

25. november 2010

# Status for projekteringen Femern Bælt kyst-kyst



# Status for projekteringen

## Femern Bælt kyst-kyst

Denne rapport er udarbejdet af:

Femern A/S

### Kolofon

Femern A/S – November 2010

1. udgave

Grafik: Femern A/S, Cowi A/S & Obermeyer and Rambøll, Arup & TEC

Print: Vester Kopi

Forbehold: Det er endnu ikke besluttet, om Femern Bælt forbindelsens kyst – kyst anlæg skal bygges som en bro eller en tunnel. Indholdet i denne rapport favoriserer ikke ét projekt frem for et andet, fastlægger ikke, hvilke arbejdsmetoder, der skal bruges, eller hvordan skitseprojekterne indvirker på miljøet. Beskrivelser af mulige linjeføringskorridorer er ikke udtryk for Femern A/S' præference, da det endelige valg endnu ikke er foretaget.



**Samfinansieret af EU**  
Det transeuropæiske transportnet (TEN-T)

## Den faste forbindelse over Femern Bælt

Status for planlægning og muligheder

Femern A/S har til opgave at designe og planlægge en fast forbindelse mellem Danmark og Tyskland over Femern Bælt. Femern A/S er en del af Sund & Bælt Holding A/S, som ejes 100 procent af det danske Transportministerium, og som har erfaring fra bygningen af de faste forbindelser over Storebælt og Øresund.

På baggrund af ”Lov om projektering af en fast forbindelse over Femern Bælt med tilhørende landanlæg i Danmark” fra april 2009 udpegede transportministeren Femern A/S til at stå for bl.a. forberedelser, undersøgelser og projektering i relation til etableringen af en fast forbindelse over Femern Bælt.

Selskabet har hovedkvarter i København. Derudover har selskabet også kontorer i Berlin, i Burg (på Fehmarn) og i Rødbyhavn.

En fast forbindelse over Femern Bælt realiserer en drøm om en fast, nær og direkte forbindelse mellem Skandinavien og Kontinentaleuropa. Ved at knytte befolkningerne tættere sammen inden for videnskab, erhvervsliv og kultur vil en fast forbindelse fremme den fortsatte integration i Europa.

Den faste forbindelse over Femern Bælt vil reducere rejsetiden mellem Skandinavien og Kontinentaleuropa. I dag tager det 45 minutter med færgen (plus ventetid). Når den faste forbindelse står færdig vil togrejsende gøre turen på kun syv minutter mens bilisterne kommer over det 20 kilometer brede bælt på 10 minutter. Rejsetiden for en togrejse mellem København og Hamborg vil blive forkortet fra i dag fire en halv time til omkring tre timer.

Den faste forbindelse lukker et hul i jernbanenettet mellem Skandinavien og det centrale Europa og bliver støttet af EU som en af fællesskabets prioriterede jernbanekorridorer i Europa. I fremtiden vil godstog kunne undgå den 160 kilometer lange omvej via Storebælt. Det vil skabe en stærk transportkorridor mellem Øresundsregionen i Danmark og Sverige og Hamborg i Tyskland. Dermed er der grobund for, at en mere konkurrencekraftig region – Femern Bælt regionen – kan vokse frem.

Forbindelsen vil skabe mulighed for nye arbejdspladser i regionen, både under opførelsen af den faste forbindelse og når projektet står færdig i 2020. Bedre tilgængelighed vil styrke turismen i regionen. Også forskning, kultur og arbejdsmarked vil profitere af en hurtigere forbindelse: Der skabes grobund for grænseoverskridende samarbejde og en generel forbedring af konkurrenceevnen i regionen. Tættere kulturelt samarbejde mellem danske, svenske og tyske indbyggere i Femern Bælt regionen vil gøre området endnu mere attraktivt at bo og leve i.

Den faste forbindelse vil ikke kun gavne centrene i Hamburg og København/Malmø men også give nye muligheder for indbyggerne på strækningen mellem de to metropoler. I det lange løb skaber den faste forbindelse over Femern Bælt grundlag for øget velstand og en højere levestandard på begge sider af forbindelsen.

## Indhold

FORORD.....	5
BRO ELLER TUNNEL .....	6
SKITSEPROJEKT FOR EN SÆNKETUNNEL .....	10
SKITSEPROJEKT FOR EN SKRÅSTAGSBRO.....	16
LINJEFØRINGSKORRIDOR .....	20
FEMERN FORBINDELSEN OG MILJØET .....	21
ØVRIGE UNDERSØGELSER.....	23
I LAND I DANMARK.....	25
I LAND I TYSKLAND.....	27
DEN VIDERE PROCES .....	29

## Forord

Femern A/S har nu nået en vigtig milepæl i planlægning og projektering af den faste forbindelse over Femern Bælt mellem Danmark og Tyskland. Selskabet er klar med skitseprojekter for en sænketunnel og en skråstagsbro, der kan danne basis for den videre proces. Samtidig er indsamlingen af data fra undersøgelserne vedrørende miljø, sejlads og til dels geoteknik i alt væsentligt afsluttet.

Femern A/S har gransket og bearbejdet to skitseprojekter fra selskabets tunnel- og brorådgivere, og det skal nu besluttes, om der skal arbejdes videre med en bro- eller en tunnelløsning.

Valget sker på baggrund af en samlet vurdering og afvejning af tekniske, trafikale, miljømæssige, sikkerhedsmæssige, tidsmæssige og økonomiske aspekter mv. Selskabet vil afgive sin vurdering af disse aspekter til transportministeren, som derefter i samråd med de politiske partier bag aftalen om en fast forbindelse over Femern Bælt beslutter, hvilket af de to projekter, der skal være grundlag for det videre arbejde.

Det er det danske Folketing, som vedtager det endelige projekt i form af en anlægslov. I Tyskland skal projektet gennem en myndighedsbehandling efter tysk lov.

Den faste forbindelse over Femern Bælt skal designes, anlægges og drives, så negative virkninger på miljø og mennesker bliver mindst mulige. Derfor er der siden 2009 gennemført en lang række undersøgelser af flora, fauna, landskaber og fysiske forhold i et toårigt miljøundersøgelsesprogram. Miljøundersøgelsesprogrammet slutter i begyndelsen af 2011. Rådgiverne færdiggør herefter de mange tusind sider basisrapporter, og i foråret 2011 begynder miljøkonsekvensvurderingen af både sænketunnelløsning og skråstagsbroløsning. Jordbundsforholdene i Femern Bælt har stor betydning for de tekniske løsninger. Derfor er der siden juli 2008 gennemført en række geotekniske undersøgelser i Femern Bælt samt på land på Lolland og Fehmarn. De geotekniske undersøgelser fortsætter frem til 2012. Indgående viden om jordbundsforholdene indgår i udarbejdelsen af skitseprojekterne og skal til sin tid indgå som grundlag i udbudsmaterialet til entreprenørerne.

Denne statusrapport handler om de to skitseprojekter, miljøprogram, geoteknik, og sejladssikkerhed samt den videre proces frem til en endelig godkendelse. Der indgår således ikke detaljerede beskrivelser af rentabilitet, trafikprognoser eller drift.

## Bro eller tunnel

Femern A/S skrev 6. april 2009 kontrakt med to rådgiverkonsortier om at udarbejde et skitseprojekt for henholdsvis en tunnel og en bro. De to rådgivere har arbejdet helt uafhængigt af hinanden, men fra det samme udgangspunkt.

Statstraktaten mellem Danmark og Tyskland hviler på et forprojekt, det såkaldte feasibility-studie, som blev afsluttet i 1999. Studierne omfattede en række mulige tekniske løsninger. På baggrund af tekniske, miljømæssige, sikkerhedsmæssige og økonomiske overvejelser blev det besluttet, at den foretrukne løsning var en skråstagsbro og det foretrukne alternativ en sænketunnel. 1999-studiet er beskrevet i detaljer på selskabets hjemmeside [www.femern.dk](http://www.femern.dk).

Da der er gået 10 år, siden forprojektet blev gennemført, foretager Femern A/S' to rådgiverkonsortier også en teknisk vurdering af andre løsningsmuligheder, fx en hængebro og en boret tunnel. 1999-studiet viste, at en boret tunnel og en hængebro var forbundet med en række tekniske og miljømæssige problemer, og de to løsninger blev derfor vurderet til at være mindre gunstige end en skråstagsbro og en sænketunnel.

Af hensyn til dokumentationen i ansøgningen om tilladelse til projektet analyserer Femern A/S rådgivere på ny en boret tunnel og en hængebro. Femern A/S udgiver i første halvdel af 2011 baggrundsrapporterne med de argumenter og beregninger, der ligger bag fravalget af de to løsninger.

## Fælles grundlag for bro- og tunnelløsning

Efter halvandet års arbejde er rådgivernes skitseprojekter klar til at blive lagt frem og vurderet. Skitseprojekterne har en række fælles betingelser af bl.a. teknisk karakter:

- Den faste forbindelse over Femern Bælt anlægges som en firesporet motorvej og en tosporet, elektrificeret jernbane.
- Både bro- og tunnel designes til en teknisk levetid på mindst 120 år
- Designhastigheden for vejforbindelsen er 130 km/t svarende til dansk motorvejsstandard. Den tilladte max. hastighed, der fastsættes af myndighederne, forventes at blive 110 km/t
- Designhastigheden for jernbanen er 200 km/t for persontog og 140 km/t for godstog, hvilket er europæisk standard for nybyggede jernbaner
- Sikkerheden for trafikanterne skal være mindst lige så høj som på en tilsvarende motorvejs- eller jernbanestrækning på land i Danmark og Tyskland. Det betyder blandt andet, at skitseprojekterne rummer nødspor på vejdelen i både bro- og tunnelløsningen.
- Der anvendes så vidt muligt europæiske normer og standarder i designet, de såkaldte Eurocodes

- Udgangspunktet for skitseprojektet er, at sejladsikkerheden i Femern Bælt skal være mindst lige så høj, som den ville være uden en fast forbindelse. Derfor foreslås der i broforslaget radarbaseret skibsovervågning i form af et VTS-system (Vessel Traffic Service), som kan anvendes til at overvåge og vejlede skibstrafikken og derved opretholde sejladsikkerheden i Femern Bælt. For både bro- og tunnellsnning etableres VTS i anlægsfasen.

Linjeføringskorridor for de to skitseprojekter er for *eksemplets* skyld placeret øst for Puttgarden og Rødbyhavn. Dermed kan de to projekter sammenlignes på et ligeværdigt grundlag. Det skal imidlertid understreges, at linjeføringskorridoren endnu ikke er fastlagt.

## Processen

Den faste forbindelse over Femern Bælt skal godkendes i form af en anlægslov i Danmark og en myndighedsgodkendelsesproces i henhold til lovgivningen i Tyskland.

Projektet beskrives løbende mere og mere konkret med hensyn til valg af teknisk løsning, linjeføring, udførelsesmetoder, miljøkonsekvenser, sikkerhed og økonomi. Det betyder, at der gradvist arbejdes fra et stort antal mulige tekniske løsninger, varianter og linjeføringer mod stadig færre og mere konkrete projekter. Den endelige løsning bliver på den måde til stadighed optimeret og forbedret, blandt andet i takt med miljøkonsekvensvurderingen af de forskellige mulige varianter og udførelsesmetoder.

Når processen er tilendebragt, vil der på den måde foreligge fuld dokumentation af fordele og ulemper ved forskellige alternativer.

Femern A/S forventer, at udpegningen af den løsning – bro eller tunnel – der skal arbejdes videre med, sker omkring årsskiftet 2010 / 2011. Også den foretrukne linjeføringskorridor vil blive udpeget.

Herefter detaljeres og optimeres projektet, ikke mindst miljømæssigt. Den samlede VVM-redegørelse ventes fremlagt til høring i foråret 2012.

## Andre forhold

Hvad projektet kommer til at koste og den endelige tidsplan er en konsekvens af de igangværende undersøgelser.

Uanset om der skal bygges en skråstagsbro eller en sænketunnel på Femern Bælt vil prisen stort set være den samme. Det fremgår af et konsolideret anlægsoverslag pr. 1. november 2010 fra Femern A/S, at broen vurderes at koste 38,5 mia. kr. og tunnelen 37,9 mia. kr. (2008 priser). Overslaget er udarbejdet på baggrund af skitseprojekterne fra de rådgivende

ingeniører, COWI-Obermeyer, som har udarbejdet skitseprojekt for en skråstagsbro, og Rambøll-Arup-TEC, som har udarbejdet skitseprojekt for en sænketunnel.

I forhold til det anlægsskøn, som projekteringsloven fra 2009 hviler på, er broen blevet dyrere og tunnelen billigere. Der er stadig tale om et økonomisk sundt og rentabelt projekt. Investeringen i kyst-kyst forbindelsen kan betales tilbage af trafikanterne inden for en 30-årig periode.

Beregningerne af tilbagebetalingstiden er sket med udgangspunkt i de samme overordnede forudsætninger, som blev anvendt i forbindelse med projekteringslovens beregninger. Det gælder bl.a. forudsætninger om realrente, inflation, takster, trafik, drift- og vedligeholdelsesudgifter og EU-støtte, men beregningerne er selvfølgelig foretaget med udgangspunkt i det nye konsoliderede anlægsoverslag.

Anlægsoverlaget er det bedst mulige bud på baggrund af de foreliggende oplysninger. Det kan derfor ikke udelukkes, at nye oplysninger, myndighedskrav, politiske krav eller forsinkelser som følge af klagesager mv. vil kunne føre til ændringer af projektet eller tidsplanen og dermed af prisoverslaget. Det endelige anlægsbudget vil blive lagt fast i forbindelse med vedtagelsen af anlægsloven i det danske folketing.

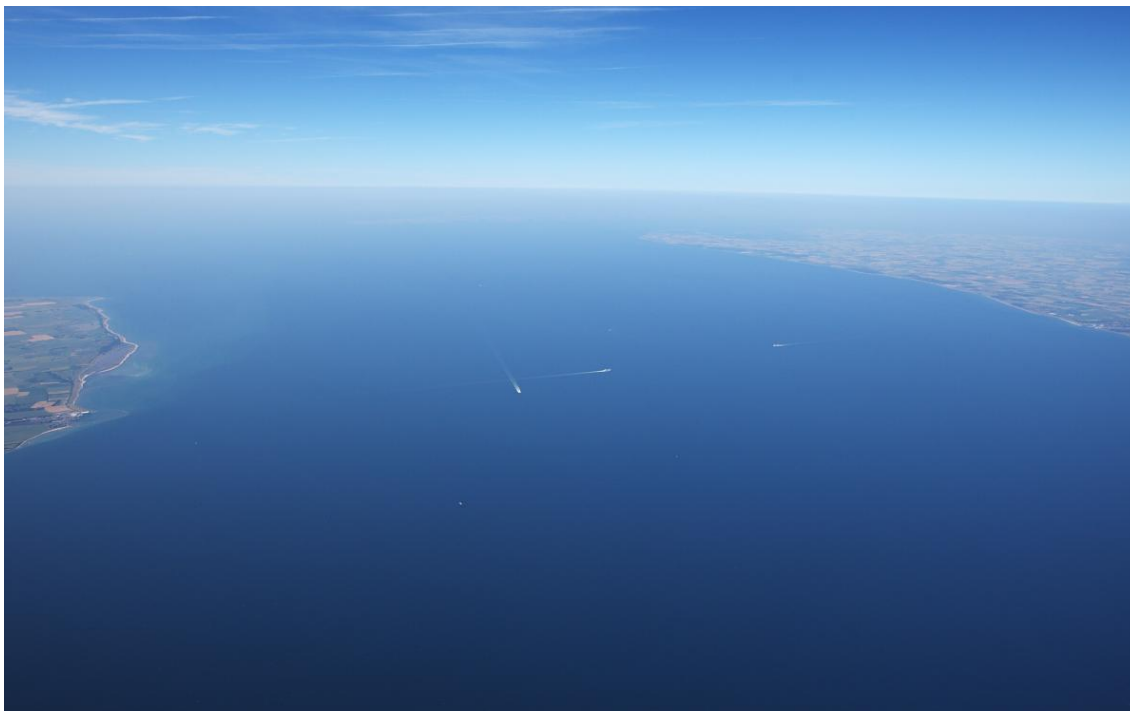
Yderligere detaljer om det konsoliderede anlægsoverslag for projektet findes på [www.femern.dk](http://www.femern.dk).

#### Anlægsoverslag pr. 1. november 2010

2008-priser	Sænketunnel	Skråstagsbro
Anlægsomkostninger	26,0 mia. kr.	26,2 mia. kr.
Øvrige arbejder	1,9 mia. kr.	1,8 mia. kr.
<b>Totale anlægsomkostninger*</b>	<b>27,8 mia. kr.</b>	<b>28,0 mia. kr.</b>
Projektledelse, driftsforberedelse mv.	5,2 mia. kr.	5,0 mia. kr.
Reserver	4,8 mia. kr.	5,5 mia. kr.
<b>Samlede bruttoomkostninger*</b>	<b>37,9 mia. kr.</b>	<b>38,5 mia. kr.</b>
Forventet EU-støtte	4,5 - 8,2 mia. kr.	4,6 - 8,4 mia. kr.
<b>Samlede nettoomkostninger*</b>	<b>29,7 – 33,4 mia. kr.</b>	<b>30,1 – 33,9 mia. kr.</b>

\* Summen kan afvige fra enkeltposterne som følge af afrunding

I Statstraktaten mellem Danmark og Tyskland var den politiske målsætning, at forbindelsen skulle åbne i 2018. Arbejdet med forundersøgelser og procedurerne for myndighedsgodkendelse viser, at tidsplanen for godkendelsen skal forlænges med ca. to år. Forlængelsen af tidsplanen skyldes primært, at miljøundersøgelserne forløber over to og ikke som tidligere forudsat et år samt at selve godkendelsen hos myndighederne forventes at vare et år længere end hidtil forudsat.



*Femern Bælt-forbindelsen etableres mellem Rødbyhavn i Danmark (til højre i billedet) og Puttgarden i Tyskland. Strækningen er næsten 20 km lang*

## Skitseprojekt for en sænketunnel

En tunnel er næsten usynlig i landskabet. Bortset fra portalbygværker og landopfyldninger ved portalerne påvirker den ikke det marine miljø, når den først er bygget. Den samlede længde på tunnelen i skitseprojektet bliver 17,6 km fra tunnelmunding til tunnelmunding. Med 110 km/i timen på motorvejen giver det bilisterne en rejsetid i tunnelen på ca. 10 minutter. Togpassagererne vil være syv minutter om rejsen fra kyst til kyst.

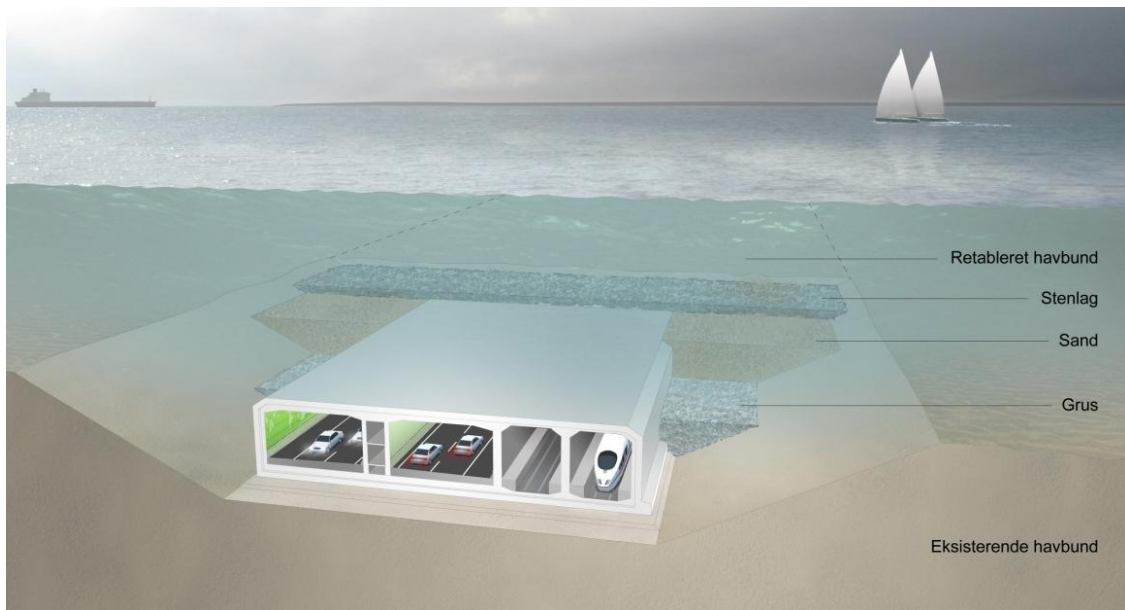
Tunnelen foreslås anlagt som en næsten lige linje fra kyst til kyst. På tysk side oplever trafikanterne at køre op over en lille bakke og siden ned i en grøn dalsænkning før tunnelmundingen. Efter en gradvis overgang til kunstig lyssætning fortsættes i en tunnel med lyse vægge. Tunnelen opleves som bred og rummelig på grund af nødsporet.

For at sikre bilisterne en afvekslende køretur er strækningen opdelt i zoner med forskellig belysning. Undervejs er der desuden tre ca. 1,5 km lange områder med LED-lys, der på tunnelens vægge viser billeder i langsom bevægelse. God sigtbarhed og en afvekslende oplevelse har til formål at modvirke tunnelskræk og holde bilisten opmærksom.

Tilkørslen på den danske side bærer præg af Lollands menneskeskabte landskab og markeres af en portal, som rummer kontrol- og overvågningscentret. På den måde er portalbygningen på dansk side tænkt som et vartegn for den rejsende på vej mod Tyskland.

Tunnelen i skitseprojektet udføres som en 1-etages sænketunnel støbt i vandtæt beton ligesom Øresundstunnelen. Tværsnittet er udformet med to motorvejsrør i vestsiden og to jernbanerør i østsiden. Mellem vej-tunnelrørene er en central korridor, der anvendes til installationer og som flugtvej.

Sænketunnelen er placeret i en gravet rende under havbunden og beskyttet af et ca. 1,2 m tykt stenlag mod stød fra synkende skibe eller skibsankre.



*Først graves en rende i havbunden. Tunnelelementerne sænkes ned i renden ét efter ét og forbindes. Når tunnelen er samlet dækkes den med sten. I løbet af nogle år vil den naturlige havbund have gendannet sig.*



*Tre farvede zoner og illustrationer på vejttunnelens vægge skal bl.a. være med til at give bilisterne en afvekslende rejse på den 10 minutter lange tur gennem Femern Bælt tunnelen.*

## Sikkerhed

Sænkettunnelen vil være mere sikker end en tilsvarende motorvejs- eller jernbanestrækning på land. Der er ingen modkørende trafik og ingen til- og frakørsler. Desuden er tunnelen altid tør, fri for vind og velbelyst.

Der er omfattende kommunikationssystemer så som dynamiske skilte, højtalere og radio, så trafikanter kan informeres under rejsen eller i tilfælde af uheld. Miljøet i tunnelen måles løbende og automatiske ventilationssystemer sikrer luftkvalitet og sigtbarhed i tunnelen. Desuden overvåges tunnelen 24 timer i døgnet.

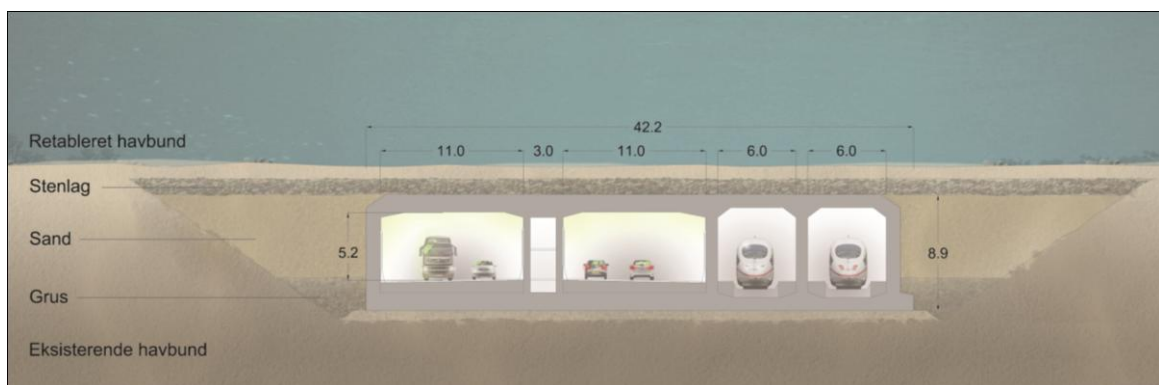
Nøddugange til rednings-korridoren eller til et sikkert naborør er i skitseforslaget placeret for hver 108 m, og der er nødstationer med brandslukningsmateriel og direkte telefon til kontrolcentret for hver 54 m.

Tunnelen er beskyttet mod brand. Der er sprinkleranlæg, som kan holde en brand under kontrol, til redningsmandskabet når frem, og tunnelens loft og vægge er brandisoleret.

Under normal drift er det bilernes egen fart, der sikrer, at der trækkes frisk luft ned i tunnelen og skabes en god luftkvalitet. Hvis der er behov for det, eksempelvis ved en brand, sørger store ventilatorer i loftet for ventilation.

Når tunnelen først er etableret, er den beskyttet under havbunden, så den påvirker ikke vandmiljøet udover ved landopfyldningerne, og der er ingen risiko for skibskollision.

## Standardelement



*Femern Bælt tunnelen er gravet ned i en rende i havbunden og beskyttet af et stenlag. Tunnelen vil blive den længste af sin art i verden. Alle mål på illustrationen er angivet i meter.*

## Byggefasen

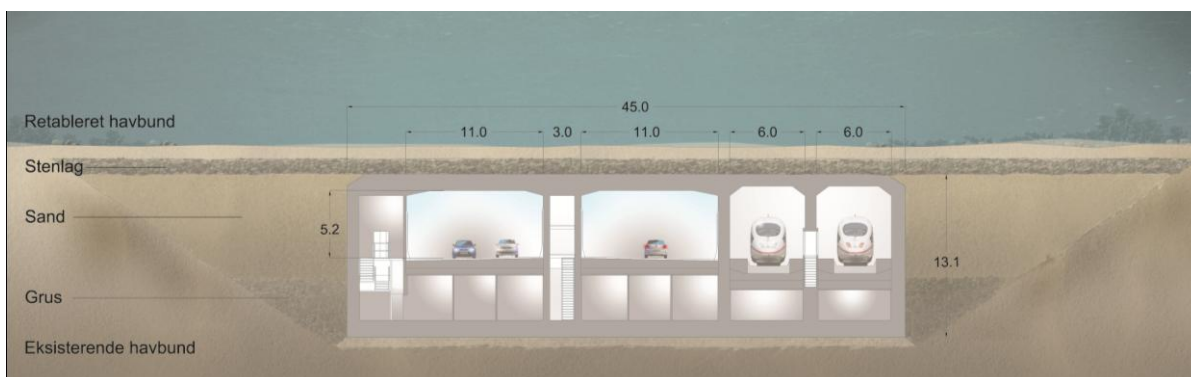
En sænketunnel under Femern Bælt vil blive den længste i verden. Design og byggemetoderne er kendt, men den store skala og bæltets dybde gør det til en teknisk udfordring at bygge.

Tunnelen bygges af 79 ca. 200 m lange standardelementer og ca. 10 specialelementer, der placeres for hver ca. 1,8 km. Tunnelementerne produceres på store produktionsanlæg på land under kontrollerede forhold. Elementerne vejer ca. 70.000 ton og kan lige netop flyde. De bugseres til tunnellinjen, hvor de ét efter ét sænkes ned i tunnelrenden og kobles sammen. Når elementerne er på plads, dækkes de af sten og sand.

Ideen med specialelementer er ny i sænketunnelsammenhæng. Metoden har flere fordele. Alt det plads- og vedligeholdelseskrævende, mekaniske og elektriske udstyr er samlet i specialelementerne. På den måde kan standardelementerne gøres teknisk enklere og ensartede og dermed bedre egnet til serieproduktion.

Specialelementerne er bredere end standardelementerne. Det giver plads til nicher uden for nødsporet, hvor service- og redningskøretøjer kan parkere uden at forstyrre vejtrafikken.

## Specialelement



*Specialelementerne sikrer også, at der kan udføres løbende drift og vedligehold uden at afbryde trafikken. Der er adgang under vejbaner og spor til alle tekniske rum, så personalet ikke skal krydse trafikken. Alle mål på illustrationen er angivet i meter.*

Jordbundsforholdene på tværs af Femern Bælt varierer meget. Det giver en udfordring for udgravningen af tunnelrenden, fordi der skal bruges forskelligt udstyr til forskellige jordtyper. Der skal graves store mængder for at få plads til tunnelen. De foreløbige beregninger viser, at der skal afgraves ca. 15,5 millioner kubikmeter. De udgravede materialer fra udgravningerne kan indbygges i anlægget og anvendes til eksempelvis etablering af kunstige halvøer eller diger.

Uddybningerne forventes udført med mekaniske gravemaskiner, som lægger det afgravede materiale på pramme, der sejler til det sted, hvor materialet skal losses og indbygges. Jordbunden i Femern Bælt er generelt velegnet til sikker placering af en sænketunnel.

Den foreløbige beregning viser, at det vil tage seks et halvt år at bygge en sænketunnel.

## Fakta

	1999-projektet	Skitseprojekt 2010
<b>Samlet længde *)</b>	18,5 km	17,6 km
<b>Længde på tunnelelementer</b>	150 – 175 m	217 m
<b>Maksimal vægt for element</b>	68.000 t	73.500 t
<b>Tunneltværsnit – højde</b>	9,95 m	8,9 m **)
<b>Tunneltværsnit – bredde</b>	43,0 m	42,2 m **)
<b>Udgravningsmængde</b>	> 20 mio. m <sup>3</sup>	15,5 mio. m <sup>3</sup>

\*) Tunnelens samlede længde er ændret, dels som følge af den valgte linjeføring, dels pga. udformningen af halvørerne ved broens landfæster.

\*\*\*) Mål gælder for standardelementer.



*Tilkørselsrampe og portalbygværk på dansk side for en Femern Bælt tunnel med blandt andet kontrol- og overvågningsanlæg set fra nord mod syd*

## Skitseprojekt for en skråstagsbro

En bro over Femern Bælt er i skitseprojektet 17,6 km fra kyst til kyst. Med en forventet tilladt hastighed på 110 km/t vil det tage en bilist ca. 10 minutter at krydse bæltet. Togpassagererne vil være syv minutter om rejsen fra kyst til kyst.

Broen følger en S-formet kurve og vil give de rejsende en storslået udsigt under overfarten. Ved tilkørslerne vil bilisterne kunne se de 272 meter høje pyloner, som vil stå ca. syv kilometer fra den tyske kyst og ca. ti km fra den danske kyst.

Broen er i skitseprojektet udformet som en skråstagsbro i to niveauer ligesom Øresundsbroen. Der er fire motorvejsspor samt to nødspor på øverste dæk og to elektrificerede jernbanespor på nederste dæk. I skitseforslaget er der monteret gennemsigtige vindskærme i hele broens længde af hensyn til bilisternes komfort.

På motorvejen etableres mulighed for overkørsler ved hjælp af et flytbart midterautoværn for at opnå maksimal kapacitet under ulykkestilfælde og ved vedligehold. På jernbanen etableres skiftespor på broen for at opnå maksimal kapacitet under vedligehold.

Broen er en såkaldt kompositløsning med brodragere i stål og et vejdæk i beton. Pyloner og bropiller udføres i armeret beton. På højbroen forventes både brodrager og vejdæk at være af stål for at holde vægten nede.

Højbroen i skitseprojektet har et frit spænd på 724 m for hvert af de to hovedspænd. Dermed er der tale om de længste spænd, der nogensinde er bygget for en skråstagsbro til både biler og tog. De store spænd er nødvendige af hensyn til sejladsikkerheden. Den frie gennemsejlingshøjde vil være 66,2 meter. Udgangspunktet er Storebæltsforbindelsen, hvor den frie højde er 65 m. Hertil er lagt 1,2 meter for at tage højde for en forventet stigning i havniveauet som følge af klimaforandringer.



*Perspektiv af en højbro over Femern Bælt med to frie spænd på hver 724 m.*

## **Sikkerhed**

Broen i skitseforslaget vil være mere sikker end en tilsvarende strækning af motorvej og jernbane på land. Det skyldes bl.a., at der ikke er til- og frakørsler på vejdelen og ingen sidespor på jernbanen, samt at der er konstant videoovervågning på trafik anlægget, hvilket mindsker risikoen for følgeulykker. Erfaringer fra forbindelserne over Storebælt og Øresund har også vist, at der sker færre ulykker på disse strækninger end på tilsvarende strækninger på land.

Den største risiko for skibstrafikken i forbindelse med en bro er påsejlingsulykker. De foreløbige beregninger viser, at et frit spænd på to gange 724 m giver tilstrækkelig sikkerhed. De tre pyloner (brotårne) kan modstå de største påvirkninger fra et skibsstød på grund af deres store vægt. De to nærmeste bropiller på hver side af sejlruten skal forsynes med beskyttelse mod skibsstød. En bro med to gennemsejlingsfag på hver 724 m vil i fremtiden, sammen med VTS-system og markering af sejlruten, gøre det mindst lige så sikkert for skibene at sejle i Femern Bælt som en situation uden en bro.



*For bilisten vil Femern Bælt broens brotårne (pyloner,) som vist i skitseforslaget, stå som et markant vartegn under den 10 minutter lange rejse fra kyst til kyst*

## **Byggefasen**

En skråstagsbro, som den er beskrevet i skitseprojektet, vil være en teknisk udfordring. Brotypen og metoderne er velkendte fra andre projekter, men er aldrig bygget i så stor skala. Der findes kraner i verden - om end kun få - som kan klare løft på mere end 6.000 ton, som vil være nødvendigt for at gennemføre byggeprocessen.

Alle dele til broen – bortset fra de store pyloner – forventes bygget på land på store elementfabrikker. Sænkekasser (fundamenter) og bropiller udføres i armeret beton. Brodragerne svejses og samles til lange sektioner på land, hvor vejdækket udstøbes på toppen af brodragerne. Alle dele bugseres ud i brolinjen, hvor de monteres. I det hele taget forudsættes det meste af transporten – også af de store mængder materialer til elementfabrikkerne – at foregå ad søvejen.

Jordbundsforholdene i Femern Bælt er generelt gode, når det gælder fundering af bropiller. Men på en strækning nærmest Tyskland er der brug for forstærkning. Derfor undersøger Femern A/S forskellige funderingsmetoder, fx pælefundering. Ved at vælge fundering med stålpæle vil den mængde havbund, der skal afgraves til hele broprojektet, være på ca. en million m<sup>3</sup>.

De foreløbige beregninger viser, at det vil tage ca. seks år at bygge en bro.

## Fakta

	1999-projektet	Skitseprojekt 2010
<b>Samlet længde *)</b>	18,6 km	17,6 km
<b>Brodragerens højde</b>	15,0 m	12,9 m
<b>Skråstagsbro</b>	3.208 m	2.414 m
<b>Antal pyloner</b>	4	3
<b>Antal bropiller (tilslutningsbroer)</b>	64	76
<b>Længde af brofag (tilslutningsbroer)</b>	240 m	200 m
<b>Udgravningsmængde</b>	>3,0 mio. m <sup>3</sup>	ca. 1 mio. m <sup>3</sup>

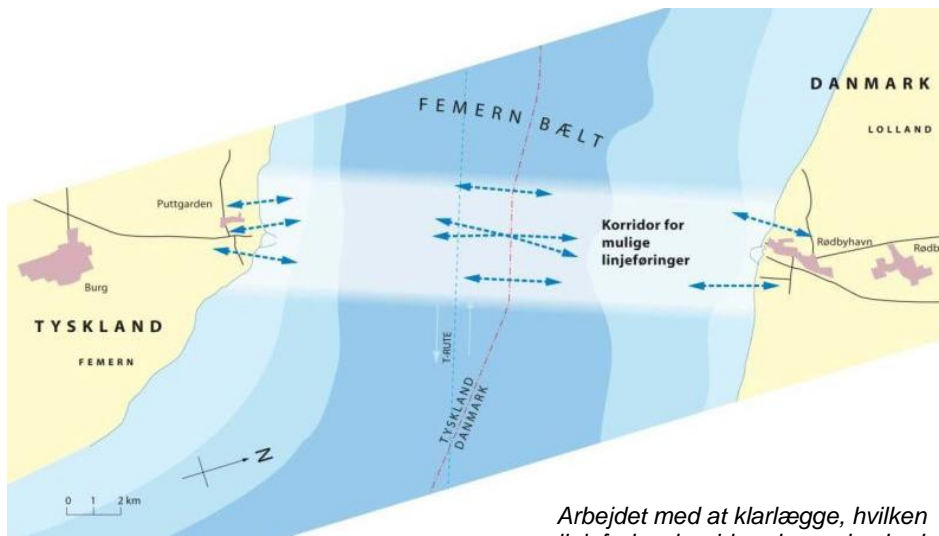
\*) Broens samlede længde er ændret, dels som følge af den valgte linjeføring, dels pga. udformningen af halvørerne ved broens landfæster.



*Femern Bælt forbindelsen kan anlægges som en to-etages kompositbro i stål og beton. Togene kører på nederste dæk, bilerne på øverste dæk.*

## Linjeføringskorridor

I forstudierne til en fast forbindelse over Femern Bælt fra 1999 er kyst-kyst forbindelsen vist i en linjeføring øst for Puttgarden og Rødbyhavn. Det er imidlertid et krav i myndighedsbehandlingen, at alle alternativer undersøges og belyses ligeværdigt for at finde frem til den mest fordelagtige løsning. Femern A/S har arbejdet med en række mulige linjeføringskorridorer både øst og vest for Rødbyhavn og Puttgarden.



*Arbejdet med at klarlægge, hvilken linjeføringskorridor, der er den bedste, foregår frem til foråret 2011*

Femern A/S undersøger hvilken korridor, der har den laveste påvirkning på omgivelserne. Vurderingen bygger på en række kriterier som eksempelvis: miljømæssig følsomhed, sejladsikkerhed (specielt i relation til færgedriften), eksisterende undersøiske kabler og lignende, påvirkningen af regional og bymæssig udvikling såvel som bygninger og mennesker, tekniske muligheder herunder adgang til eksisterende infrastruktur samt økonomi.

Hver mulig variant bliver udviklet, vurderet, optimeret og vurderet igen indtil de første, mest ufordelagtige, linjeføringer kan vælges fra. De resterende varianter bliver yderligere undersøgt i stadig større detaljeringsgrad. Denne dokumenterede proces vil til sidst lede til udpegning af én linjeføringskorridor for hver af de tekniske løsninger med den lavest mulige påvirkning (Low Impact Corridors). Udvalgelsesprocessen forventes afsluttet i foråret 2011.

Linjeføringen besluttet som en del af den endelige godkendelse, i Danmark i form af en anlægslov.

## Femern Bælt-forbindelsen og miljøet

Et så stort infrastrukturanlæg som en fast forbindelse over Femern Bælt og de tilhørende tilslutningsanlæg vil både få indvirkning på mennesker og miljø. Det gælder i anlægsfasen, hvor eksempelvis gravearbejder til søs vil kunne påvirke det marine miljø som følge af fx sedimentspild fra gravearbejderne, hvilket i særdeleshed gælder for en tunnel. Det gælder også for driftsfasen, hvor en bro vil kunne påvirke strømforholdene og dermed Østersøens miljø.

I 1995-1999 gennemførtes et fælles tysk-dansk forundersøgelserprogram, hvis resultater blev anvendt til en første vurdering af, hvordan en bro hhv. en tunnel vil påvirke miljø, landskab og mennesker. Resultaterne heraf indgår i rapporten "Fehmarnbelt Feasibility Studie", som findes på [www.femern.dk/publikationer](http://www.femern.dk/publikationer).

I 2004-2005 gennemførtes yderligere undersøgelser bl.a. om potentielle konsekvenser for fuglelivet. De samlede resultater af alle disse forundersøgelser og studier er rapporteret i "Femern Bælt forbindelsen og miljøet, Miljøkonsultationsrapport, 2006", der findes på [www.femern.dk/publikationer](http://www.femern.dk/publikationer).

Fra foråret 2009 og frem til udgangen af 2010 gennemføres et omfattende miljøundersøgelserprogram. De første evaluerede resultater er klar i foråret 2011. Programmet er baseret på den nyeste viden og de nyeste videnskabelige metoder og bygger på de forudgående undersøgelser. Der er tale om et meget omfattende undersøgelsesprogram, der beløber sig til ca. 500 mio. kr.

I henhold til VVM-direktivet skal følgende faktorer vurderes:

- Mennesker
- Dyr
- Planter
- Vand
- Jord
- Luft
- Klima
- Landskab
- Kulturarv
- Materielle goder
- Kumulative effekter

Omfanget, udbredelsen og videnskabelige metoder i miljøprogrammet var i høring fra den 21. juni til den 6. september 2010 i Tyskland, Danmark og landene rundt om Østersøen. Der er modtaget høringssvar fra Danmark, Tyskland, Sverige, Norge, Finland og Polen. Resultatet af høringerne offentliggøres vinteren 2010/2011.

## Miljøforhold af betydning for valg og indretning af løsning

Den store mængde data fra miljøundersøgelserne anvendes som grundlag for en miljøvurdering af henholdsvis skråstagsbro og sænketunnel. Desuden undersøges de alternative løsninger boret tunnel og hængebro. Miljøvurderingen samles i en VVM rapport, der ventes udsendt i høring omkring foråret 2012.

Vurderingen af miljøkonsekvenserne anvendes samtidig til en fortsat optimering af de to skitseprojekter. Det gælder eksempelvis uddybningsmetoder i anlægsfasen, hvor valget af materiel, placering af gravearbejder i tid og rum samt mængderne har stor betydning for, hvor og hvor meget uddybningsarbejderne påvirker omgivelserne.

Et andet eksempel på, hvordan resultaterne fra undersøgelserne anvendes er optimering af udformningen af bropillerne. Bropillernes form har nemlig betydning for, hvor stor turbulens og dermed opblanding af vandmasserne, der skabes, og optimeringen skal bidrage til at begrænse denne påvirkning.

Et væsentligt område er også påvirkningen af vandet, især saltholdigheden, i både Femern Bælt og i Østersøen. Derfor undersøges vandgennemstrømningen til og fra Østersøen meget nøje i alle løsningsvarianter. Opblanding af salt bundvand og ferskt overfladevand som følge af turbulens fra bropillerne kan potentielt medføre en lille påvirkning, og dette spørgsmål har derfor stor betydning, hvis valget falder på en bro.

En kommende fast forbindelse ligger i "Fugleflugtslinjen", hvor adskillige millioner fugle årligt har deres trækrute. Desuden er der et rigt fugleliv i nærområdet. Det bliver derfor undersøgt, hvordan en fast forbindelse - bro eller tunnel - vil påvirke fuglelivet både under anlægsarbejdet og i driftsfasen.

Uanset om en bro eller en tunnelløsning bliver valgt, kommer linjeføringen til at gå igennem et Natura 2000 område og kan desuden påvirke andre Natura 2000 områder nær linjeføringen. Natura 2000 er betegnelsen for et netværk af beskyttede naturområder i EU. Områderne skal bevare og beskytte naturtyper og vilde dyre- og plantearter, som er sjældne, truede eller karakteristiske for EU-landene. Derfor gennemføres omfangsrige konsekvensundersøgelser, som påkrævet i Natura 2000-direktivet. Resultaterne er væsentlige for beslutningen om den foretrukne linjeføring og den foretrukne tekniske løsning.

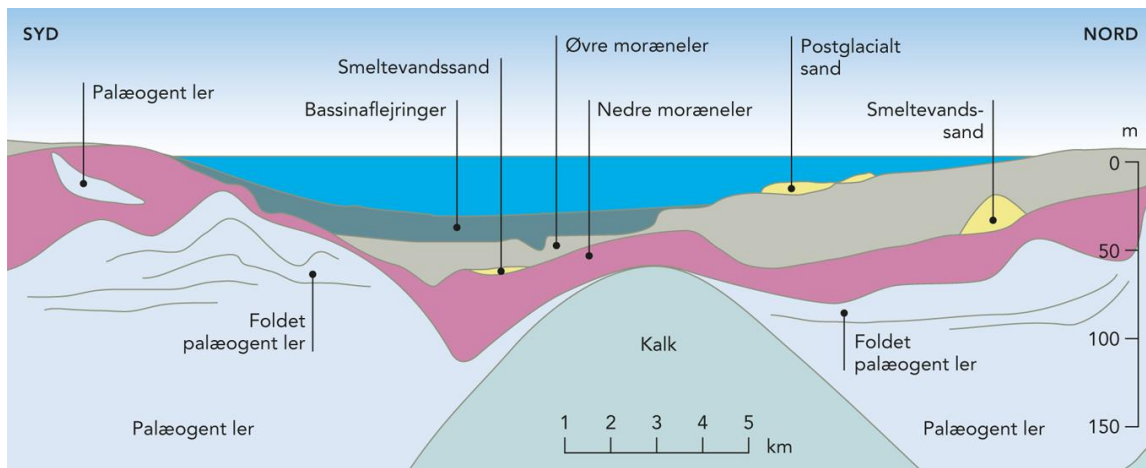
Femern A/S offentliggør løbende artikler og resultater af miljøprogrammerne på [www.femernmiljo.dk](http://www.femernmiljo.dk). De endelige miljøkonsekvensvurderinger vil fremgå af materialet til VVM-høringen i foråret 2012.

## Øvrige undersøgelser

Undergrunden i Femern Bælt er kortlagt ved seismiske undersøgelser og prøveboringer. Prøverne analyseres, og der laves laboratorieforsøg. Der arbejdes fremover især med at undersøge de specielle jordbundsforhold nærmest Tyskland.

Femern Bælt domineres af fire jordtyper:

- Aflejringer efter seneste istid. De unge aflejringer af sand, silt og ler ses som et ca. 10 meter tykt lag i den dybeste del af bæltet.
- Istidsaflejringer i form af moræneler ses direkte under havbunden ved Lolland og findes under de yngre aflejringer i bæltets dybeste del. Nærmest Lolland er der mange store sten på havbunden.
- Palæogent ler findes i hele området, dog med undtagelse at det område, hvor undergrundens kridtlag er skudt op i en kuppel. Der er tale om noget af verdens mest finkornede og fede ler. Nærmest kysten ved Fehmarn ligger der et tykt lag af denne lertype.
- Den ældste aflejring er kridt, der ligner skrivekridtet i Møns klint i Danmark. Kridtet ses i en kuppelformet formation midt i bæltet. Denne form skyldes bevægelser i dybereliggende saltforekomster. Bevægelserne, hvis fænomenet stadig er aktivt, er af størrelsen 1mm/år, hvilket er uden betydning for den faste forbindelse.



Geologien i Femern Bælt.

Foreløbige analyser viser, at i den femtedel af strækningen, der ligger nærmest Tyskland, er jordbundsforholdene af en sådan type, at der skal gøres noget ekstraordinært for at sikre, at bropillerne er godt funderet. Det kan eksempelvis ske ved fundering på beton- eller stålpæle nede i havbunden. Storskalaforsøg foregår i Femern Bælt fra 2010 til 2012 og skal dokumentere, hvordan en bro eller tunnel kan funderes sikkert på havbunden.

## **Sejladsundersøgelser**

Skitseprojektet for en skråstagsbro har to gennemsejlingsfag på hver 724 m. I forundersøgelserne fra 1999 indgik en skråstagsbro med tre gennemsejlingsfag, et til hver sejlrutning og et separationsfag i midten som adskilte skibstrafikken.

Femern A/S har siden 2006 gennemført omfattende studier og simuleringer af sejladsikkerheden ved forskellige broløsninger og forskellige spændvidder. Undersøgelserne er ikke afsluttet, men foreløbige analyser viser, at en bro med to gennemsejlingsfag på hver 724 m vil være en sikker løsning, når de kombineres med blandt andet et VTS-system og en god afmærkning af sejlruterne ved hjælp af bøjer mv.

Designforudsætningen er, at det med en bro skal være mindst lige så sikkert at sejle i Femern Bælt som det ville være med fortsat færgefart. De endelige krav til opretholdelse af sejladsikkerheden ved en broløsning lægges fast af de danske og tyske søfartsmyndigheder.

## I land i Danmark

Femern A/S har ansvaret for de danske tilslutningsanlæg mellem kystlinjen og frem til eksisterende motorvej og jernbane. Det er Banedanmark og Vejdirektoratet, der har ansvaret for de danske landanlæg, som begynder ca. fire-fem kilometer inde i land.

Betalingsanlægget skal ligge på dansk side. Desuden skal der etableres faciliteter til drift- og vedligehold, person- og varekontrol samt faciliteter for beredskabet. Både en broløsning og en tunnelløsning skal have et drifts- og overvågningscenter, der kan placeres i sammenhæng med betalingsanlægget eller for tunnelens vedkommende i portalbygningen nær kysten.

Efter ilandføringen bringes både motorvej og jernbane så hurtigt som muligt i niveau med det eksisterende terræn og indpasses bedst muligt i det eksisterende landskab.

Den nye motorvej og jernbane kommer til at krydse et antal eksisterende veje og stier. I forbindelse med designet af tilslutningsanlæggene drøftes det med bl.a. de lokale myndigheder, hvordan trafik på tværs af anlægget både i anlægsfasen og i den permanente situation skal tilrettelægges.

Linjeføringskorridoren på land for bro- og tunnelløsning er ikke helt ens i skitseforslagene. Som tidligere nævnt er den optimale korridor endnu ikke endeligt fastlagt.

Undersøgelser af de linjeføringskorridorer for henholdsvis bro og tunnel, der har mindst miljømæssig påvirkning er stadig i gang. Planen er, at den optimale korridor kan udpeges i i foråret 2011.

Inden linjeføringskorridoren offentliggøres vil de potentielt berørte lodsejere blive kontaktet direkte.

Femern A/S planlægger at afholde offentlige, lokale informationsmøder på Lolland og Fehmarn om status for projektet og hvad der dernæst vil ske.



*Jernbanen på nederste brodæk fletter ud mod øst mens motorvejen på øverste etage svinger mod vest og føres ned i terræn inden vejen når frem til betalingsanlægget. Perspektivet viser tilkørselsanlægget på dansk side set fra nord mod syd.*



*Fra tunnelportalen på den danske side vil der være konstant kontrol og overvågning af trafikken i hele tunnelen.*

## I land i Tyskland

De tyske tilslutningsanlæg mellem kystlinjen og tilslutningen til eksisterende motorvej og jernbane projekteres af Femern A/S. Det er Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr (LBV) og Deutsche Bahn (DB), der er ansvarlige for de tyske landanlæg, som begynder nogle få kilometer inde i land.

Betalingsanlægget skal ligge på dansk side, men der skal etableres faciliteter for drift- og vedligehold samt parkeringsanlæg til brug for grænsekontrol på tysk side.

Efter ilandføringen bringes både motorvej og jernbane så hurtigt som muligt i niveau med det eksisterende terræn og indpasses bedst muligt i det eksisterende landskab.

Den nye motorvej og jernbane kommer til at krydse et antal eksisterende veje og stier. I forbindelse med forprojekteringen af tilslutningsanlæggene drøftes det med bl.a. de lokale myndigheder, hvordan trafik på tværs af anlægget både i anlægsfasen og i den permanente situation skal tilrettelægges.

Linjeføringskorridoren er vist umiddelbart øst for den eksisterende færgehavn, men som tidligere nævnt er den optimale korridor endnu ikke fastlagt. Udvalgelsesprocessen forventes afsluttet i foråret 2011.

Inden linjeføringskorridoren offentliggøres vil de potentielt berørte lodsejere blive kontaktet direkte.

Femern A/S planlægger at afholde offentlige, lokale informationsmøder på Lolland og Fehmarn om status for projektet og hvad der dernæst vil ske.



*For tunnellsningen er forslaget at gøre tilkørslen så grøn som muligt og dermed integrere den mest muligt i det eksisterende landskab. Taget i portalbygningen er delvist åbent for at opbløde overgangen fra naturligt til kunstigt lys.*



*Broløsningen set fra nord mod syd ved den eksisterende strand øst for Puttgarden og med færgelejet i baggrunden. Dette giver det bedst mulige miljømæssige og æstetiske udtryk.*

## Den videre proces

Skitseprojekterne for en bro- og en tunnelløsning over Femern Bælt er en vigtig milepæl. Forundersøgelserne og skitseprojekterne er grundlaget for den miljøkonsekvensvurdering, som skal gennemføres.

Femern A/S gennemfører sit arbejde i henhold til den projekteringslov, der blev vedtaget i Folketinget den 26. marts 2009. Første del af arbejdet med forundersøgelserne er nu ved at være afsluttet. Næste skridt er at beslutte, hvad der skal være grundlaget for dispositionsforslaget (det forslag, der søges om) samt indhold og form af VVM-processen. Det vil sige: Hvilket projekt skal der søges om, og hvordan skal dokumentationen for de undersøgte muligheder lægges frem? Herefter skal Femern A/S udarbejde VVM-redegørelsen og begynde at udforme ansøgningen til de tyske myndigheder.

## Godkendelse i Tyskland

Tilladelse i Tyskland til byggeriet af en fast forbindelse over Femern Bælt gives på grundlag af en længerevarende godkendelsesproces. Godkendelsesprocessen er en ren juridisk-administrativ proces, som sker på grundlag af en samlet ansøgning. Ansøgningsmaterialet består af VVM-undersøgelser og andre miljøvurderinger, landskabsplaner, linjeføringsundersøgelser, teknisk projektbeskrivelse med tilhørende tegninger, samt forslag til kompenserende foranstaltninger.

Godkendelsesmyndigheden er Landesbetrieb für Verkehr und Strassenbau, Schleswig-Holstein i Kiel (LBV-SH)

Den samlede miljøvurdering er således en integreret del af ansøgningen om projektgodkendelse. Godkendelsesprocessen giver berørte myndigheder, interesseorganisationer og privatpersoner mulighed for at fremkomme med forslag og indvendinger. Projektansøgerne får herefter mulighed for at besvare de fremkomne forslag. På grundlag heraf afholdes ikke-offentlige høringsmøder, hvor parterne drøfter de indkomne indvendinger og svarene herpå.

Godkendelsesmyndigheden afvejer herefter de forskellige interessetilkendegivelser og fastlægger resultatet heraf i en samlet projektgodkendelse (byggetilladelse). Der kræves som regel ikke yderligere godkendelser eller tilladelser til projektet.

## Godkendelse i Danmark

I Danmark gennemfører Transportministeren i samråd med miljøministeren en VVM-proces, der indeholder en offentlig høring. Herefter fremsætter transportministeren i samråd med miljøministeren et udkast til anlægslov som herefter behandles og vedtages i det danske Folketing.

Feasibilitystudiet med resumérapport og baggrundsrapporter, "Femern Bælt forbindelsen og miljøet, Miljøkonsultationsrapport" fra 2006 samt øvrige rapporter og materiale, som er offentliggjort frem til i dag, kan findes på:

[www.femern.dk](http://www.femern.dk)  
[www.femernmiljo.dk](http://www.femernmiljo.dk)

Femern A/S  
Vester Søgade 10  
DK – 1601 København V

Tel 33 41 60 00  
[www.femern.dk](http://www.femern.dk)  
E-mail: [info@femern.dk](mailto:info@femern.dk)