapport, som basisløsningen for broløsningerne. Der er dog visse udfordringer ved dette smalle profil sammenlignet med bredere vejprofiler, som følger:

- Sikkerheds- og redningssituationer besværliggøres, idet det ikke vil være muligt for redningskøretøjer at vende uden at påvirke trafikken i begge retninger på forbindelsen. Yderligere kan to køretøjer ikke passere hinanden på et halvt brodæk, hvilket ligeledes vil udfordre redningssituationen
- Fremkommeligheden påvirkes negativt, da køretøjer, der er gået i stå på forbindelsen ved almindelige hændelser som punktering, tom brændstoftank eller tabt gods, ikke kan passeres uden anvendelse af modsatte kørespor. Trafikanterne bag det havarerede køretøj vil ikke kunne fortsætte deres færd førend det stoppede køretøj er blevet bugseret væk.
- Almindelig drift- og vedligeholdelse på forbindelsen vil påvirke fremkommeligheden i større grad, da den pågældende trafikretning vil være lukket imens arbejdet foregår.

Vedligeholdelsesarbejderne bør planlægges så de foregår på tidspunkter med lav trafikintensitet som f.eks om natten. I disse perioder vil broen lukkes kortvarigt udenfor travle perioder for at begrænse påvirkningen af fremkommeligheden.

6.1.1.2 Minimumsbredde for 2+1 løsning uden nødspor og uden midterautoværn

Der kan opnås en bedre fremkommelighed ved en løsning, som har to spor skiftevis i hver af trafikretningerne med et spor i modsatte retning (2+1 vej). Ud fra en vejteknisk vurdering giver denne løsning en samlet bredde af vejprofilen på minimum 11,45 m, se Figur 6-2. Vejprofilen består af to kørespor med en bredde på 3,5 m, et 0,6 m bred kantbane i hver side, samt et ekstra 3,25 m bredt kørespor i midten, som kan benyttes i hhv. den ene eller anden trafikretning.



Figur 6-2 Tilvalg 1 - minimumsbredde af 2+1 løsning uden nødspor og uden midterautoværn for broløsning.

- I Sikkerheds- og redningssituationer er det muligt for redningskøretøjer at vende uden at påvirke trafikken i den modsatte retning, i denne situation vil det midterste kørespor inddrages som del af redningsarealet (desuagtet hvilken retning trafikken normalt afvikles i det spor), og den modsatrettede trafik afvikles i ét spor hen over forbindelsen
 - Fremkommeligheden vil være forbedret i forhold til basisløsningen da et køretøj der er gået i stå på strækninger med to spor i køretøjets retning ved typiske hændelser som punktering, tom brændstoftank eller tabt gods, kan passeres af den øvrige trafik. På strækninger med kun ét spor i retningen med nedbrud, vil trafikanterne bag det havarerede køretøj ikke kunne fortsætte deres færd førend det stoppede køretøj er blevet bugseret væk.
- Almindelig drift- og vedligeholdelse af broløsningen kan forventeligt udføres med begrænset påvirkning af fremkommeligheden da midtersporet kan benyttes således trafikken kan afvikles i ét spor i hver retning i disse perioder.

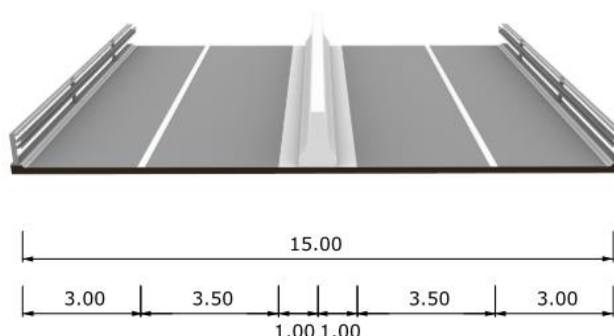
Denne løsning kan med fordel kombineres med anvendelse af ITS-signaler, hvorved kørselsretningen af det midterste kørespor kan ændres dynamisk ifm. nedbrud af køretøjer, drift såvel som redningssituationer.

Dette vejprofil skal ses som et tilvalg, Tilvalg 1, da anlægsprisen for projektet vil blive større i forhold til basisløsningen.

Dette vejprofil er det mindst mulige jf. Vejregler, hvis det skal være muligt at afvikle dobbeltrettet trafik på den ene halvdel af brodækket, dog med nedsat hastighed svarende til 60 km/t. For at mindske nogle af ovenstående mulige udfordringer, kan vejprofilet gøres bredere, som vist i Figur 6-4.

6.1.1.3 Minimumsbredde for 1+1 løsning med nødspor og med midterautoværn

Der kan opnås en bedre fremkommelighed og sikkerhed ved en løsning, som har 1 spor samt nødspor i hver retning samt et autoværn. Ud fra en vejteknisk vurdering giver denne løsning en samlet bredde af vejprofilet på minimum 15,00 m, se Figur 6-3. Vejprofilet består af to kørespor med en bredde på 3,5 m og et 3,0 m nødspor i hver side.



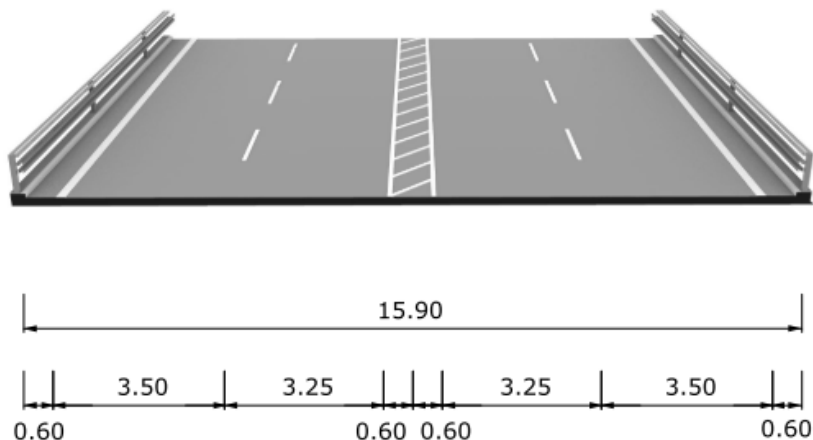
Figur 6-3 Tilvalg 1a - minimumsbredde af 1+1 løsning med nødspor og med midterautoværn for broløsning.

- I Sikkerheds- og redningssituationer er det muligt for redningskøretøjer at vende uden at påvirke trafikken i den modsatte retning.
- Fremkommeligheden er forbedret i forhold til basistværsnittet idet køretøjer, der er gået i stå på forbindelsen ved almindelige hændelser som punktering, tom brændstoftank eller tabt gods, kan benytte nødsporet.
- Almindelig drift- og vedligeholdelse på forbindelsen vil påvirke fremkommeligheden i større grad, da den pågældende trafikretning vil være lukket imens arbejdet foregår. Det er ikke muligt at afvikle dobbeltrettet trafik på en bredde svarende til en halv brobredde. Vedligeholdelsesarbejderne bør planlægges at foregå på tidspunkter med lav trafikintensitet som f.eks. om natten. I disse driftsperioder vil broen lukkes kortvarigt udenfor travle perioder for at begrænse påvirkningen af fremkommeligheden.
- Tilstedeværelsen af autoværnet bevirker at ulykker ikke kan påvirke trafikken i den modsatte retning.

Dette vejprofil skal ses som et tilvalg, Tilvalg 1a, da anlægsprisen for projektet vil blive større i forhold til basisløsningen.

6.1.1.4 Minimumsbredde for 4-sporet løsning uden nødspor og uden midterautoværn

Der kan opnås en yderligere forbedret fremkommelighed ved en løsning, som har to kørespor i hver trafikretning. Ud fra en vejteknisk vurdering giver denne løsning en samlet bredde af vejprofilet på minimum 15,9 m, se Figur 6-4. Tværprofilet består her af to kørespor med en bredde på hhv. 3,5 m og 3,25 i hver færdelsesretning, 0,6 m kant bredde i hver side samt en 1,2 m midterrabat.



Figur 6-4 Tilvalg 2 - minimumsbredde af 4-sporet vej uden nødspejls uden midterautoværn for brosløsning.

De primære fordele ved dette bredere tværsnit er følgende:

- Der er mere plads at manøvrere i forberedelsen i tilfælde af uheld og ulykker.
- Det er muligt at håndtere trafikken i begge retninger på halvdelen af broen, således at det ikke lige så ofte vil være nødvendigt at lukke trafikken i den ene retning ved vedligehold eller uheld/ulykker. Fremkommeligheden vil forbedres markant.

Trafikken i de to retninger på broen er ikke adskilt af autoværn, som vil give en fleksibilitet i forhold til manøvreplads i forbindelse med rednings- og rydningsituationer på broen.

Etablering af autoværn mellem køreretningerne vil dog minimere risikoen for alvorlige eller fatale ulykker ved frontalsammenstød. Ved etablering af autoværn opnås en fysisk og mere veldefineret adskillelse mellem de to køreretninger som vil være en sikkerhedsmæssig fordel samt øge trygheden under drift- og vedligeholdelsesarbejder. Sandsynligheden vil være større for at færdselsuheld kun påvirker en retning og dermed også gøre forholdene under redning- og rydningsarbejderne mere enkle.

Dette vejprofil er det mindst mulige jf. Vejregler, hvis det skal være muligt at afvikle dobbeltrettet trafik i en retning med en hastighed på 80 km/t.

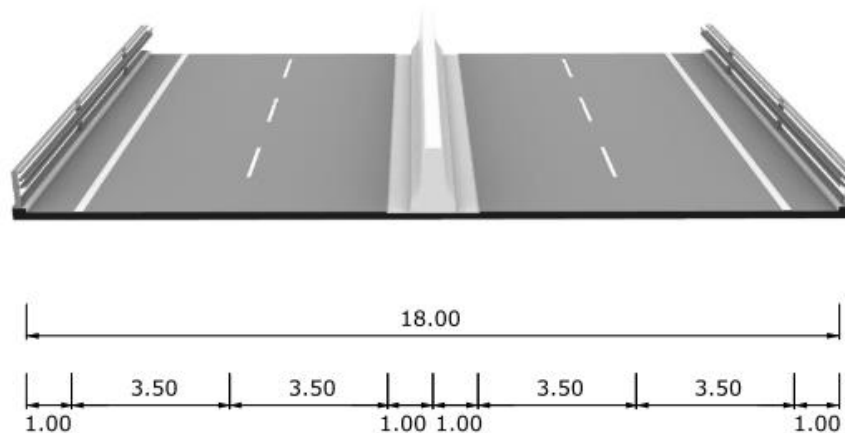
Dette vejprofil skal ligeledes ses som et tilvalg, Tilvalg 2, da anlægsprisen for projektet vil blive større i forhold til basisløsningen.

For at forbedre specielt fremkommeligheden yderligere, kan vejprofilet gøres lidt bredere som vist i Figur 6-5.

6.1.1.5 Anbefalet bredde af 4-sporet løsning uden nødspejls og med midterautoværn

Der kan opnås en yderligere forbedret fremkommelighed ved en løsning, som har bredere kørespor i hver af trafikretningerne, samt bredere kantbaner og midterabat. Ud fra en vejteknisk vurdering giver denne løsning en samlet bredde af vejprofilet på minimum 18 m, se Figur 6-5. Tværprofilet består af to

kørespor med en bredde på hhv. 2 x 3,5 m i hver kørselsretning, en 1 m bred kantbane i hver side, og en 2 m midterrabat.



Figur 6-5 Tilvalg 3 - anbefalet bredde af 4-sporet vej uden nødspor og med midterautoværn for broløsning.

- Der er mere plads at manøvrere i for beredskabet i tilfælde af uheld og ulykker.
- Det er muligt at håndtere trafikken i begge retninger på halvdelen af broen, således at det ikke lige så ofte vil være nødvendigt at lukke trafikken i den ene retning ved vedligeholdelsesarbejder eller uheld/ulykker. Fremkommeligheden vil forberedes markant.
- Den fysiske adskillelse af de to retninger med midterautoværn bevirker en mere veldefineret opdeling af arealerne ved hhv. drift- og vedligeholdelsesarbejder samt redning- og rydningssituationer

Dette vejprofil skal ses som et tilvalg, Tilvalg 3, da anlægsprisen for projektet vil blive større i forhold til basisløsningen.

6.2 Vurderingskriterier

6.2.1.1 Fremkommelighed

Fremkommelighed vurderes ud fra kriterierne jf. afsnit 6. Vurderingskriterier mht. fremkommelighed er vurderet ud fra udformningen af tværsnittet:

Fremkommelighed (Forudsete og uforudsete hændelser)

Dårlig for basistværsnittet, da det kræver en fuldstændig nedlukning af trafik i én retning ved mindre vedligeholdelsesarbejder, der medfører trafik for den lukkede retning, som skal omlægges til anden rute

Ringe for Tilvalg 1, da der er behov for stor hastighedsnedsættelse af trafikken i begge retninger og afvikling med reducerede pladsforhold uden midteradskillelse. Trafikken påvirkes oftere i begge retninger under vedligeholdelsesarbejder.

Rimelig for Tilvalg 2 hvis der tilvælges etablering af dynamisk skiltning.

Rimelig for Tilvalg 3, da der er behov for mindre eller ingen hastighedsnedsættelse af trafikken og afvikling med reducerede pladsforhold uden midteradskillelse

God for Tilvalg 4, da der er behov for mindre eller ingen hastighedsnedsættelse med adskillelse af midterautoværn for broløsning

Sikkerhed- og redningskoncept

Projektrisikobidraget mht. sikkerhed- og redningskoncept er vurderet ud fra tværsnittets udformning og adgang for brandberedskab. For tunnelloøsningerne er der forudsat adgang gennem tværtunneler som anvendt på andre eksisterende undersøiske tunneler. For broløsningerne haves ikke tilsvarende problematik med særlige tiltag for at skabe adgang på tværs af de to færdselsretninger, idet de to færdselsretninger ikke er adskilte af en væg eller placeret i separate rør. Det er muligt at lave mobile midterautoværn, som eksempelvis anvendes på Storebælts forbindelsen.

Ringe for basistværsnittet for en broløsning, idet redningskøretøjer ikke kan vende uden at påvirke trafikken i begge retninger. Yderligere kan to køretøjer ikke komme forbi hinanden på en bredde der svarer til det halve tværsnit, hvilket også vil gøre redningssituationen udfordrende

Ringe for tilvalg 1, tværsnittet indeholder to kørebaner skiftevis i de to færdselsretninger. Redningskøretøjer kan vende uden at påvirke trafikken i begge retninger, såfremt de vender, hvor der er to spor til rådighed. To køretøjer kan komme forbi hinanden, hvor der er to spor, men muligheden foreligger ikke, hvis uheld sker, hvor den uheldsberørte færdselsretning er 1-spolet. Løsningen kan opnå en vurdering som **Rimelig** hvis der tilvælges etablering af dynamisk skiltning.

Rimelig for tilvalg 2, da dette tværsnit indeholder to kørebaner og det dermed er muligt for beredskabskøretøjer at vende og to beredskabskøretøjer kan passere hinanden uden at påvirke trafikken i den modsatte retning

Rimelig for tilvalg 3, da dette tværsnit indeholder to kørebaner og det dermed er muligt for beredskabskøretøjer at vende og to beredskabskøretøjer kan passere hinanden uden at påvirke trafikken i den modsatte retning

God for tilvalg 4, da dette tværsnit indeholder to kørebaner og det dermed er muligt for beredskabskøretøjer at vende og to beredskabskøretøjer kan passere hinanden uden at påvirke trafikken i den modsatte retning.

Det skal i en senere fase afklares hvorledes med relevante myndigheder hvorledes broen skal indrettes for at kunne fungere hensigtsmæssigt under redningssituationer.

6.2.2 Installationer

For en bro er installationerne sædvanligvis ikke dimensionsgivende for den geometriske udformning af brotværsnittet, som det er tilfældet for en tunnel, hvor der f.eks. skal være plads til ventilatorer og lednings- og pumpesystemer til håndtering af afvanding.

På broen vil der kunne blive tale om installationer til lys, afvanding og f.eks. diverse monitoringsudstyr med disse installationer vurderes at kunne indarbejdes i valgte tværsnit med mindre modifikationer, som ikke har afgørende på betydning på valg af den konstruktive broløsning på forundersøgelsesniveau.

6.2.3 Drift og vedligehold

I forhold til drift og vedligeholdelse vil disse normalvis blive foretaget ved spærring af relevante kørebaner således arbejdet kan udføres sikkerhedsmæssigt forsvarligt. Inspektioner af broens

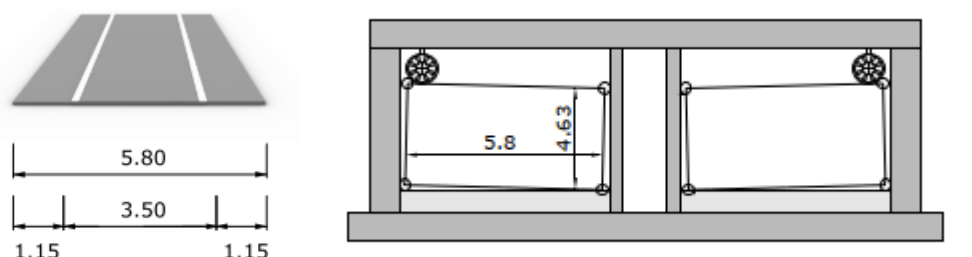
underbygning og broens underside vil kunne foregå uden af forstyrre trafikken ved brug af for eksempel inspektionsvogn og droner.

6.3 Tunnel

I det følgende vil udarbejdelsen af både basistværsnittet samt alternative tværsnit for hhv. sænketunnelen og den boret tunnelløsning præsenteres.

6.3.1 Vejbanetværsnit

Ud fra en vejteknisk vurdering er det bestemt, at vejen i hvert rør af tunnelen, som minimum skal have en bredde på 5,8 m for tunnel, jf. afsnit 6.3.2. i Vejregler [7] , som vist i Figur 6-6.

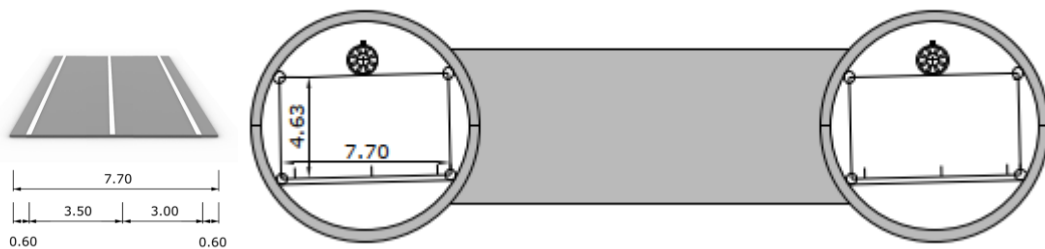


Figur 6-6 Basisløsning - minimum vejprofil for en sænketunnel.

Dette vejprofil betragtes på nuværende tidspunkt, og i denne rapport, som en basisløsning for en sænketunnel. Der er dog visse mulige udfordringer ved dette smalle profil sammenlignet med bredere vejprofiler, som præsenteres i det følgende.

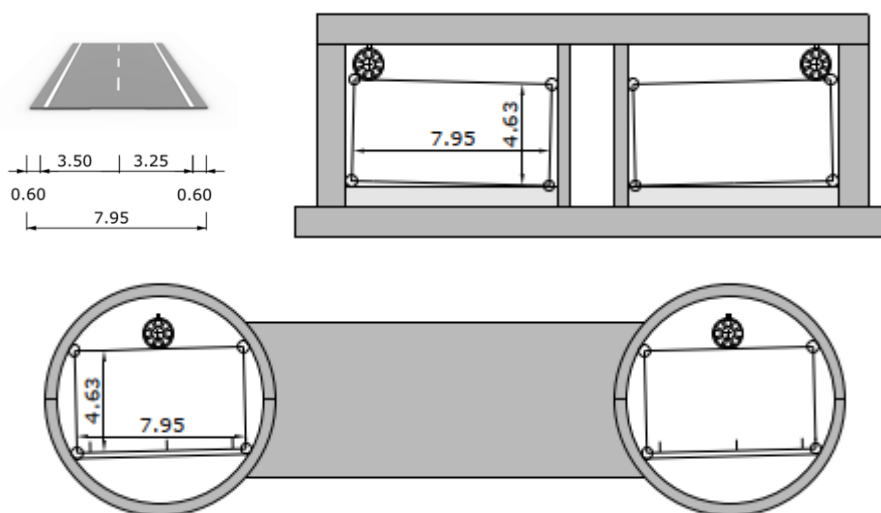
- Sikkerheds- og redningssituationer kan blive mere udfordrende, idet redningskøretøjer ikke kan vende inde i tunnelen.
- Fremkommeligheden påvirkes negativt, da det ikke vil være muligt at passere et køretøj der er gået i stå ved typiske hændelser som punktering, tom brændstoftank eller tabt gods. Trafikanterne bag det harverede køretøj skal således vente på at det stoppede køretøj bliver bugseret væk.
- Almindelig drift- og vedligeholdelse af tunnelen vil påvirke fremkommeligheden i større grad, da det vil være nødvendigt at lukke det pågældende rør. Vedligeholdelsesarbejderne kan evt. planlægges til at foregå om natten, hvor tunnelen fx lukkes kortvarigt udenfor travle perioder for at begrænse påvirkningen af fremkommeligheden. For sænketunnelen kan denne udfordring imødeses ved at etablere nicher i specialelementerne, men det vil ikke være muligt at etablere nicher i en tunnelløsning bestående af borede tunneler.

Grundet udfordringen med at etablere nicher i en boret tunnelløsning, indeholder basistværsnittet for denne tunnelløsning et nødspor, som vist i Figur 6-7.



Figur 6-7 Basisløsning - minimum vejprofil for en boret tunnel.

For at mindske nogle af ovenstående mulige udfordringer, kan vejprofilet gøres bredere, som vist i Figur 6-8. Dette vejprofil er det mindst mulige jf. Vejregler, hvis det skal være muligt at afvikle dobbeltrettede trafik i ét rør, dog med nedsat hastighed svarende til 60 km/t. Dette nye vejprofil skal ses som et tilvalg, Tilvalg 1, da anlægsprisen for projektet vil blive større.

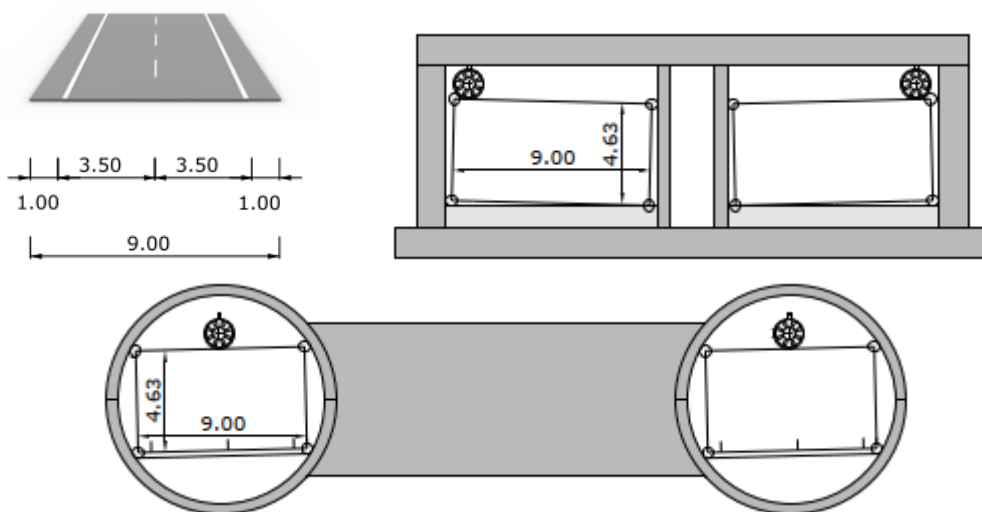


Figur 6-8 Tilvalg 1 - minimum vejprofil, hvis det skal være muligt at have dobbeltrettede trafik i ét rør.

De primære fordele ved dette bredere tværsnit er følgende:

- Der er mere plads at manøvrere i for beredskabet i tilfælde af uheld og ulykker.
- Det er muligt at håndtere trafikken i begge retninger i ét rør, således at det ikke lige så ofte vil være nødvendigt at lukke trafikken i den ene retning ved vedligehold eller uheld/ulykker. Fremkommeligheden vil forberedes markant.

For at forbedre specielt fremkommeligheden yderligere, kan vejprofilet gøres lidt bredere som vist i Figur 6-9. Dette vejprofil er det mindst mulige jf. Vejregler, hvis det skal være muligt at afvikle dobbeltrettede trafik i ét rør med en hastighed på 80 km/t. Dette andet nye vejprofil skal ligeledes ses som et tilvalg, Tilvalg 2, da anlægsprisen for projektet vil blive større.



Figur 6-9 Tilvalg 2 - anbefalet tværsnit jf. Vejregler, hvis det skal være muligt at have dobbelttrettede trafik i ét rør.

Den primære fordel ved dette vejprofil er den forbedret fremkommelighed. Derudover har de fleste lange tunneler et tværsnit svarende til dette, hvor det har været svært at finde relevante tunnel referenceprojekter for de mindre tværsnit.

6.3.2 Tunnelers drifts- og sikkerhedsforhold

I de følgende afsnit adresseres drifts- og sikkerhedsforhold, der er direkte afhængige af konstruktionstype, og som påvirker tunnelanlæggets udformning og anlægsøkonomi.

ÅDT (årsdøgntrafik) er anslået til 18.000 køretøjer. Nævnte ÅDT angiver et maksimalt scenarie, hvor det ikke koster penge at benytte forbindelsen. Andelen af tunge køretøjer antages at ligge på et normalt niveau. Der antages ikke at være kraftige myldretids-spidser i trafikken, som i væsentlig grad kan påvirke trafikafviklingen.

Der tages udgangspunkt i basistværsnittet jf. Figur 6-6 for en sænketunnel og Figur 6-7 for en boret tunnelløsning.

Sænketunnelløsningen består af to tunnelrør adskilt af et langsgående galleri for installationsføringer. Tunnellængderne varierer mellem ca. 13,3 km til 13,5 km fra vej i terræn til vej i terræn for hhv. ALA04 og ALA01, mens tunnellængden er 4,8 km for ALA05 som er en kombinationsløsning med en sænketunnel og en bro. For ALA09 er tunnellængden 15,9m.

Den borede tunnelløsning består af to tunnelrør, hver med en ydre diameter på 10,5 m, men her med tværtunneler per 250 m, i stedet for det langsgående galleri. Tunnellen med cut & cover tunnel og trug/rampe er samlet set 12,9 km lange for ALA03, 16,9 km for ALA10 og 13,1 km for ALA11.

Under normale driftsforhold er der ensrettet trafik i hvert af tunnelrørene. Under vedligeholdelsesarbejder i det ene tunnelrør kan det være nødvendigt at lukke det specifikke rør, fx ved rengøring eller udskiftning af lys/skilte, og dermed for trafikken i den ene retning. Vedligeholdelsesarbejderne bør finde sted i trafiksvage perioder. I tilfælde af ulykker vil begge tunnelrør normalt blive spærret.

Drift- og sikkerhedskonceptet for Femern-tunnelen kan ikke anvendes direkte for sænketunnelløsningerne for Als-Fyn forbindelsen, da basistværsnittet er væsentlig mindre. En nærmere vurdering af drift- og sikkerhedskonceptet sammenholdt med konsekvenserne for fremkommeligheden bør vurderes i forbindelse med de præsenterede tilvalg i de kommende faser hvor pladsbehov og eventuelt behov for specialelementer også skal undersøges nærmere.

Da vejstrækningen ikke er en del af det Trans-Europæiske vejnetværk gælder kravene i EU Tunneldirektivet ikke. Der er ikke andre specifikke regler vedr. tunnelsikkerhed i Danmark.

I andre sammenlignelige projekter er tunnelsikkerheden fastsat ud fra krav om, at personrisikoen ved passage gennem tunnelen ikke må være højere end risikoen ved gennemkørsel af en tilsvarende vejstrækning i det fri. Dette verificeres ved at udføre en risikoanalyse, hvori de planlagte sikkerhedsforanstaltninger implementeres i en iterativ proces, hvor der tilføjes eller fjernes sikkerhedsforanstaltninger, således at den endeligt beregnede personrisiko holder sig under det acceptable risikoniveau. Nærværende forundersøgelse indeholder ikke denne risikoanalyse, men denne bør udføres i en senere fase i projektet for at verificere, at projektet projekteres til at have et acceptabelt risikoniveau.

Derudover bør der ved fastlæggelse af sikkerhedskonceptet tages hensyn til den kapacitet og indsatstid, som beredskabet på Als og Fyn har mulighed for at indsætte.

Selv om overholdelse af hverken Tunneldirektivet eller andre sikkerhedsstandarder er et krav i projektet, så indeholder både Direktivet og udenlandske tunnelstandarder krav og/eller anbefalinger, som kan bruges som rettesnor for, hvad der er "fornuftigt" at tage hensyn til i et tunneldesign, hvorfor projektet har valgt at tage udgangspunkt i disse på nuværende stadie i projektet.

Tunneldirektivet indeholder eksempelvis en liste over de karakteristika ved en tunnel, der kræver særlig opmærksomhed under planlægning og projektering – og som kan nødvendiggøre ekstra sikkerhedsforanstaltninger. I forundersøgelserfasen er der ikke fundet områder, hvor projektet ikke kan opfylde kriterierne opstillet for nævnte karakteristika.

Driftsforhold - referenceprojekter

Tunnellængderne i dette projekt vurderes at være inden for kendte grænser, mens basistværsnittene ikke vurderes at være inden for kendte grænser. En oversigt over de længste vej-tunneler i verden som er i drift, er vist i Tabel 6-2.

Tabel 6-2 Oversigt over de længste vej-tunneler i drift.

Projekt	Område	Antal rør	Længde
Lærdal	Bjergområde	1	24,5 km
Yamate Tunnel	Bjergområde	2	18,2 km
Zhongnanshan Tunnel	Bjergområde	2	18,0 km
Jinpingshan Tunnel	Bjergområde	2	17,5 km
St. Gotthard	Bjergområde	1	16,9 km
Tiantaishan Tunnel	Bjergområde	2	15,6 km
Ryfylke Tunnel	Undersøiske	2	14,5 km
Mount Ovit Tunnel	Bjergområde	2	15,6 km
Arlberg	Bjergområde	1	14,0 km
Micangshan Tunnel	Bjergområde	2	13,8 km

På nuværende tidspunkt er yderligere to relevante vej-tunnelprojekter under udførelse.

1. Femern Bælt tunnelen (sænketunnel), 18 km
2. Rogfast (bjergtunnel), 27 km

Ingen af de ovenstående lange tunneler har et tværsnit tilsvarende basistværsnittet for forbindelsen mellem Als og Fyn og der er ikke fundet nogle relevante referenceprojekter vedrørende driftsforhold for dette projekt, med basistværsnittet, på nuværende tidspunkt.

Ventilation

Under normal trafikafvikling vurderes tunnelrørene at være selv-ventilerende, idet trafikken vil kunne levere den nødvendige drivkraft. Hvis trafikken af en eller anden årsag er langsomt kørende eller ligefrem stillestående vil der imidlertid være behov for mekanisk ventilation for at reducere koncentrationen af forureninger fra bilernes udstødning samt partikler fra bremse-/dæk-/vejbaneslid. Grundet mængden af trafik, forventes det at risikoen for kødannelse generelt er relativ lav. Ifølge PIARC (World Road Association) er kapaciteten pr. vejbane i en tunnel 1800 pcu/h (traffic flow per lane per hour), hvor en lastbil eller bus tæller 1,5 gange en personbil. Ved et maksimalt antal køretøjer på 18.000 pr. døgn giver dette et antal køretøjer på 750/time, ved antagelse af en jævn fordeling over døgnet, hvilket virker lavt i forhold til en kapacitet på 1.800 pcu/h pr. vejbane.

I tilfælde af brand eller kemiske udslip vil det være nødvendigt at kunne kontrollere udbredelsen af røg og gasser, således trafikanterne kan bringe sig i sikkerhed i det modsatte tunnelrør.

I projektet forudsættes anvendt længdeventilation med impulsventilatorer, der driver en luftbevægelse fra portal til portal. Med den planlagte tunnellængde og den forudsatte trafikmængde og - sammensætning vurderes længdeventilation at kunne holde forureningskoncentrationerne i

tunnelrørene under de normalt anvendte grænseværdier – samtidigt med at kapaciteten af anlægget også vil kunne kontrollere røgudbredelsen fra en større brand.

Længdeventilation med impulsventilatorer er en simpel og robust løsning, der har relativt beskedne pladskrav.

En optimal diameter for impulsventilatorerne er antaget at være 1,4 m.

Ventilatorerne installeres typisk i sæt – men med basistværsnittet i dette projekt er der kun plads til en enkel ventilator, hvilket dog vurderes at være tilstrækkeligt på grund af det lille tværsnit. Ved en jævn fordeling af ventilatorer over længden skønnes afstanden mellem ventilatorerne at blive ca. 250 m. Specielt to hensyn taler dog for, at ventilatorerne ikke installeres jævnt fordelt. Ved at koncentrere ventilatorerne omkring transformerstationerne i specialelementerne, vil man kunne spare el-kabling. Yderligere, vil man bedre kunne kontrollere trykforskellen mellem det brandramte og det ikke-berørte rør, hvis ventilatorerne koncentrerer sig nær portalerne.

Afstanden mellem ventilatorerne bør dog af aerodynamiske hensyn være mindst 100 m.

Projektrisikobidraget vurderes som **Lavt** med udgangspunkt i trafikmængden kombineret med indførelsen af længeventilation med impulsventilatorer. Yderligere vil det være muligt at installere flere ventilatorer såfremt det oprindelige ansat viser sig at have for lille kapacitet.

Brandslukningssystem

Et fast brandslukningsanlæg i form af sprinkler eller vandtågeanlæg er ikke medtaget på nuværende tidspunkt, idet det ikke vurderes nødvendigt for at få tunnelen til at opfylde sikkerhedskravene relateret til brand og brandslukning.

Nødspor og nicher

EU's tunnelsikkerhedsdirektiv foreskriver ikke nødspor hvis vejbanen med den langsomste hastighed er minimum 3,5 m bred.

På nuværende tidspunkt indeholder basistværsnittet for sænketunnelløsningerne ikke nødspor, men nicher der påtænkes udført i specialelementerne. Da dette ikke er muligt i løsningen med en boret tunnel, indeholder basistværsnittet for en borede tunnelløsning et nødspor.

Typiske hændelser som punktering, tom brændstoftank eller tabt gods vil have en mindre påvirkning af trafikafviklingen hvis der etableres et nødspor eller nicher.

Der kan være en risiko for sammenstød med "bagendekollision", hvis der er stillestående køretøjer på vejbanen. Risikoen formindskes dog kraftigt ved brug af aktive kørebanesignaler (ITS), som vil kunne lukke vejbaner midlertidigt i tilfælde af stillestående køretøjer. I lange vej tunneler uden nødspor eller nødnicher vil autohjælpen til strandede køretøjer stoppe eller besværliggøre trafikken i tunnelen, mens hjælpen pågår.

Almindelige uheld som f.eks. stillestående køretøjer og tabt gods vil kunne detekteres automatisk via videokameraer integreret med ITS anlægget og herefter håndteres.

Flugtveje og adgang for beredskab

En af de vigtigste parametre, hvad angår personsikkerheden i tilfælde af brand eller kemiske udslip, er afstanden mellem nøddørene. I en sænketunnel er det relativt simpelt og dermed billigt at udføre

tværforbindelser mellem tunnelrørene, hvorfor det anbefales at holde en afstand på ca. 100 m. I borede tunneler, hvor det er mere kompliceret at etablere tværforbindelser, er det valgt at afstanden mellem disse er 250 m. Jf. Tunneldirektivet skal der være minimum 500 m mellem nødudgange, men dette forventes at være for langt i dette projekt med hensyn til godkendelse fra brandvæsnet. Afstanden mellem tværtunnelerne kan eventuelt justeres i en senere fase i forbindelse med udarbejdelsen af en risikoanalyse.

Sikkerhedsforanstaltninger

Geometrien af tunnelprofilerne er udformet, således at den er bestykket med de sikkerhedssystemer, som er normale og svarende til standarden på andre, sammenlignelige projekter, f.eks.:

- Brandbeskyttelse
- Driftslys
- Paniklys
- Flugtvejsbelysning
- Brandalarmeringsanlæg
- Brandvandssystem med hydranter
- CCTV
- Trafikstyring
- Impulsventilatorer
- Kommunikationssystemer
- Skilte

Ingen af de nævnte systemer er umiddelbart definerende for tunneltværsnittet eller for tunnelgeometrien i øvrigt.

Forudsætningen for denne forundersøgelse er:

1. ITS-anlæg sikrer, at der ikke opstår kødannelser i tunnel under normalsituationer
2. Tunnelen udstyres med hændelses- og branddetekteringssystemer samt foranstaltninger til at stoppe trafik i tilfælde af en hændelse.
3. Udrykningskøretøjer har adgang via tilslutningsanlæg.
4. Vandforsyning etableres med brandhaner per 250 m.
5. Bærbare brandslukkere etableres per 150 m.

Overvågning og trafikstyring påregnes at foregå fra en trafikstyringscentral – enten eksisterende eller en central udført som en del af projektet.

Elforsyningen af tunnelen tænkes af foregå fra begge portaler – men således at hver af forsyningerne kan dække hele el-behovet, såfremt der er netudfald på den modsatte side.

Sikkerheds- og redningsmæssige forhold

De sikkerheds- og redningsmæssige forhold er blevet evalueret for basistværsnittet i henhold til nedenstående tre scenarier.

- Brand med dannelse af røg/udslip
- Spredning af tabt gods
- Alm. trafikuheld (front-bagende/ene uheld og front-front for tværsnit uden autoværn)

Det er vurderet, at de førnævnte scenarier kan behandles under ét i denne screening af tværsnit/tværsnitsbredden idet de alle vil give behov for lignende rednings- og sikkerhedsmæssige forhold.

Følgende emner er medtaget i vurderingen af risikoniveaulet:

- Sandsynlighed for uheldet
- Fremkommelighed/indsatsvej for beredskab
- Flugtveje
- Standsning af trafik
- Anvendelse af mekanisk brandventilation

For scenariet med brand med dannelse af røg/udslip og spredning af tabt gods påvirkes sikkerheden kun fra brand/røg/farligt gods i det berørte rør, da de to retninger er adskilt. I dette scenarie vil trafikken stoppes i begge rør således at beredskabet kan komme til.

Med hensyn til indkørende redning vil beredskabet lave indsats fra det ikke berørte rør. Redningsindsatsen vil dog kompliceres, da redningskøretøjerne skal ankomme til ulykkesstedet i den rigtige rækkefølge, da der ikke vil være plads til at redningskøretøjerne kan passere hinanden i basisløsningen for en sænketunnel.

Det vurderes at længdeventilation vil være mulig, da biler nedstrøms uheld kan køre ud af tunnelen. Beredskabet skal kunne komme fra det ikke berørte rør til det berørte rør (med udstyr, ikke med køretøjer), dette sikres ved døre til tværtunneler.

Brandvæsnet kører ind i den brændende tunnel i trafikretningen, og i retningen af ventilationen (røgen skubbes fremad med tunnelventilatorerne). Kun brandvæsnet lokaliseret i området på den ene ende af tunnelen kan benyttes, da der er på den anden side af en brand er røg. Brandbekæmpelsen vil derfor foregå fra den rene ende af det berørte rør, mens redningen vil foregå fra det uberørte rør.

For scenariet med almindeligt trafikuheld (front-bagende/ene uheld), både for store og mindre uheld, i basisløsningen for en sænketunnel og, afhængig af omfanget, en borede tunnelløsning, er det nødvendigt at lukke for trafikken i begge rør.

Farligt gods

Transporter af farligt gods stiller krav til både tunnelen og det vejnetværk som tunnelen er en del af. På nuværende tidspunkt, antages det at der ikke kan transporteres farligt gods i tunnelen. Såfremt tunnelen skal benyttes til transport af farligt gods kan det stille øgende krav til installationerne i tunnelen samt konstruktionens modstandsdygtighed overfor brand og eksplosionslaster. I de kommende faser af projektet skal det kortlægges om der er lokale eller nationale behov for transport af farligt gods på forbindelsen.

Centralt galleri/service galleri

For at adskille modkørende trafik i både sænketunnelen og i cut and cover konstruktionen, etableres typisk et centralt service galleri mellem de to rør, som har til hensigt at adskille tunnelen i to separate rør samt til fremføring af installationer. Der etableres nøddøre der muliggør evakuering til det modsatte rør via galleriet. Størrelsen af et centralt galleri i cut & cover og sænketunneler skal også vurderes i en senere projektfase i forbindelse med udarbejdelsen af et drift- og sikkerhedskoncept for tunnelen.

Ligeledes anbefales det at udformning af tværtunneler for en borede tunnelløsning videreudvikles i en senere projektfase, med hensyn til effektivitet og levetidsomkostning omkring anlægsudførelse, drift- og vedligeholdelse samt redningsforhold.

6.3.3 Tværsnit

I det følgende præsenteres antagelser om elementtykkelser, fritrumsprofil samt overvejelser vedrørende specialelementer.

Elementtykkelser

For den borede tunnelloøsning, antages det på nuværende tidspunkt at segmenterne er 0,5 m tykke.

For sænketunnelloøsningerne, antages det på nuværende tidspunkt at de ydre vægge samt top- og bundplade er 1,2 m tykke for basistværsnittet.

Fritrumsprofil

Fritrumsprofilen for både den borede tunnelloøsning og sænketunnelloøsning er antaget at være 4,63 m højt jf. Vejreglen "Håndbogen, Grundlag for udformning af trafikarealer, Anlæg og Planlægning" september 2023. og dækker hele vejbredden inkl. kantbane. I tilfælde hvor kantbanen er bredere end 1 m, dækker fritrumsprofilen kun 1 m på hver side af kørebanen.

Ventilatorerne er antaget at være de samme som for Femernforbindelsen, som er 1,4 m høje.

Yderligere er der reserveret 250 mm horisontalt i forhold til fritrumsprofilen til kabler, rør, brandbeskyttelse og udførelsestolerancer.

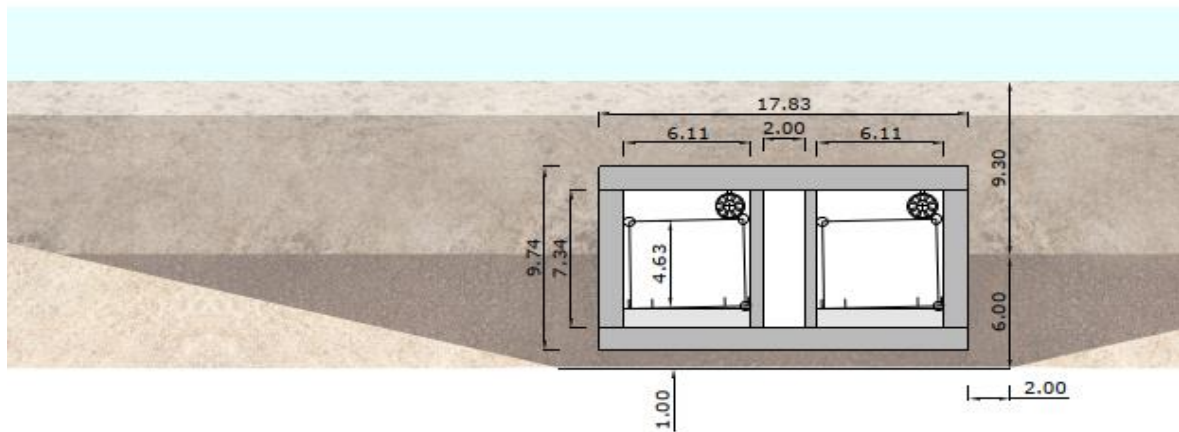
Standardelementer

Et tværsnit visende begge rør samt en indikation af en tværtunnel for basisløsningen i en boret tunnelloøsning er vist i Figur 6-10.

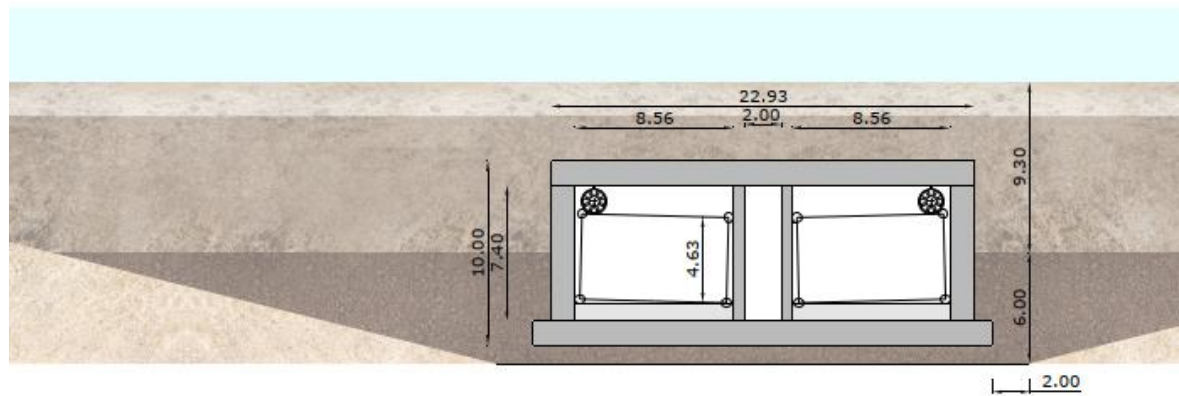


Figur 6-10 Skitse af basisløsningen for den borede tunnel ved en tværtunnel.

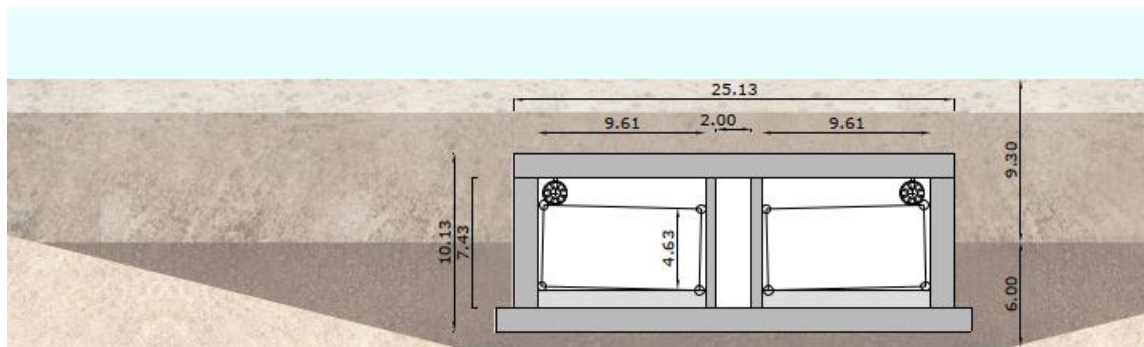
Et tværsnit af et standardelement for basisløsningen er vist i Figur 6-11 og varianter af sænketunnelloøsningen er vist i Figur 6-12 og Figur 6-13.



Figur 6-11 Skitse af basisløsningen for sænketunnel.



Figur 6-12 Skitse af sænketunnel for tilvalg 1.



Figur 6-13 Skitse af sænketunnel for tilvalg 2

I bunden er der reserveret 1 m til ballastbeton, opbygning af vej samt føring af dræn.

Specialelementer

I lange sænketunneler skal koncepter for føringsveje og teknikrum detaljeres i en senere fase, eftersom tunneltværsnittet søges optimeret mest muligt for at reducere anlægsomkostninger. Med

basistværsnittet skal konceptet for føringsveje og teknikrum også detaljeres i en senere fase for den borede tunnelløsning.

Yderligere vil der være behov for teknikrum til afløbspumpesumpe, og for tunnellængder større end ca. 2 km, hvilket samtlige løsninger i dette projekt er, skal der også skabes plads til transformerstationer samt SCADA-undercentraler.

For pumpestationerne, afhænger placeringen af tunnelens længdeprofil, da pumpestationerne skal placeres i dybdepunkterne. Pumpestationerne består af pumpe-sumpe for opsamling af afløbsvand, samt tilstødende rum for pumpeinstallationer. Pumpesumpenes volumen dimensioneres ofte således, at det samlede indhold af en tankbil (30 m²) kan opsamles – med henblik på evt. senere bortfjernelse med en slamsuger.

Pumpestationerne placeres i specialelementer, hvor pumpestationerne ligger enten i en underetage (som på Femern-tunnelen) eller som en udbygning på siden af tunnelelementet.

For placeringen af transformerstationerne er den maksimale afstanden mellem stationerne typisk ca. 2 km, således at el-forsyningen fra en station rækker 1 km til hver side. De fysiske mål på en transformerstation er styret af de fysiske dimensioner på selve transformerne, ledningsdimensioner samt tilslutningerne hertil. Flexibiliteten i den henseende er meget begrænset. Der er ikke plads til transformerstationer inden for det normale tunneltværsnit.

Det er derfor valgt at samle såvel pumpestationer som transformerstationer i specialelementer med et udvidet tværsnit ift. standardelementerne. Anordningen af dybdepunkter i tunnelens længdeprofil skal i så fald svare til afstanden mellem transformerstationerne. Det vil være optimalt i det hele taget at placere så mange servicekrævende komponenter som muligt i specialelementerne, således at vedligeholdelsesarbejdet i videst muligt omfang kan koncentreres der.

Udover selve allokeringen af plads til disse teknikrum er det også nødvendigt at overveje adgangsforholdene. I tilfældet med basisløsningen, som ikke indeholder et nødspor, vil tunnelen skulle lukkes for trafik i den ene retning når der arbejdes i tunnelen. For specialelementerne i sænketunnelen kan der etableres plads til en parkeringsniche for vedligeholdelseskøretøjerne. Med denne løsning kan passage af almindelig trafik muliggøres under drifts- og vedligeholdelsesarbejder. Denne løsning er dog ikke mulig for en boret tunnelløsning, da det ikke på samme måde er muligt at lave forskellige elementer, men at det vil kræve at der etableres en lukket tværtunnel, hvilket er væsentlig mere omfattende.

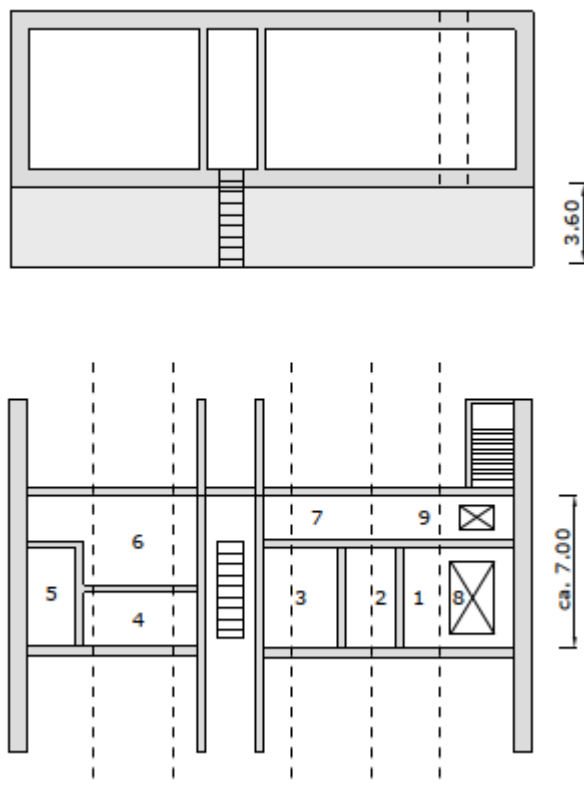
I en 1 + 1 løsning med nødspor kan de køretøjer, der er nødvendige for udførelse af drift- og vedligeholdelsesarbejder i teknikrummene, parkere i nødsporet ved specialelement eller tværtunnel, hvorfor den øvrige trafik kan passere næsten uhindret. Med et relativt smalt nødspor kan man være udfordret mht. af- og pålæsning af værktøj og komponenter og for sænketunnelen kan det derfor stadig være relevant at etablere nicher ved specialelementerne. Etablering af nicher vil øge sikkerheden for både drifts- og vedligeholdelsespersonalet samt for de normale trafikanter.

Skitser af to forskellige specialelementer til sænketunnelløsningerne (med to kørebaner i hver retning) med indikation af nedenstående funktioner er vist i det følgende. Udformningen tager udgangspunkt i specialelementerne anvendt på Femern forbindelsen.

1. Transformerrum
2. Hovedtavlerum

3. SCADA m.v.
4. Pumpesump
5. HVAC
6. Pumperum
7. Korridor
8. Lem i kørebane for ned-/ophejsning af transformere
9. Lem i kørebane for ned-/ophejsning af pumper

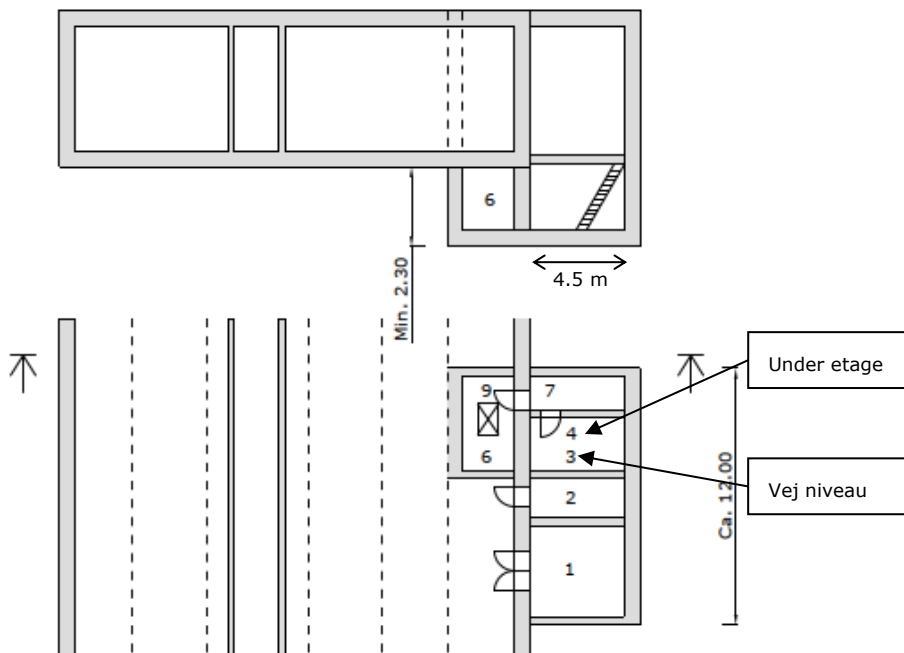
Den første type specialelement tænkes udført som et standardelement med niche og kælder, som vist i Figur 6-14.



Figur 6-14 Skitse af specialelement, hvor standardelement udføres med en kælder.

Fordelene ved denne løsning er, at man har adgang fra begge tunnelrør via servicegalleriet, samt at der generelt er mere plads til driften.

Den anden type specialelement er tænkt udført som en udbygning i forhold til standardelementerne, som vist i Figur 6-15.



Figur 6-15 Skitse af specialelement udført som en "knast".

Fordelene ved denne løsninger er at det ikke er nødvendigt at udgrave lige så meget samt at den kræver en mindre mængde konstruktionsmaterialer som beton og armering. Udfordringerne ved denne løsning er at funderingsniveauet ikke er det samme for hele elementet, hvilket kan give udfordringer når det skal installeres. Yderligere vil der kun være adgang fra det ene tunnelrør ved denne løsning.

Udformningen af specialelementerne til både en sænketunnel- og boret tunnelloøsning skal undersøges yderligere i en senere fase af projektet således den optimale løsning findes for det specifikke projekt med den valgte tværsnitsbredde.

6.3.4 Vurderingskriterier

I dette afsnit evalueres basisløsningerne samt de to alternative tværnit for en tunnelloøsning med hensyn til fremkommelighed, sikkerhed- og redningskoncept samt udførelsesrisici.

6.3.4.1 Fremkommelighed

Fremkommeligheden vurderes ud fra kriterierne jf. afsnit 6.

Projektrisikobidraget mht. fremkommelighed er vurderet ud fra udformning af tværnittet:

Dårlig for basistværsnittet for en sænketunnel, som kun indeholder én kørebane samt nicher i specialelementerne.

Ringe for basistværsnittet for en boret tunnel som kun indeholder én kørebane, men også har et nødspor.

Rimelig/Ringe for Tilvalg 1 for begge tunneltyper, da dette tværnit indeholder 2 kørebaner, men hastigheden ved dobbeltrettede trafik nedsættes til 60 km/t.

God for Tilvalg 2 for begge tunneltyper, da dette tværsnit indeholder to kørebaner og hastigheden ved dobbeltrettet trafik er 80 km/t.

6.3.4.2 Sikkerhed- og redningskoncept

Projektrisikobidraget mht. sikkerhed- og redningskoncept er vurderet ud fra tværsnittets udformning og adgang for brandberedskab gennem tværtunneler som anvendt på andre eksisterende undersøiske tunneler:

Ringe for basistværsnittet for en sænketunnel, som kun indeholder én kørebane samt nicher i specialelementerne. Da det ikke vil være muligt for beredskabskøretøjer at vende, vurderes risikobidraget mht. sikkerhed- og redningskoncept forhøjet.

Rimelig for basistværsnittet for en boret tunnel som kun indeholder én kørebane, men også har et nødspor, idet det vil være muligt for mindre beredskabskøretøjer at vende, samt at større beredskabskøretøjer vil kunne passere hinanden.

Rimelig for Tilvalg 1 for begge tunneltyper, da dette tværsnit indeholder to kørebaner og det dermed er muligt for beredskabskøretøjer at vende.

God for Tilvalg 2 for begge tunneltyper, da dette tværsnit indeholder to kørebaner og det dermed er muligt for beredskabskøretøjer at vende.

Det skal i en senere fase afklares hvorledes brandmyndigheder vurderer risikoen for at kunne håndtere brand i tennellen.

6.3.4.3 Udførelsesrisiko

For den borede tunnellsning øges udførelsesrisikoen væsentlig når tværsnittet øges. Dette skyldes bl.a. at der under boringen af tunnelerne er en risiko for at tunnelboremaskinen kan sætte sig, når der bores igennem sætningsfølsomme aflejringer, grundet den store vægt af maskinen. Risikoen kan reduceres ved at lave jordforbedrende arbejder i områderne, hvor der forventes at være sætningsfølsomme aflejringer. Risikoen øges ved større tværsnit, da tunnelboremaskinen således skal være tilsvarende større og tungere. På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at differentiere risikobidraget specifikt for de tre forskellige tværsnit, men det forventes ikke at risikobidraget vil ende i **Højt** for nogle af dem.

En anden konsekvens ved at vælge et af tilvalgene er, at linjeføringen skal lægges dybere for at opnå tilstrækkeligt jorddække, hvilket også vil resultere i et højere vandtryk ved fronten af tunnelboremaskinen. Dette kan give udfordringer i forbindelse med opretholdelsen af stabiliteten ved både en større front samt et generelt større tryk. På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at differentiere risikobidraget specifikt for de tre forskellige tværsnit.

6.4 Konklusion

Nedenfor en vist en oversigt over basistværsnittene samt de alternative tværsnit for de forskellige tekniske løsninger. Fremkommeligheden for hvert tværsnit er vurderet ud fra beskrivelsen givet i afsnit 6. Det skal bemærkes at vurderingerne gælder for hændelsen hvor der er spæret for trafikken i det ene tunnelrør eller på den ene brohalvdel. Farverne i tabellen henviser til kriterierne beskrevet i afsnit 6.2.4.

For tværsnitsløsningen (tilvalg 3) med plads til to kørespor i hver retning med en bredde på 3,5 m samt en bred kantbane på 1 m kan det på baggrund af tværsnitsscreeningen udført i nærværende forundersøgelse konkluderes at tværsnittet kan opfylde kravene til fremkommelighed og sikkerhed til risikoniveauet **Lavt**. Denne løsning betragtes således som den anbefalede løsning. Løsningen giver lidt robusthed i forhold til bredden af kørebanerne således der kan opretholdes 80 km/t ved dobbelt rettet trafik, når trafikken er spæret i det ene tunnelrør eller på den ene brohalvdel. Det anbefales også at man tænker en vis form for fremtidssikring ind i denne type projekter, og løsningen vil være bedre rustet i forhold til fremtidige justeringer, hvis fremtiden f.eks. bringer en øget trafikmængde på forbindelsen.

I en kommende fase af projektet kan det undersøges, når mere detaljerede oplysninger foreligger, om det er muligt at en tværsnitsbredde mindre end tilvalg 3 kan findes tilstrækkeligt. En sådan analyse kan udarbejdes som en del af en **Operational Risk Assessment (ORA)**. For at der kan udarbejdes en ORA skal der blandt andet tages udgangspunkt i udformningen af tværsnittet, trafikmængden, ventilations- og brandkoncept samt data omkring uheldsstatistik for lignende forbindelser. ORA'en bygger på en risikoanalyse af forhold, som kan påvirke forbindelsens fremkommelighed og det kan analyseres, om der skal foretages justerede tiltag til opretholdelse af det ønskede service – og sikkerhedsniveau for forbindelsen.

I forhold til broløsningen anbefales generelt en løsning med midterautoværn. Midterautoværnet forhindrer, at en ulykke kan påvirke trafikken i den modgående retning. Ulykker som kommer over i den modsatte retning, kan typisk have en alvorlig karakter. Det kan overvejes i en kommende fase af projektet at undersøge, om sikkerheden med den forudsatte trafikmængde kan findes tilfredsstillende ved at anvende en separator til adskillelse af trafikken i de to trafikretninger på broen for derved at optimere den nødvendige tværsnitsbredde. En separator optager mindre plads i forhold til et midterautoværn, men har en væsentlig større arbejdsbredde og kan derfor ikke i samme omfang som et midterautoværn forhindre at et køretøj kan komme over i den modsatte køreretning.

Tabel 6-3 Basisløsning samt alternative tværsnit for de forskellige konstruktionstyper. Det skal bemærkes at vurderingerne gælder for hændelsen hvor der er spæret for trafikken i det ene tunnelrør eller på den ene brohalvdel.

	Basistværsnit	Tilvalg 1	Tilvalg 2	Tilvalg 3	Tilvalg 4
Bro	10,6 m 1+1 løsning uden nødspor, uden midterautoværn . Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler uden mulighed for dobbeltrerede trafik	11,45 m 2+1 løsning uden nødspor uden midterautoværn Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltrerede trafik (60 km/t)	15,9 m 2+2 løsning uden nødspor uden midterautoværn Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltreret trafik (60 km/t)	15,9 m 2+2 løsning uden nødspor uden midterautoværn Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltreret trafik (60 km/t)	18 m 2+2 løsning uden nødspor med midterautoværn Anbefalet bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltreret trafik (80 km/t)
Sænketunnel	2x5,8 m=11,6 m 1 kørebane Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler uden mulighed for dobbeltrerede trafik	2x7,95 m=15,9 m 2 kørebaner Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltreret trafik (60 km/t)	2x9 m=18 m 2 kørebaner Anbefalet bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltreret trafik (80 km/t)		
Boret tunnel	2x 7,7 m=15,4 m 1 kørebane + 1 nødspor Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler uden mulighed for dobbeltrerede trafik	2x7,95 m=15,9 m 2 kørebaner Minimum bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltreret trafik (60 km/t)	2x9 m=18 m 2 kørebaner Anbefalet bredde for vejprofil jf. Vejregler med mulighed for dobbeltreret trafik (80 km/t)		

7. KONSTRUKTIONSTYPER

7.1 Vejtekniske krav til kyst-kyst forbindelsen

I dette afsnit er de overordnede trafiktekniske krav til udformning af længde- samt horisontal profil for kyst-kyst forbindelse gennemgået.

7.1.1 Længdeprofil

Længdeprofilet skal etableres således at de trafiktekniske grundværdier jf. afsnit 3.3.1 i ref. [13] overholdes.

Forbindelsen projekteres med en maksimal gradient på hhv. 35‰ og 30‰. De 30‰ er relevant hvis stigningen foregår over en længere strækning.

Forbindelsen projekteres med en minimumsgradient på 5‰. Dette er for at sikre ordentlig afvanding af vejen.

7.1.2 Linjeføring, Horizontal profil

Linjeføringen skal etableres således at de trafiktekniske grundværdier jf. afsnit 3.3.1 i ref. [13] overholdes.

7.1.2.1 Bro

Linjeføringen skal ved skråstagsbroen så vidt muligt være en ret linje, da det giver en mere simpel brokonstruktion.

7.1.2.2 Sænketunnel

For meget lange sænketunneller f.eks. Øresund og Femern støbes elementer under fabrikslignende forhold. Anlægsomkostningerne minimeres ved at linjeføringen for sænketunnellen gøres retlinet over den længst mulige strækning, hvilket tilstræbes på nærværende projekt.

7.1.2.3 Boret tunnel

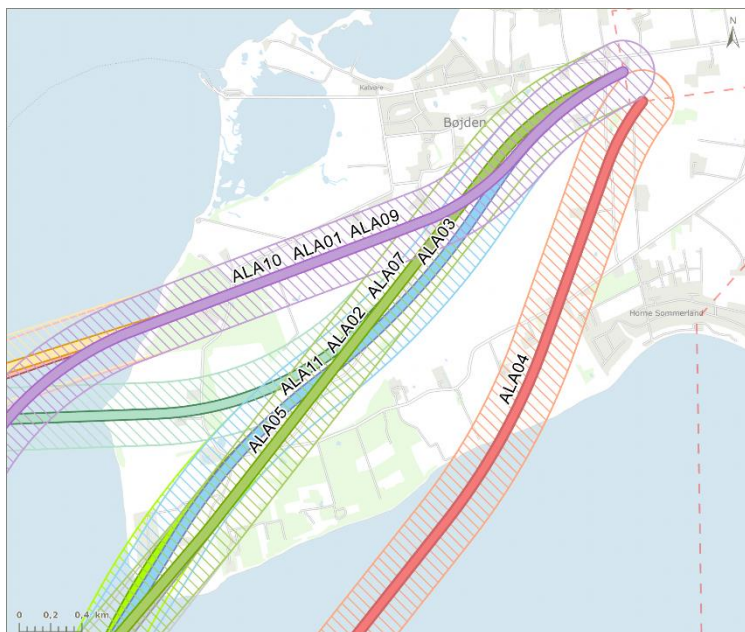
Horisontal linjeføring for borede tunneller kan i modsætning til sænketunnel lettere laves krumme. Der er p.t. ikke tilstrækkelig detaljerede oplysninger til at optimere på linjeføringen af den borede tunnel. Dette forhold forventes dog ikke at have større indflydelse på anlægsomkostningen i denne fase, men kan være med til at reducere udførelsesrisikoen under hensyntagen til geologi og vanddybder.

7.2 Veje og stier på land

Nærværende beskrivelser omhandler de vejtekniske forhold forbundet med etablering af en ny trafikvej mellem Horne på Fyn og hhv. Fynshav og Tranerodde på Als. Trafikvejen forudsættes etableret som en 2 sporet motortrafikvej på tværs af Lille Bælt i alle basisløsninger. Yderligere er det overordnet vurderet hvorledes det er muligt for cykeltrafikken at benytte forbindelsen. Da den nye forbindelse etableres som en motortrafikvej, vil der være behov for at cyklister og gående kan omstige til kørende trafik (bus) på begge sider af forbindelsen og herefter fortsætte på cykel til deres destination via de lokale, regionale eller nationale cykelrutenet. For vejstrækningen på land indenfor undersøgelsesområdet etableres en 2+1 vej for alle løsninger således der i grænsefladen til Vejdirektoratets projekt for landanlæggene haves et tværsnit for en 2+1 vej. For selve for kyst-kyst forbindelsen (bro eller tunnel løsning) arbejdes med de forskellige tværsnitsmuligheder angivet i afsnit 6.

Med udgangspunkt i de valgte korridorer for hhv. broløsning, sænketunnel og boret tunnel har projektet skitseret korridorer for projektet på land frem til tilslutningspunktet med Vejdirektoratets projekt for landanlæggene. På Figur 7-1 fremgår placeringen af korridorerne på Fyn-siden mens placeringen på Als-siden fremgår af Figur 7-2 og Figur 7-3.

På Fyn-siden er placeringen af korridorerne fastlagt under hensyntagen til terrænforholdene, størst mulig afstand til bynære omgivelser samt områder, som har miljømæssig værdi. Der tages her hensyn til en eventuel omfartsvej omkring Horne, der nærmere beskrives i vejdirektoratets projektbeskrivelse for tilslutningsveje på Fyn.

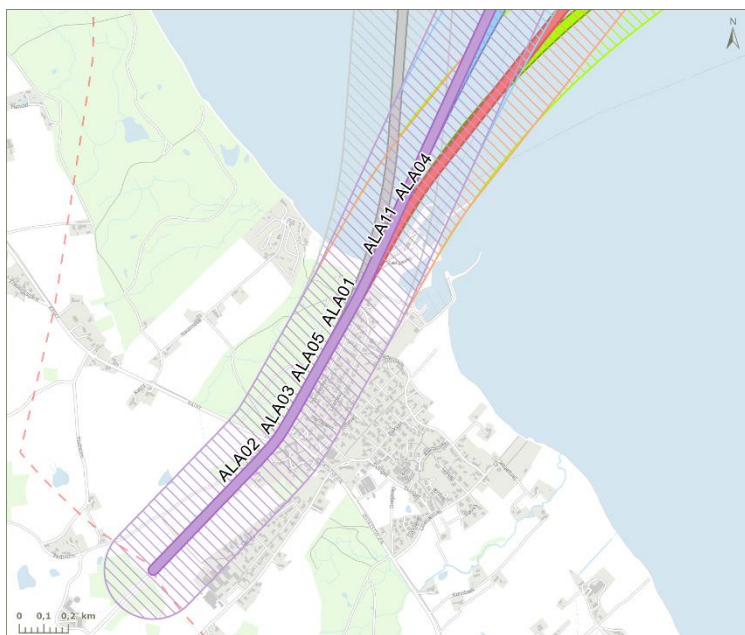


Figur 7-1. Vejanlæg på land på Fyn-siden.

På Als-siden er der undersøgt to forskellige placeringer af en forbindelse:

1. Tilslutning til den eksisterende landevej 316 (Færgevej) nord for det nuværende havneanlæg ved Fyns Hav (Tilslutningspunkt Fyns Havn)
2. Tilslutning til den eksisterende landevej mellem Sønderborg og Nordborg øst for Svenstrup (Tilslutningspunkt Tranerodde)

Ved tilslutningspunkterne Fyns Hav og Tranerodde er terrænforskellene mindre udtalte og mulighederne for placeringen varierer derfor mindre i forhold til tilslutningen på Fyn-siden. Yderligere er der grundet tilslutning til den eksisterende Færgevej, hensynet til havnen i Fynshav samt områder med miljømæssige restriktioner en yderligere begrænsning af placeringsmulighederne ved Fynshav.



Figur 7-2. Vejanlæg på land ved Fynshav på Als-siden.

I Figur 7-3 kan placeringen af tilslutningspunktet Tranerodde ses i forhold til byerne Nordborg og Sønderborg og Svenstrup.



Figur 7-3. T.v. Placering af Tranerodde i forhold til byerne Nordborg, Sønderborg og Svenstrup. T.h. Vejanlæg på land ved Tranerodde på Als-siden.

I området øst for Svenstrup udarbejdes det fremtidige vejanlæg i vejdirektoratets projektbeskrivelse for tilslutningsveje på Als. Her er der udarbejdet to løsningsforslag, begge disse leder trafikken fra forbindelsen udenom Svenstrup By både mod Nordborg og Sønderborg. Vejanlægget fra Als-Fyn forbindelsen fortsætter fra samme sted i de to løsninger.



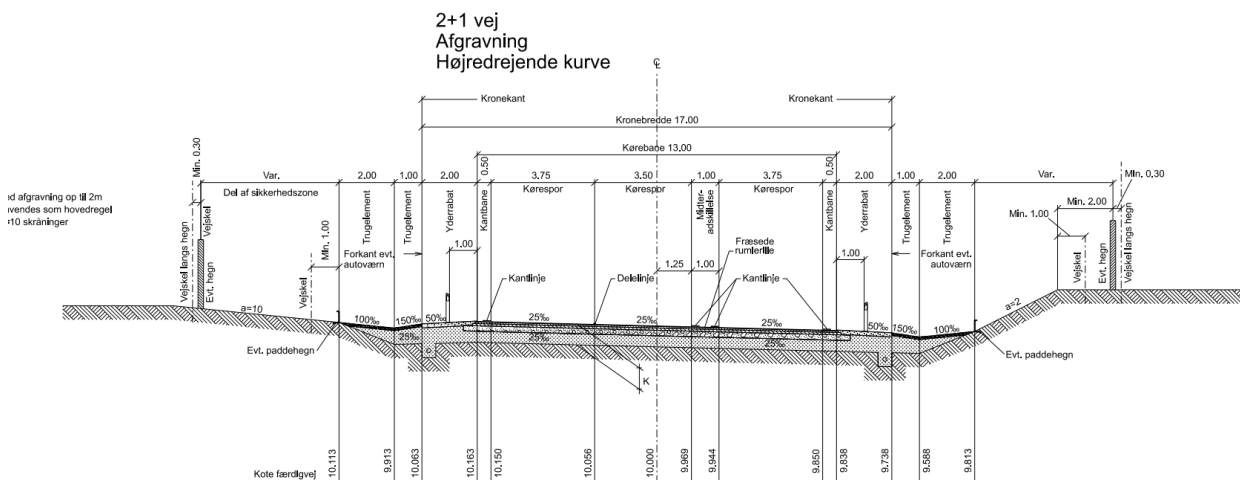
Figur 7-4. To løsningsforslag for tilslutning af kyst-kyst forbindelsen på Als-siden til det nuværende vejanlæg på Als.

I de nedenstående afsnit gennemgås mere i detaljer udformningen af vejanlægget på land for hhv. Fyn-siden og Als-siden.

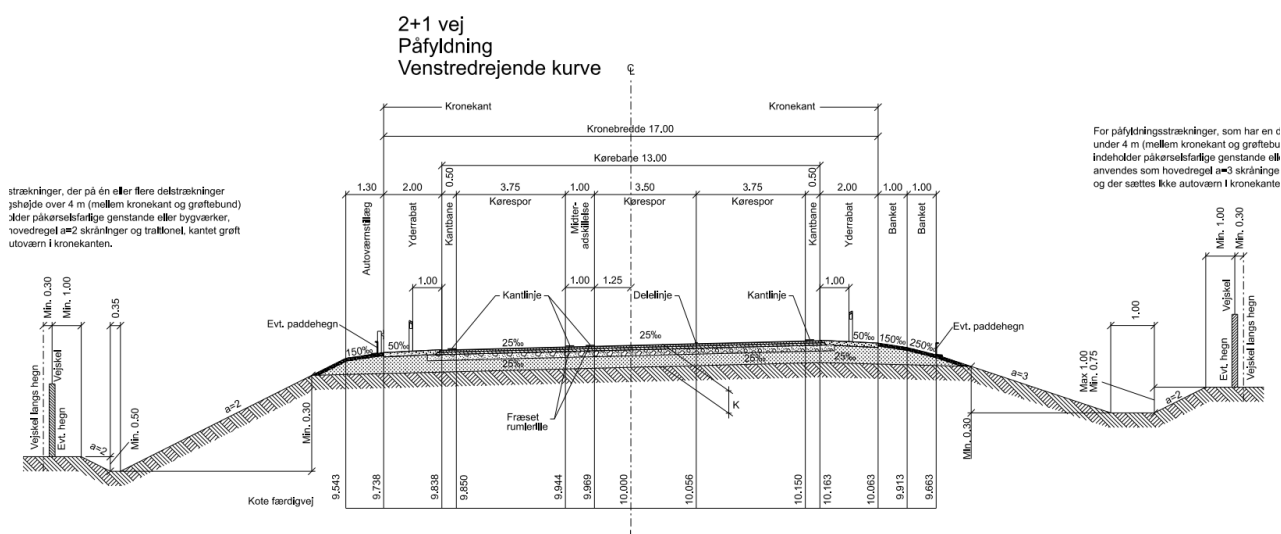
7.2.1 Arealbehov

Arealbehov forbundet med etablering af vejanlægget på land er vurderet.

Det fremtidige vejanlæg inklusive skråninger og grøfter er forudsat som en normal 2+1 vej (se nedenstående figur fra Vejdirektoratets typetegning 25054):



Figur 7-5. Tværsnitsopbygning for 2+1 vej i afgravning for en højredrejende kurve.



Figur 7-6. Tværsnitsopbygning for 2+1 vej i påfyldning for en venstredrejet kurve.

Efter skråningsfod/yderside grøft vil der skulle tillægges omkring 10 m som midlertidigt arbejdsareal i forbindelse med udførelsen. På strækninger hvor man kommer tæt på matrikler, fortidsminder eller andet kan det midlertidige arbejdsareal indskrænkes til 2-5 m efter behov. Der vil være behov for arealer til anstillingsplads, adgangsveje og deponeringspladser til jord mm.

På Fyn-siden vurderes der ikke at være udfordringer med arbejdsbredder på 10 fra skråningsfod. På Als-siden vil der mod Fynshav være mindre plads grundet de matrikulære forhold. Arbejdsarealet sænkes derfor her til 5 m, hvilket kan accepteres grundet en meget lokal udstrækning.

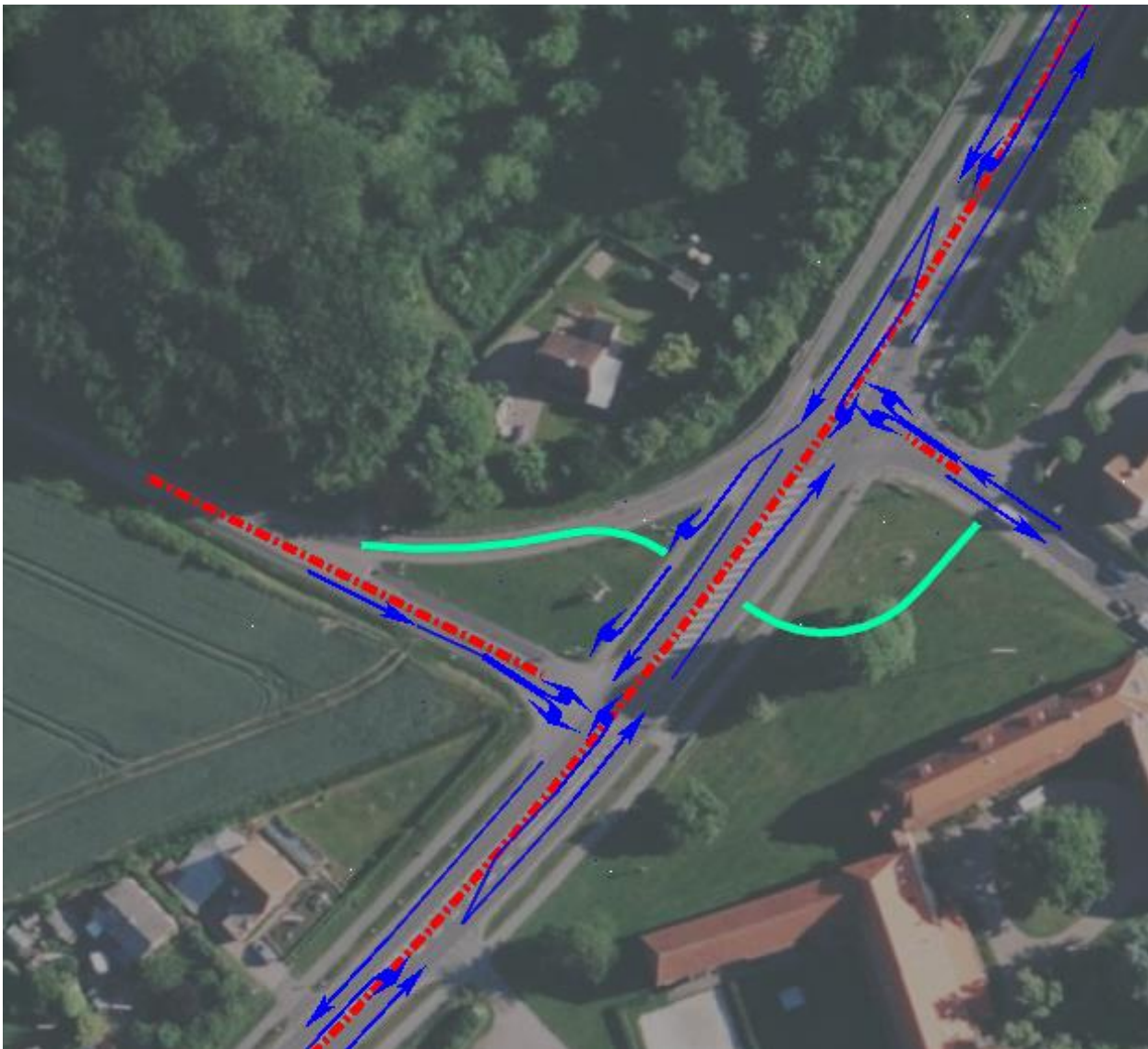
7.2.2 Trafik på Als-siden

For at imødekomme lokaltrafik vil trafikvejen være almindelig landevej på strækningen omkring Fynshav mellem Katry og adgang til færgehavnen. Der skal altså her tages hensyn til afvikling af gående såvel som cyklende trafik. På nedenstående figurer er de trafikale bevægelser vist med blå pile for motorkøretøjer og cykeltrafik er vist med en lys grøn linje.

Grundet de specielle trafikale forhold nord for Fynshav er der foretaget en specifik vurdering af hvorledes trafikken i fremtiden kan afvikles her. Der er her blandt andet taget hensyn til den fremtidige trafik til og fra færgelejet.

7.2.2.1 Kryds ved Katry

På Færgevejen skal der fremadrettet være en 2+1 vej. I dag er der krydsninger ved Katry og Østkystvejen som skal bevares. Den nye krydsudformning laves som et venstreforsat kryds, som vist i Figur 7-7.



Figur 7-7. Forslag til udformning af kryds ved Katry og Østkystvejen. Den nye krydsudformning laves som et venstreforsat kryds. De blå pile indikerer trafikretningen for den kørende trafik. De grønne linjer indikerer tilslutningen for cyklister og fodgængere.

7.2.2.2 Adgang til færgehavnen

En adgang direkte til færgehavnen er blevet undersøgt:

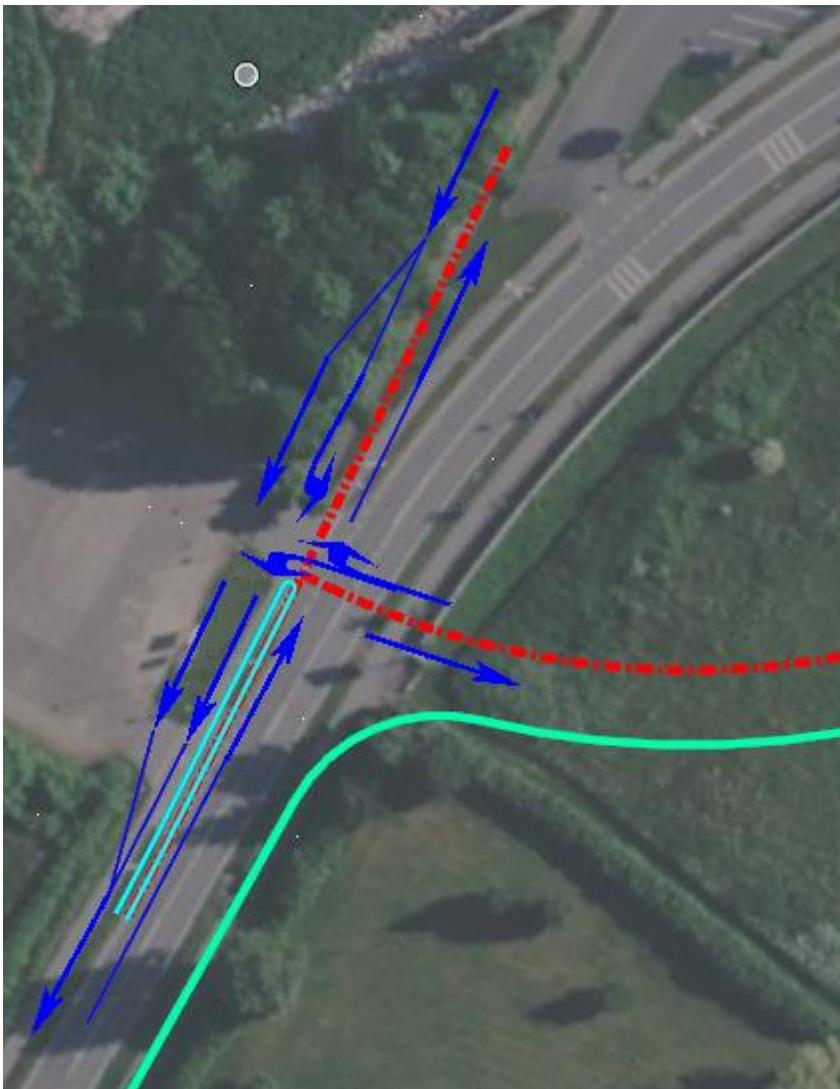
Adgangen til færgehavnen vil her ske som en shuntløsning fra Færgevej. Shunten skal formegentligt etableres på en mindre dæmning, da den nye forbindelse ikke vil ligge i niveau med det eksisterende terræn før længere mod vest ved Lillehave. Frakørsel kan ske via en rampe op til Færgevej/den nye forbindelse, som ender ud i et prioriteret T-kryds, se Figur 7-8.



Figur 7-8. Forslag til udformning af adgang til Fynshav havn. Den røde linje indikerer linjeføringen for kyst-kyst forbindelsen. De blå pile indikerer trafikretningen for den kørende trafik. De grønne linjer indikerer tilslutningen for cyklister og fodgængere.

Da tunnelportalerne først er planlagt etableret længere inde på Als, kan denne løsning ikke lade sig gøre ved tunnelloserne. Det er vurderet at det ikke er muligt at afslutte tunnelen længere mod øst.

Som alternativ er der derfor vurderet en løsning hvor, der laves et kryds vest for tunnelportalen i niveau med eksisterende terræn. Krydset udformes som et T-kryds med et venstresvingsspor ud fra færgehavnen der fletter sammen med trafikstrømmen som kommer fra Fynssiden. Dertil skal der etableres et venstresvingsspor for trafikanter fra Fyn som skal til Færgehavnen, se illustration i Figur 7-9.



Figur 7-9. Alternativt forslag til udformning adgang til Fynshav havn for tunnelloøsningerne. Den røde linje indikerer linjeføringen af kyst-kyst forbindelsen. De blå pile indikerer trafikretningen for den kørende trafik. De grønne linjer indikerer tilslutningen for cyklister og fodgængere.

Ved denne løsning skal der etableres en ny adgangsvej til færgehavnen som går ind over et §3 område, se Figur 7-10.



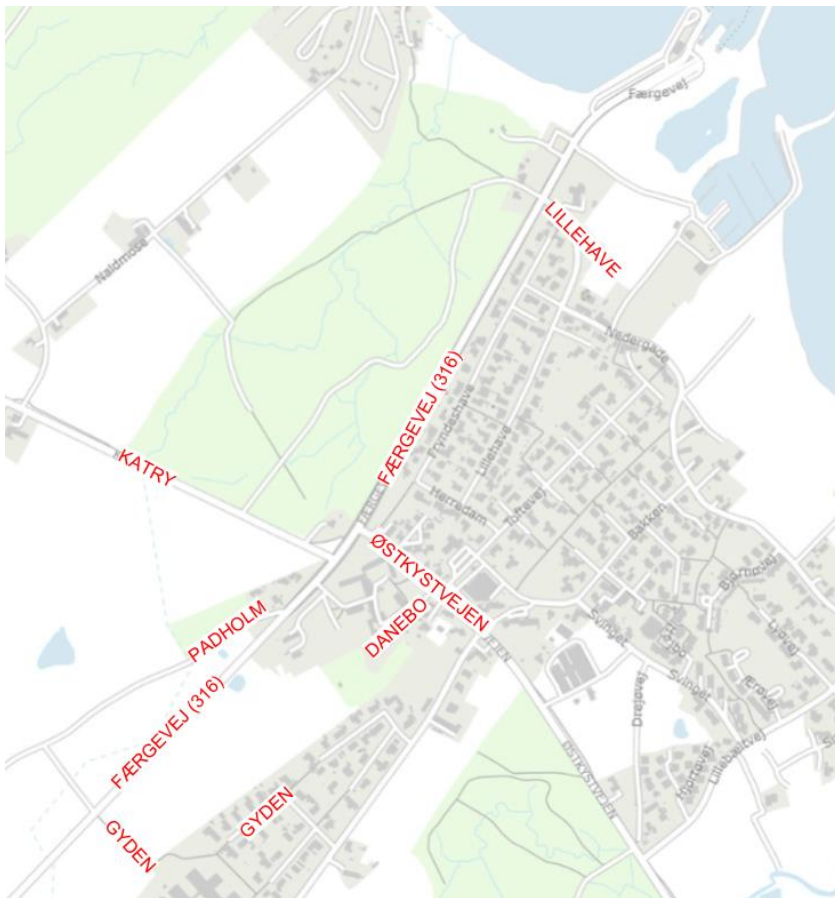
Figur 7-10. Alternativt forslag til udformning adgang til Fynshav havn for tunnelloøsningerne. Den røde stiplede linje indikerer centerlinjen af hhv. adgangsvej til færgehavnen og centerlinjen af tunnellingeføringerne. De blå pile indikerer trafikretningen for den kørende trafik. De grønne linjer indikerer tilslutningen for cyklister og fodgængere.

Færgehavnen vil få samme areal til deres opkørsels område, som de har i dag. Det er indikeret ved det gule område, som har samme udbredelse og udformning som i dag, dog vil opmarcharealerne blive drejet så de tilpasses den fremtidige adgangsvej.

7.2.2.3 Trafik for lette trafikanter og øvrige veje

Alle adgange til hovedvejen af mindre betydning nedlægges, så adgang skal ske via Katry eller Østkystvejen. I Figur 7-11 kan et oversigtskort med vejnavne i Fynshav ses.

Strækningen langs Færgevej fra færgelejet til Østkystvejen er del af den nationale cykelrute 8 (Østersøruten), det er derfor vigtigt at cyklister her prioriteres.



Figur 7-11. Oversigtskort for Fynshav med vejnavne.

Dette gælder for:

- Padholm vest for Katry. Bilister henvises til udkørsel fra Padholm længere mod vest
- Færgevej. Bilister henvises til udkørsel fra Østkystvejen via Danebod.
- Matrikler med udkørsel til Færgevej i dag, bibeholder deres udkørsel.
- Lillehave. Bilister fra Fynshav henvises til udkørsel fra Østkystvejen.

Cyklister fra Katry krydser landevejen Færgevej som i dag. Antal af vejbaner vil være uændret, hvorfor der ikke vurderes forøget risiko for stikrydsningen her. Cykelstien langs Færgevej mellem Østkystvejen og Lillehave nedlægges, så cyklister skal benytte stisystemet gennem Fynshav for at komme til Færgehavnen.

I forbindelse med vejdirektoratets projektforslag for vejanlægget på land, ledes cykeltrafikken fra Sønderborg væk fra Færgevej ved Gyden, herfra ledes cykeltrafikken ad Gyden til Østkystvejen, hvor cyklister vil kunne fortsætte gennem Fyns Hav mod færgelejet eller videre mod syd ad Østkystvejen.

Der laves en stiforbindelse fra Lillehave og langs hovedvejen til færgehavnen. Denne følger den nye vej ned til færgehavnen, så forholdene er ens med i dag. Ligesom i dag ender cykelstien ved færgehavnens

opmarchområde. Der laves ligeledes et fortov på 2 m fra den eksisterende trampesti og ind mod færgehavnen. Denne fortsætter langs med opmarchområdet som i dag.

7.2.3 Trafik på Fyn-siden

På Fyn-siden skal cykeltrafikken fra Horne ledes ad den eksisterende Egsgyden og videre ad Almarksvej. Almarksvej omlægges hvor den krydser den nye forbindelse. Cykeltrafikken kommer her til at følge den fremtidige forlagte Almarksvej. Løsningen er illustreret på Figur 7-12.



Figur 7-12. Illustration af tilslutning af cyklister på Fyn-siden. De farvede linjer, som er vist til højre på figuren, indikerer linjeføringer svarende til de undersøgte korridorer. De grønne linjer indikerer tilslutningen for cyklister og fodgængere.

7.2.4 Opsamlingspladser

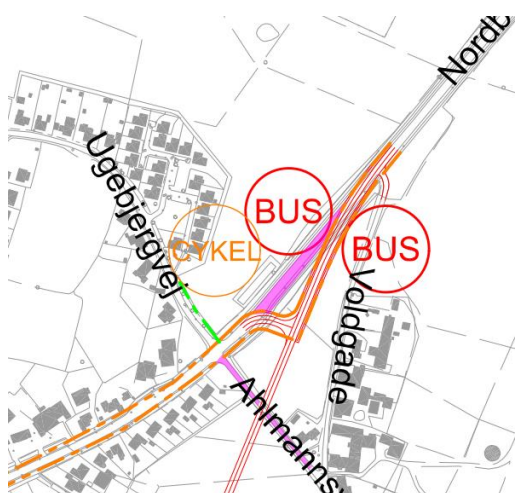
Da den nye forbindelse etableres som en motortrafikvej, vil der være behov for at cyklister og gående kan omstige til kørende trafik på begge sider af forbindelsen.

Ved Fyns Hav kan der placeres mindre Parker&Samkør plads, som samtidig kan fungere som opsamling for cyklister og gående til Fyn, som vist herunder. Hvis pladsen placeres her, skal der laves en indkørsel fra krydset ned til færgehavnen.



Figur 7-13. Placering af opsamlingsplads " Parker&Samkør " ved tilslutningspunkt Fynshav.

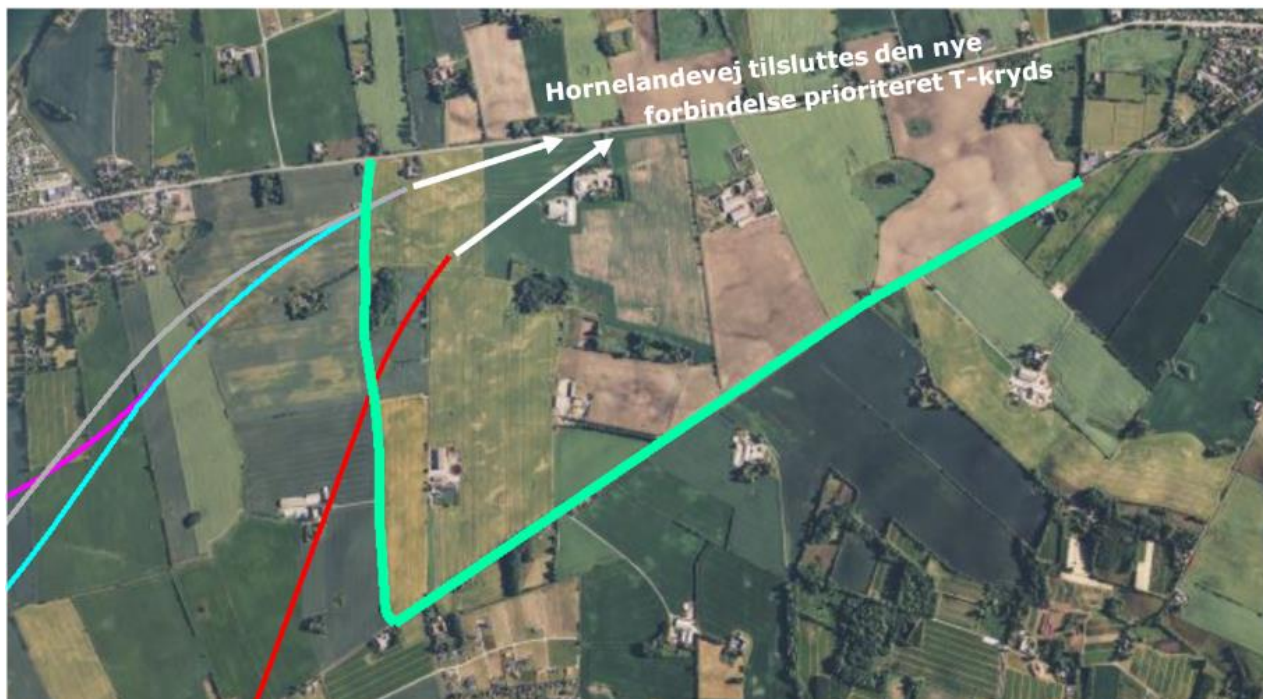
Ved tilslutningspunktet Tranerodde kan der omkring Svenstrup etableres opsamlingspladserne i nærhed af det nuværende stisystem gennem Svenstrup, opsamlingspladsen foreslås etableret i forbindelse med krydset Ugebjergvej/Ahlmansvej/Nordborgvej, se nedenstående figurer, hvor opsamlingspladserne er vist.



Figur 7-14. Placering af opsamlingsplads ved tilslutningspunktet Tranerodde.

Ved dette kryds er der fin adgang til de eksisterende cykelstier på Als.

På Fyn siden skal den placeres ved det prioriterede T-kryds hvor Hornelandevej tilsluttes den nye forbindelse. Tilslutningen af forbindelsen til Hornelandevej er illustreret på Figur 7-15.



Figur 7-15. Illustration af tilslutning af T-kryds hvor forbindelsen tilsluttes Horne landvej.

7.2.5 Øvrige vandreruter og cykelstier i området.

Ved tilslutningspunktet Tranerodde findes vandreruter og cykelstier i området. Mere information om turene og stierne kan findes via hjemmesiden: [Ruter, stier og naturområder i Sønderborg kommune \(sonderborg.dk\)](http://Ruter, stier og naturområder i Sønderborg kommune (sonderborg.dk).).

Der er en vandrerrute, som krydser linjeføringerne ved kysten. For broforbindelsen ALA07 vil det være muligt at krydse under broen. Der kræves alene en frihøjde på 2,5 m for en sådan forbindelse. For tunnellerne vil det være muligt at krydse ovenpå tunnellerne, da disse ligger under terræen på denne lokalitet. Længere inde i landet krydser en cykelsti brolinjeføringen, hvor den ligger på en dæmning. Her vil det være muligt at etablere en underføring eller etablere en alternativ rute i området.

7.3 Broer

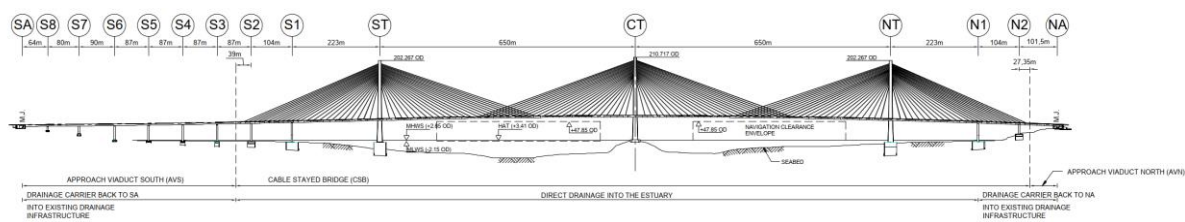
I dette afsnit beskrives de i denne rapport anvendte brotyper og tilhørende begreber. En oversigt er givet i Tabel 7-1.

Tabel 7-1. Oversigt over brotyper og begreber

Funktion	Bærende system	Brotype	Spændvidde	Frihøjde	Gennemsejlingsbredde	Materialer og tværsnitstype i overbygning
Gennemsejlingsfag (primært)	Kabelbåren	Skråstagsbro	550 m	60 m	Mindst 500 m	Åben kompositdrager
	Bjælkebro	Frit-frembygget bro	320 m	36 m	Mindst 280 m	Betonkassedrager
Tilslutningsbroer	Bjælkebro	Bjælkebro	110 m	18 m	Mindst 80 m	Betonkassedrager

7.3.1 Skråstagsbroer

Sejladshold for den sydlige passage, øst om Søndre Stenrøn, kræver stor navigationsbredde på mindst 500 m. Her vurderes en skråstagsbrøsløsning med en faglængde på 550m i gennemsejlingsfaget at være den mest kosteffektive løsning. I Danmark kender vi til skråstagsbroer fra Farøbroen fra Farø til Falster med en kabelbåren faglængde på 290 m, og Øresundsbroen med en kabelbåren faglængde på 490 m. Udenfor Danmarks grænser finder man broer med faglængder tilsvarende hvad vil være nødvendigt for en Als-Fyn krydsning. Her kan bl.a. nævnes Queensferry Crossing i Skotland med en faglængde på 650 m, og Skarnsundbroen i Norge, med en faglængde på 530 m. Queensferry Crossing kan ses af Figur 7-16.



Figur 7-16. Skråstagsbro (Queensferry Crossing i Skotland).

Queensferry Crossing er en skråstagsbro med tre pyloner, og to hovedfag på 650 m, hvor pyloner udgøres af enkeltbenede midterpyloner. Brodrageren er en ren vejberende lukket kompositkassedrager, med det dobbelte kabelplan forankret i midten af drageren, mellem de to køreretninger. Fra syd leder 543 m viadukt op til de kabelbårne fag, resulterende i en total bro længde på 2.638 m, afgrænset af dilatationsfuger i hver broende.

Skarnsundbroen adskiller sig fra Queensferry Crossing ved at have to A-formede pyloner og et enkelt gennemsejlingsfag på 530 m. Brodragertværsnittet på Skarnsundbroen er smallere end Queensferry Crossing, med en total tværsnitbredde på 13 m, og udført i ren beton. Det dobbelte kabelplan er forankret i hver side af brodrageren. Broen har en total længde på 1.010 m, og er afgrænset af dilatationsfuger i hver broende.

For en Als-Fyn krydsning antages en skråstagsbrosløsning med to pyloner og et enkelt gennemsejlingsfag på 550 m. Skråstagsbroen afgrænses af dilatationsfuger over bropiller på hver side af pylonerne.

Referencer på lignende broer er givet af Tabel 7-2.

Tabel 7-2. Oversigt over skråstagsbroer med faglængder lig en Als-Fyn krydsning

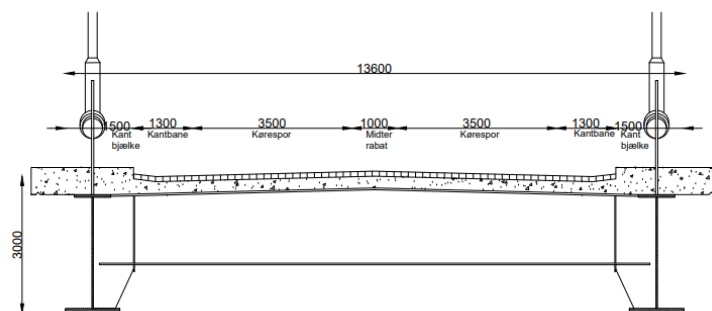
Bro (landekode)	Største faglængde	Materialer og tværsnitstype i overbygning
Queensferry Crossing (GB) ¹	650 m	Kompositkassedrager
Rion Antirion (GR)	560 m	Åben kompositdrager
Busan-Goeje (KR)	475 m	Åben kompositdrager
Atlantic Bridge (PA)	530 m	Betonkassedrager
Skarnsundbroen (NO)	530 m	Betonkassedrager

7.3.1.1 Brodrager tværsnit

Brodrageren antages udført som en kompositdrager. Dette vurderes at være den billigste løsning for en faglængde på 550 m. En betonløsning vil dog også være mulig, og kan ikke udelukkes at være konkurrencedygtig i forhold til komposit løsning.

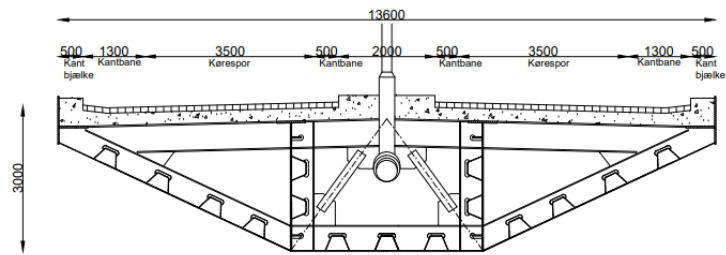
En skråstagsbro kan anlægges med enten to skråstagsplan forankret i hver side af tværsnittet, eller med et enkelt skråstagsplan forankret i midten af tværsnittet. For løsningen med to skråstagsplan vurderes et åbent komposittværsnit, bestående af to langsgående ståldragere forbundet på tværs med en stålbjælke og betondæk, at være den mest kostoptimale løsning. Såfremt et enkelt skråstagsplan i midten ønskes, bør et lukket tværsnit med større vridningsstivhed benyttes. De to tværsnitsløsninger kan ses af hhv. Figur 7-17 og Figur 7-18. I denne undersøgelse antages et dobbelt skråstagsplan, og et tværsnit vist af Figur 7-17.

Såfremt brodrageren ønskes udført i beton, ville et tværsnit, som det benyttet for Skarnsundbroen i Norge, være en mulighed.



Figur 7-17. Komposit brodrager tværsnit med top skråstagsplan forankret i siden i tværsnit.

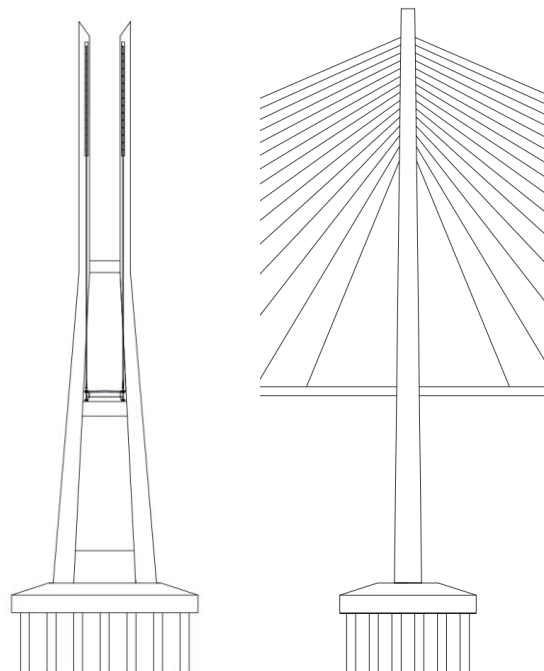
¹ Projekteret af Rambøll i et Joint Venture



Figur 7-18. Komposit brodrager tværsnit med enkelt skråstagsplan forankret i midten af tværsnittet.

7.3.1.2 Pyloner

For pylonen forudsættes en geometri, som vist på Figur 7-19, med to pylon ben og to tværbjælker, samt en ribbe forned. Den nederste tværbjælke er placeret under brodrageren og fungerer også som understøtning for brodrageren.

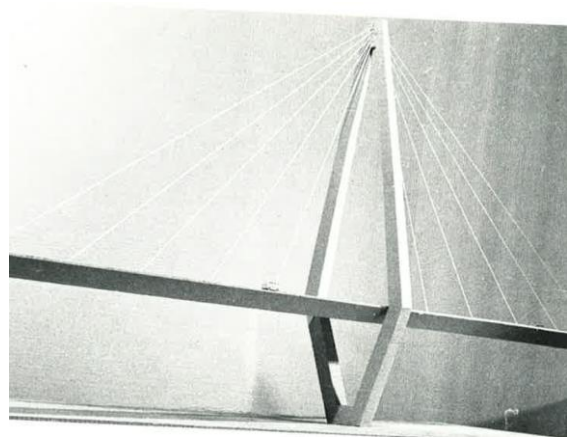


Figur 7-19. Pylon geometri

For en løsning med et enkelt kabelplan kunne en enkelt benet midterpylon, som benyttet for Queensferry Crossing, eller en A-formet pylon som benyttet på Farøbroerne være en mulighed, se Figur 7-20.



(a) Enkelt benet midterpylon (Queensferry Crossing i Skotland)



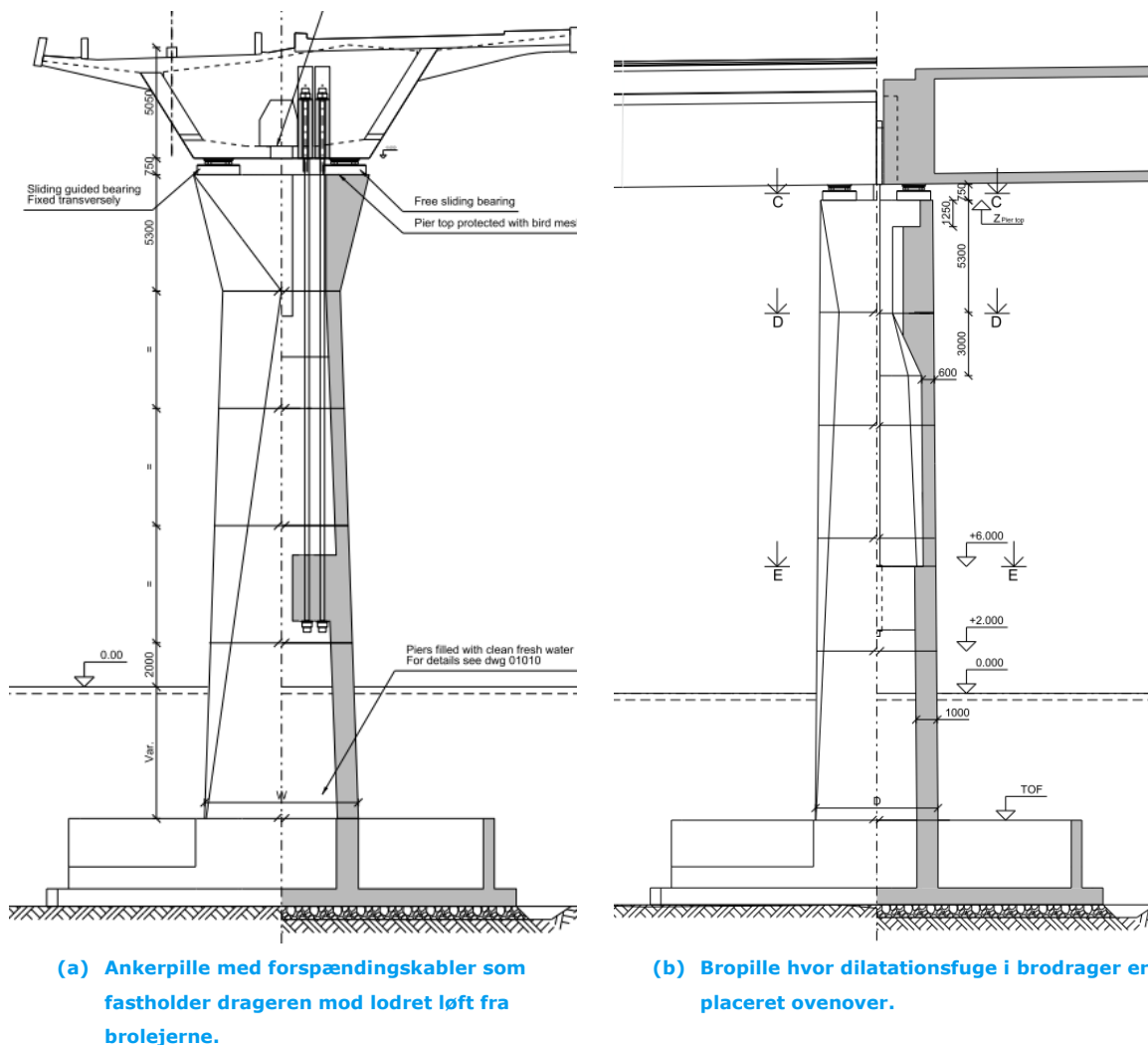
(b) A-formet pylon (Farøbroerne i Danmark)

Figur 7-20. Alternativ pylon geometri ved enkelt kabelplan

Placering af pyloner er foreløbig, og forventes justeret i takt med at kendskab til batymetri, geotekniske forhold og længde af hovedfag bliver klarlagt. Den valgte formgivning af pylonerne er i høj grad et arkitektonisk valg.

7.3.1.3 Bropiller og ankerpiller

For hele strækningen antages bropiller udført af beton. Skråstagsbroen forudsættes, foruden to pyloner, at bestå af fire bropiller; to ankerpiller, og to bropiller hvor dilatationsfuger i brodrageren er placeret ovenover. Ankerpillerne har til formål at forankre toppen af pylonen, gennem de stag der er placeret nærmest ankerpillen. Dette opnås gennem forspændingskabler i ankerpillen, som fastholder brodrageren mod lodret løft fra lejerne. Eksempel på bropiller er vist af Figur 7-21.



Figur 7-21. Bropille med dilatationsfuge i brodrager ovenover, og ankerpille (Ny Storstrømsbro i Danmark)

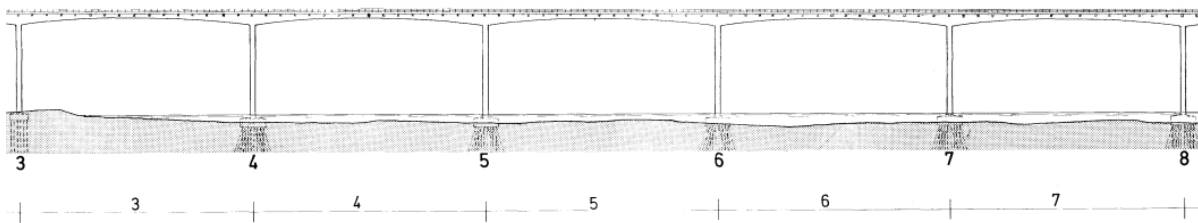
7.3.2 Bjælkebroer

Bjælkebroer anvendt for en Als-Fyn forbindelse er opdelt i en bjælkebro med ens kontinuerte fag, og en frit-frembygget bro. Den frit-frembyggede bro kan have faglængder op mod 330 m, og er tiltænkt benyttet ved gennemsejlinger. Tilslutningsfag antages konstrueret som en bjælkebro med ens kontinuerte fag.

7.3.2.1 Bjælkebro, tilslutningsfag

Til tilslutningsfag er anvendt bjælkebroer med faglængder på mellem 110 m og 140 m. 110 m er anvendt for overbygninger udført i beton, og 140 m for overbygninger udført som komposit. For bjælkebroerne foreskriver sejladsforhold, at der skal være en navigationsfrihøjde på 18 m under tilslutningsbroerne. Den valgte faglængde for bjælkebroen er baseret på referencerne angivet i Tabel 7-3. Den valgte faglængde betyder, at overbygningen ikke bliver tungere end at den kan flådes ud og monteres i fuld faglængde.

Ekspansionsfuger antages placeret ved fagmidte, og som for Vejlefyordbroen uden ændring af faglængden.



Figur 7-22. Bjælkebro med 110m spændvidde (Vejlefjordbroen i Danmark)

Grundet de umiddelbart vanskelige funderingsforhold bør det i en evt. næste fase af projektet undersøges hvorvidt en øget faglængde vil lede til reducerede omkostninger for projektet.

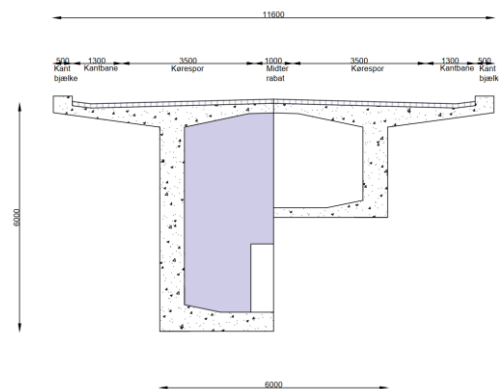
Tabel 7-3. Oversigt over bjælkebroer broer med faglængder lig en Als-Fyn krydsning

Bro	Største faglængde	Materialer og tværsnitstype i overbygning
Storebælt vestbro (DK)	110,4 m	Betonkassedrager
Vejlefjordbro (DK)	110 m	Betonkassedrager

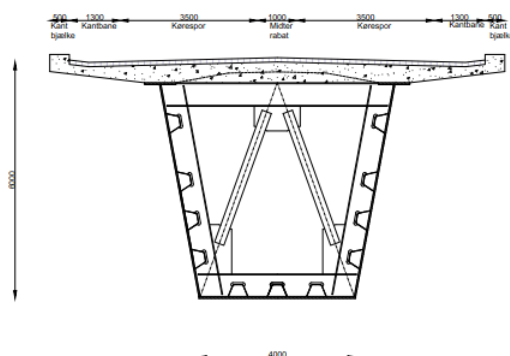
Brodrager tværsnit

Brodrager tværsnittet antages udført i enten beton eller som komposit. Såfremt brodrageren udføres i beton, antages et betonkassedrager tværsnit med varierende tværsnitshøjde, der i form og æstetik er tilsvarende der nærmeste store bro, Allsundbroen. Antagende tværsnitsdimensioner er vist af Figur 7-23.

Udføres brodrageren, som et komposittværsnit antages tværsnitshøjden at være konstant. I så fald antages et tværsnit som vist af Figur 7-24.



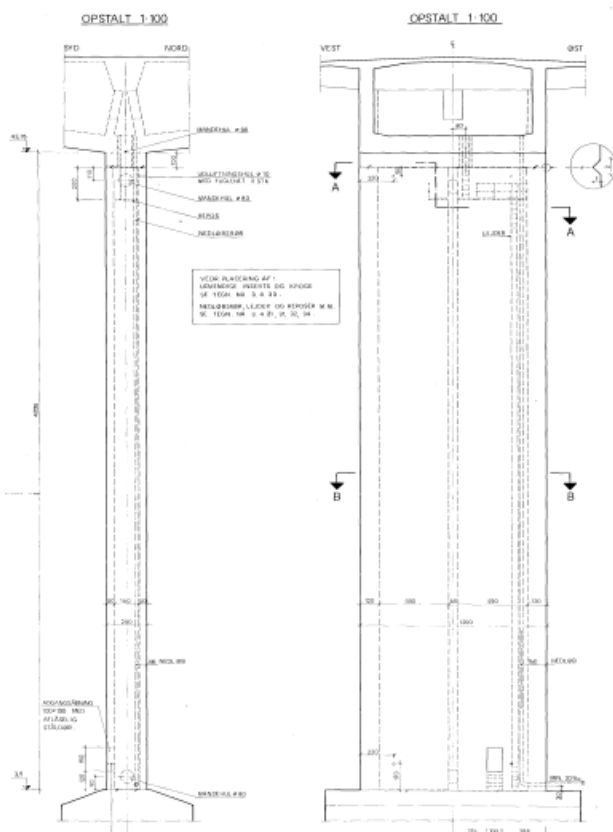
Figur 7-23. Betonkassedrager for bjælkebro med 110 m faglængde



Figur 7-24. Kompositkassedrager for bjælkebro med 140 m faglængde

Bropiller

Bropiller funderes enten direkte eller på højt pæleværk, som beskrevet i Afsnit 7.3.3, og forudsættes udført i beton. Eksempel på bropille er vist af Figur 7-25.

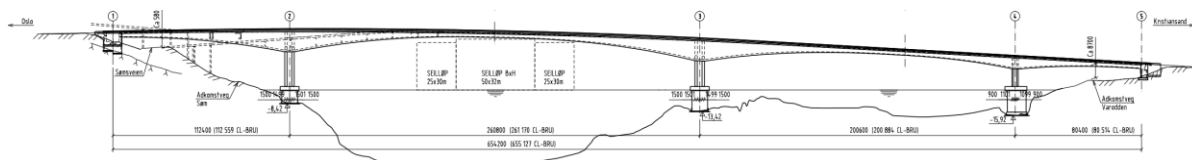


Figur 7-25. Typisk bropille (Vejlefjordbroen i Danmark)

7.3.2.2 Frit-frembygget bro, gennemsejlingsfag

Nord for Søndre Stenrøn kræver sejladshold evt. en ekstra gennemsejlingsmulighed med to gennemsejlingsfag med en fri gennemsejling på mindst 280 m. Her vurderes en frit-frembygget bro at kunne være et kosteffektivt alternativ til en skråningsbro, se eksempel af Figur 7-26. I Danmark kender vi til denne broløsning fra bl.a. Vejlefjordbroen og Alssundbroen. Udenfor Danmark finder man broer af

denne type, med faglængder lig det nødvendige ved en ny Als-Fyn forbindelse. Fælles for frit-frembyggede broer af denne størrelse er dog, at den centrale del af hovedfaget konstrueres i et vægtoptimeret materiale. Dette vil typisk være letvægtsbeton, stål eller en kombination. En oversigt over frit-frembyggede broer med faglængder lig det nødvendige for en Als-Fyn krydsning er givet i Tabel 7-4.



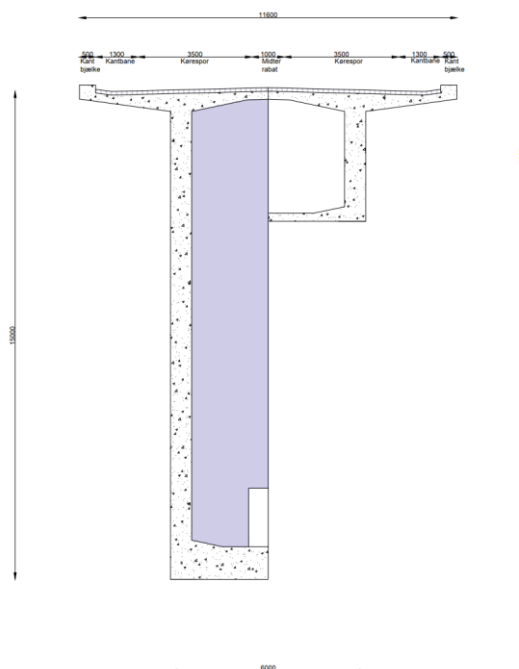
Figur 7-26. Frit-frembygget bro (Ny Varoddbro i Norge)

Tabel 7-4. Oversigt over frit-frembyggede broer med faglængder lig en Als-Fyn krydsning

Bro (landekode)	Største faglængde	Materialer og tværsnitstype i overbygning
Shibanpobroen (CN)	330 m	Betonkassedrager (~100 m fagmidte i stål)
Stolmasundetbroen (NO)	301 m	Betonkassedrager
Raftsundetbroen (NO)	298 m	Betonkassedrager
Sundøybroen (NO)	298 m	Betonkassedrager

Brodrager tværsnit

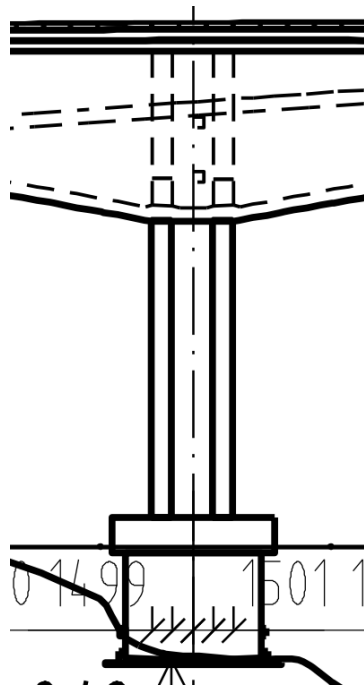
Brodrager tværsnittet er udformet som en lukket kassedrager i beton, typisk for denne konstruktionstype. Den centrale del af hovedfaget antages udført i letvægtsbeton. Antagende tværsnitsdimensioner er som vist af Figur 7-27.



Figur 7-27. Betonkassedrager for frit-frembygget bro med hovedfag på 320m

Bropiller

Nabobropiller til hovedfaget udføres støbt sammen med brodrageren. De udføres typisk i beton, som et kassetværsnit, eller som to separate vægge med det formål at reducere den langsgående stivhed, og dermed laster i fundamentene fra tvangskræfter. Resterende piller forudsættes konstrueret med betonkassetværsnit og med overbygningen placeret på lejer.

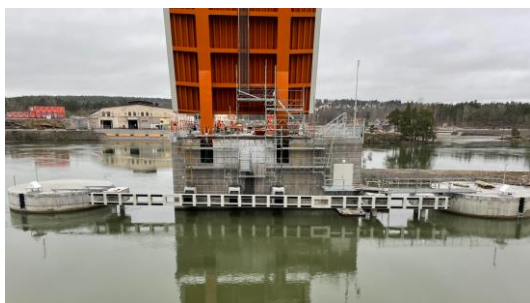


Figur 7-28. Bropille for frit-frembygget bro (Ny Varoddbro i Norge)

7.3.3 Bevægelige broer

Bevægelige broer benyttes typisk til gennemsejlinger, hvor brodrageren ønskes anlagt i lav kote. Dette kan være i tilfælde, hvor pladsmangel på hver side af broen, umuliggøre tilslutninger med nødvendig længde, for at få overbygningen op i den nødvendige gennemsejlingsfrihøjde, hvilket ikke er tilfældet mellem Als og Fyn.

Bevægelige broer er meget sensitive over for skibsstød og sætninger. Dette skyldes de lave tolerance marginer man arbejder med ift. mekanikken, men også geometrien. Underbygningen beskyttes derfor typisk mod skibsstød ved anlæg af f.eks. kunstige rev, ledeværk, eller caissoner. Et eksempel fra Stridsbergsbroen i Sverige er vist på Figur 7-29.



(a) Caissoner

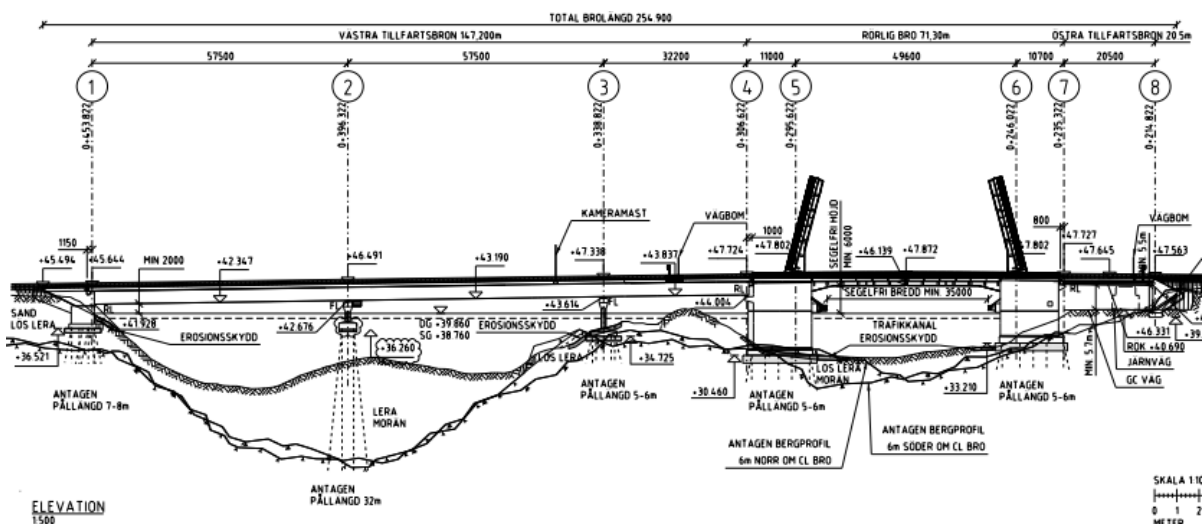


(b) Ledeværk

Figur 7-29 Skibsstødsbeskyttende konstruktioner på bevægelig bro (Stridsbergsbroen i Sverige)

7.3.3.1 Klapbroer

Klapbroen forudsættes havende et enkelt klappag bestående af to klapper på ca. 70 m hver, hvilket vurderes som noget nær den maksimale spændvidde for denne brotype. Udover klapperne, som er den bevægelige del af broen, består klappbroen af to klappiller, som indeholder maskineriet til at åbne broen, en kontravægt til at skabe ligevægt omkring drejeaksen, og et stort klappkammer placeret under brobanen, hvor kontravægten kan være under åbning af broen. Broen åbnes ved brug af hydrauliske stempler placeret i klappillen. Opstalt af typisk klappbro er vist på Figur 7-30. En oversigt over klappbroer med lignende faglængder er oplistet i Tabel 7-5.



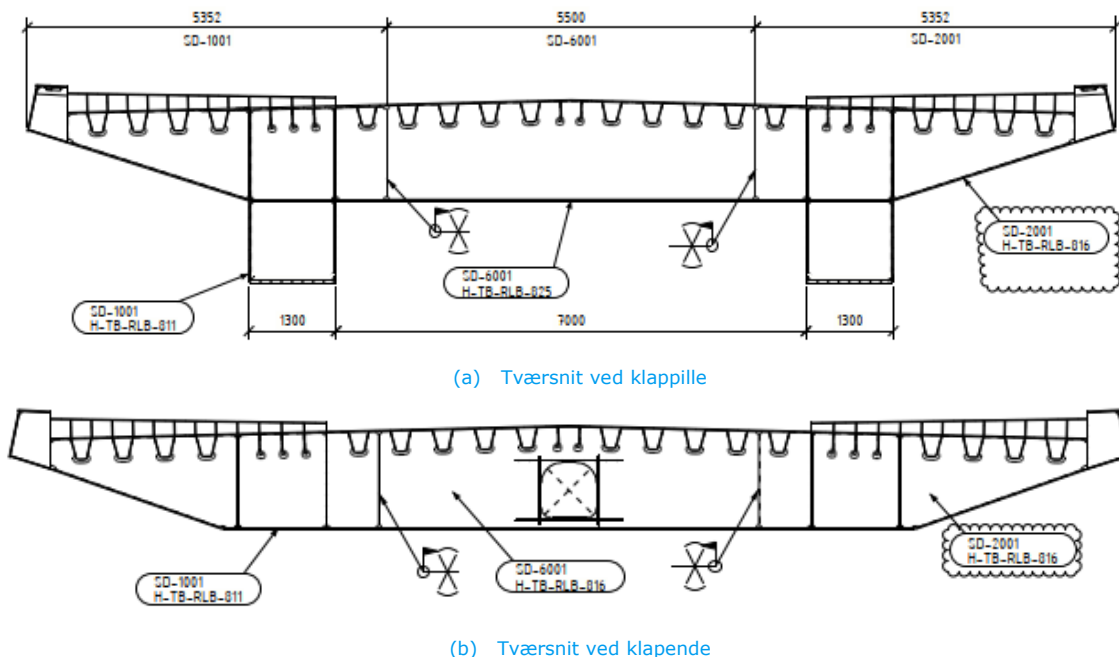
Figur 7-30 Klapbro (Stridsbergsbroen i Sverige)

Tabel 7-5 Oversigt over klappbroer med faglængder lig en Als-Fyn krydsning

Bro	Beskrivelse	Længde klappag [m]	Materialer og tværsnitstype i overbygning
Erasmusbroen (NL)	Enkelt klappag	89 m	Ståklap
Ingulsky broen (UA)	Enkelt klappag	76,25 m	Ståklap
Charles Berry broen (US)	Dobbelt klappag	100,6 m	Ståklap
Broadway broen (US)	Dobbelt klappag	85 m	Ståklap
José León de Carranza broen (ES)	Dobbelt klappag	90 m	Ståklap

Brodrager tværsnit

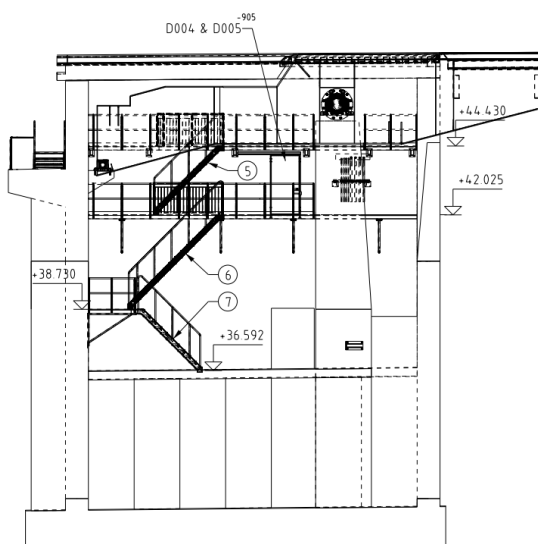
Klappagstværsnittet antages opbygget i stål med varierende tværsnitshøjde. Typisk klappagstværsnit er vist i Figur 7-31.



Figur 7-31 Ståldrager tværsnit i klappag (Stridsbergsbroen i Sverige)

Klappille

Underbygningen består af en klappille, i hvilken maskineri placeres. Klappillen indeholder et klappkammer, hvori kontravægt er placeret. Typisk klappille er vist på Figur 7-32



(a) Typisk klappille



(b) Klappkammer

Figur 7-32 Klappille (Stridsbergsbroen i Sverige)

7.3.3.2 Svingbroer

Svingbroen bevæger sig ved rotation omkring en lodret akse over en drejepille. Modsat klappbroen opbygges svingfag, som dobbelte fag balanceret over drejepillen. I Danmark kender vi bl.a. til Svingbroen fra Odins bro over Odense kanal, som har en bevægelig faglængde på 120 m, se Figur 7-33.

Det forudsættes at en svingbro løsning vil bestå af et dobbelt svingfag. Eksempler på svingbroer af tilsvarende størrelse er givet i Tabel 7-6.



Figur 7-33 Svingbro (Odins bro i Danmark)

Tabel 7-6. Oversigt over svingbroer med faglængder lig en Als-Fyn krydsning

Bro	Beskrivelse	Største faglængde	Materialer og tværsnitstype i overbygning
Odins bro	Dobbelt svingfag	120 m	Stål
El Ferdan jernbanebro (EG)	Dobbelt svingfag	340 m	Stål
River Tyne svingbro (UK)	Dobbelt svingfag	85,5 m	Stål

Brodrager tværsnit

Brodragen i svingfaget forudsættes at have et ståltværsnit, og kan fx. udføres om en stålgitterdrager.

Drejepille

Drejepillen er bropillen om hvilken det bevægelig fag roterer, og derfor lokationen hvor broens maskinel er placeret.

7.3.4 Fundamenter

For en broløsning er følgende funderingsmetoder forudsat:

1. Direkte fundering (ingen pæle) med eller uden jordforstærkning
2. Højt pæleværk

7.3.4.1 Direkte funderet

Nærmest land forudsættes fundamenter direkte funderet på intakt glaciale aflejringer. Dette betyder, at der ikke skal installeres pæle. Fundamenter og pille-skafter vil sandsynligvis skulle etableres som in situ støbte konstruktioner. Eksempler på broer som er direkte funderet er givet i Tabel 7-7.

Tabel 7-7. Oversigt over broer som er direkte funderet

Bro (landekode)	Typisk faglængde	Materialer og tværsnitstype i overbygning
Ny Storstrømsbro (DK)	80 m	Betonkassedrager
Øresundsbroen (DK)	140 m	Kompositgitterdrager

Helt nedgravet

Det vurderes, at der på dele af strækningen med fordel kan funderes direkte på intakte glaciale aflejringer. Afhængig af vanddybden vil fundamenter og første del af pilleskraft kunne etableres ved in-situ støbning ind i en rammet spuns byggegrubber (kofferdam) eller løftet eller flådet på plads som præfabrikerede elementer (sænkekasser).

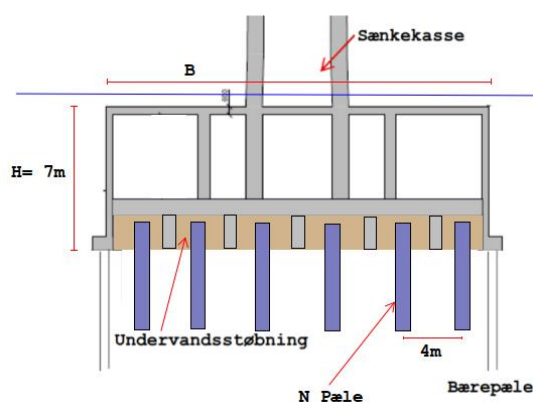
Da der langs hovedparten af strækningen er vanddybder over 28 m er den mest sandsynlige fundering for størstedelen af broen høje pæleværker med stål-betonpæle. En oversigt over broer med højt pæleværk er givet i Tabel 7-8.

Tabel 7-8 Oversigt over broer med højt pæleværk

Bro	Typisk faglængde	Længde af pæle	Materialer og tværsnitstype i overbygning
Peljesac broen (HR)	285 m	124 m	Ståldrager

Sænkekasse

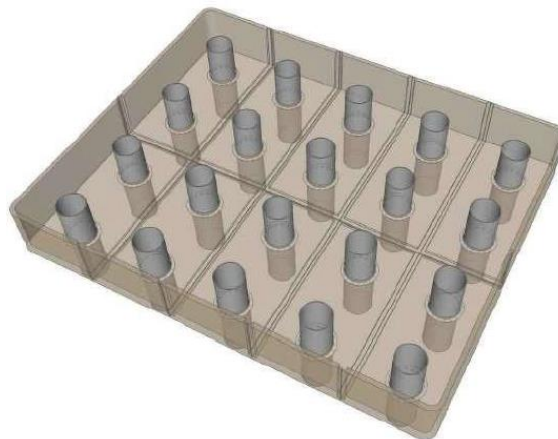
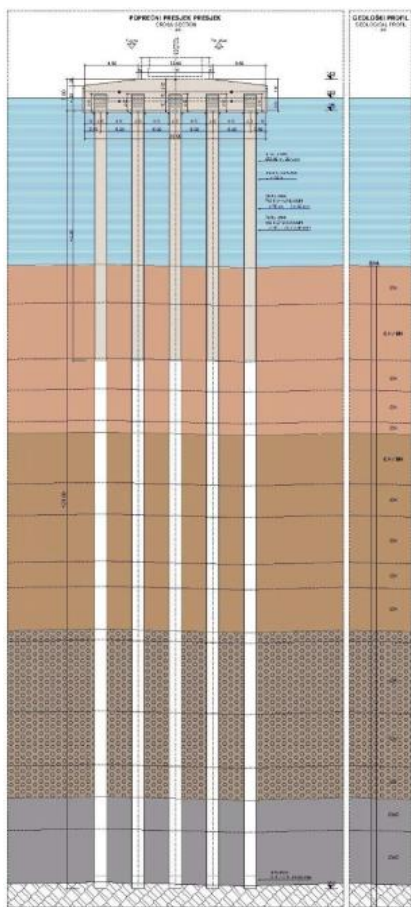
På pæleværket kan der placeres en sænkekasse på etablerede permanente bærepæle, hvor pæletoppe indstøbes i sænkekassen. Sænkekassen flådes på plads ved hjælp af slæbebåde. Konceptet er vist på Figur 7-36.



Figur 7-36. Illustration af en sænkekasse.

In-situ støbt fundament

En anden mulighed er at etablere en kofferdam på pæleværket for udførelse af en in-situ støbt bundplade for piller eller pylon. Konceptet er vist på Figur 7-37. Den in situ støbte base kan være med overkant over eller lige under vandet.



Figur 7-37. Illustration af et høje pæleværk med in situ støbt base (Peljesac broen i Kroatien).

7.3.5 Projektrisikobidrag

7.3.5.1 Generelt

Broløsningerne i denne forundersøgelse tager udgangspunkt i kendte danske og internationale realiserede projekter, som er sammenlignelige mht. vanddybder, skibstrafik, klima og drift og vedligeholdstraditioner. Funderingsforholdene på den valgte strækning, er forskellig fra andre store broer i Danmark, hvorfor der er lagt særlig fokus på erfaring fra offshore industrien, samt internationale broprojekter.

Projektrisikobidraget for projektering og udførelser af broer afhænger i høj grad af, om der er erfaring med konstruktioner af tilsvarende type og størrelse i Danmark og internationalt.

Der er god erfaring med skråstagsbroer med en spændvidde på 550 m, som f.eks. svarer til Rion-Antirion i Grækenland eller Skarnsundbroen i Norge, som har faglængder på hhv. 560 m og 530 m.

Betonbjælkebroer med en faglængde på 110 m er der også god erfaring med, fra bl.a. Storebælt Vestbroen, som har en faglængde på 110,4m.

Kompositbjælkebroer med en faglængde på 140 m, vurderes også at have en lav projektrisiko. Denne konstruktion er lettere end en betonoverbygning men tungere end en ren ståloverbygning, hvorfor faglængder længere end en betonløsning men kortere end en stålløsning må forventes. Storebæltbroen

i Danmark er på Østbroen en stålbjælkebro med en faglængde på 200 m, og Vestbroen er betonbjælkebro med en faglængde på 110,4 m, hvorfor en kompositbjælkebro med en faglængde på 140 m vurderes rimeligt.

Projektrisikobidraget for ovenstående brotyper er i udgangspunktet vurderet til at ligge i kategorien **Lavt**.

En frit-frembygget bjælkebro kan opføres, hvor den centrale del af hovedfaget udføres som en kompositkassedrager, med letvægtsbetondæk. Fra Kina kendes til Shinbanpobroen, hvor de midterste 108 m, er udført med en stål-kassedrager. Denne bro har en faglængde på 330 m, og er derfor sammenlignelig med de 320 m forudsat i denne forundersøgelse. Erfaringsgrundlaget er dog stærkt begrænset, hvorfor projektrisikobidraget vurderes at ligge i kategorien **Forhøjet**.

En klapbro med faglængde på 120 m (60 m klap) og placeret på yderst fleksible fundamenter er en både kompliceret og stærkt usædvanlig kombination. Der menes ikke at findes nogle dobbelte klapfag, med en længde på 120 m. Der er dog eksempler på enkelt klapfag, med klaplængder på op mod 89 m blandt andet Erasmusbroen i Holland. Der er meget begrænset international erfaring, og ingen erfaring hvis funderingstypen tages i betragtning. Projektrisikobidraget for denne løsning vurderes derfor værende i kategorien **Højt**.

En svingbro med en faglængde over 120 m og placeret på yderst fleksible fundamenter er vurderet kompliceret. Erfaringsmæssigt findes bl.a. Odins bro der krydser Odense kanal på Fyn med en samlet faglængde på 120 m (to 60 m svingfag). Svingfagene er dog her funderet på hver side af kanalen, højt oppe på god jord, hvilket øger stivheden af fundamentet. Erfaringsgrundlaget for en sådan konstruktion er dog stærkt begrænset og vurderes som værende **Højt**.

I Tabel 7-9 er projektrisikobidraget for de forskellige brotyper sammenfattet.

Tabel 7-9. Brotypers projektrisikobidrag på grundlag af erfaringsniveau

Brottype	Spændvidde [m]	Lav projektrisiko (Stor erfaring)	Forventet projektrisiko (Moderat erfaring)	Forhøjet projektrisiko (Meget begrænset erfaring)	Høj projektrisiko (Ingen erfaring)
Skråstagsbro	550	-	Forventeligt	-	-
Betonbjælkebro	110	Lavt	-	-	-
Kompositbjælkebro	140	Lavt	-	-	-
Frit-frembygget bro	320	-	-	Forhøjet	-
Klapbro	120	-	-	-	Højt
Svingbro	120	-	-	-	Højt

En vigtig faktor i brokompleksiteten er højden over funderingsniveau. Her er det især vanddybden der udgør en risiko, men også afstanden til bæredygtigt jordlag. Projekteringsrisikoen øges med stigende vanddybde, da lasteffekter ved funderingsniveau fra vandrette laster såsom bremselast, islast og skibsstød øges med vanddybden. Denne effekt øges yderligere af afstanden til bæredygtigt jordlag, samt i hvor høj grad jorden indtil bæredygtigt lag er i stand til at optage vandrette kræfter. Udførelsesrisikoen øges også med stigende vanddybde, da det er vanskeligere at udføre underbygningen af en bro på dybt vand.

På den undersøgte strækning er der store vanddybder, op mod 40 m, og der er flere steder fundet et tykt lag gytje, før man når bæredygtigt jordlag. Der er derfor på den største del af strækningen forudsat fundering med et højt pæleværk, se Afsnit 7.3.4.2. Disse pæle har stor diameter, 2-3 m, og længder op mod 118 m. Der er adskillige referencer internationalt på broer udført med denne type fundamenter, bl.a. Peljesac broen i Kroatien. Projektrisikobidraget vurderes som værende **Forventeligt**.

Projektrisikobidraget fra de kystnære direkte fundamenter vurderes i kategorien **Lavt**, grundet bred national og international erfaring.

I Tabel 7-10 er projektrisikobidraget for de forskellige funderingstyper sammenfattet.

Tabel 7-10 Funderingstypers projektrisikobidrag på grundlag af erfaringsniveau

Funderingstype	Lav projektrisiko (Stor erfaring)	Forventet projektrisiko (Moderat erfaring)	Forhøjet projektrisiko (Meget begrænset erfaring)	Høj projektrisiko (Ingen erfaring)
Højt pæleværk	-	Forventeligt	-	-
Direkte fundering	Lavt	-	-	-

Den samlede længde af broen er ikke medtaget som en parameter i projektrisikobidraget, da dette kan opfattes som et procenttillæg til anlægssummen. Komplexiteten afhænger først og fremmest af projekterings- og udførelsesmetoder af de enkelte elementer der benyttes og i mindre grad af mængden.

Projektrisikobidraget stiger med spændvidden for bjælkebroerne, hvor især de meget lange frit-frembyggede brofag, udgør en risiko grundet meget begrænset erfaring.

Funderingstypen påvirker også projektrisikobidraget, hvor den moderate internationale erfaring med højt pæleværk, som bro funderer på, øger projektrisikobidraget.

For projekteringsrisiko er yderligere følgende parametre vurderet hvor relevant:

- Aerodynamik (udformning af brotværsnit)
- Ilast

For udførelsesrisiko er følgende parametre vurderet hvor relevant:

- Byggemetode
- Tilgængelighed af materialer
- Transport af broelementer
- Løft og installation af broelementer
- Vejrlig

Disse er beskrevet i næstkommende afsnit.

7.3.5.2 Projektering

Aerodynamik

Projekteringsrisikoen mht. aerodynamik er vurderet ud fra udformning af tværsnit og spændvidde:

- **Lavt** for bjælkebroer med en faglængde på 110 m, idet denne faglængde ikke giver anledning til svingninger pga. vind.
- **Lavt** for en skrånstagsbro med faglængde på 550 m med en lukket brokassedrager, grundet det stive kabelsystem og den aerodynamisk gunstige overbygningskonstruktion.
- **Forventeligt**, dog med lav graduering, for en skrånstagsbro med en faglængde på 550 m og med en åben brodrager, grundet en mindre aerodynamisk gunstig overbygningskonstruktion
- **Forventeligt**, for en frit-frembygget betonbjælkebro, hvor især udførelsesscenariet, inden de to 160m udkragninger forbindes vurderes kritisk.
- **Lavt**, for en frit-frembygget kompositbjælkebro, grundet et mere gunstigt udførelsesscenarie med mindre udkragninger på 110 m, inden drageren lukkes med et løft af komposit delen på 100 m.
- **Forhøjet**, for en klapbro med 60 m klapper, grundet klappernes vindfølsomhed under drift i løftet position.
- **Forventeligt**, for en svingbro med to 60 m udkragede svingfag.

Det bemærkes at projektrisikobidraget for skrånstagsbroen kan styres med brodrager udformningen. Et kassedragertværsnit har en høj torsionsstivhed, hvilket er en vigtig aerodynamisk parameter.

Islast

Projekteringsrisiko pga. islast afhænger af udformning af underbygning, samt vanddybden.

Projektrisikobidraget er vurderet til:

- For alle brotyper, på nær de bevægelige broer, er projektrisikobidraget vurderet, som værende i kategorien **Forventeligt**, grundet de store vanddybder
- For de bevægelige broer (klapbro og svingbro), er projektrisikobidraget vurderet, som værende **Forhøjet**, idet islasten vurderes i høj grad at kunne påvirke driften af broerne.

Samlet projektrisikobidrag fra projektering

Projektrisikobidraget fra projektering er sat til maksimum af ovenstående projektrisikobidrag.

7.3.5.3 Udførelse

Byggemetode

Projektrisikobidraget er vurderet til:

- **Forventeligt** for velkendte byggemetoder
- **Forhøjet** for byggemetoder, der er begrænset erfaring med
- **Højt** for byggemetoder, der ingen erfaring er med.

I denne undersøgelse er alle broer forudsat udført via velkendte byggemetoder, hvorfor projektrisikobidraget er vurderet til **Forventeligt**.

Tilgængelighed af materialer

Risikoen for tilgængelighed af materialer afhænger af mængden der skal anvendes og af markedsefterspørgsel. Efterspørgslen af stål varierer meget over tid, og er drevet af det internationale marked. Beton er derimod mere lokalt fremstillet og dermed mindre følsomt for internationale konjunkturer. Projektrisikobidraget er vurderet til:

- **Lavt** hvor beton er en dominerende omkostning, dvs. for betonbjælkebroerne.
- **Forventeligt** hvor stål er den dominerende omkostning, dvs. for kompositbjælkebroerne, skrånstagsbroen, og de bevægelige broer.

Transport af broelementer

Risikoen forbundet med transport af broelementer stiger med størrelsen og vægten. Projektrisikobidraget er vurderet til **Forventeligt** for samtlige brotyper.

Løft og installation af broelementer

Denne risiko er vurderet som for transport, dog er graduering for kabelbårne broer lidt højere idet der typisk skal løftes til større højde og med specialfremstillet udstyr. Projektrisikobidraget er vurderet til **Forventeligt**.

Vejrlig

Risikoen forbundet med vejrlig er især bestemt af vindhastigheder som stiger med højden.

Projektrisikobidraget er vurderet til:

- **Lavt** for bjælkebroer med en gennemsejlingshøjde på 18 m, hvor elementer ikke skal installeres højt oppe.
- **Forventeligt**, for alle øvrige brotyper

Samlet projektrisikobidrag fra udførelsen

Projektrisikobidraget fra udførelsen er sat til maksimum af ovenstående projektrisikobidrag.

7.4 Tunneler

I dette afsnit beskrives de i denne rapport anvendte tunneltyper som sænketunnel og boret tunnel samt tilstødende konstruktionstyper som cut-and-cover, trug/rampe og portalkonstruktioner.

De valgte tunnelloøsninger samt tilhørende fordele og ulemper er meget afhængige af de geotekniske forhold i de forskellige korridorer. Som beskrevet i afsnit 5 er der i 2023 gennemført en indledende geofysisk undersøgelse. Det ses ud fra den geologiske 3D model at vanddybden på størstedelen af strækningen mellem Horne og Fynshav er mellem 35 m og 42 m, mens vanddybden mellem Horne og Tranerødde er ca. 30 m. Ved havbunden træffes der generelt mellem 5 m og 10 m bløde postglaciale marine sedimenter som underlejres af et par meter postglaciale brakvandsler. Herunder træffes generelt senglaciale aflejring, primært bestående af ler. Syd for Søndre Stenrøn træffes der Lillebæltssler mellem 10 m og 20 m under havbunden.

De geotekniske konsekvenser for sænketunneler er præsenteret i afsnit 5.1.1 og for borede tunneler i afsnit 5.1.2. Yderligere forhold omkring fundering og udgravning til en sænketunnelloøsning præsenteres i afsnit 7.4.2.3.

De udviklede tunnelloøsninger lægger vægt på ønsket om en basisløsning, men også på eksisterende erfaring og kendte løsninger. Inden for eksisterende erfaring og kendte løsninger er der udvalgt specifikke referenceprojekter. De beskrevne anlægstekniske løsninger forventes at kunne udføres af erfarne entreprenører under hensyntagen til gældende regler og projektspecifikke krav.

7.4.1 Vandtæthed

Den største risiko for vandindtrængning i tunneler er ved bevægelsesfugerne og i overgangen mellem forskellige konstruktionstyper som fx hhv. borede tunneler og sænketunnel og cut & cover konstruktion. Det tilstræbes at tunneler er helt tætte, dette er dog ofte ikke praktisk muligt, derfor tillades det at tunneler er fugtige, men der må ikke dryppe eller sive vand ind. Utætheder skal udbedres ved fx injicering.

For tunnelerne skal vandtætheden sikres ved valget af materialer for de primære konstruktionsdele, som segmenterne og elementerne, samt ved designet af fugerne mellem disse konstruktionsdele. For de

primære konstruktionsdele kan vandtæthedens eventuelt øges ved fx at anvende en vandtæt membran. I designet af fuger er det vigtigt at der tages højde for potentielle bevægelser som fx fra temperaturændringer, sætninger samt ældning af fugematerialet.

Vandtæthedens af tunneler sikres i første omgang ved god projektering på baggrund af bl.a. geoteknikken, laster fra vand og jord, ulykkeslaste bl.a. fra marintrafik og ikke mindst indbyggede laster fra og under udførelse. Dernæst sikres vandtæthedens både under udførelsen af de primære konstruktionsdele ved hærdstyring af betonstøbning, men også under installering af elementerne sammen med fugerne.

Store vandtætte tunnelkonstruktioner kan bygges af et begrænset antal internationale entreprenører og specialistvirksomheder, som har ekspertisen til at gennemføre et projekt af denne skala og kompleksitet. Baseret på de etablerede projekteringsforudsætninger skal der i udbuddet for tunnelentreprisen stilles krav til materialer og udførelse af betonkonstruktioner, bl.a. krav om "ingen revner som følge af betonhærdning" (på teknisk engelsk "no early-age cracking"). Alternativt kan tunnelen eventuelt forsynes med en vandtætningsmembran, et koncept som hverken er anvendt på Øresund tunnelen eller Femern tunnelen.

Erfaring med design og udførelse af både dybe sænketunneller og specielt borede tunneler er øget markant de sidste 20-25 år, hvormed risikoen for utætheder for begge tunneltyper er reduceret.

Der findes flere eksempler på veludførte internationale borede vej-tunneler med et stort vandtryk, se afsnit 7.4.3.1.

7.4.2 Sænketunneler

Lange sænketunneller (over 3 km) har opnået stor udbredelse de sidste 20 år ved større faste forbindelser, som for eksempel i nærheden af lufthavne, hvilket var tilfældet for Øresundstunnelen og tunnelen mellem Hong-Kong – Zhuhai – Macao eller hvor der er meget skibstrafik, hvilket var tilfældet for Busan-Geoje Fixed Link. Dette har medført at en sænketunnel er blevet valgt i stedet for en måske mere oplagt bro-løsning.

Afhængig af de geotekniske og miljøtekniske krav såsom fx blokerings-effekt eller spildmængder ved udgravning af sænketunnel renden kan designet og udførelsesmetoden for en sænketunnelløsning justeres.

7.4.2.1 Referenceprojekter – anlæg af sænketunneler

I dette afsnit er udvalgte projekter der er vurderet relevante for sænketunnelløsninger ud fra kriterierne om i) relativ lang sænketunnel og ii) høje vandtryk. Tabel 7-11 viser udvalgte relevante sænketunnelprojekter med relative høje vandtryk.

Tabel 7-11 Oversigt over projekter med længere sænketunnel med stort vandtryk.

Projekt	Lokalitet	Længde af tunnel	Dybeste vej-kote
Marmaray Tunnel	Tyrkiet	1,4 km	- 60 m
Busan-Geoje Fixed Link	Sydkorea	3,2 km	- 46 m
Hong-Kong – Zhuhai – Macao	Kina	5,6 km	- 42 m
Transbay Tube	USA	5,8 km	- 40 m
Hampton Roads	USA	2,2 km	- 35 m

På nuværende tidspunkt er yderligere to relevante sænketunnelprojekter under udførelse.

- Femern Bælt tunnelen (sænketunnel) med en længde på 18 km og dybeste vejkode i -40 m
- Shenzhen-Zhongshan med en længde på 5 km og dybeste vejkode i -48 m

De mest relevante projekter for Als-Fyn forbindelsen er følgende:

1. Femern
2. Marmaray Tunnel
3. Busan-Geoje Fixed Link
4. Hong Kong - Zhuhai – Macao

Femern

Femern Bælt sænketunnelen (kombineret vej og bane) er under anlæg og bliver ca. 18,5 km lang inklusiv cut-and-cover og ramper på begge sider.

Erfaring fra udførelsen af Øresund og Hong – Kong – Zhuhai sænketunnel projekter har vist at udførelse af lange sænketunnel projekter, i stor grad er skalerbar. Det vurderes derfor ikke for høj risiko at medtage Femern tunnel, da en hel del planlægning og design (baseret på Øresundstunnelen) er lagt til grund for både udbud og kontrakter med entreprenører.

Specielle anlægstekniske forhold, som er relevante i forhold til forbindelsen mellem Als og Fyn:

- Femern Bælt sænketunnelen bliver verdens længste sænketunnel, og er også væsentlig længere end den længste sænketunnelløsning for forbindelsen mellem Als og Fyn.
- Den dybeste vejkode for Femern Bælt sænketunnelen er i kode -40 m. Dette er ikke helt så dybt som for Als-Fyn forbindelsen, men stadig sammenligneligt.
- Transport og sænkning af tunnelelementer vil foregå i de indre danske farvande under forhold sammenlignelige med f.eks. forholdene for Femerntunnelen.

Marmaray Tunnel

Marmaray sænketunnelen i Tyrkiet er etableret til togtrafik og består af i alt 11 tunnelelementer. Det dybeste punkt for sænketunnelen er i kode – 60 m, hvilket er dybere end alle sænketunnelløsningerne for forbindelsen mellem Als og Fyn. Grundet dårlige geotekniske forhold, var det nødvendigt med jordforbedrende arbejde inden sænketunnelelementerne kunne installeres.

Specielle anlægstekniske forhold, som er relevante i forhold til forbindelsen mellem Als og Fyn:

- Marmaray tunnelen er den dybeste sænketunnel i verden, hvilket gør at sænketunnelløsningerne for en forbindelse mellem Als og Fyn er inden for kendte grænser.
- Jordforbedring kan blive aktuelt for forbindelsen mellem Als og Fyn.

Busan – Geoje

Busan – Geoje tunnelen i Korea er etableret i åbent havmiljø. Den faste forbindelse består af to skråningsbroer og en sænketunnel på 3,2 km. Tunnelen har to kørebaner i hver retning og med et krybepor på stigningen i vestlige retning.

Vestenden er etableret på en dyb undersøisk dæmning opbygget på jordforstærket blødt/sætningsgivende marint ler. I øst enden ligger tunnelen over havbunden og har derfor krævet et større beskyttelsesrev for at begrænse påvirkningen fra eventuelle skibsstød fra den tunge container trafik, som passerer tunnelen.

Specielle anlægstekniske forhold, som er relevante i forhold til forbindelsen mellem Als og Fyn:

- Busan – Geoje tunnelen er p.t. verdens dybeste vejsænketunnel med dybeste vejkode i -46 m.
- Kunstige øer med opbygning af tunnelbeskyttelse over havbund i begge ender
- For løsningen, hvor der skal etableres en kunstig ø vil der også skulle anlægges en undersøisk dæmning.
- Skibsstød (sunket, sammenstød) specielt i den østlige ende

Hong Kong - Zhuhai – Macao

Sænketunnelen, der indgår i den 50 km lange Hong Kong – Zhuhai – Macao faste forbindelse er etableret mellem to kunstige øer. Disse øer og tunnelen er etableret i flodudmundingen for Pearl River, og består af blødt og siltholdigt ler. Øerne og tunnelenderne har derfor krævet væsentlige forbedringer af jordbunden for at sikre mod, at sætninger og sætningsvariationer langs linjeføringen skulle lede til problemer.

Specielle anlægstekniske forhold, som er relevante i forhold til forbindelsen mellem Als og Fyn:

- Verdens pt. længste sænketunnel på 5,6 km
- Dyb sænketunnel med vejkode i -42 m
- Kunstige øer med opbygning af tunnelbeskyttelse over havbund i begge ender

7.4.2.2 Beskrivelse af anlæg

Projekteringsprincippet for en sænketunnel er, at tunnelelementerne er udformet, så de netop kan flyde ved egen opdrift, og at der kun kræves relativt begrænset ballast (vand) for at sænke elementerne. Når elementerne er på plads, fyldes der jord omkring dem og der støbes efterfølgende ballastbeton inde i elementerne, som giver den endelige sikkerhed mod opdrift.

Selve tunnelelementerne vil i deres endelige placering have et funderingstryk, der typisk er mindre end funderingstrykket fra den fjernede jord (in-situ trykket). Dette gør at sænketunneler ofte kan funderes direkte på bunden af den gravede rende, uden behov for jordforstærkning. Fylden ved siden af tunnelen vil dog typisk være tungere og denne skal derfor ofte sikres mod for store sætninger.

For forbindelsen mellem Als og Fyn tænkes udformningen for Femern sænketunnel genanvendt og er derfor baseret på to typer sænketunnelelementer:

- Standardelementer som er maksimalt 217 m lange (for at kunne genanvende tunnelelementfabrikken bedst muligt)
- Specialelement hvori størstedelen af installationer er placeret så der er let adgang for drift og vedligehold.

Tidligt i projektet blev de rene sænketunnelløsninger undersøgt som både delvist samt helt nedgravet. Grundet de geotekniske forhold beskrevet i afsnit 5, antages de rene sænketunnelløsninger på nuværende tidspunkt at være helt nedgravet.

Tværsnit for henholdsvis normalelementer og specialelementer er præsenteret i afsnit 6.3 og vist på Figur 6-11, Figur 6-12 og Figur 6-13.

7.4.2.3 Fundering og udgravning

Fundering af en sænketunnel afhænger af de jordbundsforhold der findes langs linjeføringen. Det er væsentligt at bemærke, at funderingen ikke kun er af selve tunnellens konstruktion, men også af tilbagefyldt under, langs siderne og på toppen, som i visse tilfælde giver et funderingstryk der er højere end for selve tunnelkonstruktionen.

Alle sænketunnelløsninger er placeret under den eksisterende havbund, på nær omkring den kunstige ø i en af de anlægstekniske løsninger og ved ilandføringspunkterne. Dermed er skibsstødsrisikoen minimal i størstedelen af korridoren. På de dybe stræk er risikoen fra skibstrafik primært knyttet til ulykkeshændelse som et sunket skib, et tabt anker og et slæbende anker.

Risiko for skibsstød på sænketunnelen ved den kunstige ø og ved ilandføringspunkterne adresseres ved at gøre sænketunnelbeskyttelsen tykkere og bredere hvor sænketunnelen er over havbunden, denne tunnelbeskyttelse er ikke designet i denne fase af projektet.

Som beskrevet i afsnit 5 er der i 2023 gennemført en indledende geofysisk undersøgelse. Ud fra denne undersøgelse, vurderes det, at en sænketunnel kan funderes direkte på senglaciale og glaciale aflejringer. Udgravning i og fundering af sænketunnel direkte på palæoget Lillebæltssler vurderes at være meget kompleks og udfordrende da Lillebæltssler kan svelde når det frigraves og er derfor undgået i løsningerne med sænketunneller.

7.4.2.4 Byggemetode

Sænketunneler bygges normalt i Europa af 100-200 m lange betonelementer, der støbes i tværsnittets fulde bredde og højde på en elementfabrik eller i en tørdok. Vægten af tunnelelementerne er afpasset, så de efter lukning i begge ender med vandtætte skot vil kunne flyde, når tørdokken sættes under vand. Det enkelte element bugseres herefter ud til placerings-stedet, hvor det nedsænkes i en udgravet rende i havbunden, hvor der er etableret et afretningslag i bunden inden nedsænkning.

Et eksempel på bugsering af et tunnelelement er vist på nedenstående Figur 7-38.



Figur 7-38 Eksempel på transport af sænketunnelelement (Øresund).

Efter nedsænkning af elementet skubbes det op mod den tidligere udførte del af tunnelen, hvor specielle fugekonstruktioner sikrer at forbindelsen mellem de to elementer bliver vandtæt. Herefter påbegyndes arbejdet med omballastering med beton og tilfyldning omkring og over tunnelen for løbende af at kunne tømme og demontere ballasttankene i takt med at elementer holdes nede med den øgede vægt fra ballastering. Samtidig fyldes til med sand langs siderne af elementet, og der placeres et lag store sten ovenpå for beskyttelse af tunnelen og som sikring mod erosion.

Den vertikale linjeføring bestemmes typisk af de geotekniske forhold, placeringen af specialelementer samt hvorvidt man ønsker at reducere blokerings-effekten, ved fx at lave den helt nedgravet, eller om man ønsker at reducere afgravningsmængden, ved fx kun at lave den delvist nedgravet. Hvis sænketunnelen anlægges højere end havbunden, vil der være behov for speciel beskyttelse mod skibsstød, medmindre de ligger dybere end dybdegangen på de største skibe. Anlægges den dybere vil der være behov for store mængder ekstra udgravning.

Sænketunnelen forbindes ved kysten i hver ende normalt med en cut & cover tunnel.

I andre egne af verden anlægges sænketunneler også som stålelementer med indstøbt beton. Denne type har ikke fundet bred anvendelse i Europa, hvor der er tradition for anvendelse af højkvalitetsbeton i anlægs konstruktioner. Enkelte projekter er etableret helt eller delvist via denne metode (f.eks. Söderströmstunneln i Stockholm), men det er typisk kun når helt specielle projektvilkår umuliggør

anvendelsen af de traditionelle betontunnel elementer. Denne type sænketunnel er derfor ikke analyseret i denne fase.

Varigheden for de forskellige aktiviteter samt en samlet anlægstidsplan for de forskellige sænketunnelløsninger i dette projekt præsenteres i afsnit 11.1, afsnit 11.4 og afsnit 11.5.

7.4.3 Borede tunneler

Som beskrevet i afsnit 5 er der i 2023 gennemført en indledende geofysisk undersøgelse, og de anlægstekniske konsekvenser for denne undersøgelse er præsenterede i afsnit 5.1.2.

De borede tunnelløsninger bør, hvis man ønsker at gå videre med den i kommende faser, vurderes nærmere, når geotekniske boringer samt parametre for de relevante jordbundsforhold foreligger. Her påtænkes specielt en analyse ud fra en tunnelboremaskine (TBM) teknisk perspektiv i relation til boring i svage geologiske aflejringer (i forhold til hvilke aflejringer der normalt tunneleres igennem) samt for slid på boremaskinen. Herudover skal det overvejes om der skal anvendes to eller fire tunnelboremaskiner under udførelsen. På nuværende tidspunkt antages det at der anvendes to tunnelboremaskiner for ALA03 og fire maskiner for ALA10.

7.4.3.1 Referenceprojekter – anlæg af borede tunneler

I dette afsnit præsenteres forskellige internationale reference projekter, hvor der er anlagt borede tunneler under stort vandtryk. Tabel 7-12 viser udvalgte relevante borede tunnelprojekter med vandtryk svarende til det der vil være for en boret tunnelløsning mellem Als og Fyn.

Tabel 7-12 Oversigt over projekter med TBM-maskiner med stort vandtryk.

Projekt	TBM-type	TBM diameter	Lokalitet	Længde af boret tunnel	Maksimalt vandtryk ved TBM-bund
Storebælt	EPB	8,5 m	Undersøisk	2 rør x 7,4 km	80 m
Madrid M30	EPB	15,4 m	Bymæssig	2 rør x 4,2 km	77 m
SR99 Seattle	EPB	17,5 m	Bymæssig	1 rør x 2,8 km	75 m
Fjerde Eib tunnel	Slurry TBM	14,2 m	Undersøisk	1 rør x 2,6 km	50 m
TMCLK (Tuen Mun-Chek Lap Kok Link)	Slurry TBM	14,0 m	Undersøisk	2 rør x 4,2 km	62 m
Shanghai. Project S-317	Slurry TBM	15,0 m	Undersøisk	2 rør x 3,0 km	73 m
Eurasia Tunnel	Slurry TBM	13,7 m	Undersøisk	1 rør x 5,4 km	106 m

Som det kan ses, kan et vandtryk på cirka 72 m betragtes som indenfor kendte grænser.

På nuværende tidspunkt er det geotekniske grundlag for området ved Als meget usikkert og dybdepunkt er valgt, så tunnelen ligger dybt ved krydsningen af området med dårlige jordbundsforhold. Det er ikke usandsynligt, at der kan blive behov for at udføre jordforstærkning i dette område, men ud fra det nuværende grundlag, er der ikke behov for jordforstærkning. Med det valgte længdeprofil vil det maksimale vandtryk ved TBM-bund være 72 m.

Begge typer boremaskiner arbejder med lukket tryksat front. EPB maskiner fjerner jorden fra borehovedet med en snegl. Det udborede materiale har en konsistens, der minder om mørtel, når det trækkes ud af borehovedet. Det kan transporteres fra boremaskine til tunnelbyggepladsen med transportbånd eller i transportvogne.

Slurry TBM'er fjerner jorden gennem et slurrykredsløb. Slurryen (vand tilsat bentonit) pumpes ind i TBMs borehoved, hvor det udborede materiale opslemmes i slurryen. Det pumpes herefter til tunnelbyggepladsen, hvor det udborede materiale separeres fra slurryen i et separationsanlæg.

Med den nuværende geotekniske viden er det ikke muligt at vælge maskintype.

7.4.3.2 Beskrivelse af anlæg

Ved etablering af en boret tunnelloøsning mellem Als og Fyn vil der skulle bores to rør med hver en ydre diameter på 10,5 m for basisløsningen.

For drift- og vedligeholdelse samt flugt- og adgangsveje for beredskabet er det valgt at inkludere etablering af tværtunneler per 250 m.

Alternativt kan den borede tunnel udføres i ét rør i stedet for to, hvor de to vejbaner adskilles af en midtervæg. Fordelen ved at samle begge vejbaner i ét rør er, at der ikke skal etableres tværtunneler. En kombination af en lang boret tunnel med stor diameter er dog fravalgt da denne ligger uden for erfaringsområdet, se Tabel 7-13, og er vurderet betydeligt dyrere at anlægge end den tilsvarende tunnel anlagt i to rør med tværtunneler. Yderligere er ulempen ved at samle alt i ét rør, at den indre konstruktion vil være væsentlig mere kompliceret samt at den samlede udgravningsmængde vil være betydeligt større. Derudover vil linjeføringen skulle være dybere for at have tilstrækkeligt jorddække.

Tværsnittet for basisløsningen i dette projekt kan ses i afsnit 6.3 og i Figur 6-10.

7.4.3.3 Byggemetode

For en boret tunnel foretages udgravningen med en TBM, hvor der i takt med boringen løbende opsættes en permanent foring af præfabrikerede betonsegmenter. I enderne af den borede tunnelstrækning skal der etableres et start- og modtagekammer for henholdsvis opstilling og nedtagning af boremaskinen. Et eksempel fra et boret tunnelprojekt er vist på Figur 7-39.



Figur 7-39 Eksempel på startkammer for en boret tunnel, Malmö Citytunneln.

En boret tunnel kan typisk etableres uden gener for de overliggende arealer, hvilket er specielt velegnet under bymæssige forhold og under naturområder med følsomt miljø. Yderligere kan undersøiske borede tunneler udføres uden at påvirke den eksisterende skibstrafik i anlægsfasen.

En boret tunnel vil indebære en dybere linjeføring under terræn eller havbund end en sænketunnel. Dette skyldes dels, at der skal dannes buevirkning til stabilisering af jorden under udgravning af det cirkulære profil, og dels at den konstruktive virkemåde (imod opløft) forudsætter, at der skal være et tilstrækkeligt jordlag ovenover for at give modtryk mod opløft svarende ca. til tunnelens diameter.

Tunnelsegmenter støbes på en fabrik som kan ligge ved tunnelbyggepladsen eller et andet sted som fx tunnelementfabrikken i Rødby. Der vil være behov for en god transportlogistik med at få segmenter transporteret til byggepladsen og ligeledes håndtering af udgravet jord, som skal deponeres. Det bør overvejes at transportere materialer til og fra byggepladserne med skibe eller pramme for at reducere CO₂ udslip, trængsel på vejnettet og trafikstøj.

Det anbefales som udgangspunkt at TBM-boring påbegyndes i et niveau, hvor maskinens top er mindst én diameter under terræn. Med en maskine med en diameter på ca. 10,5 m vil vejniveauet således være ca. 20 m under terræn.

Den dybe beliggenhed indebærer, at der i hver ende af den borede tunnel vil være strækninger med cut & cover tunnel til forholdsvis stor dybde. På Fyn siden er længden af cut & cover tunnelen minimeret ved at den første del udføres som et trug, der ligger i afgravning, herved kan TBM'erne kan startes fra en forholdsvis kort cut and cover tunnel. På Als siden etableres for ALA03 rampe og cut and cover i en ny dæmning placeret nord for havnen ved Fynshav, denne cut & cover tunnel vil være længere end den tilsvarende for sænketunnelløsningerne for at nå tilstrækkelig dybde og for at sikre mod stormflod. For ALA10 etableres der ved Tranerodde rampe, cut and cover samt startkammer på Als. Der er ikke medtaget en dæmning i denne løsning.

Efter boring af tunnelerne etableres der tværtunneler. Før disse kan udgraves, skal det sikres, at der ikke kommer for stor vandindtrængning, hvilket kan gøres ved injicering af jorden med mørtel eller eventuelt ved frysning af jorden. Alternativt, kan man som på Tuen Mun-Chek Lap Kok Link tunnelen etablere tværtunnelerne med en mini TBM ved hjælp af pipe jacking metoden.

Ved større dimensioner, hvor alt trafik er samlet i ét rør, skal der etableres indre konstruktioner i tunnelerne, som typisk bygges op af præfabrikerede elementer og derved kan etableres samtidig med at tunnelen bores. Ved den valgte tunnelløsning for dette projekt er det ikke nødvendigt at etablere indre konstruktioner.

I forhold til længden, som tunnelboremaskinen forventes at skulle bore, hvis kun én maskine anvendes per rør, er det inden for kendte grænser. En oversigt over relevante projekter med tilsvarende diameter og længde er vist i Tabel 7-13.

Tabel 7-13 Oversigt over projekter med TBM-maskiner som er anvendt for stræk over 10 km.

Projekt	TBM diameter	Længste stræk
Channel tunnel	7,6 m	22,0 km
Lötschberg base tunnel	9,4 m	18,8 km
Guadarrama tunnel	9,5 m	15,8 km
Gottthard/Gottardo base tunnel	9,6 m	14,0 km
Niagara Water Diversion Tunnel	14,4 m	10,0 km

Det kan for ALA03 overvejes at bore med fire maskiner for at reducere anlægstiden, men dette vil kræve at der etableres en byggeplads for tunnelboring ved Fynshav. Boring med fire maskiner vil også nedbringe risikoen for projektet, så hvis en TBM løber ind i problemer kan den fra den modsatte side tage over for den problemramte (som tilfældet på Storebælt).

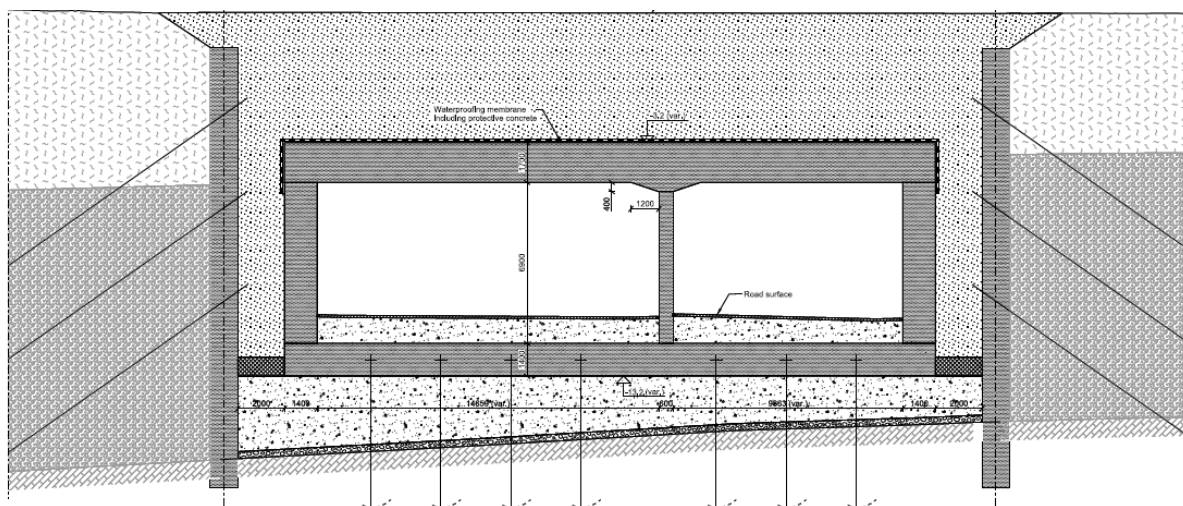
Varigheden for de forskellige aktiviteter samt en samlet anlægstidsplan for den boret tunnelløsning i dette projekt præsenteres i afsnit 11.3.

7.4.4 Cut & Cover tunnel og portalbygninger

7.4.4.1 Beskrivelse af anlæg

Cut & cover tunnel og portalbygning kan have et tværsnitsprofil som vist på Figur 7-40 nedenfor (her vist for et bredere tværsnit). Udformningen af cut & cover og portal er ikke detaljeret på nuværende tidspunkt. Udformningen vil inkludere hensyn til placeringen af teknikrum, adgangsforhold og tilpasning i omgivelserne.

En mindre portalbygning til drift kan være nødvendig på den kunstige ø for ALA05, men er på nuværende tidspunkt ikke medtaget i projektet.



Figur 7-40 Eksempel på cut & cover konstruktion fra det illustrative design for Nordhavnstunnelen.

7.4.4.2 Byggemetode

Cut- and cover tunnel byggemetoden er karakteriseret ved, at tunnelen støbes på stedet enten i en åben udgravning med skråninger eller med støttemure (spuns, sekantpæle eller slidsevægge), hvorefter der tilbagefyldes med jord. Sidstnævnte metode antages anvendt ved ilandføringspunktet ved Als for både den borede løsning og sænketunnelløsningerne, ved ilandføringspunkterne ved Fyn for sænketunnelløsninger samt ved den kunstige ø.

For forbindelsen mellem Als og Fyn forventes cut & cover tunnel byggemetoden brugt ved overgangen mellem vej i terræn og enten sænketunnel eller boret tunnel. Portalbygningerne som indeholder de nødvendige installationer og personalefaciliteter til drift af tunnelen integreres i cut and cover tunnelen.

Der er på nuværende projektstadiet ikke foretaget nogen specifik vurdering af behovet for grundvandssænkingsanlæg for en cut & cover tunnel, men hvis den skal anlægges under

grundvandsspejlet sænkes grundvandet. Behovet vil afhænge af permeabiliteten af undergrunden, hvor der skal etableres cut & cover tunnel, dybden af udgravningen, afstanden fra kysten samt placeringen af det primære og sekundære grundvandsspejl. Geohydrologien undersøges nærmere i en senere fase af projektet.

Et eksempel på udførelsen er vist på Figur 7-41. Der forventes ikke anlæg i direkte nærhed til sætningsfølsomme bygninger og områder. Det primære fokus i anlægsperioden skal være at sikre byggegruben og styre grundvandet.



Figur 7-41 Eksempel på anlæg af cut & cover tunnel (Nordhavnsvej).

Det er forudsat at alle permanente konstruktioner under vandspejl bliver lavet som vandtætte konstruktioner.

7.5 Andre anlægskonstruktioner

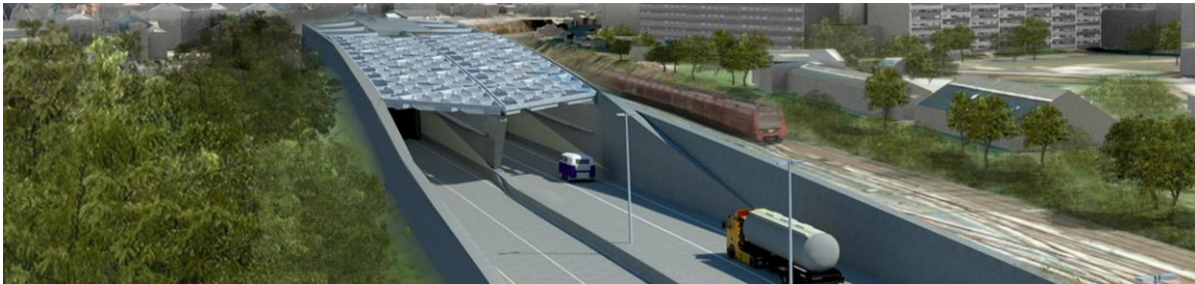
7.5.1 Trug/rampe

7.5.1.1 Beskrivelse af anlæg

For sikring mod oversvømmelse fra stormflod er det nødvendigt at føre trugkonstruktionen til en kote hvor vand fra en stormflodhændelse ikke kan løbe ned i tunnelen. Denne tærskelkote vil være afhængig af de lokale forhold omkring trugkonstruktionen, i form af omkringliggende landskab, specielt terræn koter og forbindelsen til havet.

I forbindelse med trug og cut and cover tunnel skal der etableres portalpumpesumpe der opsamler og bortleder vand fra (ekstreme) regnskyll, så det ikke løber ind i tunnelen.

Udformning af trug ved indkørsel til og udkørsel fra tunnel kan udføres som for Nordhavnsvej, se Figur 7-42 eller som planlagt for Femern tunnel, se Figur 7-43.



Figur 7-42 Trug ved Nordhavnsvej.

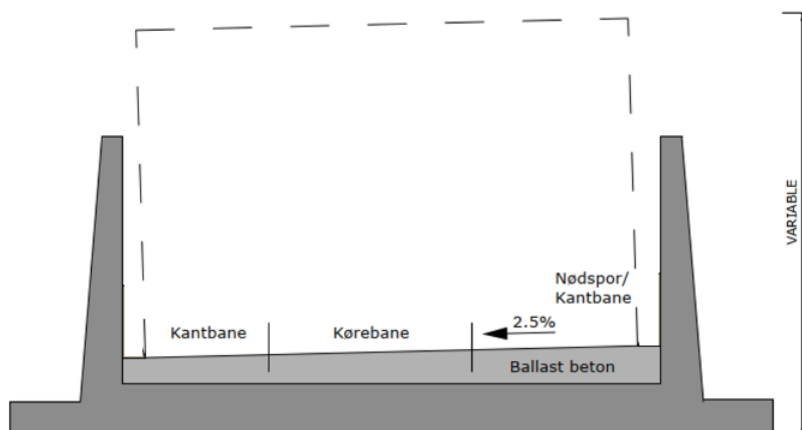


Figur 7-43 Trug ved ind/udkørsel ved Femerntunnel for både vej og jernbane.

7.5.1.2 Byggemetode

Som overgangskonstruktion mellem cut & cover tunnel og vej i terræn etableres en trugkonstruktion. Dette gøres på den del af strækningen, hvor der ikke er behov for en overdækket konstruktion, men dog stadig er jord og evt. grundvandstryk på bund og vægge. Figur 7-44 viser eksempel på et trug profil.

Hvor vejbane i trug ligger under vandspejlet udføres rampen som et betontrug med lukket bund og sider.



Figur 7-44 Illustration af rampe som betontrug med lukket bund og sider

7.5.2 Projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for hhv. en sænketunnel og boret tunnelloøsning samt en cut-and-cover tunnel præsenteres i de følgende afsnit.

7.5.2.1 Generelt

Tunnelloøsningerne i denne forundersøgelse tager udgangspunkt i kendte danske og internationale projekter, som både er realiserede og/eller under udførelse, og som er sammenlignelige med hensyn til vanddybder, længder og dimensioner. Grundet størrelsen af dette projekt, er der begrænsede sammenlignelige projekter i Danmark, hvorfor der er særlig fokus på international erfaring.

Projektrisikobidraget fra projektering og udførelse afhænger i høj grad af, om der er erfaring med konstruktioner af tilsvarende type og størrelse både nationalt og internationalt.

I Danmark er der begrænsede, men god erfaring med sænketunneler fra Øresundsforbindelsen, som er 4 km lang og har et dybdepunkt i kote -22 m, og Femernforbindelsen som er under udførelse, men som bliver 18 km lang og har et dybdepunkt i kote -40 m. Selvom Øresundsforbindelsen er væsentligt kortere og etableret på lavere vand, anses både design og udførelsen af sænketunneler at være skalerbar. Internationalt er der erfaringer med dybe sænketunneler fra Marmaray Tunnel i Tyrkiet, som har et dybdepunkt i kote -60 m og Shenzhen-Zhongshan tunnelen i Kina, som er under udførelse på nuværende tidspunkt, med et dybdepunkt i kote -48 m. Projektrisikobidraget for en sænketunnelloøsning til forbindelsen mellem Als og Fyn vil være mellem **Forventeligt** og **Forhøjet**, da en kombination af denne længde og dybdepunkt ikke er set før, men både design og udførelsen af sænketunneler anses at være skalerbar.

I Danmark er der stor erfaring med borede tunneler specielt i forbindelse med etableringen af hele metrosystemet i København. Disse tunneler har dog et mindre tværsnit, de er kun op til 30-35 m dybe, de er ikke undersøiske og så er de primært boret i intakt kalk. Den eneste undersøiske boret tunnel i Danmark er Storebæltstunnelen som har en indre diameter på 7,5 m, er 8 km lang og med et dybdepunkt i kote -75 m. Tunnelen består af to adskilte tunnelrør med et jernbanespor i hver, som er forbundet med 31 tværtunneler, der dels fungerer som flugtvej og dels rummer vigtige installationer. Grundet udviklingen inden for tunnelboremaskiner og generelt i industrien, anses udfordringerne som opstod under udførelsen af Storebæltstunnelen langt mindre sandsynlige i dag. Internationalt er der erfaring med dybe borede tunneler fra bl.a. Madrid M30 i Spanien og Changjiang S-317 tunnelen i Shanghai. Projektrisikobidraget for en boret tunnelloøsning til forbindelsen mellem Als og Fyn vil være

mellem **Forventeligt** og **Forhøjet**, da der generelt er erfaring fra andre projekter med tilsvarende størrelse og dybde.

Cut & cover tunneler er meget almindelig i Danmark og der er derfor stor erfaring med både projektering og udførelse af dem, også i marine miljøer, som bl.a. for Nordhavnstunnelen, Øresundstunnelen og Storebælt. Projektrisikobidraget for en cut & cover tunnel i forbindelse med etableringen af en tunnelloøsning mellem Als og Fyn vil være **Lavt**.

Nedenfor præsenteres de mest væsentlige risici for hhv. projektering og udførelsen af sænketunneler og borede tunneler.

For projektering af sænketunnel:

- Samlinger generelt
- Samling mellem standard- og specialelement
- Fundering
- Jordforbedring

For projektering af boret tunnel:

- Design af tunnelboremaskine
- Samlinger
- Tværtunneler
- Jordforbedring
- Sætninger af TBM

For udførelsen af sænketunnel:

- Udgravning
- Marine arbejder
- Vandtæt konstruktion

For udførelsen af boret tunnel

- Slid på TBM
- Vandtryk på TBM
- Udførelsen af tværtunneler
- Støbning af segmenter

7.5.2.2 Projektering

Risikobidraget for selve projekteringen af en sænketunnelloøsning og en boret tunnel præsenteres i dette afsnit.

Sænketunnel

Samlinger generelt

Uanset dybden som en sænketunnel etableres på, skal alle samlinger i elementerne være vandtætte. Erfaringen fra samtlige projekter, præsenteret i Tabel 7-11, kan anvendes ved projekteringen af samlingerne. Da samlingerne i en sænketunnelloøsning mellem Als og Fyn mange steder vil skulle projekteres for et vandtryk som er i den høje ende af velkendte projekter, vil projekteringsrisikoen være **Forventeligt**.

Samling mellem standard- og specialelement

En af de mest kritiske samlinger i en sænketunnel er mellem standard- og specialelement, da de ikke nødvendigvis har samme funderingsniveau. Det forventes at erfaringen fra Femern forbindelsen kan anvendes her, og projekteringsrisikoen vil derfor være i den lave ende af **Forhøjet**.

Fundering

Postglaciale bløde og organiske aflejringer bortgraves ved etablering af renden til tunnelementerne. Sænketunnel elementerne funderes på en gruspude udlagt på senglaciale eller ældre aflejringer. Funderingen af tunnelementer på senglaciale eller ældre aflejringer vurderes ikke at være særlig udfordrende. Differenssætninger mellem elementer og omkring fyldning/tilfyldning kan blive udfordrende / kritisk hvis styrken og stivheden af de intakte aflejringer er begrænset.

Projekteringsrisikoen for fundering af sænketunnelen vurderes at være **Forhøjet** fordi der ikke er udført geotekniske undersøgelser og fordi der er truffet Lillebæltsler i undersøgelsesområdet.

Jordforbedring

På baggrund af de tilgængelige informationer forventes det ikke, at der skal udføres jordforbedring for sænketunnelen. Hvis fremtidige undersøgelser viser, at det bliver nødvendigt med jordforstærkning, vurderes projekteringsrisikoen for dette at være **Forhøjet**.

Boret tunnel

Erfaring med udførelse af boret tunnel er efterhånden så udbredt, at hændelserne på Storebæltstunnelen (sætninger, oversvømmelse og brand) sjældent ses længere.

Design af tunnelboremaskine

Tunnelboremaskinen, herunder specielt fronten og hovedlejerne, skal designes for de relativt store vandtryk som de skal udsættes for. Som det kan ses fra Tabel 7-12, har tidligere projekter kunne gennemføres ved større vanddybder, så projekteringsrisikoen vil være i den høje ende af **Forventeligt**.

Samlinger

Uanset dybden som en boret tunnel skal etableres på, skal alle samlinger mellem foringselementerne være vandtætte. Erfaringen fra samtlige projekter, præsenteret i Tabel 7-12, kan anvendes ved projekteringen af samlingerne. Da samlingerne i en boret tunnelloøsning mellem Als og Fyn mange steder vil skulle projekteres for et vandtryk som er i den høje ende af velkendte projekter og andre steder i Lillebæltsler, som der ikke er stor erfaring med, vil projekteringsrisikoen være mellem **Forventeligt** og **Forhøjet**.

Tværtunneler

Projekteringsrisikoen mht. tværtunneler er vurderet ud fra de geotekniske forhold og dybden:

- **Forventeligt** for tværtunneler der skal etableres i moræneaflejringer samt nær kysterne hvor dybden, hvor de skal etableres, er mindre.
- **Forhøjet** for tværtunneler der skal etableres i senglaciale aflejringer.
- **Forhøjet** for tværtunneler der skal etableres på de dybere strækninger, grundet det store vandtryk.
- I den høje ende af **Forhøjet** for tværtunneler der skal etableres i Lillebæltsler.

Jordforbedring

På baggrund af indledende geofysiske undersøgelser vurderes det at der skal bores gennem både senglaciale ler, senglaciale sand, glacielle moræne aflejringer samt palæogent Lillebæltsler. Det vurderes

som sandsynligt at materiale egenskaberne af de senglaciale og glaciale tillader tunnelering uden udførelse af jordforbedring. Men i forbindelse med tunnelering i Lillebæltssler samt etablering af tværtunneler i senglaciale sand aflejringer vurderes det at der er forhøjet risiko for at der skal udføres jordforbedring/jordforstærkning. Projekteringsrisikobidraget for jordforbedring vurderes at være **Forhøjet** eller **Højt**

Sætninger af TBM

På baggrund af indledende geofysiske undersøgelser vurderes det, at der skal bores gennem både senglaciale ler, senglaciale sand, glaciale moræne aflejringer samt palæogent Lillebæltssler. Det vurderes som sandsynligt at materialeegenskaberne af de senglaciale og glaciale tillader tunnelering uden særlige udfordringer vedr. sætninger af tunnelboremaskinen. Projekteringsrisikobidraget for sætninger af tunnelboremaskinen vurderes at være **Forhøjet** eller **Højt** primært pga. Lillebæltssleret. Tværsnittets betydning for risikoen er belyst i afsnit 6.3.4.3.

7.5.2.3 Udførelse

Risikobidraget for selve udførelsen af en sænketunnelløsning og en boret tunnel præsenteres i dette afsnit.

Sænketunnel

Udgravning

Projektrisikobidrag forbundet med udgravningen af renden til sænketunnelen er afhængig af jordbundsforholdene i den aktuelle korridor. Det vurderes på baggrund af den indledende geofysiske undersøgelse at ca. 75% af udgravningen vil være i bløde og organiskholdige postglaciale sedimenter. Under de postglaciale sedimenter træffes generelt funderingsegnete senglaciale aflejringer, primært ler. Ved udgravning af postglaciale sedimenter på stor vanddybde må det antages at det er nødvendigt med ekstra tiltag for at begrænse spildmængderne. Dette indvirker på projektrisikobidraget for udgravning til en sænketunnel. Ved store dybder vil dette kunne påvirke projektrisikobidraget og i værste tilfælde være i den høje ende af **Forventeligt** eller **Forhøjet**.

Marine arbejder

Sænkning af sænketunnelelementer er den mest tidskritiske aktivitet for udførelse af meget lange sænketunneller (over 10 km). Produktionen af sænketunnelelementer skal dermed tilpasses takten for sænkning af elementer. De marine aktiviteter såsom udgravning, forberedelse af gruspude, transport og sænkning af elementer, tilbagefyldning og tunnelbeskyttelse, skal tilpasses udførelsestakten af sænketunnelelementerne.

Ved sænketunnelernes dybeste punkter, skal tunnelelementerne installeres på dybder, som er i den høje ende af velkendte grænser. Det vurderes dog stadig at projektrisikobidragene fra udførelsen kun vil være hhv. i den høje ende af **Forventelig** eller lave ende af **Forhøjet**.

Længden af sænketunnelløsninger er op til 13 km, hvilket er inden for kendte grænser. Samme produktionsforhold, ressourceforbrug og transportforhold som anvendt på Femern, kan derfor med rimelighed antages for en forbindelse mellem Als og Fyn. Projektrisikobidraget fra udførelsen er vurderet til at være **Forventeligt**.

Forhold omkring transport og sænkning af tunnelelementer er forbundet med den største risiko for sænketunneler, derfor udføres denne del oftest af specialistentreprenører. Transport og sænkning af

tunnelelementer vil til en vis grad være afhængige af vejrholdene under udførelse, de udførelsesmæssige risici forbundet med vejrforhold vurderes dog at være moderate og projektrisikobidraget vurderes til at være i den høje ende af **Forventeligt** eller lave ende af **Forhøjet**, da dykkerarbejde kan være udfordrende på så store vanddybder.

Vandtæt konstruktion

Vedrørende projektrisikobidraget fra udførelse skal det nævnes at tunnelelementer for sænketunnelen for en forbindelse mellem Als og Fyn antages udført på en tunnelementfabrik som er anvendt for Femern tunnelen. Erfaring viser, at man indenfor grænserne for en acceptabel projektrisiko kan bygge tunnelelementer i stort omfang med, høj effektivitet og stadig sikre en tilstrækkelig vandtætning og levetid. Projektrisikobidraget for udførelsen er vurderet til at være **Forventeligt**.

Samlinger

Med det store vandtryk er det altafgørende at samlingerne udføres af specialister. Projektrisikobidraget for udførelsen er vurderet til at være mellem **Forventeligt** og **Forhøjet**.

Boret tunnel

Projektrisikobidraget forbundet med etableringen af en boret tunnel afhænger af de geotekniske forhold i den givne korridor. På nuværende tidspunkt kendes de relevante geotekniske parametre ikke, hvorfor risikobidragene kan risikere at ændres i en senere fase når relevante geotekniske parametre foreligger. På baggrund af den tilgængelig geologiske model skal der primært tunneleres i senglacialt sand og ler, glaciale moræne aflejringer og Lillebæltssler.

Tunnelering

Boring med TBM er en af de tidskritiske aktiviteter for udførelse af lange borede tunneller og de efterfølgende aktiviteter såsom opbygningen af vejen og etableringen af tværtunneler, skal tilpasses fremdriften af TBM. Erfaring viser at udførelsen af boret tunnel i sedimentære jordlag på dybder over 75 m kan medføre ikke uvæsentlige risici så som fx vedligeholdelse af borehovedet, sætninger af TBM og blokering ved fed ler. Forhold omkring selve boringen og montering af segmenter er forbundet med den største risiko for en boret tunnel, derfor udføres denne del oftest af specialistentreprenører. Der er en del entreprenører der har den nødvendige ekspertise til at udføre denne type tunneler, så det skal ved udbud sikres at bydende entreprenører har de nødvendige kompetencer. Udviklingen indenfor tunnelboremaskiner og i branchen generelt, gør at risiciene forbundet med boret tunneler er reduceret markant de sidste 20 år. Modsat er der ikke nogen erfaring med at tunnelere gennem Lillebæltssler, hvilket på nuværende tidspunkt gør at projektrisikobidraget fra udførelse vurderes at være mellem **Forventeligt** og **Forhøjet**.

Slid på TBM

Baseret på hovedlejers levetid og erfaring fra tidligere projekter, vil man i teorien kunne bore op til 19 km med en tunnelboremaskine. Projektrisikobidraget fra udførelsen sættes derfor til **Forventeligt**.

Vandtryk på TBM

Langs linjeføringen skal der flere steder bores i dybder op mod 72 m under havoverfladen, hvilket medfører høje vandtryk på tunnelboremaskinen. Selvom det er inden for kendte grænser, vurderes det at projektrisikobidraget er **Forhøjet**.

Udførelsen af tværtunneler

Normalt etableres tværtunneler ved "manuelt" arbejde, hvor der udføres jordforbedrende arbejde ved fx frysning af den omkringliggende jord. Dette gør at risikoen ved udførelsen af tværtunneler især afhænger af de geotekniske forhold, dybden hvori de skal etableres og dermed vandtrykket de skal udføres under.

Udførelsesrisikoen mht. etablering af tværtunneler er vurderet ud fra de geotekniske forhold og dybden:

- **Forventeligt** for tværtunneler der skal etableres i moræne aflejringer samt nær kysterne hvor dybden, hvor de skal etableres, er mindre.
- **Forhøjet** for tværtunneler der skal etableres i senglaciale aflejringer.
- **Forhøjet** for tværtunneler der skal etableres på de dybere strækninger, grundet det store vandtryk de skal udføres under.
- **Højt** for tværtunneler der skal etableres i Lillebæltsler, da der ikke er nogen erfaring med dette.

Risikobidraget kan muligvis reduceres, hvis tværtunnelerne etableres som på Tuen Mun-Chek Lap Kok Link tunnelen, hvor der blev anvendt en mini TBM og tværtunnelerne blev udført ved hjælp af pipe jacking metoden. Selve metoden er velkendt i Danmark, men den er ikke tidligere anvendt til at lave tværtunneler, men det vurderes at den er mere sikker end at skulle etablere de dybeste tværtunneler "manuelt".

Vedligeholdelsesarbejde af fronten af tunnelboremaskinen

Langs linjeføringen skal der flere steder bores i dybder op mod 72 m under havoverfladen, hvilket medfører høje vandtryk på tunnelboremaskinen. Dette medfører en øget risiko for arbejder i tunnelboremaskinens front og ved reparation og vedligeholdelse af fronten. Da der i tilfælde skal arbejdes under højt tryk, vurderes projektrisikobidraget at være **Forhøjet**.

Støbning af segmenter

Tunnelsegmenter antages støbt på en specialfabrik. Erfaring fx. fra Københavns Metro Cityringen og tilsvarende, viser at man indenfor grænserne for acceptable projekt risici, kan bygge tunnelsegmenter med høj produktionshastighed, høj effektivitet, stort ressourceforbrug, leveret med transport til byggepladsen og stadig sikre en tilstrækkelig vandtætning og levetid (kvalitet). Projektrisikobidraget vurderes at være **Forventeligt**.

7.5.3 Tunnelportaler med servicebygning

Tunnelportalerne herunder servicebygningerne er anseelige anlæg og som indeholder den overordnede styring af tunnelens mekaniske og elektriske anlæg. I princippet vil udformning af tunnelportaler og servicebygninger være de samme for en sænketunnel og en boret tunnel.

Tunnelportalen for den borede tunnel er på Fyns siden rykket et væsentligt stykke væk fra kysten, for at sikre tilstrækkeligt jorrdække over den borede tunnelstrækning ved tunnelens krydsning med kystlinjen, i sammenligning med sænketunnel løsninger.

På nuværende tidspunkt er tunnelportalen på Fyn for den boret tunnel rykket ca. 1,4 km væk fra kysten, hvor der er en skrænt. Ved Als er tunnelportalen placeret ud for Fyns hav tæt ved kysten, for at nå til terræn før terrænet stiger langs Færgevej mod Sønderborg.

Størrelsen af tunnelportalerne skal analyseres i en senere fase, men det forventes at de er mindre end dem som skal anlægges på Femern, da mængden af mekaniske og elektriske installationer for Als-Fyn er væsentligt mindre.

Alt efter landskabet og terrænniveauer kan servicebygningen integreres mere eller mindre i omgivelserne. Det vurderes at tunnelportalen for både sænketunnel og boret tunnel, ud fra et anlægsteknisk synspunkt, ikke vil have afgørende betydning for de samlede projektrisici.

7.6 Marine konstruktioner

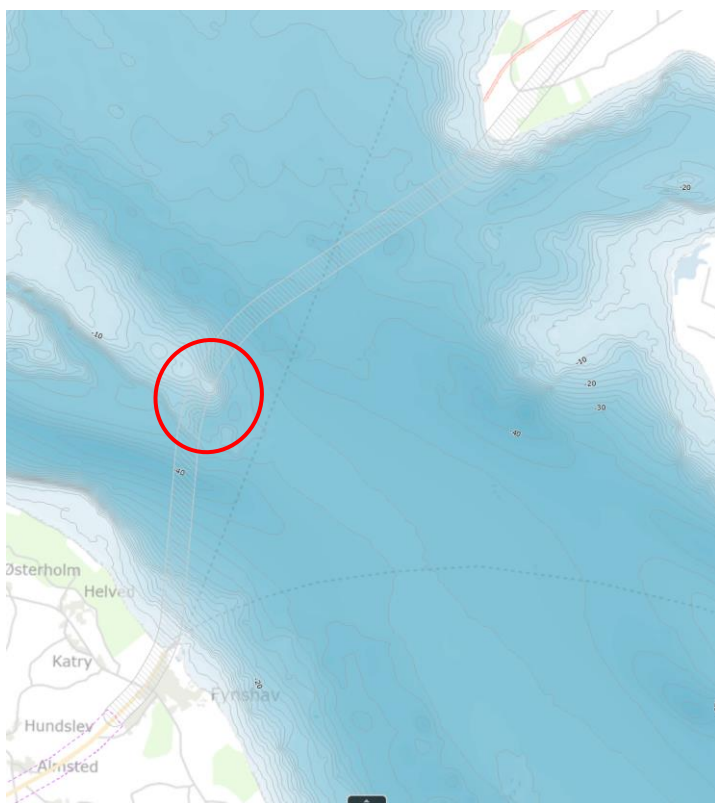
7.6.1 Generel beskrivelse

For tunnelloøsningerne er der behov for nedenstående marine konstruktioner:

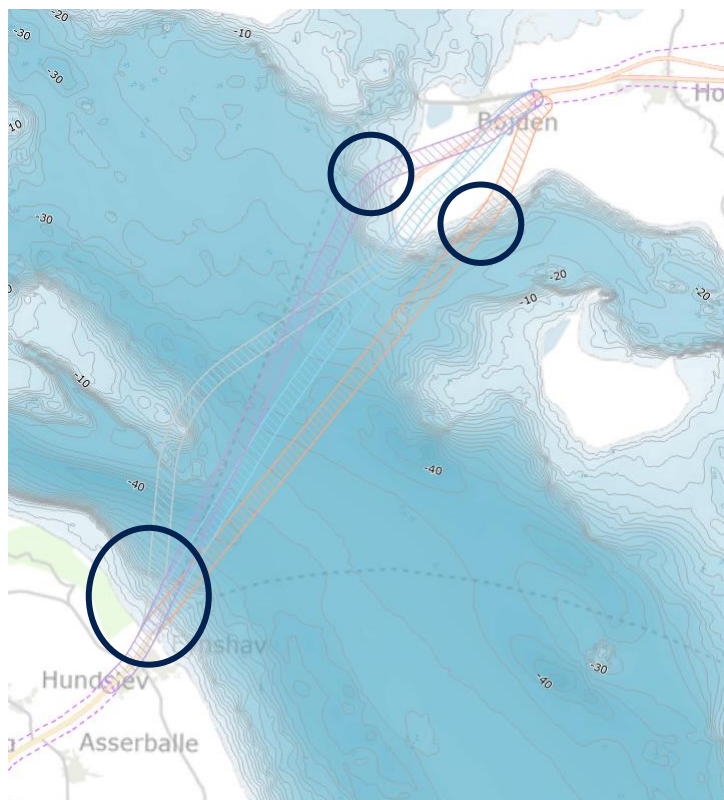
- Dæmning til etablering af byggegrube ved ilandføringspunkterne ved både Als og Fyn, se Figur 7-46 og afsnit 7.6.4.
- Kunstig ø ved overgang fra tunnel til bro, se Figur 7-45 og afsnit 7.6.5.
- Sænketunnelbeskyttelse ved ilandføringspunkterne og ved kunstig ø, se afsnit 7.6.6.
- Beskyttelse af den borede tunnel ved ilandføringspunktet ved Fynshav, se afsnit 7.6.7.

For broløsningerne er der behov for følgende marinekonstruktioner:

- Permanent dæmning ved ilandføringspunkt på Als, se afsnit 7.6.4.



Figur 7-45 Oversigt over placering af kunstig ø.



Figur 7-46 Oversigt over placering af dæmninger.

Der er på nuværende tidspunkt lavet en vurdering af hvor det er nødvendigt at etablere ovenstående marine konstruktioner, men selve designet og tværsnittet af dem vil følge i en senere fase.

På nuværende tidspunkt er der ikke bestemt en designvandstand men den er baseret på DMI's højvandstatistik og sat til +4 m plus 2 m bølgehøjde, i alt +6 m, ved Fynshav og Bøjden. For den kunstige ø, er der på nuværende tidspunkt antaget samme designvandstand på +6 m. Denne antagelse skal verificeres i en senere fase af projektet. Der bør ligeledes i en senere fase udarbejdes en hydrodynamisk model som dækker farvandet mellem Als og Fyn. Den hydrodynamiske model har til formål at give et bedre estimat af bølgerne ved lokaliteterne, hvor der tages bedre højde for de varierende vandstande i farvandet. Denne er baseret på statistik, hvor en 10.000 års hændelse vil være passende for denne type projekt. Som input til modellen skal der foretages en vurdering af ekstreme storme i danske farvande med vindfelter, vindhastigheder, udstrækning i farvandet og varighed.

7.6.2 Generel udførelsesmetode

Før etablering af dæmninger og ø skal der afgraves for organiske aflejringer og eventuelt for ikke funderingsegne postglaciale sedimenter. Dæmninger og ø vil konsolidere jordlagene under disse og effekten af dette skal vurderes i en senere fase af projektet.

Opgravet materiale fra både tunnel og bro kan som hovedregel ikke forventes tilbagefyldt omkring de marine konstruktioner, idet der er behov for velgraderede grusmaterialer. Afhængig af materialerne som opgraves kan de anvendes som fyld inden for perimeterdæmninger, som etableres i forbindelse med kunstig ø og dæmninger, hvilket kan have miljømæssige og ressourcemæssige gevinster.

Dæksten for dæmninger, kunstig ø, tunnel sikring og beskyttelse af bropiller er forudsat udført med stenmaterialer fra stenbrud i Norge eller Sverige eller fra grusgrave. Materialerne transporteres til anlægsstedet med store pramme, hvor de omlades eller udlægges direkte fra pram, f.eks. fra split eller side-dumping pramme. Det må forventes at der både vil blive arbejdet med flydende materiel fra havet eller fra land med landbaseret materiel.

Eventuelt sandfyld til dæmninger og kunstig ø indvindes ved uddybningsfartøj (dredger) på udvalgte og miljøgodkendte indvindingsområder og transporteres med fartøjet til anlægsstedet hvor sandet (med vand) pumpes gennem rørledning til udlægning/udledning i konstruktionerne.

7.6.3 Generel drift og vedligeholdelse

Alle de kunstige ø-perimetre designs til at være meget robuste og der forventes derfor meget lille behov for vedligeholdelse. For både de undersøiske og oversøiske beskyttelseskonstruktioner er skader acceptable, hvis form og funktion er intakt. Reparation kan laves med supplerende af dæksten/indpumpet sand.

Løbende vedligehold er primært hyppig monitoring ved multibeam surveys og undervandsinspektioner ved dykkere af selve konstruktionerne og havbunden udfor disse for at sikre, at der ikke sker uacceptabel erosion af havbunden. Udover stenkastningerne under vand vil der være behov for inspektion over vandspejlet af græs- og eller vegetationsbeklædte konstruktioner, som også vil kræve monitoring og vedligehold.

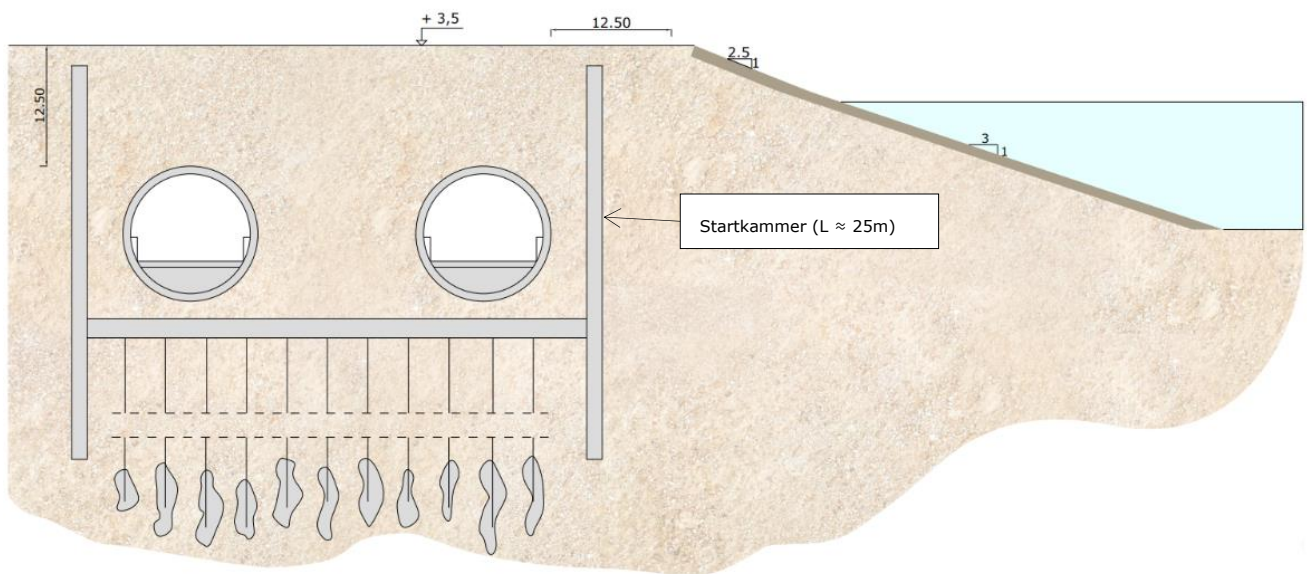
7.6.4 Dæmninger

7.6.4.1 Beskrivelse af anlæg

Dæmninger anvendes ved ilandføringspunkterne ved både Als og Fyn for sænketunnelløsningerne, i den kombinerede løsning med en kunstig ø samt ved ilandføringspunktet ved Als for den borede tunnel. Derudover anvendes marinedæmninger for ilandføringspunktet ved Fynshav på Als for broløsningerne på linjeføring ALA02.

For tunnelerne etableres dæmningerne inden byggegruberne til cut & cover tunnelerne samt startkammeret til den boret tunnel kan anlægges, således at disse kan udføres i en tør byggegrube.

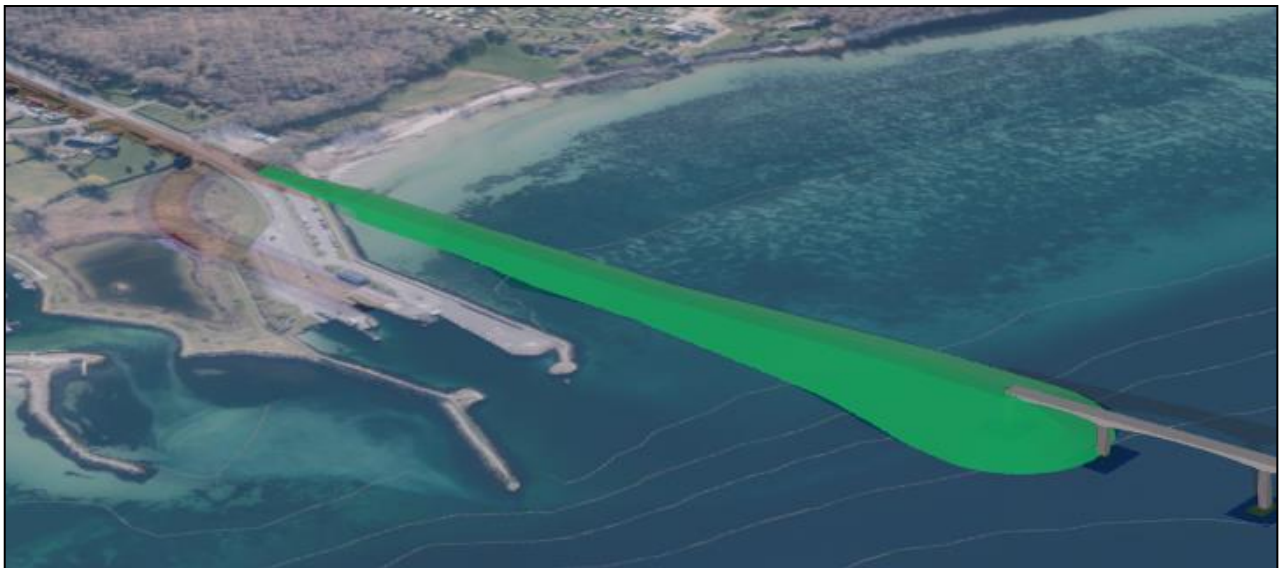
En skitse af en dæmning, som i dette tilfælde etableres inden startgruben for den borede tunnelløsning etableres, er vist i Figur 7-47.



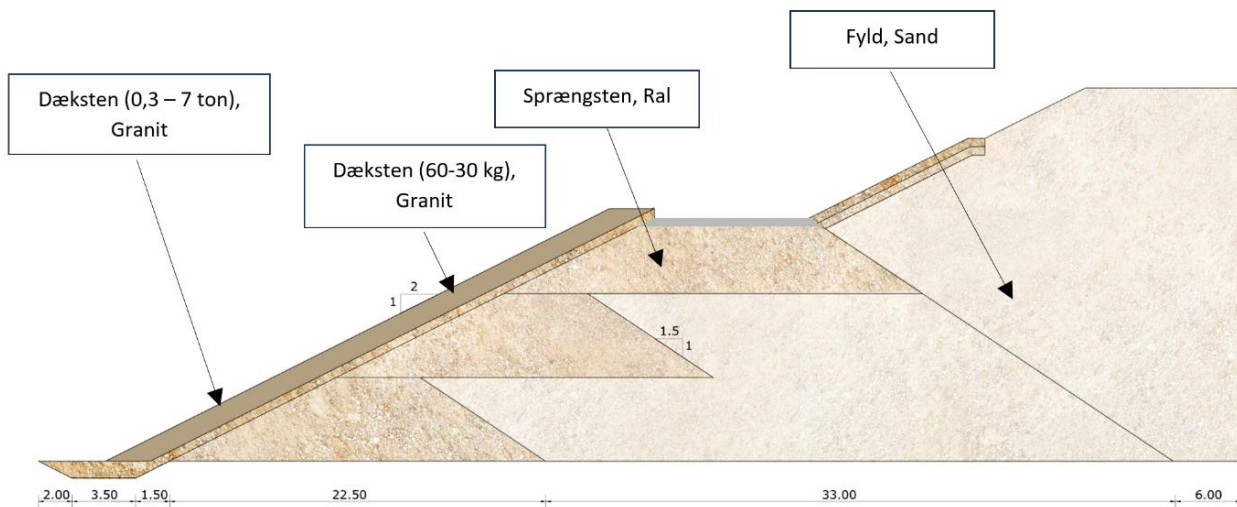
Figur 7-47 Skitse af en startgrube for en boret tunnelløsning med dæmning.

Placeringen og dimensioner af dæmningerne for alle tunnelløsninger vil fremgå i afsnit 9, hvor de forskellige løsninger præsenteres.

For broløsningerne på ALA02 anvendes der marinedæmninger på Als, med en længde på ca. 565m ud fra kysten, se Figur 7-48. Modsat for tunnelerne, skal der ikke anlægges byggegrube i dæmningen ved anlæg af dæmning for broløsningerne, da hovedformålet med dæmningen er anlæg af vej. En skitse af dæmningstværsnittet er vist på Figur 7-49.



Figur 7-48 Dæmning ved Als

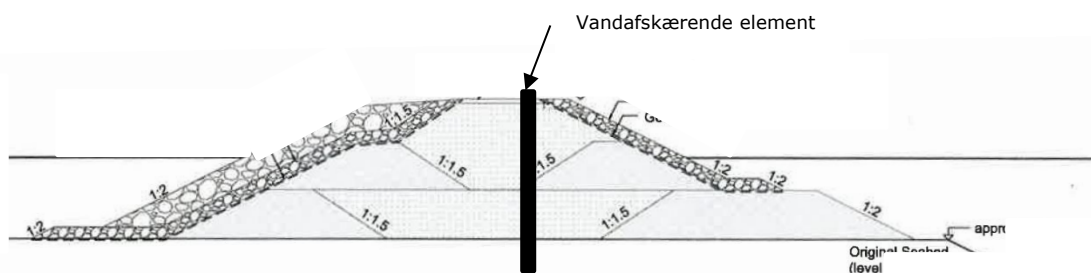


Figur 7-49 Dæmning ved Als. Opbygning ved bro endevederlag.

Placering af dæmninger for alle broløsninger fremgår af afsnit 9.

7.6.4.2 Udførelsesmetode

Dæmningen anlægges i lag af ydre beskyttelsessten med indre opfyld af grus eller ler. For at reducere vandindstrømningen kan der enten efter anlæggelsen af dæmningerne rammes/vibreres en perimeterspuns ned i midten af dæmningen eller der kan etableres en lermembran i midten af dæmningen. Dermed forventes der ikke at skulle rammes spuns i vandsøjlen, hvilket medfører at der ikke forventes støj i vandet fra rammeaktivitet, da opbygningen af dæmningerne forventes at reducere for støjen. Herefter "opfyldes" øen til det ønskede niveau med indpumpet friktionsmateriale. Principperne for opbygningen er vist i Figur 7-50.



Figur 7-50 - Skitse af opbygningen af dæmningen som forventes at danne perimeteren af den kunstige ø.

Alle de ovennævnte materialer er relativt rene, og uden et større indhold af silt og ler. Det forventes derfor at sedimentspildet ved øens etablering er relativt lavt.

7.6.5 Kunstig ø mellem bro og tunnel

7.6.5.1 Beskrivelse

Løsninger med kombineret bro og sænketunnel inkluderer en kunstig ø ved overgang fra tunnel til bro. En sådan løsning kendes fra Danmark, med Sprogø på Storebælt og Peberholmen på Øresund, se Figur 7-51.



Figur 7-51 Kunstig ø (Peberholmen).

Den kunstige ø forventes placeret ved den sydlige del af Søndre Stenrøn som vist på Figur 7-52. Denne placering er delvis fleksibel, idet den kunstige ø kan flyttes lidt mod syd eller nord.



Figur 7-52 Placering af kunstig ø.

Den kunstige ø er ca. 1 km lang, og har til formål at danne overgangen mellem en sænketunnel og bro. Dens længde er primært bestemt af den maksimale stigning af vejen på 3 %.

7.6.5.2 Udførelsesmetode

Øen opbygges på et område af havbunden, der ligger noget højere end de generelle dybder i bro/tunnel traceerne. De geotekniske data der p.t. er til rådighed, er ikke tilstrækkelige til at afgøre om der vil være funderingsproblemer på disse lokaliteter. Det forventes at det bliver nødvendigt med en oprensning af havbunden, hvis der findes organiske marine havbundsaflejringer eller svage postglaciale aflejringer for at undgå risiko for sætninger af øen og derved også vejen.

Perimeteren af den kunstige ø konstrueres på samme måde som dæmningerne beskrevet i afsnit 7.6.4.2.

7.6.6 Sænketunnelbeskyttelse

7.6.6.1 Beskrivelse

Ved ilandføringspunkterne og ved den kunstige ø skal sænketunnelen beskyttes mod påsejling.

Sænketunnelbeskyttelsen tænkes primært udført ved udlægning af beskyttelsessten. Tykkelsen af beskyttelseslag og udformning af beskyttelsesdæmning hvor tunnelen ligger over havbunden skal analyseres i en senere fase af projektet.

7.6.6.2 Udførelsesmetode

Sænketunnelbeskyttelsen opbygges af tilsvarende materialer som de øvrige stenkonstruktioner og den kunstige ø's undersøiske dele, se afsnit 7.6.4.2.

7.6.7 Beskyttelse af boret tunnel ved ilandføringspunkt ved Fynshav

7.6.7.1 Beskrivelse

Ved ilandføringspunktet på Als for ALA03 og ALA11 er det valgt at føre tunnelen op til terrænstigningen langs Færgevej mod Sønderborg, da tunnelen ellers vil blive betydeligt længere grundet kravene til gradienter i tunneler, se [13] afsnit 3.1.3.4. Herved reduceres længden som skal bores og det er derfor valgt at placere overgangen fra den boret tunnel til cut & cover ude i vandet. Der er derfor behov for at udføre en ekstra jorddækning over ca. 1,5 km, som ved det dybeste punkt skal etableres ved en vanddybde på ca. 32 m.

Til sikring af jorddækket, hvor strømforhold kan gøre at havbunden vil kunne erodere og som sikring mod påsejling, anlægges der et område med beskyttelsessten.

Stenstørrelser og tykkelse af stenbeskyttelse over tunnel og på skråninger er den samme for boret tunnel som for sænketunnel, og udgør det største bidrag til pris.

7.6.7.2 Udførelsesmetode

Beskyttelsen af den borede tunnel udføres på samme måde som for en sænketunnel, hvor der udlægges diger langs siderne af dæmningen hvorefter volumenet mellem disse fyldes med f.eks. sandfyld. Dette gøres lagvis til den ønskede geometri af dæmningen er opnået. Afslutningsvis lægges der filter- og dæksten ud over dæmningen for at sikre denne mod erosion. Dæmningen vil udgøre en sikring af tunnel mod påsejling i sig selv pga. den store tykkelse/afstand ned til tunnelen (ca. 10m).

7.7 Arbejdsarealer

7.7.1 Arbejdspladsarealer i ilandføringszone

7.7.1.1 Adgangsveje og arbejdsveje

Der vil blive behov for at etablere adgangsveje og arbejdsveje i tilslutningszonerne, hvor den eksisterende landevej udvides og hvor der etableres linjeføring i nyt trace.

Disse vurderes konservativt at kunne placeres indenfor en bredde på 20 m på hver side af de permanent inddragede arealer. Dette vil medføre behov for et ca. 50 m bredt midlertidigt arbejdsareal frem til at vejen når ned i terræn. For broer dog op til 150 m ved endevederlaget. Disse antagelser er

konservative øvre værdier, da man så vidt muligt vil tilstræbe at placere arbejdsveje inden for det permanente tracé.

For cut & cover tunneler antages en bredde på 25 m på hver side af tunnelrøret.

7.7.1.2 Arealbehov ved byggestedet

Der må påregnes etableret en primær arbejdsplads på ca. 6-7 ha i ilandføringszonerne på Fyn og Als for brøløsningen. For sænketunnellen vil der være behov for en primær arbejdsplads på ca. 4 ha mens der for den borede tunnel påregnes et større areal på ca. 9 ha på Fyn-siden. På Als-siden vil der være behov for ca. 5 ha ved Fynshav for ALA03 og ALA11 og ca. 9 ha ved Tranerodde for ALA10. De ovenfor beskrevne arbejdspladser tilstræbes placeres langs arealet til arbejdsveje og adgangsveje eller i umiddelbar nærhed heraf.

7.7.2 Elementproduktionspladser

Formålet med dette afsnit er at komme med en overordnet vurdering af arealbehov samt andre krav til en plads for elementproduktion af hhv. tunnel- og broelementer. Der tages udgangspunkt i egnetheden og kapaciteten af Femernforbindelsens elementproduktionsplads i Rødby.

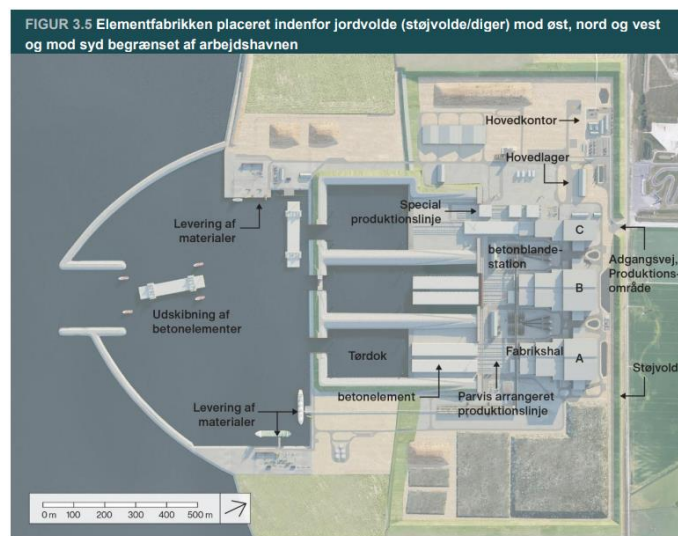
Følgende løsninger undersøges:

- Bro fra kyst til kyst med en længde på hhv. 10,5 km.
- Sænketunnel fra Als til kunstig ø, ca. 3 km, og bro fra kunstig ø til Fyn, ca. 7 km.
- Sænketunneller fra Als til Fyn med en længde på ca. 12 km hhv. 15,6km.
- Borede tunnelloøsninger fra Als til Fyn med en længde på ca. 12 km hhv. 16,1km.

Nedenstående vurdering gælder for alle de behandlede tværsnitbredder i rapporten, da bredden af elementerne er mindre betydende end længden for produktionslinjerne.

Der tages overordnet udgangspunkt i den nuværende indretning af Elementfabrikken i Rødbyhavn. I projektet er det forudsat at Elementfabrikken i Rødbyhavn som Femern-projektet anvender, genanvendes til produktion af hhv. sænketunnel standart elementer og specialelementer.

Nedenstående tekst tager udgangspunkt i, at projektet overtager fabrikken, som den ser ud i dag, men der er en sandsynlighed for, at fabrikken ombygges og benyttes i andre projekter inden en eventuel Als-Fyn forbindelse skal bygges.



Figur 7-53 Illustration visende nuværende udformning af Elementfabrik i Rødbyhavn

Pladsbehov sænketunnelelementer

For ALA01, ALA04 og ALA09 forventes det at alle produktionslinjer benyttes for produktion af standard og special elementer, for ALA05 forventes det at 2-3 af produktionslinjerne for standard elementer vil blive anvendt til produktion af sænketunnelelementer.

Pladsbehov boret tunnel elementer

Det vurderes ikke at være økonomisk fordelagtigt at ombygge Rødby anlægget til den meget specialiserede produktion af betonelementer til foring af en boret tunnel, fremfor at anlægge arbejdspladsen til produktion og lagring af disse elementer nær indgangen til tunnelen, så de direkte kan læsses på togvogne, der transporterer dem frem til tunnelboremaskinen. Denne løsning var f.eks. valgt under opførelsen af den borede tunnel under Storebælt. Alternativt kan tunnelsegmenterne produceres på en allerede etableret fabrik for tunnelsegmenter, fx i Tyskland, hvorefter de sejles til fx Fåborg henholdsvis Aabenraa.

Pladsbehov broelementer

Overordnet set vurderes kapaciteten af fabrikken rigelig i forhold til mængden af broelementer, som skal produceres på fabrikken til broløsningen. Produktionslinjen, som i dag anvendes til produktion af specialelementer, vil forventelig med fordel kunne ombygges til at rumme produktionen af pælehætter (sænkekasser) til pylonfundamenterne ved valg af en skråningsbro-løsning. Yderligere kan fabrikken anvendes til produktion af caissoner til direkte funderede fundamenter og pælehætter (sænkekasser) til høje pæleværker samt beton brodragerne. Der forventes således at 2-3 produktionslinjer kan benyttes til produktion af beton brodragerne mens 2-3 linjer kan benyttes til caissoner og pælehætter.

Elementfabrikkens egnethed for anvendelse til Als-Fyn for sænketunnel

Til produktionen af sænketunnelelementer til en forbindelse mellem Als og Fyn vil faciliteterne i Rødby være særdeles velegnede, idet længden af tunnelementerne vil være tilsvarende Femerntunnelens elementer.

Der må påregnes en ombygning af funderingsbjælker, dels som følge af slitage og dels som følge af eventuelle ændringer i mellemtiden, samt det mindre tværsnit.

Elementfabrikkens egnethed for anvendelse til Als-Fyn for elementer til boret tunnel

Det vurderes som omtalt ovenfor ikke at være fordelagtigt at anvende Rødby anlægget til dette, Da fabrikken i Rødby er indrettet til at bygge meget store elementer. Idet en boret tunnel fores med mange små foringssegmenter, vil fabrikken skulle ændres til en sådan produktion, hvilket ikke vurderes at være en umiddelbar fordel.

Elementfabrikkens egnethed for anvendelse til Als-Fyn for broelementer

Til produktionen af betonelementerne til en forbindelse mellem Als og Fyn vil faciliteterne i Rødby være velegnede i udgangspunktet. Egnetheden afhænger naturligvis af indretningen af fabrikken ved projektets begyndelse og omfanget af ombygningen, som bliver nødvendig for tilpasning af fabrikken.

Tilsvarende sænketunnelløsningen gælder, at forholdene omkring søtransporterne skal vurderes nøjere i en kommende fase idet fabrikken ikke ligger i umiddelbar nærhed af brolokaliteten, som det er tilfældet på f.eks. Storstrømsbroen.

7.8 Miljøtiltag

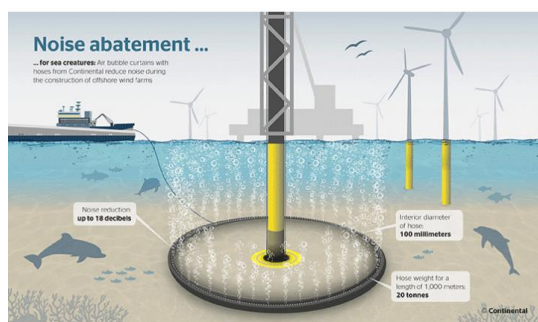
I dette afsnit præsenteres miljøafværgeforanstaltninger som den miljøtekniske del af forundersøgelsen har fundet nødvendige at implementere i projektet.

7.8.1 Broløsninger

I den miljøfaglige baggrundsrapport [18] konkluderes det, at der skal introduceres miljøafværgeforanstaltninger i form af dobbelt boble gardiner og hydro sound damper ved udførelse af broens pælefundering for at reducere udbredelsen af undervandsstøj.

Double boble gardiner består af slanger med huller, som installeres på havbunden omkring en pælegruppe, se Figur 7-54. Når der udføres støjende arbejder i forbindelse med pæleinstallationen pumpes luft i slangerne. Luftboblerne vil danne en form for gardin af bobler, som kan reducere udbredelsen af lydølgerne forårsaget af pæleinstallationen.

Hydro sound damper konceptet består af plastik kugler, som arrangeres i en form for fiskenet, der placeres rundt om en pælegruppe eller enkeltstående pæl under pæleinstallationen, se Figur 7-55. Tilstedeværelsen af plastikuglerne i vandet omkring udførelsen af pæleinstallationen bevirker, at lydudbredelsen begrænses.



Figur 7-54. Princip for afværgetiltaget double boble gardin. Figur lånt fra hjemmesiden "Continental-Industry", som er leverandør af double boble gardiner.



Figur 7-55 Foto visende konceptet " hydro sound damper.

7.8.2 Tunnelløsninger

Der er ikke fundet behov for miljøtiltag i forbindelse med udførelsen af tunnelløsningerne. I forhold til udgravning til sænketunnellen er der forudsat samme gravehastighed som for Femerntunnellen, hvilket den miljøtekniske del af forundersøgelsen har fundet tilfredsstillende forhold til mængden af sedimentspild.

8. SEJLADSFORHOLD OG KOLLISIONSRISIKO

Ved etablering af en fast forbindelse i et område med skibstrafik må forbindelsens betydning for afviklingen af skibstrafikken vurderes, ligesom skibstrafikken kan have indflydelse på den anlægstekniske løsning. For en tunnel vil påvirkningen mellem skibstrafik og den faste forbindelse være ubetydelig, da en tunnel placeret under havbunden ikke vil påvirke sejladserne. En broforbindelse vil derimod skabe en permanent, fysisk ændring af forholdene i området. Dette kan medføre behov for at ændre sejlruterne i området for så vidt muligt at undgå u hensigtsmæssige kollisionsscenarioer mellem skibe og broens elementer, bl.a. ved at etablere bøjemarkeringer og dedikerede gennemsejlingsfag. Udlægningen af gennemsejlingsfag og sejladsens arrangement i området har derfor både betydning for eventuelle begrænsninger for skibstrafikken og for risikoen for kollisioner mellem passerende skibe og broens elementer.

8.1 Formål og fremgangsmåde

I dette kapitel beskrives baggrunden for vurdering af såvel sejladsforhold som kollisionsrisiko. Sejladsforholdene er relateret til de navigationsmæssige forhold, som skibstrafikken i området må underlægges for på mest acceptabel vis at kunne passere området. Vurderingen af sejladsforhold relaterer sig derudover til eventuelle begrænsninger, som skibstrafikken må pålægges. Kollisionsrisikoen, derimod, er relateret til den risiko for kollisioner mellem skibstrafikken og den faste forbindelse, som sejladsarrangementet og skibstrafikken i området giver anledning til. De to vurderingsparametre er delvist relateret til hinanden, så en begrænsning eller omlægning af skibstrafikken vil kunne resultere i en reduceret kollisionsrisiko, men medføre et ulogisk sejladsarrangement. Omvendt kan den mest direkte og naturlige sejlroute gennem området give anledning til u hensigtsmæssig eksponering af en bro i forhold til mulige kollisionsscenarioer. De planlagte sejladsarrangementer og de resulterende vurderinger forsøger at balancere de to forhold.

Som del af det videre arbejde og endelig realisering af en fast forbindelse mellem Als og Fyn skal der gennemføres mere detaljerede risikoanalyser – både i relation til sejladsforholdene i området og i relation til den strukturelle sikkerhed for forbindelsen. I forbindelse med den strukturelle sikkerhed danner en risikoanalyse et væsentligt input til det endelige sikkerhedskoncept. Den endelige vurdering af sejladsikkerheden i området skal derudover forelægges Søfartsstyrelsen til deres accept.

De nuværende vurderinger på forundersøgelsesniveau er primært gennemført kvalitativt og med udgangspunkt i en sammenligning mellem forskellige løsningsmuligheder. Vurderingerne er baseret på tilgængelige data om skibstrafikken i området samt anden tilgængelig baggrundsinformation, f.eks. indhentet via søkort. Derudover er vurderingerne baseret på erfaringer fra tilsvarende projekter og på generel erfaring med analyse af sejladsforhold og kollisionsrisiko. En detaljeret vurdering af sejladsforholdene og kollisionsrisikoen for de forskellige korridorer er behandlet i baggrundsrapporten "Als-Fyn Anlægstekniske forundersøgelser – Sejladsforhold og risiko for skibskollisioner", ref. [11], ligesom den bagvedliggende analyse af skibstrafikken er detaljeret i "Als-Fyn Teknisk forundersøgelse. Sejladsanalyse", ref. [10]. Konsekvenserne for erhvervsstrafikken i området er derudover vurderet i rapporten "Als-Fyn Forundersøgelse. Vurdering af konsekvensen for erhvervssejladser", ref. [12].

Grundlaget for vurderingerne – herunder beskrivelse af skibstrafikken og vanddybderne i området – fremgår af afsnit 8.2, som også beskriver principperne bag vurderingerne af projektrisikoen for hhv. sejladsforhold og kollisionsrisiko. Vurderingerne af sejladsforhold og kollisionsrisiko for konkrete løsninger er angivet under behandlingen af de enkelte anlægstekniske løsninger i kapitel 9. En generel beskrivelse af sejladsforhold og kollisionsrisiko for hver korridor er dog inkluderet her i kapitel 8 på

tværs af forskellige løsningsforslag. Forslag og anbefalinger til yderligere undersøgelser er angivet i afsnit 13.2.

8.2 Grundlag

Som baggrund for at kunne vurdere sejladsforhold og kollisionsrisiko er det væsentligt at kende til de navigationsmæssige forhold i området og den tilstedeværende skibstrafik. Dette er beskrevet nedenfor.

8.2.1 Navigationsforhold i undersøgelsesområdet

Placeringen af undersøgelsesområdet mellem Als og Fyn ses i Figur 8-1. Undersøgelsesområdet møder mod øst det Sydfynske Øhav, som afskærmes fra Østersøen af de større øer Ærø og Langeland. Mod vest ligger Aabenraa Fjord med Aabenraa Havn og Ensted havn, ligesom der er adgang til Als Fjord og Als Sund med Sønderborg by. Nord for undersøgelsesområdet ligger den snævre del af Lillebælt med adgang til Haderslev og Kolding fjord, og videre mod nord ligger såvel den gamle som den nye Lillebæltsbro.

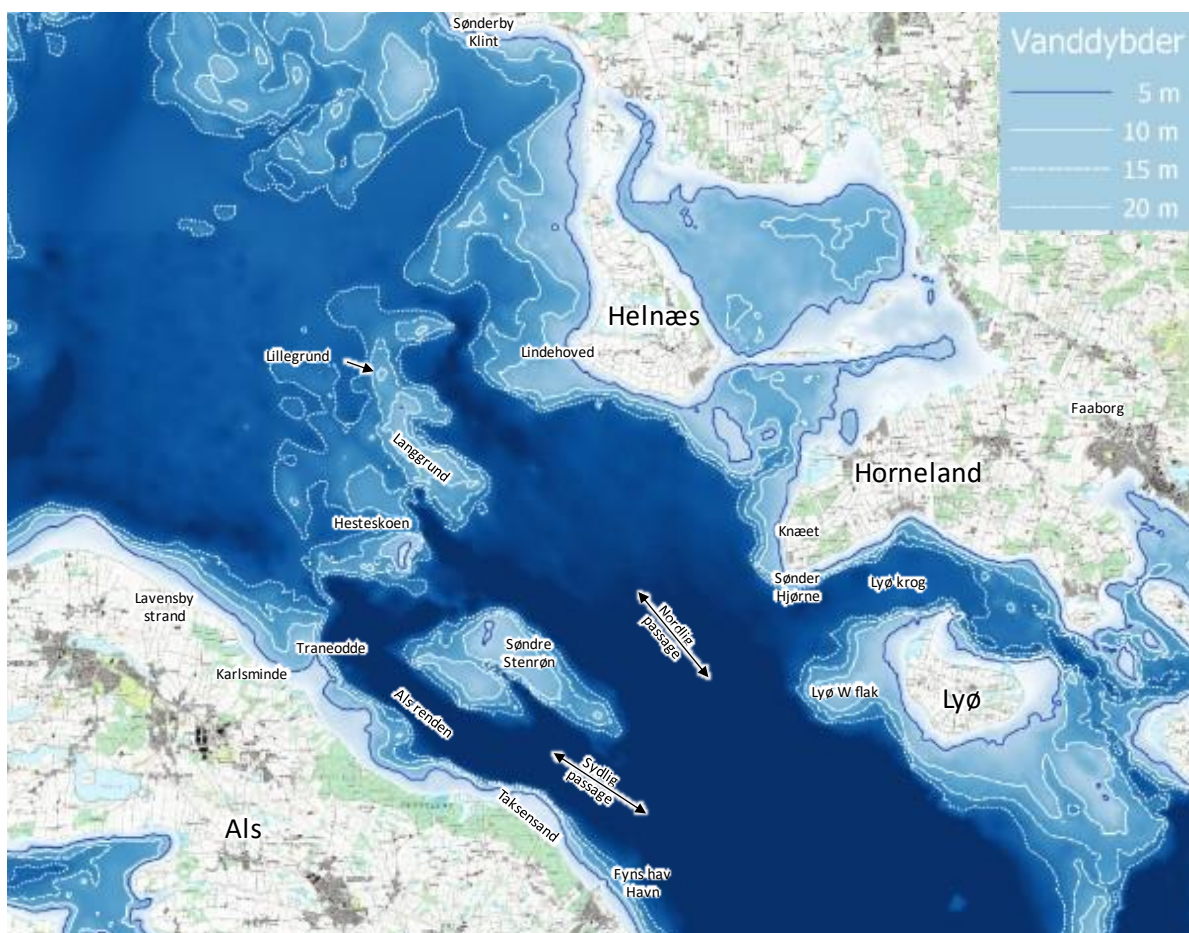


Figur 8-1. Placeringen af undersøgelsesområdet mellem Als og Fyn.

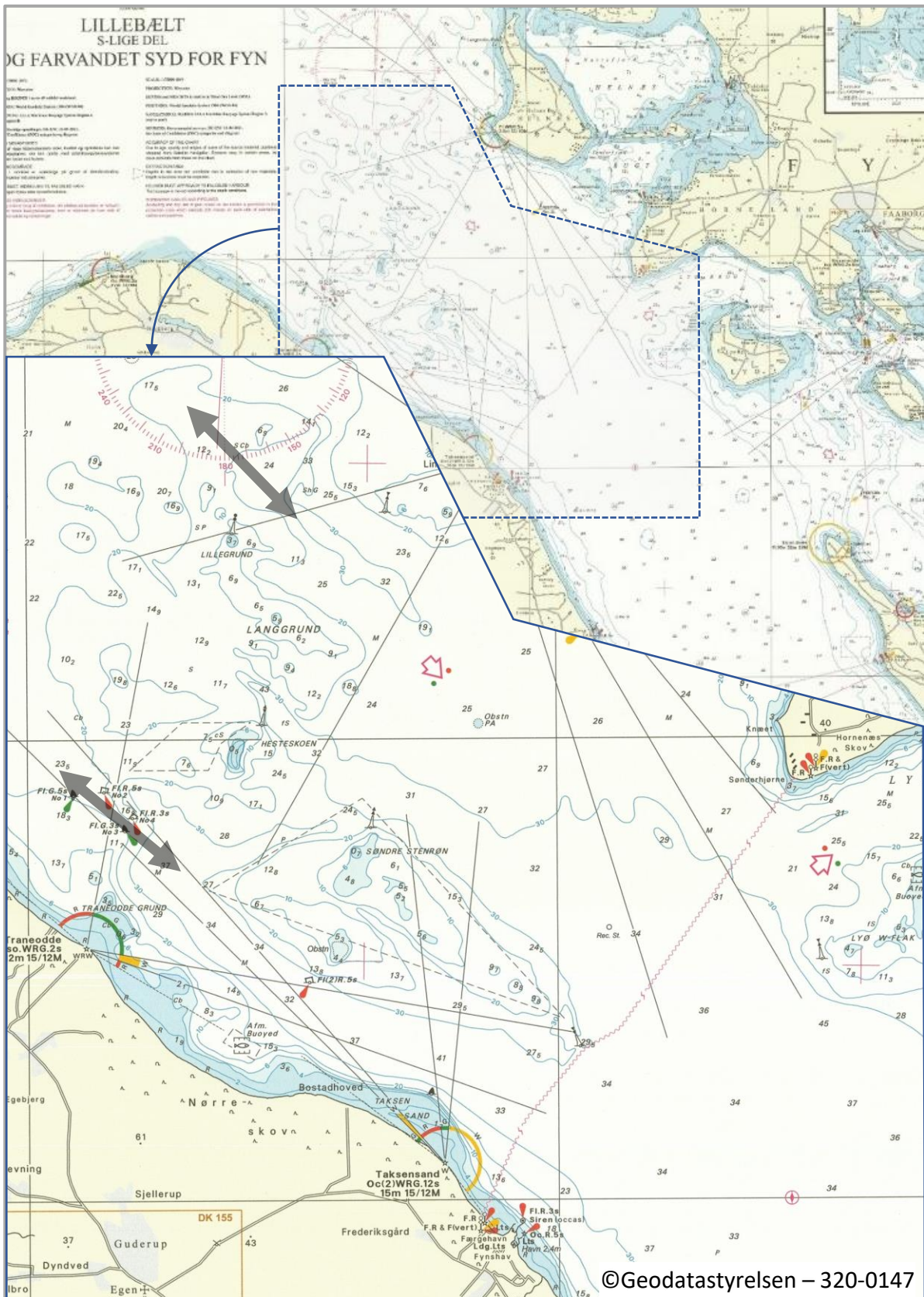
De eksisterende broer over den nordlige del af Lillebælt udgør begge begrænsninger for skibstrafikken. Den største begrænsning udgøres af den gamle Lillebæltsbro med en gennemsejlingshøjde på 33 m og en fri gennemsejlingsbredde på 220 m. Dette vurderes at give anledning til, at skibe længere end ca. 140 m ikke vil kunne passere ind og ud ad Lillebælt mod nord.

Af havnene vist i området på Figur 8-1 er Aabenraa og Ensted havne de to, der kan modtage de største skibe med længder op til 300 m og 350 m. Som følge af de begrænsende broer i den nordlige del af Lillebælt må disse store skibe passere undersøgelsesområdet. Den maksimale dybgang for anløbende skibe er 17 m.

Vanddybder og lokale stednavne og betegnelser i undersøgelsesområdet er vist i Figur 8-2. Her ses, at hele farvandet generelt er dybt; mere end 20 m ganske tæt ved kysten og op til 40 m i de dybeste dele midt i området. Mellem Helnæs og Als ses dog en del lokale områder med lavere vanddybde, der enkelte steder bliver til deciderede rev eller grunde – ved Søndre Stenrøn, Hesteskoen, samt Lillegrund og Langegrund. De store vanddybder tillader uhindret navigation i store dele af området, mens de lavvandede områder begrænser sejladsmulighederne betragteligt for større skibe med dybgang over 10 m. Sejladsforholdene og disse lokale begrænsninger giver anledning til to primære ruter igennem området – hhv. en nordlig passage og en sydlig passage. Figur 8-3 viser et søkort over området mellem Als og Fyn, og det forstørrede udsnit viser i detaljer de to primære passagemuligheder for større skibstrafik hhv. nord og syd om Søndre Stenrøn.



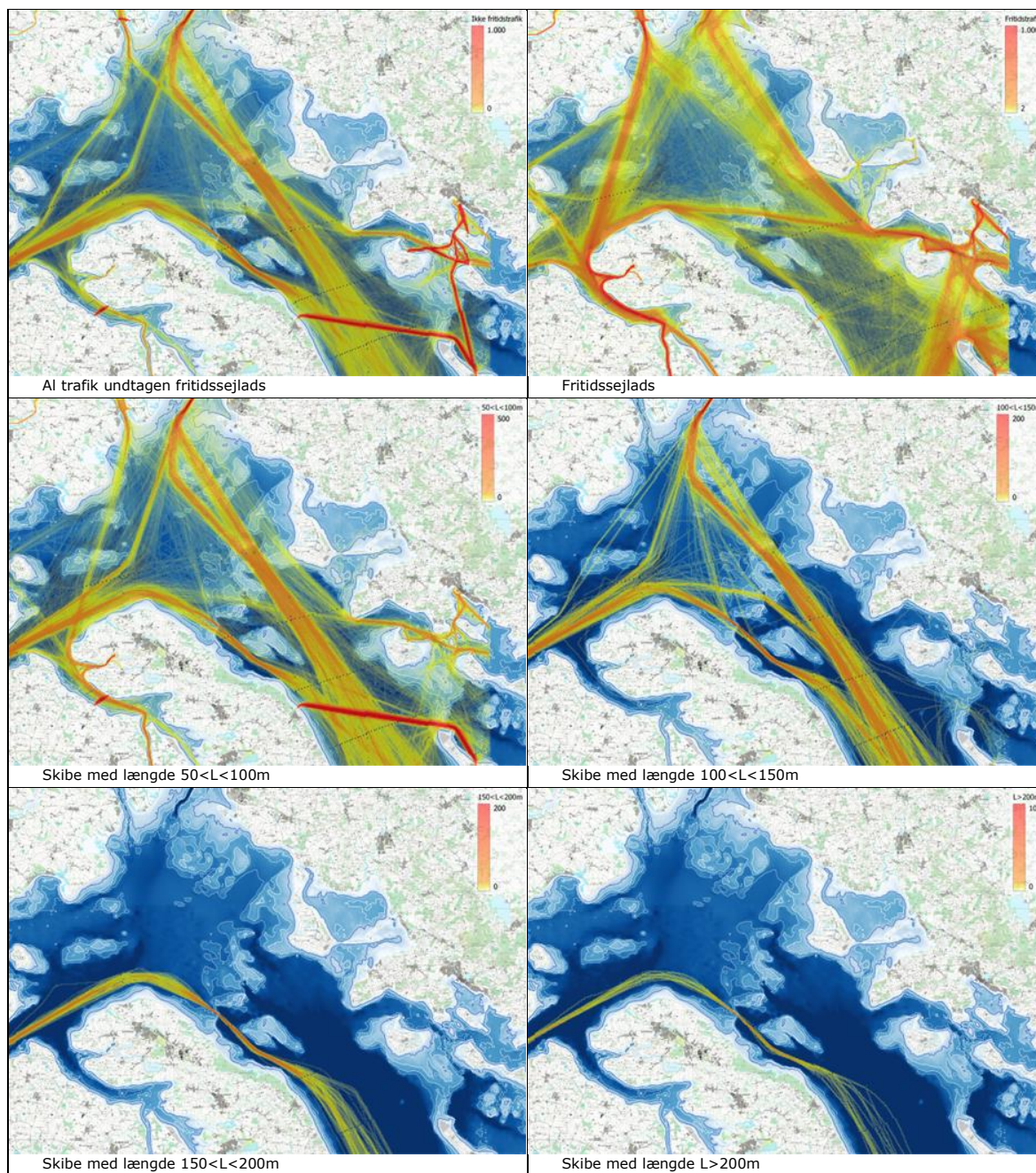
Figur 8-2 Vanddybder i undersøgelsesområdet samt anvendte stednavne og betegnelser.



Figur 8-3 Søkort over screeningsområdet. De to begrænsende snævringer for den nordlige og den sydlige passage, der er de hovedsageligt anvendte passager for erhvervstrafikken, er markeret med \longleftrightarrow .

8.2.2 Skibstrafik

Skibstrafikken i området er opgjort baseret på AIS-registreringer af skibe for hele år 2021 samt på analyserne rapporteret i [10] og [11]. Data for 2021 er i [10] vurderet at være repræsentative ved sammenligning med tilsvarende data fra 2018. AIS-data udgør automatiske registreringer af al større skibstrafik og er tilgængelige fra Søfartsstyrelsen. Fordelingen af den observerede trafik i området er præsenteret i Figur 8-4 for forskellige grupper og længdeklasser af skibe. Dog er den nuværende færgetrafik mellem Fyn og Als (Bøjden på Horneland og Fyns Hav på Als) udeladt, da denne færge forventes indstillet efter etablering af en fast forbindelse.



Figur 8-4 Illustration af trafikfordelingen i området for forskellige grupper af skibe og skibsstørrelser som registreret i år 2021. Færgetrafikken mellem Fyn og Als (Bøjden på Horneland og Fyns Hav på Als) er udeladt.

Ikke alle fritidssejlere vil være registreret i AIS-data, da der ikke er krav om, at fritidssejlere anvender AIS-udstyr. På trods af dette kan AIS-registreringerne anvendes til at identificere de primære sejlmønstre, og fritidssejladser ses at navigere frit over det meste af området, samt i særlig grad kystnært i det sydfynske øhav og rundt om Als.

Trafik, der ikke er registreret som fritidstrafik, ses i større udstrækning at være fokuseret til to passager nord og syd for Søndre Stenrøn relateret til de to snævringer markeret i Figur 8-3. Trafikken af mindre erhvervsskibe (50-100 m længde), viser samme udbredelse som trafikken generelt, mens de større skibe (100-150 m 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 (150-200 m længde) og meget store skibe (over 200 m længde) alene den sydlige passage mellem Søndre Stenrøn og Als. Disse skibe har alle Aabenraa eller Enstedværket som destination.

Baseret på den detaljerede analyse af den registrerede skibstrafik for 2021 giver Tabel 8-1 en sammenfatning af trafikken, der ikke er fritidstrafik, for fem størrelsesklasser af skibe.

Tabel 8-1 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 0-50 m og 50-100 m ses at være af cirka samme omfang, mens trafikintensiteten aftager med stigende størrelse af skibene. De små skibe udgør ikke en reel risiko for broen, hvorfor evalueringen af sejladserforhold og kollisionsrisiko udelukkende fokuserer på trafikken med skibe længere end 50 meter. Denne trafik er sammenfattet i Tabel 8-2.

Tabel 8-2 Årstrafik for skibe længere end 50 meter.

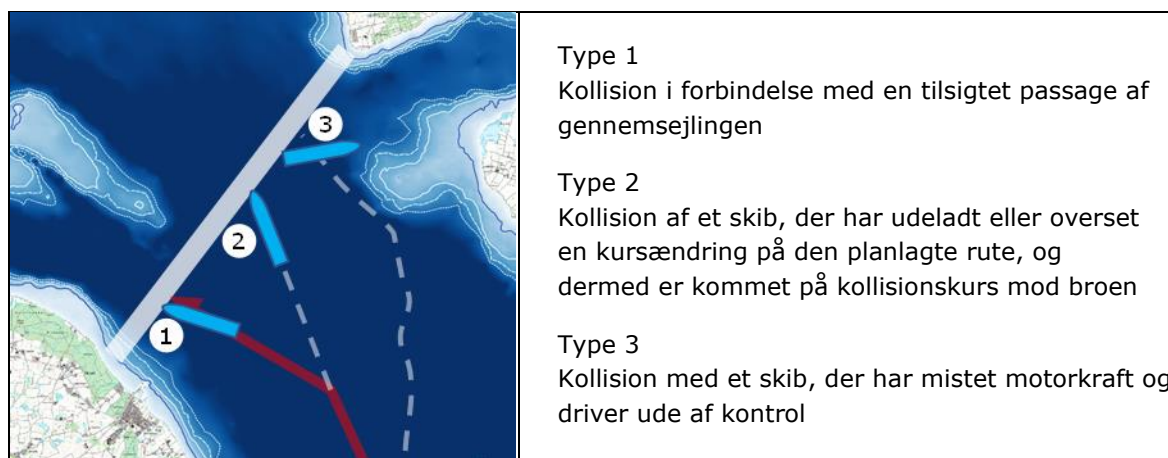
Længde [m]	Sydlige passage		Nordlige passage		Begge passager	
	Årstrafik	svarende til	Årstrafik	svarende til	Årstrafik	svarende til
50 - 100	328	6,3 per uge	780	2,1 per dag	1.108	3,0 per dag
100 - 150	135	2,6 per uge	330	6,3 per uge	465	1,3 per dag
150 - 200	102	2,0 per uge			102	2,0 per uge
200 - 300	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 50 m ses at udgøre knapt 2 pr. dag for den sydlige passage og 3 pr. dag for den nordlige passage. En sammenlægning af trafikken i den sydlige passage vil dermed øge trafikken fra 2 til 5 passager pr. dag, hvilket ikke udgør en radikal ændring af trafikken. Det snævre farvand betyder, at mødesituationer kunne blive mere udfordrende her, men med samlet fem passager pr. dag, hvor passagen af den snævre del typisk vil tage en halv time, vurderes antallet af mødesituationer ikke at stige betragteligt ved en sammenlægning af trafikken i den sydlige passage.

At skibe større end 150 m ikke anvender den nordlige passage skyldes ifølge densitetskortene i Figur 8-4, at denne trafik skal til Enstedværket eller Aabenraa Havn. Den nordlige passage vil således være en omvej, uanset om trafikken kommer til området sydfra eller nordfra igennem Lillebælt. 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.

8.2.3 Sejladsarrangementer og kollisionsrisiko

I forbindelse med analyse af kollisionsrisiko fra skibe mod faste strukturer på havet – her en fast broforbindelse – ses almindeligvis på forskellige kollisionstyper som illustreret i Figur 8-5.



Figur 8-5 Illustration af de kollisionsscenarier, der typisk anvendes til vurdering af kollisionsrisiko.

Type 1 – ved passage af gennemsejlingen

Denne kollisionstype omfatter alle de typer og størrelser af skibe, der kan forventes at passere broen. Gennemsejlingsåbningen vil være valgt med udgangspunkt i den 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 planlagt passage af gennemsejlingen og vil derfor foregå mindst med manøvre fart (typisk 4-6 knob). Er passagen tilpas bred vil skibet have sædvanlig eller måske let reduceret marchfart, og denne fart må derfor også forudsættes i en kollision. Ved en eventuel kollision vil skibets bevægelsesenergi skulle 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.

Almindeligvis ønskes krydsningen mellem skibstrafikken og broen så vinkelret som muligt. Dette skyldes både, at den effektive bredde på gennemsejlingen reduceres ved en vinkling af krydsningen, og at det for navigatøren på et skib er lettere at orientere sig imod en vinkelret gennemsejling. En afvigelse på op til $\pm 10^\circ$ anses dog umiddelbart for acceptabelt, ref. [11].

Type 2 – udeladt kursændring

Denne kollisionsrisiko kan både opstå for 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 større skibe, end broen er designet for. 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 kollisioner af type 1. Denne kollisionstype kan derfor være afgørende for gennemførligheden af et broprojekt.

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. På grund af skibets begrænsede hastighed vil der uanset scenarie ikke udvikles kollisionskræfter af samme størrelsesorden som i kollisioner af type 1 eller 2. 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.

I forbindelse med broløsningerne er der derfor udarbejdet anbefalede sejladsarrangementer, så skibstrafikken på mest hensigtsmæssig vis kan passere broen. I arrangementerne er der taget udgangspunkt i trafik med skibe på mere end 50 meters længde, da skibe mindre end 50 meter typisk sejler mere frit og vil kunne passere under broen langs det meste af korridoren. Disse mindre skibe udgør generelt en mindre risiko for brokonstruktionen, end skibe, der er længere end 50 meter. Eventuelle gener eller u hensigtsmæssigheder ved sejladsarrangementet for denne trafik af mindre erhvervsskibe og for fritidssejladser, vil blive inddraget i vurderingen, men er ikke givet betydning i fastlæggelsen og beslutning af arrangementet.

Sejladsarrangementerne er udviklet med følgende sekvens af prioriteter:

- overholde de begrænsninger og naturlige fikspunkter, som områdets vanddybder definerer,
- minimere risikoen for broen ved at skabe (nær-)vinkelrette krydsninger i gennemsejlingerne,
- sikre, at arrangementet ikke indeholder ruteknæk, der eksponerer broen for kollisioner af type 2,
- arrangere sejladsen så hensigtsmæssigt og konsistent med den nuværende sejlads, som muligt.

Dette sikrer den bedst mulige vurdering for *kollisionsrisiko*, men kan ikke samtidigt sikre den bedste vurdering for *sejladserforhold*. Hvis udfordringer med de forudsatte sejladsforhold skaber usikkerhed om, hvorvidt 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*.

8.3 Korridorerne

Som beskrevet under anlægstekniske løsninger i kapitel 9, er alle løsninger placeret inden for otte korridorer som introduceret i Figur 1-2. De første seks korridorer, korridorerne ALA01 til ALA05 samt ALA11, forløber imellem Fynshav på Als og Horne Land på Fyn. For bl.a. at imødekomme de nuværende sejlads mønstre og udnytte de lavvandede områder som delvis kollisionsbeskyttelse, er der undersøgt korridorer med en ilandføring ved Tranerødde på Als. Af disse er ALA07, ALA09 og ALA10 inkluderet i analysen.

Inden for korridorerne er der undersøgt forskellige løsningsmuligheder; hhv. broløsninger, tunnelloøsninger eller kombinationer. Al den erhvervsmæssige skibstrafik, der sejler enten nord eller syd om Søndre Stenrøn, skal krydse broløsningerne. Alle løsninger anlægges med mindst én gennemsejlingsmulighed placeret ved den sydlige trafikstrøm langs Als. For nogle løsninger er der undersøgt tilvalgs muligheder for at løsningerne tilgodeser trafikken nord om Søndre Stenrøn ved at have en passagemulighed nord for Søndre Stenrøn. Tunnelloøsningerne vil være placeret under den eksisterende havbund, og tilstedeværelsen af en tunnel vil dermed ikke påvirke skibstrafikken. En enkelt kombineret løsning i korridoren ALA05 omfatter en sænketunnel mellem Als og Søndre Stenrøn, hvilket

tilgodeser skibstrafikken langs Als. Den nordlige del af forbindelsen etableres som en bjælkebro uden gennemsejlingsmulighed for større skibe.

De forskellige korridorer er beskrevet i forhold til sejladshold og kollisionsrisiko i de følgende afsnit.

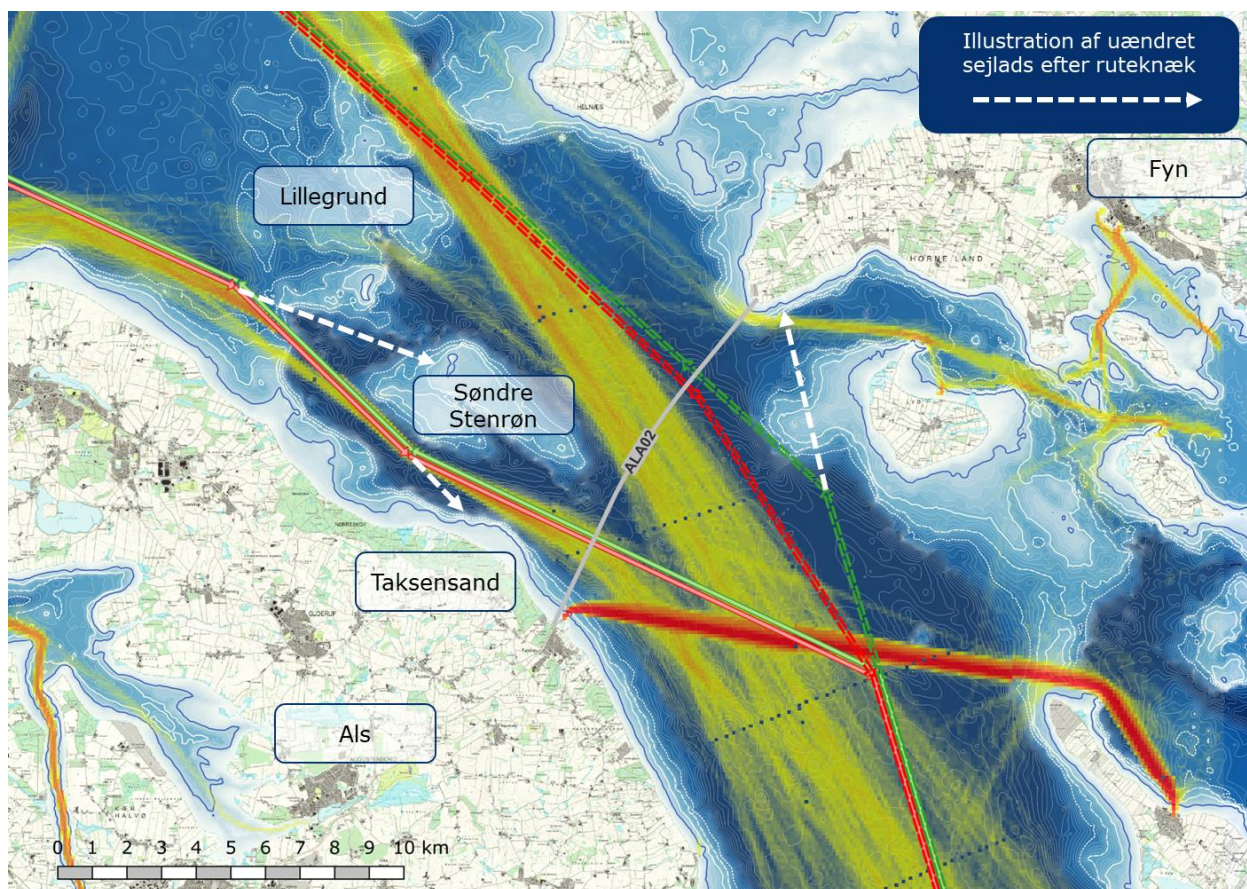
8.3.1 ALA01

Løsningerne i ALA01 udgøres af en sænketunnel, som efter anlæg ikke vurderes at have nogen betydning for sejladshold og kollisionsrisiko i området. I anlægsfasen skal aktiviteterne koordineres med den eksisterende skibstrafik.

8.3.2 ALA02

Sejladshold og kollisionsrisiko er beskrevet generelt i dette afsnit for ALA02 på tværs af de forskellige anlægstekniske løsninger, benævnt løsning 2.1 til 2.14 i afsnit 9.3. Indledningsvis bør det dog nævnes, at de bevægelige broer, løsning 2.9 (klapbro) og 2.10 (svingbro) ikke er behandlet i forhold til skibstrafikken som følge af konstruktionsmæssige udfordringer.

Intensiteten af trafikken med skibe med en længde over 50 m er vist i Figur 8-6 sammen med det anbefalede sejladshold, som beskrevet efterfølgende. Afhængig af løsningen tillader korridoren ALA02 passage af skibe både nord og syd om Søndre Stenrøn. Løsningerne 2.1 til 2.8 inkluderer udelukkende en sydlig gennemsejling, hvorimod løsningerne 2.11 til 2.14 er tilvalgsløsninger, der inkluderer både en nordlig og sydlig gennemsejling.



Figur 8-6. Trafikken med skibe længere end 50 m og anbefalet sejladshold for korridoren ALA02. Ruter optegnet med rød og grøn stiplede linje er anbefalede ruter, hvis en nordlig gennemsejling tilvælges.

Baggrunden for det anbefalede arrangement af skibstrafikken er beskrevet detaljeret i et fagnotat, se ref. [11].

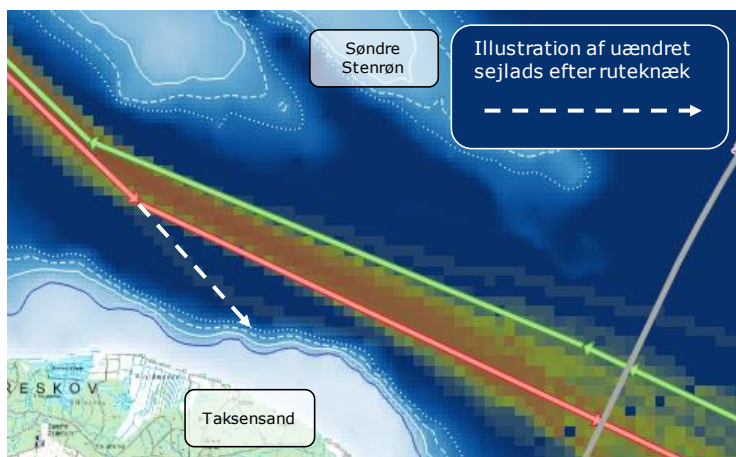
Generelt er de anbefalede ruter lagt således, at der opnås en vinkelret krydsning af korridoren ved den sydlige gennemsejling samt en tæt på vinkelret krydsning af brolinjen ved et tilvalg om en nordlig gennemsejling. Den nordlige rute er fikseret af snævringen ved Lillegrund mod nord, og ruterne frem imod korridoren fra syd er ført til et knæpunkt mod øst uden retning direkte imod broen for så vidt muligt at undgå risikoen for kollisioner af type 2, se afsnit 8.2.3. Særligt for trafikken af store skibe i nordgående retning, der skal anvende den sydlige passage, er det østlige ruteknæk vigtigt, da disse store skibe ellers ville kunne udgøre en kollisionsrisiko for den nordlige del af broen. Den sydgående trafik forventes ikke slavisk at følge ruteforløbet syd for broen men at gå direkte mod den sydligere placerede sammenfletning med trafikken fra/til den sydlige passage.

Sydgående trafik syd om Søndre Stenrøn er nødt til at foretage mindst to kursændringer inden passage af broen. Den første kursændring er lagt så rutebenet inden kursændringen har retning mod Søndre Stenrøn, og den anden er lagt med retning mod Taksensand. Med dette arrangement i den sydlige passage sikres en retvinklet krydsning af korridoren og strategisk placering af knækkene på ruten i forhold til at begrænse risikoen for kollisioner af type 2, se afsnit 8.2.3.

Den sydlige passage vil med en skråstagsbro med en gennemsejlingsbredde på 500 m (løsning 2.1 til 2.4 og 2.11 til 2.14) tillade passage af alle skibe observeret i området. En eventuel nordlig passage (løsning 2.11 til 2.14) udformes som en bjælkebro med to gennemsejlingsfag på 280 m, hvilket vil tillade passage af skibe med en længde på op til ca. 175 m. Alle de observerede skibe nord om Søndre Stenrøn med længder op til ca. 150 m vurderes dermed at kunne passere en sådan gennemsejling. Den sydlige passage vil med en skråstagsbro blive udformet med en enkelt dobbeltrettet gennemsejling, hvorimod den nordlige passage udformes som to enkeltrettede gennemsejlinger.

For løsningsmulighederne med kun én gennemsejling (løsning 2.1 til 2.8) er denne placeret ved den sydlige passage, hvorfor skibe længere end 50 m, ikke vil kunne passere nord om Søndre Stenrøn. Alle erhvervs-mæssige fartøjer vil dermed skulle anvende den sydlige gennemsejling.

Udføres den sydlige del af løsningen som en frit-frembygget bro (løsning 2.5 til 2.8) vil der blive etableret to enkeltrettede gennemsejlinger, hver med en gennemsejlingsbredde på 280 m. Skibstrafikken vil derfor blive splittet op i nordgående og sydgående retning som illustreret i Figur 8-7.



Figur 8-7. Opdeling af skibstrafikken i nord- og sydgående retning ved løsning med frit-frembygget bro for ALA02.

Med en gennemsejlingsbredde på 280 m for den sydlige gennemsejling (løsning 2.5 til 2.8) vurderes alle skibe længere end 175 m at være udelukket fra at kunne passere syd om Søndre Stenrøn og dermed ikke at kunne besejle den sydlige del af Lillebælt, se afsnit 8.2.1. Løsningerne vil dermed ikke tillade passage af den eksisterende trafik med meget store skibe til Enstedværket og Aabenraa Havn. Det er ikke i forundersøgelsen analyseret nærmere hvorvidt trafikken med disse store skibe vil kunne ændres til flere passager af mindre skibe, eller om trafikken må forventes helt at forsvinde. En første dialog med enkelte interessenter i området blev gennemført i forbindelse med vurdering af påvirkningen af erhvervssejladser i området, ref. [12], men yderligere analyser af konsekvenserne ved en begrænsning af trafikken er ikke foretaget. Løsningerne forventes dog i alle tilfælde at møde modstand både hos Søfartsstyrelsen og blandt erhvervslivet i den sydlige del af Lillebælt, der har behov for eller interesse i søtransport ind og ud af området med længere skibe end 175 m.

Med opdeling i to separate gennemsejlinger kommer ruterne i den sydlige passage ud i yderkanten af den aktuelt observerede sejlads. Med rutelægningen vist i Figur 8-7 er afstanden mellem de to sejlretninger 520 m, og afstanden fra den sydgående rute ind til 5 meters vanddybde ved Als er mellem 500 og 600 meter. Af anlægstekniske årsager kan det være nødvendigt at øge afstanden mellem gennemsejlingerne til 720 meter. I så fald skal gennemsejlingen for løsningen flyttes tilsvarende længere mod nord, så rutelægningen ikke tvinger trafikken nærmere mod kysten på Als.

Den separate ruteføring eliminerer eventuelle udfordringer, som mødesituationer nær broen kan give anledning til ved en enkelt, dobbeltrettet gennemsejling, hvilket både vil reducere kollisionsrisikoen mod broen og øge sejladsikkerheden. Dog estimeres størstedelen af sejladsen at foregå uden modgående trafik, hvorfor effekten ved opsplitting af trafikken sandsynligvis er lille.

I forhold til fritidssejladser vil langt størstedelen af disse fartøjer være kortere end 50 m. Derudover har broen generelt en frihøjde på 18 m, hvilket vil tillade de fleste fritidssejlere at passere over størstedelen af linjeføringen og uden for det eller de etablerede gennemsejlingsfag. De største fritidssejlere med en mastehøjde på over 18 m, samt evt. andre særlige ikke-erhvervs-mæssige skibe, vil være henvist til den eller de etablerede gennemsejlinger. Til sammenligning har gennemsejlingsfagene på Vestbroen over Storebælt ligeledes en gennemsejlingshøjde på 18 m, hvorefter gennemsejlingshøjden falder mod hhv. Sprogø og Fyn. Her er fritidssejlere med en mastehøjde på over 18 m derfor henvist til at passere Storebælt øst for Sprogø. Som følge af den generelt store frihøjde vurderes påvirkningen af forholdene for fritidssejlerne at være begrænset.

8.3.2.1 Kollisionslaster

Kollisionslaster er bestemmende for designet af broen og udgøres af de kræfter, som broen vil kunne udsættes for i tilfælde af en skibskollision. I fagnotatet, se ref. [11], er relevante kollisionslaster mod forskellige dele af en bro vurderet. For en eventuel nordlig gennemsejling (løsning 2.11 til 2.14) estimeres den største kollisionskraft til 160 MN svarende til kollisioner fra de største skibe med længder op til 150 m. I den sydlige gennemsejling (løsning 2.1 til 2.4 og 2.11 til 2.14) kan de største skibe mobilisere helt op til 580 MN. Etableres den sydlige gennemsejling som en frit-frembygget bro (løsning 2.5 til 2.8) vil skibsstørrelsen være begrænset til en længde på 175 m. Disse skibe vurderes at kunne give kollisionslaster på op til 200-220 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 forekomme over hele broens længde. 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.

Ovenstående kollisionslaster er vurderet for kollisioner ved marchhastighed, hvor et skib kolliderer frontalt med broen under normal sejlads. Drivende kollisioner af type 3 vil ske ved lavere hastighed og dermed give anledning til lavere kollisionslaster. Et drivende skib vil dog kunne kolliderer med en større del af broen, ligesom trykopbygningen ved en langsom, sideværts kollision fra et drivende skib vil variere fra en frontalkollision og kunne give anledning til et kritisk tryk. På trods af den lavere kollisionslast vil eksponering af broen for kollisioner af type 3 derfor ikke være ubetydelig for vurderingen af kollisionsrisikoen.

8.3.2.2 Diskussion af sejladsforhold og kollisionsrisiko

Hovedudfordringen ved korridoren ALA02 er eksponeringen for kollisioner af type 2 fra skibe i farvandet syd for korridoren. Risikoens udstrækning på korridoren afhænger af det enkelte skibs rutevalg og navigation i det åbne farvand syd for korridoren. Forslaget til navigationsarrangementet kan – hvis det bliver fulgt – begrænse risikoen, men det giver ikke en garanti.

Udfordringen med kollisioner af type 1 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 vil blive mere fokuseret end aktuelt observeret, hvilket kunne give anledning til et mindre kapacitetskrav til pylonerne. På nuværende detaljeringsniveau vurderes det dog ikke umiddelbart sandsynligt, at en mere detaljeret modellering og vurdering af kollisioner af type 1 kan retfærdiggøre en lavere kollisionskapacitet for pylonerne.

Sejladsarrangementet omkring ALA02 er fokuseret på at eliminere kollisioner af type 2, da denne risiko er afgørende for gennemførligheden af en broløsning. Der er dog flere elementer i rutelægningen, som ikke giver mening for det enkelte skibs passage igennem området, hvilket kan betyde, at rutearrangementet ikke bliver fulgt. Dermed er der 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 sejladsforhold) i rutelægningen, vil det andet hensyn blive kompromitteret.

Baseret på ovenstående er konkrete vurderinger givet for de enkelte løsninger i afsnit 9.3.

8.3.3 ALA03

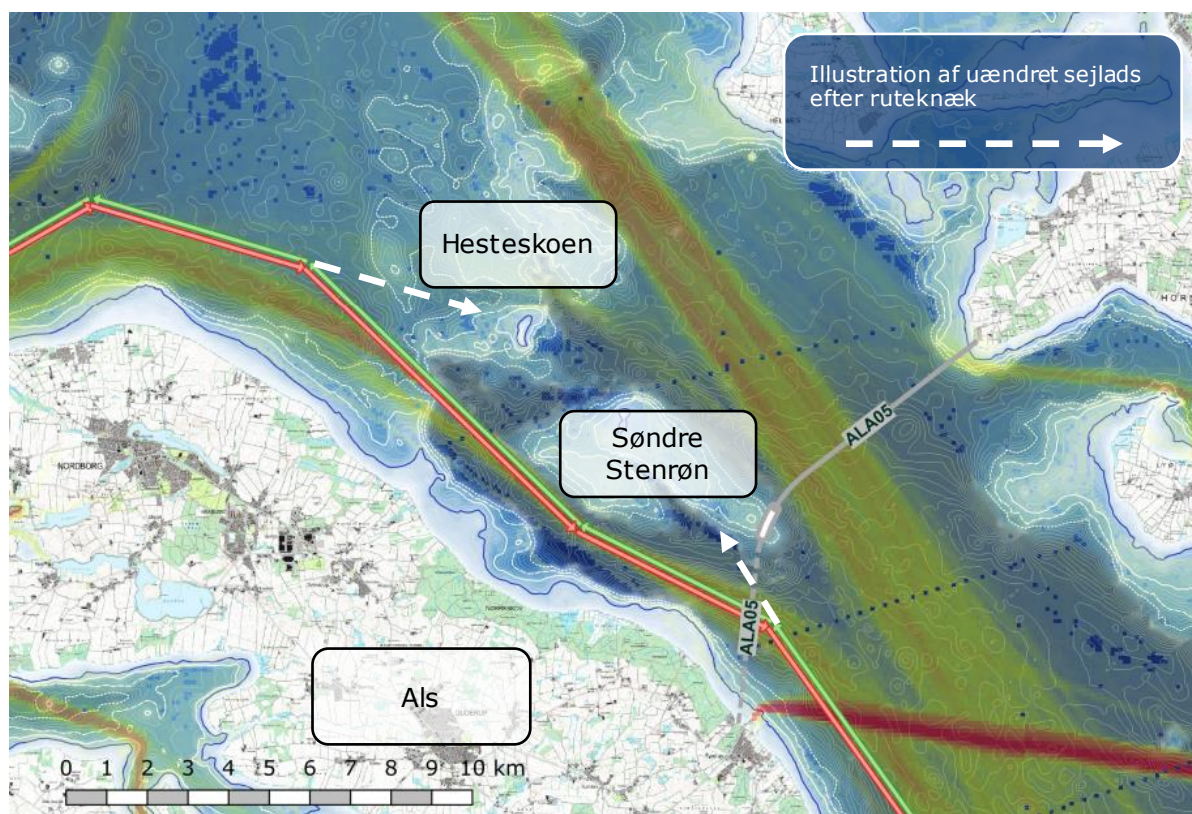
Løsningen i ALA03 udgøres af en boret tunnel, som efter anlæg ikke vurderes at have nogen betydning for sejladsforhold og kollisionsrisiko i området. I anlægsfasen skal eventuelle aktiviteter på havet koordineres med den eksisterende skibstrafik.

8.3.4 ALA04

Løsningerne i ALA04 udgøres af en sænketunnel, som efter anlæg ikke vurderes at have nogen betydning for sejladsforhold og kollisionsrisiko i området. I anlægsfasen skal aktiviteterne koordineres med den eksisterende skibstrafik.

8.3.5 ALA05

Sejladeforhold og kollisionsrisiko er beskrevet generelt i dette afsnit for ALA05, som indeholder én løsning, løsning 5.1, i form af en kombineret sænketunnel og bjælkebro, afsnit 9.6. Af hensyn til etablering af en kunstig ø i overgangen fra tunnel til bro er korridoren lagt over sydspidsen af Søndre Stenrøn. Sænketunnelen etableres syd for Søndre Stenrøn for her at tilgodese passage af større skibstrafik, og intensiteten af trafikken med skibe med en længde over 50 m er vist i Figur 8-8 sammen med det anbefalede sejladsarrangement, som beskrevet efterfølgende.



Figur 8-8. Trafikken med skibe længere end 50 m og anbefalet sejladsarrangement for korridoren ALA05.

Selvom korridoren er trukket op mod Søndre Stenrøn, er vanddybden, hvor den kunstige ø skal placeres, stadig betragtelig (15 m), og i midten af den sydlige passage ses en vanddybde på 40 meter. Tunnelen giver således ikke i sig selv et behov for at samle den relativt spredte skibstrafik i den sydlige passage.

En sænketunnel fra Als til Søndre Stenrøn giver mulighed for, at trafikken igennem den sydlige passage kan følge det nuværende ruteforløb. For at begrænse risikoen for grundstødning mod enderne af

tunnelen, vil det dog være relevant at afmærke ruteknækket ved indgangen til den sydlige passage, så nordgående skibe ikke har kurs mod tunnelen ved overgangen til den kunstige ø, se Figur 8-8. Tilsvarende er det nødvendigt at markere en kursændring mod snævringen i den sydlige passage. Dette vil sikre, at et sydgående skib vil grundstøde mod Hesteskoen, før det når brokonstruktionen nordøst for Søndre Stenrøn.

Sænketunnelen giver mulighed for, at alle skibe observeret i området, kan passere syd om Søndre Stenrøn. Da der ikke etableres en nordlig gennemsejling, vil alle skibe med længde over 50 m derudover skulle syd om Søndre Stenrøn.

I forhold til fritidssejlads vil langt størstedelen af disse fartøjer være kortere end 50 m. Derudover har broen nord for Søndre Stenrøn generelt en frihøjde på 18 m, hvilket vil tillade de fleste fritidssejlere at passere over størstedelen af linjeføringen. Til sammenligning har gennemsejlingsfagene på Vestbroen over Storebælt ligeledes en gennemsejlingshøjde på 18 m, hvorefter gennemsejlingshøjden falder mod hhv. Sprogø og Fyn. Her er fritidssejlere med en mastehøjde på over 18 m henvist til at passere Storebælt øst for Sprogø. De største fritidssejlere med en mastehøjde på over 18 m, samt evt. andre særlige ikke-erhvervs-mæssige skibe, vil være henvist til at skulle sejle syd om Søndre Stenrøn og dermed passere over sænketunnelen. Som følge af broens generelt store frihøjde nord for Søndre Stenrøn vurderes påvirkningen af forholdene for fritidssejlerne at være begrænset.

8.3.5.1 Kollisionslaster

Kollisionslaster er bestemmende for designet af broen og udgøres af de kræfter, som broen vil kunne udsættes for i tilfælde af en skibskollision. I fagnotatet, ref. [11], er relevante kollisionslaster mod forskellige dele af en bro vurderet.

Al større skibstrafik vil ved anlæg af en kombineret sænketunnel og bjælkebro i korridoren ALA05 ledes over sænketunnelen, og den nordlige del af broen vil dermed i udgangspunktet kun være udsat for kollisioner fra mindre skibe med længde op til 50 m, da disse skibe i princippet vil være i stand til at passere sikkert igennem et 110 m standardspænd. Sådanne passager vil kunne forekomme over hele broens længde eller i formelt arrangerede gennemsejlingsfag. 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.

På grund af det relativt frie farvand syd for broen vil større skibe i forbindelse med motorstop kunne drive til en kollision mod brodelen af løsningen i ALA05. Risikoen vurderes reduceret ved at trække den større skibstrafik mod Als, men kollisionssceneriet vil være til stede. Drivende kollisioner af type 3 vil ske ved lavere hastighed og dermed give anledning til lavere kollisionslaster end frontale bov-kollisioner. Et drivende skib vil dog kunne kollideres med en større del af broen, ligesom trykopybygningen ved en langsom, sideværts kollision fra et drivende skib vil variere fra en frontalkollision og kunne give anledning til et kritisk tryk. På trods af den lavere kollisionslast vil eksponering af broen for kollisioner af type 3 derfor ikke være ubetydelig for vurderingen af kollisionsrisikoen.

8.3.5.2 Diskussion af sejladsforhold og kollisionsrisiko

Både overgangen fra tunnel til kunstig ø og fra kunstig ø til bro giver risiko for kollisioner fra skibe mod enten tunnelement eller brodæk, hvilket 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.

Tunnelløsningen under den sydlige passage betyder, at forbindelsen her ikke tilføjer forhindringer til sejladsen, og det vil gøre det mere sandsynligt at opnå accept for den nødvendige overførelse af større

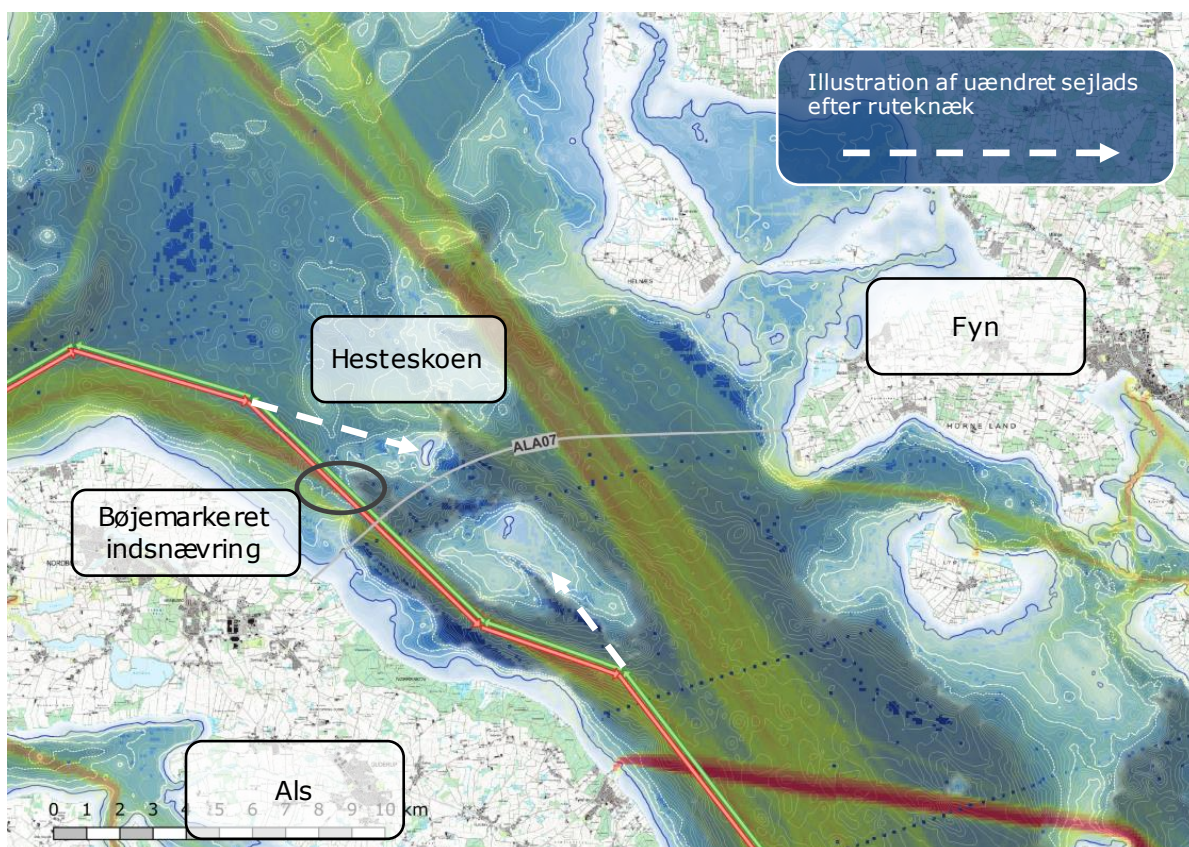
skibstrafik fra den nordlige passage, da løsningen ikke inkluderer en dedikeret, nordlig gennemsejlingsmulighed.

Baseret på ovenstående er konkrete vurderinger af sejladshold og kollisionsrisiko givet i afsnit 9.6.

8.3.6 ALA07

Sejladshold og kollisionsrisiko er beskrevet generelt i dette afsnit for ALA07 på tværs af de forskellige anlægstekniske løsninger, benævnt løsning 7.1 til 7.8 i afsnit 9.7. Mange af de samme betragtninger om skibstrafikken nord og syd om Søndre Stenrøn gør sig gældende for en bro anlagt i korridoren ALA07 som for en bro anlagt i ALA02, se afsnit 8.3.2. Udformningen af løsningen i ALA07 giver dog ikke mulighed for på rimelig vis at etablere en nordlig gennemsejling. Dette skyldes, at broen af anlægstekniske og vejtekniske årsager vil få et forløb, der vil passere langt fra vinkelret over den observerede skibstrafik. Som beskrevet i fagnotat [11] vurderes det ikke muligt på betryggende vis at anlægge en mere vinkelret passage for skibstrafikken. Derimod kan broløsningen stadig anlægges enten med en skrånstagsbro (løsning 7.1 til 7.4) eller en frit-frembygget bro (løsning 7.5 til 7.8) over skibstrafikken syd om Søndre Stenrøn.

Intensiteten af trafikken med skibe med en længde over 50 m er vist i Figur 8-9 sammen med det anbefalede sejladshold, som beskrevet efterfølgende.



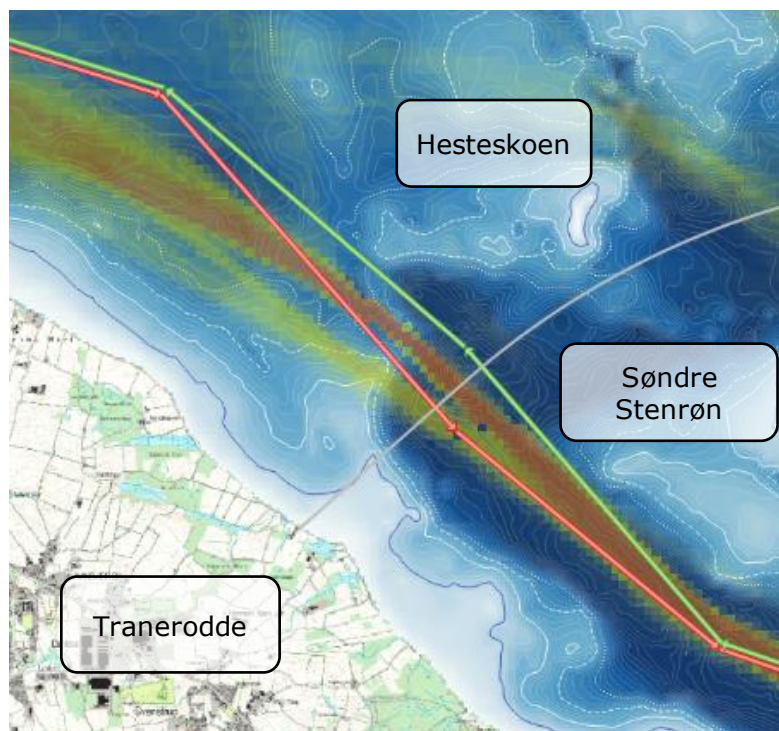
Figur 8-9. Trafikken med skibe længere end 50 m og anbefalet sejladshold for korridoren ALA07.

Linjeføringen krydser den sydlige trafikstrøm tæt på vinkelret med en afvigelse på 7-8 grader. Ved anlæg af en skrånstagsbro (løsning 7.1 til 7.4) er gennemsejlingsbredden udvidet en smule i forhold til løsningen i ALA02 til garanteret 510 m, og den let vinklede gennemsejling vurderes ikke at udgøre en udfordring i forhold til at navigere sikkert igennem området. Løsningerne med skrånstagsbro vil dermed

tillade alle skibe observeret i området at passere syd om Søndre Stenrøn. I området omkring gennemsejlingen ses størstedelen af skibstrafikken at sejle fokuseret som følge af det smalle farvand. Ydermere ses skibene at følge en bøjemarkering, se Figur 8-3, lige nord for den planlagte krydsning. Da løsningerne i ALA07 ikke inkluderer en nordlig gennemsejlingsmulighed vil alle skibe med længde over 50 m skulle passere den sydlige gennemsejling.

Baggrunden for det anbefalede arrangement af skibstrafikken er beskrevet detaljeret i fagnotat [11]. Generelt følger den observerede skibstrafik den anbefalede rute. Dog er et ruteknæk for den sydgående trafik mod gennemsejlingen trukket lidt mod nord for så vidt muligt at styre trafikken imod et lavvandet område og dermed beskytte broen mod u hensigtsmæssige kollisionsretninger, se Figur 8-9. Ligeledes ses af Figur 8-9, at ALA07 er placeret syd for en bøjemarkeret snævring mellem Als og Hesteskoen. Med en placering ved snævringen ville broen passere følsomme områder ved Hestskoens.

Udføres den sydlige del af løsningen som en frit-frembygget bro (løsning 7.5 til 7.8) vil der blive etableret to enkeltrettede gennemsejlinger, hver med en gennemsejlingsbredde på 280 m. Skibstrafikken vil derfor blive splittet op i nordgående og sydgående retning som illustreret i Figur 8-10.



Figur 8-10. Opdeling af skibstrafikken i nord- og sydgående retning ved løsning med frit-frembygget bro for ALA07.

Med en gennemsejlingsbredde på 280 m for den sydlige gennemsejling (løsning 7.5 til 7.8) vurderes alle skibe længere end 175 m at være udelukket fra at kunne passere syd om Søndre Stenrøn. De største registrerede skibe vil derfor med disse løsninger ikke kunne besejle den sydlige del af Lillebælt, da dette er den eneste vej ind til området for disse skibe, se afsnit 8.2.1. Løsningerne vil dermed ikke tillade passage af den eksisterende trafik med meget store skibe til Enstedværket og Aabenraa Havn. Det er ikke i forundersøgelsen analyseret nærmere hvorvidt trafikken med disse store skibe vil kunne ændres til flere passager af mindre skibe, eller om trafikken må forventes helt at forsvinde. En første dialog med enkelte interessenter i området blev gennemført i forbindelse med vurdering af påvirkningen af erhvervssejladser i området, ref. [12], men yderligere analyser af konsekvenserne ved en begrænsning af trafikken er ikke foretaget. Løsningerne forventes dog i alle tilfælde at møde modstand både hos

Søfartsstyrelsen og blandt erhvervslivet i den sydlige del af Lillebælt, der har behov for eller interesse i søtransport ind og ud af området med længere skibe end 175 m. Denne løsning vil kræve en politisk accept af at sejladsforholdene forringes og at farvandet bliver pålagt en begrænsning, hvor dele af den nuværende skibstrafik ikke kan afvikles.

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. I Figur 8-10 er der forudsat en afstand på 720 m imellem ruterne i de to retninger. Selv med en reduceret afstand mellem gennemsejlingsfagene på 520 m, som antaget for en frit-fremskudt bro i ALA02, se afsnit 8.3.2, vil ruterne ikke harmonere med den observerede sejlads. 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. Separeringen af trafikken vurderes at give en udfordring for sejladsarrangementet. Samtidig er et af formålene med placeringen af korridoren ALA07 at kunne udnytte den i forvejen fokuserede skibstrafik i dette område. Dette formål opfyldes ikke ved etablering af to separate gennemsejlinger.

I forhold til fritidssejlads vil langt størstedelen af disse fartøjer være kortere end 50 m. Derudover har broen generelt en frihøjde på 18 m, hvilket vil tillade de fleste fritidssejlere at passere over størstedelen af linjeføringen og uden for det eller de etablerede gennemsejlingsfag. De største fritidssejlere med en mastehøjde på over 18 m, samt evt. andre særlige ikke-erhvervsmæssige skibe, vil være henvist til den eller de etablerede gennemsejlinger. Til sammenligning har gennemsejlingsfagene på Vestbroen over Storebælt ligeledes en gennemsejlingshøjde på 18 m, hvorefter gennemsejlingshøjden falder mod hhv. Sprogø og Fyn. Her er fritidssejlere med en mastehøjde på over 18 m henvist til at passere Storebælt øst for Sprogø. Som følge af den generelt store frihøjde vurderes påvirkningen af forholdene for fritidssejlerne at være begrænset.

8.3.6.1 Kollisionslaster

Kollisionslaster er bestemmende for designet af broen og udgøres af de kræfter, som broen vil kunne udsættes for i tilfælde af en skibskollision. I et fagnotat, se ref. [11], er relevante kollisionslaster mod forskellige dele af en bro vurderet.

For løsningerne med en skråstagsbro (løsning 7.1 til 7.4) er gennemsejlingen nøje placeret over den dybeste del af Als-renden, hvor de største skibe i forvejen observeres at sejle. De største skibe vurderes at kunne mobilisere en kollisionslast på op til 580 MN. Skibstrafikken observeres at fordele sig over et relativt smalt område, og det vurderes, at skibene i dette område i udgangspunktet holder sig inden for denne rute. Foreløbige overslag, se fagnotat [11], indikerer, at dette vil kunne reducere sandsynligheden for skibskollisioner imod bropillerne på hver side af gennemsejlingen. Der er således i baggrundsrapporten angivet en kollisionslast i intervallet 280-580 MN, og indledningsvist er der estimeret en mulig, relevant kollisionslast på 350 MN på forundersøgelsesniveau. Dette vil dog skulle valideres i forbindelse med mere detaljerede risikovurderinger for en eventuel broløsning i ALA07.

Etableres den sydlige gennemsejling som en frit-frembygget bro (løsning 7.5 til 7.8) vil skibsstørrelsen være begrænset til en længde på 175 m. Disse skibe vurderes at kunne give kollisionslaster på op til 200-220 MN. Da gennemsejlingsfagene ikke er placeret, så den observerede fokusering af skibstrafikken udnyttes, vil denne kollisionslast ikke med rimelighed kunne reduceres.

Skibe på op til 50 meters længde vil i princippet være i stand til at passere sikkert igennem et 110 m standardspænd, og sådanne passager vil kunne forekomme over hele broens længde. 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.

Ovenstående kollisionslaster er vurderet for kollisioner ved marchhastighed, hvor et skib kolliderer frontalt med broen under normal sejlads. Drivende kollisioner af type 3 vil ske ved lavere hastighed og dermed give anledning til lavere kollisionslaster. Et drivende skib vil dog kunne kolliderer med en større del af broen, ligesom trykopybygningen ved en langsom, sideværts kollision fra et drivende skib vil variere fra en frontalkollision og kunne give anledning til et kritisk tryk. På trods af den lavere kollisionslast vil eksponering af broen for kollisioner af type 3 derfor ikke være ubetydelig for vurderingen af kollisionsrisikoen.

8.3.6.2 Diskussion af sejladsforhold og kollisionsrisiko

Motivationen for at lægge korridoren ALA07 tæt på snævringen fremgår af Figur 8-9, hvor den smalle fordeling af trafikken ved indsnævringen mellem Als og Søndre Stenrøn viser, at skibene her navigerer meget præcist. Den lokalt større tæthed af trafikken viser, at en del af skibene fra alle størrelsesklasser vælger at følge snævringen og de udlagte bøjler, og at de er i stand til at navigere præcist.

Af Figur 8-4 ses, at særligt mindre skibe med længder op til 100 m ikke nødvendigvis følger snævringen og de udlagte bøjler. Ved passage af en bro med en centralt placeret navigationsåbning kan disse mindre skibe blive tvunget til at passere gennem snævringen og bøjlerne for at opnå en vinkelret og centreret passage af gennemsejlingen. Dermed kunne tilstedeværelsen af en bro lede til, at al skibstrafik navigerer hen til og passerer korridoren med den observerede lille spredning, der følger af at sejle mellem bøjlerne.

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 en ekstra begrænsning af navigationen i forhold til i dag. Derudover vil placering af en brokonstruktion i korridoren skabe 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. En bedre forståelse af årsagerne til den observerede navigation i og omkring snævringen er nødvendig for nærmere at kunne vurdere fordele, udfordringer og farer ved at placere en gennemsejling i nærheden af eller umiddelbart over snævringen. Dette vil bidrage til at vurdere i hvilken udstrækning fordelene ved den stærke fokusering af trafikken kan anvendes aktivt i placering og projektering af en broforbindelse. Mere detaljerede analyser af den registrerede sejlads i området ved snævringen over en større tidsmæssig periode, samt indsamling af erfaringer om navigationen ved snævringen, vil bidrage til grundlaget for at opnå den nødvendige forståelse.

I udgangspunktet er det foreslåede sejladsarrangement dog umiddelbart logisk og den fokuserede sejlads synes at være gunstig for placeringen af en broforbindelse.

En løsning med en frit-frembygget bro med to separate gennemsejlinger vil ikke drage fordel af den fokuserede skibstrafik og tilmed bevirke, at skibstrafikken forceres tættere på lavvandede områder. De enkeltrettede gennemsejlinger vurderes umiddelbart at være gunstige for kollisionsrisikoen, hvorimod afvigelsen fra den foretrukne sejlads centralt igennem området udfordrer sejladsforholdene.

Baseret på ovenstående er konkrete vurderinger givet for de enkelte løsninger i afsnit 9.7.

8.3.7 ALA09

Løsningen i ALA09 udgøres af en sænketunnel, som efter anlæg ikke vurderes at have nogen betydning for sejladsforhold og kollisionsrisiko i området. I anlægsfasen skal aktiviteterne koordineres med den eksisterende skibstrafik.

8.3.8 ALA10

Løsningen i ALA10 udgøres af en boret tunnel, som efter anlæg ikke vurderes at have nogen betydning for sejladsforhold og kollisionsrisiko i området. I anlægsfasen skal eventuelle aktiviteter på havet koordineres med den eksisterende skibstrafik.

8.3.9 ALA11

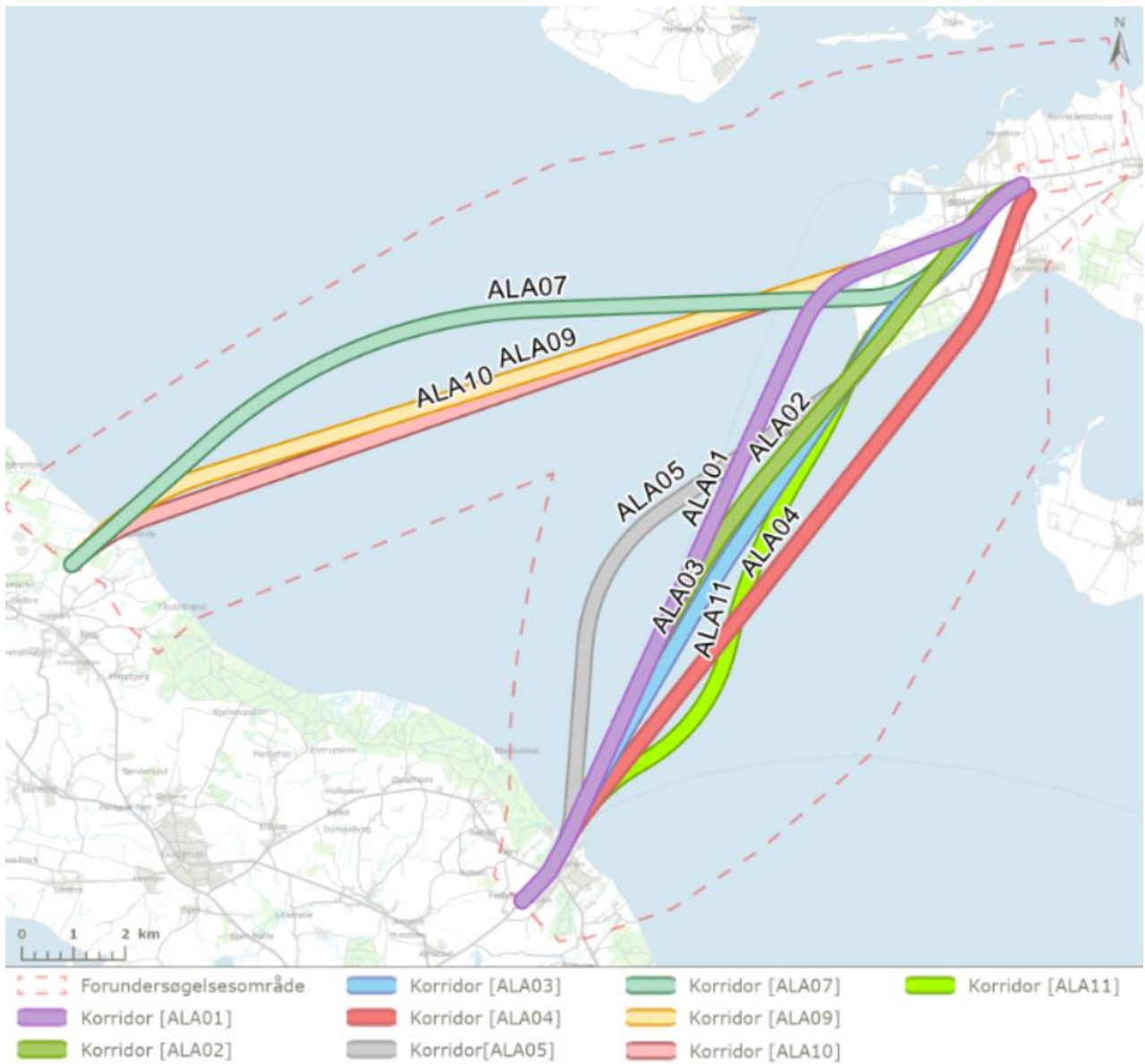
Løsningen i ALA11 udgøres af en boret tunnel, som efter anlæg ikke vurderes at have nogen betydning for sejladsforhold og kollisionsrisiko i området. I anlægsfasen skal eventuelle aktiviteter på havet koordineres med den eksisterende skibstrafik.

9. ANLÆGSTEKNISKE LØSNINGER

I dette afsnit præsenteres de anlægstekniske løsninger der er valgt at undersøge nærmere i forundersøgelsen. Undersøgelsesområdet samt linjeføringerne, der undersøges på nuværende tidspunkt, er vist nedenfor.

9.1 Generelt

Der er undersøgt otte overordnede korridorer for kyst-kyst forbindelsen. Disse fremgår af Figur 9-1 sammen med undersøgelsesområdet.



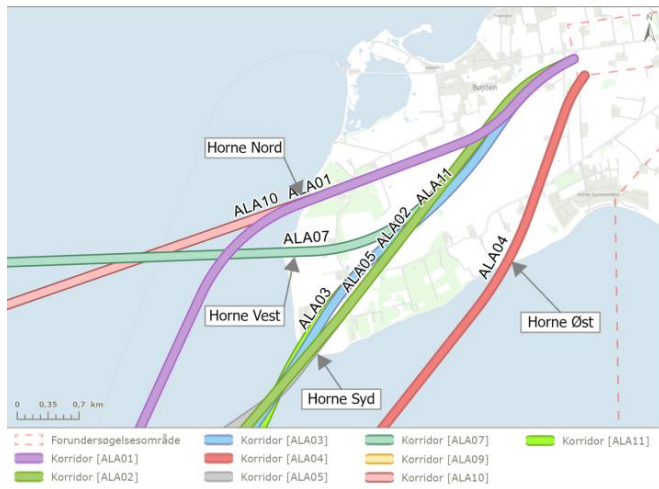
Figur 9-1 - Undersøgelsesområdet med mulige korridorer.

I nedenstående Tabel 9-1 fremgår de undersøgte korridorer og deres ilandføringspunkter. Ilandføringspunkterne er illustreret på Figur 1-3.

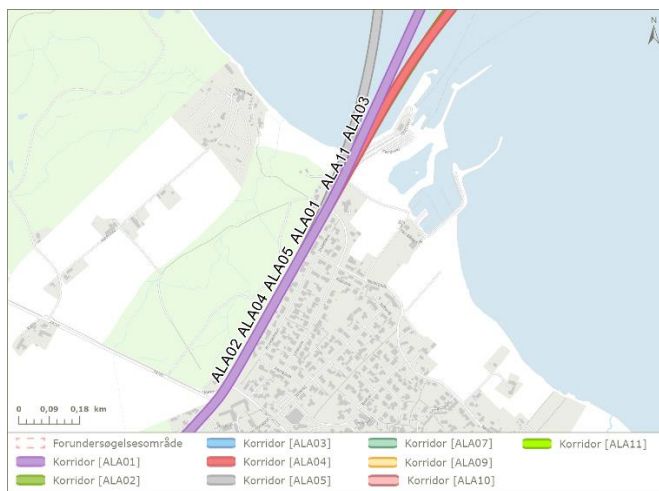
Tabel 9-1 – Oversigt over undersøgte korridorer og deres ilandføringspunkter

Korridor	Overordnet ilandføring Als	Overordnet ilandføring Fyn
ALA 01 - Sænketunnel	Fynshav (Ilandføring vest for den eksisterende færgehavn)	Horne Nord (Dette startpunkt er en ilandføring nord for spidsen af Horne)
ALA 02 – Broløsning	Fynshav (Ilandføring vest for den eksisterende færgehavn)	Horne Syd (Dette startpunkt er en ilandføring på spidsen af Horne)
ALA 03 – Boret tunnel	Fynshav (Ilandføring vest for den eksisterende færgehavn)	Horne Syd (Dette startpunkt er en ilandføring på spidsen af Horne)
ALA 04 - Sænketunnel	Fynshav (Ilandføring vest for den eksisterende færgehavn)	Horne Øst Dette startpunkt er en ilandføring øst for spidsen af Horne
ALA 05 – Kombineret bro & tunnel	Fynshav (Ilandføring vest for den eksisterende færgehavn)	Horne Syd (Dette startpunkt er en ilandføring på spidsen af Horne)
ALA 07 - Broløsning	Tranerodde (Ilandføring nord for Tranerodde)	Horne Vest (Dette startpunkt er en ilandføring på spidsen af Horne)
ALA 09 - Sænketunnel	Tranerodde (Ilandføring nord for Tranerodde)	Horne Nord (Dette startpunkt er en ilandføring nord for spidsen af Horne)
ALA 10 – Boret Tunnel	Tranerodde (Ilandføring nord for Tranerodde)	Horne Nord (Dette startpunkt er en ilandføring nord for spidsen af Horne)
ALA 11 – Boret Tunnel	Fynshav (Ilandføring vest for den eksisterende færgehavn)	Horne Syd (Dette startpunkt er en ilandføring på spidsen af Horne)

I Figur 9-2 er det defineret hvilke geografiske betegnelser projektet benytter for de forskellige ilandføringspunkter.



Startpunkter på Fyn.



Slutpunktet "Fynshav".

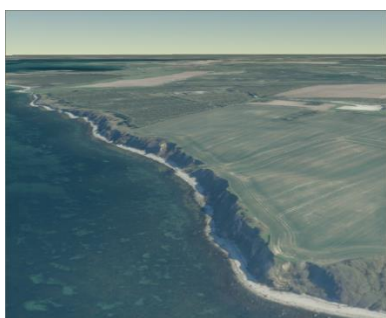


Slutpunktet "Tranerodde".

Figur 9-2 Definition af navngivning af slutpunkter.

I forbindelse med fastlæggelse af korridorerne og de forskellige løsninger har følgende forhold spillet en afgørende rolle:

- Overordnet er der arbejdet med to forskellige tilslutningspunkter på Als-siden, disse tilslutningspunkter giver mulighed for at undersøge hhv. nord- og sydliggende korridorer i forundersøgsområdet.
- På Fyn-siden er terrænet kendetegnet ved en stejl skrænt langs kysten, som ses på Figur 9-3 og Figur 9-4. For sænketunnellen løsninger er ilandføringspunkterne for disse placeret, hvor skrænten er fladet ud, for at reducere omfanget af udgravningen, hvor tunnelen føres i terræn. For den borede tunnel er det muligt at lave ilandføringen hvor skrænten er høj da tunnelen her ligger dybt og mødet med terrænet sker længere inde i landet. Broløsningerne kommer i land forholdsvist højtbeliggende grundet kravet om gennemsejlingshøjde og har derfor ikke samme udfordringer med terrænet.
- Ved ilandføringspunktet Fynshav er terrænet kendetegnet ved at være stejlt stigende fra færgelejet og frem til punktet vist med rødt på Figur 9-6. Denne stigning i terrænet betegnes som Fynshavbakken i nærværende rapport.
- Ved ilandføringspunktet Tranerodde er terrænet stigende frem til afgrænsningen af undersøgsområdet, hvorefter terrænet stiger endnu mere stejlt.
- Ilandføringen ved Fynshav er placeret Nord-vest for færgelejet for færgeren til Søby, for at minimere evt. påvirkning af færgeruten mellem Fynshavn og Søby, som en del af Ærøfærgerne.
- For broløsningerne har det spillet en særlig rolle at finde korridorer som giver de bedste betingelser for hensigtsmæssig håndtering af sejllandsforhold og risiko for skibsstød idet farvandet i området besejles af skibe af væsentlig størrelse.
- De nordlige korridorer i forundersøgsområdet er karakteriserede ved at være placeret hvor vanddybden er lavere i forhold til de synligere korridorer. De geotekniske forhold er ligeledes lidt mere hensigtsmæssige for de nordlige korridorer i forhold til de sydlige korridorer i undersøgsområdet.



Figur 9-3 Terrænforhold på Fyn-siden (Horne Næs) – kig mod Nord. Se figur Figur 9-5 for placering af udkigspunkt.



Figur 9-4 Terrænforhold på Fyn-siden (Horne Næs) – kig mod Syd. Se figur Figur 9-5 for placering af udkigspunkt.



Figur 9-5. Placering af udkigspunkter visende terrænforhold ved Hornø Næs

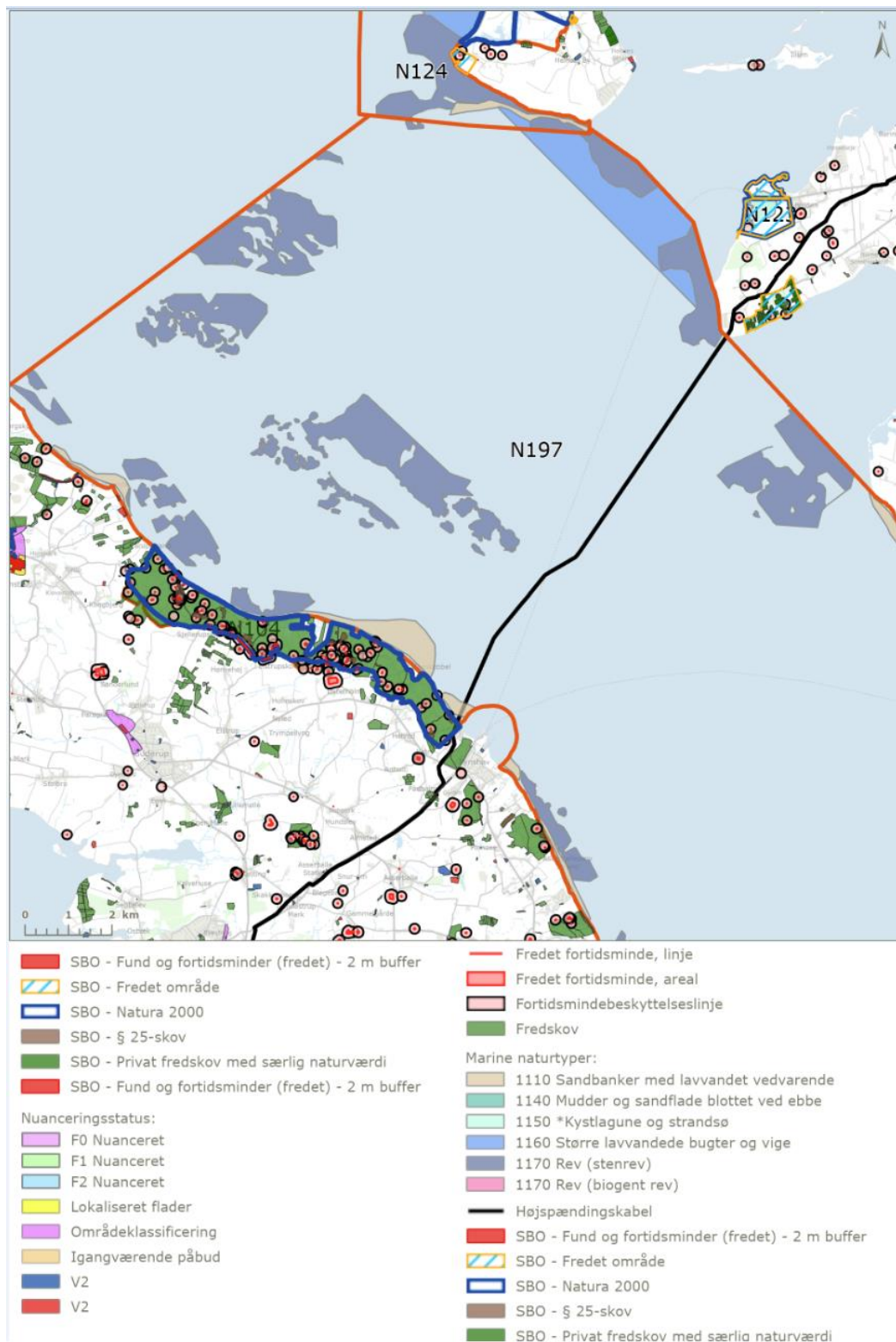


Figur 9-6 Terrænforhold ved Fynshav på Als-siden



Figur 9-7 Terrænforhold ved Tranerødde.

På Figur 9-8 ses et kort visende alle de registrerede særligt betydningsfulde områder indenfor undersøgelsesområdet ud fra et miljø fagligt perspektiv. I forbindelse med fastlæggelse af korridorerne og de forskellige løsninger har der været dialog med den miljø faglige rådgiver i forhold til at justere placeringen af korridorerne mest hensigtsmæssigt til de kortlagte Særligt Betydningsfulde Områder (SBO-områder). I den miljø faglige rapport vil det blive gennemgået i detaljer hvorledes de forskellige korridorer/linjeføringer påvirker de kortlagte områder. I denne rapport fremhæves anlægstekniske aspekter, som har haft den største indflydelse på placeringen af korridorerne/linjeføringerne.



Figur 9-8 Kort visende alle de registrerede særligt betydningsfulde områder indenfor undersøgelsesområdet

Projektprocessen har været opbygget således, at det anlægstekniske projekt har leveret nogle forslag til placering af korridorerne, som efterfølgende er tilpasset på fælles dialogmøder.

Korridorerne er fastlagt som en 400 m bred zone, hvor det er muligt at placere linjeføringer indenfor. Det har været centerlinjen der er udgangspunktet for placeringen af løsningerne. Linjeføringerne er på nuværende tidspunkt indikeret som mulige linjeføringer indenfor den viste korridor. I forbindelse med en senere detaljering af det anlægstekniske projekt og de miljøfaglige vurderinger kan det være nødvendigt at lave linjeføringer indenfor korridoren, der ikke følger centerlinjen.

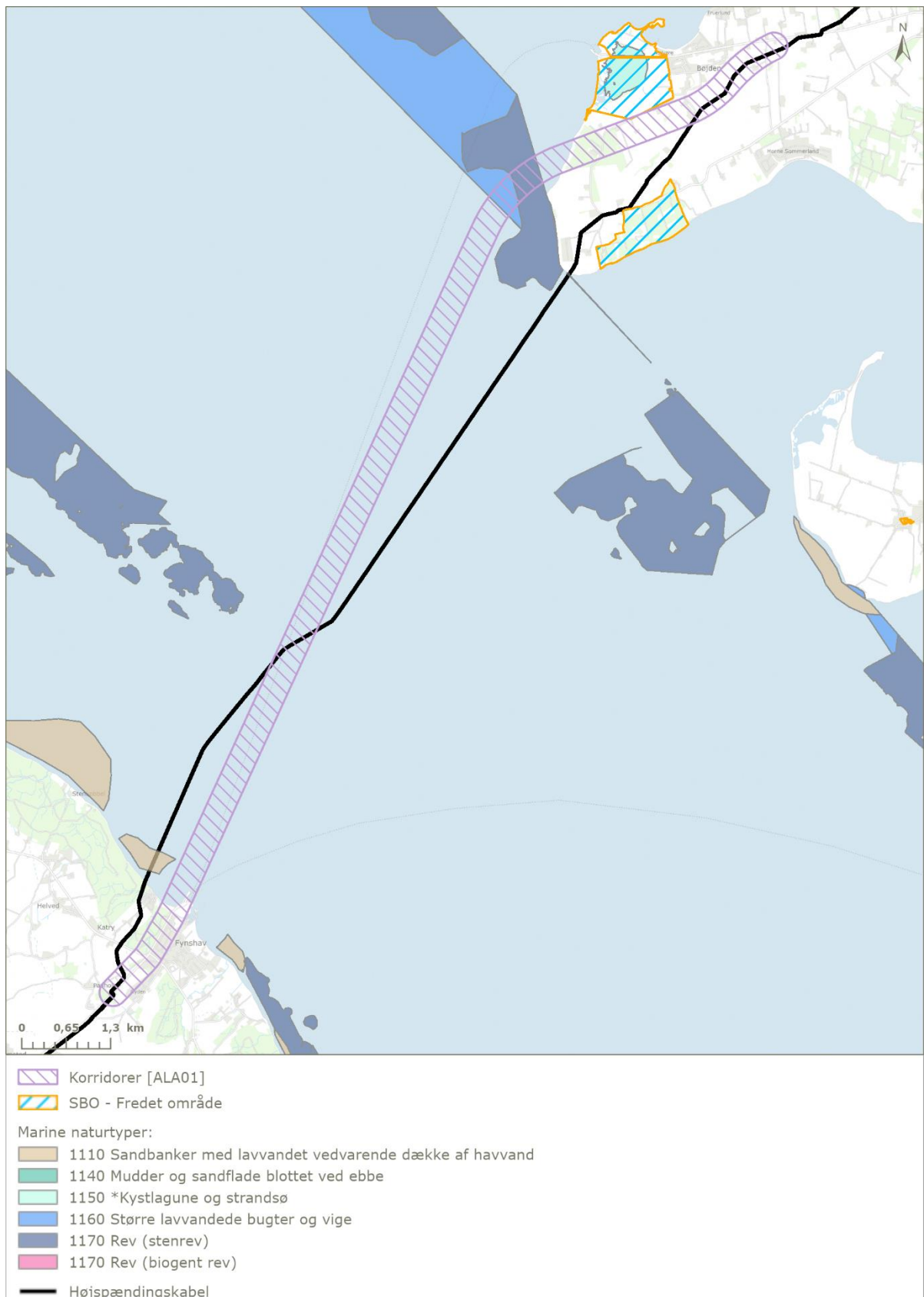
I afsnit 9.2 til 9.8 er der en nærmere beskrivelse af korridorerne.

9.2 Korridor ALA01

9.2.1 Korridorbeskrivelse

Denne korridor er udformet med henblik på at optimere forløbet for en sænketunnelløsning. Korridoren har det nordvestligste ilandføringspunkt på Fyn af alle de undersøgte korridorer. Tunnellen begynder i ilandføringspunktet Horne Nord på Fyn og slutter i ilandføringspunktet lige nordvest for Fynshav. Længden af korridoren mellem grænsefladerne til landanlæggene på henholdsvis Als og Fyn er 17,59 km. hvoraf tunnelstrækningen inkl. ramperne udgør ca. 13,5 km. Den undersøgte korridors placering er vist på kortudsnittet i Figur 9-9 nedenfor.

Korridoren er placeret tæt op af et eksisterende højspændingskabel, som sydøst for Søndre Stenrøn krydser korridoren.



Figur 9-9 Kortudsnit for korridor ALA01.

Ilandføringspunktet på Fyn er placeret så nordligt som muligt af hensyn til den nævnte stejle skrænt på Figur 9-3, under hensyntagen til at undgå berøring med Natura 2000 området, N123. Yderligere er der i det kystnære område nær Fyn i Lillebælt, et Natura 2000 område med beskyttet stenrev, som korridoren krydser ind over – krydsningen er valgt placeret, hvor revet er smalles for at påvirke mindst muligt.

Ilandføringspunktet på Als, vist på Figur 9-10, er placeret nord for Fynshav Havn.



Figur 9-10 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA01 på Als.

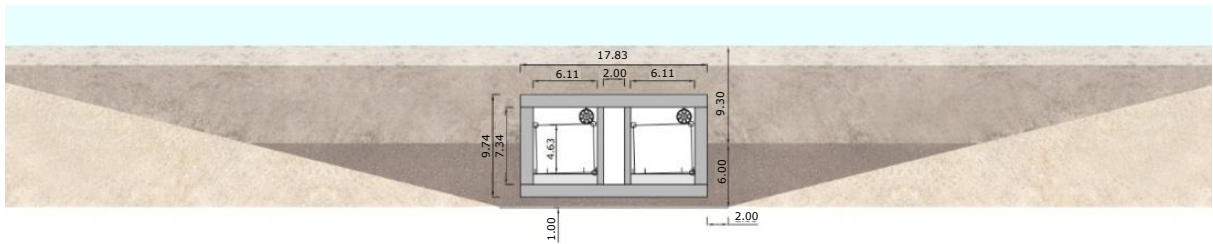
Der er alene undersøgt en sænketunnelløsning i ALA01, men der vil principielt også kunne udføres andre konstruktionstyper i korridoren. Der er dog ikke undersøgt andre løsninger da total længden er mere end 1,5 km længere end den korteste strækning svarende til ALA02.

9.2.2 Løsning 1.1: Fynshav - Horne Vest (Sænketunnel, helt nedgravet)

9.2.2.1 Teknisk beskrivelse

Den valgte tekniske løsning, som er undersøgt nærmere i denne del af forundersøgelsen, er en sænketunnel, hvor en del af cut & cover konstruktionen etableres ude i vandet inden ilandføringspunktet ved både Fyn og Als.

Hovedkonstruktionen, sænketunnelen, er 12,4 km, idet længden er opgjort i centerlinjen af korridoren.



Figur 9-11 Tværprofil for nedgravet tunnelloøsning

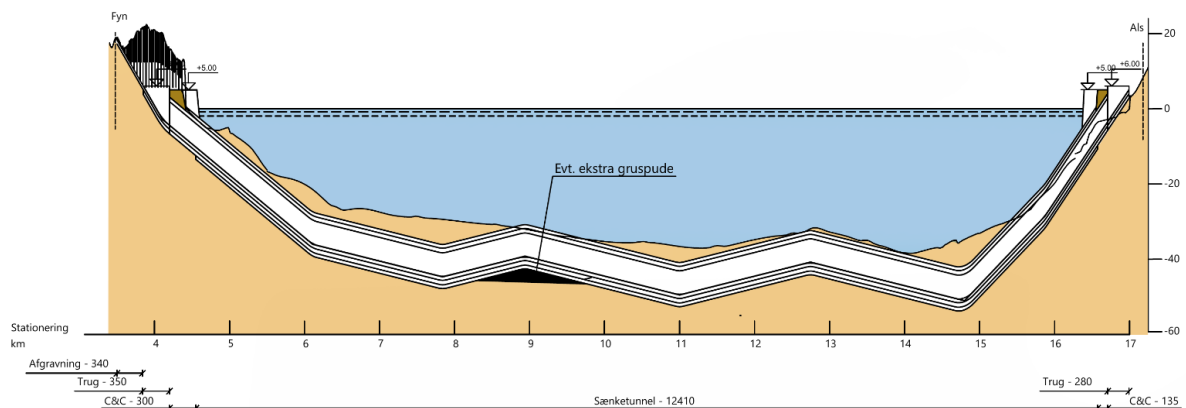
Hovedmængderne for løsningen er vist i Tabel 9-2.

Tabel 9-2 Mængder for nedgravet basis løsning ALA01

Tværsnit	Sænketunnel	C&C	Ramper	Længder
Basis	Beton: 12,4 km * 69,3 m ² ≈ 860.000 m ³	Beton: 0,435 km * 69,3 m ² ≈ 30.000 m ³	Bredde: 17,8 m Beton: 630 m * 21,8 m ² ≈ 14.000 m ³	Sænketunnel: 12,4 km Cut&cover: 435 m Ramper: 630 m Total: 13,5 km
	Totalt tværsnit: 173,7 m ²	Totalt tværsnit: 173,7 m ²		
	Udgravning: 1061 m ³ /m * 12,4 km ≈ 13.000.000 m ³			
	Opfyldning: (1061 m ³ /m-173,7 m ²)*12,4 km ≈ 11.000.000 m ³			

Terrænet og geologien giver i udgangspunktet et fornuftigt forløb for tunnelens vertikalprofil uden behov for væsentlig overafgravning. Den største overafgravning finder sted ud for Fyn, da de bæredygtige lag her ligger lidt dybere. Vanddybderne varierer ikke væsentligt langs tunnelprofilet, hvilket gør det muligt at placere en sænketunnel umiddelbart under havbunden og dermed minimere udgravningsvolumen. I en senere fase bør linjeføringen undersøges nærmere, for at reducere udgravningsmængder.

Et udklip af længdeprofilet af sænketunnelloøsningen er optegnet i Figur 9-12, hvor Fyn er placeret til venstre og Als til højre. Bemærk at længdeprofiler i nærværende rapport har uens skala på længde/dybde skala for at synliggøre variationer i højdeforhold. Længdeprofilet kan også ses på tegning AF-A-TT-ALA01-001.



Figur 9-12 Længdeprofil for sænketunnel langs ALA01.

Det dybeste funderingsniveau for standardelementerne er i kote -53 m og placeret i renden ved Als. Specialelementerne vil skulle funderes endnu dybere.

For at komme relativt hurtig op ved Horne Nord, ilandføringspunktet på Fyn, og dermed reducere den nødvendige afgravning i skrænten er det bestemt kun at nedgrave sænketunnelen delvist tæt ved kysten. Tunnellen er dog placeret så lavt at kystlinjen ikke ændres.

Ved ilandføringen er der behov for en cut & cover tunnel som forbindelse mellem sænketunnel og trug grundet terrænet og skrænten som tidligere beskrevet. Der etableres en midlertidig dæmning ud for kysten, som er illustreret med lyserød i Figur 9-13, for at kunne bygge cut & cover konstruktionen. På nuværende tidspunkt er cut & cover konstruktionen etableret således at den i den permanente situation vil ligge højere end det eksisterende havbundsforløb. Tunneltracé passerer strandzonen øst for Natura 2000-området ved Fyn. Dette vil kræve en midlertidig opgravning, hvor strandzonen efterfølgende retableres.

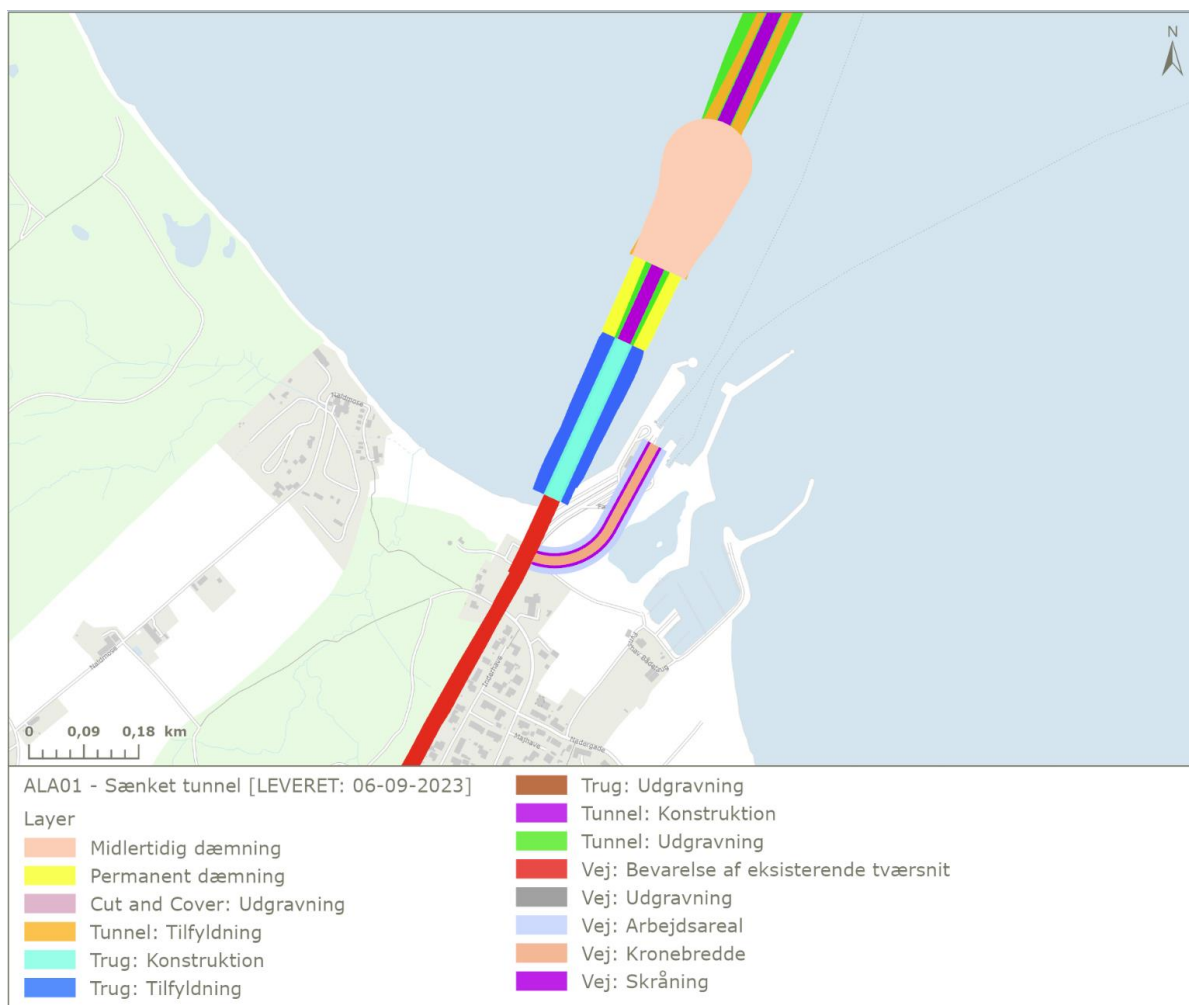
Arealerne nær ilandføringspunktet på Fyn, som forventes påvirkede af denne løsning er vist i Figur 9-13.



Figur 9-13 Kortudsnit der viser cut and cover samt rampe konstruktion ved ilandføringspunktet på Fyn.

For at vejen kan nå op til terræn før Fynshavbakken er det valgt at etablere cut & cover konstruktionen ude i vandet ved ilandføringspunktet på Als, som i den permanente situation kommer til at ligge højere end havbunden. Der skal derfor etableres både en midlertidig og permanent dæmning ud for kysten her. Arealerne som forventes påvirket af den midlertidige

dæmning kan ses på Figur 9-14, hvor de er markeret med mørkeblå. I en senere fase kan det undersøges hvorvidt den permanente dæmning bør bygges sammen med havnen.



Figur 9-14 Kortudsnit visende cut & cover samt rampe konstruktion ved ilandføringspunktet på Als.

9.2.2.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene for projekteringen og udførelsen af en sænketunnelløsning i ALA01.

Projektering

Den samlede projekteringsrisiko for selve sænketunnelen vurderes til at være **Forventeligt**. Projekteringen vil foregå indenfor kendte rammer og koncepter.

Udførelse

For denne løsning skal sænketunnelementerne visse steder installeres på 53 m dybde, hvilket er udenfor normalen, men det vurderes stadig realistisk.

Længden af denne løsning er 12,4 km, hvilket er inden for kendte grænser. Samme produktionsforhold, ressourceforbrug og transportforhold er anvendt på Femern, og kan derfor med rimelighed antages for en forbindelse mellem Als og Fyn.

Afhængig af miljøtekniske krav til spildmængden i forbindelse med udgravningen til sænketunnelen kan gravearbejde og eventuelle afværgetiltag blive en udfordring. I den miljøfaglige vurdering af forundersøgelsen er der ikke fundet behov for miljøtiltag i forbindelse med udgravning til sænketunnelen. Lillebæltsleren fritgraves lokalt i denne løsning, hvilket kan give udfordringer som er beskrevet i afsnit 5.1.1.

Det samlede projektrisikobidrag fra udførelse vurderes til at være **Forhøjet** for sænketunnelen grundet tilstedeværelsen af Lillebæltsler.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelingsområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisikovurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for sænketunnelen i korridor ALA01 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation vurderes være **lavt**. Vurdering er beskrevet i afsnit 6.3.2.

Sejladsforhold

En sænketunnel vurderes ikke at påvirke sejladsforholdene. Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes derfor at være **lavt**.

Kollisionsrisiko

En sænketunnel vurderes ikke at påvirke kollisionsrisikoen. Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes derfor at være **lavt**.

9.2.3 Løsning 1.2: Fynshav - Horne Vest (Sænketunnel, delvist nedgravet)

Denne løsning blev identificeret som en mulig løsning, der skulle undersøges i starten af forundersøgelsen. Den ligger i samme korridor og har samme ilandføringspunkter. Forskellen på de to løsninger, er nedgravning af tunnelelementerne, hvor de i denne løsning kun er tænkt delvist nedgravede.

Den helt nedgravet løsning er mest kritisk for udgravningsmængden mens den delvist nedgravet løsning er mest kritisk for blokerings-effekten.

På nuværende tidspunkt er det valgt at betragte en løsning hvor tunnelelementerne er helt nedgravet i størstedelen af korridoren, og kun delvist nedgravet tæt ved kysten, som præsenteret i afsnit 9.2.2. Dette skyldes primært at bæredygtige lag for tunnelloøsninger ligger i en dybde, der ikke muliggør en delvist nedgravet løsning på hele strækningen som er beskrevet i afsnit 5.1.1.

9.3 Korridor ALA02

9.3.1 Korridorbeskrivelse

Denne korridor er udformet med henblik på at optimere forløbet for en broløsning. Broen begynder i ilandføringspunktet, Horne Syd, der ligger på spidsen af Horne næs på Fyn og slutter i

ilandføringspunktet lige nord for Fynshav havn. Længden af korridoren mellem grænsefladerne til landanlæggene på henholdsvis Als og Fyn er 17,06 km. hvoraf broen udgør ca. 11 km. Den undersøgte korridors placering er vist på kortudsnittet i Figur 9-15 nedenfor.

Korridoren er placeret tæt op af et eksisterende søkabel, optegnet med sort linje på Figur 9-15, som sydøst for Søndre Stenrøn krydser korridoren.



Figur 9-15. Kortudsnit for korridor ALA02.

Ilandføringspunktet på Fyn er placeret på spidsen af Horne Næs med det kystnære landskab præget af 8-12m høje skrænter.

De mest kystnære fundamenter forudsættes direkte funderet, men for langt hovedparten vil fundamenterne udføres med et højt pæleværk for at nå ned i funderingsdygtige lag. Pælehætten på det høje pæleværk forudsættes udført med en sænkekasse flådet på plads.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

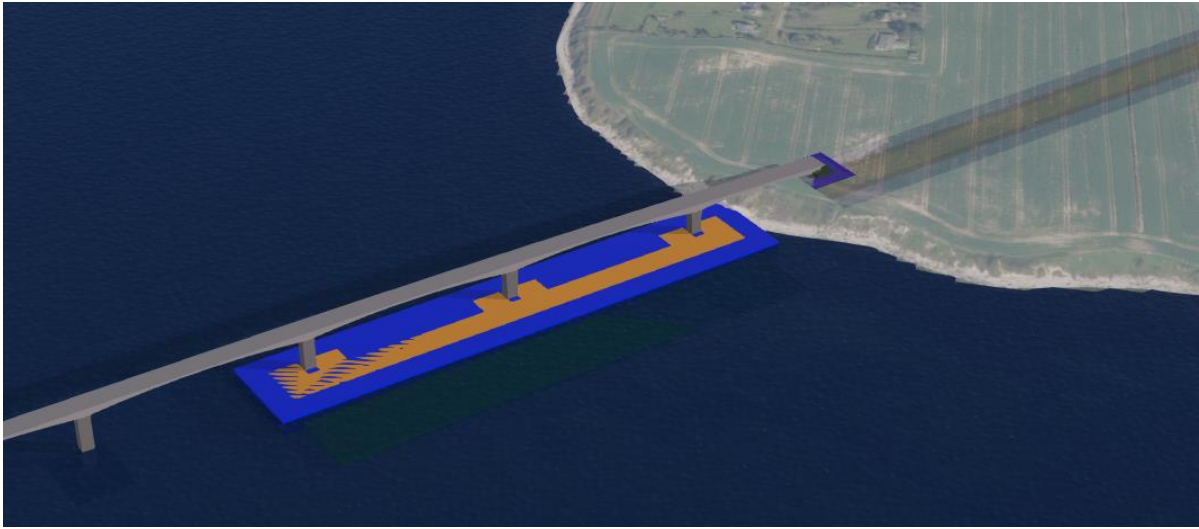
Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 9305 m	Antal u. jordforstærkning: ~12	Antal: 80
Skråstagsbro: 1185 m	Antal m. jordforstærkning: 0	Gennemsnitspælelængde: 85 m
Frit-frembygget bro: 0 m	Udgravningsmængde: ~50000 m ³	Total længde af pæle: 81000 m
Bevægelig bro: 0 m		
Dæmning: 565 m		

Figur 9-17 Overordnede mængder for broløsning 2.1 ALA 02.

Ved tilslutningspunktet Fynshav er der forudsat etablering af permanent dæmning, se Figur 9-18. På Fyn siden vil det i områder med vanddybder lavere end 6 m være nødvendigt med enten midlertidig arbejdsdæmning, arbejdskanaler eller arbejdsbro, se Figur 9-19.

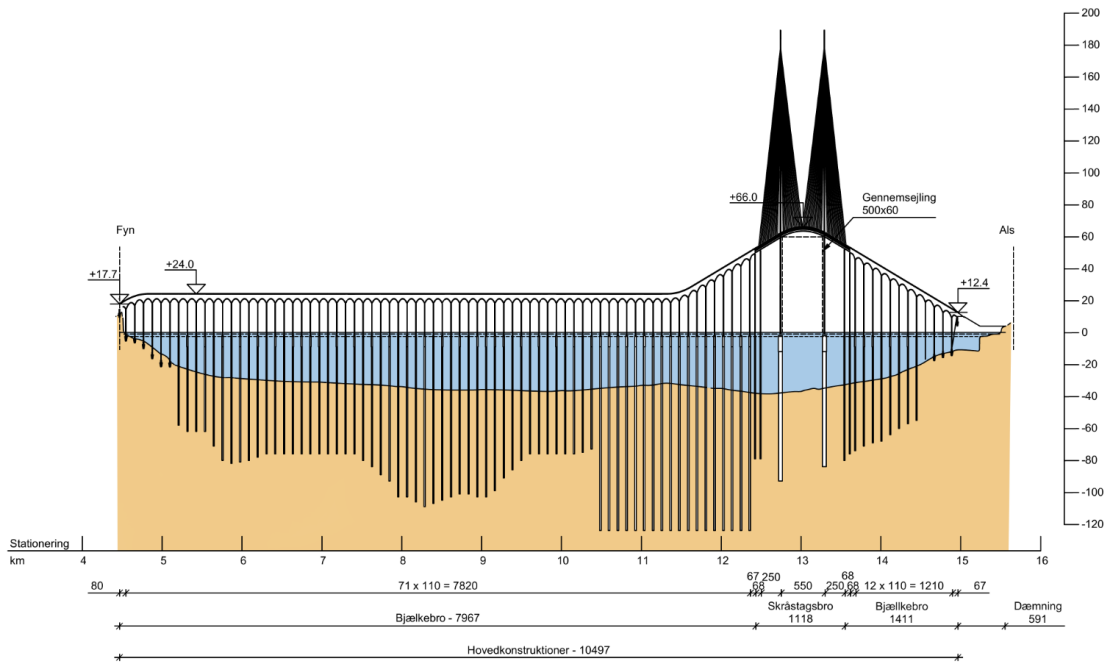


Figur 9-18 Illustration af permanent dæmning ved Fynshav. Dæmningen har en udstrækning på ca. 600 m.



Figur 9-19 Illustration af område for midlertidig arbejdsdæmning, arbejdskanaler eller arbejdsbroer.

Broløsningen er optegnet på Figur 9-20.



Figur 9-20 Længdeprofil bro, løsning 2.1

9.3.2.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene fra projektering og udførelse. For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

Projektering

Sydligt navigationsfag udføres med en skråstagsbro, med et hovedfag på 550 m. Globalt er der adskillige referencer på lignende broer. Der er god international erfaring med skråstagsbroer af denne type og størrelse.

Funderingsdybderne (pælelængderne under havoverfladen) er op mod 38 m dybe, dybder der overskrider funderingsdybderne for Storebæltsbroen og Øresundsbroen. Derudover vurderes de geotekniske forhold for en stor del af strækningen at være vanskelige, hvilket, sammenlagt de store vanddybder, nødvendiggøre pælelængder på op mod 70 m. Den anvendte funderingsmetode med højt pæleværk er ikke før benyttet på infrastruktur i Danmark. Der findes dog flere eksempler fra udlandet af denne type fundamenter med lignende størrelse. Der er god international erfaring med fundamenter af denne type og størrelse.

Projekteringsrisikoen vurderes i den høje ende af **Forventeligt**.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelingsområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Udførelse

Sydlig gennemsejling er udført ved en Skråstagsbro med hovedfag på 550 m. Opførelse af skråstagsbro med den faglængde er velkendt, og vurderes derfor ikke at lede til nævneværdige udfordringer. Der er god international erfaring med skråstagsbroer af denne type og størrelse.

Majoriteten af fundamenter udføres, som højt pæleværk. Dimensionerne svarer til de pæle som benyttes på jacket-konstruktioner i offshore industrien i bl.a. Danmark, og internationalt er der flere eksempler på tilsvarende bro fundamenter, bl.a. Peljesac broen i Kroatien. Der er derfor god international erfaring med fundamenter af denne type og størrelse.

I forbindelse med anlæg af fundamenter er der jf. afsnit 7.8 fundet behov for afværgetiltag til begrænsning af undervandsstøj underudførelse af pælefunderingen.

Udførelsesrisikoen vurderes som **Forhøjet** grundet omfanget af de nævnte afværgetiltag.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Sejladsarrangementet beskrevet i afsnit 8.3.2 er fokuseret på så vidt muligt at undgå uhensigtsmæssige kollisionsretninger mod broen. Arrangementet vurderes dog at skabe forskellige udfordringer og forlænget sejlads for de enkelte skibe. Følgende vurderinger af løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + Sejladsen kan generelt arrangeres med få og lange ruteben, og arrangementet vil i nogen udstrækning give mening for skibsfarten.
- Retningen af ruten for den nordgående skibstrafik igennem den sydlige gennemsejling betinger, at der skal anlægges et knæk på ruten.
- Med kun én gennemsejlingsmulighed for større skibstrafik syd om Søndre Stenrøn vil gennemsejlingen både skulle håndtere centreret envejspassage af meget store skibe og mødesituationer.

- Med kun én gennemsejlingsmulighed for større skibstrafik syd om Søndre Stenrøn vil større kommercielle skibe, der på nuværende tidspunkt sejler nord om Søndre Stenrøn, være henvist til at omlægge deres rute og dermed få en omvej.
- Lystsejlere, der ikke kan passere broen i et standardspænd med 18 m gennemsejlingshøjde, er henvist til at passere broen i det sydlige gennemsejlingsfag og vil dermed potentielt få en omvej.
- Området syd for broløsningen har generelt en stor vanddybde, og skibe vil kunne bevæge sig mere frit end sejladsarrangementet lægger op til. Dette skaber usikkerheder relateret til overholdelse af sejladsarrangementet.

Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Følgende vurderinger af hhv. positive og negative aspekter ved løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + Krydsningen af korridoren er vinkelret i den sydlige passage
- + Ruteforløbet op til gennemsejlingen 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 broen imod kollisioner af type 3
- + Grundet de større muligheder for grundstødning i det smalle farvand i den sydlige passage, vurderes den nordlige side af denne del af broen at være delvist skærmet for kollisioner af type 3.
- Det frie farvand med store vanddybder syd for korridoren kræver ikke opmærksom og præcis navigation op mod broen fra syd. Det kan betyde, at der må antages en bredere fordeling af skibstrafikken op imod gennemsejlingen, hvilket kan føre til en forhøjet risiko for kollisioner af type 1.
- Ruteknækket for nordgående trafik til gennemsejlingen ligger dels langt fra broen (9 km eller 4,9 sømil) og dels langt mod nord sammenlignet med det nuværende sejladsmønster op mod passagen syd om Søndre Stenrøn. Det kan skabe tvivl om, om trafikken vil anvende ruten, og dermed sejle, som forudsat i vurderingen af risikoen for kollisioner af type 2.
- Det åbne og dybe farvand syd for korridoren betyder, at hele sydsiden af broen er eksponeret for kollisioner af type 3 .
- Den nordlige halvdel af korridorens sydlige passage vender op mod et større, åbent farvandsområde, og vil derfor være eksponeret for kollisioner af type 3 på den nordlige side

Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes at være **forhøjet**.

9.3.3 Løsning 2.2: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/betonbjælkebro, in-situ fundament)

9.3.3.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 9305 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 0 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~12 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~50000 m ³	Antal: 80 Gennemsnitspælelængde: 85 m Total længde af pæle: 81000 m

Figur 9-21 Overordnede mængder for broløsning 2.2 ALA 02.

9.3.3.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1. Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.2, at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.2, at være **forhøjet**.

For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.3.4 Løsning 2.3: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/kompositbjælkebro, sænkekasse)

9.3.4.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 9305 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 0 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~10 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~41500 m ³	Antal: 65 Gennemsnitspælelængde: 85 m Total længde af pæle: 68000 m

Figur 9-22 Overordnede mængder for broløsning 2.3 ALA 02.

9.3.4.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.2, at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.2, at være **forhøjet**.

For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.3.5 Løsning 2.4: Fynshav-Horne Syd (Skråstagsbro/kompositbjælkebro, in-situ fundament)

9.3.5.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.
- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 9305 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 0 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~10 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~41500 m ³	Antal: 65 Gennemsnitspælelængde: 85 m Total længde af pæle: 68000 m

Figur 9-23 Overordnede mængder for broløsning 2.4 ALA 02.

9.3.5.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.2, at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.2, at være **forhøjet**.

For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.3.6 Løsning 2.5: Fynshav - Horne Syd (Frit-frembygget bro/Betonbjælkebro, sænkekasse)

9.3.6.1 Teknisk beskrivelse

Den sydlige gennemsejling sikres ved anlæg af to frit-frembyggede broer, med enkeltrettet gennemsejling i hver sin retning i hvert fag. Hvert fag har en gennemsejlingsbredde på 280m og en gennemsejlingshøjde på 36 m. Medtages bredde af de højtliggende fundamenter, bliver det nødvendige hovedfag ca. 320m. For gennemsejlingsfag udføres de midterste 100 m, ved at et ståltrug løftes på plads mellem to 110 m beton udkragninger, via løfteanordninger installeret på udkragningerne, hvorefter letvægtsbeton dækket støbes. Løsningen minder om løsningen der blev benyttet på Shibapobroen i Kina, som har en faglængde på 330 m. Her blev de midterste 108 m, etableret ved en 108 m stålkassedrager, som blev løftet på plads i et stykke. Der er derfor international erfaring med en lignende frit-frembygget bro.

Tilslutningsbroer er forudsat udført som bjælkebro med en betonkassedrager. Den forudsatte faglængde er 110 m og gennemsejlingshøjden er 18 m.

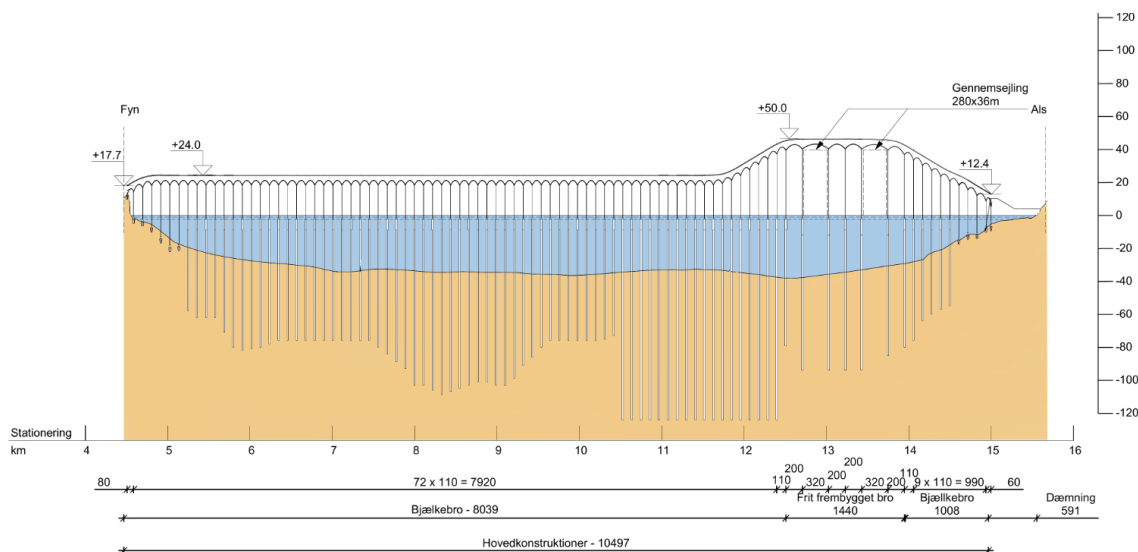
De mest kystnære fundamenter forudsættes direkte funderet, men for langt hovedparten vil fundamenterne udføres med et højt pæleværk. Pælehætten på det høje pæleværk forudsættes udført med en sænkekasse flådet på plads.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 8830 m Skråstagsbro: 0 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~12 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~50000 m ³	Antal: 78 Gennemsnitspælelængde: 87 m Total længde af pæle: 76000 m

Figur 9-24 Overordnede mængder for broløsning 2.5 ALA 02.

Broløsningen er optegnet på Figur 9-25.



Figur 9-25 Længdeprofil bro, løsning 2.5

9.3.6.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene fra projektering og udførelse. For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

Projektering

I nord og syd udføres gennemsejlingsfaget, som en frit-frembygget bjælkebro med en faglængde på 320 m. Faglængden er sammenlignelig med verdenslængste bjælkebro Shibanpobroen i Kina, som har en faglængde på 330m. På Shibanpobroen er den centrale del af hovedfaget udført i stål, og er derfor sammenlignelig med denne løsning hvor de midterste 100 m er i komposit. Der er international erfaring med frit-frembyggede bjælkebroer af denne type og størrelse.

Projekteringsrisikoen vurderes som **Forhøjet**.

Udførelse

Nordlig og sydlig gennemsejling udføres ved en frit-frembygget betonbjælkebro med et hovedfag på 320m. De midterste 100 m udføres som en kompositdrager som løftes på plads i fuld længde. Dette minder om metoden benyttet på Shibanpobroen i Kina, med et hovedfag på 330 m. Internationalt er der erfaring med opførelse af frit-frembyggede broer af denne længde.

I forbindelse med anlæg af fundamenter er der jf. afsnit 7.8 fundet behov for afværgetiltag til begrænsning af undervandsstøj underudførelse af pælefunderingen.

Udførelsesrisikoen vurderes som **Forhøjet** grundet omfanget af de nævnte afværgetiltag samt begrænset international erfaring med frit-frembyggede broer af denne længde.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Evalueringen af løsningen foretages under forudsætning af, at den begrænsning af trafikken til skibe med længder op til 175 m som en ren bjælkebro vil medføre, er accepteret rent politisk og dermed ikke udgør en specifik risiko for projektets gennemførelse.

Sejladsarrangementet beskrevet i afsnit 8.3.5 er fokuseret på så vidt muligt at undgå uhensigtsmæssige kollisionsretninger mod broen. Arrangementet vurderes dog at skabe forskellige udfordringer og forlænget sejlads for de enkelte skibe. Følgende vurderinger af løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + Sejladsen kan generelt arrangeres med få og lange ruteben, og arrangementet vil i nogen udstrækning give mening for skibsfarten.
- + Med den separerede gennemsejling i den Sydlige passage elimineres udfordringerne med mødesituationer i nærheden af broen.

- Retningen af ruten for den nordgående skibstrafik igennem den sydlige gennemsejling betinger, at der skal anlægges et knæk på ruten.
- Med kun én gennemsejlingsmulighed for større skibstrafik syd om Søndre Stenrøn vil gennemsejlingen tillige skulle håndtere al større trafik, der på nuværende tidspunkt anvender den nordlige passage
- Med kun én gennemsejlingsmulighed for større skibstrafik syd om Søndre Stenrøn vil større kommercielle skibe, der på nuværende tidspunkt sejler nord om Søndre Stenrøn, være henvist til at omlægge deres rute og dermed få en omvej.
- Lystsejlere, der ikke kan passere broen i et standardspænd med 18 m gennemsejlingshøjde, er henvist til at passere broen i det sydlige gennemsejlingsfag og vil dermed potentielt få en omvej.
- Området syd for broløsningen har generelt en stor vanddybde og skibe vil kunne bevæge sig mere frit end sejladsarrangementet lægger op til, hvilket skaber usikkerheder relateret til overholdelse af sejladsarrangementet.
- Trafikken ind og ud af hele farvandsområdet nord for korridoren, vil være begrænset til skibe under 175 meters længde
- Separeringen af trafikken ved gennemsejlingen forhindrer en central placering i sejlrenden, med maksimal afstand til de lavvandede områder på begge sider, som navigatører som udgangspunkt foretrækker.

Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes at være **forhøjet**.

Det er en forudsætning for løsningen, at der opnås politisk accept af begrænsningen af skibstrafikken i området for skibe længere end 175 m. Uden politisk accept af begrænsningen vurderes projektrisikobidraget for sejladsforhold at være højt.

Kollisionsrisiko

Følgende vurderinger af hhv. positive og negative aspekter ved løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og detaljerede vurderinger i den bagvedliggende tekniske rapport "Als-Fyn Anlægstekniske forundersøgelser – Sejladsforhold og risiko for skibskollisioner", ref. [11].

- + Krydsningen af korridoren er vinkelret i den sydlige passage
- + Ruteforløbet op til gennemsejlingen 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 broen imod kollisioner af type 3
 - + Grundet de større muligheder for grundstødning i det smalle farvand i den sydlige passage, vurderes den nordlige side af denne del af broen at være delvist skærmet for kollisioner af type 3
 - + Den separerede gennemsejling i den sydlige passage eliminerer udfordringerne med mødesituationer i nærheden af broen
 - + Begrænsningen af trafikken til skibe med længde op til 175 meter medfører en væsentlig reduktion af den kollisionslast, som brokonstruktionen skal dimensioneres til at modstå
- Det frie farvand med store vanddybder syd for korridoren kræver ikke opmærksom og præcis navigation op mod broen fra syd. Det kan betyde, at der må antages en bredere fordeling af skibstrafikken op imod gennemsejlingen, hvilket kan føre til en forhøjet risiko for kollisioner af type 1.
 - Ruteknækket for nordgående trafik til gennemsejlingen ligger dels langt fra broen (9 km eller 4,9 sømil) og dels langt mod nord sammenlignet med det nuværende sejlads mønster op mod passagen syd om Søndre Stenrøn. Det kan skabe tvivl om, om trafikken vil anvende ruten, og dermed sejle, som forudsat i vurderingen af risikoen for kollisioner af type 2.
 - Det åbne og dybe farvand syd for korridoren betyder, at hele sydsiden af broen er eksponeret for kollisioner af type 3 fra hele dette område.
 - Korridoren vender på den nordlige halvdel op mod et større, åbent farvandsområde, og vil derfor være eksponeret for kollisioner af type 3 på den nordlige side
 - Sandsynligheden for en kollision i den sydlige passage under en solopassage vil være større med en 280 meter bred gennemsejling end for en skrånstagsbro med en 500 m bred gennemsejling.

Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes at være **forhøjet**.

9.3.7 Løsning 2.6: Fynshav - Horne Syd (Frit-frembygget bro/Betonbjælkebro, in-situ fundament)

9.3.7.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 8830 m Skrånstagsbro: 0 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~12 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~50000 m ³	Antal: 78 Gennemsnitspælelængde: 87 m Total længde af pæle: 76000 m

Figur 9-26 Overordnede mængder for broløsning 2.6 ALA 02.

9.3.7.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2, at være **forhøjet**. Det er en forudsætning for løsningen, at der opnås politisk accept af begrænsningen af skibstrafikken i området for skibe længere end 175 m. Uden politisk accept af begrænsningen vurderes projektrisikobidraget for sejladsforhold at være højt.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2, at være **forhøjet**.

For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.3.8 Løsning 2.7: Fynshav - Horne Syd (Frit-frembygget bro/Kompositbjælkebro, sænkekasse)

9.3.8.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Bro-løsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 8830 m Skråstagsbro: 0 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~10 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~41500 m ³	Antal: 64 Gennemsnitspælelængde: 87 m Total længde af pæle: 65000 m

Figur 9-27 Overordnede mængder for bro-løsning 2.7 ALA 02.

9.3.8.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2, at være **forhøjet**. Det er en forudsætning for løsningen, at der opnås politisk accept af begrænsningen af skibstrafikken i området for skibe længere end 175 m. Uden politisk accept af begrænsningen vurderes projektrisikobidraget for sejladsforhold at være højt.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2, at være **forhøjet**.

For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.3.9 Løsning 2.8: Fynshav - Horne Syd (Frit-frembygget bro/Kompositbjælkebro, in-situ fundament)

9.3.9.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.
- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 8830 m Skråstagsbro: 0 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~10 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~41500 m ³	Antal: 64 Gennemsnitspælelængde: 87 m Total længde af pæle: 65000 m

Figur 9-28 Overordnede mængder for broløsning 2.8 ALA 02.

9.3.9.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelingsområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2, at være **forhøjet**. Det er en forudsætning for løsningen, at der opnås politisk accept af begrænsningen af skibstrafikken i området for skibe længere end 175 m. Uden politisk accept af begrænsningen vurderes projektrisikobidraget for sejladsforhold at være højt.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2, at være **forhøjet**.

For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.3.10 Løsning 2.9: Fynshav - Horne Syd (Klapbro)

9.3.10.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

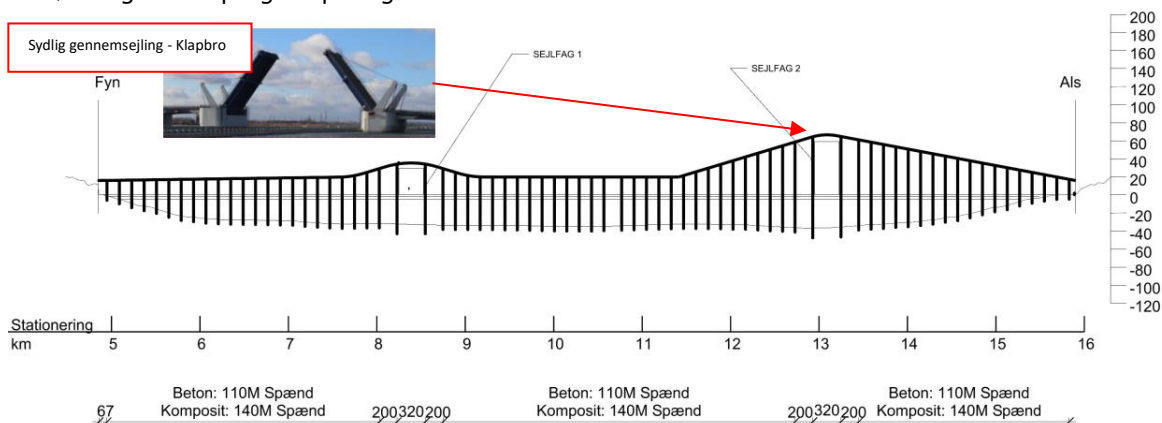
- Sydligt gennemsejlingsfag udføres, som en klapbro.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 10350 m Skråstagsbro: 0 m Frit-frembygget bro: 0 m Bevægelig bro: 140 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: - Antal m. jordforstærkning: - Udgravningsmængde: -	Antal: - Gennemsnitspælelængde: - Total længde af pæle: -

Figur 9-29 Overordnede mængder for broløsning 2.9 ALA 02.

Broløsningen er optegnet på Figur 9-30.



Figur 9-30 Længdeprofil, broløsning 2.9.

9.3.10.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene fra projektering og udførelse. For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

Projektering

Konstruktionen er med hensyn til type og størrelse særdeles usædvanlig, og der er ingen erfaring fra lignende internationale projekter. Det vurderes således at projekteringen med stor

sandsynlighed vil kræve højt specialiserede og usædvanlige designtekniske løsninger, som ikke er gennemført før. Projektrisikobidraget for denne løsning vurderes som højt grundet nedenstående identificerede aspekter relateret til projekteringen:

- Ingen erfaring fra lignende internationale projekter
- Bærende piller er vandret fleksible pga. placering på højt pæleværk. Dette stiller store krav til designudformningen for at være operationel
- Dynamisk udfordret (60+20) meters højde til spids ved åbning
- Vindfølsom og følsom for selv mindre skibsstød

Projekteringsrisikoen vurderes som **Højt**.

Udførelse

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning er generelt tilsvarende, som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2.

Klapperne forudsættes lanceret på plads, ad de færdigbyggede bjælkebroer. Processen vurderes vanskelig og særligt vindfølsom, med projektrisikoen for denne fase vurderet som Forhøjet. Den samlede projektrisiko under udførelse er dog drevet af det store frit-frembyggede betonbrofag i nord på 320m, for hvilken projektrisikoen er vurderet Højt, grundet manglende international erfaring.

Udførelsesrisikoen vurderes som **Højt**.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget er ikke vurderet, da både projekteringsrisikoen og udførelsesrisikoen allerede er vurderet som **højt**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget er ikke vurderet, da både projekteringsrisikoen og udførelsesrisikoen allerede er vurderet som **højt**.

For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.3.11 Løsning 2.10: Fynshav - Horne Syd (Svingbro)

9.3.11.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

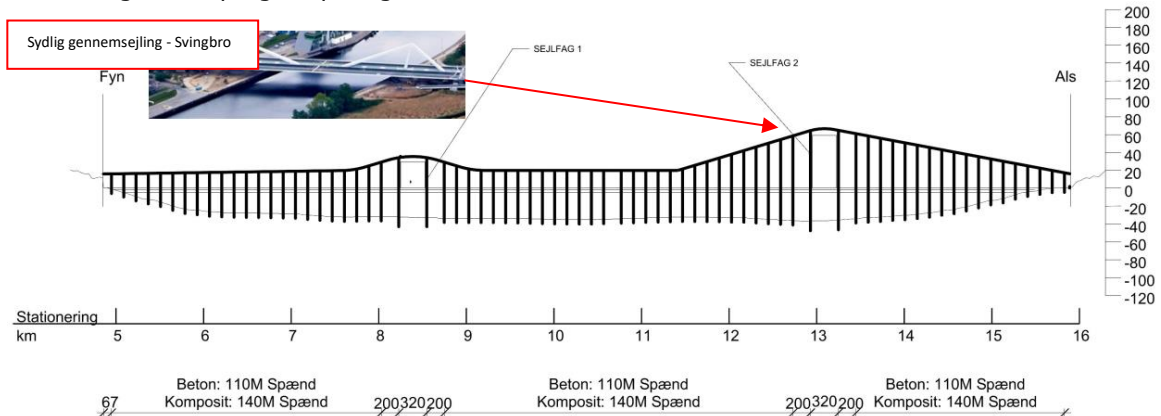
- Sydligt gennemsejlingsfag udføres, som en svingbro.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 10350 m	Antal u. jordforstærkning: -	Antal: -
Skråstagsbro: 0 m	Antal m. jordforstærkning: -	Gennemsnitspælelængde: -
Frit-frembygget bro: 0 m	Udgravningsmængde: -	Total længde af pæle: -
Bevægelig bro: 140 m		
Dæmning: 565 m		

Figur 9-31 Overordnede mængder for broløsning 2.9 ALA 02.

Broløsningen er optegnet på Figur 9-32.



Figur 9-32 Længdeprofil, broløsning 2.10.

9.3.11.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene fra projektering og udførelse. For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

Projektering

Konstruktionen er med hensyn til type og størrelse særdeles usædvanlig, og der er ingen erfaring fra lignende internationale projekter. Det vurderes således at projekteringen med stor sandsynlighed vil kræve højt specialiserede og usædvanlige designtekniske løsninger, som ikke er gennemført før. Projektrisikobidraget for denne løsning vurderes som højt grundet nedenstående identificerede aspekter relateret til projekteringen:

- Ingen erfaring fra lignende internationale projekter
- Vindfølsom og følsom for selv mindre skibsstød
- Bærende piller er vandret fleksible pga. placering på højt pæleværk. Dette stiller store krav til designudformningen for at være operationel

Projekteringsrisikoen vurderes som **Højt**.

Udførelse

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning er generelt tilsvarende, som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.6.2.

Klapperne forudsættes lanceret på plads, ad de færdigbyggede bjælkebroer. Processen vurderes vanskelig og særligt vindfølsom, med projektrisikoen for denne fase vurderet som Forhøjet. Den samlede projektrisiko under udførelse er dog drevet af det store frit-frembyggede betonbrofag i nord på 320m, for hvilken projektrisikoen er vurderet Højt, grundet manglende international erfaring.

Udførelsesrisikoen vurderes som **Højt**.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget er ikke vurderet, da både projekteringsrisikoen og udførelsesrisikoen allerede er vurderet som **højt**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget er ikke vurderet, da både projekteringsrisikoen og udførelsesrisikoen allerede er vurderet som **højt**.

9.3.12 Løsning 2.11: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/frit-frembygget bro/betonbjælkebro, sænkekasse)

9.3.12.1 Teknisk beskrivelse

De tekniske løsninger er tilsvarende løsning 2.1, se afsnit 9.3.2.1, dog med følgende afvigelse(r):

- Der anlægges to nordlige gennemsejlingsfag

De nordlige gennemsejlingsfag, udføres som to frit-frembyggede broer med en faglængde på 320 m og en gennemsejlingshøjde på 36 m. De midterste 100 m, udføres ved at et ståltrug løftes på plads mellem to 110 m beton udkragninger, via løfteanordninger installeret på udkragnerne, hvorefter beton dækket støbes. Løsningen minder om løsningen der blev benyttet på Shibanpobroen i Kina, som har en faglængde på 330 m. Her blev de midterste 108 m, etableret ved en 108 m stålkassedrager, som blev løftet på plads i et stykke. Der er derfor international erfaring med en lignende frit-frembygget bro.

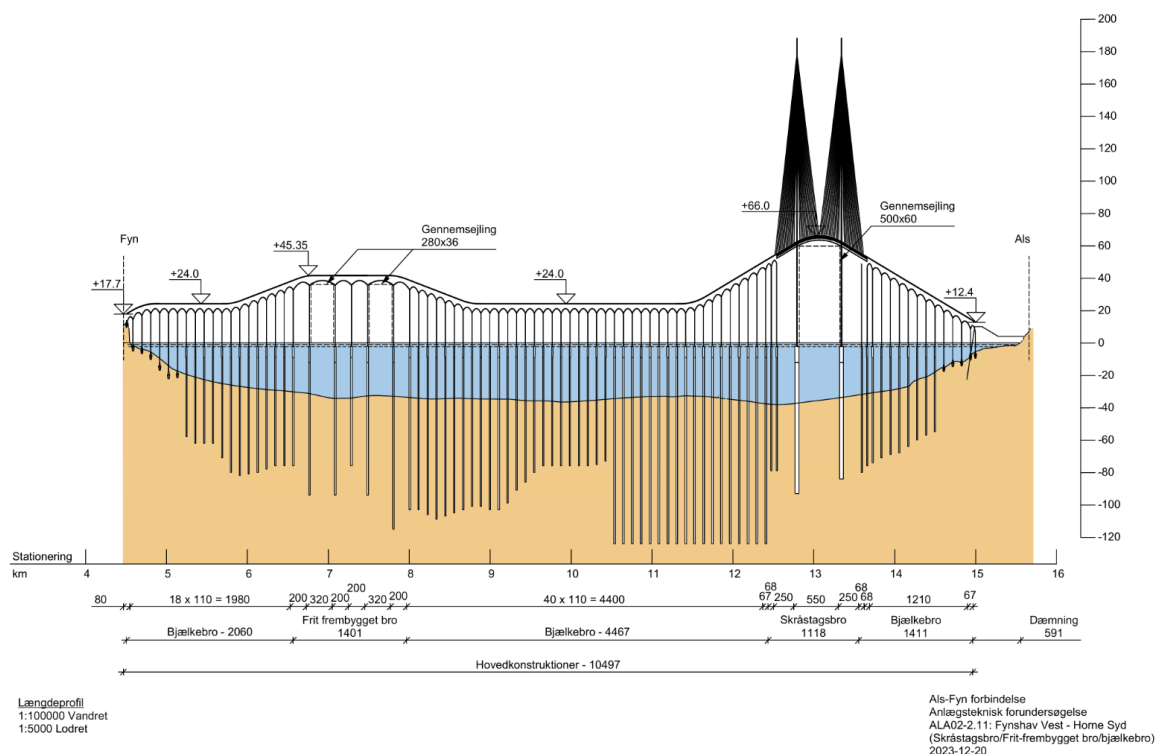
De frit-frembyggede broer er tilsvarende dem præsenteret i afsnit 9.3.6.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 7645 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~12 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~50000 m ³	Antal: 73 Gennemsnitspælelængde: 87 m Total længde af pæle: 78000 m

Figur 9-33 Overordnede mængder for broløsning 2.11 ALA 02.

Broløsningen er optegnet på Figur 9-34.



Figur 9-34 Længdeprofil bro, løsning 2.11

9.3.12.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene fra projektering og udførelse. For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

Projektering

De to nordlige gennemsejlingsfag udføres som en frit-frembygget bjælkebro med en faglængde på 320 m. Faglængden er sammenlignelig med verdenslængste bjælkebro Shibanpobroen i Kina, som har en faglængde på 330m. På Shibanpobroen er den centrale del af hovedfaget udført i stål, og er derfor sammenlignelig med denne løsning hvor de midterste 100 m er i komposit. Der er international erfaring med frit-frembyggede bjælkebroer af denne type og størrelse.

Projekteringsrisikoen vurderes som **Forhøjet**.

Udførelse

De to nordlige gennemsejlingsfag udføres ved en frit-frembygget betonbjælkebro med et hovedfag på 320m. De midterste 100 m udføres som en kompositdrager som løftes på plads i fuld længde. Dette minder om metoden benyttet på Shibanpobroen i Kina, med et hovedfag på 330 m. Internationalt er der erfaring med opførelse af frit-frembyggede broer af denne længde.

I forbindelse med anlæg af fundamenter er der jf. afsnit 7.8 fundet behov for afværgetiltag til begrænsning af undervandsstøj under udførelse af pælefunderingen.

Udførelsesrisikoen vurderes som **Forhøjet** grundet omfanget af de nævnte afværgetiltag samt begrænset international erfaring med frit-frembyggede broer af denne længde.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Sejladsarrangementet beskrevet i afsnit 8.3.2 er fokuseret på så vidt muligt at undgå uhensigtsmæssige kollisionsretninger mod broen. Arrangementet vurderes dog at skabe forskellige udfordringer og forlænget sejlads for de enkelte skibe. Følgende vurderinger af løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + Sejladsen kan generelt arrangeres med få og lange ruteben, og arrangementet vil i nogen udstrækning give mening for skibsfarten.
- + Den kommercielle skibstrafik har mulighed for at fortsætte både nord og syd for Sønder Stenrøn og påvirkes derfor i mindre grad.
- 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 lægges 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 den nordgående trafik, ligger unaturligt langt fra broen (5 km eller 2,7 sm), og det er tvivlsomt om den systematisk vil blive brugt. 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 at dreje sydover kort efter passage af broen. Fastholdes kursen, derimod, vil et nordgående skib kunne blive klemt inde mellem det sydgående skib og Lyø W Flak.

Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Følgende vurderinger af hhv. positive og negative aspekter ved løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + Krydsningen af korridoren er vinkelret i den sydlig passage og næsten vinkelret i den nordlige
- + 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 som for kollisioner mod broen reduceres
- + Områderne med lavere vanddybde beskytter i nogen udstrækning den nordlige del af korridoren imod kollisioner fra drivende skibe.

- + 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 særligt højt eksponeret for kollisioner fra drivende skibe.
- Det frie 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 af skibene og dermed en højere sandsynlighed for kollisioner mod broen. Dette forhold har størst betydning for gennemsejlingen til den sydlige passage.
- For så vidt muligt at undgå skibe på direkte kollisionskurs mod broen forventes den nordgående trafik til den nordlige passage at navigere mod Lyø inden der rettes op mod gennemsejlingen. At lægge opretningen så langt fra broen (ca. 5 km) bringer skibet på kurs mod (og ganske tæt på) Lyø W Flak, og det må 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 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 kollisioner fra denne trafik.
- Det åbne og dybe farvand syd for korridoren betyder at hele sydsiden af broen er eksponeret for kollisioner fra drivende skibe fra hele dette område.
- Korridoren vender på den nordlige halvdel op mod et større, åbent farvandsområde, og vil derfor være eksponeret for kollisioner fra drivende skibe på den nordlige side.

Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes at være **forhøjet**.

9.3.13 Løsning 2.12: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/frit-frembygget bro/betonbjælkebro, in-situ fundament)

9.3.13.1 Teknisk beskrivelse

De tekniske løsninger er tilsvarende løsning 2.11, se afsnit 9.3.12.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 7645 m	Antal u. jordforstærkning: ~12	Antal: 73
Skråstagsbro: 1185 m	Antal m. jordforstærkning: 0	Gennemsnitspælelængde: 87 m
Frit-frembygget bro: 1660 m	Udgravningsmængde: ~50000 m ³	Total længde af pæle: 78000 m
Bevægelig bro: 0 m		
Dæmning: 565 m		

Figur 9-35 Overordnede mængder for broløsning 2.12 ALA 02.

9.3.13.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 2.11, se afsnit 9.3.12.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.11, se afsnit 9.3.12.2, at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.12.2, at være **forhøjet**.

For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.3.14 Løsning 2.13: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/frit-frembygget bro/kompositbjælkebro, sænkekasse)

9.3.14.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.11, se afsnit 9.3.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Bro løsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 7645 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~10 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~41500 m ³	Antal: 61 Gennemsnitspælelængde: 87 m Total længde af pæle: 69000 m

Figur 9-36 Overordnede mængder for bro løsning 2.13 ALA 02.

9.3.14.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 2.11, se afsnit 9.3.12.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.11, se afsnit 9.3.12.2, at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.12.2, at være **forhøjet**.

For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.3.15 Løsning 2.14: Fynshav - Horne Syd (Skråstagsbro/frit-frembygget bro/kompositbjælkebro, in-situ fundament)

9.3.15.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 2.11, se afsnit 9.3.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.
- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 02)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 7645 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 565 m	Antal u. jordforstærkning: ~10 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~41500 m ³	Antal: 61 Gennemsnitspælelængde: 87 m Total længde af pæle: 69000 m

Figur 9-37 Overordnede mængder for broløsning 2.13 ALA 02.

9.3.15.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 2.11, se afsnit 9.3.12.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er angivet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en bro i korridor ALA02 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.11, se afsnit 9.3.12.2, at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 2.5, se afsnit 9.3.12.2, at være **forhøjet**.

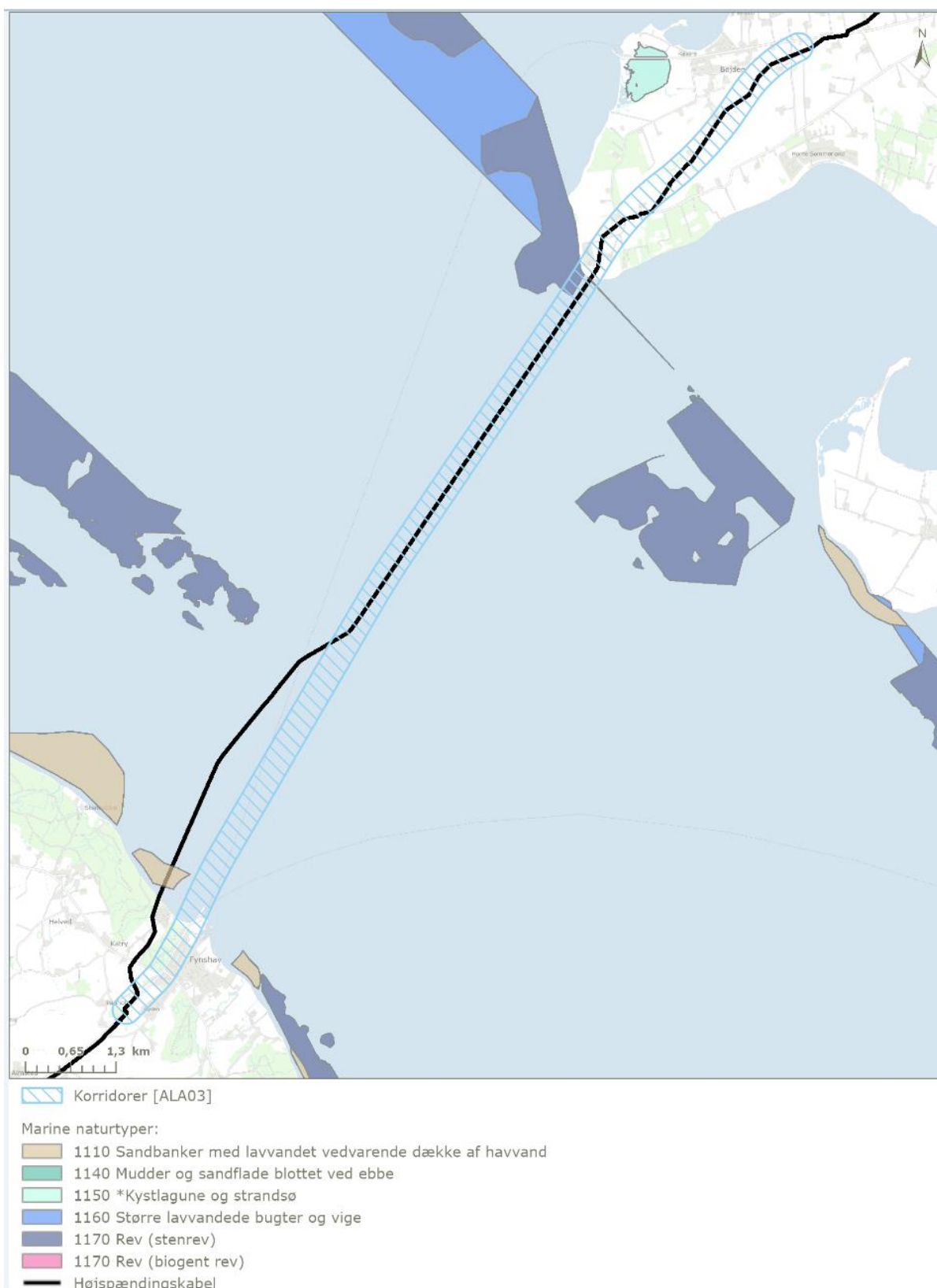
For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

9.4 Korridor ALA03

9.4.1 Korridorbeskrivelse

Denne korridor er udformet med henblik på at optimere forløbet for en boret tunnelloøsning. Tunnellen begynder i ilandføringspunktet Horne Syd på Fyn og slutter i ilandføringspunktet lige nord for Fynshav. Længden af korridoren mellem grænsefladerne til landanlæggene på henholdsvis Als og Fyn er 17,01 km. hvoraf tunnelstrækningen inkl. ramperne udgør ca. 12,9 km. Den undersøgte korridors placering er vist på kortudsnittet i Figur 9-38 nedenfor.

Korridoren er placeret tæt op af et eksisterende søkabel, optegnet med sort linje på Figur 9-38, men den borede tunnel vil ligge væsentligt under kablet på hav.



Figur 9-38 Kortudsnit for korridor ALA03.

Ilandføringspunktet på Fyn, vist på Figur 9-40, er placeret på spidsen af Horne Næs, med det kystnære landskab præget af 8-12 m høje skrænter. For at opnå tilstrækkeligt jorddække og samtidig undgå en dyb cut & cover konstruktion, er det valgt at placere startkammeret 1,4 km inde i landet.

Centerlinjen af korridoren er placeret således at den ikke krydser ind over den fredede private skov, stenrevet og Natura 2000 områderne. Da denne korridor kun inkluderer en boret tunnel med et startkammer placeret 1,4 km inde i landet, vil den passere under disse områder.

Ilandføringspunktet på Als, vist på Figur 9-39, er placeret nord for Fynshav Havn. Også her er centerlinjen placeret således at den ikke krydser de nærliggende beskyttede naturtyper.



Figur 9-39 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA03 på Als.



Figur 9-40 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA03 på Fyn.

Der er i denne korridor udelukkende undersøgt en løsning med en boret tunnel. I princippet kunne denne korridor også anvendes for en broløsning, men i stedet er dette præsenteret under korridor ALA02.

9.4.2 Løsning 3.1: Fynshav - Horne Syd (Boret tunnel)

Hovedmængderne for løsningen er vist i Tabel 9-3.

Tabel 9-3 Mængder for boret tunnelloøsning ALA03

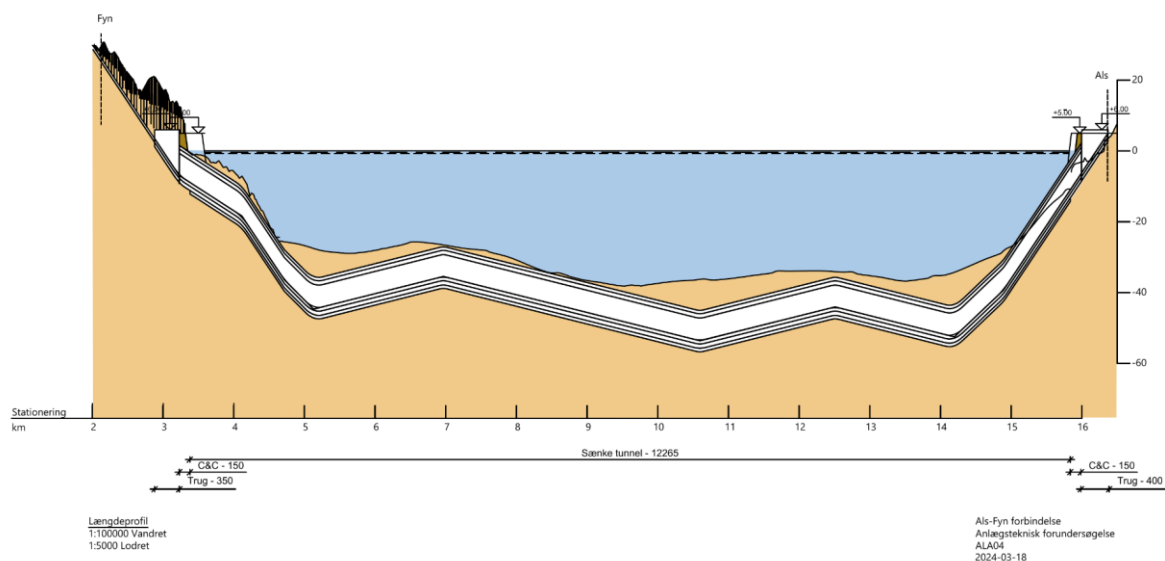
Tværsnit	Boret tunnel	C&C	Ramper	Længder
Basis	Beton: 11,9 km * 16 m ² * 2 ≈ 380.000 m ³	Beton: 0,45 km * 69,3 m ² * 1,5 ≈ 46.700 m ³	Bredde: 17,8 m Beton: 620 m * 21,8 m ² ≈ 13.500 m ³	Boret tunnel: 11,9 km Cut&cover: 450 m Ramper: 620 m Total: 12,9 km
	Totalt tværsnit (pr rør): 91,9 m ²	Totalt tværsnit: 260,55 m ²		
	Udgravning: 92 m ³ /m * 11,9 km * 2 ≈ 2.200.000 m ³			
	Tværtunneler: 47 stk			

9.4.2.1 Teknisk beskrivelse

Den valgte tekniske løsning som er undersøgt nærmere i denne del af forundersøgelsen, er en boret tunnel, hvor der bores 2 separate rør med hver sin tunnelboremaskine. Længden af hvert rør vil være 11,9 km lang. Dette er indenfor velkendte grænser, blandt andet baseret på den typiske levetid på TBM'ernes hovedlejer.

Start-/modtagekammeret er placeret 1,4 km inde i land på Fyn og ud for kysten ved Als.

Et udklip af længdeprofil af tunnelløsningen er optegnet i Figur 9-41, hvor Fyn er placeret til venstre og Als til højre. Længdeprofilen kan også ses på tegning AF-A-TT-ALA03-002.



Figur 9-41 Længdeprofil for den boret tunnelløsning langs ALA03.

Dybdepunktet er i kote -72 m, og er placeret midt mellem Als og Fyn.

Idet denne løsning består af to separate tunnelrør, vil det være nødvendigt at etablere tværtunneler langs hele strækningen, for etablering af teknikrum og for mulighed for evakuering til og indsats fra modsatte rør ved ulykke. En analyse af designet og udførelsen af disse tværtunneler skal foretages når relevante geotekniske parametre foreligger i en senere fase.

Arealerne som forventes påvirkede på Fyn er vist nedenfor på Figur 9-42.



Figur 9-42 Kortudsnit visende cut & cover samt trug på Fyn.

Ved Fynshav er der behov for en cut & cover tunnel med tilhørende trug for at føre vejen til terræn, før den møder Fynshavbakken. Samtidig skal behovet for tilstrækkeligt jorddække, svarende til minimum én diameter af tunnelboremaskinerne, over de borede tunneler opnås. For at opnå tilstrækkelig overdækning for tunnel skal der anlægges en undersøisk dæmning over tunnelen. Denne er vist med orange på Figur 9-43. I en senere fase kan det undersøges hvorvidt den permanente dæmning bør bygges sammen med havnen.

Arealerne som forventes påvirket ved Als er vist nedenfor i Figur 9-43.



Figur 9-43 Kortudsnit visende cut & cover samt trug ved Als.

9.4.2.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene for projekteringen og udførelsen af denne borede tunnelløsning.

Projektering

Vandtrykket ved dybdepunktet på -72 m er i den høje ende, men det vurderes stadig at være inden for kendte grænser.

Den samlede projekteringsrisiko for selve tunnelen vurderes til at være **Forventeligt** idet der skal håndteres projektering indenfor kendte problemstillinger.

Udførelse

Både diameter og længden af tunnelen vurderes at være inden for kendte grænser.

Tunnelsegmenter antages støbt på en specialfabrik. Erfaring fx. fra Københavns Metro Cityringen og tilsvarende, viser at man indenfor grænserne for acceptable projekt risici, kan bygge tunnelsegmenter med høj produktionshastighed, høj effektivitet, lavt ressourceforbrug, leveret med transport til byggepladsen og stadig sikre en tilstrækkelig vandtætning og levetid (kvalitet).

Grundet de geotekniske forhold, som er beskrevet i afsnit 5.1.2, er der en del usikkerhed omkring hvordan specielt Lillebæltsleren vil reagere når der bores igennem. Yderligere vil der være udfordringer ved etablering af tværtunellerne.

Projektrisikobidraget fra udførelse vurderes til at være **Forhøjet**.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en boret tunnel i korridor ALA03, hvor der bores gennem områder med Lillebæltsler, vurderes at være **Højt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation vurderes være **lavt**. Vurdering er beskrevet i afsnit 6.3.2.

Sejladsforhold

En boret tunnel vurderes ikke at påvirke sejladsforholdene. Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes derfor at være **lavt**.

Kollisionsrisiko

En boret tunnel vurderes ikke at påvirke kollisionsrisikoen. Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes derfor at være **lavt**.

9.5 Korridor ALA04

9.5.1 Korridorbeskrivelse

Denne korridor er udformet med henblik på at optimere forløbet for en sænketunnelløsning. Korridoren har det nordvestligste ilandføringspunkt på Fyn af alle de undersøgte korridorer. Tunnellen begynder i Ilandføringspunktet Horne Øst på Fyn og slutter i ilandføringspunktet lige nord for Fynshav. Længden af korridoren mellem grænsefladerne til landanlæggene på henholdsvis Als og Fyn er 16,90 km. hvoraf tunnelstrækningen inkl. ramperne udgør ca. 13,3 km. Den undersøgte korridors placering er vist på kortudsnittet i Figur 9-44 nedenfor.

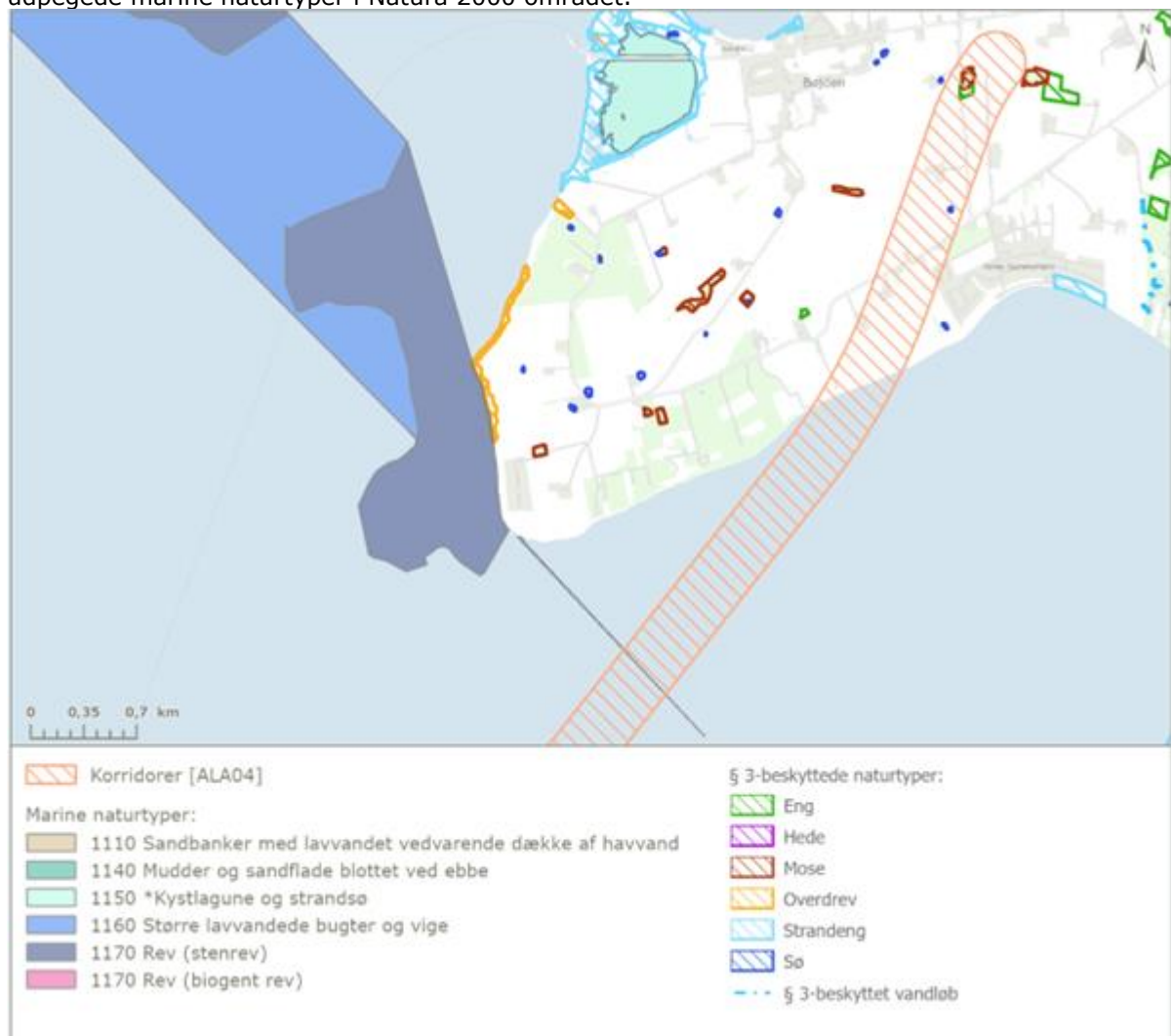
Korridoren er placeret syd for det eksisterende søkabel, optegnet med sort linje på Figur 9-44.



Figur 9-44 Kortudsnit af korridor ALA04.

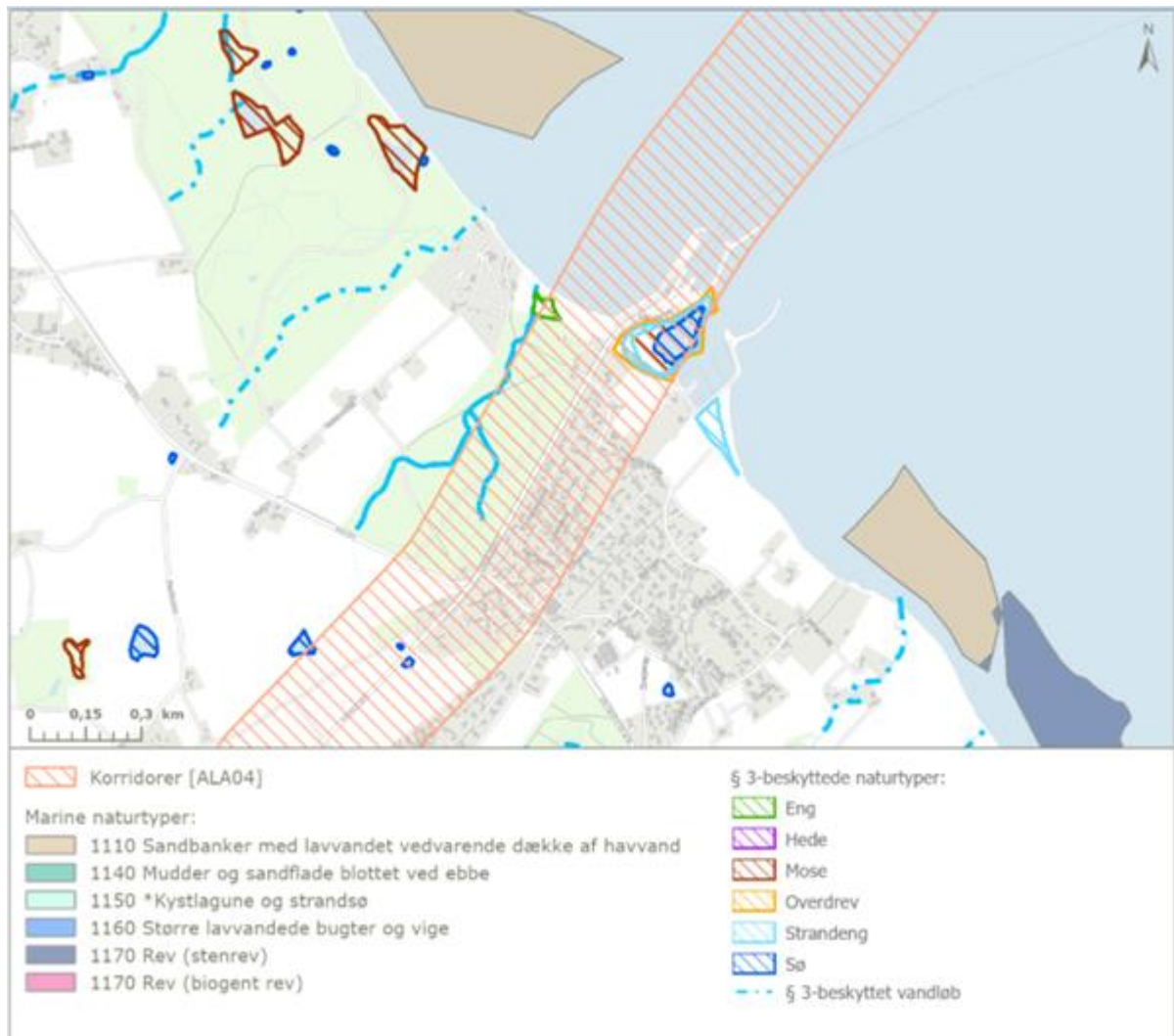
Ilandføringspunktet på Fyn, vist på Figur 9-45, er placeret så østligt som muligt af hensyn til den stejle skrænt på Figur 9-3 og øst for et fredet område med privat fredskov. Imens centerlinjen af

korridoren er placeret sydøst for fortidsminderne. Derudover passerer korridoren ikke ind over udpegede marine naturtyper i Natura 2000 området.



Figur 9-45 Kortudsnit visende korridor for ALA04 på Fyn.

Ilandføringspunktet på Als er placeret nord for Fynshav Havn og er vist på Figur 9-46.



Figur 9-46 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA04 på Als.

Der er i denne korridor alene undersøgt en sænketunnelløsning for ALA04, men korridoren vil principielt også kunne udføres med andre konstruktionstyper. Disse løsninger er dog ikke undersøgt nærmere da totallængden er væsentlig længere (mere end 1 km) end den korteste krydsning ved korridor ALA02 og ALA03.

9.5.2 Løsning 4.1: Fynshav - Horne Øst (Sænketunnel, helt nedgravet)

9.5.2.1 Teknisk beskrivelse

Den valgte tekniske løsning som er undersøgt nærmere i denne del af forundersøgelsen, er en sænketunnel, hvor der etableres cut & cover ude i vandet inden ilandføringspunktet på Fyn. Hovedkonstruktionen er 12,3 km, idet længden er opgjort i centerlinjen af korridoren.

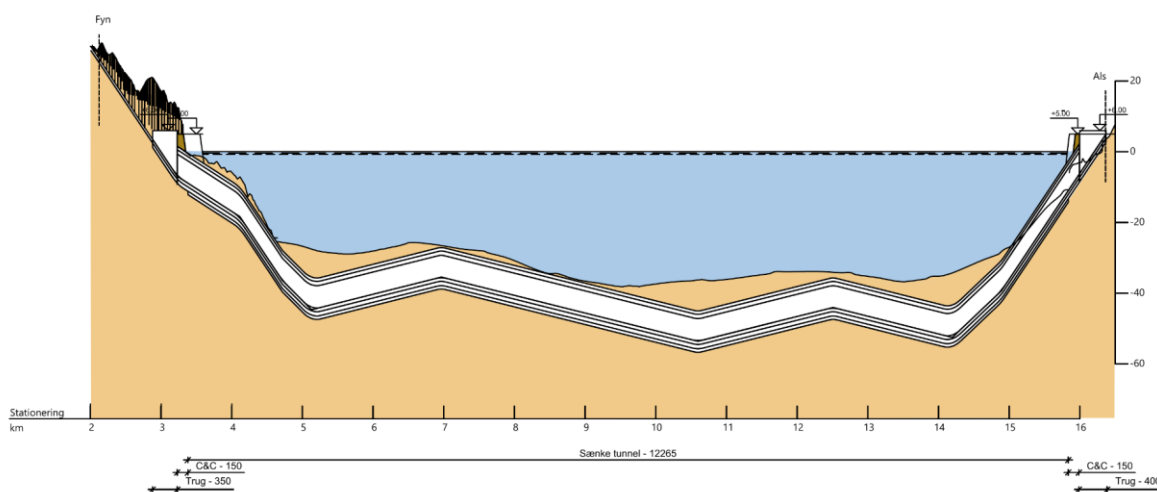
Hovedmængderne for løsningen er vist i Tabel 9-4.

Tabel 9-4 Mængder for nedgravet basis løsning ALA04

Tværsnit	Sænketunnel	C&C	Ramper	Længder
Basis	Beton: 12,3 km * 69,3 m ²	Beton: 0,3 km * 69,3 m ²	Bredde: 17,8 m	Sænketunnel: 12,3 km Cut&cover: 300 m Ramper: 750 m Total: 13,3 km
	≈ 850.000 m ³	≈ 21.000 m ³	Beton: 750 m * 21,8 m ²	
	Totalt tværsnit: 173,7 m ²	Totalt tværsnit: 173,7 m ²	≈ 16.000 m ³	
	Udgravning: 1219 m ³ /m * 12,3 km			
	≈ 15.000.000 m ³			
	Opfyldning: (1219 m ³ /m - 173,7 m ²) * 12,3 km			
	≈ 13.000.000 m ³			

Den nuværende linjeføring giver anledning til overafgravning lokalt. I en senere fase bør linjeføringen undersøges nærmere, for at reducere udgravningsmængder.

Et udklip af længdeprofil af sænkettunnelløsningen er optegnet i Figur 9-47, hvor Fyn er til venstre og Als til højre. Bemærk at længdeprofiler i nærværende rapport har uens skala på længde/dybde skala for at synliggøre variationer i højdeforhold. Længdeprofilen kan også ses på tegning AF-A-TT-ALA04-001.

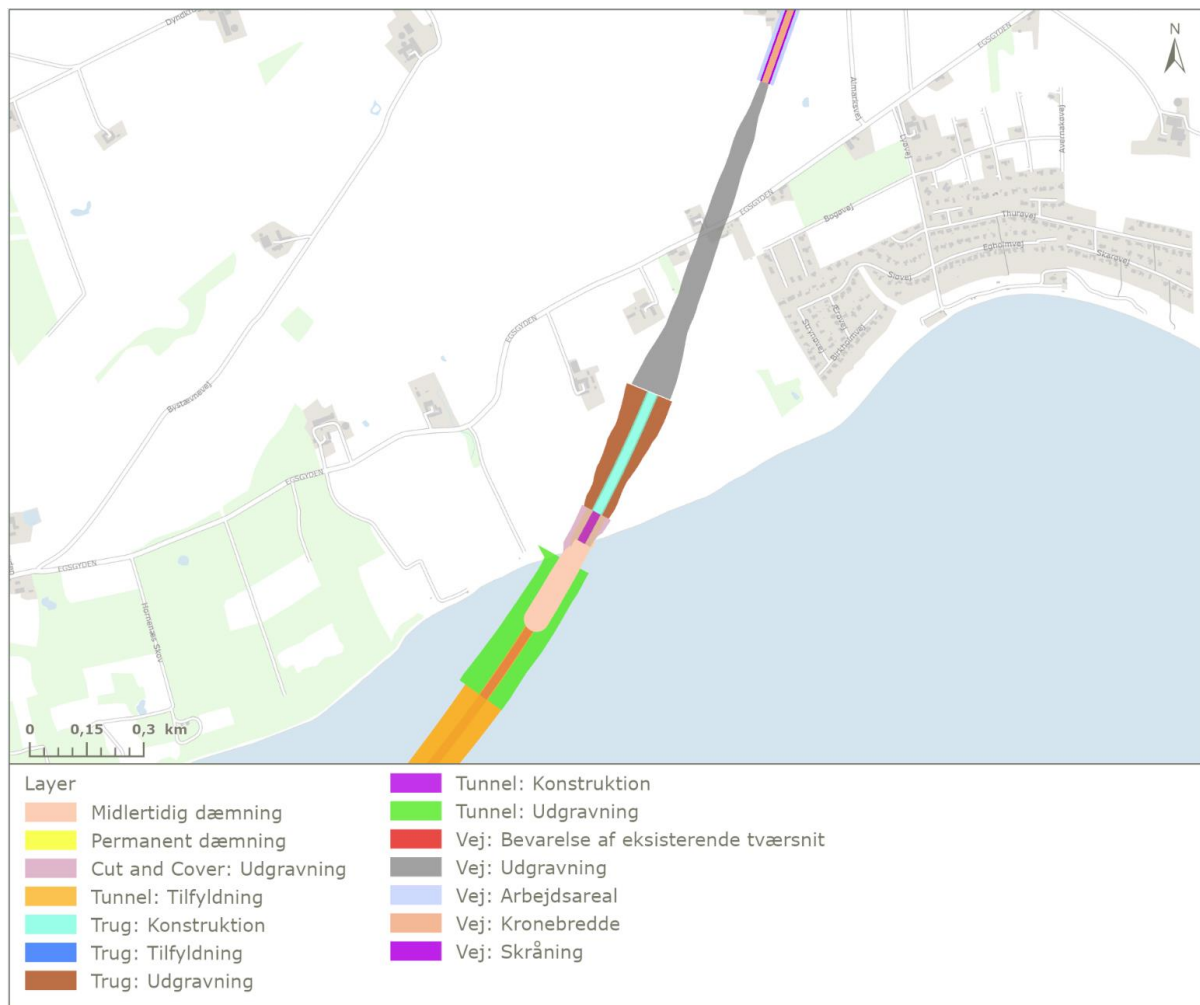


Figur 9-47 Længdeprofil for sænkettunnel langs ALA04.

Det dybeste funderingsniveau for standardelementerne er -56 m og placeret nogenlunde i midten. Specialelementerne vil skulle funderes endnu dybere.

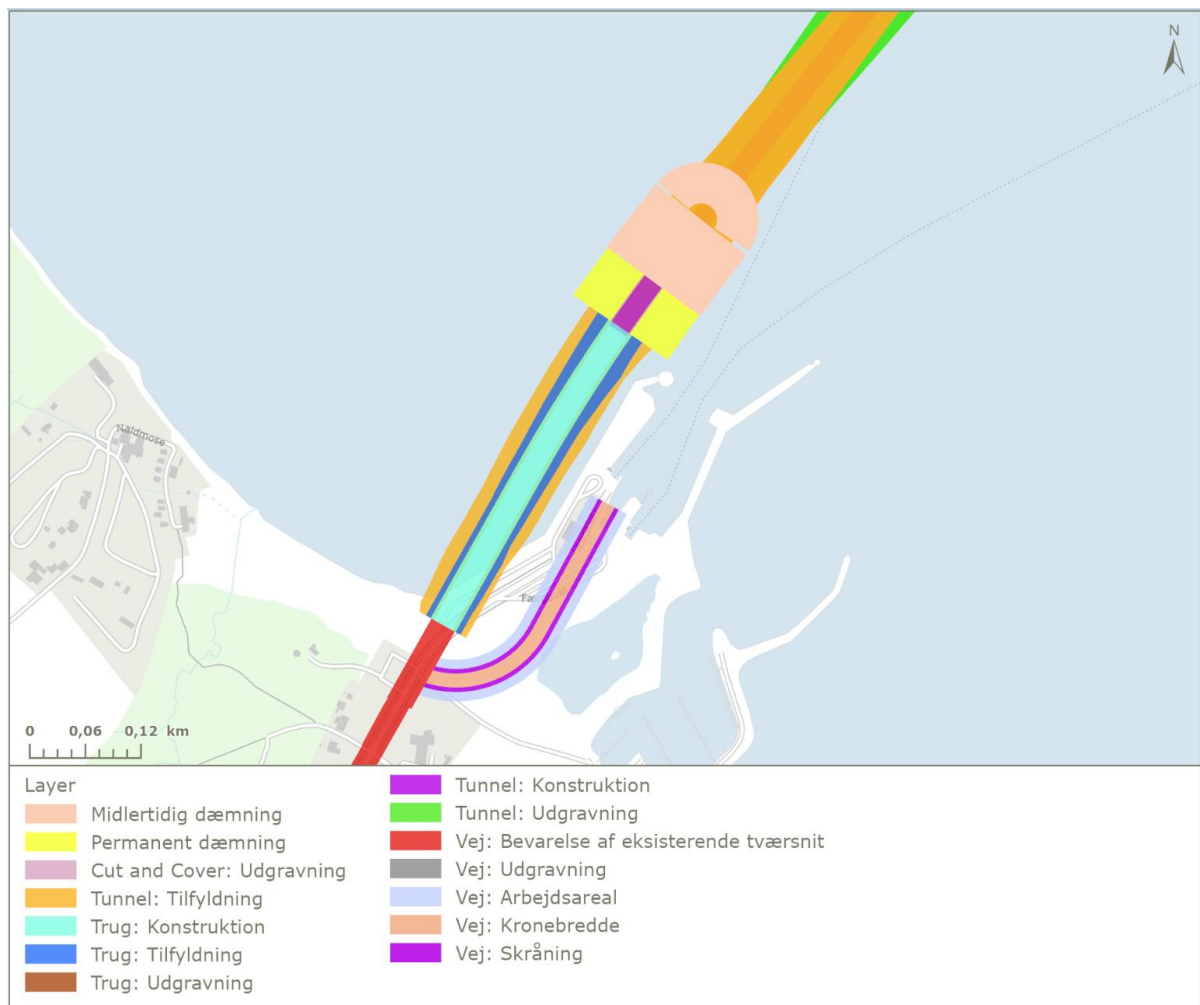
Ved Horne Øst, ilandføringspunktet på Fyn, er der behov for en cut & cover tunnel som forbindelse mellem sænkettunnel og trug. Der etableres en midlertidige dæmning ud for kysten, som er illustreret med gul i Figur 9-48, for at kunne bygge cut & cover konstruktionen. På nuværende tidspunkt er cut & cover konstruktionen etableret således at den i den permanente situation vil ligge lidt højere end det eksisterende havbundsforløb lige ud for Fyn. Tunneltracéet passerer strandzonen indenfor Natura 2000-området ved Fyn. Dette vil kræve en midlertidig opgravning, hvor strandzonen efterfølgende retableres.

Arealerne nær ilandføringspunktet på Fyn, som forventes påvirket af denne løsning er vist i Figur 9-48.



Figur 9-48 Kortudsnit visende cut and cover samt rampe konstruktion ved ilandføringspunktet på Fyn.

For at vejen kan nå op til terræn før Fynshavbakken er det også valgt etablere cut & cover konstruktionen ude i vandet ved ilandføringspunktet på Als. Der skal derfor også etableres en midlertidig dæmning ud for kysten her. Arealerne som forventes påvirkede af den midlertidige dæmning kan ses på Figur 9-49, hvor de er markeret med lysegul. Da den midlertidige dæmning etableres tæt ved den eksisterende havnekonstruktion forventes der ikke væsentlig blokering fra dæmningen. I en senere fase kan det undersøges hvorvidt den permanente dæmning bør bygges sammen med havnen.



Figur 9-49 Kortudsnit visende cut and cover samt rampe konstruktion ved ilandføringspunktet på Als.

9.5.2.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene for projekteringen og udførelsen af denne sænketunnelløsning.

Projektering

Det dybeste funderingsniveau er -56 m og placeret nogenlunde i midten. Sammenlignet med andre projekter er funderingsniveauet i den høje ende af velkendte funderingsdybder for sænketunneler, men stadig indenfor grænsen af hvad der er realistisk.

Den samlede projekteringsrisiko for selve sænketunnelen vurderes til at være i den høje ende af **Forventeligt**.

Udførelse

For denne løsning skal sænketunnelelementerne visse steder installeres på 56 m dybde, hvilket er udenfor normalen, men det vurderes stadig at være realistisk.

Længden af denne løsning er 12,3 km, hvilket er inden for kendte grænser. Samme produktionsforhold, ressourceforbrug og transportforhold er anvendt på Femern, og kan derfor med rimelighed antages for en forbindelse mellem Als og Fyn.

Afhængig af miljøtekniske krav til spildmængden i forbindelse med udgravningen til sænketunnelen kan gravearbejde og eventuelle afværgetiltag blive en udfordring. I forbindelse med den miljøtekniske del af forundersøgelsen er der ikke fundet behov for miljøtiltag i forbindelse udgravning til sænketunnelen. Lillebæltsleren fritgraves lokalt i denne løsning, hvilket kan give udfordringer som er beskrevet i afsnit 5.1.1.

Det samlede projektrisikobidrag fra udførelse vurderes til at være **Forhøjet** for sænketunnelen grundet tilstedeværelsen af Lillebæltsler.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en sænketunnel i korridor ALA04 vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation vurderes være **lavt**. Vurdering er beskrevet i afsnit 6.3.2.

Sejladsforhold

En boret tunnel vurderes ikke at påvirke sejladsforholdene. Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes derfor at være **lavt**.

Kollisionsrisiko

En boret tunnel vurderes ikke at påvirke kollisionsrisikoen. Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes derfor at være **lavt**.

9.5.3 Løsning 4.2: Fynshav - Horne Øst (Sænketunnel, delvist nedgravet)

Denne løsning blev identificeret som en mulig løsning der skulle undersøges i starten af forundersøgelsen. Den ligger i samme korridor og har samme ilandføringspunkter. Forskellen på de to løsninger, er nedgravning af tunnelelementerne, hvor de i denne løsning kun er tænkt delvist nedgravede.

Den helt nedgravet løsning er mest kritisk for udgravningsmængden mens den delvist nedgravet løsning er mest kritisk for blokerings-effekten.

På nuværende tidspunkt er det valgt at betragte en løsning hvor tunnelelementerne er helt nedgravet i størstedelen af korridoren, og kun delvist nedgravet tæt ved kysten, som præsenteret i afsnit 9.5.2. Dette skyldes primært at bæredygtige lag for tunnelloøsninger ligger i en dybde, der ikke muliggør en delvist nedgravet løsning på hele strækningen, som er beskrevet i afsnit 5.1.1.

9.6 Korridor ALA05

9.6.1 Korridorbeskrivelse

Denne korridor er udformet med henblik på at optimere forløbet for en kombineret bro- og sænketunnelløsning, hvor broen begynder i ilandføringspunktet Horne Syd på Fyn og slutter på den kunstige ø. Herfra strækker tunnelen sig fra den kunstige ø til ilandføringspunktet lige nord for Fynshav. Længden af korridoren mellem grænsefladerne til landanlæggene på henholdsvis Als og Fyn er 17,75 km. hvoraf tunnelstrækningen inkl. ramperne udgør ca. 4,8 km og broen udgør ca. 7 km. Den undersøgte korridors placering er vist på kortudsnittet i Figur 9-50 nedenfor.

Korridoren krydser sydvest for Søndre Stenrøn og krydser det eksisterende søkabel, optegnet med sort linje på Figur 9-50.



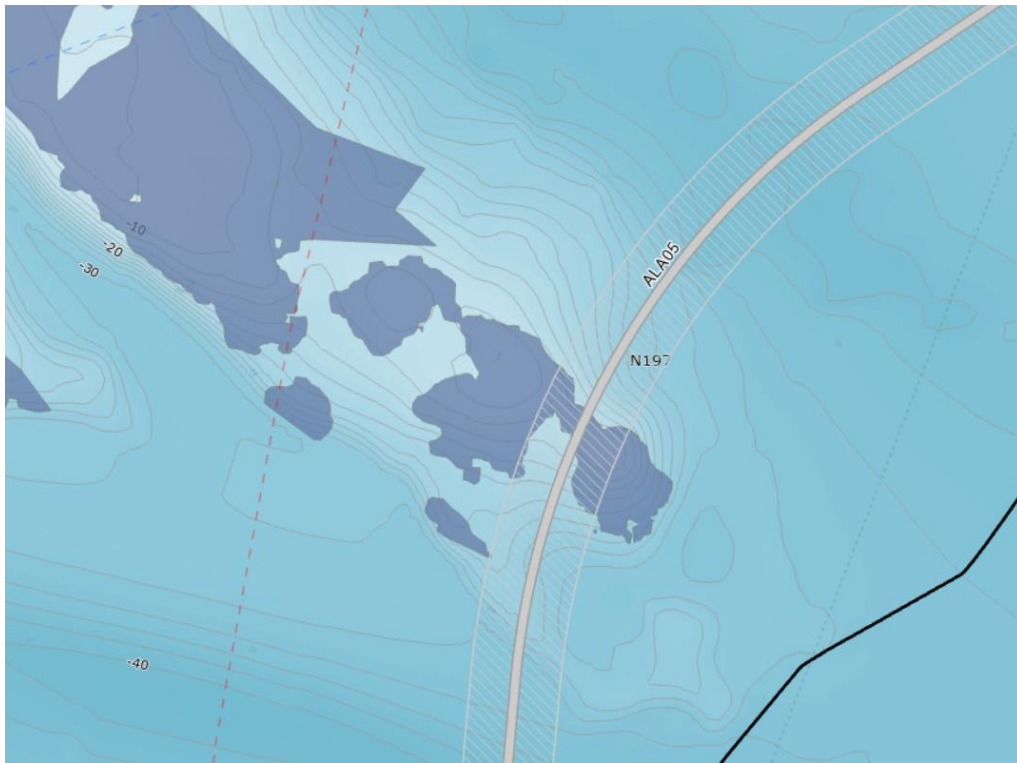
Figur 9-50 Kortudsnit for korridor ALA05.

Ilandføringspunktet på Fyn, vist på Figur 9-52, er placeret på spidsen af Horne Næs, hvor det kystnære landskab er præget af 8-12 m høje skrænter. Centerlinjen for korridoren er placeret således at den ikke krydser de nærliggende fredede områder ved ilandføringspunkter på Fyn.



Figur 9-51 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA05 på Fyn.

Ved Søndre Stenrøn er korridoren placeret således at den berører stenrevet mindst muligt som vist på Figur 9-52.



Figur 9-52 Kortudsnit visende stenrevet (1170 rev) i Natura2000 området, markeret med mørkeblå, som Korridor ALA05 krydser ind over.

Ilandføringspunktet på Als, vist på Figur 9-53, er placeret nord for Fyns hav Havn. Centerlinjen er placeret således at den ikke krydser fredede områder nær ilandføringspunktet på Als.



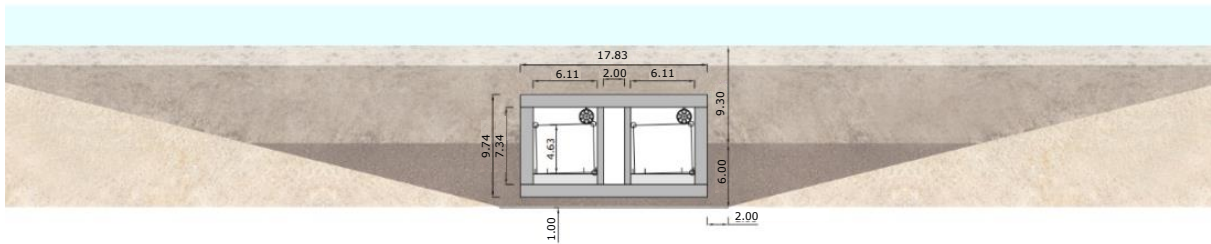
Figur 9-53 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA05 på Als.

Der er i denne korridor alene undersøgt en kombinationsløsning med en sænketunnel på den sydlige strækning og en bjælkebro for den nordlige strækning for ALA05, men løsninger i korridoren vil principielt også kunne udføres med andre konstruktionstyper. Disse løsninger er dog ikke undersøgt nærmere da totallængden er væsentlig længere end den korteste krydsning ved korridor ALA02.

9.6.2 Løsning 5.1: Fynshav - Horne syd (Sænketunnel/bjælkebro)

9.6.2.1 Teknisk beskrivelse

Den valgte tekniske løsning som er undersøgt nærmere i denne del af forundersøgelsen, består af en kombination af en sænketunnel og en bjælkebro. Overgangen, som vil blive etableret på en kunstig ø, er placeret ved den sydlige del af Søndre Stenrøn. I Figur 9-11 ses tværprofil for den valgte sænketunnelløsning.



Figur 9-54 Tværprofil for nedgravet tunnelloøsning

Fra Fyn mod den kunstige ø, anlagt ved Søndre Stenrøn, forudsættes krydsningen udført som en betonbjælkebro med en faglængde på 110 m og en gennemsejlingshøjde på 18 m.

På Søndre Stenrøn anlægges en kunstig ø. Vanddybderne i dette område er 20-30 m.

Hovedmængderne for løsningen er vist i Tabel 9-5 og Tabel 9-6.

Tabel 9-5 Mængder for nedgravet basis løsning ALA05 (tunnel)

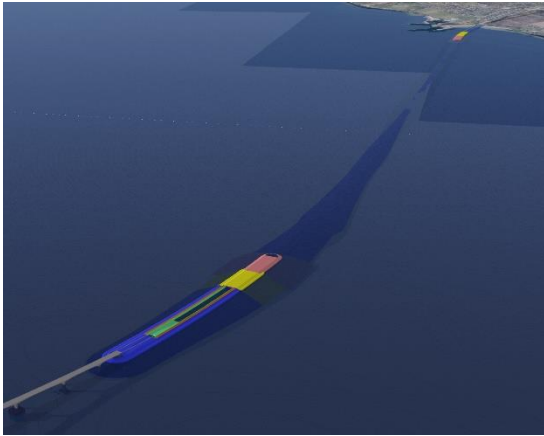
Tværsnit	Sænketunnel	C&C	Ramper	Længder
Basis	Beton: 3,8 km * 69,3 m ² ≈ 265.000 m ³	Beton: 0,28 km * 69,3 m ² ≈ 19.000 m ³	Bredde: 17,8 m Beton: 705 m * 21,8 m ² ≈ 15.000 m ³	Sænketunnel: 3,8 km Cut&cover: 280 m Ramper: 705 m Total: 4,8 km
	Totalt tværsnit: 173,7 m ²	Totalt tværsnit: 173,7 m ²		
	Udgravning: 540 m ³ /m * 3,8 km ≈ 2.100.000 m ³			
	Opfyldning: (540 m ³ /m - 173,7 m ²) * 3,8 km ≈ 1.400.000 m ³			

Tabel 9-6 Mængder broløsning ALA05

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder for broløsningen:

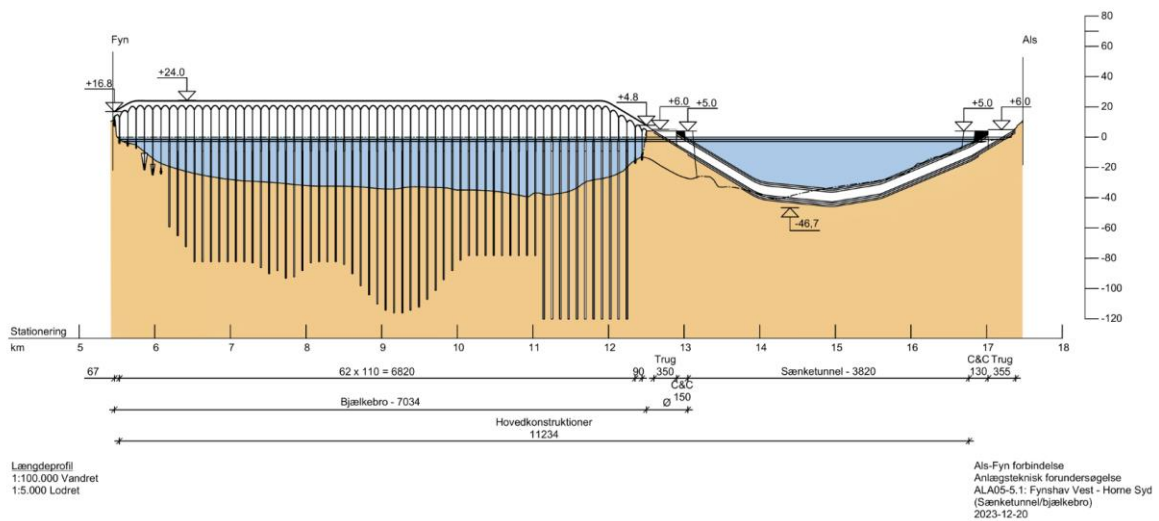
Broløsning (ALA 07)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 7034 m Skråstagsbro: 0 m Frit-frembygget bro: 0 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 0 m	Antal u. jordforstærkning: ~10 Antal m. jordforstærkning: 0 Udgravningsmængde: ~41500 m ³	Antal: 56 Gennemsnitspælelængde: 89 m Total længde af pæle: 51500 m

Fra den kunstige ø, og mod Als, anlægges krydsningen som en sænketunnel, den første del af sænketunnellen anlægges på en ca. 0,5 km lang fundamentsdæmning der anlægges samtidig med den kunstige ø med en længde på 0,65 km, se Figur 9-55.



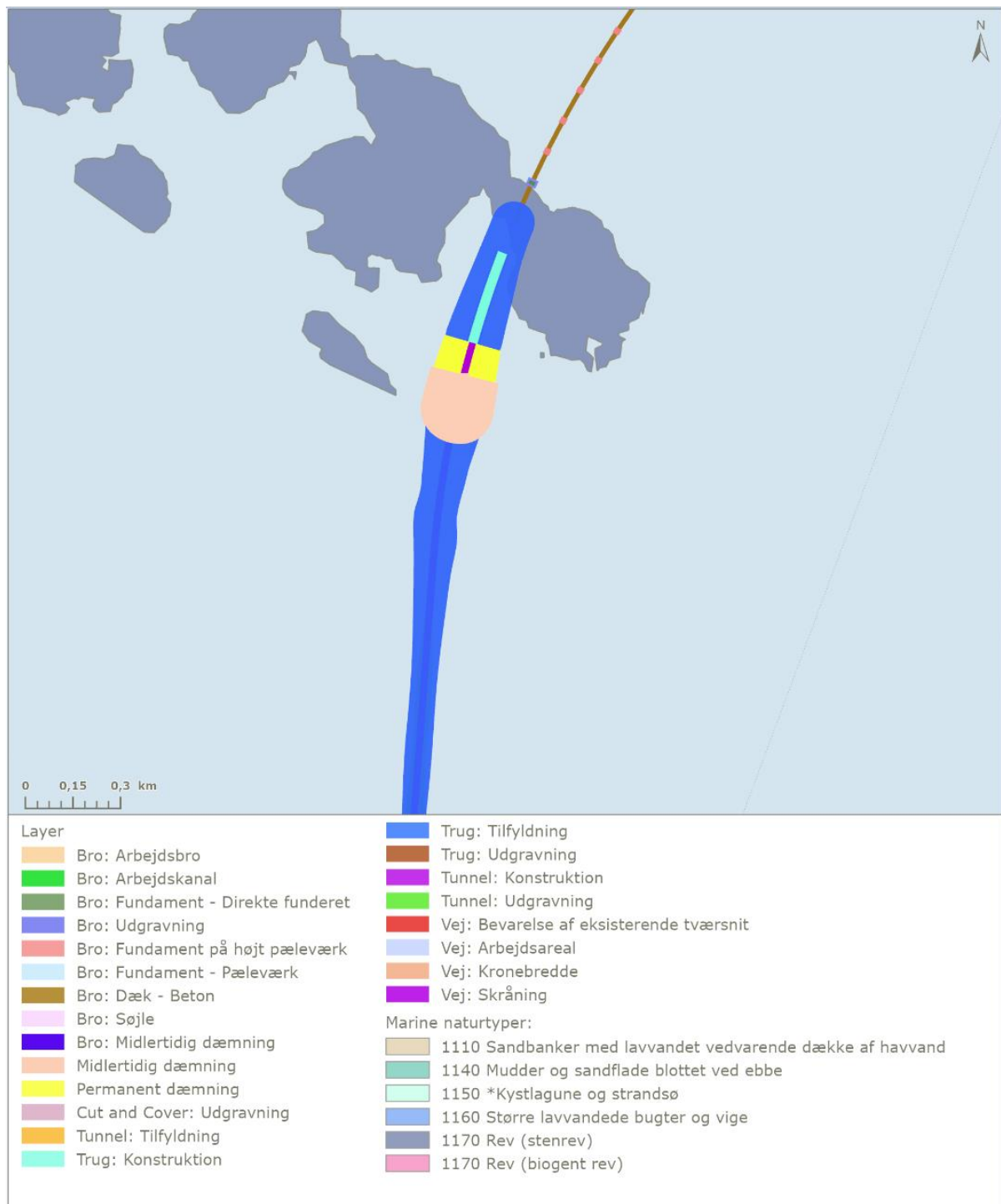
Figur 9-55 Illustration af den kunstige ø. Opfyldningen over og under vand er indikeret. Den synlige længde over vand vil være ca. 650 m mens den samlede længde af opfyldningen under vand er ca. 2,4 m.

Dæmningen vil efter anlæggelse af tunnelen indgå som en integreret del af sænketunnelbeskyttelsen og den kunstige ø. Som en del af denne løsning er det antaget, at alt den store skibstrafik ledes sydvest om Søndre Stenrøn over sænketunnelen.



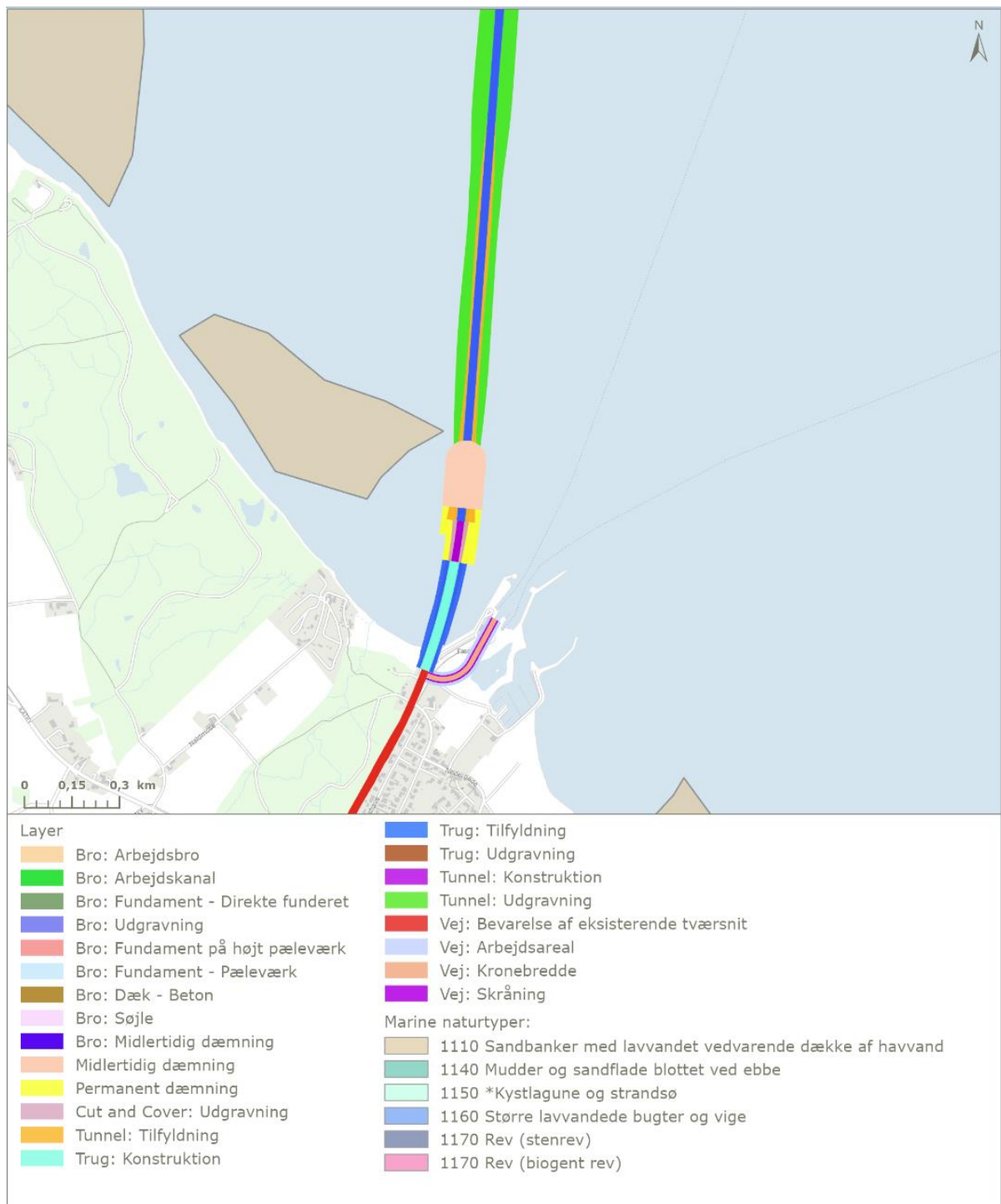
Figur 9-56 Længdeprofil, løsning 5.1.

Arealerne som forventes påvirkede ved Søndre Stenrøn er vist i Figur 9-57.



Figur 9-57 Kortudsnit visende cut & cover samt trug konstruktion ved den kunstige ø.

For at vejen kan nå op til terrænen før Fynshavbakken, er det valgt at etablere cut & cover konstruktionen ude i vandet ved ilandføringspunktet på Als, som i den permanente situation kommer til at ligge højere end havbunden. Der skal derfor etableres både en midlertidig og permanent dæmning ud for kysten her. Påvirkningen af arealerne på Als-siden kan ses på Figur 9-58, herunder udstrækningen af den midlertidige dæmning. I en senere fase kan det undersøges hvorvidt den permanente dæmning bør bygges sammen med havnen.



Figur 9-58 Kortudsnit visende cut & cover samt rampe konstruktion ved ilandføringspunktet på Als.

I en senere fase kan det undersøges hvorvidt den permanente dæmning bør bygges sammen med havnen.

9.6.2.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene fra projektering og udførelse. For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

Projektering

Nordøst for Søndre Stenrøn udføres krydsningen som en betonbjælkebro med en faglængde på 110 m, en brotype som der er god international erfaring med.

Funderingsdybderne er op mod 38 m dybe, hvilket er dybder der overskrider funderingsdybderne for både Storebæltsbroen og Øresundsbroen. Derudover vurderes de geotekniske forhold for en stor del af strækningen at være vanskelig, hvilket, sammenlagt de store vanddybder, nødvendiggør pælelængder på op mod 70 m. Den anvendte funderingsmetode med højt pæleværk er ikke før benyttet på infrastruktur i Danmark. Der findes dog flere eksempler fra udlandet af denne type fundamenter med lignende størrelse. Der er god international erfaring med fundamenter af denne type og størrelse.

Projekteringsrisikoen for broen vurderes som **Forventeligt** idet der skal udføres en bjælkebro med traditionelle spændvidder.

Midt mellem Als og den kunstige ø vil tunnelelementerne skulle designes for et vandtryk som er i den høje ende for velkendte projekter. Projekteringsrisikoen for sænketunnelen vurderes til at være **Forventeligt**.

Den kunstige ø skal opbygges på rimelige funderingsforhold (Lillebæltseren ligger forholdsvist dybt og vil ikke blive frilagte) og med vanddybder, som er indenfor kendte grænser. Projekteringsrisikoen for øen vurderes derfor som **Forventeligt**.

Den samlede projekteringsrisiko for løsningen vurderes som **Forventeligt**.

Udførelse

Bjælkebroen øst for Søndre Stenrøn forudsættes udført, som for Storebælt vestbroen, hvor 110 m betonsegmenter blev løftet på plads med svanen. Der er god international erfaring med denne løsning.

Majoriteten af fundamenter udføres, som højt pæleværk. Dimensionerne svarer til de pæle som benyttes på jacket-konstruktioner i offshore industrien i bl.a. Danmark, og internationalt er der flere eksempler på tilsvarende bro fundamenter, bl.a. Peljesac broen i Kroatien. Der er derfor god international erfaring med fundamenter af denne type og størrelse.

Udførelsesrisikoen for broen vurderes som **Forventeligt**, når man alene kigger på udførelsen broens konstruktionselementer. Jf. afsnit 7.8.1 er der fundet behov for afværgetiltag i forbindelse med udførelse af pælefunderingen.

Når man betragter den samlede udførelses risiko for broen vurderes denne til **Forhøjet** da der ikke er forefindes erfaring for anvendelse af disse typer tiltag i et omfang, som svarer til nærværende projekt. Der findes erfaringer fra offshore projekter, som projektet har taget udgangspunkt i.

For denne løsning skal sænketunnelelementerne visse steder installeres på 45 m dybde, hvilket er i den høje ende inden for velkendte grænser.

Længden af tunnelen i denne løsning er 4,8 km, hvilket er inden for kendte grænser. Samme produktionsforhold, ressourceforbrug og transportforhold er anvendt på Femern, og kan derfor med rimelighed antages for en forbindelse mellem Als og Fyn.

Afhængig af miljøtekniske krav til spildmængden i forbindelse med udgravningen til sænketunnelen kan gravearbejde ved de dybeste funderingsniveauer være en udfordring. I forbindelse med den miljøtekniske del af forundersøgelsen er der ikke fundet behov for miljøtiltag i forbindelse udgravning til sænketunnelen.

Det samlede projektrisikobidrag fra udførelsen vurderes til at være i den høje ende af **Forventeligt** for sænketunnelen. Det samme er tilfældet for den kunstige ø idet den skal opbygges på rimelige funderingsforhold og vanddybder med velkendte materialer.

Den samlede projektrisiko for projektet vurderes at være **Forhøjet**.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse i korridor ALA05, bestående af en kombination af en sænketunnel og en bjælkebro, vurderes at være **Forhøjet**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation vurderes være **lavt**. Vurdering er beskrevet i afsnit 6.3.2.

Sejladsforhold

Sejladsarrangementet beskrevet i afsnit 8.3.5 er fokuseret på så vidt muligt at undgå uhensigtsmæssige kollisionsretninger mod broen. Arrangementet vurderes dog at skabe forskellige udfordringer og forlænget sejlads for de enkelte skibe. Følgende vurderinger af løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + Ruteforløbet igennem den sydlige 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 gør forbindelsen fleksibel i forhold til at føre en del af trafikken fra den nordlige passage over i den sydlige passage.
- Med kun én gennemsejlingsmulighed for større skibstrafik syd om Søndre Stenrøn, vil alle større skibe, der på nuværende tidspunkt anvender den nordlige passage, skulle ændre rute
- Lystsejlere, der ikke kan passere broen i et standardspænd med 18 m gennemsejlingshøjde, er henvist til at passere broen i det sydlige gennemsejlingsfag og vil dermed potentielt få en omvej.

Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes at være **forventeligt**.

Kollisionsrisiko

Følgende vurderinger af hhv. positive og negative aspekter ved løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og de detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + Hvis den forudsatte rutelægning følges, forhindres det, at brokonstruktionen og tunnelen ved overgangen til den kunstige ø udsættes unødigt for skibskollisioner.
- Overgangen fra bro til tunnel giver en lavere frihøjde af broen og dermed en øget sårbarhed overfor kollisioner. Det er primært risikoen ved drivende skibe, der eksponerer denne del af broen.
- Overgangen fra tunnel til kunstig ø midt i farvandet eksponerer tunnelen for kollision og grundstødning.

Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes at være **forventeligt**.

9.7 Korridor ALA07

9.7.1 Korridorbeskrivelse

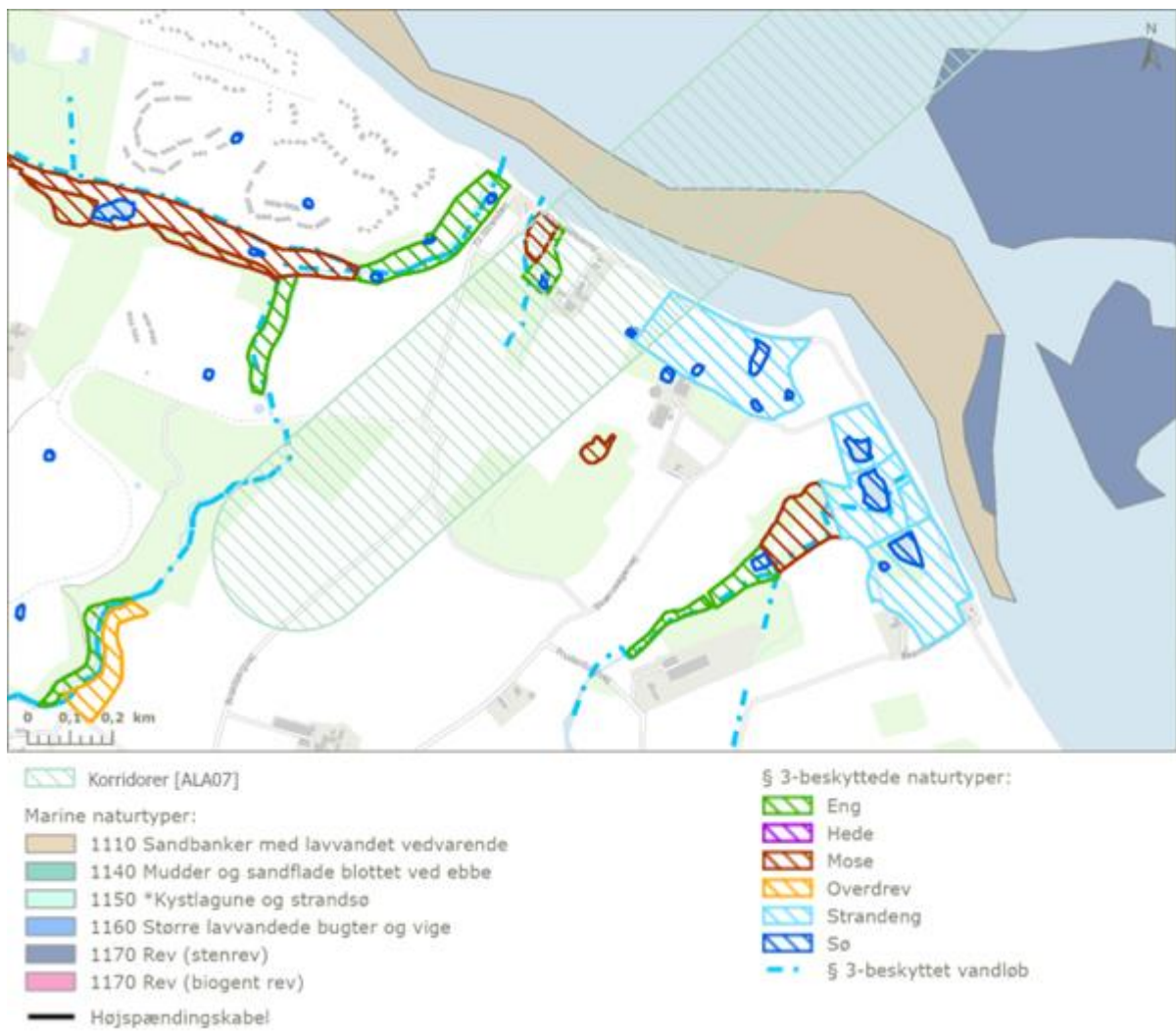
Denne korridor er udformet med henblik på at optimere forløbet for broløsning, hvor broen begynder i ilandføringspunktet, Horne Vest, der ligger vest for spidsen af Horne næs på Fyn og slutter i ilandføringspunktet lige nord for Tranerodde på Als-siden. Længden af korridoren mellem grænsefladerne til landanlæggene på henholdsvis Als og Fyn er 20,58 km. hvoraf broen udgør ca. 15,7 km. Den undersøgte korridors placering er vist på kortudsnittet i Figur 9-59 nedenfor.



Figur 9-59. Kortudsnit for korridor ALA07.

Hovedformålet med at undersøge korridor ALA07 har været at udforme en korridor, som kan drage fordel af de mere gunstige sejlads og skibsstødmæssige forhold, som foreligger i den nordlige del af korridoren. Det dejer sig overordnet om den lavere vanddybde og mere veldefinerede sejladsruter for de største skibe, som besejler farvandet. Det har været afgørende for korridoren at denne placeres så tæt på vinkelret på sejladsruten som muligt for de største skibe gennem Als-renden, som beskrevet i afsnit 8.3.6. Dette for at give de mest hensigtsmæssige sejlads- og skibsstødmæssige forhold. Yderligere er de geotekniske forhold i den nordlige del af undersøgelsesområdet mere fordelagtige i forhold til de sydlige forhold jf. beskrivelsen i afsnit 5.

På Fyn-siden er ilandføringen beliggende i det kystnære landskab på Horne Næs, der er præget af 8-12m høje skrænter som beskrevet i afsnit 9.1. Korridoren er tilpasset således at de marine naturtyper herunder især stenrev krydses, hvor det er smallest. På figur 9-60 og 9-61 kan i landføringspunkterne på hhv. Als og Fyn ses.



Figur 9-60 Kortudsnit visende ilandføringspunktet på Als.



Figur 9-61 Kortudsnit visende ilandføring på Fyn for ALA07.

Placeringen af ilandføringspunktet på Als har været styret af så vidt muligt at opnå en vinkelret krydsning af Als-renden for at opnå gunstige sejllads- og skibstødsforhold. Ilandføringen er placeret lige nord for Tranerodde. Korridoren passerer tre stenrev, men det er dog kun et af dem, hvor centerlinjen af korridoren krydser.

9.7.2 Løsning 7.1: Tranerodde – Horne Vest (Skråstagsbro/betonbjælkebro, sænkekasse)

9.7.2.1 Teknisk beskrivelse

Den sydlige gennemsejling sikres ved anlæg af en skråstagsbro. Af hensyn til den tunge skibstrafik ved den sydlige gennemsejling forudsættes en gennemsejlingsbredde på min. 510 m og en gennemsejlingshøjde på 60 m. Medtages bredde af de højtliggende fundamenter, bliver faglængden af det nødvendige hovedfag ca. 550 m. Dette er forudsat udført som en skråstagsbro med kompositdrager.

Tilslutningsbroer er forudsat udført som en bjælkebro med en betonkassedrager. Den forudsatte faglængde er 110 m og gennemsejlingshøjden er 18 m.

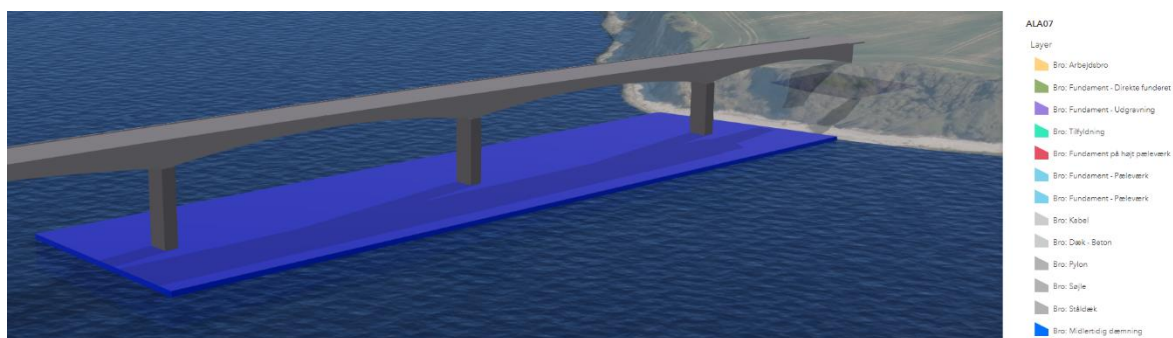
De mest kystnære fundamenter forudsættes direkte funderet. For nogle af de kystnære fundamenter er der forudsat jordforbedring med 13-15 m lange beton pæle, men for langt hovedparten vil fundamenterne udføres med et højt pæleværk for at nå ned i funderingsdygtige lag. Pælehætten på det høje pæleværk forudsættes udført med en sænkekasse flådet på plads.

På Als-siden er der forudsat etablering af interimsbro hvorfra underbygningen kan etableres, se Figur 9-62.



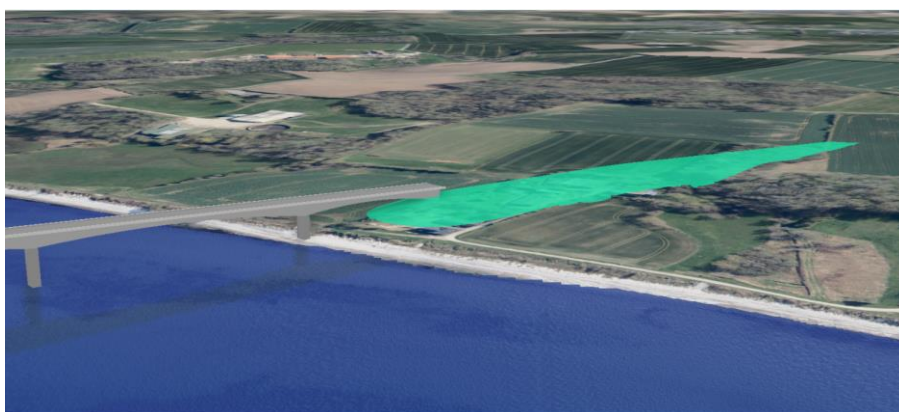
Figur 9-62. Kortudsnit visende udformningen broløsningen på Als-siden (Tranerødde).

På Fyn-siden er der forudsat etablering af midlertidig dæmning til etablering af underbygningen og stillads for brooverbygningen. Fodafttrykket af den midlertidige dæmning er illustreret på Figur 9-63.



Figur 9-63. Illustration af fodaftryk for midlertidig dæmning på Fyn-siden.

På Als-siden forudsættes illustration af permanent dæmning ved Tranerodde, se Figur 9-64.



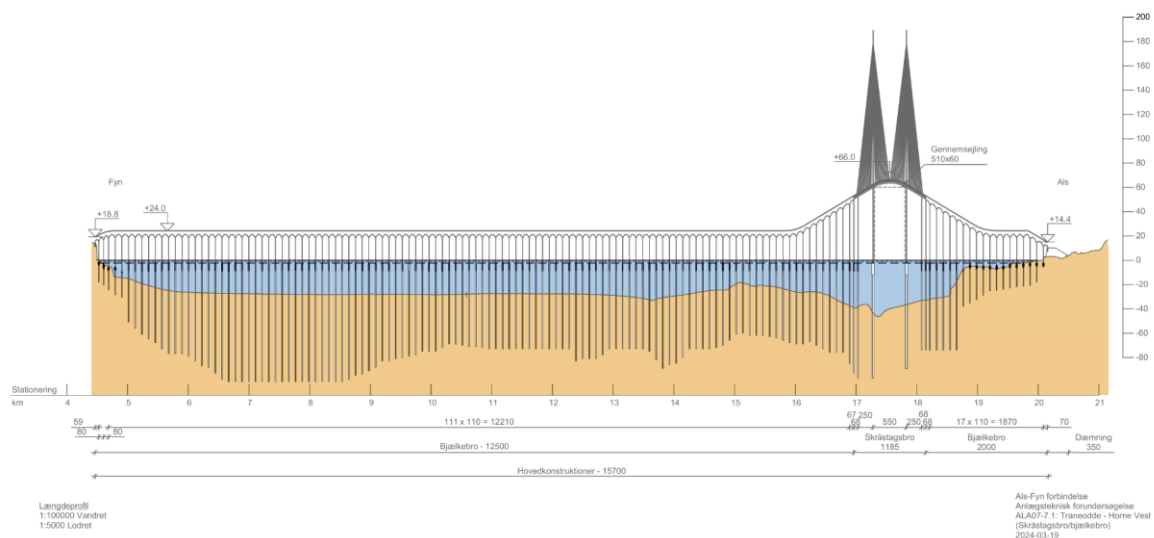
Figur 9-64. Illustration af permanent dæmning ved Tranerodde.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 07)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 14775 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 0 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 0 m	Antal u. jordforstærkning: ~3 Antal m. jordforstærkning: ~17 Udgravningsmængde: ~36000 m ³	Antal: 120 Gennemsnitspælelængde: 72 m Total længde af pæle: 82000 m

Figur 9-65 Overordnede mængder for broløsning 7.1 ALA 07.

Broløsningen er optegnet på Figur 9-66.



Figur 9-66 Længdeprofil bro, løsning 7.1

9.7.2.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragende fra projektering og udførelse. For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

Projektering

Den vestlige gennemsejling udføres med en skråstagsbro med et hovedfag på 550 m. Globalt er der adskillige referencer på lignende broer. Der er god international erfaring med skråstagsbroer af denne type og størrelse.

Funderingsdybderne er op mod 30 m dybe, som er dybder der overskrider funderingsdybderne for Storebæltsbroen og Øresundsbroen. Derudover vurderes de geotekniske forhold for en stor del af strækningen at være vanskelige, hvilket, sammenlagt de store vanddybder, nødvendiggøre pælelængder på op mod 106 m. Den anvendte funderingsmetode med højt pæleværk er ikke før benyttet på infrastruktur i Danmark. Der findes dog flere eksempler fra udlandet af denne type fundamenter med lignende størrelse. Der er god international erfaring med fundamenter af denne type og størrelse.

Projekteringsrisikoen vurderes i den høje ende af **Forventeligt**.

Udførelse

Den vestlige gennemsejling udføres med en Skråstagsbro med hovedfag på 550 m. Opførelse af skråstagsbro med den faglængde er velkendt, og vurderes derfor ikke at lede til nævneværdige udfordringer. Der er god international udførelsesmæssig erfaring med skråstagsbroer af denne type og størrelse.

Majoriteten af fundamenter udføres, som højt pæleværk. Dimensionerne svarer til de pæle som benyttes på jacket-konstruktioner i offshore industrien i bl.a. Danmark, og internationalt er der flere eksempler på tilsvarende bro fundamenter, bl.a. Peljesac broen i Kroatien. Der er derfor god international erfaring med fundamenter af denne type og størrelse.

I forbindelse med anlæg af fundamenter er der jf. afsnit 7.8 fundet behov for afværgetiltag til begrænsning af undervandsstøj underudførelse af pælefunderingen.

Udførelsesrisikoen vurderes som **Forhøjet** grundet omfanget af de nævnte afværgetiltag.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en bro funderet på et højt pæleværk vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Sejladsarrangementet beskrevet i afsnit 8.3.6 er fokuseret på så vidt muligt at undgå uhensigtsmæssige kollisionsretninger mod broen. Arrangementet vurderes dog at skabe forskellige udfordringer og forlænget sejlads for de enkelte skibe. Følgende vurderinger af løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og de detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + Sejladsen gennem passagen syd om Søndre Stenrøn er enkel, intuitiv og følger det aktuelle sejladsmønster 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 begrænsning i 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.
- Med kun én gennemsejlingsmulighed for større skibstrafik syd om Søndre Stenrøn vil gennemsejlingen tillige skulle håndtere al større trafik, der på nuværende tidspunkt anvender den nordlige passage.
- Lystsejlere, der ikke kan passere broen i et standardspænd med 18 m gennemsejlingshøjde, er henvist til at passere broen i det sydlige gennemsejlingsfag og vil dermed potentielt få en omvej.

Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Følgende vurderinger af hhv. positive og negative aspekter ved løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og de detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + Gennemsejlingen er placeret hvor trafikken er mest fokuseret ved snævringen ud for Tranerodde, hvilket vurderes at reducere sandsynligheden for kollisioner.
- + Knæk på ruterne nordfra frem mod gennemsejlingen er arrangeret så Hesteskoen udgør en naturlig barriere imod kollisionsscenerier mod den midterste del af broen
- + Korridoren er placeret mellem de lavvandede områder ved Søndre Stenrøn og Hesteskoen. En del af brolægningen er dermed delvis beskyttet mod kollisioner fra drivende skibe både fra nord

og syd.

- Knækket på ruten fra nord ind i den sydlige passage ligger knap 1 km nordøst 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 kollisionsscenerier nordfra. Det er muligt at optimere dette forløb til en mere oplagt placering af knækket, og dermed til en højere grad af anvendelse.

Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes at være **forventeligt**.

9.7.3 Løsning 7.2: Tranerodde – Horne Vest (Skråstagsbro/betonbjælkebro, in-situ fundament)

9.7.3.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 07)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 14775 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 0 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 0 m	Antal u. jordforstærkning: ~3 Antal m. jordforstærkning: ~17 Udgravningsmængde: ~36000 m ³	Antal: 120 Gennemsnitspælelængde: 72 m Total længde af pæle: 82000 m

Figur 9-67 Overordnede mængder for broløsning 7.2 ALA 07.

9.7.3.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en bro funderet på et højt pæleværk vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2, at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2, at være **forventeligt**.

9.7.4 Løsning 7.3: Tranerodde – Horne Vest (Skråstagsbro/kompositbjælkebro, sænkekasse)

9.7.4.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 07)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 14775 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 0 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 0 m	Antal u. jordforstærkning: ~3 Antal m. jordforstærkning: ~14 Udgravningsmængde: ~30600 m ³	Antal: 96 Gennemsnitspælelængde: 72 m Total længde af pæle: 68000 m

Figur 9-68 Overordnede mængder for broløsning 7.3 ALA 07.

9.7.4.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2.

9.7.4.3 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en bro funderet på et højt pæleværk vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2, at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2, at være **forventeligt**.

9.7.5 Løsning 7.4: Tranerodde – Horne Vest (Skråstagsbro/kompositbjælkebro, in-situ fundament)

9.7.5.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.
- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 07)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 14775 m Skråstagsbro: 1185 m Frit-frembygget bro: 0 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 0 m	Antal u. jordforstærkning: ~3 Antal m. jordforstærkning: ~14 Udgravningsmængde: ~30600 m ³	Antal: 96 Gennemsnitspælelængde: 72 m Total længde af pæle: 68000 m

Figur 9-69 Overordnede mængder for broløsning 7.4 ALA 07.

9.7.5.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en bro funderet på et højt pæleværk vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2, at være **forhøjet**.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.1, se afsnit 9.7.2.2, at være **forventeligt**.

9.7.6 Løsning 7.5: Tranerodde – Horne Vest (Frit-frembygget bro/betonbjælkebro, sænkekasse)

9.7.6.1 Teknisk beskrivelse

Den sydlige gennemsejling sikres ved anlæg af to frit-frembyggede broer, med enkeltrettet gennemsejling i hver sin retning i hvert fag. Hvert fag har en gennemsejlingsbredde på 280m og en gennemsejlingshøjde på 36 m. Medtages bredde af de højtliggende fundamenter, bliver det nødvendige hovedfag ca. 320m. For gennemsejlingsfag udføres de midterste 100 m, ved at et ståltrug løftes på plads mellem to 110 m beton udkragninger, via løfteanordninger installeret på udkragningerne, hvorefter letvægtsbeton dækket støbes. Løsningen minder om løsningen der blev benyttet på Shibanpobroen i Kina, som har en faglængde på 330 m. Her blev de midterste 108 m, etableret ved en 108 m stålkassedrager, som blev løftet på plads i et stykke. Der er derfor international erfaring med en lignende frit-frembygget bro.

Tilslutningsbroer er forudsat udført som bjælkebro med en betonkassedrager. Den forudsatte faglængde er 110 m og gennemsejlingshøjden er 18 m.

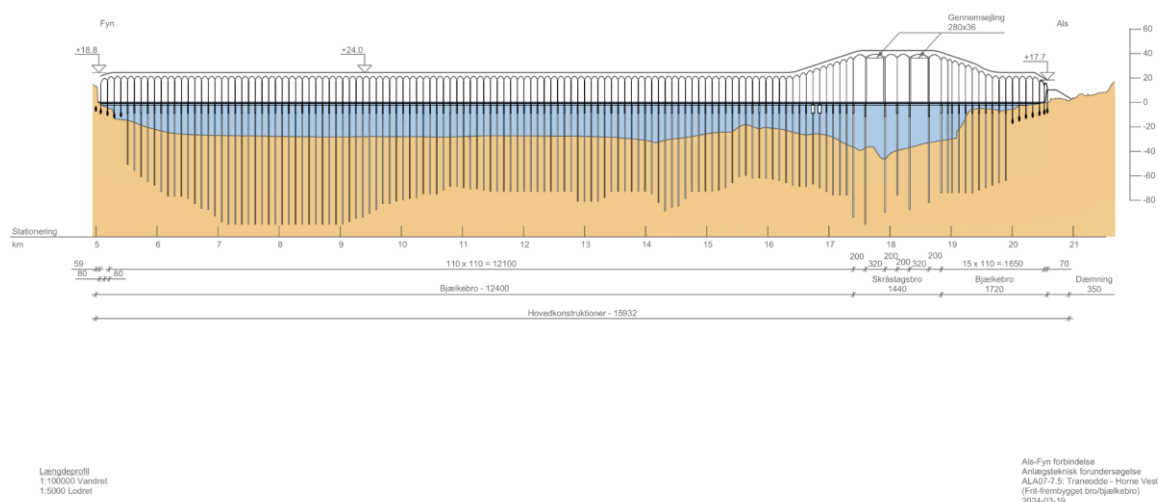
De mest kystnære fundamenter forudsættes direkte funderet men forstærket med beton pæle, men for langt hovedparten vil fundamentene udføres med et højt pæleværk. Pælehætten på det høje pæleværk forudsættes udført med en sænkekasse flådet på plads.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 07)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 14300 m	Antal u. jordforstærkning: ~3	Antal: 117
Skråstagsbro: 0 m	Antal m. jordforstærkning: ~17	Gennemsnitspælelængde: 72 m
Frit-frembygget bro: 1660 m	Udgravningsmængde: ~36000 m ³	Total længde af pæle: 79300 m
Bevægelig bro: 0 m		
Dæmning: 0 m		

Figur 9-70 Overordnede mængder for broløsning 7.5 ALA 07.

Broløsningen er optegnet på Figur 9-71.



Figur 9-71 Længdeprofil bro, løsning 7.5

9.7.6.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene fra projektering og udførelse. For en samlet oversigt over risikobidragene for denne og øvrige korridorløsninger henvises til afsnit 10.2.

Projektering

I nord og syd udføres gennemsejlingsfaget, som en frit-frembygget bjælkebro med en faglængde på 320 m. Faglængden er sammenlignelig med verdenslængste bjælkebro Shibanpobroen i Kina, som har en faglængde på 330m. På Shibanpobroen er den centrale del af hovedfaget udført i stål, og er derfor sammenlignelig med denne løsning hvor de midterste 100 m er i komposit. Der er international erfaring med frit-frembyggede bjælkebroer af denne type og størrelse.

Projekteringsrisikoen vurderes som **Forhøjet**.

Udførelse

Nordlig og sydlig gennemsejling udføres ved en frit-frembygget betonbjælkebro med et hovedfag på 320m. De midterste 100 m udføres som en kompositdrager som løftes på plads i fuld længde. Dette minder om metoden benyttet på Shibapobroen i Kina, med et hovedfag på 330 m. Internationalt er der erfaring med opførelse af frit-frembyggede broer af denne længde.

I forbindelse med anlæg af fundamenter er der jf. afsnit 7.8 fundet behov for afværgetiltag til begrænsning af undervandsstøj underudførelse af pælefunderingen.

Udførelsesrisikoen vurderes som **Forhøjet** grundet omfanget af de nævnte afværgetiltag samt begrænset international erfaring med frit-frembyggede broer af denne længde.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisikouurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en bro funderet på et højt pæleværk vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Evalueringen af løsningen foretages under forudsætning af, at den begrænsning af trafikken til skibe med længder op til 175 m som en ren bjælkebro vil medføre, er accepteret rent politisk og dermed ikke udgør en specifik risiko for projektets gennemførelse.

Sejladsarrangementet beskrevet i afsnit 8.3.6 er fokuseret på så vidt muligt at undgå uhensigtsmæssige kollisionerretninger mod broen. Arrangementet vurderes dog at skabe forskellige udfordringer og forlænget sejlads for de enkelte skibe. Følgende vurderinger af løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og de detaljerede vurderinger i fagnotat, ref. [11].

- + 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,
- Med kun én gennemsejlingsmulighed for større skibstrafik syd om Søndre Stenrøn vil gennemsejlingen tillige skulle håndtere al større trafik, der på nuværende tidspunkt anvender den nordlige passage
- Lystsejlere, der ikke kan passere broen i et standardspænd med 18 m gennemsejlingshøjde, er henvist til at passere broen i det sydlige gennemsejlingsfag og vil dermed potentielt få en omvej.
- 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, som er et af formålene med at placere en bro i korridoren ALA07, umuliggøres af behovet for separering af trafikken i to enkeltrettede gennemsejlinger.

- 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.

Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes at være **forhøjet**.

Det er en forudsætning for løsningen, at der opnås politisk accept af begrænsningen af skibstrafikken i området for skibe længere end 175 m. Uden politisk accept af begrænsningen vurderes projektrisikobidraget for sejladsforhold at være højt.

Kollisionsrisiko

Følgende vurderinger af hhv. positive og negative aspekter ved løsningen er baseret på beskrivelsen i kapitel 8 og de detaljerede vurderinger i den bagvedliggende tekniske rapport "Als-Fyn Anlægstekniske forundersøgelser – Sejladsforhold og risiko for skibskollisioner", ref. [11].

- + 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.
- Separeringen af trafikken ved gennemsejlingen i den sydlige passage presser skibene væk fra den naturlige rute igennem området og ud imod mere lavvandede områder. Det kan skabe tvivl om det enkelte skibs sejlads og øget risiko for kollisioner og grundstødninger.
- Knækket på ruten fra nord ind i den sydlige passage ligger knap 1 km nordøst 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 kollisionsscenarier nordfra. Det er muligt at optimere dette forløb til en mere oplagt placering af knækket, og dermed til en højere grad af anvendelse.

Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes at være **forhøjet**.

9.7.7 Løsning 7.6: Tranerodde – Horne Vest (Frit-frembygget bro/betonbjælkebro, in-situ fundament)

9.7.7.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 07)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 14300 m Skråstagsbro: 0 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 0 m	Antal u. jordforstærkning: ~3 Antal m. jordforstærkning: ~17 Udgravningsmængde: ~36000 m ³	Antal: 117 Gennemsnitspælelængde: 72 m Total længde af pæle: 79300 m

Figur 9-72 Overordnede mængder for broløsning 7.6 ALA 07.

9.7.7.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en bro funderet på et højt pæleværk vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.2, at være **forhøjet**.

Det er en forudsætning for løsningen, at der opnås politisk accept af begrænsningen af skibstrafikken i området for skibe længere end 175 m. Uden politisk accept af begrænsningen vurderes projektrisikobidraget for sejladsforhold at være højt.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.2, at være **forhøjet**.

9.7.8 Løsning 7.7: Tranerodde – Horne Vest (Frit-frembygget bro/kompositbjælkebro, sænkekasse)

9.7.8.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 07)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 14300 m Skråstagsbro: 0 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 0 m	Antal u. jordforstærkning: ~3 Antal m. jordforstærkning: ~14 Udgravningsmængde: ~30600 m ³	Antal: 94 Gennemsnitspælelængde: 72 m Total længde af pæle: 66000 m

Figur 9-73 Overordnede mængder for broløsning 7.7 ALA 07.

9.7.8.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en bro funderet på et højt pæleværk vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.2, at være **forhøjet**.

Det er en forudsætning for løsningen, at der opnås politisk accept af begrænsningen af skibstrafikken i området for skibe længere end 175 m. Uden politisk accept af begrænsningen vurderes projektrisikobidraget for sejladsforhold at være højt.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.2, at være **forhøjet**.

9.7.9 Løsning 7.8: Tranerodde – Horne Vest (Frit-frembygget bro/kompositbjælkebro, in-situ fundament)

9.7.9.1 Teknisk beskrivelse

Den tekniske løsning er tilsvarende løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.1, dog med følgende afvigelse(r):

- I denne løsning forudsættes tilslutningsfag udført med en kompositkassedrager, og med en faglængde på 140 m.
- I denne løsning forudsættes pælehætte på højt pæleværk udført in-situ støbt, i en på pælene monteret kofferdam.

Løsningen giver anledning til følgende overordnede mængder:

Broløsning (ALA 07)		
Længder	Direkte fundamenter	Høje pæleværk
Bjælkebro: 14300 m Skråstagsbro: 0 m Frit-frembygget bro: 1660 m Bevægelig bro: 0 m Dæmning: 0 m	Antal u. jordforstærkning: ~3 Antal m. jordforstærkning: ~14 Udgravningsmængde: ~30600 m ³	Antal: 94 Gennemsnitspælelængde: 72 m Total længde af pæle: 66000 m

Figur 9-74 Overordnede mængder for broløsning 7.8 ALA 07.

9.7.9.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Projektrisikobidragene for projektering og udførelse for denne løsning, vurderes at være de samme som for løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.2.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en bro funderet på et højt pæleværk vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation er ikke relevant for broløsninger.

Sejladsforhold

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.2, at være **forhøjet**.

Det er en forudsætning for løsningen, at der opnås politisk accept af begrænsningen af skibstrafikken i området for skibe længere end 175 m. Uden politisk accept af begrænsningen vurderes projektrisikobidraget for sejladsforhold at være højt.

Kollisionsrisiko

Projektrisikobidraget vurderes som for løsning 7.5, se afsnit 9.7.6.2, at være **forhøjet**.

9.8 Korridor ALA09

9.8.1 Korridorbeskrivelse

Denne korridor er udformet med henblik på at optimere forløbet for en sænketunnelløsning. Korridoren har det nordvestligste ilandføringspunkt på Fyn af alle undersøgte korridorer. Tunnellen begynder i ilandføringspunktet Horne Nord på Fyn og slutter i ilandføringspunktet Tranerodde. Længden af korridoren mellem grænsefladerne til landanlæggene på henholdsvis Als og Fyn er 20,01 km, hvoraf tunnelstrækningen inkl. ramperne udgør ca. 16,6 km. Den undersøgte korridors placering er vist på kortudsnittet i Figur 9-75 nedenfor.



Figur 9-75 Kortudsnit for korridor ALA09.

Ilandføringspunktet på Fyn, vist på Figur 9-76, er placeret så nordligt som muligt af hensyn til den nævnte stejle skrænt på Figur 9-3, under hensyntagen til at undgå berøring med Natura 2000 området, N123. Yderligere er der i det kystnære område nær Fyn i Lillebælt, et Natura 2000 område med beskyttet stenrev, som korridoren krydser ind over – krydsningen er valgt placeret, hvor revet er smallest for at påvirke mindst muligt.



Figur 9-76 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA09 på Fyn.

Korridorens nordlige placering har to fordele,

1. at komme mest mulig fri fra skrænten, som er op til 8-12 m høj. Højden er stigende fra nord mod syd.
2. at have den mindst mulige indflydelse på stenrevet som er en del af Natura 2000 og vist med mørkeblå markering på Figur 9-76.

Ilandføringspunktet på Als, vist på Figur 9-77, er placeret nord for Tranerødde. Centerlinjen er placeret således, at den ikke krydser direkte ind over §3-beskyttede naturtyper.



Figur 9-77 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA09 på Als.

Der er alene undersøgt en sænketunnelløsning i ALA09, men der vil principielt også kunne udføres andre konstruktionstyper i korridoren.

9.8.2 Løsning 9.1: Fynshav - Horne Vest (Sænketunnel, helt nedgravet)

9.8.2.1 Teknisk beskrivelse

Den valgte tekniske løsning som er undersøgt nærmere i denne del af forundersøgelsen, er en sænketunnel, hvor en del af cut & cover konstruktionen etableres ude i vandet inden ilandføringspunktet ved både Fyn og Als. Hovedkonstruktionen, sænketunnelen, er 15,6 km, idet længden er opgjort i centerlinjen af korridoren.

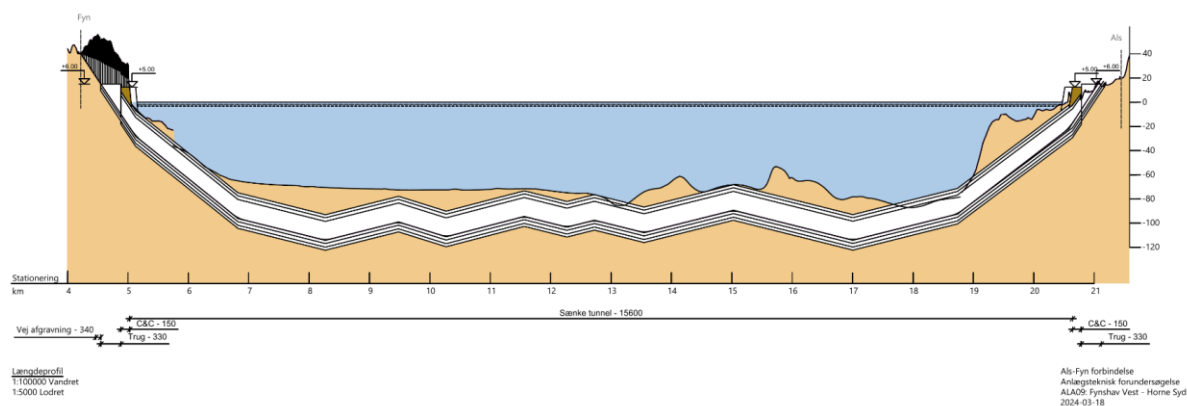
Hovedmængderne for løsningen er vist i nedenstående tabel.

Tabel 9-7 Mængder for nedgravet basis løsning ALA09

Tværsnit	Sænketunnel	C&C	Ramper	Længder
Basis	Beton: 15,6 km * 69,3 m ² ≈ 1.080.000 m ³ Totalt tværsnit: 173,7 m ² Udgravning: 1265 m ³ /m * 15,6 km ≈ 20.000.000 m ³ Opfyldning: (1265 m ³ /m - 173,7 m ²) * 15,6 km ≈ 17.000.000 m ³	Beton: 0,3 km * 69,3 m ² ≈ 21.000 m ³ Totalt tværsnit: 173,7 m ²	Bredde: 17,8 m Beton: 660 m * 21,8 m ² ≈ 14.000 m ³	Sænketunnel: 15,6 km Cut&cover: 300 m Ramper: 660 m Total: 16,6 km

Terrænforholdene og geologien giver et fornuftigt forløb uden behov for væsentlig overafgravning. Den største overafgravning finder sted ud for Fyn, da de bæredygtige lag her ligger lidt dybere. Vanddybderne varierer ikke væsentligt langs tunnelprofilen, hvilket gør det muligt at placere en sænketunnel umiddelbart under havbunden og dermed minimere udgravningsvolumen. I en senere fase bør linjeføringen undersøges nærmere, for at reducere udgravningsmængder.

Et udklip af længdeprofilen af sænketunneløsningen er optegnet i Figur 9-78, hvor Fyn er placeret til venstre og Als til højre. Bemærk at længdeprofiler i nærværende rapport har uens skala på længde/dybde skala for at synliggøre variationer i højdeforhold. Længdeprofilen kan også ses på tegning AF-A-TT-ALA09-001.



Figur 9-78 Længdeprofil for sænketunnel langs ALA09.

Det dybeste funderingsniveau for standardelementerne er i kote -47 m og placeret cirka 3 km fra Fyn. Specialelementerne vil skulle funderes endnu dybere.

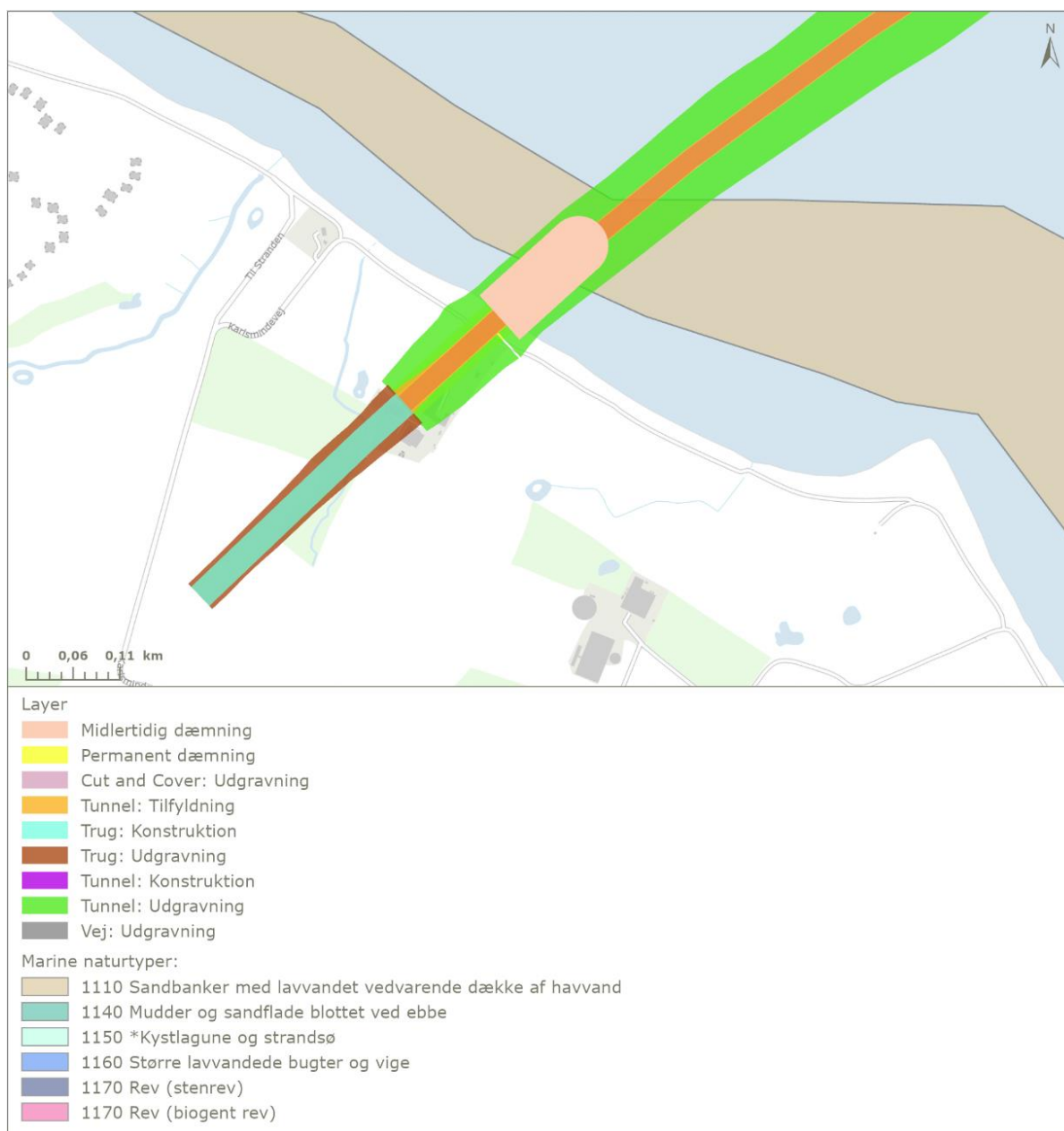
For at komme relativt hurtig op ved Horne Nord, ilandføringspunktet på Fyn, og dermed reducere den nødvendige afgravning i skrænten er sænketunnelen placeret umiddelbart under havbunden tæt ved kysten. Tunnellen er placeret så lavt at kystlinjen ikke ændres.

Ved ilandføringen er der behov for en cut & cover tunnel som forbindelse mellem sænketunnel og trug grundet terrænet og skrænten som tidligere beskrevet. Der etableres en midlertidig dæmning ud for kysten, som er illustreret med lyserød i Figur 9-79, for at kunne bygge cut & cover konstruktionen. På nuværende tidspunkt er cut & cover konstruktionen etableret således at den i den permanente situation vil ligge i niveau med det eksisterende havbundsforløb. Tunneltracé passerer strandzonen øst for Natura 2000-området ved Fyn. Dette vil kræve en midlertidig opgravning, hvor strandzonen efterfølgende reetableres.



Figur 9-79 Kortudsnit der viser cut & cover samt rampe konstruktion ved ilandføringspunktet på Fyn.

For at holde tunnelen så kort som muligt er det valgt at etablere cut & cover helt ud til kystlinjen ved Tranerødde. Et stykke inde i land fortsættes denne med en rampekonstruktion, der fører vejen til terræn niveau. Tunnelen ligger under niveauet af havbunden og krydser under kystlinjen. Mens cut & cover tunnelen etableres er der behov for at etablere en midlertidig dæmning ca. 150 m ud fra kysten, vist med lyserød på Figur 9-80.



Figur 9-80 Kortudsnit visende cut & cover samt rampe konstruktion ved ilandføringspunktet på Als.

9.8.2.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene for projekteringen og udførelsen af en sænketunnelløsning i ALA09.

Projektering

Det dybeste funderingsniveau er i kote -47 m. Sammenlignet med andre projekter er funderingsniveauet i den høje ende af velkendte funderingsdybder for sænketunneler, men stadig indenfor grænsen af hvad der er realistisk.

Den samlede projekteringsrisiko for selve sænketunnelen vurderes til at være **Forventeligt**.

Udførelse

For denne løsning skal sænketunnelementerne visse steder installeres på 47 m dybde, hvilket er udenfor normalen, men det vurderes stadig realistisk.

Længden af denne løsning er 17,6 km, hvilket er inden for kendte grænser. Samme produktionsforhold, ressourceforbrug og transportforhold er anvendt på Femern, og kan derfor med rimelighed antages for en forbindelse mellem Als og Fyn.

Afhængig af miljøtekniske krav til spildmængden i forbindelse med udgravningen til sænketunnelen kan gravearbejde og eventuelle afværgetiltag blive en udfordring. I forbindelse med den miljøtekniske del af forundersøgelsen er der ikke fundet behov for miljøtiltag i forbindelse udgravning til sænketunnelen.

Projektrisikobidraget for udførelsen vurderes at være **Forventeligt** .

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en sænketunnel i korridor ALA09 vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation vurderes være **lavt**. Vurdering er beskrevet i afsnit 6.3.2.

Sejladsforhold

En tunnel vurderes ikke at påvirke sejladsforholdene. Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes derfor at være **lavt**.

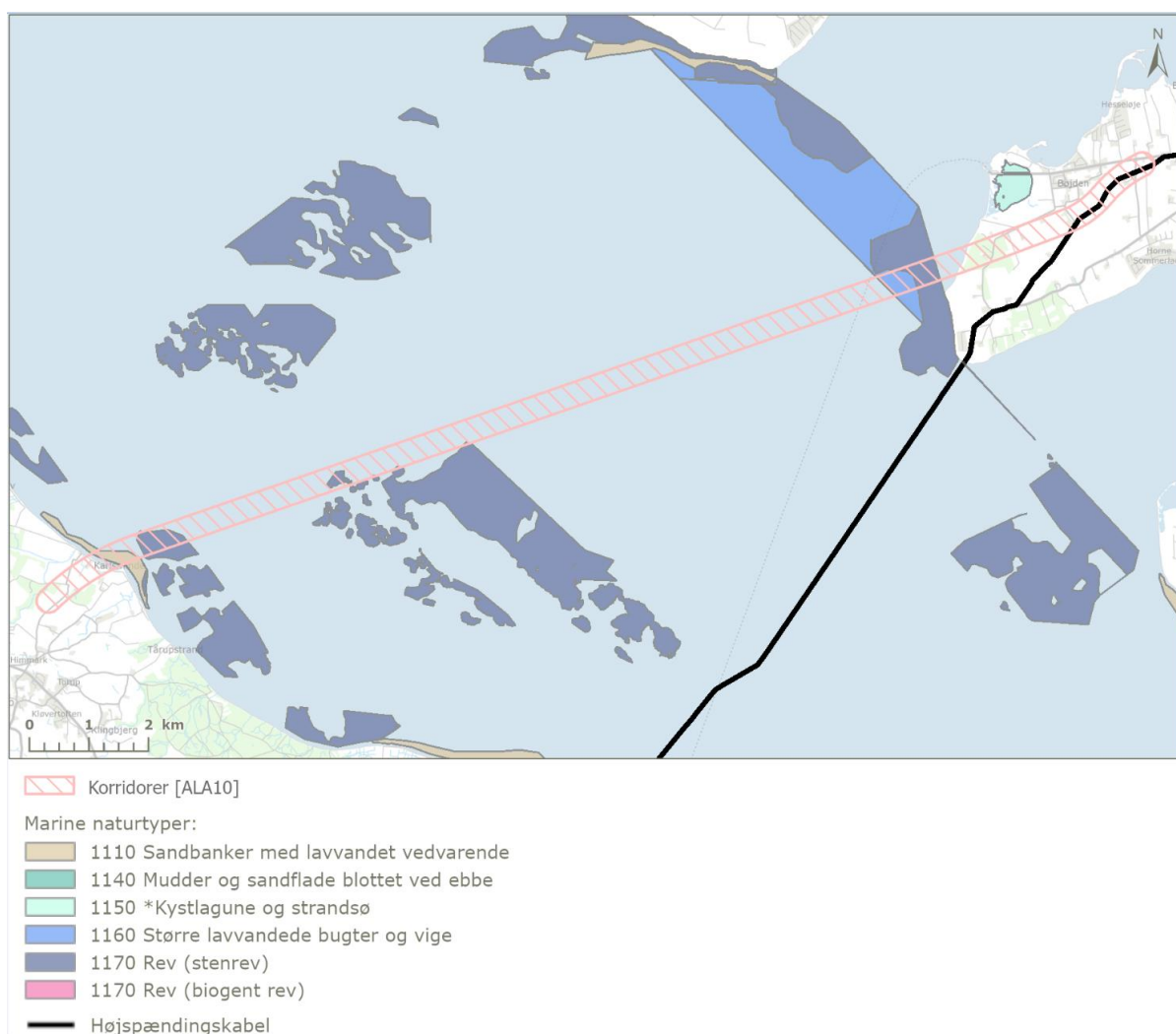
Kollisionsrisiko

En tunnel vurderes ikke at påvirke kollisionsrisikoen. Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes derfor at være **lavt**.

9.9 Korridor ALA10

9.9.1 Korridorbeskrivelse

Denne korridor er udformet med henblik på at optimere forløbet for en boret tunnelloøsning. Korridoren begynder i ilandføringspunktet Horne Nord på Fyn og slutter i ilandføringspunktet lige nord for Tranerødde. Længden af korridoren mellem grænsefladerne til landanlæggene på henholdsvis Als og Fyn er 19,91 km, hvoraf tunnelstrækningen inkl. ramperne udgør ca. 17,2 km. Den undersøgte korridors placering er vist på kortudsnittet i Figur 9-81 nedenfor.



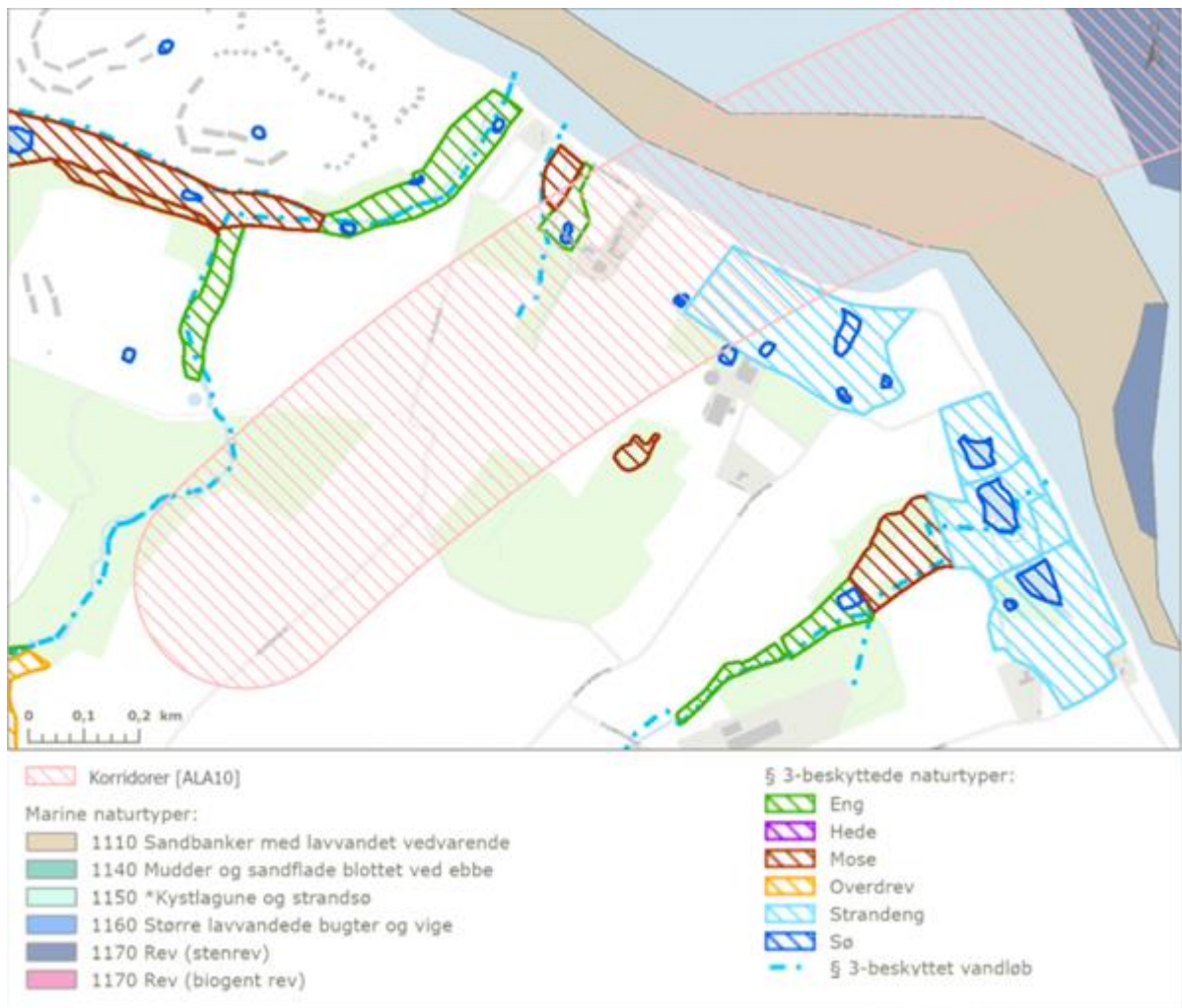
Figur 9-81 Kortudsnit for korridor ALA10.

Ilandføringspunktet på Fyn, vist på Figur 9-82, er placeret på nordsiden af Horne Næs, her er passerer tunnelen under den høje skrænt. For at opnå tilstrækkeligt jorddække og samtidig undgå en dyb cut & cover konstruktion, er det valgt at placere startkammeret 700m inde i landet. Ilandføringspunktet på Als er vist på Figur 9-83.

Centerlinjen er placeret således, at den ikke krydser direkte ind over §3-beskyttede naturtyper. Da denne korridor kun inkluderer en boret tunnel, vil den yderligere kun passerer under disse områder og ikke igennem.



Figur 9-82 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA10 på Fyn.



Figur 9-83 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA10 på Als.

9.9.2 Løsning 10.1: Tranerodde - Horne Nord (Boret tunnel)

9.9.2.1 Teknisk beskrivelse

Den valgte tekniske løsning som er undersøgt nærmere i denne del af forundersøgelsen, er en boret tunnel, hvor der børes 2 separate rør med hver sin tunnelboremaskine. Længden af hvert rør vil være 16,1 km lang. Dette er indenfor velkendte grænser, blandt andet baseret på den typiske levetid på TBM'ernes hovedlejer. Det er dog valgt at anvende 4 boremaskiner i denne løsning for at reducere udførelsestiden. Dette reducerer samtidig risikobidraget.

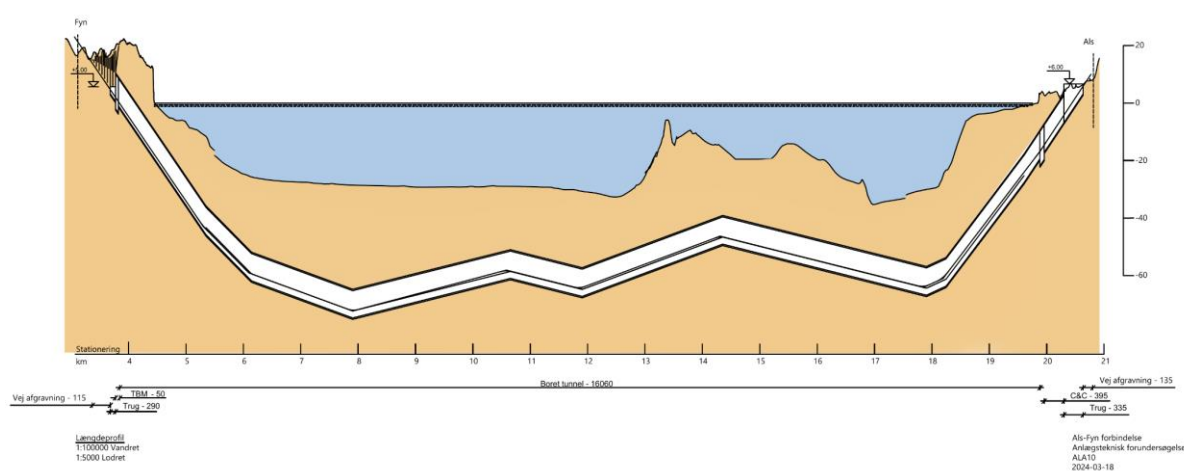
Hovedmængderne for løsningen er vist i nedenstående tabel.

Tabel 9-8 Mængder for nedgravet basis løsning ALA10

Tværsnit	Boret tunnel	C&C	Ramper	Længder
Basis	Beton: 16,1 km * 15,7 m ² * 2 ≈ 504.000 m ³ Totalt tværsnit (pr rør): 91,9 m ² Udgravning: 92 m ³ /m * 16,1 km * 2 ≈ 3.000.000 m ³ Tværtunneler: 63 stk	Beton: 0,445 km * 69,3 m ² * 1,5 ≈ 46.200 m ³ Totalt tværsnit: 260,55 m ²	Bredde: 17,8 m Beton: 645 m * 21,8 m ² ≈ 14.000 m ³	Boret tunnel: 16,1km Cut&cover: 445 m Ramper: 645 m Total: 17,2 km

Startkamrene er placeret 700m inde i land på Fyn og ud for kysten ved Als.

Et udklip af længdeprofil af tunnelløsningen er optegnet i Figur 9-84, hvor Fyn er placeret til venstre og Als til højre. Længdeprofilen kan også ses på tegning AF-A-TT-ALA10-001.



Figur 9-84 Længdeprofil for den borede tunnelløsning langs ALA10.

Tunnelen har tre dybdepunkter i kote -75 m, -67m og -67m. De er placeret cirka for hver fjerdedel af tunnellængden.

Idet denne løsning består af to separate tunnelrør, vil det være nødvendigt at etablere tværtunneler langs hele strækningen for etablering af teknikrum og for mulighed for evakuering til og indsats fra modsatte rør ved ulykke. En analyse af projekteringen og udførelsen af disse tværtunneler skal foretages, når relevante geotekniske parametre foreligger i en senere fase.

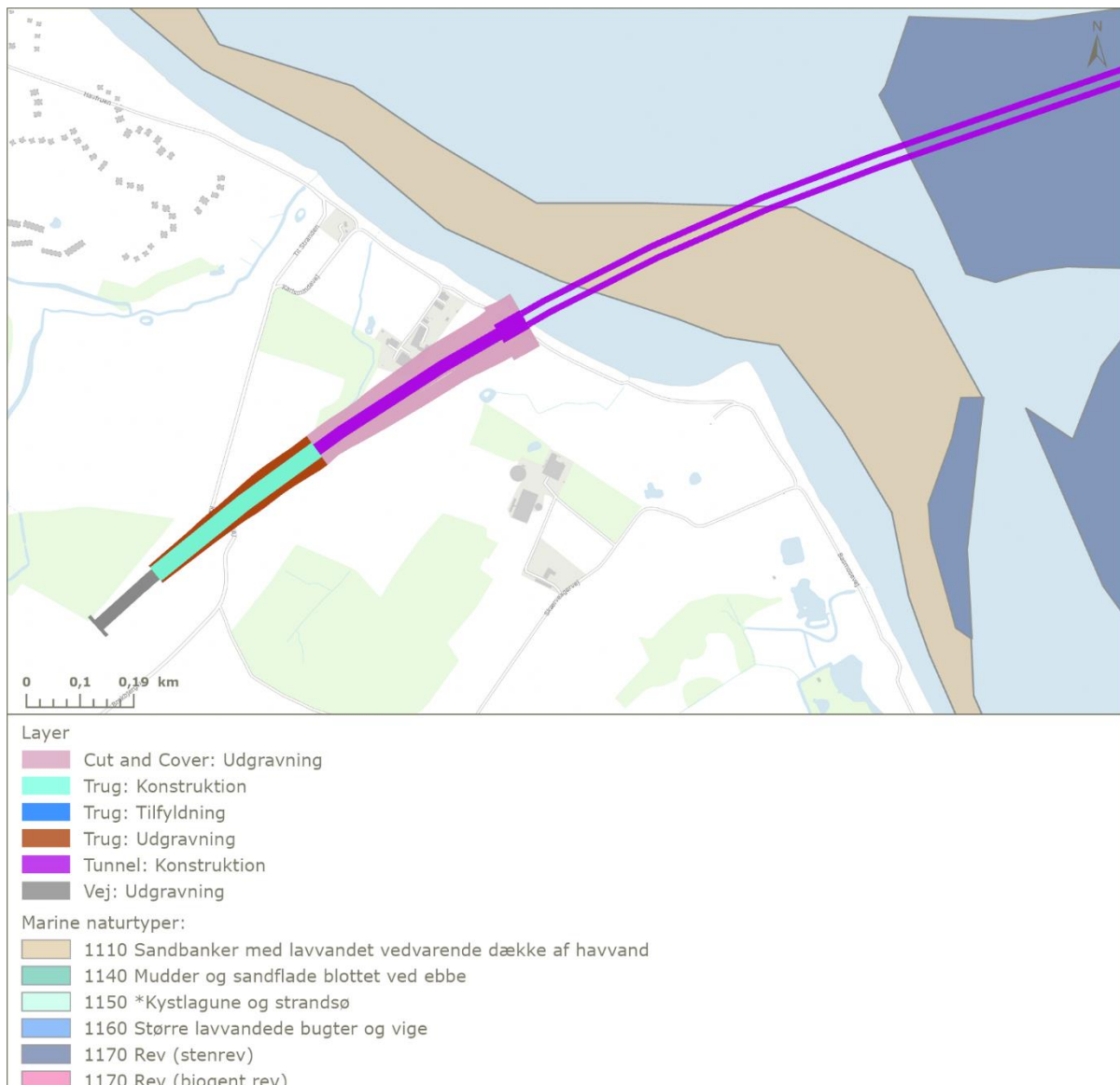
Arealerne, som forventes påvirkede på Fyn, er vist nedenfor på Figur 9-85.



Figur 9-85 Kortudsnit visende cut & cover samt trug på Fyn.

Ved Tranerodde er der behov for en cut & cover tunnel med tilhørende trug for at føre vejen til terræn, før den møder bakken vest for Tranerodde. Startkammeret ligger helt tæt ud mod kystlinjen og der kan eventuelt være behov for at etablere en mindre midlertidig dæmning omkring dette. Alternativt kan det undersøges om boremaskiner kan startes længere inde på land med reduceret jorddække.

Arealerne som forventes påvirket ved Als er vist nedenfor i Figur 9-86.



Figur 9-86 Kortudsnit visende cut & cover samt trug ved Als.

9.9.2.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene for projekteringen og udførelsen af denne borede tunnelløsning.

Projektering

Vandtrykket ved dybdepunktet på -75 m er i den høje ende, men det vurderes stadig at være inden for kendte grænser.

Den samlede projekteringsrisiko for tunnelen vurderes til at være **Forventeligt**

Udførelse

Både diameter og længden af tunnelen vurderes at være inden for kendte grænser. For at reducere anlægstiden er det her valgt at anvende 4 TBM'er. Dette reducerer samtidig risikoen under udførelsen, hvis en maskine går i stå.

Tunnelsegmenter antages støbt på en specialfabrik. Erfaring fx. fra Københavns Metro Cityringen og tilsvarende, viser at man indenfor grænserne for acceptable projekt risici, kan bygge tunnelsegmenter med høj produktionshastighed, høj effektivitet, lavt ressourceforbrug, leveret med transport til byggepladsen og stadig sikre en tilstrækkelig vandtætning og levetid (kvalitet).

Det samlede projektrisikobidrag fra udførelse vurderes at være **Forventeligt**.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgelsesområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en fast forbindelse bestående af en boret tunnel i korridor ALA10 vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation vurderes være **lavt**. Vurdering er beskrevet i afsnit 6.3.2.

Sejladsforhold

En tunnel vurderes ikke at påvirke sejladsforholdene. Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes derfor at være **lavt**.

Kollisionsrisiko

En tunnel vurderes ikke at påvirke kollisionsrisikoen. Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes derfor at være **lavt**.

9.10 Korridor ALA11

9.10.1 Korridorbeskrivelse

Denne korridor er udformet med udgangspunkt i ALA03. Tunnellen begynder i ilandføringspunktet Horne Syd på Fyn og slutter i ilandføringspunktet lige nord for Fynshav. Længden af korridoren mellem grænsefladerne til landanlæggene på henholdsvis Als og Fyn er 17,11 km. hvoraf tunnelstrækningen inkl. ramperne udgør ca. 13,1 km. Den undersøgte korridors placering er vist på Figur 9-87.


Korridoren er placeret tæt op af et eksisterende søkabel, optegnet med sort linje på Figur 9-87, men den borede tunnel vil ligge væsentligt under kablet på hav.



 Korridor [ALA11]

 Lillebæltsler

Marine naturtyper:

 1110 Sandbanker med lavvandet vedvarende

 1140 Mudder og sandflade blottet ved ebbe

 1150 *Kystlagune og strandsø

 1160 Større lavvandede bugter og vige

 1170 Rev (stenrev)

 1170 Rev (biogent rev)

 Højspændingskabel

Figur 9-87 Kortudsnit for korridor ALA11.

Ilandføringspunktet på Fyn, vist på Figur 9-91, er placeret på spidsen af Horne Næs, med det kystnære landskab præget af 8-12 m høje skrænter. For at opnå tilstrækkeligt jorddække og samtidig undgå en dyb cut & cover konstruktion, er det valgt at placere startkammeret 1,4 km inde i landet. På Figur 9-88 og Figur 9-89 inlandføringspunkterne på hhv. Fyn og Als vist.



Figur 9-88 Kortudsnit visende inlandføring af ALA11 på Fyn.



Figur 9-89 Kortudsnit visende ilandføring af ALA11 på Als.

Centerlinjen af korridoren er placeret således at den ikke krydser ind over den fredede private skov, stenrevet og Natura 2000 områderne. Da denne korridor kun inkluderer en boret tunnel med et startkammer placeret 1,4 km inde i landet, vil den passere under disse områder.

Ilandføringspunktet på Als, vist på Figur 9-90, er placeret nord for Fynshav Havn. Også her er centerlinjen placeret således at den ikke krydser de nærliggende beskyttede naturtyper.



Figur 9-90 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA11 på Als.



Figur 9-91 Kortudsnit visende placeringen af korridor ALA11 på Fyn.

Der er i denne korridor udelukkende undersøgt en løsning med en boret tunnel.

9.10.2 Løsning 11.1: Fynshav - Horne Syd (Boret tunnel)

Hovedmængderne for løsningen er vist i Tabel 9-9.

Tabel 9-9 Mængder for boret tunnelloøsning ALA11

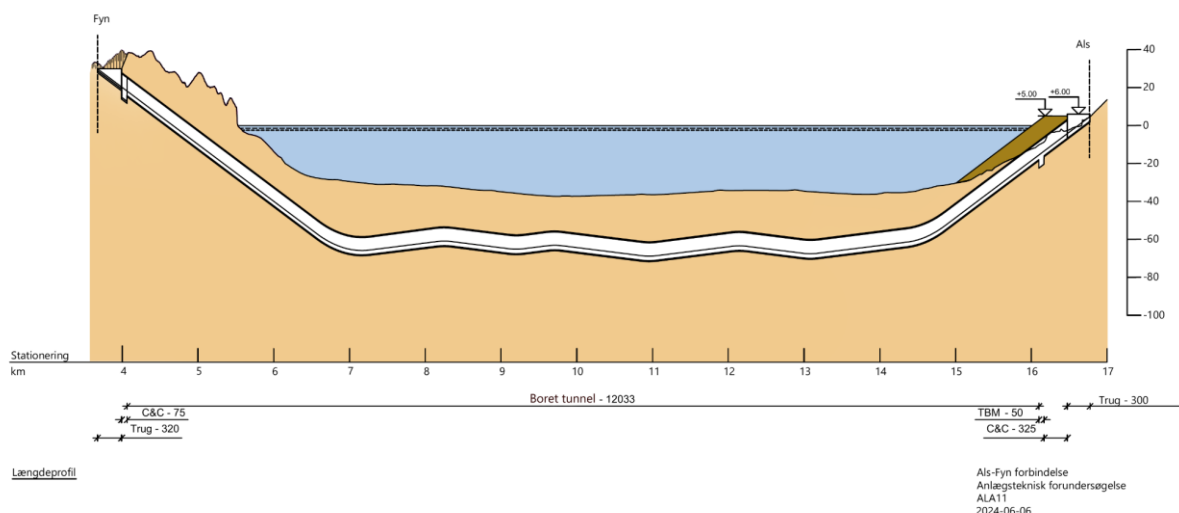
Tværsnit	Boret tunnel	C&C	Ramper	Længder
Basis	Beton: 12 km * 15,7 m ² * 2 ≈ 377.000 m ³	Beton: 0,45 km * 69,3 m ² * 1,5 ≈ 46.800 m ³	Bredde: 17,8 m Beton: 620 m * 21,8 m ² ≈ 13.500 m ³	Boret tunnel: 12 km Cut&cover: 450 m Ramper: 620 m Total: 13 km
	Totalt tværsnit (pr rør): 91,9 m ²	Totalt tværsnit: 260,55 m ²		
	Udgravning: 92 m ³ /m * 12 km * 2 ≈ 2.208.000 m ³			
	Tværtunneler: 48 stk			

9.10.2.1 Teknisk beskrivelse

Den valgte tekniske løsning som er undersøgt nærmere i denne del af forundersøgelsen, er en boret tunnel, hvor der bores 2 separate rør med hver sin tunnelboremaskine. Længden af hvert rør vil være 12,0 km lang. Dette er indenfor velkendte grænser, blandt andet baseret på den typiske levetid på TBM'ernes hovedlejer.

Start-/modtagekammeret er placeret 1,4 km inde i land på Fyn og ud for kysten ved Als.

Et udklip af længdeprofil af tunnelløsningen er optegnet i Figur 9-92, hvor Fyn er placeret til venstre og Als til højre. Længdeprofilen kan også ses på tegning AF-A-TT-ALA11-001.



Figur 9-92 Længdeprofil for den boret tunnelløsning langs ALA11.

Dybdepunktet er i kote -72 m, og er placeret midt mellem Als og Fyn.

Idet denne løsning består af to separate tunnelrør, vil det være nødvendigt at etablere tværtunneler langs hele strækningen, for etablering af teknikrum og for mulighed for evakuering til og indsats fra modsatte rør ved ulykke. En analyse af designet og udførelsen af disse tværtunneler skal foretages når relevante geotekniske parametre foreligger i en senere fase.

Arealerne som forventes påvirkede på Fyn og Als er næsten uændret fra ALA03, og der henvises derfor til beskrivelsen i afsnit 9.4.2.1 for dette samt for den undersøiske dæmning som også er nødvendig for ALA11.

9.10.2.2 Vurdering af projektrisikobidrag

Nedenfor præsenteres projektrisikobidragene for projekteringen og udførelsen af denne borede tunnelløsning.

Projektering

Vandtrykket ved dybdepunktet på -72 m er i den høje ende, men det vurderes stadig at være inden for kendte grænser.

Den samlede projekteringsrisiko for selve tunnelen vurderes til at være **Forventeligt** idet der skal håndteres projektering indenfor kendte problemstillinger.

Udførelse

Både diameter og længden af tunnelen vurderes at være inden for kendte grænser.

Tunnelsegmenter antages støbt på en specialfabrik. Erfaring fx. fra Københavns Metro Cityringen og tilsvarende, viser at man indenfor grænserne for acceptable projekt risici, kan bygge tunnelsegmenter med høj produktionshastighed, høj effektivitet, lavt ressourceforbrug, leveret med transport til byggepladsen og stadig sikre en tilstrækkelig vandtætning og levetid (kvalitet).

På baggrund af de geotekniske forhold, som er beskrevet i afsnit 5.1.2, er korridoren ført uden om lillebæltsleren.

Projektrisikobidraget fra udførelse vurderes til at være **Forventeligt**.

Geoteknik

Geotekniske forhold i forundersøgningsområdet er beskrevet i afsnit 5. Geotekniske forhold der kan påvirke den geotekniske projektrisiko vurdering er beskrevet i afsnit 5.1.

Geoteknikkens bidrag til projektrisikoen for en boret tunnel i korridor ALA11 vurderes at være **Forventeligt**.

Ventilation

Projektrisikobidraget relateret til Ventilation vurderes være **lavt**. Vurdering er beskrevet i afsnit 6.3.2.

Sejladsforhold

En boret tunnel vurderes ikke at påvirke sejladsforholdene. Projektrisikobidraget relateret til sejladsforhold vurderes derfor at være **lavt**.

Kollisionsrisiko

En boret tunnel vurderes ikke at påvirke kollisionsrisikoen. Projektrisikobidraget relateret til kollisionsrisiko vurderes derfor at være **lavt**.

10. SAMMENFATNING AF PROJEKTRISIKO

10.1 Indledning

I følgende to underafsnit er projektrisikobidragene sammenfattet for følgende 6 discipliner: Projektering, Udførelse, Geoteknik, Ventilation, Sejladsforhold, Skibsstød. For nærmere forklaring af disse henvises til afsnit 4.3.

For hver af disse discipliner er projektrisikobidraget vurderet i forhold til 4 projekrisikoniveauer: **Lavt**, **Forventeligt**, **Forhøjet** og **Højt**. For nærmere forklaring af disse kriterier henvises til afsnit 4.4.

Herudover er der en række projektrisikobidrag som ikke er vurderet i nærværende baggrundsrapport, såsom projektrisici forbundet med natur- og miljøforhold, planforhold, arkæologi samt ueksploderet ammunition (UXO).

10.2 Samlet vurdering

I det følgende afsnit er de vurderede niveauer af projektrisikobidrag for alle undersøgte korridorer vist samlet i skemaform. I kolonnerne yderst til højre er angivet et samlet niveau for de undersøgte projektrisikobidrag. Dette er sat til at være det samme som det højeste af bidragene for den enkelte korridor.

10.2.1 Tabeloversigt

Korridornavn	Bidrag til projektrisiko						Samlet vurdering
	Projektering	Udførelse	Geoteknik	Ventilation	Sejladsforhold	Skibsstød	
	Afsnit 7+8	Afsnit 7+8	Afsnit 5	Afsnit 6.2.2	Afsnit 8	Afsnit 8	
ALA01 – Løsning 1.1 Sænketunnel							
ALA02 – Løsning 2.1 Broløsning				Ikke relevant			
ALA02 – Løsning 2.2 Broløsning				Ikke relevant			
ALA02 – Løsning 2.3 Broløsning				Ikke relevant			
ALA02 – Løsning 2.4 Broløsning				Ikke relevant			
ALA02 – Løsning 2.5 Broløsning				Ikke relevant	^		
ALA02 – Løsning 2.6 Broløsning				Ikke relevant	^		
ALA02 – Løsning 2.7 Broløsning				Ikke relevant	^		
ALA02 – Løsning 2.8 Broløsning				Ikke relevant	^		
ALA02 – Løsning 2.9 Broløsning				Ikke relevant	Ikke vurderet	Ikke vurderet	
ALA02 – Løsning 2.10 Broløsning				Ikke relevant	Ikke vurderet	Ikke vurderet	
ALA02 – Løsning 2.11 Broløsning				Ikke relevant			
ALA02 – Løsning 2.12 Broløsning				Ikke relevant			
ALA02 – Løsning 2.13 Broløsning				Ikke relevant			
ALA02 – Løsning 2.14 Broløsning				Ikke relevant			
ALA03 – Løsning 3.1 Boret tunnel							
ALA04 – Løsning 4.1 Sænketunnel							
ALA05 – Løsning 5.1 Kombi løsning							
ALA07 – Løsning 7.1 Broløsning				Ikke relevant			
ALA07 – Løsning 7.2 Broløsning				Ikke relevant			
ALA07 – Løsning 7.3 Broløsning				Ikke relevant			
ALA07 – Løsning 7.4 Broløsning				Ikke relevant			

ALA07 – Løsning 7.5 Broløsning				Ikke relevant	^		
ALA07 – Løsning 7.6 Broløsning				Ikke relevant	^		
ALA07 – Løsning 7.7 Broløsning				Ikke relevant	^		
ALA07 – Løsning 7.8 Broløsning				Ikke relevant	^		
ALA09 – Løsning 9.1 Sænketunnel							
ALA10 – Løsning 10.1 Boret tunnel							
ALA11 – Løsning 11.1 Boret tunnel							

^) Vurderingen forudsætter politisk accept af at skibe over 175m ikke kan passere. Uden denne forudsatte accept vil risikobidraget være vurderet til højt. Farverne indikerer det vurderede projektrisikoniveau, **Lavt**, **Forventeligt**, **Forhøjet** og **Højt**. For nærmere forklaring af disse kriterier henvises til afsnit 4.4.

10.2.2 Bemærkninger til den samlede vurdering

Det har været styrende for løsningerne at de holdes så korte som muligt samt at ilandføringerne sker hensigtsmæssigt i forhold til det stejle terræn på særligt Fyn-siden.

De seks tunnelloøsninger betragtes som værende ligeværdige i forhold til opfyldelse af de anlægstekniske krav med udgangspunkt i usikkerheden der på nuværende tidspunkt er i forhold til det geotekniske grundlag i projektet. Dog har de nordvestlige løsninger samt ALA11 umiddelbart fordelene af ikke at inkludere fundering eller boring i Lillebæltsler.

For broløsningerne foretrækkes løsning 2.1, 2.11 og 7.1 med en skråningsbro med en gennemsejlings åbning på henholdsvis 500 m og 510 m og en gennemsejlingshøjde på 60 m, da dette vurderes at opfylde kravene til sejladsstrafikken på hensigtsmæssig vis, hvorimod de rene bjælkebrosløsninger som 2.5 og 7.5 resulterer i restriktioner på størrelsen af skibe, som vil kunne benytte farvandet mellem Als og Fyn herunder besejle Aabenraa havn i fremtiden.

Det er en forudsætning for de rene bjælkebrosløsningerne, at der opnås politisk accept af begrænsningen af skibstrafikken i området for skibe længere end 175 m. Uden politisk accept af begrænsningen vurderes projektrisikobidraget for sejladsforhold for de rene bjælkebrosløsninger at være højt.

Ved sammenligning af korridor ALA02 med ALA07, vil ALA02 resultere i fundering på Lillebæltsler, hvor der må forventes sætningsforløb der løber over mange år, måske hele broens levetid. Yderligere har løsningen de største skibsstødlaster, som øger projektets samlede risikoprofil. Fremtidige undersøgelser bør afklare de præcise karakteristika og omfang for den fundne Lillebæltsler samt jordbundsforhold i øvrigt, inden det kan endeligt konkluderes hvilken af de to korridorer, der giver den mest hensigtsmæssige løsning. Yderligere skal der udføres mere detaljerede analyser til afklaring af påvirkningen fra skibstrafikken, som beskrevet i afsnit 13 inden det kan endeligt besluttes hvilken broløsning, der foretrækkes.

Ved udviklingen af kombi-løsningen har projektet forsøgt at udnytte det forhold, at en tunnelloøsning udmærker sig ved at risikoen for skibsstød i den permanente situation er minimal

grundet den store vanddybde (40 m) i området kombineret med en bjælkebro, hvor størrelsen af skibene, der skal passere er mindre, og dermed reducerer risikoen for store skibsstødslaster. En ulempe ved løsningen er dog, at den bliver lidt længere for at kunne etablere den kunstige ø på det lavtvandede område i den sydlige ende af Søndre Stenrøn. Det lavvandede område er et hensigtsmæssigt sted at placere den kunstige ø, da omfanget af tilfyld til opbygning af den kunstige ø begrænses.

11. ANLÆGSTEKNISK TIDSPLAN

En grov anlægsteknisk tidsplan for hver af løsningerne præsenteres i dette afsnit.

11.1 ALA01 – Sænketunnel

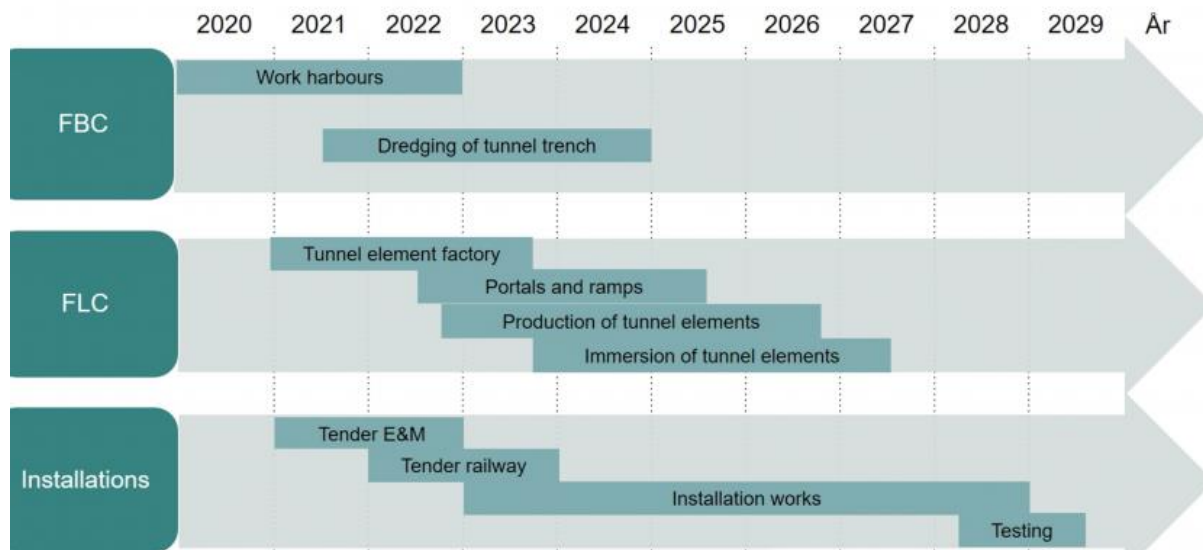
For løsningen ALA01 forventes sænketunnelen bygget fra både Fyn og Als. Da der er væsentlig mere plads på land nær kysten på Fyn end ved Fynshav på Als, vil materiale og logistik for løbende færdiggørelse af de indvendige arbejder i tunnelen primært komme fra Fyn.

På nuværende tidspunkt betragtes følgende aktiviteter for anlægstidsplanen for en sænketunnelløsning.

1. Design
2. Mobilisering inkl. ombygning af elementfabrikken anvendt til Femern forbindelsen
3. Udgravning
4. Etablering af portal ved Fyn
5. Etablering af portal ved Als
6. Produktion af elementer
7. Installering af elementer, closure joint og færdiggørelse af alt betonarbejder
8. Tilbagefyldning over elementerne
9. Installationer

Generelt, tages der udgangspunkt i anlægstidsplanen for Femern forbindelsen, som er vist i Figur 11-1. Femern forbindelsen er udført i kontraktformen design og build.

Main construction schedule



Figur 11-1 Anlægsteknisk tidsplan for Femern forbindelsen, som er 18 km lang.
<https://www.femern.info/da/news/saadan-er-tidsplanen-femern-projektet>

Nedenfor præsenteres de anlægstekniske tidsmæssige antagelser for de forskellige aktiviteter.

Design

Det forventes, at designet af en sænketunnelløsning kan laves på to år.

Typisk vil man starte med at designe de midlertidige arbejder og foranstaltninger, der skal på plads først forud for mobiliseringen. Herefter designer man permanente arbejder, hvilket gør, at man kan starte mobilisering op parallelt med at design af permanente arbejder færdiggøres.

Mobilisering inkl. ombygning af elementfabrikken anvendt til Femern forbindelsen

Mobiliseringen af byggeplads ved ilandføringspunkterne samt ombygningen af elementfabrikken som på nuværende tidspunkt anvendes til Femernforbindelsen antages at kunne starte op efter ca. et halvt år og samlet set vil tage et år. Det er på nuværende tidspunkt svært at vurdere omfanget af den nødvendige ombygning af elementfabrikken, da fabrikken kan nå at blive bygget om til et andet anlægsprojekt, inden den skal anvendes til dette projekt.

Det forventes, at alle fem produktionslinjer til standardelementerne og produktionslinjen til specialelementerne vil blive anvendt.

Udgravning

For udgravningen af renden til sænketunnelen forventes fremdriften at være 100 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet. Denne fremdrift afhænger selvfølgelig af antallet af maskiner, der er tilgængelige, hvor mange maskiner man ønsker, at der arbejder samtidig og hvordan det udgravede materiale skal håndteres og hvor det skal deponeres. På Femern projektet er der krav vedrørende tilladte sedimentspildsmængder. Kravene er relateret til områder og perioder. Dermed er der i den forventede fremdrift i nogen grad allerede inkluderet afværgetiltag for at styre sedimentspildet.

Renden til sænketunnel er 12,4 km for løsning ALA01, hvilket resulterer i en total varighed på 31 måneder for udgravningen til renden. Dette arbejde forventes at kunne starte op ca. 14 måneder efter opstart af design.

Etablering af portal ved Fyn

Portalen ved Fyn forventes at kunne etableres på 24 måneder, hvilket er hurtigere end for Femern, da portalerne for forbindelsen mellem Als og Fyn er mindre og mere simple. Det forventes, at arbejdet med etableringen af portalen ved Fyn kan startes op ca. 8 måneder efter opstart af design.

Etablering af portal ved Als

Portalen ved Als forventes at kunne etableres på 24 måneder, hvilket er hurtigere end for Femern, da portalerne for forbindelsen mellem Als og Fyn forventes at være mere simple.

Produktion af elementer

For produktionen af tunnelelementer forventes fremdriften at være ca. 85 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet.

Det forventes, at det vil tage ca. 37 måneder at producere alle elementerne og at arbejdet kan starte op ca. 9 måneder efter opstarten af ombygningen af elementfabrikken dog under forudsætning af en accepteret betonmix. Dette afhænger selvfølgelig af, hvor meget det er nødvendigt at bygge om, hvilket på nuværende tidspunkt er uvist.

Installering af elementer, closure joint og færdiggørelse af alt betonarbejder

For installeringen af sænketunnelelementer forventes fremdriften at følge tidsplanen for produktionen af elementer, mens arbejdet med installeringen forventes at kunne starte op ca. 8 måneder efter opstarten af produktionen af elementerne.

Det forventes, at det vil tage ca. 37 måneder at transportere, nedsænke og installere alle sænketunnelelementer.

Tilbagefyldning over elementerne

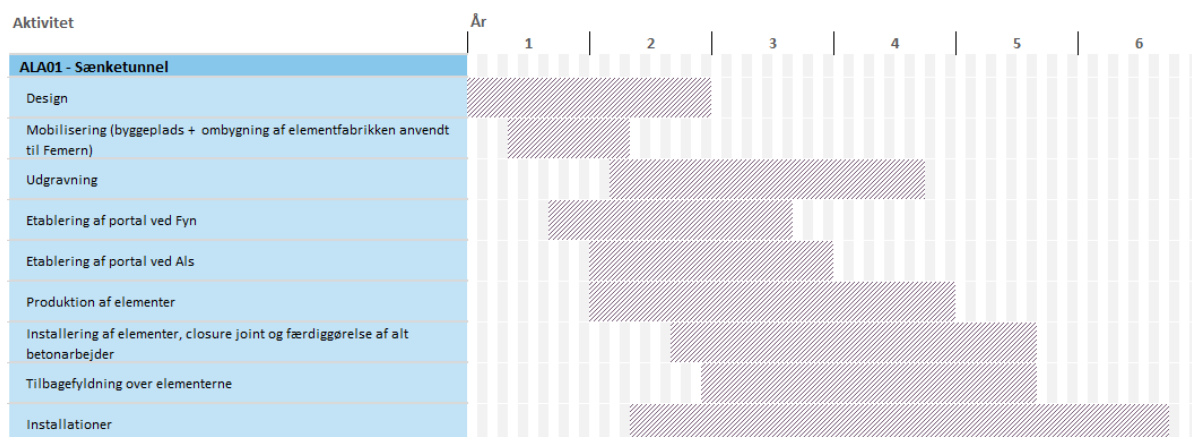
For tilbagefyldningen over elementerne, etablering af indre ballast samt færdiggørelse af forskydningslåsene forventes fremdriften at være ca. 92 m/uge.

Det forventes, at det vil tage ca. 34 måneder at få etableret locking fill og beskyttelse af sænketunnelen samt etablering af indre ballast og færdiggørelse af forskydningslåsene. Arbejdet forventes at kunne startes op ca. 3 måneder efter opstarten af installeringen af elementerne.

Installationer

For udførelse af installationer forventes fremdriften at være ca. 58 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet. Installeringen af installationer forventes som for Femern at blive påbegyndt allerede før elementerne gøres klar til sænkning for at reducere installationstiden.

Den anlægstekniske tidsplan for løsning ALA01 er vist i Figur 11-2.



Figur 11-2 Anlægsteknisk tidsplan for sænkettunnelløsning ALA01.

11.2 ALA02 – Bro

Korridoren ALA02 består af en broløsning bestående af 9,305 km bjælkebro med 110 m fag, og 1,105 km skråstagsbro med et gennemsejlingsfag på 550 m.

Udover general erfaring fra store danske broprojekter, har erfaringer fra den Nye Storstrømsbro, Øresundsbroen, samt Storebælt Vestbro dannet grundlag for estimater af anlægsaktiviteter, som havde samlede design- og byggeperioder på følgende:

- Ny Storstrømsbro: 6 år
- Øresundsbroen: 4,5 år
- Storebælt Vestbro: 4-5 år

Derudover har erfaring fra Queensferry Crossing i Skotland, samt Peljesac broen i Kroatien også dannet ramme for opstillingen af den anlægstekniske tidsplan.

For nuværende betragtes følgende aktiviteter for anlægstidsplanen for en bro løsning:

1. Design
2. Mobilisering
3. Anlæg af midlertidig arbejdsdæmning på Fyn
4. Etablering af dæmning ved Als og på Fyn
5. Anlæg af endevederlag
6. Anlæg af direkte funderede bropiller
7. Anlæg af borede pæle til højt pæleværk (Bjælkebro)
8. Produktion og installation/etablering af sænkekasser og bropiller på højt pæleværk (Bjælkebro)
9. Produktion, løft og etablering af overbygning (Bjælkebro)
10. Anlæg af borede pæle til højt pæleværk (Skråstagsbro)
11. Produktion og installation af sænkekasser (Skråstagsbro)
12. Etablering af de to pyloner (Skråstagsbro)
13. Produktion af ståldrager overbygning (Skråstagsbro)
14. Etablering af udkragede dele af kompositoverbygning omkring pyloner (Skråstagsbro)
15. Balanceret løft af kompositbrodrager omkring pyloner, samt installation af stæg
16. Installationer, broudstyr og afsluttende arbejder

Det er i anlægstidsplanen antaget at bjælkebroen og skråstagsbroen udføres af to forskellige sjak.

Den anlægstekniske tidsplan er præsenteret i Figur 11-3, og de forskellige poster er beskrevet forneden.

Design

Det forventes at projekteringen af en ny broforbindelse kan udføres på halvandet år, samt at dette er det første der sættes i gang.

Mobilisering

Indeholder mobilisering af byggeplads samt ombygning af elementfabrik ved Rødby Havn. Forventes at tager 9 måneder, med opstart 1 måned efter projektopstart.

Anlæg af midlertidig arbejdsdæmning

Indeholder anlæg af midlertidig perimeter dæmning ved Fyn, samt anlæg af kofferdams (spunskasser) til in-situ støbning af direkte fundamenter, placeret på vanddybder mindre end 6 meter (4 stk. bropille fundamenter). Det antages at der kan anlægges 80 m/måned, der dog kompliceres af dårlig adgang fra land. Det antages at der kan etableres to kofferdams om måneden. Der skal anlægges ca. 400 m midlertidig dæmning, hvilket leder til en samlet anlægstid på 5 måneder, samt 2 måneder til anlæg af spunskasser. Arbejde antages at kunne opstartes 6 måneder efter projekt start.

Etablering af dæmning ved Als og på Fyn

Indeholder etablering af en ca. 600 m lang permanent dæmning fra kyst og ved land på Als, samt en ca. 200 m lang permanent dæmning på 15-30 m fra skrænten på Fyn. Det antages at der kan etableres 80 m/måned, resulterende i en total anlægsperiode på 10 måneder. Etablering af dæmninger antages at kunne starte, 6 måneder efter projekt opstart.

Anlæg af endevederlag

Indeholder anlæg af endevederlag i dæmninger på Als of Fyn. En anlægsperiode på 3 måneder antages, med opstart i slutningen af anlægsperioden for dæmningerne.

Anlæg af direkte funderede bropiller

Indeholder in-situ støbning af fundamenter og bropiller i kofferdamme i midlertidig dæmning nær Fyn, forberedende arbejder på havbund, præfabrikation af caissoner med pilleskraft, transport af caissoner med pilleskraft, etablering af resterende bropille ved fx præfabrikerede elementer eller in-situ støbning, samt anlæg af erosionsbeskyttelse. Præfabrikerede caissoner antages produceret på elementfabrik ved Rødby Havn, og transporteret til pladsen via søvejen. Det antages at der kan anlægges 1½ bropille om måneden. Det antages at arbejdet kan startes 13 måneder efter projekt start.

Anlæg af borede pæle til højt pæleværk (Bjælkebro)

Indeholder installation af stålrør, udpumpning, samt in-situ støbning af beton. Stålrør kan leveres i segmenter eller fuld længde, og antages transporteret til pladsen via søvejen. Det antages at der kan installeres 16 pæle om måneden. Det antages at første stålrør kan bestilles 3 måneder efter projekt start, og at det tager 9 måneder for fabrikation og transport. Arbejdet kan derfor startes 12 måneder efter projekt start.

Produktion og installation/etablering af sænkekasser og bropiller (Bjælkebro)

Pælehætter og bropiller kan enten præfabrikeres og transporteres til pladsen via søvejen, eller in-situ støbes på pladsen i kofferdamme. Installation/etablering kan opstartes umiddelbart efter de borede pæle for et fundament er anlagt. Det antages at arbejdet igangsættes to måneder efter

anlægget af det borede pæle er igangsat. Det antages at der kan anlægges 1½ pælehætte med bropille om måneden.

Produktion, løft og etablering af overbygning (Bjælkebro)

Indeholder produktion af overbygningselementer, transport, samt løft og etablering. Det antages at transport fra elementfabrik foretages via søvejen, samt at der kan anlægges 180 meter brooverbygning per måned. Løft af de først overbygningselementer kan foretages umiddelbart efter de første bropiller er etableret, og antages startet 4 måneder efter opstart af arbejdet på bropillerne.

Anlæg af borede pæle til højt pæleværk (Skråstagsbro)

Indeholder installation af stålrør, udpumpning, samt in-situ støbning af beton. Stålrør kan leveres i segmenter eller fuld længde, og antages transporteret til pladsen via søvejen. Det antages at der kan installeres 16 pæle om måneden. Det antages at arbejdet på skråstagsbroen udføres af et andet sjak, end det der udfører bjælkebroen. Det antages at arbejdet startes 18 måneder efter projekt start.

Produktion og installation af sænkekasser (Skråstagsbro)

Det antages at pælehætter udføres som præfabrikerede sænkekasser og transporteres til pladsen via søvejen, og installeres. På denne måde kan produktionen af pælehætten startes inden, arbejdet med de borede pæle påbegyndes. Det antages at arbejdet igangsættes 6 måneder før anlægget af det borede pæle er igangsættes. Det antages at hver pælehætte tager 9 måneder at anlægge.

Etablering af nordlig pylon (Skråstagsbro)

Etablering af pylon via in-situ støbning med fx klatreform. Arbejdet startes efter pælehætte er etableret. Det antages at der kan støbes 10 m om måneden. Dette resulterer i en samlet anlægsperiode på 13 måneder. Arbejdet kan igangsættes umiddelbart efter første sænkekasse er etableret.

Etablering af sydlig pylon (Skråstagsbro)

Etablering af pylon via in-situ støbning med fx klatreform. Arbejdet startes efter pælehætte er etableret. Det antages at der kan støbes 10 m om måneden. Dette resulterer i en samlet anlægsperiode på 13 måneder. Arbejdet kan igangsættes umiddelbart efter første sænkekasse er etableret.

Produktion af ståldrager til overbygning (Skråstagsbro)

Ståldragerer til kompositoverbygningen produceres på eksternt stålværk og transporteres til pladsen via fx søvejen. Det antages at der kan produceres 100 m ståldrager om måneden, og at kompositoverbygningen består af to ståldragerer. Produktionen antages at kunne igangsættes 18 måneder efter projekt start.

Etablering af udkragede dele af kompositoverbygning omkring pyloner (Skråstagsbro)

Brodrager omkring pyloner anlægges på stillads monteret på pylon sider. Indeholder løft af ståldragerer, samt in-situ støbning af betondæk. Det antages at der kan anlægges 20 m brodrager om måneden, og at arbejdet kan startes op umiddelbart inden pylonerne, er færdigstøbt.

Balanceret løft af kompositbrodrager omkring pyloner, samt installation af stag (Skråstagsbro)

Kompositbrodrageren antages installeret ved fri frembygning omkring pylonerne, hvor kompositdrager segmenter løftes på en balanceret måde omkring pylonerne, ved brug af løftegrej

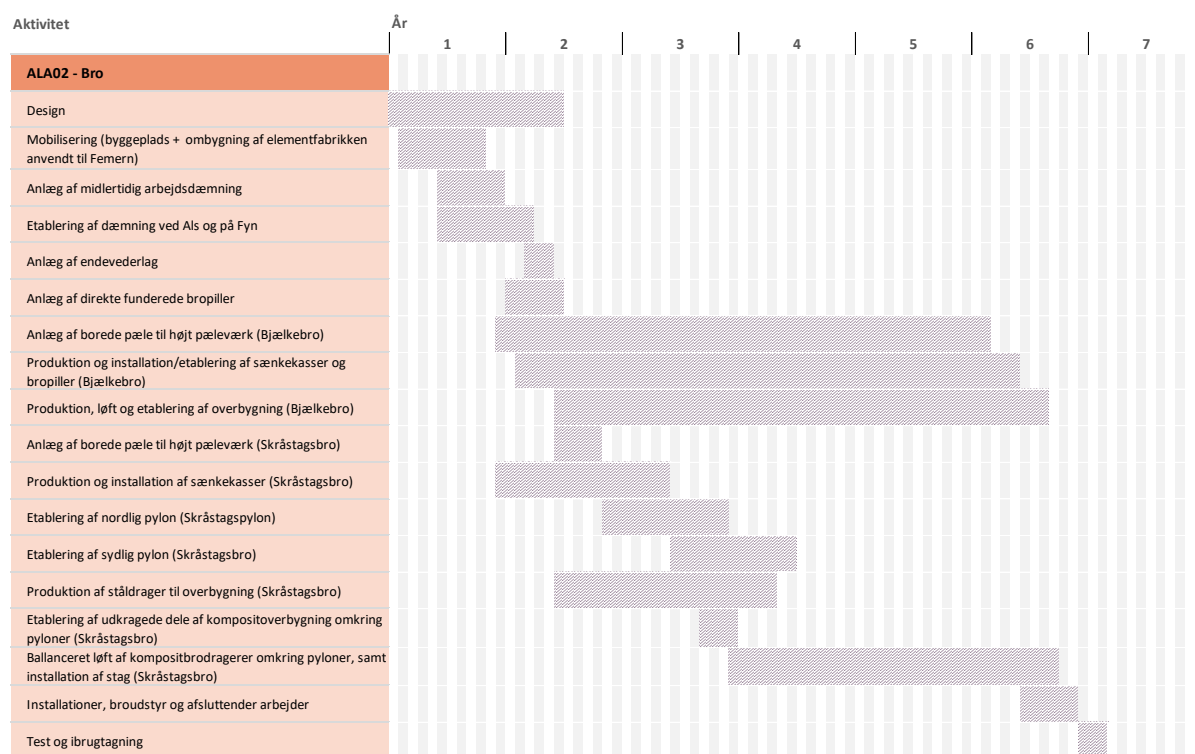
på de etablerede overbygningsudkragninger. Det antages at segmenter løftes med betondæk støbt. Posten indeholder også installation af stag, som installeres under hvert løft. Der antages en segmentlængde på 16 m, samt en installationscyklus på 14 dage, indeholdende løft, svejsning, sammenstøbning og installation af stag.

Installationer, broudstyr og afsluttende arbejder

Indeholder afsluttende arbejder, såsom installation af broudstyr og færdiggørelse af belægning. En varighed på 6 måneder antages.

Test og ibrugtagning

Der afsættes 3 måneder efter broen er afleveret til test og ibrugtagning.



Figur 11-3 Anlægsteknisk tidsplan for broløsning ALA02

For broløsningen vil det være muligt at forkorte anlægstiden for broløsningen ved at indføre flere arbejdsfronter, da flere arbejdsfronter giver mulighed for at have flere aktiviteter i gang parallelt.

11.3 ALA03 – Boret tunnel

For løsningen ALA03 forventes tunnelerne boret fra Fyn mod Als, da der er væsentlig mere plads til en afsendergrube og byggeplads på Fyn end ved Fynshav på Als.

Grundet den overordnede byggetakt, er etableringen af portalerne delt op i to aktiviteter, da det forventes at portalen ved Fynshav kan etableres væsentlig senere end ved Fyn.

På nuværende tidspunkt betragtes følgende aktiviteter for anlægstidsplanen for en boret tunnelloøsning.

1. Design

2. Produktion af TBM
3. Mobilisering (byggeplads + TBM)
4. Produktion af elementer
5. Etablering af portal på Fyn
6. Etablering af dæmning ved Als
7. Etablering af portal ved ALS
8. Boring
9. Etablering af tværtunneler (inkl. jordforbedrende arbejder)
10. Installationer

Design

Det forventes, at designet af en boret tunnelloøsning kan laves på to år og at det er det første der startes op.

Produktion af TBM

Til denne løsning, forudsættes det, at der anvendes to tunnelboremaskiner, én til hvert rør. Hvis en mere robust og hurtigere løsning ønskes, kan der anvendes fire tunnelboremaskiner, så hvert rør bores fra begge sider. Udfordringen ved dette er den begrænsede plads til mobilisering af afsendergruben ved Fynshav og placering af tunnelborebyggeplads.

Produktionen af de to tunnelboremaskiner, som forventes anvendt til denne løsning, forventes tage et år og at arbejdet kan starte op 8 måneder efter opstarten af designfasen.

Mobilisering (byggeplads + TBM)

Mobiliseringen af byggeplads for de to tunnelboremaskiner forventes at tage to år og at det kan starte op fire måneder efter opstarten af designfasen.

Produktion af tunnelsegmenter

Produktionen af tunnelsegmenter forventes at foregå på en allerede eksisterende fabrik og at de herefter transporteres via fx søveje til Fyn, hvor afsendergruben er forudsat placeret. Alternativt kan de produceres på en fabrik nær afsendergruben på Fyn.

Det er vigtigt, at produktionen af elementer tilpasses fremdriften af tunneleringsarbejdet, så der aldrig mangler tunnelelementer, men at der samtidig ikke skal bruges for meget plads til opbevaring af elementerne. På nuværende tidspunkt vurderes det sandsynligt, at det vil tage 40 måneder at producere elementerne, og at arbejdet påbegyndes således, at alle elementerne er færdige når der er seks måneder tilbage af tunneleringsarbejdet.

Etablering af portal på Fyn

Portalen på Fyn forventes at kunne etableres på 30 måneder, med opstart ca. 10 måneder efter opstart af designfasen. Portalen er vurderet at kunne være klar til opstart af TBM'er efter ca. 8 måneder.

Etablering af dæmning ved Als

I forbindelse med etableringen af portaler og inden tunnelboremaskinerne når renden ved Als, er det nødvendigt at etablere en permanent opfyldning over tunneltracéet og en dæmning ud for Als' kyst. Det forventes, at dette arbejde vil tage ca. ét år og kan startes op således at dæmningen er færdig inden etableringen af portalen ved Als startes op.

Etablering af portal ved Als

Portalen ved Fyns hav forventes at kunne etableres på 30 måneder. Arbejdet med etableringen af portalen ved Als skal starte så modtagegruben er klar til tunnelboremaskinernes ankomst. Hvis det vælges at anvende 4 boremaskiner skal etableringen af byggeplads og opstart af borearbejdet ligge parallelt med etableringen af portalen på Fyn og opstarten af boremaskinerne fra denne side.

Boring

Under forudsætning af at der anvendes to tunnelboremaskiner, én til hvert rør, forventes boringen af de to tunnelrør at tage ca. 41 måneder, svarende til en fremdrift på 73 m/uge. Det forventes, at dette arbejde kan starte op efter at tunnelboremaskinerne er blevet mobiliseret på pladsen. Hvis det vælges at anvende 4 boremaskiner, kan tiden for boring af tunnelerne reduceres med ca. 1½ år.

Etablering af tværtunneler (inkl. jordforbedrende arbejder) samt indretning af tværsnittet (fx opfyldning for belægning)

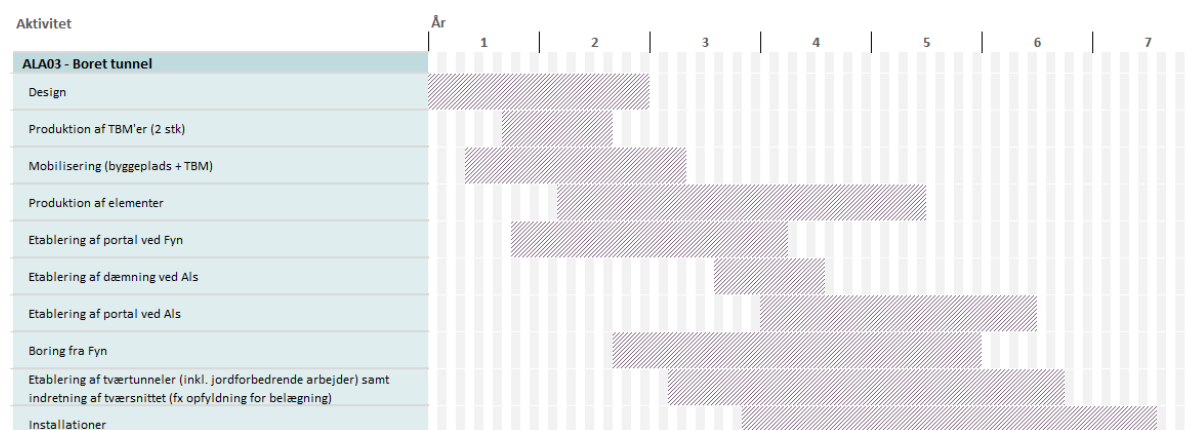
Arbejdet med etableringen af tværtunneler, inkl. den nødvendige jordforbedring, samt indretningen af tværsnittet forventes at kunne starte op 6 måneder efter opstarten af tunneleringsarbejdet og at det vil fortsætte 9 måneder efter at begge rør er boret færdig.

Installationer

Arbejderne med udførelsen af installationerne i portalerne er forudsat at starte op 3 måneder før de sidste anlægsarbejder og vil pågå parallelt med installationerne i hovedtunneler og tværtunneler.

Arbejdet med udførelsen af installationer i tunnelen forventes at kunne starte op 8 måneder efter opstarten af etableringen af tværtunneler, og at det vil fortsætte 10 måneder efter at alle tværtunneler er etableret.

Den anlægstekniske tidsplan for løsning ALA03 er vist i Figur 11-4.



Figur 11-4 Anlægsteknisk tidsplan for løsning ALA03 for en boret tunnel.

11.4 ALA04 – Sænketunnel

For løsningen ALA04 forventes sænketunnelen bygget fra både Fyn og Als. Da der er væsentlig mere plads på land nær kysten på Fyn end ved Fynshav på Als, vil materiale og logistik for løbende færdiggørelse af de indvendige arbejder i tunnelen primært komme fra Fyn.

På nuværende tidspunkt betragtes følgende aktiviteter for anlægstidsplanen for en sænketunnelløsning.

1. Design
2. Mobilisering inkl. ombygning af elementfabrikken anvendt til Femern forbindelsen
3. Udgravning
4. Etablering af portal ved Fyn
5. Produktion af elementer
6. Etablering af portal ved Als
7. Installering af elementer, closure joint og færdiggørelse af alt betonarbejder
8. Tilbagefyldning over elementerne
9. Installationer

Generelt, tages der udgangspunkt i anlægstidsplanen for Femern forbindelsen, som er vist i Figur 11-1.

Nedenfor præsenteres de anlægstekniske tidsmæssige antagelser for de forskellige aktiviteter.

Design

Det forventes, at designet af en sænketunnelløsning kan laves på to år.

Typisk vil man starte med at designe de midlertidige arbejder og foranstaltninger, der skal på plads først forud for mobiliseringen. Herefter designer man permanente arbejder, hvilket gør, at man kan starte mobilisering op parallelt med at design af permanente arbejder færdiggøres.

Mobilisering inkl. ombygning af elementfabrikken anvendt til Femern forbindelsen

Mobiliseringen af byggeplads ved ilandføringspunkterne samt ombygningen af elementfabrikken, som på nuværende tidspunkt anvendes til Femernforbindelsen antages at kunne starte op efter ca. et halvt år og samlet set vil tage et år. Det er på nuværende tidspunkt svært at vurdere omfanget af den nødvendige ombygning af elementfabrikken, da fabrikken kan nå at blive bygget om til et andet anlægsprojekt, inden den skal anvendes til dette projekt.

Det forventes, at alle fem produktionslinjer til standardelementerne og produktionslinjen til specialelementerne vil blive anvendt.

Udgravning

For udgravningen af renden til sænketunnelen forventes fremdriften at være 100 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet. Denne fremdrift afhænger selvfølgelig af antallet af maskiner, der er tilgængelige, hvor mange maskiner man ønsker, at der arbejder samtidig og hvordan det udgravede materiale skal håndteres og hvor det skal deponeres. På Femern projektet er der krav vedrørende tilladte sedimentspildsmængder. Kravene er relateret til områder og perioder. Dermed er der i den forventede fremdrift i nogen grad allerede inkluderet afværgetiltag for at styre sedimentspildet.

Renden til sænketunnel er 12,3 km for løsning ALA04, hvilket resulterer i en total varighed på 31 måneder for udgravningen til renden. Dette arbejde forventes at kunne starte op ca. 14 måneder efter opstart af design.

Etablering af portal ved Fyn

Portalen ved Fyn forventes at kunne etableres på 24 måneder, hvilket er hurtigere end for Femern, da portalerne for forbindelsen mellem Als og Fyn er mindre og mere simple. Det

forventes, at arbejdet med etableringen af portalen ved Fyn kan startes op ca. 8 måneder efter opstart af design.

Etablering af portal ved Als

Portalen ved Als forventes at kunne etableres på 24 måneder, hvilket er hurtigere end for Femern, da portalerne for forbindelsen mellem Als og Fyn forventes at være mere simple.

Produktion af elementer

For produktionen af tunnelelementer forventes fremdriften at være ca. 85 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet.

Det forventes, at det vil tage ca. 36 måneder at producere alle elementerne og at arbejdet kan starte op ca. 9 måneder efter opstarten af ombygningen af elementfabrikken dog under forudsætning af en accepteret betonmix. Dette afhænger selvfølgelig af, hvor meget det er nødvendigt at bygge om, hvilket på nuværende tidspunkt er uvist.

Installering af elementer, closure joint og færdiggørelse af alt betonarbejder

For installeringen af sænketunnelelementer forventes fremdriften at følge tidsplanen for produktionen af elementer, mens arbejdet med installeringen forventes at kunne starte op ca. 8 måneder efter opstarten af produktionen af elementerne.

Closure joint er valgt placeret tæt på Fynshav, for at den ikke ligger for dybt og for at udføre størstedelen af færdiggørelsesarbejderne fra Fyn, hvor der er bedre plads.

Det forventes, at det vil tage ca. 36 måneder at transportere, nedsænke og installere alle sænketunnelelementer.

Tilbagefyldning over elementerne

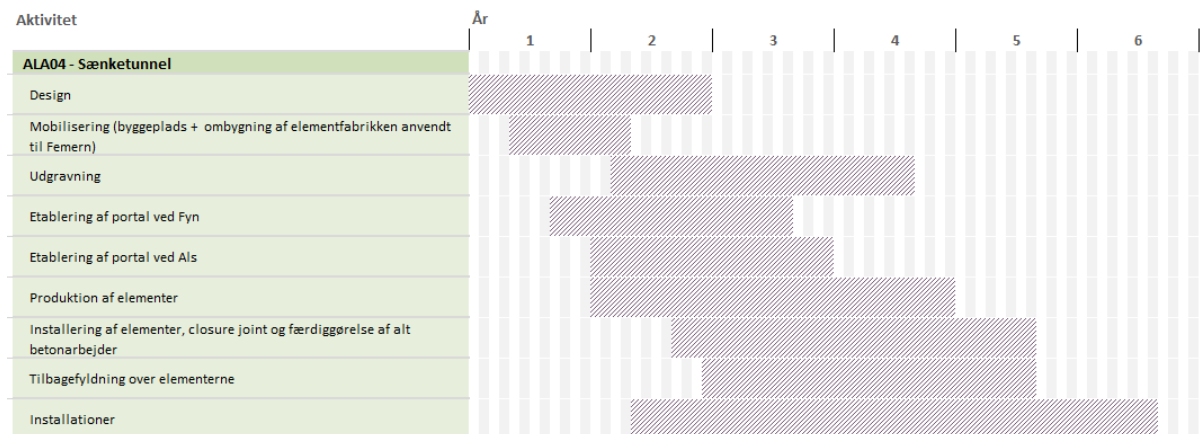
For tilbagefyldningen over elementerne, etablering af indre ballast samt færdiggørelse af forskydningslåsene forventes fremdriften at være ca. 92 m/uge.

Det forventes, at det vil tage ca. 33 måneder at få etableret locking fill og beskyttelse af sænketunnelen samt etablering af indre ballast og færdiggørelse af forskydningslåsene. Arbejdet forventes at kunne startes op ca. 3 måneder efter opstarten af installeringen af elementerne.

Installationer

For udførelse af installationer forventes fremdriften at være ca. 58 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet. Installeringen af installationer forventes som for Femern at blive påbegyndt allerede før elementerne gøres klar til sænkning for at reducere installationstiden.

Den anlægstekniske tidsplan for løsning ALA04 er vist i Figur 11-5.



Figur 11-5 Anlægsteknisk tidsplan for sænketunneløsning ALA04.

11.5 ALA05 – Kombineret Bro/sænketunnel

På nuværende tidspunkt betragtes følgende aktiviteter for anlægstidsplanen for en løsning indeholdende både en sænketunnel, en kunstig ø samt en bro:

1. Design
2. Mobilisering inkl. ombygning af elementfabrikken anvendt til Femern forbindelsen. (Specifikke produktionslinjer anvendes til hhv. produktion af bro- og tunnelelementer)
3. Etablering af kunstig ø
4. Udgravning
5. Etablering af portal ved kunstig ø
6. Etablering af portal ved Als
7. Produktion af elementer
8. Installerings af elementer, closure joint og færdiggørelse af alt betonarbejder
9. Tilbagefyldning over elementerne
10. Installationer
11. Udgravning af arbejdskanaler
12. Etablering af dæmning på Fyn
13. Anlæg af endevederlag
14. Anlæg af direkte funderede bropiller
15. Anlæg af bropiller på højt pæleværk (Etablering af borede pæle)
16. Anlæg af bropiller på højt pæleværk (Etablering af sænkekasse og bropiller)
17. Produktion og installation af overbygningselementer produceret på Femern elementfabrikken
18. Broudstyr og afsluttende arbejder

Design

Det forventes, at designet af en kombineret løsning kan laves på to år.

Mobilisering inkl. ombygning af elementfabrikken anvendt til Femern forbindelsen

Mobiliseringen af byggeplads ved ilandføringspunkterne samt ombygningen af elementfabrikken, som på nuværende tidspunkt anvendes til Femernforbindelsen antages at kunne starte op efter ca. et halvt år og samlet set vil tage et år. Det er på nuværende tidspunkt svært at vurdere omfanget af den nødvendige ombygning af elementfabrikken, da fabrikken kan nå at blive bygget om til et andet anlægsprojekt, inden den skal anvendes til dette projekt.

Det forventes, at der skal anvendes tre produktionslinjer til standardelementerne til sænketunnelen vil blive anvendt.

Etablering af kunstig ø

Det forventes, at det tager tre år at etablere den kunstige ø og at arbejdet kan startes op, ca. fem måneder efter opstart af designet.

Udgravning

For udgravningen af renden til sænketunnelen forventes fremdriften at være 70 m/uge. Dette fordi det antages, at der benyttes færre maskiner for en kort strækning end antaget for ALA01 og ALA04. Denne fremdrift afhænger selvfølgelig af antallet af maskiner, der er tilgængelige, hvor mange maskiner man ønsker, at der arbejder samtidig og hvordan det udgravede materiale skal håndteres, og hvor det skal deponeres. Derudover kan fremdriften også risikere at blive reduceret, hvis der skal etableres specielle tiltag for at minimere sedimentspildet.

Renden til sænketunnel er 3,8 km for løsning ALA05, hvilket resulterer i en total varighed på 14 måneder for udgravningen til renden. Dette arbejde forventes at kunne starte op ca. 14 måneder efter opstart af design.

Etablering af portal ved kunstig ø

Portalen ved den kunstige ø forventes at kunne etableres på 24 måneder, hvilket er hurtigere end for Femern, da portalerne for forbindelsen mellem Als og Fyn er mindre og mere simple. Det forventes, at arbejdet med etableringen af portalen ved Fyn kan startes op ca. 15 måneder efter opstart af etableringen af den kunstige ø.

Etablering af portal ved Als

Portalen ved Als forventes at kunne etableres på 24 måneder, hvilket er hurtigere end for Femern, da portalerne for forbindelsen mellem Als og Fyn forventes at være mere simple.

Produktion af elementer

For produktionen af tunnelelementer forventes fremdriften at være ca. 51 m/uge hvilket svarer til 3/5 i forhold til de andre sænketunnelløsninger. Dette skyldes, at det antages, at kun 3/5 af produktionslinjerne anvendes til sænketunnelelementer og de resterende produktionslinjer anvendes til broløsningen.

Det forventes, at det vil tage ca. 19 måneder at producere alle elementerne og at arbejdet kan starte op ca. 9 måneder efter opstarten af ombygningen af elementfabrikken dog under forudsætning af en accepteret betonmix. Dette afhænger selvfølgelig af, hvor meget det er nødvendigt at bygge om, hvilket på nuværende tidspunkt er uvist.

Installering af elementer, closure joint og færdiggørelse af alt betonarbejder

For installeringen af sænketunnelelementer forventes fremdriften at følge tidsplanen for produktionen af elementer, mens arbejdet med installeringen forventes at kunne starte op ca. 12 måneder efter opstarten af produktionen af elementerne.

Det forventes, at det vil tage ca. 19 måneder at transportere, nedsænke og installere alle sænketunnelelementer.

Tilbagefyldning over elementerne

For tilbagefyldningen over elementerne, etablering af indre ballast samt færdiggørelse af forskydningslåsene forventes fremdriften at være ca. 55 m/uge.

Det forventes, at det vil tage ca. 17 måneder at få etableret locking fill og beskyttelse af sænketunnelen samt etablering af indre ballast og færdiggørelse af forskydningslåsene. Arbejdet forventes at kunne startes op ca. en måned efter opstarten af installationen af elementerne.

Installationer i tunnelen

For udførelse af installationer forventes fremdriften at være ca. 58 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet. Installationen af installationer forventes som for Femern at blive påbegyndt allerede før elementerne gøres klar til sænkning for at reducere installationstiden.

Det forventes at det vil tage ca. 12 måneder at få alle installationer installeret og at arbejdet kan startes op, således at arbejdet er færdig ca. 8 måneder efter færdiggørelsen af alt betonarbejder.

Udgravning af arbejdskanaler

Indeholder udgravning af arbejdskanaler nær Fyn til etablering af præfabrikerede caissoner med pilleskraft.

Etablering af dæmning på Fyn

Indeholder etablering af en ca. 200 m lang permanent dæmning, 15-30 m fra skrænten på Fyn. Det antages at der kan etableres 80 m/måned der resulterer i en total anlægsperiode på 2,5 måneder. Etablering af dæmninger antages at kunne starte 6 måneder efter projekt opstart.

Anlæg af endevederlag

Indeholder anlæg af endevederlag i dæmning på Fyn og på kunstig ø. En anlægsperiode på 3 måneder antages med opstart i slutningen af anlægsperioden for dæmning og kunstig ø.

Anlæg af direkte funderede bropiller

Indeholder forberedende arbejder på havbund og afgravning ved Fyn, præfabrikation af caissoner med pilleskraft, transport af caissoner med pilleskraft, etablering af resterende bropille ved fx præfabrikerede elementer eller in-situ støbning samt anlæg af erosionsbeskyttelse. Præfabrikerede caissoner antages produceret på elementfabrik ved Rødby Havn og transporteret til pladsen via søvejen. Det antages, at der kan anlægges 1,5 bropille om måneden.

Anlæg af bropiller på højt pæleværk (Etablering af borede pæle)

Indeholder installation af stålrør, udpumpning samt in-situ støbning af beton. Stålrør kan leveres i segmenter eller fuld længde og antages transporteret til pladsen via søvejen. Det antages, at der kan installeres 16 pæle om måneden. Det antages, at første stålrør kan bestilles 3 måneder efter projekt start og at det tager 9 måneder for fabrikation og transport.

Anlæg af bropiller på højt pæleværk (Etablering af sænkekasse og bropiller)

Pælehætter og bropiller kan enten præfabrikeres og transporteres til pladsen via søvejen eller in-situ støbes på pladsen i kofferdamme. Installation/etablering kan opstartes umiddelbart efter de borede pæle for et fundament er anlagt. Det antages, at arbejdet igangsættes to måneder efter anlægget af de borede pæle er igangsat. Det antages, at der kan anlægges 1,5 pælehætte med bropille om måneden.

Produktion og installation af overbygningselementer

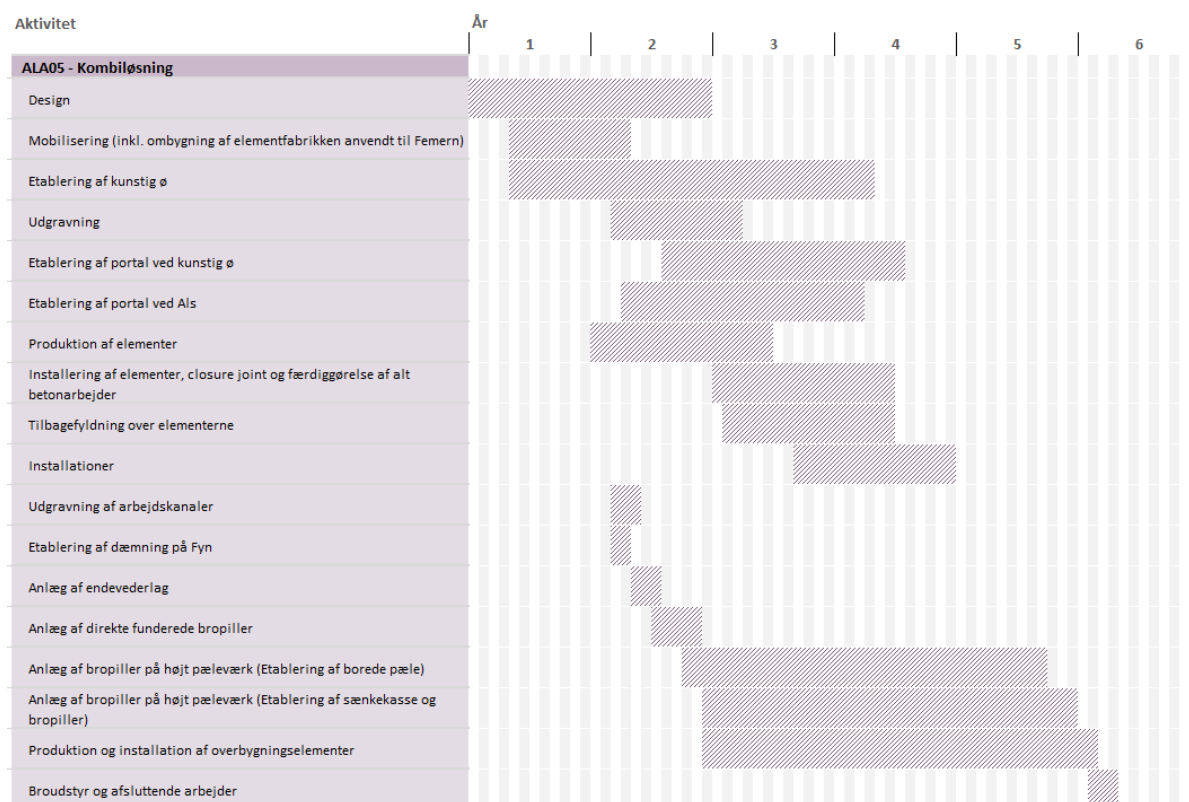
Indeholder produktion af overbygningselementer, transport samt løft og etablering. Det antages at transport fra elementfabrik foretages via søvejen samt at der kan anlægges 180 m brooverbygning per måned. Løft af de først overbygningselementer kan foretages umiddelbart

efter de første bropiller er etableret og antages startet 4 måneder efter opstart af arbejdet på bropillerne.

Broudstyr og afsluttende arbejder

Indeholder afsluttende arbejder såsom installation af broudstyr og færdiggørelse af belægning. En varighed på 3 måneder antages.

Den anlægstekniske tidsplan for løsning ALA05 er vist i Figur 11-6.



Figur 11-6 Anlægsteknisk tidsplan for en kombineret bro- og sænketunnelløsning ALA05.

11.6 ALA07 – Bro

Korridoren ALA07 består af en broløsning bestående af 14,775 km bjælkebro med 110 m fag, og 1,105 km skrånstagsbro med et gennemsejlingsfag på 550 m.

Udover general erfaring fra store danske broprojekter, har erfaringer fra den Nye Storstrømsbro, Øresundsbroen, samt Storebælt Vestbro dannet grundlag for estimater af anlægsaktiviteter, som havde samlede design- og byggeperioder på følgende:

- Ny Storstrømsbro: 6 år
- Øresundsbroen: 4,5 år
- Storebælt Vestbro: 4-5 år

Derudover har erfaring fra Queensferry Crossing i Skotland, samt Peljesac broen i Kroatien også dannet ramme for opstillingen af den anlægstekniske tidsplan.

For nuværende betragtes følgende aktiviteter for anlægstidsplanen for en bro løsning:

1. Design
2. Mobilisering
3. Anlæg af midlertidig arbejdsdæmning på Fyn
4. Etablering af midlertidig arbejdsbro ved Als
5. Anlæg af endevederlag
6. Anlæg af direkte funderede bropiller
7. Anlæg af borede pæle til højt pæleværk (Bjælkebro)
8. Produktion og installation/etablering af sænkekasser og bropiller på højt pæleværk (Bjælkebro)
9. Produktion, løft og etablering af overbygning (Bjælkebro)
10. Anlæg af borede pæle til højt pæleværk (Skråstagsbro)
11. Produktion og installation af sænkekasser (Skråstagsbro)
12. Etablering af pylon (Skråstagsbro)
13. Produktion af ståldrager overbygning (Skråstagsbro)
14. Etablering af udkragede dele af kompositoverbygning omkring pyloner (Skråstagsbro)
15. Balanceret løft af kompositbrodrager omkring pyloner, samt installation af stæg
16. Installationer, broudstyr og afsluttende arbejder

Det er i anlægstidsplanen antaget at bjælkebroen og skråstagsbroen udføres af to forskellige sjak.

Den anlægstekniske tidsplan er præsenteret i Figur 11-7, og de forskellige poster er beskrevet forned.

Design

Det forventes at projekteringen af en ny broforbindelse kan udføres på halvandet år, samt at dette er det første der sættes i gang.

Mobilisering

Indeholder mobilisering af byggeplads samt ombygning af elementfabrik ved Rødby Havn. Forventes at tage 9 måneder, med opstart 1 måned efter projektopstart.

Anlæg af midlertidig arbejdsdæmning

Indeholder anlæg af midlertidig perimeter dæmning ved Fyn, samt anlæg af kofferdams (spunskasser) til in-situ støbning af direkte fundamenter, placeret på vanddybder mindre end 6 meter (5 stk. bropille fundamenter). Det antages at der kan anlægges 80 m/måned, der dog kompliceres af dårlig adgang fra land. Det antages at der kan etableres to kofferdams om måneden. Der skal anlægges ca. 500 m midlertidig dæmning, hvilket leder til en samlet anlægstid på 6 måneder, samt 2,5 måneder til anlæg af spunskasser. Arbejde antages at kunne opstartes 6 måneder efter projekt start.

Etablering af midlertidig arbejdsbro ved Als

Indeholder etablering af en 1500m lang midlertidig arbejdsbro ved Als, samt anlæg af kofferdams (spunskasser) til in-situ støbning af direkte fundamenter, placeret på vanddybder mindre end 6 meter (13 stk. bropille fundamenter). Det antages at der kan etableres 100 m/måned, resulterende i en total anlægsperiode på 15 måneder. Etablering af arbejdsbro antages at kunne starte, 3 måneder efter projekt opstart.

Anlæg af endevederlag

Indeholder anlæg af endevederlag i dæmninger på Als of Fyn. En anlægsperiode på 3 måneder antages, med opstart i 15 måneder inde i projektet.

Anlæg af direkte funderede bropiller

Indeholder jordforbedring ved ramning af betonpæle og in-situ støbning af fundamenter og bropiller i kofferdamme i midlertidig dæmning nær Fyn og fra arbejdsbro ved Als. Forberedende arbejder på havbund, præfabrikation af caissoner med pilleskæft, transport af caissoner med pilleskæft, etablering af resterende bropille ved fx præfabrikerede elementer eller in-situ støbning, samt anlæg af erosionsbeskyttelse. Præfabrikerede caissoner antages produceret på elementfabrik ved Rødby Havn, og transporteret til pladsen via søvejen. Det antages at der kan anlægges 1½ bropille om måneden. Der tillægges 1 måned til opstart af ramning af betonpæle, inden anlæg af bropiller påbegyndes. Det antages at arbejdet kan startes 13 måneder efter projekt start.

Anlæg af borede pæle til højt pæleværk (Bjælkebro)

Indeholder installation af stålør, udpumpning, samt in-situ støbning af beton. Stålør kan leveres i segmenter eller fuld længde, og antages transporteret til pladsen via søvejen. Det antages at der kan installeres 16 pæle om måneden. Det antages at første stålør kan bestilles 3 måneder efter projekt start, og at det tager 9 måneder for fabrikation og transport. Arbejdet kan derfor startes 12 måneder efter projekt start.

Produktion og installation/etablering af sænkekasser og bropiller (Bjælkebro)

Pælehætter og bropiller kan enten præfabrikeres og transporteres til pladsen via søvejen, eller in-situ støbes på pladsen i kofferdamme. Installation/etablering kan opstartes umiddelbart efter de borede pæle for et fundament er anlagt. Det antages at arbejdet igangsættes to måneder efter anlægget af de borede pæle er igangsat. Det antages at der kan anlægges 1½ pælehætte med bropille om måneden.

Produktion, løft og etablering af overbygning (Bjælkebro)

Indeholder produktion af overbygningselementer, transport, samt løft og etablering. Det antages at transport fra elementfabrik foretages via søvejen, samt at der kan anlægges 180 meter brooverbygning per måned. Løft af de første overbygningselementer kan foretages umiddelbart efter de første bropiller er etableret, og antages startet 4 måneder efter opstart af arbejdet på bropillerne.

Anlæg af borede pæle til højt pæleværk (Skråstagsbro)

Indeholder installation af stålør, udpumpning, samt in-situ støbning af beton. Stålør kan leveres i segmenter eller fuld længde, og antages transporteret til pladsen via søvejen. Det antages at der kan installeres 16 pæle om måneden. Det antages at arbejdet på skråstagsbroen udføres af et andet sjak, end det der udfører bjælkebroen. Det antages at arbejdet startes 18 måneder efter projekt start.

Produktion og installation af sænkekasser (Skråstagsbro)

Det antages at pælehætter udføres som præfabrikerede sænkekasser og transporteres til pladsen via søvejen, og installeres. På denne måde kan produktionen af pælehætten startes inden, arbejdet med de borede pæle påbegyndes. Det antages at arbejdet igangsættes 6 måneder før anlægget af de borede pæle igangsættes. Det antages at hver pælehætte tager 9 måneder at anlægge.

Etablering af nordlig pylon (Skråstagsbro)

Etablering af pylon via in-situ støbning med fx klatreform. Arbejdet startes efter pælehætte er etableret. Det antages at der kan støbes 10 m om måneden. Dette resulterer i en samlet anlægsperiode på 13 måneder. Arbejdet kan igangsættes umiddelbart efter første sænkekasse er etableret.

Etablering af sydlig pylon (Skråstagsbro)

Etablering af pylon via in-situ støbning med fx klatreform. Arbejdet startes efter pælehætte er etableret. Det antages at der kan støbes 10 m om måneden. Dette resulterer i en samlet anlægsperiode på 13 måneder. Arbejdet kan igangsættes umiddelbart efter første sænkekasse er etableret.

Produktion af ståldrager til overbygning (Skråstagsbro)

Ståldragerer til kompositoverbygningen produceres på eksternt stålværk og transporteres til pladsen via fx søvejen. Det antages at der kan produceres 100 m ståldrager om måneden, og at kompositoverbygningen består af to ståldragerer. Produktionen antages at kunne igangsættes 18 måneder efter projekt start.

Etablering af udkragede dele af kompositoverbygning omkring pyloner (Skråstagsbro)

Brodrager omkring pyloner anlægges på stillads monteret på pylon sider. Indeholder løft af ståldragerer, samt in-situ støbning af betondæk. Det antages at der kan anlægges 20 m brodrager om måneden, og at arbejdet kan startes op umiddelbart inden pylonerne, er færdigstøbt.

Balanceret løft af kompositbrodrager omkring pyloner, samt installation af stag (Skråstagsbro)

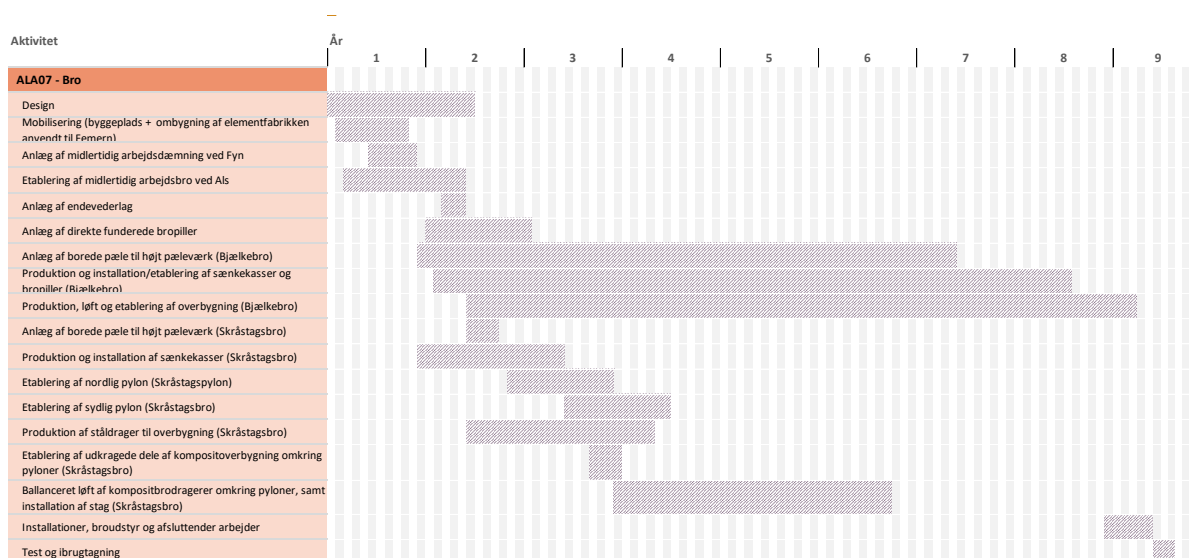
Kompositbrodrageren antages installeret ved fri frembygning omkring pylonerne, hvor kompositdrager segmenter løftes på en balanceret måde omkring pylonerne, ved brug af løftegrej på de etablerede overbygningsudkragninger. Det antages at segmenter løftes med betondæk støbt. Posten indeholder også installation af stag, som installeres under hvert løft. Der antages en segmentlængde på 16 m, samt en installationscyklus på 14 dage, indeholdende løft, svejsning, sammenstøbning og installation af stag.

Installationer, broudstyr og afsluttende arbejder

Indeholder afsluttende arbejder, såsom installation af broudstyr og færdiggørelse af belægning. En varighed på 6 måneder antages.

Test og ibrugtagning

Der afsættes 3 måneder efter broen er afleveret til test og ibrugtagning.



Figur 11-7 Anlægsteknisk tidsplan for broløsning ALA07

11.7 ALA09 - Sænketunnel

For løsningen ALA09 forventes sænketunnelen bygget fra både Fyn og Als. Der er plads nær kysten både på Fyn og ved Tranerodde på Als til løbende færdiggørelse af tunnelen.

Grundet den overordnede byggetakt, er etableringen af portalerne delt op i to aktiviteter, det er i tidsplanen valgt at illustrere med tunneludførelse startende fra Fyn.

På nuværende tidspunkt betragtes følgende aktiviteter for anlægstidsplanen for en sænketunnelløsning.

1. Design
2. Mobilisering inkl. ombygning af elementfabrikken anvendt til Femern forbindelsen
3. Udgravning
4. Etablering af portal ved Fyn
5. Produktion af elementer
6. Etablering af portal ved Als
7. Installerings af elementer, closure joint og færdiggørelse af alt betonarbejder
8. Tilbagefyldning over elementerne
9. Installationer

Generelt, tages der udgangspunkt i anlægstidsplanen for Femern forbindelsen, som er vist i Figur 11-1. Femern forbindelsen er udført i kontraktformen design og build.

Nedenfor præsenteres de anlægstekniske tidsmæssige antagelser for de forskellige aktiviteter.

Design

Det forventes, at designet af en sænketunnelløsning kan laves på to år.

Typisk vil man starte med at designe de midlertidige arbejder og foranstaltninger der skal på plads først forud for mobiliseringen. Herefter designer man permanente arbejder, hvilket gør at man kan starte mobilisering op parallelt med at design af permanente arbejder færdiggøres.

Mobilisering inkl. ombygning af elementfabrikken anvendt til Femern forbindelsen

Mobiliseringen af byggeplads ved ilandføringspunkterne samt ombygningen af elementfabrikken som på nuværende tidspunkt anvendes til Femernforbindelsen antages at kunne starte op efter ca. et halvt år og samlet set vil tage et år. Det er på nuværende tidspunkt svært at vurdere omfanget af den nødvendige ombygning af elementfabrikken, da fabrikken kan nå at blive bygget om til et andet anlægsprojekt, inden den skal anvendes til dette projekt.

Det forventes, at alle fem produktionslinjer til standardelementerne og produktionslinjen til specialelementerne vil blive anvendt.

Udgravning

For udgravningen af renden til sænketunnelen forventes fremdriften at være 100 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet. Denne fremdrift afhænger selvfølgelig af antallet af maskiner, der er tilgængelige, hvor mange maskiner man ønsker, at der arbejder samtidig og hvordan det udgravede materiale skal håndteres og hvor det skal deponeres. Derudover kan fremdriften også risikere at blive reduceret, hvis der skal etableres specielle tiltag for at minimere sedimentspildet. Udgravningen af renden kan startes tidligere hvis der viser sig behov for at reducere fremdriftshastighed, f.eks. på grund af miljøforhold.

Renden til sænketunnel er 16,1 km for løsning ALA09, hvilket resulterer i en total varighed på 39 måneder for udgravningen til renden. Dette arbejde forventes at kunne starte op ca. 14 måneder efter opstart af design.

Etablering af portal ved Fyn

Portalen ved Fyn forventes at kunne etableres på 24 måneder, hvilket er hurtigere end for Femern, da portalerne for forbindelsen mellem Als og Fyn er mindre og mere simple. Det forventes, at arbejdet med etableringen af portalen ved Fyn kan startes op ca. 8 måneder efter opstart af design.

Etablering af portal ved Als

Portalen ved Als forventes at kunne etableres på 24 måneder, hvilket er hurtigere end for Femern, da portalerne for forbindelsen mellem Als og Fyn forventes at være mere simple.

Produktion af elementer

For produktionen af tunnelelementer forventes fremdriften at være ca. 85 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet.

Det forventes, at det vil tage ca. 46 måneder at producere alle elementerne og at arbejdet kan starte op ca. 9 måneder efter opstarten af ombygningen af elementfabrikken dog under forudsætning af en accepteret betonmix. Dette afhænger selvfølgelig af, hvor meget det er nødvendigt at bygge om, hvilket på nuværende tidspunkt er uvist.

Installering af elementer, closure joint og færdiggørelse af alt betonarbejder

For installeringen af sænketunnelelementer forventes fremdriften at følge tidsplanen for produktionen af elementer, mens arbejdet med installeringen forventes at kunne starte op ca. 8 måneder efter opstarten af produktionen af elementerne.

Det forventes, at det vil tage ca. 46 måneder at transportere, nedsænke og installere alle sænketunnelelementer.

Tilbagefyldning over elementerne

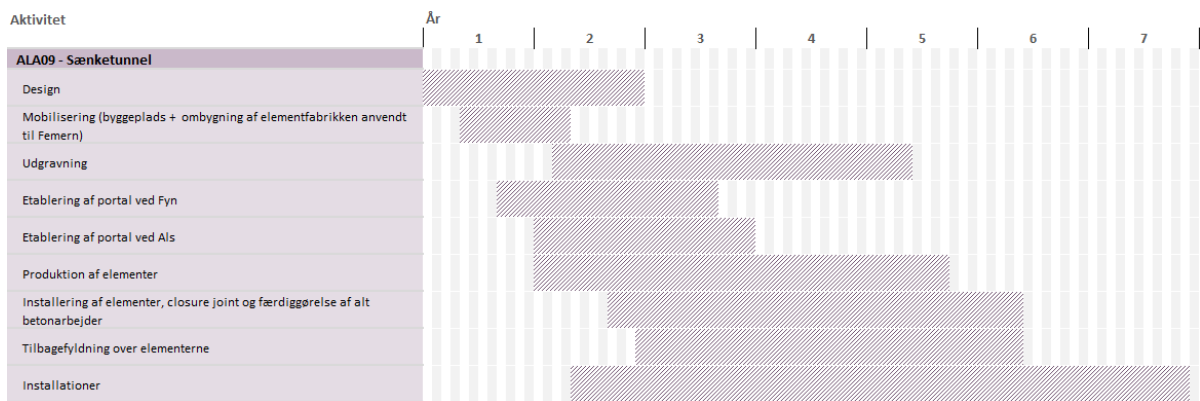
For tilbagefyldningen over elementerne, etablering af indre ballast samt færdiggørelse af forskydningslåsene forventes fremdriften at være ca. 92 m/uge.

Det forventes, at det vil tage ca. 42 måneder at få etableret locking fill og beskyttelse af sænketunnelen samt etablering af indre ballast og færdiggørelse af forskydningslåsene. Arbejdet forventes at kunne startes op ca. 3 måneder efter opstarten af installeringen af elementerne.

Installationer

For udførelse af installationer forventes fremdriften at være ca. 58 m/uge baseret på anlægstidsplanen fra Femern projektet. Installeringen af installationer forventes som for Femern at blive påbegyndt allerede før elementerne gøres klar til sænkning for at reducere installationstiden.

Den anlægstekniske tidsplan for løsning ALA09 er vist i Figur 11-8.



Figur 11-8 Anlægsteknisk tidsplan for sænketunnelløsning ALA09.

11.8 ALA10 – Boret tunnel

For løsningen ALA10 forventes tunnelerne boret fra Fyn og Als, da der er forudsat at der anvendes 4 boremaskiner. Dette grunder primært i at undgå en meget lang anlægstid, men også som risikominimerende tiltag.

Etableringen af portalerne er delt op i to aktiviteter, idet det forventes at portalen ved Traneodde etableres lidt senere end ved Fyn.

På nuværende tidspunkt betragtes følgende aktiviteter for anlægstidsplanen for en boret tunnelløsning.

1. Design
2. Produktion af TBM
3. Mobilisering (byggeplads + TBM)
4. Produktion af elementer
5. Etablering af portal på Fyn
6. Etablering af dæmning ved Als
7. Etablering af portal ved ALS
8. Boring
9. Etablering af tværtunneler (inkl. jordforbedrende arbejder)
10. Installationer

Design

Det forventes, at designet af en boret tunnelløsning kan laves på to år og at det er det første der startes op.

Produktion af TBM'er

Til denne løsning, forudsættes det, at der anvendes fire tunnelboremaskiner, to til hvert rør idet hvert rør bores fra begge sider. Når de to tunnelboremaskiner mødes på midten rømmes de indefra og der etableres insitustøbt foring mellem de sidst monterede foringselementer.

Produktionen af de 4 tunnelboremaskiner, som forventes anvendt til denne løsning, forventes tage et 15 måneder og det er forudsat at arbejdet kan starte op 8 måneder efter opstarten af designfasen.

Mobilisering (byggepladser + TBM'er)

Mobiliseringen af byggepladser for de 4 tunnelboremaskiner forventes at tage to år og at det kan starte op fire måneder efter opstarten af designfasen.

Produktion af tunnelsegmenter

Produktionen af tunnelsegmenter forventes at foregå på en allerede eksisterende fabrik og at de herefter transporteres via fx søveje til Fyn, hvor afsendergruben er forudsat placeret. Alternativt kan de produceres på en fabrik nær afsendergruben på Fyn eller Als.

Det er vigtigt, at produktionen af elementer tilpasses fremdriften af tunneleringsarbejdet, så der aldrig mangler tunnelelementer, men at der samtidig ikke skal bruges for meget plads til opbevaring af elementerne. På nuværende tidspunkt vurderes det sandsynligt, at det vil tage 36 måneder at producere elementerne, og at arbejdet påbegyndes således, at alle elementerne er færdige når der er tre måneder tilbage af tunneleringsarbejdet.

Etablering af portal på Fyn og Als

Portalen på Fyn og Als forventes at kunne etableres på 30 måneder, med opstart ca. 10 måneder efter opstart af designfasen. Portalerne er vurderet at kunne være klar til opstart af TBM'er efter ca. 8 måneder. Opstart af de to byggepladser er sat med tre måneder imellem for opnå en gentagelseeffekt.

Boring

Under forudsætning af at der anvendes 4 tunnelboremaskiner, to til hvert rør, forventes boringen af de to tunnelrør at tage ca. 24 måneder, svarende til en fremdrift på 2x73 m/uge. Det forventes at dette arbejde kan starte op efter at tunnelboremaskinerne er blevet mobiliseret på pladsen.

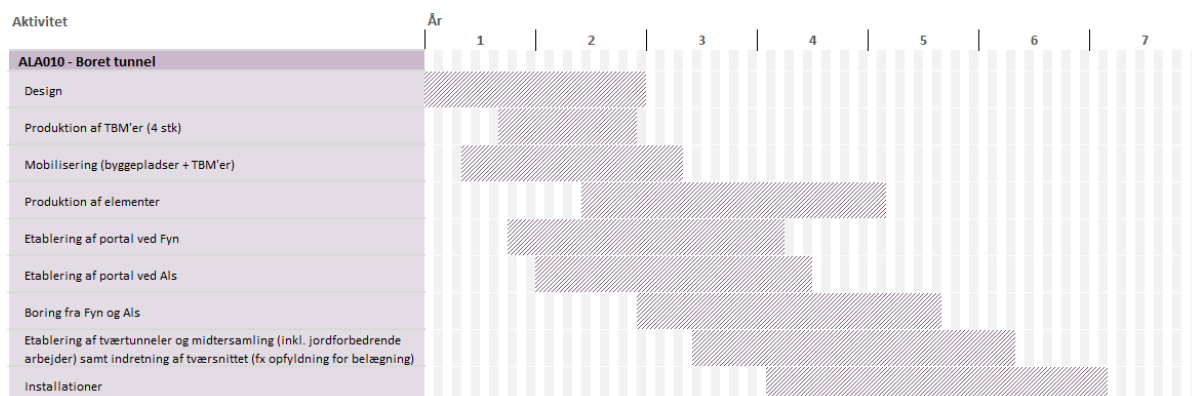
Etablering af tværtunneler (inkl. jordforbedrende arbejder) samt indretning af tværsnittet (fx opfyldning for belægning)

Arbejdet med etableringen af tværtunneler, inkl. den nødvendige jordforbedring, samt indretningen af tværsnittet forventes at kunne starte op 6 måneder efter opstarten af tunneleringsarbejdet og at det vil fortsætte 8 måneder efter at begge rør er boret færdig.

Installationer

Arbejdet med udførelsen af installationer forventes at kunne starte op 8 måneder efter opstarten af etableringen af tværtunneler, og at det vil fortsætte 10 måneder efter at alle tværtunneler er etableret.

Den anlægstekniske tidsplan for løsning ALA10 er vist i Figur 11-9.

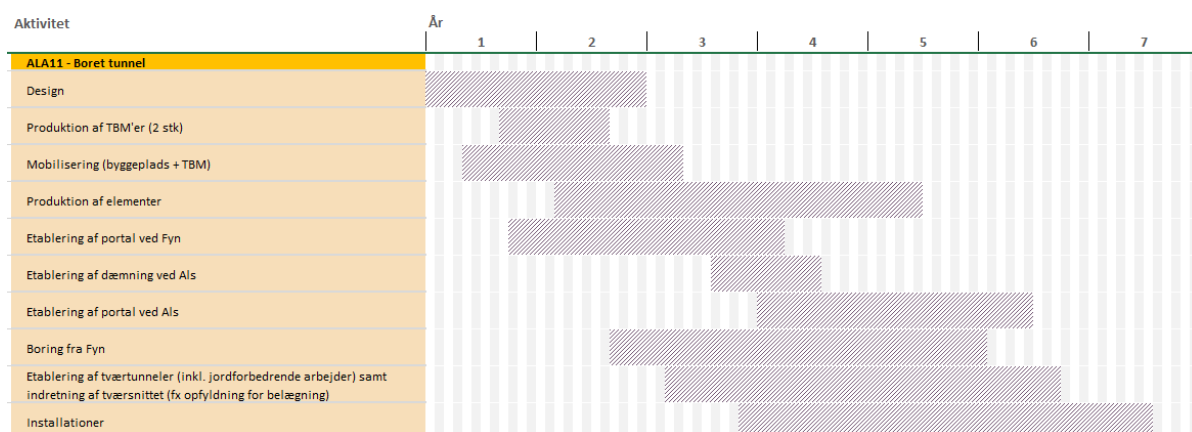


Figur 11-9 Anlægsteknisk tidsplan for løsning ALA10 for en boret tunnel.

11.9 ALA11 – Boret tunnel

Beskrivelsen for ALA03 gælder for ALA11. Da den borede tunnel er 100 m længere tilpasses tidsplan tilsvarende.

Den anlægstekniske tidsplan for løsning ALA11 er vist i Figur 11-10.



Figur 11-10 Anlægsteknisk tidsplan for løsning ALA11 for en boret tunnel.

12. ANLÆGSOVERSLAG

12.1 Indledning

Følgende afsnit beskriver hvorledes anlægsoverslag for en Als-Fyn forbindelse er udarbejdet.

12.2 Metode generelt

Generelt er principperne i ny anlægsbudgettering fulgt. Basis i ny anlægsbudgettering er et fysikoverslag baseret på mængder og kendte enhedspriser. Det er derfor – som på mange andre store anlægsprojekter – valgt at skele til erfaringstal for lignende projekter.

Den anvendte metode er dog afhængig af anlægsmetoden. Overordnet er følgende metodik anvendt:

Tabel 12-1 Metodik til bestemmelse af enhedspriser baseret på anlægsmetode.

Anlægsmetode	Metodik
Brokonstruktioner (bjælkebro og skrånstagsbro)	Enhedspriser kalibreret mod nationale og internationale erfaringspriser og justeret til Als-Fyn projektets forudsætninger.
Sænketunneler	Enhedspriser fremsendt af Sund & Bælt og justeret til Als-Fyn projektets forudsætninger.
Cut & Cover og trug	Enhedspriser fremsendt af Sund & Bælt og justeret til Als-Fyn projektets forudsætninger.
Borede tunneler	Enhedspriser baseret på High Speed 2 projektets pris guide for borede tunneler og skaleret til Als-Fyn projektets forudsætninger.
Kunstig ø og dæmninger	Enhedspriser er baseret på enhedspriserne for Kattegatprojektet og justeret til Als-Fyn projektets forudsætninger.
Vejanlæg	Pris estimeres af Vejdirektoratet (VD)

12.2.1 Tillæg til projektering, tilsyn og administration (PTA)

I tillæg til Entreprenørarbejderne for en given strækning er der tillagt et beløb til dækning af bygherreomkostninger til PTA.

Sund & Bælt har generelt fastlagt PTA-tillægget til 12%. PTA er fastsat som en procentdel af Entreprenørarbejderne.

12.2.2 Ikke medtagne tillæg

Der er ikke som separate poster medtaget tillæg for eventuelle udgifter inden for følgende emner:

- Ledningsomlægninger
- Grundvandshåndtering
- Kontrolcenter og Betalingsanlæg
- For-klassificering jord
- Ammunitionsrydning (UXO)
- Arkæologiske undersøgelser til havs
- Afværgeforanstaltninger miljø ud over hvad der måtte være eksplicit beskrevet

Disse tillæg vurderes at kunne rummes indfor risikotillægget for forundersøgelsen.

12.2.3 Prisindeks

Projektet afrapporteres i indeks 2020K3.

12.3 Konstruktionstyper

12.3.1 Broer

Anlægsprisen for broer gælder for kyst-kyst forbindelsen og dækker over priserne fra endevederlag ved Fynshav til endevederlag på Horne.

Anlægsoverslag er baseret på en kombination af referencepriser for sammenlignelige broprojekter, samt et fysikestimat for fundering på højt pæleværk. Valg af fysikestimat for højt

pæleværk, er gjort på baggrund af manglende nationale referencer på broer med lignende fundamenter. De benyttede referencepriser er givet i kr. pr. m².

Anlægsoverslaget er delt op i poster og delelementer præsenteret i Tabel 12-2.

Tabel 12-2. Elementer og delelementer til opstilling af anlægsoverslag

Post	Delelement	Brotype	Prisgrundlag
Basis (Bro) (Afsnit 12.3.2.1)	Overbygning	Bjælkebro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Overbygning	Skråstagsbro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Overbygning	Frit-frembygget bro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Bropiller	Frit-frembygget bro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Bropiller	Frit-frembygget bro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Pyloner	Skråstagsbro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Fundering (direkte)	Bjælkebro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Fundering (direkte)	Skråstagsbro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Fundering (direkte)	Frit-frembygget bro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Arbejdsplads	Bjælkebro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Arbejdsplads	Skråstagsbro	Enhedspris pba. bro referencepriser
	Arbejdsplads	Frit-frembygget bro	Enhedspris pba. bro referencepriser
Pæle (Afsnit 12.3.2.2)	Jordforbedring (400x400mm betonpæle)	-	Enhedspris for rammet betonpæl
	Ø2000, boret pæl	-	Enhedspris fra offshore industrien
	Ø3000, boret pæl	-	Enhedspris fra offshore industrien
Pælehætter (Afsnit 12.3.2.3)	Pælehætte, 9xØ2000	-	Enhedspris pba. fysikestimat
	Pælehætte, 16xØ2000	-	Enhedspris pba. fysikestimat
	Pælehætte, 15xØ3000	-	Enhedspris pba. fysikestimat
	Pælehætte, 35xØ3000	-	Enhedspris pba. fysikestimat
	Pælehætte, 42xØ3000	-	Enhedspris pba. fysikestimat
	Pælehætte, 60xØ3000	-	Enhedspris pba. fysikestimat
Dæmning (Afsnit 12.3.4.1)	Dæmning	-	Enhedspris

12.3.2 Bro referencepriser

Referencepriser benyttet til opstilling af anlægsoverlaget er oplistet i Tabel 12-3 for bjælkebroer og Tabel 12-4 for skråstagsbroer. De valgte referenceprojekter er projekter der i størrelse og omfang, samt materialevalg minder om en Als-Fyn forbindelse. Det er projekter som geografisk er tæt på Danmark, og som er udført for relativt nyligt. De opgivne referencepriser er generelt kompliceret af det faktum, at det ikke er oplyst hvorvidt der er tale om licitationspris eller endelige produktionspris. Typisk varierer licitationspris fra produktionsprisen. Dette kan bl.a. skyldes inflation af omkostninger, budgetoverskridelser eller tillægsarbejder.

Enhedspriser er fremskrevet til 2020K3 ved brug af indekset BYG61 – Betonkonstruktioner.

Tabel 12-3. Oversigt over reference enhedspriser for bjælkebroer

Projekt	Brotype	Årstal	Overbygning	Trafik	Hovedfag [m]	Pris reference	Enhedspris [DKK/m ²]
Ny Storstrømsbro (DK)	Bjælkebro	2025 ²	Beton	Vej+Bane +Fodgænger	160	Licitationspris (Middelværdi af 3 lavestbydende)	25000
Storebælt Vestbro (DK)	Bjælkebro	1998	Beton	Vej	110,4	-	26000
Vejlefjordbro (DK)	Bjælkebro	1980	Beton	Vej	110	-	45000
Kronprinsesse Marys Bro (DK)	Bjælkebro	2019	Beton	Vej	73,8	Licitationspris	22000
Varoddbrua (NO)	Bjælkebro	1994	Beton	Vej	260,8	-	40000
Raftsundetbrua (NO)	Bjælkebro	1998	Beton	Vej +Fodgænger	298	-	25000
Tresfjordbrua (NO)	Bjælkebro	2015	Beton	Vej +Fodgænger	160	-	29000
Sykkylvsbrua (NO)	Bjælkebro	2000	Beton	Vej +Fodgænger	60	-	24000
Confederation Bridge (CA)	Bjælkebro	1997	Beton	Vej	200	-	36000
Mumbai Trans Harbour Link (IN)	Bjælkebro	2024	Beton	Vej	60	-	32000

Tabel 12-4. Oversigt over reference enhedspriser for skråstagsbroer

Projekt	Brotype	Årstal	Overbygning	Trafik	Hovedfag [m]	Pris reference	Enhedspris [DKK/m ²]
Øresundsbroen (DK)	Skråstagsbro	2000	Komposit	Vej+Bane	490	-	109000
Ny Storstrømsbro (DK)	Skråstagsbro	2025 ³	Beton	Vej+Bane +Fodgænger	160	Licitationspris (gennemsnit 3 billigste)	25000
Queensferry Crossing (UK)	Skråstagsbro	2017	Komposit	Vej	650	-	130000
Grenlandsbrua (NO)	Skråstagsbro	1996	Komposit	Vej	305	-	47000
Ny Grenlandsbrua (NO)	Skråstagsbro	2026 ⁴	Komposit	Vej	330	-	40000
Busan-Geoje, Three pylons (KR)	Skråstagsbro	2010	Komposit	Vej	230	-	52000
Busan-Geoje, Two pylons (KR)	Skråstagsbro	2010	Komposit	Vej	475	-	63000

² Planlagt indvielse

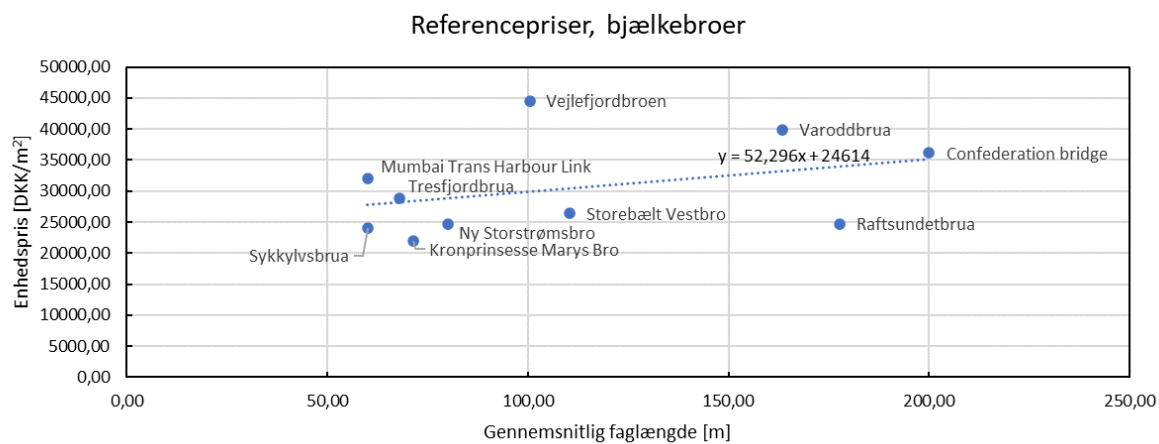
³ Planlagt indvielse

⁴ Planlagt indvielse

Mersey Gateway (UK)	Skråstagsbro	2017	Beton	Vej	318	-	97000
Millau Viadukten (FR)	Skråstagsbro	2004	Stål	Vej	345	-	54000
Stonecutters (HK)	Skråstagsbro	2009	Stål	Vej	1018	-	40000
Temburong, Brunei Channel Bridge (BN)	Skråstagsbro	2020	Beton	Vej	145	-	50000
Temburong, Eastern Channel Bridge (BN)	Skråstagsbro	2020	Beton	Vej	260	-	55000
Rion-Antirion (GR)	Skråstagsbro	2004	Komposit	Vej	560	-	150000

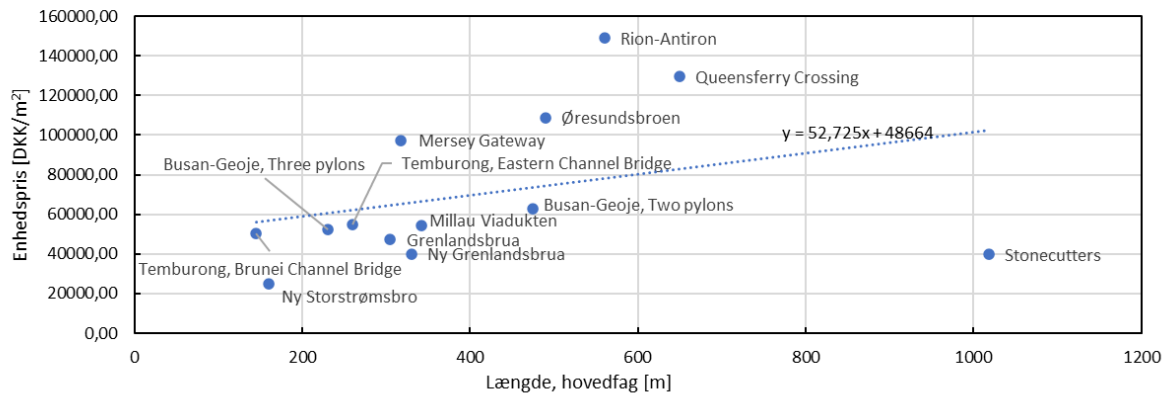
12.3.2.1 Enhedspriser, basis (Bro)

Enhedspriser for brokonstruktionerne er fundet ved brug af tendenslinjer hvor broreferencepriser er opstillet som funktion af faglængden. For bjælkebroer er en gennemsnitlig faglængde benyttet, hvorimod hovedfaglængden er benyttet for skråstagsbroer, se Figur 12-1 og Figur 12-2.



Figur 12-1 Enhedspris som funktion af gennemsnitlig faglængde for bjælkebroer

Referencepriser, skråstagsbroer



Figur 12-2 Enhedspris som funktion af hovedfaglængde for skråstagsbroer

Enhedsprisen er splittet op i fire poster; Overbygning, bropiller/pyloner, fundering, og arbejdsplads. Hver post antages at udgøre en procentdel af den samlede pris. Procentdelen er defineret på basis af viden fra Kronprinsesse Marys Bro, og Ny Storstrømsbro. Følgende procentfordeling er benyttet:

- Overbygning: 40%
- Bropiller/pyloner: 15%
- Fundering: 25%
- Arbejdsplads: 20%

Enhedspriser for hver post er givet i Tabel 12-5. Enhedsprisen for funderingen antages her kun gældende for direkte funderede fundamenter.

Tabel 12-5. Enhedspriser for brokonstruktioner (DST omkostningsindeks BYG61 for betonanlæg, 2020K3)

Brotype	Faglængde [m]	Overbygning	Enhedspris, overbygning [DKK/m²]	Enhedspris, bropiller/pyloner [DKK/m²]	Enhedspris, fundering [DKK/m²]	Enhedspris, arbejdsplads [DKK/m²]
Skråstagsbro	550	Komposit	31000	12000	19000	16000
Bjælkebro (Frit frembygget bro)	320	Beton	17000	6000	10000	8000
Bjælkebro	110	Beton	12000	5000	8000	6000

12.3.2.2 Enhedspriser, pæle

I følgende afsnit opgives enhedspriser for:

- 400x400mm rammede betonpæle til jordforstærkning
- Ø2000 borede pæle til højt pæleværk
- Ø3000 borede pæle til højt pæleværk

Enhedspris for rammede betonpæle benyttet ved jordforstærkning, er baseret på en materialepris for en 400 x 400 beton pæl på 1000 DKK per løbende meter. Derudover er prisen forøget med 50%, for at tage hensyn til installation og ramning af pælene. Enhedspris er opgivet i Tabel 12-6

Tabel 12-6. Enhedspriser for rammede beton pæle til jordforstærkning

Pæle dimension	Enhedspris [DKK/m]
----------------	--------------------

B x H [mm]	
400 x 400	1500

For pæle i højt pæleværk er enhedsprisen givet per løbende meter pæl for to forskellige pæle diametre, 2 m og 3 m. Enhedspriser er baseret på følgende grundlag:

- Enhedspris for konstruktionsstål i stålørspæle inkl. installation, fra offshore industrien⁵; 1400 Euro/ton
- Enhedspris for udpumpning af stålør inden støbning af beton; 1000 DKK/m³
- Enhedsprisen for armeret/uarmeret beton i pælen; 5000/2200 DKK/m³

Samlet enhedspris er baseret på et fysikestimat for en Ø2000 pæle og en Ø3000 pæl. Enhedspriser er givet i Tabel 12-7.

Anlægsoverslaget på pælene er baseret på en totalpælelængde, baseret på en bottom-up analyse.

Tabel 12-7. Enhedspriser for borede pæle til højt pæleværk

Pæle diameter [mm]	Pladetykkelse [mm]	Enhedspris [DKK/m]
2000	50	40000
3000	70	85000

12.3.2.3 Enhedspriser, pælehætter

Enhedsprisen for pælehætte i højt pæleværk er baseret på et fysikestimat, baseret på en bottom-up analyse. Prisen er baseret på en enhedspris for armeret beton på 5000 DKK/m³. Enhedspris for de forskellige pælehætte typer, der er benyttet fremgår af Tabel 12-8.

Tabel 12-8. Enhedspriser for pælehætte typer

Pælehætte type	Pæle diameter [mm]	Antal pæle [-]	B x L [m]	Enhedspris [mio. DKK]
1	2000	9	15,5 x 15,5	4,5
2	2000	16	21,5 x 21,5	8,3
3	3000	15	34,4 x 19,4	23,3
7	3000	35	59,4 x 41,4	65,8
5	3000	42	59,4 x 50,4	83,2
6	3000	60	86,4 x 50,4	120,5

12.3.2.4 Etablering af enhedspris for miljøtiltag

Projektet her ikke fundet anlægsprojekter af samme størrelsesorden og karakter som Als-Fyn forbindelsen, og har derfor været dialog med hhv. en leverandør, som leverer udstyr til de nævnte projekter, samt projekter fra offshore branchen. Yderligere har det også været muligt at få lidt erfaringspriser fra Femern projektet, hvor double boble gardiner har været anvendt til reduktion af undervandsstøj i forbindelse med sprængning af objekter. Enhedsprisen for double boble gardin og hydro sound damper er derfor fremkommet ved at sammensætte prisen på baggrund af ovennævnte elementer og projektets antagelser omkring varigheder for pæleinstallation. Der vil således være større usikkerhed på enhedsprisen for miljøtiltagene i

⁵ Størrelse, længde og installationsmetode af stålørspæle, svarer til hvad der ses for jacket konstruktioner i off-shore industrien, hvorfor enhedspris er baseret på erfaringstal herfra.

forhold til de øvrige enhedspriser anvendt i anlægsoverslaget, idet projektet ikke har kunne anvende referencepriser fra projekter i samme skala og karakter som Als-Fyn forbindelsen.

12.3.3 Tunneler

12.3.3.1 Generelt

M&E installationer og vejopbygning

Omkostninger for mekaniske og elektriske konstruktioner er baseret på erfaringspriser fra Femern [22]. Denne pris indeholder alle mekaniske og elektriske installationer med undtagelse af deciderede baneinstallationer (Bane, Elektrificering, Signaler og Tele).

Omkostninger til vandtågeanlæg er ikke udskilt i en post for sig, men forudsættes inkluderet i priserne på M&E eftersom det er en del af anlægget på Femern projektet.

Enhedspris for vejopbygning er baseret på Kattegatprojektet [21].

Tabel 12-9 Omkostninger for M&E installationer samt vej-/baneopbygning

Mekaniske og elektriske installationer	157 mio. DKK/km
Vejopbygning	5 mio. DKK/km
I alt	162 mio. DKK/km

12.3.3.2 Sænketunneler

Anlægspriserne for en sænketunnel er baseret på et datagrundlag som er udarbejdet af Sund & Bælt med udgangspunkt i tilbudspriserne for Femern forbindelsen [22].

Enhedsprisen beregnes som en gennemsnitlig kilometerpris for henholdsvis sænketunnel, cut & cover tunnel, ramper og inddæmning. Femernprojektet benyttes som referenceprojekt, hvor de vindende entreprenørers tilbudspriser på konstruktioner og udgravning benyttes som grundlag. For elektriske og mekaniske installationer er der estimeret en kontraktsum.

Sænketunnelementerne er på Femernprojektet støbt i produktionshaller, der ligger tæt på selve det område, hvor elementerne sænkes. Cut & cover tunnelerne og ramperne på hver side støbes in-situ.

Kontrakterne i Femernprojektet er udbudt som totalentrepriser, hvor bygherrer har stillet en række funktionskrav i udbudsdokumenterne og entreprenørerne har ansvaret for den detaljerede projektering og for overholdelse af funktionskravene. Det forudsættes at Als-Fyn forbindelsen vil blive udbudt som totalentrepriser, hvorfor det antages rimeligt at anvende enhedspriserne fra Femern.

Enhedspriserne indeholder entreprenørens omkostninger for projektering, støbning, indvendige arbejder (herunder asfaltering og vægbeklædning), nedsænkning samt M&E.

Priserne er eksklusive bygherres egne omkostninger til rådgivning og projektering, tilsyn og administration (PTA) og eksklusive korrektionstillæg iht. principperne i Ny Anlægsbudgettering (NAB). Udgifter til bygherres projektering vil typisk være i forbindelse med udarbejdelsen af udbudsmaterialet og de tekniske krav i funktionsudbuddene.

Tabel 12-10 Delelementer i Femern anlægspris og basis for skalering.

Aktivitet	Enhedspris Femern	Skaleringsbasis	Basis for skalering
Støbning og sænkning af elementer	781 mio. DKK/km	Betontværsnit	133 m ²
Tilfyldning	107 mio. DKK/km	Tilfyldningstværsnit	1316 m ²
Mekaniske og elektriske installationer	253 mio. DKK/km	4 sporet vej plus 2 sporet banetunnel, baseret på samlet tunnellængde, sænketunnel plus C&C strækninger	-
Ugravning	225 mio. DKK/km	Udgravningstværsnit	1683 m ²
Midlertidig opfyldning for etablering af C&C tunnel	104 mio. DKK	Skaleres ikke	
Drift af byggeplads	1.192 mio. DKK	Vurdering på basis af projektstørrelse	
Cut and cover tunnel	1.533 mio. DKK/km	Betontværsnit	133 m ²
Rampe	551 mio. DKK/km	Bredde af rampe	41,2 m

Der er i nærværende enhedspriser forudsat at Femern tunnelementfabriken genbruges til produktion af tunnelementer til en Als-Fyn forbindelse. Enhedspriserne for en sænketunnel, cut & cover, ramper og inddæmning er opdelt i faste og variable bidrag. Det faste bidrag af tunnelprisen omfatter omkostninger til inddæmning af cut & cover-konstruktionen herunder sea-cut off structure og byggepladsfaciliteter hvor også havneledelse og vedligeholdelsesudgravning af arbejdsplads ved produktionsfabrikken er medtaget.

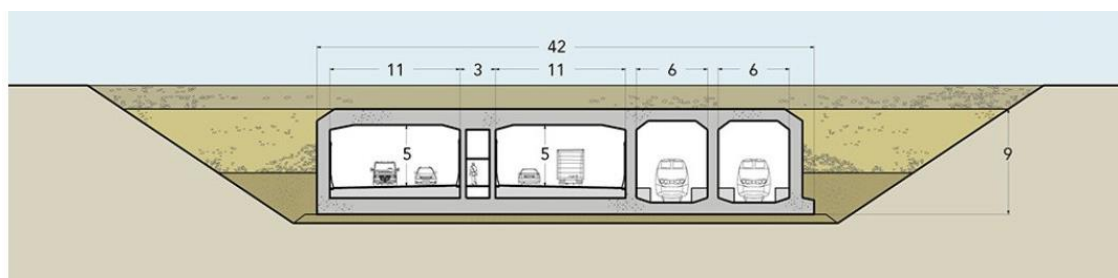
Priserne inkluderer følgende poster:

1. Tunnelementer (eksl. produktionsfaciliteter)
2. M&E
3. Opfyldning
4. Udgravning
5. Byggepladsfaciliteter
6. Portaler (landopfyld)

Enhedspriserne for Cut & Cover tunnel og rampe behandles i hhv. afsnit 12.3.3.4 og 12.3.3.5.

For at nedskalere enhedspriser der vedrører tunnelementer fra det tværsnit som benyttes på Femern forbindelsen til et mindre tværsnit, benyttes der en skaleringsfaktor, som afhænger af betonarealet i tværsnittet. Der tages udgangspunkt i det areal af beton, der er i tværsnittet på Femerntunnelen for et standard tunnel element, hvilket er 133 m².

Basistværsnittet for forbindelsen mellem Als og Fyn kan ses i Figur 6-11. Betonarealet af et standardelement for basistværsnittet er 70 m² svarende til 52 % af tværsnittet for Femern forbindelsen, hvilket derfor anvendes som skaleringsfaktor.



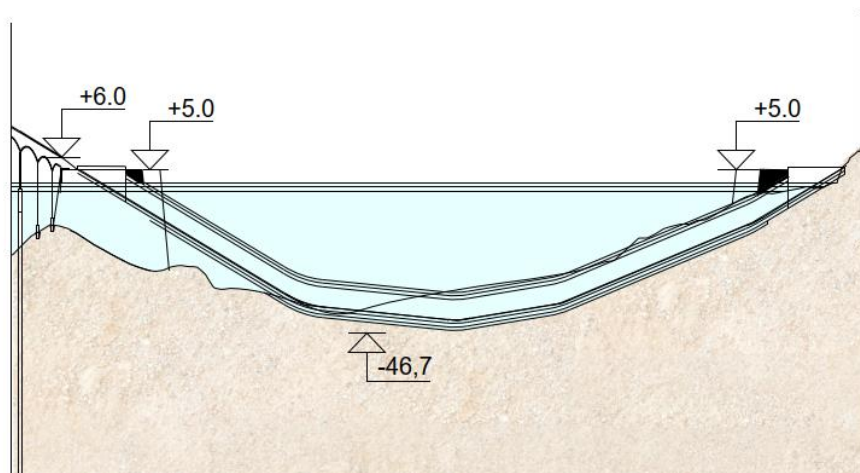
Figur 12-3 Tværsnit i Femern tunnelen.

For at nedskalere den variable enhedspris der vedrører udgravning af tunnelrenden fra det tværsnit som benyttes på Femern forbindelsen til et mindre tværsnit, benyttes der en skaleringsfaktor, som afhænger af det gennemsnitlige udgravningstværsnit. Der tages udgangspunkt i det gennemsnitlige udgravede areal, der er i tværsnittet på Femerntunnelen for et standard tunnel element, hvilket er 1.683 m². Det gennemsnitlige udgravningstværsnit varierer for de tre forskellige linjeføringer grundet de forskellige geotekniske forhold. Nedenfor i Tabel 12-11 præsenteres det gennemsnitlige udgravningstværsnit, for basistværsnittet, for de tre forskellige linjeføringer samt tilhørende skaleringsfaktor.

Tabel 12-11 Gennemsnitligt udgravningstværsnit for ALA01, ALA04 og ALA05.

Linjeføring	Gennemsnitligt udgravningstværsnit	Skaleringsfaktor
ALA01	1061 m ²	63%
ALA04	1219 m ²	72%
ALA05	540 m ²	32%
ALA09	1265 m ²	75%

Det kan ses at det gennemsnitlige udgravningstværsnit er væsentligt lavere for ALA05, dette skyldes at linjeføringen generelt kun akkurat ligger under nuværende havbund grundet bedre geotekniske forhold og den valgte linjeføring hvor tunnelen for den østlige dels vedkommende ligger på en lang strækning ligger på dæmning over havbunden. Se Figur 12-4 nedenfor.



Figur 12-4 Længdesnit i tunneldelen af ALA05.

For at nedskalere den variable enhedspris der vedrører opfyldning af tunnelrende fra det tværsnit som benyttes på Femern forbindelsen til et mindre tværsnit, benyttes der en skaleringsfaktor, som afhænger af det gennemsnitlige udgravningstværsnit og ydre dimensioner af tunneltværsnittet. Der tages udgangspunkt i det gennemsnitlige opfyldningsareal, der er i tværsnittet på Femerntunnelen for et standard tunnel element er 1.316 m². Det gennemsnitlige opfyldningstværsnit varierer for de tre forskellige linjeføringer grundet de forskellige geotekniske forhold. Nedenfor i Tabel 12-12 præsenteres det gennemsnitlige opfyldningstværsnit, for basistværsnittet, for de tre forskellige linjeføringer samt tilhørende skaleringsfaktor.

Tabel 12-12 Gennemsnitligt opfyldningstværsnit for ALA01, ALA04, ALA05 og ALA09.

Linjeføring	Gennemsnitligt opfyldningstværsnit	Skaleringsfaktor
ALA01	887 m ²	67%
ALA04	1045 m ²	79%
ALA05	366 m ²	28%
ALA09	1091 m ²	83%

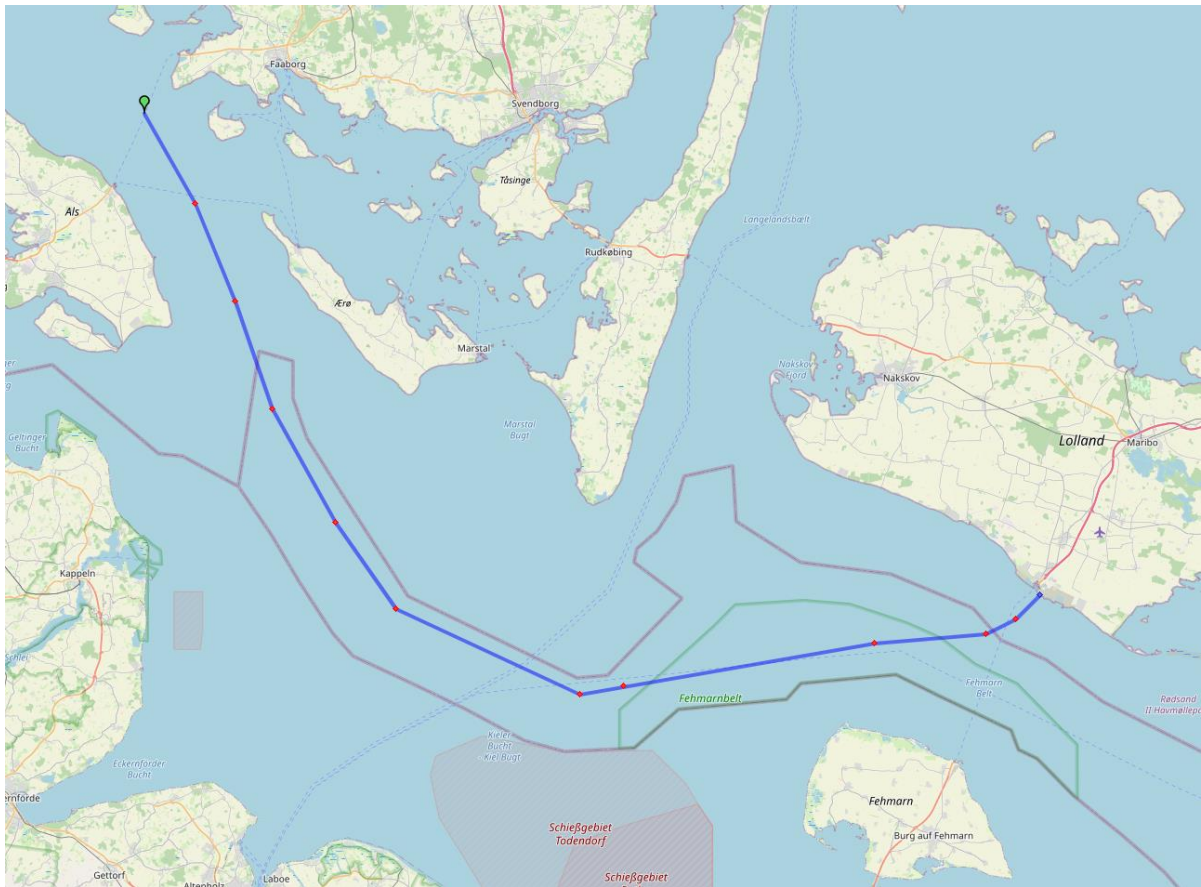
Rambøll har estimeret en pris for transporten af tunnelementerne fra tunnelementfabrikken i Rødbyhavn til Als-Fyn forbindelsen, da den længere transport ikke er indeholdt i Sund & Bælts datagrundlag.

Tabel 12-13 Enhedspriser for ALA01.

Aktivitet	Enhedspris Femern	Skalering for ALA01	Enhedspris Als-Fyn ALA01
Støbning og sænkning af elementer	781 mio. DKK/km	69 m ² / 133 m ²	407 mio. DKK/km
Tilfyldning	107 mio. DKK/km	887 m ² / 1316 m ²	72 mio. DKK/km
Mekaniske og elektriske installationer	253 mio. DKK/km	4 sporet vej	162 mio. DKK/km
Udgravning	225 mio. DKK/km	1061 m ² / 1683 m ²	142 mio. DKK/km
Midlertidig opfyldning for etablering af C&C tunnel	104 mio. DKK	Skaleres ikke	104 mio. DKK
Drift af byggeplads	1.192 mio. DKK	50%	596 mio. DKK
Cut and cover tunnel	1.533 mio. DKK/km	69,3 m ² / 133 m ²	799 mio. DKK/km
Rampe	551 mio. DKK/km	17,8 m /41,2 m	238 mio. DKK/km

Transport af tunnelementer over længere afstande er ikke vurderet af Sund & Bælt, bidraget fra omkostninger er vurderet af Rambøll ud fra erfaringer fra Busan og Bjørvika tunnelen. Elementerne bugseres frem til sænkelokation før udstyr for sænkning monteres.

Det antages, at der skal transporteres ca. 58 tunnelementer 120 km langs den blå rute vist på Figur 12-5.



Figur 12-5 Transportruten af tunnelelementer er vist med blå linje.

Det antages at hvert tunnelelement transporteres af fire bugserbåde med en maksimal hastighed på 4 knob. Der er anvendt en gennemsnitlig hastighed på 3 knob ved sejlads med sænketunnelelement og en gennemsnitlig hastighed på 11 knob ved retursejls for bugserbåd.

Det antages at det samlet vil tage ca. fem dage at

1. klargøre transporten af ét element
2. tilkoble bugserbådene til ét element
3. transportere elementet
4. frakoble bådene fra elementet
5. sejle tilbage til Rødbyhavn

Samlet set vil det koste 1.875.000 DKK at transportere ét tunnelelement fra Rødbyhavn til forbindelsen mellem Als og Fyn.

Selve omkostningerne til montage af sænkeudstyr og sænkning er medtaget i km-prisen for sænketunnelerne.

12.3.3.3 Borede tunneler

For at estimere anlægsprisen for en boret tunnelloøsning anvendes High Speed 2 (HS2) "A guide to Tunneling Costs" [20], denne guide er tidligere anvendt for Kattegat og Østlig ringvej projekterne. Guiden er baseret på prisevalueringen af en række større tunnelprojekter foretaget af HS2 i 2011. Prisværktøjet blev brugt som basis for prisestimering i de tidlige faser af HS2. Projektet har som et supplerende check af anlægsprisen beregnet via HS2 guiden etableret et "bottom-up" prisoverslag. Et "Bottom-up" overslag består af en nedbrydning af anlægsoverslaget til mængder

med vurderede enhedspriser. Overslaget viser god overensstemmelse med anlægsoverslaget etableret via HS2 guiden, og anlægsoverslaget etableret på baggrund af HS2 guiden fastholdes derfor som det gældende anlægsoverslag for de borede tunneller.

HS2 opdeler anlægsoverlaget i nedenstående delposter. Der henvises til HS2 guiden for information om det præcise indhold af hver af posterne.

- Køb og levering af tunnelboremaskiner
- Støttefunktioner under anlægsperioden
 - Faste omkostninger som etablering af arbejdsplads (uafhængigt af længden).
 - Tidsrelaterede omkostninger (afhængig af fremdrift)
- Anlægsaktiviteter (tunnelsegmenter, tailgrouting, flytning af jord samt etablering af tværtunneller pr 380m)
- Bortskaffelse af jord
- Tunnelportaler
- Tunnelskakke
- Mekaniske og EL installationer

Nedenfor er vist et eksempel fra guiden.

This example assumes a 7km tunnel is constructed using slurry machines in a rural location with hilly topography.						
Tunnel Duration:		7,000m of tunnelling (productivity 80m/week)	87.5	Weeks		
		7,000m of clear out (productivity 400m/week)	17.5	Weeks		
		Total Duration	105.0	Weeks		
Ref	Item	Description	Quantity	Unit	Rate	Total Cost
					£ 2Q2011	£ 2Q2011
3.1	Purchase of TBMs	Slurry TBMs	2	Nr	16,000,000	32,000,000
		EPB Machines	0	Nr	18,000,000	0
3.2	Tunnelling Support Costs	Fixed costs (slurry TBM)	1	Sum	45,000,000	45,000,000
		Fixed costs (EPB machine)	0	Sum	35,000,000	0
		Time related costs	105	Week	1,100,000	115,500,000
3.3	Tunnel Construction	Twin tunnels - (slurry TBM)	7,000	Route m	25,000	175,000,000
		Twin tunnels - (EPB machine)	0	Route m	22,000	0
3.4	Disposal of Excavated Materials	Disposal off site to a commercial tip	7,000	Route m	4,500	31,500,000
		Disposal off site to a sustainable placement area	0	Route m	3,000	0
3.5	Tunnel Portals	Tunnel portal (assumed hilly topography)	2	Nr	20,000,000	40,000,000
3.6	Tunnel Shafts	Ventilation shaft (assumed rural location)	2	Nr	12,000,000	24,000,000
3.7	Mechanical and Electrical Systems	Mechanical and electrical systems in tunnels	7,000	Route m	4,000	28,000,000
Total cost for example tunnelled section of the route						491,000,000
Tunnel costs shown in the graph in section 4.2 of the report are per single tunnel km and for civil engineering works only i.e. excluding mechanical & electrical systems						
Therefore Total cost for items 3.1 - 3.6 above						463,000,000
Total length of single tunnel (km)						14
Civil engineering cost per single tunnel km						33,071,429

Figur 12-6 Eksempel fra HS2's "A guide to Tunneling Costs" på beregning af pris for tunnel.

HS2 beregningen er baseret på en tunnelloøsning med to rør som er boret med én TBM i hvert rør. For anlægsoverslaget for en boret tunnelloøsning mellem Als og Fyn, antages det at der anvendes slurry TBM'er. Den samlede udgift for etableringen af de borede tunneler er i samme størrelsesorden uanset metode. Det er antaget, at der tunneleres fra Fyn i ALA03 og ALA11 med to boremaskiner og fra Fyn og ALS i ALA10 med fire boremaskiner.

I det følgende beskrives det, hvordan HS2-metoden er anvendt på nuværende tidspunkt for basisløsningen for ALA03, ALA10 og ALA11. Basistværsnittet kan ses i Figur 6-10.

Enhedspriser

For at overføre priserne til danske enhedspriser i 2020K3 er nedenstående justeringer foretaget. Omregningen er mere detaljeret beskrevet i baggrundsrapporterne for Østligvej og Kattegatforbindelsen.

Der tages tre steps:

- Omregning fra £ til DKK med valutakurs fra 2011 (hvor notatet blev udarbejdet)
- Skalering med prisniveau i Danmark i forhold til England
- Fremskrivning med dansk indeksering fra 2011K3 til 2020K3.

Tabel 12-14 Faktor påført enhedspriser i HS2 Guiden for at konvertere til DK priser.

Justering	Antagelse	Faktor
Inflation 2011K2 -> 2020K3	Udregnet til 8 %	1,08
Forskel i markedspriser	Antaget at danske anlægspriser generelt er 10% højere end de engelske	1,1
Vexselkurs Britisk pund til Danske kroner	Antaget 1 GBP = 8,6 kr.	8,6
Overslag regner i mio. DKK frem for DKK		1/1000000
Samlet faktor		1,024E-05

Den samlede faktor bliver således:

Faktor: $8,6\text{£}/\text{dkk} \times 1,10 \times 1,08 \times 1/1.000.000 = 1,024 \times 10^{-5}\text{mio DKK}/\text{£}$

Ud over skaleringen af enhedspriser skal der også justeres for at de borede tunneler for Als-Fyn har en anden størrelse end på High Speed 2.

De primære forskelle er opsamlet i følgende skema, Tabel 12-15.

Tabel 12-15 Forskel mellem boret tunneller angivet i HS2 og Als-Fyn.

Forskelle	HS2	Als-Fyn
Funktion	Jernbane – et spor pr. rør	Vej
Dimensioner	Passer til fritrumsprofil for jernbane	Passer til fritrumsprofil til basis vejtværsnit (bredde=7,7 m) samt plads til føringsveje
Indre opbygning	Ingen væsentlig	Indbygning af egnet jord før etablering af vejbelægninger
Genanvendelse af TBM	Ikke anvendt	Ikke anvendt
Deponering af jord	Pris for deponering af jord i UK	Pris for deponering af jord i DK

En sammenligning af geometrien for HS2 og Als-Fyn er givet i Tabel 12-16, hvor man kan se at tværsnittet for Als-Fyn er ca. 10% større målt på den ydre diameter af TBM. Dette er vurderet indenfor en rimelig margen til at kunne anvende guiden for HS2.

Tabel 12-16 Sammenligning af HS2 og Als-Fyn

	HS2	Als-Fyn
Indre diameter [m]	8,80	9,48
Segment tykkelse [m]	0,4	0,5
Overcut [m]	0,17	0,17
TBM ydre diameter [m]	9,94	10,82
	100 %	109 %

I anlægsoverslaget er ovenstående priselementer skaleret med en faktor f_i , som tager højde for den ændrede diameter. Størrelsen på faktoren er vurderet for hvert enkelt priselement, idet prisen vurderes at være proportional med enten:

- Diameter/omkreds
- Frontarealet

- Et sted midt imellem
- Omvendt proportionalt

Skalering sker således efter formlen:

$$f_i = \left(\frac{d_y}{d_y^{HS2}} \right)^{e_i}$$

hvor f.eks.

$e_i = -1,0$: Omvendt proportionalt med diameter eller omkreds

$e_i = 1,0$: Proportionalt med diameter eller omkreds

$e_i = 2,0$: Proportionalt med frontarealet

I Tabel 12-17 er sammenfattet de vurderede faktorer for de enkelte bidrag.

Tabel 12-17 Boret tunnel skalering af HS2 priser.

Reference	Enhed	e_i
Fremdrift TBM	[m/uge]	-1,15
Fremdrift intern færdiggørelse	[m/uge]	-1,2
Pris TBM	[DKK]	1,5
Etablering af tunnelborearbejdsplads for 2 TBM'er	[DKK]	1
Støttefunktion tidsafhængig TBM drift	[DKK/uge]	1
Støttefunktion tidsafhængig rydning	[DKK/uge]	1
Tunnelkonstruktioner	[DKK/m]	1,5
Deponering af udgravet materiale	[DKK/m]	2

Størrelserne af skaleringen er evalueret i forbindelse med udarbejdelsen af anlægsoverslag for Østlig ringvej.

- For fremdrift og rydning er der valgt faktorer der resulterer i lidt lavere fremdrifthastighed end forudsat i HS2's guide ved øget diameter.
- Justering af prisen for TBM'er er ansat til at ligge imellem diameteren og frontarealet idet en række delelementer er de samme for maskiner i denne størrelse.
- Justering af prisen for etablering af byggeplads er ansat til at være proportionel med borediameter, det samme er antaget for de ugentlige omkostninger for boring og rydning af tunneler samt relateret drift af byggeplads.
- Justering af prisen for tunnelkonstruktionerne er ansat til at ligge imellem diameteren og frontarealet, denne post inkluderer tunnelelementer, grouting af overcut samt transport af jord fra borefront til tunnelbyggepladsen.
- Justering af prisen for deponering af jord afhænger af tværsnitsarealet af tunnelen.

I HS2's guide er portalkonstruktioner, nødsakke og M&E prissat som separate poster, for disse dele er det valgt at følge samme prisgrundlag som for sænketunnelløsningerne og HS2's priser er derfor ikke benyttet.

Herudover er der medtaget tværtunneler pr. 380m i HS2's pris for tunnelkonstruktioner, det er valgt at medtage omkostninger til etablering af tværtunneler pr. 250m i anlægsoverslaget for Als-Fyn, der redegøres for hvordan prisen korrigeres under prissætning af tunnelkonstruktioner.

Køb af tunnelboremaskine

Omkostning til køb af tunnelboremaskiner er estimeret i det følgende.

Det antages på nuværende tidspunkt, at der anvendes to tunnelboremaskiner for ALA03 og ALA11, én for hvert rør, og fire tunnelboremaskiner for ALA10, to for hvert rør.

Det er valgt at basere anlægsoverslaget på slurry maskiner. Den samlede pris for henholdsvis EPB og slurry boring er i samme størrelsesorden, men slurry boring er dyrest pga. slurry processen (materiale, strøm, det tilhørende separationsanlæg).

Tabel 12-18 Pris for køb af slurry TBM.

	Enhed	Beregning af enhedspris for 1 stk. slurry TBM-maskiner
Basispris [2011 GBP], HS2 guiden	GBP	16 000 000
Faktor påført enhedspriser i HS2 Guiden for at konvertere til DK priser 2020K3 (Se tabel Tabel 12-14)	-	1,024E-05
Boret tunnel skalering af HS2 priser, faktor (se Tabel 12-17)	-	$f_i = \left(\frac{10,82}{9,94}\right)^{1,5} = 1,14$
$\left(\frac{Dy, AF}{Dy, HS2}\right)^{1,5}$		
Pris for TBM (Als-Fyn) (2020K3 mio. DKK)	[Mio. DKK/stk.]	186,1

Der skal indkøbes 2 stk. slurry TBM til i alt 372 mio. DKK for ALA03 og ALA11. For ALA10 skal der indkøbes 4 stk slurry TBM til i alt 744 mio DKK.

Støttefunktioner under anlæg

Støttefunktioner under anlæg er opdelt i følgende to poster:

- Faste omkostninger (uafhængigt af længden)
- Tidsrelaterede omkostninger (afhængig af fremdrift)

Faste omkostninger - Etablering af tunnelbyggeplads for to TBM'er

Beregning af de faste omkostninger til støtte af to slurry TBM'er er vist i Tabel 12-19.

Tabel 12-19 Faste omkostninger til støtte af to slurry TBM'er

	Enhed	Faste omkostninger ved etablering af en tunnel arbejdsplads for to slurry TBM'er
Basispris [2011 GBP], HS2 guiden	GBP	45 000 000
Faktor påført enhedspriser i HS2 Guiden for at konvertere til DK priser 2020K3 (Se tabel Tabel 12-14)	-	1,024E-05
Boret tunnel skalering af HS2 priser, faktor (se Tabel 12-17)	-	$f_i = \left(\frac{10,82}{9,94}\right)^{1,0} = 1,09$
$\left(\frac{Dy, AF}{Dy, HS2}\right)^{1,0}$		
Pris (Als-Fyn, ALA03 og ALA11) (2020K3 mio. DKK)	[Mio. DKK/byggeplads]	502
Pris (Als-Fyn, ALA10) (2020K3 mio. DKK)	[Mio. DKK/byggeplads]	1.003

For ALA03 tunneleres der kun fra Fyn. Det vil derfor kun være nødvendigt at etablere arbejdsplads med tunnelrelaterede udstyr på den ene side af ALA03. Det samme gælder for ALA11. For ALA10 tunneleres der både fra Fyn og fra Als. Etableringen af byggeplads for ALA03 og ALA11 er derfor 502 mio. DKK, mens der for ALA10 etableres to byggepladser og omkostningen er derfor 1.003 mio. DKK.

Tidsrelaterede omkostninger - Boring af tunnel og rydning af tunnel efter boring er færdig samt drift af byggeplads.

De tidsrelaterede omkostninger er angivet i Tabel 12-20 og Tabel 12-21. De tidsrelaterede omkostninger skaleres for tidsforbrug og størrelse af tunnel.

Tabel 12-20 Tidsrelaterede omkostninger til støtte af to TBM omregnet til m Boret tunnel

	Enhed	Tidsrelaterede omkostninger for boring med TBM
Basispris [2011 GBP], HS2 guiden	[GBP/uge]	1 100 000
Faktor påført enhedspriser i HS2 Guiden for at konvertere til DK priser 2020K3 (Se tabel Tabel 12-14)	-	1,024E-05
Boret tunnel skalering af HS2 priser, faktor (se Tabel 12-17)	-	$f_i = \left(\frac{10,82}{9,94}\right)^{1,0} = 1,09$
	$\left(\frac{Dy, AF}{Dy, HS2}\right)^{1,0}$	
Pris for TBM (Als-Fyn) (2020 mio. DKK)	[Mio. DKK/uge]	12,26
Basis fremdrift fra HS2	[m/uge]	80
Boret tunnel skalering af HS2 fremdrift, faktor (se Tabel 12-17)	-	$f_i = \left(\frac{10,82}{10,34}\right)^{-1,15} = 0,91$
	$\left(\frac{Dy, AF}{Dy, HS2}\right)^{-1,15}$	
Fremdrift for Als-Fyn	[m/uge]	73
Pris for TBM (Als-Fyn) (2020K3 mio. DKK)	[Mio. DKK/km]	169

Prisen for drift af 2 TBM borede vej-tunneller bliver således anslået til 169 mio. DKK/km. Prisen er den samme for ALA03, ALA10 og ALA11.

Tabel 12-21 Rydning og færdiggørelse af to indre boret tunnel rør fordelt på m Boret tunnel

	Enhed	Tidsrelaterede omkostninger for boring med TBM
Basispris [2011 GBP], HS2 guiden	GBP/uge	1 100 000
Faktor påført enhedspriser i HS2 Guiden for at konvertere til DK priser 2020K3 (Se Tabel 12-14)	-	1,024E-05
Boret tunnel skalering af HS2 priser, faktor (se Tabel 12-17)	-	$f_i = \left(\frac{10,82}{9,94}\right)^{1,0} = 1,09$
	$\left(\frac{Dy, AF}{Dy, HS2}\right)^{1,0}$	
Pris for TBM (Als-Fyn) (2020 mio. DKK)	[Mio. DKK/uge]	12,26
Basis fremdrift fra HS2	[m/uge]	400
Boret tunnel skalering af HS2 fremdrift, faktor (se Tabel 12-17)	-	$f_i = \left(\frac{10,82}{9,94}\right)^{-1,2} = 0,90$
	$\left(\frac{Dy, AF}{Dy, HS2}\right)^{-1,2}$	
Fremdrift for Als-Fyn	[m/uge]	361
Pris for TBM (Als-Fyn) (2020K3 mio. DKK)	[Mio. DKK/km]	34

Prisen for rydning og færdiggørelse af 2 TBM borede vej-tunneller bliver således 34 mio. DKK/km. Prisen er den samme for ALA03, ALA10 og ALA11.

Tunnelkonstruktioner

Omkostning til anlæg af to slurry TBM-tunneler er angivet i Tabel 12-22. Anlæg indeholder fabrikation og montering af tunnel foring samt grouting af overcut, transport af jord fra front af boremaskiner til tunnelbyggeplads.

Prisen fra HS2 guiden indeholder tværtunneler pr. 380 m. For Als-Fyn antages det, at der etableres tværtunneler pr. 250 m.

I projektet for Kattegat blev det estimeret at udgiften til etablering af tværtunneler udgjorde 20% af prisen for tunnelkonstruktionerne.

$$\frac{1000m/km * 25.000 \frac{\text{£}}{m} * 1,024e - 5 \frac{\text{mio. DKK}}{\text{£}} * 0,2}{1000m/380m} = 19,5 \text{ mio. DKK/tværtunnel}$$

Med en afstand på 250 m mellem tværtunneller fås der herved en pris på 4x19,2 mio. DKK = 78 mio. DKK/km boret tunnel.

Udgiften til etablering af tværtunneler er trukket ud af posten for anlægsaktiviteter og adderet i en separat post.

For ALA10 mødes TBM'erne ca. midtvejs på tunnelstrækket. Her er der adderet en omkostning på 40 mio. DKK pr. tunnel til udførelse af samlingen mellem de borede tunneler.

Tabel 12-22 Omkostning til anlæg af slurry tunnel

	Enhed	Anlægsaktiviteter ved anvendelse af slurry TBM
Basispris [2011 GBP], HS2 guiden	GBP/m	25 000
Faktor påført enhedspriser i HS2 Guiden for at konvertere til DK priser 2020K3 (Se Tabel 12-14) $\left(\frac{Dy,AF}{Dy,HS2}\right)^{1,0}$		1,024E-05
Boret tunnel skalering af HS2 priser, faktor (se Tabel 12-17) $\left(\frac{Dy, AF}{Dy, HS2}\right)^{1,5}$		$f_i = \left(\frac{10,82}{9,94}\right)^{1,5} = 1,14$
Pris (Als-Fyn) (2020K3 mio. DKK) Inkl. tværpassager per 380 m	[Mio. DKK/km rute]	291
Pris (Als-Fyn) (2020K3 mio. DKK) Ekskl. Tværtunneler (80% af HS2 tunnelpris)	[Mio. DKK/km]	233
Tillæg for tværtunneler per 250 m	[Mio. DKK/km]	78

Prisen for anlæggelse af dobbelt borede tunnel bliver således 233 mio. DKK/km og anlæggelse af tværtunneler bliver 78 mio. DKK/km.

Prisen er den samme for ALA03, ALA10 og ALA11.

Bortskaffelse af jord

Omkostning til bortskaffelse af jord er angivet i Tabel 12-23. Det er for Kattegatprojektet vurderet at omkostningsniveauet for deponering af jord er lavere i Danmark end i England, det er valgt også at anvende denne skalering for Als-Fyn.

Tabel 12-23 Omkostning til bortskaffelse af jord for to tunnelrør

	Enhed	Anlægsaktiviteter for indre konstruktioner ved anvendelse af slurry TBM
Basispris [2011 GBP], HS2 guiden	GBP/m tunnelrør	4 500
Faktor påført enhedspriser i HS2 Guiden for at konvertere til DK priser 2020K3 (Se tabel Tabel 12-14)	-	1,024E-05
Forskel i omkostningsniveau DK/UK		0,82

Boret tunnel skalering af HS2 priser, faktor (se Tabel 12-17)

$$\left(\frac{Dy, AF}{Dy, HS2}\right)^{2.0}$$

$$f_i = \left(\frac{10,82}{9,94}\right)^{2.0} = 1,18$$

Pris (Als-Fyn) (2020K3 mio. DKK)	[Mio. DKK/km]	45
----------------------------------	----------------------	-----------

Prisen for bortskaffelse af jord bliver således 45 mio. DKK/km. Prisen er den samme for ALA03, ALA10 og ALA11.

Indbygning af fyld i tunneltværsnit

Basisprisen fra HS2 guiden er for banetunneler, hvor der ikke er medtaget omkostninger for etablering af indre konstruktioner og baneinstallationer.

For Als-Fyn er der ikke medtaget omkostninger til udførelse af indre konstruktioner, da det er valgt at bygge to tunneler med tværtunneler. I stedet indbygges der fyldjord i bunden af tunnelen for at løfte vejbanen til det rigtige niveau i tunnelen. Det er vurderet, at der indbygges ca. 20 m³ fyld pr m tunnel. Med en enhedspris på 250 kr/m³ giver dette et tillæg til tunnelprisen på 5 mio. DKK pr. km tunnel. Der er valgt en høj pris på indbygget fyld, idet den skal indbygges inde i tunnelen og derfor skal transporteres ind på mindre lastbiler.

Tabel 12-24 Tillæg for indbygning af fyld i de to tunnelrør

Indbygning af fyld i bund af tunneltværsnit	5 mio. kr./km
I alt	5 mio. DKK/km

Prisen er den samme for ALA03, ALA10 og ALA11.

Tabel 12-25 Oversigt over enhedspriser.

Oversigt over enhedspriser		
Længdeafhængige poster		
TBM	mio. DKK/stk	2 x 186
Arbejdsplads for 2 stk TBM	mio. DKK	502
	mio. DKK	874
Længdeafhængige poster, tunnel med to rør		
Boring	mio. DKK/km	169
Færdiggørelse	mio. DKK/km	34
Anlægsaktiviteter	mio. DKK/km	233
Bortskaffelse af jord	mio. DKK/km	45
Indre opbygning	mio. DKK/km	5
M&E	mio. DKK/km	157
Vej	mio. DKK/km	5
Tværtunneler	mio. DKK/km	78
	mio. DKK/km	725

For ALA03 og ALA11 anvendes der 2 boremaskiner fra en byggeplads (pris 874 mio. DKK) mens der for ALA10 anvendes 4 boremaskiner fra to byggepladser (pris 1748 mio. DKK). Prisen pr. km. Tunnel er den samme for ALA03, ALA10 og ALA11.

12.3.3.4 Cut & Cover tunneler

Sænketunnel

Som nævnt i afsnit 12.3.3.2 har Sund & Bælt leveret enhedspriser for cut & cover tunnelerne til sænketunnelløsningerne [22]. På samme måde som for sænketunnelementerne skal de variable enhedspriser for cut & cover tunnelerne nedskaleres fra det tværsnit som benyttes på Femern forbindelsen til et mindre tværsnit. Der benyttes her en skaleringsfaktor, som afhænger af betonarealet i tværsnittet. Der tages udgangspunkt i det areal af beton, der er i tværsnittet på Femern-tunnelen for et standard tunnel element, hvilket er 133 m². Betonarealet af et standardelement for basistværsnittet for Als-Fyn er 70 m² svarende til 52 % af tværsnittet for Femern forbindelsen, hvilket derfor anvendes som skaleringsfaktor.

Femern prisen for cut & cover tunnel er oplyst til at være 1533 mio. DKK/km, med skalering fås prisen for basisløsningen for Als-Fyn til $0,52 \times 1533$ mio. DKK/m = 799 mio. DKK/m.

Boret tunnel

Der er lagt 50 % til enhedsprisen for cut and cover konstruktionerne til sænketunnelløsningerne givet af Sund & Bælt, da afsendergruber og en del af cut and cover tunnelerne ligger betydeligt dybere end for en sænketunnel.

Prisen for cut & cover tunneler og start om modtagekamre for basisløsningen for Als-Fyn fås herefter til $1,5 \times 799$ mio. DKK/m = 1198 mio. DKK/m.

12.3.3.5 Ramper

Som nævnt i afsnit 12.3.3.2 har Sund & Bælt også leveret enhedspriser for ramperne [22]. For at nedskalere den variable enhedspris der vedrører ramper fra det tværsnit som benyttes på Femern forbindelsen til et mindre tværsnit, benyttes der en skaleringsfaktor, som afhænger af den totale bredde af rampen, hvilket er 41,2 m. Eftersom der kun er én indre væg (mellem det sydgående jernbanespor og det nordgående vejspor), er det valgt blot at se på totalbredden, da det ikke giver så store forskelle som hvis samme metodik var benyttet for tunnelementer. Totalbredden for basistværsnittet er 17,83 m svarende til 43 % af totalbredden for Femern forbindelsen, hvilket derfor anvendes som skaleringsfaktor.

Femern prisen for ramper er oplyst til at være 551 mio. DKK/km. Med skalering fås prisen for basisløsningen for Als-Fyn til $0,43 \times 551$ mio. DKK/m = 238 mio. DKK/m.

12.3.4 Marine konstruktioner (kunstige øer, dæmning og tunnelbeskyttelse)

For sænketunnelløsningerne (ALA01, ALA04, ALA05 og ALA09) indgår de midlertidige dæmninger for etablering af Cut & Cover tunnel samt etablering af endelig kystbeskyttelse over denne, som er inkluderet i omkostningerne for sænketunnel, se kapitel 12.3.3.2.

ALA05 er en kombination mellem en bro og en sænketunnel. Som ved Øresundsforbindelsen mødes de to konstruktioner på en ny ø. For Als-Fyn er denne lokaliseret, hvor der er lavere vanddybde ved den sydlige ende af Søndre Stenrøn. På den vestlige side af øen funderes tunnelen på en undersøisk dæmning, der strækker sig fra øen og frem hvor tunnelens funderingsniveau møder havbunden.

For ALA03 og ALA11 etableres der en dæmning over de borede tunneler ved Fynshav. Denne skal sikre tunnelerne mod opdrift og samtidig muliggøre at rampen ved Fynshav når terræn ved havnen.

12.3.4.1 Kunstig ø

Prisen for den kunstige ø er baseret på de samme enhedspriser som er anvendt for Kattegatprojektet [21].

Idet øen er cirka 550m lang, er perimeteren af den kunstige ø vurderet til at være cirka 1650 m lang. Den funderes på ca. 20 m vanddybde, hvilket er sammenligneligt med de kunstige ø'er i Kattegatprojektet.

Indenfor perimeteren er det vurderet at der skal anvendes ca. 716.800 m³ sandfyld.

Nedenstående enhedspriser fra Kattegatprojektet er anvendt

Pris per m ø-perimeter på ca. 20 m vand	1.000.000 DKK/m ø-perimeter
Sandfyld	120 DKK/m ³

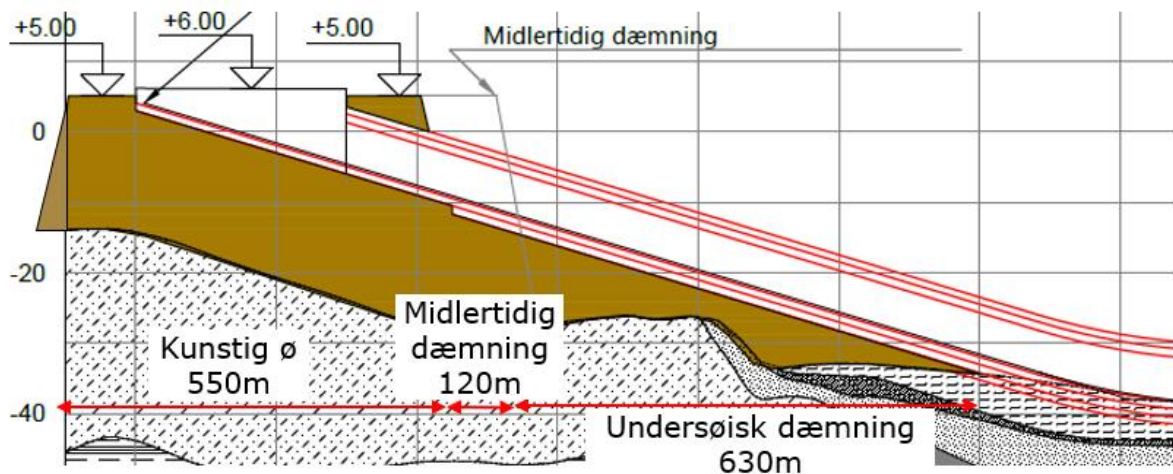
Den samlede pris for den kunstige ø vurderes dermed at være:

$$1,65 \text{ km} \times 1 \text{ mio. DKK/km} + 716.800 \text{ m}^3 \times 120 \text{ DKK/m}^3 = 1.736 \text{ mio. DKK.}$$

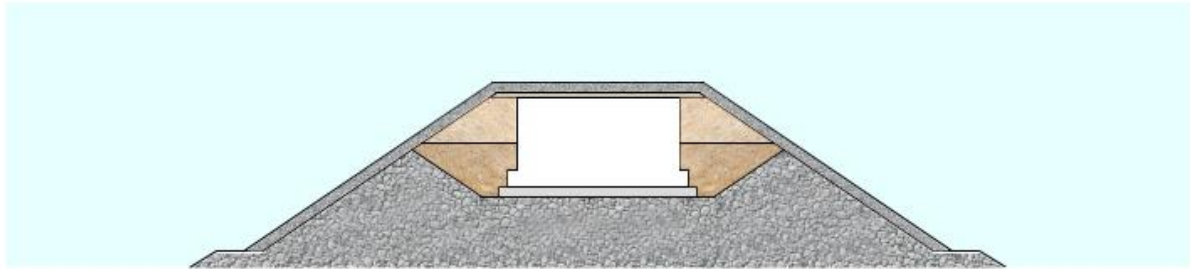
12.3.4.2 Undersøisk dæmning

Prisen for den undersøiske dæmning ved den kunstige ø er baseret på de samme enhedspriser som er anvendt for Kattegatprojektet [21]. Dæmningen inkluderer tilfyldning omkring sænketunnelen.

Idet den midlertidige dæmning for etablering af Cut & Cover ved den kunstige ø indgår i prisen for sænketunnelen, bliver den undersøiske dæmning cirka 630 m lang som vist nedenfor i Figur 12-7. Et tværsnit er vist af den undersøiske dæmning i Figur 12-8.



Figur 12-7 Kunstig ø, midlertidig dæmning og undersøisk dæmning for ALA05



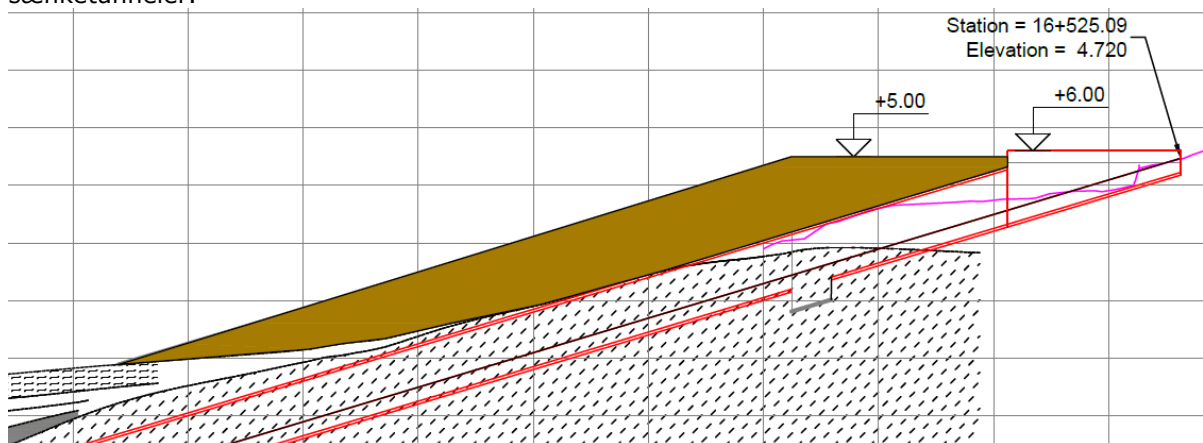
Figur 12-8 Tværsnit for undersøisk dæmning for ALA05

Enhedsprisen for en undersøisk dæmning, jf. Kattegatprojektet [21] er anslået til at koste 500.000 DKK/m dæmning.

Den samlede pris for en undersøisk dæmning i dette projekt er 315.000.000 DKK.

12.3.4.3 Beskyttelse af boret tunnel ved Fynshav mod opdrift

Prisen for beskyttelsen af den boret tunnel for ALA03 og ALA11 ved Fynshav mod opdrift er medtaget ved at anvende 2 x prisen for portaler (inkl. landopfyld) svarende til 208.000.000 DKK. Dæmningen for etablering af Cut & Cover for sænketunneler strækker sig over 300-400m i hver ende af sænketunnelerne, dæmningen over de borede tunneler er cirka 1400m lang, hvilket svarer til 4x 350m. Tværsnittet af dæmningen har samme størrelsesorden som for sænketunneler.



Figur 12-9 Sikring af boret tunnel mod opdrift

12.4 Anlægsoverslag per løsning

Anlægsoverslagene for de forskellige løsninger kan ses i følgende tabeller.

Løsning	Tabel
ALA01	Tabel 15-1
ALA02	Tabel 15-2
ALA03	Tabel 15-3
ALA04	Tabel 15-4
ALA05	Tabel 15-5
ALA07	Tabel 15-6
ALA09	Tabel 15-7

ALA10 Tabel 15-8

ALA11 Tabel 15-9

12.5 Anlægsoverslag for basisløsningerne

Anlægsoverslaget for de ni forskellige løsninger, med basistværsnittet, kan se nedenfor i Tabel 12-26.

Tabel 12-26 Anlægsoverslag for de forskellige løsninger med basistværsnittet.

		ALA01	ALA02	ALA03	ALA04	ALA05	ALA07	ALA09	ALA10	ALA11
Kyst til Kyst Længde	[m]	13475	11088	12947	13315	11782	16282	16560	17150	13103
	[mia. DKK]	11,10	9,08	10,45	11,30	11,25	10,50	14,19	14,19	10,57
PTA	12%	[mia. DKK]	1,33	1,09	1,25	1,36	1,35	1,26	1,70	1,27
Korrektions- tillæg	50%	[mia. DKK]	6,22	5,08	5,85	6,33	6,30	5,88	7,94	5,92
Samlet pris inkl. PTA og korrektion	[mia. DKK]	18,65	15,25	17,56	18,98	18,89	17,63	23,83	23,84	17,75

12.6 Sammenfatning af besparelspotentialer

I afsnit 6 er sammenhængen mellem tværsnitsbredden og fremkommelighed samt niveau for sikkerhed i forbindelse med redningssituationer behandlet. I dette afsnit er det belyst hvorledes sammenhængen er mellem tværsnitsbredde og anlægsøkonomi. Yderligere er det for broløsningerne belyst hvorledes den valgte spændviddekonfiguration påvirker anlægsprisen.

12.6.1 Broløsninger

I dette afsnit belyses for broløsningerne indflydelsen af hhv. tværsnitsbredden og spændvidde konfiguration på anlægsoverslaget.

12.6.1.1 Tværsnitsbredder

Der tages udgangspunkt i løsning 7.1 med en bjælkebro m. 110 m fag samt et gennemsejlingsfag på 510 m for en skråstagsbro. I Tabel 12-26 er anlægsoverslaget angivet for løsning ALA 07 for de forskellige tværsnitsbredder.

Tabel 12-27 Anlægsoverslag for løsning 7.1 med 510 m gennemsejlingsbredde (skråstagsbro) og bjælkebro med 110 m fag.

Tilvalg	Bredde	Enhed	Miljøtiltag, alene	ALA07, total	PTA (12%)	Korrektionstillæg (50%)	Samlet pris
Basis	10,60 m	[mia. DKK]	1,71	10,5	1,26	5,88	17,63
1	11,45 m	[mia. DKK]	1,71	10,96	1,32	6,14	18,41
2	15,00 m	[mia. DKK]	1,71	12,87	1,54	7,21	21,62
3	15,90 m	[mia. DKK]	1,71	13,36	1,60	7,48	22,44
4	18,00 m	[mia. DKK]	1,71	14,49	1,74	8,11	24,34

Det ses at forskellen mellem den billigste og dyreste løsning er 6,7 mia. DKK, hvilket svarer til 38 %. Forskellen mellem tilvalg 3 og 4 er ca. 2 mia. kr. svarende til en procentvis forskel på 8,4%.

Forskellen på tilvalg 3 og 4 er muligheden for afvikling af dobbeltrettet trafik, hvis trafikken på den ene brohalvdel er lukket i tilfælde af en ulykke på broen eller ved drift og vedligeholdelsesarbejder. For tilvalg 4 kan trafikken afvikles med 80 km/t mens trafikken kan afvikles med 60 km/t for tilvalg 3. Denne løsning betragtes således som den anbefalede løsning. Løsningen giver lidt robusthed i forhold til bredden af kørebanerne således der kan opretholdes 80 km/t ved dobbelt rettet trafik, når trafikken er spæret i det ene tunnelrør eller på den ene brohalvdel. Det anbefales også at man tænker en vis form for fremtidssikring ind i denne type projekter, og løsningen vil være bedre rustet i forhold til fremtidige justeringer, hvis fremtiden f.eks. bringer en øget trafikmængde på forbindelsen.

Yderligere har tilvalg 4 et midterautoværn, som forhindrer ulykker i at komme over i den modsatte køreretning, hvilket kan føre til alvorlige ulykker. Det kan overvejes i en kommende fase af projektet at undersøge, om sikkerheden med den forudsatte trafikmængde kan findes tilfredsstillende ved at anvende en separator til adskillelse af trafikken i de to trafikretninger på broen for derved at optimere den nødvendige tværsnitbredde. En separator optager mindre plads i forhold til et midterautoværn, men har en væsentlig større arbejdsbredde og kan derfor ikke i samme omfang som et midterautoværn forhindre, at et køretøj kan komme over i den modsatte køreretning.

12.6.1.2 Anlægsomkostning for forskellige spændvidde konfigurationer

Med udgangspunkt i den anbefalede løsning med en tværsnitbredde på 18 m er det undersøgt hvilken indflydelse den valgte spændviddekonfiguration har på anlægsoverslaget for broløsningerne. I Tabel 12-27 kan anlægsomkostningen ses for de forskellige undersøgte spændviddekonfigurationer. Forskellen mellem priserne ses at være relativt begrænsede, den dyreste løsning er 10% dyrere end den billigste løsning. Prisreduktionen vurderes relativt beskeden i forhold til restriktionerne, som løsning 7.5 påfører projektet. Løsningen resulterer i restriktioner på størrelsen af skibe, som vil kunne benytte farvandet mellem Als og Fyn herunder besejle Aabenraa havn i fremtiden. Restriktionerne vil skulle politisk godkendes.

Projektet har i øvrigt undersøgt hvilken besparelse der kan opnås hvis der bygges en ren bjælkebro med 110 m lange fag. I dette tilfælde vil prisen være 22,23 Mia kr. inkl. tillæg for risiko og PTA. En bro med alene 110 m lange fag vil dog ikke kunne opfylde kravene til sejlladsforhold på lokaliteten.

Tabel 12-28 Anlægsoverslag for korridor ALA07. Priser angivet for tilvalg 4, bredde 18 m. Priser angivet i mia. kr.

Betegnelse	Beskrivelse	Total (mia. DKK)	PTA (12%)	Korrektionstillæg (50%)	Samlet pris (mia. DKK)
Løsning 7.1	Bjælkebro m. 110m fag + Én gennemsejling v. 550 m skråstagsfag	14,49	1,74	8,11	24,34
Løsning 7.3	Bjælkebro m. 110m fag + To gennemsejlinge r v. ét 550 m skråstagsfag og to 320 m frit-	14,95	1,79	8,37	25,12

	frembyggede brofag				
Løsning 7.5	Bjælkebro m. 110m fag + Én gennemsejling v. to 320 m frit-frembyggede brofag	13,69	1,64	7,67	23,00

12.6.2 Besparelspotentiale ved anvendelse af elementfabrik i Rødby.

Licitationspriser fra hhv. Kronprinsesse Marys bro og Storstrømsbroen er blev gennemgået. For Kronprinsesse Marys bro udgør prisen for arbejdsplads og produktionsfabrik ca. 1% den samlede anlægsomkostning for den vindende entreprenør. På Kronprinsesse Marys bro blev broelementerne produceret på en fabrik i Polen. For Storstrømsbroen udgør arbejdspladsen 5-10 procent af anlægssummen for de tre bydende entreprenører. For Als/Fyn forbindelse antages med udgangspunkt i nævnte referencer, at det vil være muligt at reducere anlægsomkostningen på projektet med ca. 5 % ved anvendelse af elementfabrikken i Rødby. Besparelsen vil naturligvis afhænge af størrelsen af udgifterne til ombygning af fabrikken samt hvilket brokoncept der vurderes mest hensigtsmæssig på lokaliteten.

12.6.3 Tunnelløsninger

I dette afsnit belyses for tunnelløsningerne og kombinationsløsningen indflydelsen tværsnitsbredden på anlægsoverslaget.

12.6.3.1 Sænketunnelløsninger

I Tabel 12-29 er anlægsprisen angivet for sænketunnelløsningerne. Generelt ses forskellen mellem den smalleste og bredeste tværsnit at være ca. 15-23 % tilvalg 4 er den anbefalede bredde af tværsnittet, se begrundelse angivet i afsnit 12.6.1.1. Forskellen mellem tilvalg 1 og 2 ses at være i størrelsesordenen 5-6 %.

Tabel 12-29 Anlægsoverslag for sænketunnelløsningerne for de undersøgte tværsnitsvarianter

Tilvalg	Korridor	Bredde	Anlægspris (mia. DKK)	PTA (12%)	Korrektionstillæg (50%)	Samlet pris (mia. DKK)
Basis	ALA01	5,8 m	11,10	1,33	6,22	18,65
Tilvalg 1	ALA01	7,95 m	12,90	1,55	7,23	21,68
Tilvalg 2	ALA01	9 m	13,68	1,64	7,66	22,98
Basis	ALA04	5,8	11,30	1,36	6,33	18,98
Tilvalg 1	ALA04	7,95 m	13,07	1,57	7,32	21,96
Tilvalg 2	ALA04	9 m	13,83	1,66	7,74	23,23
Basis	ALA09	5,8 m	14,19	1,70	7,94	23,83
Tilvalg 1	ALA09	7,95 m	14,34	1,72	8,03	24,09
Tilvalg 2	ALA09	9 m	14,41	1,73	8,07	24,20

12.6.3.2 Borede tunneller

I Tabel 12-29 er anlægsprisen angivet for de borede tunnel løsninger. Generelt ses forskellen mellem den smalleste og bredeste tværsnit at være ca. 12-13%. Forskellen mellem tilvalg 1 og 2 ligger på ca. 9-10%. Tilvalg 2 er den anbefalede bredde af tværsnittet, se begrundelse angivet i afsnit 12.6.1.1.

Table 12-30 Anlægsoverslag for de borede tunneller for de undersøgte tværsnitsvarianter

Tilvalg	Korridor	Bredde	Anlægspris (mia. DKK)	PTA (12%)	Korrektionstillæg (50%)	Samlet pris (mia. DKK)
Basis	ALA03	7,7 m	10,45	1,25	5,85	17,56
Tilvalg 1	ALA03	7,95 m	10,69	1,28	5,99	17,96
Tilvalg 2	ALA03	9 m	11,72	1,41	6,56	19,68
Basis	ALA10	7,7 m	14,19	1,70	7,95	23,84
Tilvalg 1	ALA10	7,95 m	14,52	1,74	8,13	24,40
Tilvalg 2	ALA10	9 m	15,97	1,92	8,94	26,83
Basis	ALA11	7,95 m	10,57	1,27	5,92	17,75
Tilvalg 1	ALA11	7,95 m	10,83	1,30	6,06	18,19
Tilvalg 2	ALA11	9 m	11,96	1,43	6,70	20,09

12.6.3.3 Kombinationsløsninger

I Tabel 12-31 er anlægsprisen angivet for kombinationsløsningerne. Forskellen mellem basisløsningen og bredeste tværsnit at være ca. 8 %, mens forskellen mellem tilvalg 1 og 2 er 2%. Tilvalg 2 er den anbefalede bredde af tværsnittet, se begrundelse angivet i afsnit 12.6.1.1.

Table 12-31 Anlægsoverslag for kombinationsløsningen ALA05 med bro løsning 5.1.

Tilvalg Bro	Tilvalg Tunnel	Bredde Bro	Bredde Tunnel	Enhed	Miljøtiltag, alene	ALA05, total	PTA (12%)	Korrektions-tillæg (50%)	Samlet pris
Basis	Basis	10,60m	5,8m	[mia. DKK]	0,89	11,25	1,35	6,30	18,89
1	Basis	11,45m	5,8m	[mia. DKK]	0,89	11,45	1,35	6,41	19,24
2	1	15,00m	7,95m	[mia. DKK]	0,89	12,89	1,55	7,22	21,66
3	1	15,90m	7,95m	[mia. DKK]	0,89	13,10	1,57	7,34	22,01
4	2	18,00m	9m	[mia. DKK]	0,89	13,86	1,66	7,76	23,28

13. ANBEFALINGER TIL KOMMENDE FASER

13.1 Geoteknik

Som nævnt nedenfor, er der på nuværende tidspunkt kun udført geofysiske undersøgelser. Når relevante geotekniske undersøgelser foreligger i en senere fase, bør alle tekniske løsninger gennemgås og vurderes igen.

13.1.1 Geoteknisk grundlag

Som beskrevet i afsnit 5 har Sund & Bælt i foråret 2023 gennemført en indledende geofysiske undersøgelse af forundersøgelsesområdet for den faste forbindelse mellem Als og Fyn. Afstanden mellem undersøgelseslinjerne er ca. 1 km. Der er på nuværende tidspunkt ikke gennemført geotekniske undersøgelser for en fast forbindelse mellem Als og Fyn og derfor har det ikke været muligt at fastlægge materialeparametre for jordarterne truffet i den indledende geofysik

undersøgelse. Jordbundsforholdene i undersøgelsesområdet er beskrevet i den geotekniske vurderingsrapport, ref. [2].

Nedenfor er anbefalinger til supplerende geofysiske og geotekniske undersøgelser overordnet beskrevet. Supplerende undersøgelser skal tilpasse de valgte anlægsmetoder og korridorer.

13.1.2 Geofysiske undersøgelser

Det anbefales, at der i næste fase gennemføres en supplerende geofysik undersøgelse. De primære formål med denne undersøgelse bør være at fastlægge:

- den geologiske lagfølge i områder hvor den eksisterende tolkning ikke er komplet eller konsistent / sammenhængende,
- tykkelse af gasholdige postglaciale havbundsaflejringer med stører nøjagtighed end i den eksisterende model,
- omfanget af den palæogen Lillebæltssler, både horisontalt og vertikalt,

Geofysiske data fra både de eksisterende og supplerende geofysiske undersøgelser skal tolkes og korreleres/kalibreres med resultaterne af de geotekniske borer og CPTU-sonderinger beskrevet nedenfor.

Det vurderes, at geofysiske undersøgelser for detailprojektering bør gennemføres således, at afstanden mellem sejl/undersøgelseslinjer er ca. 50 m i korridorens længderetningen og ca. 250 m på tværs af korridoren. Ved kysterne og andre lavvandede områder samt ved området med Lillebæltssler bør afstanden mellem sejl/undersøgelseslinjer reduceres.

13.1.2.1 UneXploded Ordnance, UXO

Det anbefales, at der i forbindelse med ovenfor nævnte supplerende geofysiske undersøgelser også gennemføres undersøgelser for ueksploderet ammunition, UXO.

13.1.2.2 Arkæologiske undersøgelser

Det anbefales, at der i forbindelse med ovenfor nævnte supplerende geofysiske undersøgelser også gennemføres arkæologiske undersøgelser.

13.1.3 Geotekniske undersøgelser

Det anbefales, at der i næste fase gennemføres geotekniske undersøgelser i hele det anlægstekniske undersøgelsesområde, dvs. i korridorlinjerne samt ved ilandføringspunkterne på både Als og Fyn.

For hver af brokorridorerne bør der udføres ca. 10 stk. offshore geotekniske undersøgelser i form af geotekniske borer og CPT-sonderinger til mellem 60 og 80 under havbunden.

For den borede tunnel bør der udføres 5 til 8 stk. offshore geotekniske undersøgelser i form af geotekniske borer og CPT-sonderinger til mellem 40 og 60 under havbunden.

For hver af sænketunnel korridorerne bør der udføres 5 til 8 stk. offshore geotekniske undersøgelser i form af geotekniske borer og CPT-sonderinger til mellem 20 og 30 under havbunden

Ved ilandføringspunktet ved Fynshav på Als bør der udføres 3 til 5 stk. nearshore geotekniske undersøgelser i form af Geotekniske borer og CPT-sonderinger til mellem 10 og 20 under havbunden. Ved ilandføringspunktet Tranerodde bør der udføres 5 til 7 stk. nearshore geotekniske

undersøgelser i form af Geotekniske boringer og CPT-sonderinger til mellem 10 og 20 under havbunden. Ved hvert af ilandføringspunktet på Fyn bør der udføres 2 til 4 stk. nearshore/kystnære geotekniske undersøgelser i form af Geotekniske boringer og CPT-sonderinger til mellem 10 og 20 under havbunden

Formålet med de geotekniske undersøgelser er at fastlægge laggrænser, karakteristiske styrke- og stivhedsparametre i hele dybden. Undersøgelser skal også bidrage til at fastlægge omfanget af den palæogen Lillebæltsslet samt kalibrering af den geologiske model.

13.1.4 Fundering

Når de geotekniske undersøgelser er udført, og der er etableret et mere veldefineret geoteknik grundlag for projektet i form af geologiske laggrænser samt styrke- og stivhedsparametre, vil det være muligt at undersøge, om den valgte funderingsmetode kan optimeres. Det bør også undersøges hvorvidt der er alternative udførelses- eller funderingsmetoder, som viser sig at være billigere f.eks. fordi miljøtiltagene kan undgås.

13.2 Sejladsforhold og kollisionsrisiko

Den tekniske baggrundsrapport, ref. [11], er udarbejdet på forundersøgelsesniveau og overordnet baseret på simple analyser, konkret erfaring fra lignende projekter samt erfaringsbaserede vurderinger. Vurderingen af projektrisiko i relation til sejladsforhold og kollisionsrisiko er derfor ligeledes gjort på dette grundlag. Som del af mere detaljeret projektering af en eller flere løsninger, er der derfor foreslået yderligere undersøgelser, som opsummeret i det følgende:

1. **Detaljeret analyse af AIS data**
De tilgængelige AIS-data giver mulighed for en mere detaljeret analyse af den sejladsmæssige adfærd i den sydlige passage. Den faktiske sejlads 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 nærmere. Det vil skabe et mere velbegrunderet fundament for opfattelsen af den virkelige alvorlighed af mødesituationer.
2. **Erfaring med og praksis for mødesituationer**
I tillæg til yderligere analyse af AIS-data (punkt 1. ovenfor) bør erfarne navigatører konsulteres for at detaljere 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.
3. **Modellering af kollisionsrisikoen i mødesituationer**
Baseret på punkt 1. og 2. ovenfor, samt relevant teoretisk litteratur, skal der etableres en relevant modellering af hvordan modgående trafik påvirker/ændrer modelleringen af sandsynligheden for en kollision.
4. **Størrelsen på skibe, der vil passere bjælkebroens gennemsejling**
I den nuværende fase af undersøgelserne antages trafikken igennem en frit-frembygget bro i den sydlige passage at udgøre en begrænsning for skibe med en længde over 175m. Det vil være nødvendigt at gennemføre en mere nuanceret undersøgelse af hvilke typer og størrelser af skibe, der ville forsøge eller afstå fra passage af gennemsejlingen.

5. Trafikken til Aabenraa og Ensted Havn
Trafikken til og fra de to havne stiller særligt store krav til udformningen af en broforbindelse, og i forbindelse med analyse af konsekvenserne for erhvervstrafikken er der foretaget en indledende dialog med enkelte interessenter i området, ref. [12].
Konsekvenser af eventuelle begrænsninger af skibstrafikken i området bør undersøges nærmere i relation til forventninger til områdets fremtidige erhvervsudvikling. Det giver et nødvendigt perspektiv i forhold til hvor stor en betydning en fast forbindelse kan tillades at have på trafikken til lands og på vand i området.
6. Modellering af kollisionsrisikoen i snævert farvand
I relation til ALA07 er det i afsnit 8.3.6 vurderet, at den stærkt fokuserede fordeling af trafikken i snævringen i den sydlige passage kan anvendes til at reducere den estimerede kollisionsfrekvens og dermed reducere kravet til kapaciteten af bropillerne omkring gennemsejlingen. Der bør etableres et yderligere velunderbygget grundlag for at anvende den observerede fokusering af trafikken til dette formål.
7. Navigationssimuleringer
Vurdering af 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 betingelse for sejladsen, 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, og hvordan det ville blive håndteret, hvis modgående trafik alligevel indfinder sig. Se også punkt 2 oven for.
8. Gennemsejlingens placering nord eller syd for Søndre Stenrøn
For løsninger med kun én gennemsejling er denne på nuværende tidspunkt altid placeret mod syd for at kunne udnytte den dybe rende mellem Als og Fyn. Det kan undersøges, om det giver 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 nordøst for Lillegrund skal uddybes for at tillade passage af de største skibe i denne trafik. Fordele og ulemper ved en gennemsejling i den nordlige passage kan undersøges i større detalje.

13.3 Tværsnitsudformning, fremkommelighed og Operational Risk Assessment (ORA)

Det anbefales at tværsnitsudformningen bestemmes med udgangspunkt i det ønskede service- og sikkerhedsniveau for forbindelsen. Dette indebærer bl.a. en risikoanalyse samt drøftelser omkring hvorledes en fremtidig fast forbindelse ønskes driftet. Det anbefales at udføre en sådan analyse i en kommende fase, hvor antallet af mulige løsninger antages væsentligt reduceret, for at foretage vurdering af i hvor mange og hvor lange perioder forbindelsen vil være lukket for trafik, samt tilsvarende belagt med restriktioner i forbindelse med uheld og drifts- og vedligeholdelsesarbejder som f.eks. indsnævring af vognbaner eller begrænsninger for høje og lette køretøjer, herunder om der vil være væsentlige forskelle imellem de forskellige korridorløsninger.

En sådan analyse kan udarbejdes som en del af en **Operational Risk Assessment (ORA)**. For at der kan udarbejdes en ORA skal der blandt andet tages udgangspunkt i udformningen af tværsnittet, trafikmængden, ventilations- og brandkoncept samt data omkring uheldsstatistik for lignende forbindelser. ORA'en bygger på en risikoanalyse af forhold, som kan påvirke forbindelsens fremkommelighed og det kan analyseres, om der skal foretages justerede tiltag til opretholdelse af det ønskede service – og sikkerhedsniveau for forbindelsen.

13.4 Ledninger og kabler

I forbindelse med forundersøgelsen er det undersøgt, om undersøgelsesområdet indeholder større elkabler, telekommunikationskabler, gasledninger, kloak- og vandledninger. Mindre ledninger belyses ikke i denne fase af projektet, men skal undersøges i detaljer på hav og på land i de fremtidige faser af projektet.

Der er identificeret et 132 kV havkabel fra Energinet mellem Horne og Fynshav, se Figur 9-9. Der er i øjeblikket ikke identificeret andre større ledningsanlæg indenfor undersøgelsesområdet.

For tunnelløsningerne ALA01 og ALA04 skal kablet omlægges. For broløsningerne forventes det muligt at tage hensyn til placeringen af kablet ved hensigtsmæssig placering af broens understøtninger. I senere projektfaser bør der indledes en dialog med Energinet omkring muligheder for omlægning af kablet samt hvilke behov de måtte have for adgang til kablet under udførelsesfasen for den fase forbindelse samt for de fremtidige forhold.

13.5 Cykelstier og vandreruter i området

I en kommende fase skal det undersøges nærmere hvorledes det kan sikres, at de nuværende lokale vandreruter og cykelstier kan opretholdes under udførelsesfase samt i den permanente situation. Ved Tranerodde er det registreret at en cykelsti krydser brolinjeføringen, hvor den ligger på dæmning. Krydsningen kan etableres ved udførelse af en underføring under hovedbroen eller det kan undersøges, om der kan findes en alternativ rute.

14. REFERENCER

- [1] Als-Fyn Forbindelsen. Geofysiske forundersøgelser. Geologisk model til brug for miljø- og anlægstekniske analyser. Danmarks og Grønlands Geologiske undersøgelser, GEUS. Rapport 2023/26.
- [2] Als-Fyn. Forundersøgelse. Geoteknisk vurderingsrapport. Rambøll. RDK2022N00489-RAM-RP-00013. Version 4.0
- [3] Als-Fyn. Forundersøgelse. Geologisk Screeningsrapport. RDK2022N00489-RAM-RP-00012. Version 3.0
- [4] Energinet.dk. Jylland-Fyn Cable Routes. Geophysical and Geotechnical investigations. GEO, 14. November 2014.
- [5] Sønderborg Forsyning. Lillebælt Syd Nearshore Windfarm. Geotechnical Survey. Task B – Factual Report. GEO, 31. Maj 2018
- [6] Sønderborg Forsyning. Lillebælt Syd Nearshore Windfarm. Geotechnical Survey. Task C – Interpretative Report. GEO, 13. August Maj 2018.
- [7] Grundlag for udformning af trafikarealer, maj 2021, <https://vejregler.dk>
- [8] Tværprofiler i åbent land, februar 2021, <https://vejregler.dk>
- [9] Region Syddanmark. Geoteknisk undersøgelse. Himmarn strand. HISO-R01-Geoteknisk datarapport. Rambøll, 28. september 2022. HISO-R03-Geoteknisk datarapport. SWECO, 11. november 2022.
- [10] Als-Fyn Teknisk forundersøgelse. Sejladsanalyse, version 3.0, Rambøll, december 2022
- [11] Als-Fyn Forbindelsen. Anlægstekniske forundersøgelser. Sejladsforhold og risiko for skibskollisioner, version 5.0, Rambøll, februar 2024
- [12] Als Fyn Forundersøgelse. Vurdering af konsekvensen for Erhvervssejlds. Januar 2024
- [13] Als-Fyn Forundersøgelse. Design Basis, Version 6.0, Rambøll, august 2024
- [14] Als-Fyn Forundersøgelse. Projektinformationsnotat, Version 7.0, Rambøll, august 2024
- [15] Als-Fyn Forundersøgelse. Arbejdspladsarealer, Version 3.0, Rambøll, juli 2024
- [16] Als-Fyn Forundersøgelse. Normsatte krav til tværsnit, Version 2.0, Rambøll,
- [17] Als-Fyn Forundersøgelse. Screening af tværsnit, Version 3.0, Rambøll, oktober 2024
- [18] Als-Fyn Forundersøgelse. Baggrundsnotat – Miljø, Version XX, Rambøll, xxxx 2024
- [19] Als-Fyn Forundersøgelse. Teknik og Miljø for en vejforbindelse, Version XX, COWI, xxxx2024
- [20] [HS2 Guide to Tunnelling Costs.pdf \(publishing.service.gov.uk\)](#)
- [21] Kattegat forbindelse - Kyst-Kyst Anlægstekniske forundersøgelser – Enhedspriser til anlægsoverslag, Version 1.0, Cowi, Marts 2021
- [22] Sund & Bælt - Als-Fyn forbindelsen, Forudsætningsnotat for enhedspriser for sænketunnel, cut & cover samt inddæmning, Juni 2023

15. BILAG 1 - ANLÆGSOVERSLAG

Tabel 15-1 Anlægsoverslag for ALA01.

C__	CA_	CAB			Infrastruktur anlæg						
					Trafikanlæg						
					Tunnel						
			1	%CAB01	Sænketunnel						
					Tunnelementer (eksl. Produktionsfaciliteter	[DKK/km]	407.388.887	[km]	12,41	[DKK]	5.055.696.089
					M&E	[DKK/km]	162.000.000	[km]	12,41	[DKK]	2.010.420.000
					Opfyldning (protection layer og final backfill) ALA01	[DKK/km]	72.131.503	[km]	12,41	[DKK]	895.151.956
					Udgravning ALA01	[DKK/km]	141.844.920	[km]	12,41	[DKK]	1.760.295.455
					Transport af elementer	[DKK/per element]	1.875.000	[antal elementer]	58	[DKK]	108.750.000
					Byggepladsfaciliteter	[DKK]	596.000.000	[-]	1	[DKK]	596.000.000
					Portaler (landopfyld)	[DKK]	104.000.000	[-]	1	[DKK]	104.000.000
			3	%CAB03	Cut&Cover						
					Cut&Cover - Sænketunnel	[DKK/km]	798.628.087	[km]	0,435	[DKK]	347.403.218
					M&E - Sænketunnel	[DKK/km]	162.000.000	[km]	0,435	[DKK]	70.470.000
			4	%CAB04	Rampe						
					Ramper	[DKK/km]	238.454.612	[km]	0,63	[DKK]	150.226.405
					Tilvalg/Fravalg						
					ALA01 - Alternative 1	Enhedspris [DKK]	1.805.696.241	[-]		[DKK]	0
					ALA01 - Alternative 2	Enhedspris [DKK]	2.578.694.341	[-]		[DKK]	0
					TOTAL						
					Anlægspris					[mia. DKK]	11,10
					PTA bidrag	PTA	12%			[mia. DKK]	1,33
					Korrektionstillæg	Korrektionstillæg	50%			[mia. DKK]	6,22
					Samlet pris inkl. PTA og korrektion					[mia. DKK]	18,65

Tabel 15-2 Anlægsoverslag for ALA02.

C_					Infrastrukturanlæg						
	CA_				Trafikanlæg						
B_					Konstruktivt system						
	BA				Terrænkonstruktion						
			3	%BA03	Dæmning						
			2	%BA03.02	Over vand						
					Dæmning	[DKK/m3]	800	[m3]	273000	[DKK]	218.400.000
			4	%BA04	Bjælkebro (110 m faglængde)						
			1	%BA04.01	Arbejdsplads	[DKK/m2]	6.000	[m2]	98633	[DKK]	591.798.000
			5	%BA05	Skråstagsbro (550 m gennemsejlingsfag)						
			1	%BA05.01	Arbejdsplads	[DKK/m2]	16.000	[m2]	12561	[DKK]	200.976.000
	BB				Fundamentskonstruktion						
			1	%BB01	Direkte fundering - Bro						
			1	%BB01.01	Bjælkebro (110 m faglængde)	[DKK/m2]	8.000	[m2]	12190	[DKK]	97520000
			2	%BB02	Højt pæleværk - Bro						
			1	%BB02.01	Pælehætte (Fundamentsplade)						
					Pælehætte til højt pæleværk, 9 Ø2000 pæle	[DKK/stk]	4.500.000	[stk]	60	[DKK]	270000000
					Pælehætte til højt pæleværk, 16 Ø3000 pæle	[DKK/stk]	8.300.000	[stk]	18	[DKK]	149400000
					Pælehætte til højt pæleværk, 60 Ø3000 pæle	[DKK/stk]	120.500.000	[stk]	2	[DKK]	241.000.000
			2	%BB02.02	Boret stålørspæl, Ø2000	[DKK/m]	40.000	[m]	71766	[DKK]	2.870.640.000
			3	%BB02.03	Boret stålørspæl, Ø3000	[DKK/m]	85.000	[m]	9180	[DKK]	780.300.000
	BC				Dækkonstruktion						
			1	%BC01	Beton brodrager (overbygning)						
			1		110 m faglængde (Bjælkebro)	[DKK/m2]	12.000	[m2]	98633	[DKK]	1.183.596.000
			2	%BC02	Komposit brodrager (overbygning)						
			1		550 m gennemsejlingsfag (Skråstagsbro)	[DKK/m2]	31.000	[m2]	12561	[DKK]	389.391.000

	BJ										
					Pylonkonstruktion						
		1	%BJ01		Pylon/bropiller for Skråstagsbro m. gennemsejlingsfag	[DKK/m2]	12.000	[m2]	12561	[DKK]	150.732.000
	BX				Bropillekonstruktion						
		1			Bropiller (Bjælkebro, 110 m faglængde)	[DKK/m2]	5.000	[m2]	98633	[DKK]	493.165.000
	UX				Miljøtiltag						
		1	%UXA01		Double bubble gardiner (DBBC)						
		1			Højt pæleværk - 9 Ø2000 pæle	[DKK/stk]	7.900.000	[stk]	60	[DKK]	474.000.000
		2			Højt pæleværk - 16 Ø2000 pæle	[DKK/stk]	14.000.000	[stk]	18	[DKK]	252.000.000
		5			Højt pæleværk - 64 Ø3000 pæle	[DKK/stk]	55.900.000	[stk]	2	[DKK]	111.800.000
		2	%UXB01		Hydrosound damper (HSD)						
		1			Højt pæleværk - 9 Ø2000 pæle	[DKK/stk]	5.700.000	[stk]	60	[DKK]	342.000.000
		2			Højt pæleværk - 16 Ø2000 pæle	[DKK/stk]	10.100.000	[stk]	18	[DKK]	181.800.000
		5			Højt pæleværk - 64 Ø3000 pæle	[DKK/stk]	40.300.000	[stk]	2	[DKK]	80.600.000
					Tilvalg/Fravalg						
					Ren bjælkebrosløsning - Basisløsning (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-1.380.000.000	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - Basisløsning (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	430.000.000	[-]		[DKK]	0
					Øget brobanebredde (beff = 11,45 m)	Enhedspris [DKK]	350.000.000	[-]		[DKK]	0
					Ren bjælkebrosløsning - beff = 11,45 m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-1.430.000.000	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - beff = 11,45 m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	450.000.000	[-]		[DKK]	0
					Øget brobanebredde (beff = 15,00 m)	Enhedspris [DKK]	1.820.000.000	[-]		[DKK]	
					Ren bjælkebrosløsning - beff = 15,00 m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-1.650.000.000	[-]		[DKK]	
					Frit-frembygget bro - beff = 15,00 m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	530.000.000	[-]		[DKK]	

					Øget brobanebredde (beff = 15,90 m)	Enhedspris [DKK]	2.190.000.000	[-]		[DKK]	0
					Ren bjælkebrosløsning - beff = 15,90 m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-1.710.000.000	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - beff = 15,90 m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	550.000.000	[-]		[DKK]	0
					Øget brobanebredde (beff = 18,00 m)	Enhedspris [DKK]	3.050.000.000	[-]		[DKK]	0
					Ren bjælkebrosløsning - beff = 18,00 m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-1.840.000.000	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - beff = 18,00 m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	590.000.000	[-]		[DKK]	0
					TOTAL	Tillæg					
					Anlægspris					[mia. DKK]	9,08
					PTA bidrag	PTA	12%			[mia. DKK]	1,09
					Korrektionstillæg	Korrektionstillæg	50%			[mia. DKK]	5,08
					Samlet pris inkl. PTA og korrektion					[mia. DKK]	15,25

Tabel 15-3 Anlægsoverslag for ALA03.

C_	CA_	CAB		Infrastruktur anlæg						
				Trafikanlæg						
				Tunnel						
		1	%CAB01	Sænketunnel						
				Portaler (landopfyld)	[DKK]	104.000.000	[-]	2	[DKK]	208.000.000
		2	%CAB02	Boret tunnel						
				TBM	[DKK/stk]	186.096.605	[stk]	2	[DKK]	372.193.210
				Arbejdsplads	[DKK]	501.661.235	[-]	1	[DKK]	501.661.235
				Boring	[DKK/km]	168.992.619	[km]	11,877	[DKK]	2.007.125.330
				Færdiggørelse	[DKK/km]	33.942.183	[km]	11,877	[DKK]	403.131.311
				Anlægsaktiviteter	[DKK/km]	232.620.756	[km]	11,877	[DKK]	2.762.836.721
				Bortskaffelse af jord	[DKK/km]	44.778.060	[km]	11,877	[DKK]	531.829.016
				Indre opbygning	[DKK/km]	5.000.000	[km]	11,877	[DKK]	59.385.000
				M&E	[DKK/km]	157.000.000	[km]	11,877	[DKK]	1.864.689.000
				Vej	[DKK/km]	5.000.000	[km]	11,877	[DKK]	59.385.000
				Tværtunneler	[DKK/km]	77.834.250	[km]	11,877	[DKK]	924.437.388
		3	%CAB03	Cut&Cover						
				Cut&Cover - Boret tunnel	[DKK/km]	1.197.942.130	[km]	0,45	[DKK]	479.176.852
				M&E + vejbelægning	[DKK/km]	162.000.000	[km]	0,45	[DKK]	64.800.000
		4	%CAB04	Rampe						
				Ramper	[DKK/km]	238.454.612	[km]	0,62	[DKK]	131.150.036
				Tilvalg/Fravalg						
				ALA03 - Alternativ 1	Enhedspris [DKK]	235.169.156	[-]		[DKK]	0
				ALA03 - Alternativ 2	Enhedspris [DKK]	1.260.859.947	[-]		[DKK]	0
				TOTAL						
				Anlægspris					[mia. DKK]	10,45
				PTA bidrag	PTA	12%			[mia. DKK]	1,25
				Korrektionstillæg	Korrektionstillæg	50%			[mia. DKK]	5,85
				Samlet pris inkl. PTA og korrektion					[mia. DKK]	17,56

Tabel 15-4 Anlægsoverslag for ALA04.

C_	CA_				Infrastruktur anlæg						
		CAB			Trafikanlæg						
					Tunnel						
			1	%CAB01	Sænketunnel						
					Tunnelementer (eksl. Produktionsfaciliteter)	[DKK/km]	407.388.887	[km]	12,265	[DKK]	4.996.624.700
					M&E	[DKK/km]	162.000.000	[km]	12,265	[DKK]	1.986.930.000
					Opfyldning (protection layer og final backfill) ALA04	[DKK/km]	84.975.319	[km]	12,265	[DKK]	1.042.222.288
					Udgravning ALA04	[DKK/km]	162.967.914	[km]	12,265	[DKK]	1.998.801.471
					Transport af elementer	[DKK/per element]	1.875.000	[antal elementer]	58	[DKK]	108.750.000
					Byggepladsfaciliteter	[DKK]	596.000.000	[-]	1	[DKK]	596.000.000
					Portaler (landopfyld)	[DKK]	104.000.000	[-]	1	[DKK]	104.000.000
			3	%CAB03	Cut&Cover						
					Cut&Cover - Sænketunnel	[DKK/km]	798.628.087	[km]	0,3	[DKK]	239.588.426
					M&E - Sænketunnel	[DKK/km]	162.000.000	[km]	0,3	[DKK]	48.600.000
			4	%CAB04	Rampe						
					Ramper	[DKK/km]	238.454.612	[km]	0,75	[DKK]	178.840.959
					Tilvalg/Fravalg						
					ALA04 - Alternativ 1	Enhedspris [DKK]	1.769.363.698	[-]		[DKK]	0
					ALA04 - Alternativ 2	Enhedspris [DKK]	2.528.213.993	[-]		[DKK]	0
					TOTAL						
					Anlægspris					[mia. DKK]	11,30
					PTA bidrag	PTA	12%			[mia. DKK]	1,36
					Korrektionstillæg	Korrektionstillæg	50%			[mia. DKK]	6,33
					Samlet pris inkl. PTA og korrektion					[mia. DKK]	18,98

Tabel 15-5 Anlægsoverslag for ALA05.

C_	CA_	CAB		Infrastruktur anlæg						
				Trafikanlæg						
				Tunnel						
		1	%CAB01	Sænketunnel						
				Tunnelelementer (eksl. Produktionsfaciliteter)	[DKK/km]	407.388.887	[km]	3,82	[DKK]	1.556.225.549
				M&E	[DKK/km]	162.000.000	[km]	3,82	[DKK]	618.840.000
				Opfyldning (protection layer og final backfill) ALA05	[DKK/km]	29.779.427	[km]	3,82	[DKK]	113.757.412
				Udgravning ALA05	[DKK/km]	72.192.513	[km]	3,82	[DKK]	275.775.401
				Transport af elementer	[DKK/per element]	1.875.000	[antal elementer]	18	[DKK]	33.750.000
				Byggepladsfaciliteter	[DKK]	596.000.000	[-]	1	[DKK]	596.000.000
				Portaler (landopfyld)	[DKK]	104.000.000	[-]	1	[DKK]	104.000.000
		3	%CAB03	Cut&Cover						
				Cut&Cover - Boret tunnel	[DKK/km]	1.197.942.130	[km]	0	[DKK]	
				Cut&Cover - Sænketunnel	[DKK/km]	798.628.087	[km]	0,28	[DKK]	223.615.864
				M&E - Sænketunnel	[DKK/km]	162.000.000	[km]	0,28	[DKK]	45.360.000
		4	%CAB04	Rampe						
				Ramper	[DKK/km]	238.454.612	[km]	0,705	[DKK]	168.110.501
B_				Konstruktivt system						
	BA			Terrænkonstruktion						
		3	%BA03	Dæmning						
		1	%BA03.01	Under vand	[DKK/m]	500.000	[m]	630	[DKK]	315.000.000
				Beskyttelse af boret tunnel ved øer	[DKK/m]	563.500	[m]	955	[DKK]	538.142.500
		2	%BA03.02	Over vand						0
				Perimeter (kunstig ø)	[DKK/m]	1.000.000	[m]	1650	[DKK]	1.650.000.000
				Dæmning	[DKK/m3]	800	[m3]		[DKK]	0
		4	%BA04	Bjælkebro (110 m faglængde)						
		1	%BA04.01	Arbejdsplads	[DKK/m2]	6.000	[m2]	74560	[DKK]	447.360.000
		5	%BA05	Skråstagsbro (550 m gennemsejlingsfag)						
		1	%BA05.01	Arbejdsplads	[DKK/m2]	15.533	[m2]		[DKK]	0
		6	%BA06	Frit-frembygget bro (320 m gennemsejlingsfag)						
		1	%BA06.01	Arbejdsplads	[DKK/m2]	8.270	[m2]		[DKK]	0
	BB			Fundamentskonstruktion						

					Ren bjælkebrosløsning - $b_{eff} = 11,45$ m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	0	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - $b_{eff} = 11,45$ m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	380.000.000	[-]		[DKK]	0
					Øget brobanebredde ($b_{eff} = 15,00$ m)	Enhedspris [DKK]	1.030.000.000	[-]		[DKK]	
					Ren bjælkebrosløsning - $b_{eff} = 15,00$ m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	0	[-]		[DKK]	
					Frit-frembygget bro - $b_{eff} = 15,00$ m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	450.000.000	[-]		[DKK]	
					Øget brobanebredde ($b_{eff} = 15,90$ m)	Enhedspris [DKK]	1.0240.000.000	[-]		[DKK]	0
					Ren bjælkebrosløsning - $b_{eff} = 15,90$ m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	0	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - $b_{eff} = 15,90$ m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	470.000.000	[-]		[DKK]	0
					Øget brobanebredde ($b_{eff} = 18,00$ m)	Enhedspris [DKK]	1.740.000.000	[-]		[DKK]	0
					Ren bjælkebrosløsning - $b_{eff} = 18,00$ m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	0	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - $b_{eff} = 18,00$ m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	500.000.000	[-]		[DKK]	0
					ALA05 (sænketunnel) - Alternativ 1	Enhedspris [DKK]	612.795.277	[-]		[DKK]	0
					ALA05 (sænketunnel) - Alternativ 2	Enhedspris [DKK]	877.631.232	[-]		[DKK]	0
					TOTAL						
						<i>Tillæg</i>					
					Anlægspris					[mia. DKK]	11,25
					PTA bidrag	PTA	12%			[mia. DKK]	1,35
					Korrektionstillæg	Korrektionstillæg	50%			[mia. DKK]	6,30
					Samlet pris inkl. PTA og korrektion					[mia. DKK]	18,89

Tabel 15-6 Anlægsoverslag for ALA07.

C_					Infrastruktur anlæg						
	CA_				Trafikanlæg						
B_					Konstruktivt system						
	BA				Terrænkonstruktion						
			4	%BA04	Bjælkebro (110 m faglængde)						
			1	%BA04.01	Arbejdsplads	[DKK/m ²]	6.000	[m ²]	156615	[DKK]	939.690.000
			5	%BA05	Skråstagsbro (550 m gennemsejlingsfag)						
			1	%BA05.01	Arbejdsplads	[DKK/m ²]	16.000	[m ²]	12561	[DKK]	200.976.000
	BB				Fundamentskonstruktion						
			1	%BB01	Direkte fundering - Bro						
			1	%BB01.01	Bjælkebro (110 m faglængde)	[DKK/m ²]	8.000	[m ²]	20564	[DKK]	164.512.000
			2	%BB01.02	Bjælkebro (110 m faglængde) m. jordforbedring						
					Beton pæle, 400mm x 400mm	[DKK/m]	1.500	[m]	55458	[DKK]	83.187.000
			2	%BB02	Højt pæleværk - Bro						
			1	%BB02.01	Pælehætte (Fundamentsplade)						
					Pælehætte til højt pæleværk, 9 Ø2000 pæle	[DKK/stk]	4.500.000	[stk]	118	[DKK]	202.500.000
					Pælehætte til højt pæleværk, 35 Ø3000 pæle	[DKK/stk]	65.800.000	[stk]	2	[DKK]	131.600.000
			2	%BB02.02	Boret stålrørspæl, Ø2000	[DKK/m]	40.000	[m]	76284	[DKK]	3.051.360.000
			3	%BB02.03	Boret stålrørspæl, Ø3000	[DKK/m]	85.000	[m]	5670	[DKK]	481.950.000
	BC				Dækkonstruktion						
			1	%BC01	Beton brodrager (overbygning)						
			1		110 m faglængde (Bjælkebro)	[DKK/m ²]	12.000	[m ²]	156615	[DKK]	894.720.000
			2	%BC02	Komposit brodrager (overbygning)						
			1		550 m gennemsejlingsfag (Skråstagsbro)	[DKK/m ²]	31.000	[m ²]	12561	[DKK]	389.391.000
	BJ				Pylonkonstruktion						
			1	%BJ01	Pylon/bropiller for Skråstagsbro m. gennemsejlingsfag	[DKK/m ²]	12.000	[m ²]	12561	[DKK]	150.732.000
	BX				Bropillekonstruktion						

			1		Bropiller (Bjælkebro, 110 m faglængde)	[DKK/m2]	5.000	[m2]	156615	[DKK]	783.075.000
UX					Miljøtiltag						
			1	%UXA01	Double bubble gardiner (DBBC)						
			1		Højt pæleværk - 9 Ø2000 pæle	[DKK/stk]	7.900.000	[stk]	118	[DKK]	932.200.000
			4		Højt pæleværk - 35 Ø3000 pæle	[DKK/stk]	30600000	[stk]	2	[DKK]	61.200.000
			2	%UXB01	Hydrosound damper (HSD)						
			1		Højt pæleværk - 9 Ø2000 pæle	DKK/stk]	5.700.000	[stk]	118	[DKK]	672.600.000
			4		Højt pæleværk - 35 Ø3000 pæle	[DKK/stk]	22000000	[stk]	2	[DKK]	44.000.000
					Tilvalg/Fravalg						
					Ren bjælkebrosløsning - Basisløsning (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-880.000.000	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - Basisløsning (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	320.000.000	[-]		[DKK]	0
					Øget brobanebredde (beff = 11,45 m)	Enhedspris [DKK]	460.000.000	[-]		[DKK]	0
					Ren bjælkebrosløsning - beff = 11,45 m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-920.000.000	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - beff = 11,45 m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	340.000.000	[-]		[DKK]	0
					Øget brobanebredde (beff = 15,00 m)	Enhedspris [DKK]	2.370.000.000	[-]		[DKK]	
					Ren bjælkebrosløsning - beff = 15,00 m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-1.110.000.000	[-]		[DKK]	
					Frit-frembygget bro - beff = 15,00 m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	410.000.000	[-]		[DKK]	
					Øget brobanebredde (beff = 15,90 m)	Enhedspris [DKK]	2.860.000.000	[-]		[DKK]	0
					Ren bjælkebrosløsning - beff = 15,90 m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-1.150.000.000	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - beff = 15,90 m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	420.000.000	[-]		[DKK]	0

					Øget brobanebredde (beff = 18,00 m)	Enhedspris [DKK]	3.990.000.000	[-]		[DKK]	0
					Ren bjælkebrosløsning - beff = 18,00 m (Fravalg af Skråstagsbro m. 550 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	-1.260.000.000	[-]		[DKK]	0
					Frit-frembygget bro - beff = 18,00 m (2 x 320 m gennemsejlingsfag)	Enhedspris [DKK]	460.000.000	[-]		[DKK]	0
					TOTAL	Tillæg					
					Anlægspris					[mia. DKK]	10,50
					PTA bidrag	PTA	12%			[mia. DKK]	1,26
					Korrektionstillæg	Korrektionstillæg	50%			[mia. DKK]	5,88
					Samlet pris inkl. PTA og korrektion					[mia. DKK]	17,63

Tabel 15-7 Anlægsoverslag for ALA09

C_	CA_				Infrastruktur anlæg						
		CAB			Trafikanlæg						
					Tunnel						
			1	%CAB01	Sænketunnel						
					Tunnelelementer (eksl. Produktionsfaciliteter)	[DKK/km]	407.388.887	[km]	15,60	[DKK]	6.355.266.639
					M&E	[DKK/km]	162.000.000	[km]	15,60	[DKK]	2.527.200.000
					Opfyldning (protection layer og final backfill) ALA09	[DKK/km]	88.714.658	[km]	15,60	[DKK]	1.383.948.662
					Udgravning ALA09	[DKK/km]	169.117.647	[km]	15,60	[DKK]	2.638.235.294
					Transport af elementer	[DKK/per element]	1.875.000	[antal elementer]	73	[DKK]	136.875.000
					Byggepladsfaciliteter	[DKK]	596.000.000	[-]	1	[DKK]	596.000.000
					Portaler (landopfyld)	[DKK]	104.000.000	[-]	1	[DKK]	104.000.000
			3	%CAB03	Cut&Cover						
					Cut&Cover - Sænketunnel	[DKK/km]	798.628.087	[km]	0,3	[DKK]	239.588.426
					M&E - Sænketunnel	[DKK/km]	162.000.000	[km]	0,3	[DKK]	48.600.000
			4	%CAB04	Rampe						
					Ramper	[DKK/km]	238.454.612	[km]	0,66	[DKK]	157.380.044
					Tilvalg/Fravalg						
					ALA09 - Alternative 1	Enhedspris [DKK]	152.245.989	[-]		[DKK]	0
					ALA09 - Alternative 2	Enhedspris [DKK]	218.983.957	[-]		[DKK]	0
					TOTAL						
											Tillæg
					Anlægspris					[mia. DKK]	14,19
					PTA bidrag	PTA	12%			[mia. DKK]	1,70
					Korrektionstillæg	Korrektionstillæg	50%			[mia. DKK]	7,94
					Samlet pris inkl. PTA og korrektion					[mia. DKK]	23,83

Tabel 15-8 Anlægsoverslag for ALA10.

C_	CA_	CAB		Infrastruktur anlæg						
				Trafikanlæg						
				Tunnel						
		2	%CAB02	Boret tunnel						
				TBM	[DKK/stk]	186.096.605	[stk]	4	[DKK]	744.386.420
				Arbejdsplads	[DKK]	501.661.235	[-]	2	[DKK]	1.003.322.470
				Boring	[DKK/km]	2.487.000.000	[km]	16,06	[DKK]	0
				Færdiggørelse	[DKK/km]	168.992.619	[km]	16,06	[DKK]	2.714.021.453
				Anlægsaktiviteter	[DKK/km]	33.942.183	[km]	16,06	[DKK]	545.111.464
				Bortskaffelse af jord	[DKK/km]	232.620.756	[km]	16,06	[DKK]	3.735.889.345
				Indre opbygning	[DKK/km]	44.778.060	[km]	16,06	[DKK]	719.135.640
				M&E	[DKK/km]	5.000.000	[km]	16,06	[DKK]	80.300.000
				Vej	[DKK/km]	157.000.000	[km]	16,06	[DKK]	2.521.420.000
				Tværtunneler	[DKK/km]	5.000.000	[km]	16,06	[DKK]	80.300.000
				Samling mellem tunneller	[DKK]	40.000.000	[-]	1	[DKK]	40.000.000
		3	%CAB03	Cut&Cover						
				Cut&Cover - Boret tunnel	[DKK/km]	1.197.942.130	[km]	0,445	[DKK]	533.084.248
				M&E + vejbelægning	[DKK/km]	162.000.000	[km]	0,445	[DKK]	72.090.000
		4	%CAB04	Rampe						
				Ramper	[DKK/km]	238.454.612	[km]	0,645	[DKK]	153.803.225
				Tilvalg/Fravalg						
				ALA10 - Alternativ 1	Enhedspris [DKK]	331.992.740	[-]		[DKK]	0
				ALA10 - Alternativ 2	Enhedspris [DKK]	1.778.258.171	[-]		[DKK]	0
				TOTAL						
									Tillæg	
				Anlægspris					[mia. DKK]	14,19
				PTA bidrag	PTA	12%			[mia. DKK]	1,70
				Korrektionstillæg	Korrektionstillæg	50%			[mia. DKK]	7,95
				Samlet pris inkl. PTA og korrektion					[mia. DKK]	23,84

Table 15-9 Anlægsoverslag for ALA11.

C	CA	CAB			Infrastruktur anlæg						
					Trafikanlæg						
					Tunnel						
		1	%CAB01		Sænk tunnel						
					Portaler (landopfyld)	[DKK]	104.000.000	[-]	2	[DKK]	208.000.000
		2	%CAB02		Boret tunnel						
					TBM	[DKK/stk]	186.096.605	[stk]	2	[DKK]	372.193.210
					Arbejdsplads	[DKK]	501.661.235	[-]	1	[DKK]	501.661.235
					Boring	[DKK/km]	2.487.000.000	[km]	12,033	[DKK]	0
					Færdiggørelse	[DKK/km]	168.992.619	[km]	12,033	[DKK]	2.033.488.179
					Anlægsaktiviteter	[DKK/km]	33.942.183	[km]	12,033	[DKK]	408.426.292
					Bortskaffelse af jord	[DKK/km]	232.620.756	[km]	12,033	[DKK]	2.799.125.559
					Indre opbygning	[DKK/km]	44.778.060	[km]	12,033	[DKK]	538.814.393
					M&E	[DKK/km]	5.000.000	[km]	12,033	[DKK]	60.165.000
					Vej	[DKK/km]	157.000.000	[km]	12,033	[DKK]	1.889.181.000
					Tværtunneler	[DKK/km]	5.000.000	[km]	12,033	[DKK]	60.165.000
		3	%CAB03		Cut&Cover						
					Cut&Cover - Boret tunnel	[DKK/km]	1.197.942.130	[km]	0,45	[DKK]	539.073.959
					M&E + vejbelægning	[DKK/km]	162.000.000	[km]	0,45	[DKK]	72.900.000
		4	%CAB04		Rampe						
					Ramper	[DKK/km]	238.454.612	[km]	0,62	[DKK]	147.841.859
					Tilvalg/Fravalg						
					ALA11 - Alternativ 1	Enhedspris [DKK]	259.583.380	[-]		[DKK]	0
					ALA11 - Alternativ 2	Enhedspris [DKK]	1.389.134.131	[-]		[DKK]	0
					TOTAL						
										Tillæg	
					Anlægspris					[mia. DKK]	10,57
					PTA bidrag	PTA	12%			[mia. DKK]	1,27
					Korrektionstillæg	Korrektionstillæg	50%			[mia. DKK]	5,92
					Samlet pris inkl. PTA og korrektion					[mia. DKK]	17,75