



# 19

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG KLIMAÆNDRINGER

VVM-REDEGØRELSE FOR DEN FASTE  
FORBINDELSE OVER FEMERN BÆLT (KYST-KYST)

**Femern**  
*Sund ≅ Bælt*

# INDHOLD

<b>19</b>	<b>KLIMAPÅVIRKNINGER OG KLIMAÆNDRINGER</b>	<b>1330</b>
19.1	Anbefalinger vedrørende projektets klimastrategi	1331
19.2	Projektoptimering	1332
19.3	Drivhusgasser	1332
19.3.1	Projektets udledning af drivhusgasser	1332
19.3.2	Beregningsmetode	1333
19.3.3	Projektets drivhusgasregnskab	1335
19.4	Klimaændringernes betydning for projektets virkninger på miljøet	1336
19.4.1	Hydrografi, vandkvalitet og plankton	1336
19.4.2	Kystmorfologi, sedimenter og bundformer	1337
19.4.3	Bentisk flora og fauna	1338
19.4.4	Vandfugle	1338
19.4.5	Fisk og Fiskeri	1340
19.4.6	Havpattedyr	1341
19.4.7	Migrerende flagermus	1342
19.4.8	Miljøforhold i rampeområdet på Lolland	1342
19.5	Referencer	1344

## 19 KLIMAPÅVIRKNINGER OG KLIMAÆNDRINGER

Klimaforandringer i global og regional skala er velkendte i et geologisk tidsperspektiv. Klimaforandringerne interagerer med det fysisk/kemiske og biologiske miljø og vil fra global til lokal skala forårsage ændringer af miljøet.

Der er en voksende erkendelse af, at mennesket i et muligt stigende omfang direkte og indirekte påvirker klimaet, og at udledningen af drivhusgasser (bl.a. kuldioxid, metan og lattergas) sandsynligvis spiller en vigtig rolle heri.

Klimaforandringer kan føre til ændringer og destabiliseringer af miljøet. På den baggrund er der af bl.a. FN's klimapanel Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) udviklet en række scenarier for klodens klimaudvikling og for en række heraf afledte konsekvenser, herunder bl.a. ændringer af havspejlets niveau.

Det øgede fokus på klimaændringer og de menneskeskabte dele heraf har i EU resulteret i et ønske om, at man i VVM-sammenhæng så vidt muligt behandler følgende temaer:

- En vurdering af et projekts påvirkning af klimaet ved projektets specifikke udledninger af drivhusgasser og projektets langsigtede virkning på drivhusgasregnskabet
- En vurdering af de forventede klimaændringers betydning for projektets tekniske holdbarhed
- En vurdering af de forventede klimaændringers mulige betydning for projektets virkninger på miljøet, sådan som de er vurderet i den foreliggende VVM-redegørelse

Udover ovennævnte betragtninger, som knytter sig til de overordnede klimaforandringer, indeholder VVM-redegørelsen en vurdering af projektets mulige umiddelbare virkninger på lokal-klimaet. Sidstnævnte virkninger er behandlet særskilt i kapitlerne 12 Miljøvurdering – Det marine område, 13 Miljøvurdering – Lolland og 14 Miljøvurdering – Fehmarn.

I dette kapitel redegøres for udledningen af drivhusgasser som følge af anlæg og drift af en sænketunnel. Derudover beskrives det, om de forventede klimaændringer giver anledning til at nuancere de virkninger, som projektet vurderes at have på miljøet.

Sidstnævnte betragtninger tager afsæt i en skitsering af de mulige miljøændringer, som centrale (IPCC-) scenarier for den globale udledning af drivhusgasser og klimaudvikling kan give anledning til. Scenarierne beskriver udviklinger, der er baseret på forskellige antagelser om de faktorer, der er styrende for udviklingen af de menneskelige samfund i løbet af de næste 100 år. De valgte centrale scenarier beskrives nedenfor.

A1 scenariet beskriver en fremtidig verden i hurtig økonomisk vækst med en global befolkning, som kulminerer midt i århundredet og derefter falder. Der er en løbende og hurtig introduktion af nye og mere effektive teknologier. De store underliggende temaer er en tilnærmelse mellem forskellige geografiske regioner, opbygning af teknologisk viden samt tiltagende kulturelt og socialt samspil. Der vil i A1 scenariet være en væsentlig nedgang i regionale forskelle i indkomst pr. indbygger. A1 er i virkeligheden tre grupper af scenarier, som beskriver forskellige teknologiske udviklinger i energisystemet:

- A1FI svarer til kraftig anvendelse af fossile brændsler (kul, olie og gas)
- A1T svarer til overgang til "vedvarende" energikilder, og
- A1B er en (formentlig mere realistisk) blanding af A1FI og A1T. A1B er et af de valgte centrale scenarier

A2 scenariet beskriver en verden med meget høj grad af selvforsyning og bevarelse af lokale særpræg. Fødselstallet falder kun langsomt, hvilket resulterer i en fortsat stigende befolkning. Den økonomiske udvikling sker primært regionalt, mens den økonomiske vækst pr. indbygger og den teknologiske udvikling er langsommere end i andre scenarier.

B2 scenariet beskriver en verden, hvor der lægges vægt på lokale bæredygtige løsninger på det økonomiske, sociale og miljømæssige område. Det er en verden, hvor befolkningstallet fortsat stiger globalt, om end langsommere end i A2 scenariet.

Disse scenarier er valgt, da de tilnærmelsesvis er i overensstemmelse med de modelleringer af klimænderinger, der er foretaget for Østersøområdet.

Usikkerheden i fremskrivninger af den globale udledning af drivhusgasser og af klimaet er stor. En af hovedårsagerne hertil er, at udviklingen af det menneskelige samfund er vanskelig at forudsige, jf. IPCC's scenarier. Hertil kommer usikkerhed i selve klimamodellerne.

## 19.1 ANBEFALINGER VEDRØRENDE PROJEKTETS KLIMASTRATEGI

Femern A/S har involveret en række klimaforskere til at fastlægge strategien for håndtering af klimænderinger i forhold til både projektets design og miljøhensyn. Klimaforskerne kommer fra Hadley Centeret i London, Max Planck Institutet i Hamborg, SMHI i Sverige, GKSS i Tyskland, Niels Bohr Institutet ved Københavns Universitet, Risø/DTU og DMI. Processen har bl.a. omfattet en af Femern A/S i 2009 gennemført workshop "Klimænderinger og Femern Bælt-forbindelsen". Dette har resulteret i, at der anvendes IPCC scenarierne A1B, A2 og B2 i forhold til håndteringen af klimaforandringer i forbindelse med Femern Bælt-forbindelsens levetid.

For perioden frem til 2050 er der ikke stor forskel på scenarierne, og for denne periode kan A1B scenariet lægges til grund for beslutninger om klimatilpasning. For beslutninger, der rækker frem til 2100, må flere scenariers forudsigelser tages i betragtning.

Dansk Meteorologisk Institut (DMI) har nedskaleret de tre scenarier, så de passer til danske forhold, og på den baggrund udarbejdet tallene i tabel 19.1. Tallene for A1B scenariet er beregnet med et andet modelsystem end tallene for de øvrige scenarier.

TABEL 19.1 Forudsatte klimænderinger frem til 2100

	A1B	A2	B2
Årsmiddeltemperatur	+ 2,9 (± 0,3°C)	+ 3,2 (± 0,3°C)	+ 2,5 (± 0,2°C)
Vintertemperatur	+ 3.5 (± 0,3°C)	+ 3.8 (± 0.3°C)	+ 3.0 (± 0,3°C)
Sommertemperatur	+ 2.2 (± 0.2°C)	+ 2.6 (± 0.2)	+ 2.0 (± 0.2°C)
Årsnedbør	+ 14 pct. (± 6 pct.)	+ 15 pct. (± 7 pct.)	+ 11 pct. (± 6 pct.)
Vinternedbør	+ 25 pct. (± 6 pct.)	+ 27 pct. (± 7 pct.)	+ 21 pct. (± 5 pct.)
Sommernedbør	+ 5 pct. (± 8pct.)	+ 5 pct. (± 9pct.)	+ 3 pct. (± 7pct.)
Maximum døggnedbør	(1)	+21 pct.	+20 pct.
<b>Vind</b>			
Middelvind over hav	+ 4 pct.	+ 4 pct.	+ 2 pct.
Maximum stormstyrke	+ 4 pct.	+10 pct.	+ 1 pct.
<b>Vandstand</b>			
Vandstandsstigninger	0.36 – 0.63	0.38 – 0.66	0.35 – 0.58

Kilde: Naturstyrelsen (2013) og vedr. vandstand, DHI (2008)

Note: (1) Der er ikke i den anvendte kilde udført beregning for maximum døggnedbør i dette scenarie

Lolland Kommune skal frem mod udgangen af 2013 have udarbejdet en klimatilpasningsplan. Planen skal indeholde en kortlægning af risikoen for oversvømmelser, skabe et overblik, samt prioritere indsatsen. Indsatser fra Femern A/S på klimatilpasningsområdet vil derfor blive koordineret med denne plan.

## 19.2 PROJEKTOPTIMERING

I designet af sænketunnelen er der taget højde for de potentielle klimaændringer.

For at sikre mod oversvømmelse af tunnelen i tilfælde af ekstreme højvandsituationer er portalområdet på Lolland beskyttet af diger rundt om portalens og rampens ydergrænse. Dige-kronen vil ligge i kote + 6,25 m. Den nuværende digekrone ligger i kote ca. + 4 m.

For at beskytte mod oversvømmelse i tunnelen er motorvejen inden nedkørsel til tunnelen anlagt på en dæmning frem for i terræn. Jernbanen beskyttes på en strækning nær tunnelen af diger, og i tilfælde af risiko for oversvømmelse vil der kunne installeres stormflodsbarrierer på tværs af jernbanen, så diget lukkes.

På Fehmarn anbringes tunnelportalen i en dalsænkning i landskabet bag den eksisterende kystlinje, og her består tunnelens sikring mod oversvømmelse af en lukket ring af diger, der omkranser portal- og rampeanlægget. Ligesom på Lolland gennemskærer jernbanen diget omkring portal- og rampeanlægget, og i tilfælde af ekstrem stormflod kan der installeres stormflodsbarrierer på tværs af jernbanen.

Både på Lolland og Fehmarn etableres der i anlægsfasen regnvandsbassiner til at tilbageholde afløbsvand og til at udjævne afstrømningen af regnvand fra sænketunnelen ved almindelige og ved kraftige regnskyl. Regnvandsbassiner udformes i henhold til danske og tyske retningslinjer, hvad angår størrelse, sandfang og eventuelt olieudskiller mv.

Til sikring mod stormflod på Lolland bevares det eksisterende dige vest for Rødbyhavn og på strækningen øst for Rødbyhavn og indtil portalområdet. I området for portalbygningen erstattes det eksisterende dige af det nye dige omkring portalområdet. I området, hvor tunnelementfabrikken skal ligge i kyst-kyst projektets anlægsfase, vil det eksisterende dige blive nedlagt midlertidigt.

I anlægsfasen vil det bagvedliggende Lolland være beskyttet mod stormflod ved hjælp af diger omkring tunnelfabrikken. Efter tunnelementfabrikkens nedtagning vil det oprindelige dige blive retableret. Når det nye landområde er etableret, vil dette endvidere fungere som kystsikring omkring Rødbyhavn.

## 19.3 DRIVHUSGASSER

Emissionerne af drivhusgasser under opførelse og drift af en sænketunnel er vurderet. Med drivhusgasser menes kuldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), lattergas (N<sub>2</sub>O), hydrofluorcarboner (HFC), perfluorcarboner (PFC) og svovlhexafluorid (SF<sub>6</sub>).

Dette afsnit beskriver de beregnede samlede emissioner af drivhusgasser fra anlæg og drift af Femern Bælt-forbindelsen. Inkluderet er de væsentligste kilder til drivhusgasemissioner under opførelse og drift. Det vurderes, at opgørelsen omfatter hovedparten af drivhusgasemissionerne og på en retvisende måde illustrerer størrelsen af bidragene fra de forskellige kilder og alternativer.

De beregnede drivhusgasemissioner fra Femern Bælt-forbindelsen sættes i forhold til emissionerne i et 0-alternativ og i forhold til Danmarks samlede emissioner.

### 19.3.1 Projektets udledning af drivhusgasser

Projektets belastninger med drivhusgasser skyldes emissioner fra forskellige aktiviteter i anlægs- og driftsfasen og kan opdeles i:

- Anlæg af den faste forbindelse, herunder selve forbindelsen, anlægsarbejder, midlertidige arbejdssteder og forbindelser til jernbane og vej
- Drift og vedligehold af forbindelsen ekskl. trafik
- Trafik

Emissionen af drivhusgasser fra anlæg stammer fra produktion og transport af byggematerialer, elforbrug, emissioner fra entreprenørmaskiner mv.

Emissionen af drivhusgasser fra driften (ekskl. trafik) stammer fra brug af elektricitet til lys, ventilation mv., emissioner fra brug af byggematerialer og entreprenørmaskiner til vedligeholdelse samt renoveringer.

Emissionen af drivhusgasser fra trafik relateres til de forventede ændringer i trafik, herunder drift af færger, ændrede prognoser for tog- og biltrafik som følge af etableringen af Femern Bælt-forbindelsen, vurderet i forhold til 0-alternativet.

### 19.3.2 Beregningsmetode

#### Produktion af byggematerialer

Drivhusgasemissionerne fra de vigtigste byggematerialer er blevet beregnet ud fra oplysninger om mængder og oprindelse af byggematerialer anslået af designgrupperne samt emissionsfaktorer for de primære byggematerialer.

Viden om indeholdte CO<sub>2</sub>-emissioner for byggematerialer er i de fleste tilfælde givet i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter og vil således omfatte emissioner af alle drivhusgasser.

Opførelsen af Femern Bælt-forbindelsen omfatter de vigtigste fysiske strukturer, anlægsaktiviteter, herunder midlertidige arbejdssteder på Lolland og Fehmarn samt forbindelser til vej og jernbane.

#### Transport af byggematerialer og affald

Drivhusgasemissionerne fra transport af byggematerialer er beregnet ud fra oplysninger om sandsynlig oprindelse af byggematerialer, den mulige destination for affald samt valg af transportform. Byggematerialer og affald kan enten transporteres med lastbil eller skib.

For den enkelte transportform er emissionsfaktorerne blevet identificeret ved hjælp af data fra TEMA 2010 (TEMA, 2010).

#### Emissioner fra entreprenørmateriel

Beregningerne af drivhusgasemissionerne fra entreprenørmateriel er baseret på eksisterende viden over brændstofforbruget til entreprenørmaskiner og på et skøn over hvilke maskiner, der vil blive anvendt. Valg af anvendelsestype, størrelser, antal osv. af entreprenørmaskiner vil i sidste ende blive foretaget af entreprenørerne, som skal opføre den Femern Bælt-forbindelsen.

Med hensyn til entreprenørmaskiner, emissioner fra trafik samt transport af byggematerialer er kun drivhuseffekten af CO<sub>2</sub>-emissioner medtaget. Effekten af de øvrige drivhusgasser metan (CH<sub>4</sub>) og lattergas (N<sub>2</sub>O) er ikke medtaget, fordi emissionen af andre drivhusgasser end CO<sub>2</sub> vurderes at være ubetydelig. Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE, tidligere DMU) vurderer, at 95 - 99 pct. af drivhuseffekten fra vejtransport stammer fra CO<sub>2</sub> (NERI, 2011).

Der, hvor brændstofforbruget ikke præcis kan udregnes, er der lavet overslag baseret på EMEP / EEA Emission Inventory Guidebook 2009 for ikke-vejgående mobile kilder og maskiner (EMEP / EEA, 2010). CO<sub>2</sub>-emission fra diesel er baseret på standardfaktorer fra Energistyrelsen (ENS, 2011a).

I tabel 19.2 er listet beregningen for emission af drivhusgas for konstruktion af en sænketunnel.

**TABEL 19.2 Opgørelse af estimerede emissioner af drivhusgasser i projektets anlægsfase**

Emissionskilder	CO <sub>2</sub> eq (t)	Fordeling (pct.)
Beton	829,468	42
Armeringsjern og stål	485.439	25
Andre materialer til hoved konstruktion	29.003	1
Materialer til vej, asfalt mv.	11.290	1
Materialer til jernbane	36.891	2
Transport af materialer	271.473	14
Maskiner	270.290	14
Energiforbrug	43.400	2
<b>Samlet</b>	<b>1.977.254</b>	<b>100</b>

**Emissioner fra trafikken**

Drivhusgasemissionerne fra vejtrafikken er beregnet på grundlag af trafikprognosen (FTC, 2003a) fremskrevet med en årlig vækst i alle trafikformer på 1,7 pct. pr. år. Emissionsfaktorerne for vejtrafik er baseret på antagelser for den danske bilparks sammensætning i 2025 - 2030, med udgangspunkt i statistikker og forudsigelser om alder, størrelse og salget af brændstof. Endvidere er der taget hensyn til yderligere genereret trafik på influensvejnettet i tabel 19.3 fremgår trafiktal uden vækstrate og med høj vækstrate.. Emissionstal er beregnet på trafiktal med høj vækstrate, som også vist i kapitel 3 Trafik og trafiksikkerhed.

**TABEL 19.3 Forventet biltrafik efter åbning af den faste forbindelse over Femern Bælt (uden vækstrate og med høj vækstrate)**

Antal pr. dag	2025	0-alternativ (2025)
Personbiler	9.700	6.700
Lastbiler	1.850	1.550
Busser	150	150
<b>Køretøjer i alt</b>	<b>11.700</b>	<b>8.400</b>

Note: FTC (2003)

Den vigtigste kilde til beregning af emissionsfaktorer er TEMA 2010 (TEMA, 2010) også for togene. Da værdierne gælder dagens teknologi, er værdierne fremskrevet til 2025 ved hjælp af en reduktionsfaktor, som tager forbedringer i brændstoffektivitet og drivhusgasemission fra el-produktion i betragtning. Det typiske tog er blevet defineret af Femern A/S. Alle tog antages at være elektrisk drevne.

Stigningen i trafikmængden over Femern Bælt vil have stor indflydelse på den mulige fremtidige færgekapacitet over Østersøen. Forudsigelser af emissioner fra færger i 2025 er foretaget af Danmarks Tekniske Universitet baseret på den nyeste viden om teknologi og kommende regulering (Kristensen, 2010).

## Elforbrug

Beregningerne af drivhusgasemissionerne fra elforbruget er baseret på skøn over elforbruget i anlægsfasen. Elforbrug til afsaltningsanlæg, ventilation, lys, pumper, kompressorer mv. er estimeret af designgrupperne.

Drivhusgasemissionsfaktoren for el er baseret på oplysninger om den gennemsnitlige danske elproduktion i perioden 2015 - 2020 fremskrevet af Energistyrelsen (ENS, 2011b). Det antages, at drivhusgasemissionsfaktoren for elektricitet er den samme i Danmark og Tyskland.

Emissionsfaktoren for CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. kWh elektricitet er estimeret til 325 g / kWh for anlægsfasen og 266 g / kWh for driftsfasen (2025).

For drivhusgasemission fra el-produktion er en CO<sub>2</sub>-ækvivalent faktor beregnet ved hjælp af værdier, der bruges af FN's klimapanel (DMU, 2007). Det er lagt til grund, at emission af 1 g metan (CH<sub>4</sub>) har samme drivhuseffekt som 21 g kuldioxid (CO<sub>2</sub>), og 1 g lattergas (N<sub>2</sub>O) svarer til 310 gram (CO<sub>2</sub>).

### 19.3.3 Projektets drivhusgasregnskab

Emissionerne af drivhusgasser er beregnet for tre scenarier:

- Femern Bælt-forbindelsen bliver ikke opført, og færgeoverfart mellem Rødby - Puttgarden fortsætter (0-alternativet)
- Færgedriften er indstillet, og sænketunnelen er eneste forbindelse mellem Rødby - Puttgarden
- Færgedriften fortsætter med det nuværende antal afgang, og færger og biltrafikken er fordelt ligeligt på henholdsvis færge og tunnel, mens togtrafikken udelukkende benytter tunnelen

De samlede drivhusgasemissioner for projektet sammenlignet med 0-alternativet i 2025 er vist i tabel 19.4

**TABEL 19.4 Samlede drivhusgasemissioner for projektet sammenlignet med 0-alternativet (2025)**

	Ved indstillet færgedrift	Ved 50/50 fordeling mellem tunnel og færge
Anlæg af tunnel	1.977.254 t	1.977.254 t
Drift af tunnel	5.900 t	5.900 t
CO <sub>2</sub> – reduktion pr. år i drift	-198.500 t	-43.100

Note: Rækken "CO<sub>2</sub> – reduktion pr. år i drift" angiver beregnet, årlig besparelse (CO<sub>2</sub>-ækvivalenter i 2025) ved ophør af færgedrift og forventet trafikoplægning. Forskellen imellem de to scenarier er således, at færgetrafikken indstilles i scenariet "ved indstillet færgedrift" og ikke i scenariet med 50/50 fordelingen. Sidstnævnte scenarie angiver en beregnet besparelse (CO<sub>2</sub>-ækvivalenter) ved fortsat færgedrift og med forventet trafikoplægning (50 pct. trafik anvender færge og 50 pct. trafik anvender Femern Bælt-forbindelsen, mens tog anvender Femern Bælt-forbindelsen).

Anlæg af en sænketunnel vil resultere i emissioner på ca. 2,0 mio. t CO<sub>2</sub>-ækvivalenter over hele anlægsfasen. Den årlige danske CO<sub>2</sub>-emission i 2008 var til sammenligning ca. 50. mio. t, og anlægsfasens årlige, gennemsnitlige CO<sub>2</sub>-udslip (ca. 0,3 mio. t CO<sub>2</sub>) vil svare til ca. 0,6 pct. af Danmarks årlige CO<sub>2</sub>-emission.

Det væsentligste bidrag til CO<sub>2</sub>-udslippet i anlægsfasen er CO<sub>2</sub> fra produktion af byggematerialer især beton og stål, dels på grund af de store mængder, der skal anvendes, dels på grund af, at produktion af cement og stål har et højt energiforbrug sammenlignet med andre kilder til udledning af CO<sub>2</sub> fra anlæg.



Under drift af sænketunnelen forventes en årlig CO<sub>2</sub>-emission fra elforbruget, vedligeholdelse og renoveringer på ca. 6.000 t. Over Femern Bælt-forbindelses levetid (120 år), forudsat det samme emissionsniveau og samme emissionsfaktorer, beløber dette sig til i alt 0,7 mio. t CO<sub>2</sub>.

Sammenlignes Femern Bælt-forbindelsen med fortsat færgedrift, vil der med etableringen af Femern Bælt-forbindelsen kunne forventes en reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningen på ca. 198.500 t årligt i 2025.

Sammenlignes Femern Bælt-forbindelsen med en situation med Femern Bælt-forbindelsen og en samtidig opretholdt færgedrift, hvor trafikken fordeler sig lige mellem de to transportalternativer, reduceres den årlige CO<sub>2</sub> besparelse til ca. 43.100 t.

## 19.4 KLIMAÆNDRINGERNES BETYDNING FOR PROJEKTETS VIRKNINGER PÅ MILJØET

Femern A/S har med sit forslag til miljøundersøgelsesprogrammet ønsket at inddrage mulige klimabetingede ændringer i miljøtilstanden i vurderingen af projektets virkninger på miljøet. Hovedspørgsmålet er, hvordan klimaændringer vil virke på vigtige miljøparametre og arter, og om disse virkninger vil ændre projektets sandsynlige væsentlige virkninger på miljøet.

Det beskrives, hvordan en forventet klimaudvikling jf. IPCC scenarie A2 og B2 vil påvirke miljøet i projektets primære influensområde, med særlig fokus på det marine område, og hvordan projektets virkninger kan påvirkes heraf. Derudover er inddraget relevante baggrundsrapporters konklusioner vedrørende de enkelte miljøkomponenter til belysning af, hvordan disse påvirkes af klimaændringer. Da de forventede klimaændringers virkning på en række af de betragtede miljøforhold, herunder især virkninger på det terrestriske landskab, materielle goder, kulturarv og befolkningsforhold i høj grad vil være betinget af mulige specifikke lokale foranstaltninger, er disse virkninger betydning for projektets virkninger kun omtalt i generelle betragtninger.

### 19.4.1 Hydrografi, vandkvalitet og plankton

#### Klimaændringer

Opvarmningstendensen i Østersøen har i det seneste århundrede ligget på omkring 0,08 °C pr. årti. Dette er højere end den globale opvarmningstendens på 0,05 °C pr. årti. Middelværdien af gennemsnitstemperaturen i Danmark har siden 1990 ligget på ca. 8,5 °C, hvorimod gennemsnitstemperaturen for normalperioden 1961 - 1990 er 7,7 °C. Dette indikerer en gennemsnitlig stigning på 0,8 °C i forhold til den seneste normalperiode. Denne opvarmning kan relateres til den globale opvarmning.

Baseret på modelleringer udført med Baltic Sea Basin Regional Climate model (RMC) er der identificeret en tendens til stigende temperaturer i Østersøbassinet. I den nordøstlige del af Østersøbassinet vil temperaturstigningen være størst om vinteren og om foråret, mens temperaturstigningen er størst om sommeren i den sydvestlige del af Østersøbassinet.

Derudover vil den daglige maksimumtemperatur om sommeren stige fra 3 - 10 °C. Modelleringer viser en øget nedbørsmængde om vinteren, mens simuleringerne for sommerperioden viser en højere nedbørsmængde i den nordlige del af Østersøen og en lavere nedbørsmængde i den sydlige del af Østersøen (FEHY 2013, FEHY 2013a).

Ekstreme nedbørsmængder er stigende i vinterhalvåret. Havis-sæsonen vil blive forkortet med 1 - 2 måneder i den nordlige del af Østersøen og 2 - 3 måneder i de centrale dele af Østersøen. Temperaturen i havoverfladen vil stige med 2 - 4 °C og stige mest i maj - juni, i de sydlige og centrale dele af bassinet. Globale havniveaustigninger på op til 1 m vil forplante sig ind i Østersøbassinet.

Den aggregerede effekt af klimaændringerne på bl.a. saltindholdet i Østersøen, herunder effekten af øget nedbør, øget fordampning, stigende havspejl og øget vandudveksling, kan ikke forudsiges med sikkerhed, men forventes inden for få årtier at være meget større end projektets vurderede virkninger.

### **Klimaændringernes betydning for projektets virkninger**

Virkningerne på hydrografi, vandkvalitet og plankton fra projektet under de nye klimaforhold vurderes at svare til de forventede virkninger under de nuværende klimaforhold.

Det skal dog nævnes, at enhver af disse klimamæssige ændringer kan føre til væsentligt større forandringer af forholdene i de centrale dele af Østersøen end projektet.

I en samlet betragtning vurderes projektets specifikke virkninger på hydrografien, vandkvaliteten og plankton ikke at ændre karakter eller omfang som en følge af de forventede klimaændringer og virkninger heraf på miljøet i Østersøen (FEHY 2013a).

## **19.4.2 Kystmorfologi, sedimenter og bundformer**

### **Klimaændringer**

De vigtigste parametre for kystmorfologien er de forekommende bølgeforhold og vandstanden. Ud fra den eksisterende viden kan det ikke konkluderes, hvordan mulige klimaændringer og deres indvirkning på vind- og bølgeklimate vil påvirke den morfologiske stabilitet af kysterne på Lolland og Fehmarn. Selv relativt små ændringer i bølgeretningerne kan ændre erosion og aflejring, hvad angår mønster og hastighed. Det gælder særligt for de lange stræk af ubeskyttede kystlinjer. Sedimenttransporten kan stige eller falde afhængigt af ændringer i bølgeretningerne (FEHY 2013b, FEHY 2013c).

Den forventede stigning af havspejlet på op til 1 m vil påvirke kystmorfologien. Generelt er kystlandskaberne på Lolland og Fehmarn lavtliggende, og en stigning af havspejlet på 1 m vil forringe beskyttelsen af det bagvedliggende landområde. De bagvedliggende landområder beskyttes på nuværende tidspunkt af diger og andre foranstaltninger på kysten (FEHY 2013b, FEHY 2013c). Den nuværende kystbeskyttelse vil ikke være tilstrækkelig til at beskytte digerne mod erosion.

På kysten vil mange af de mindre kystsikringsanlæg (kystbeskyttelse, høfder mv.) blive helt eller delvist oversvømmet. Anlæggene vil stadig i nogen grad yde beskyttelse af kysten og begrænse sedimenttransporten, da de stadig vil være til stede i kystprofilen. Klimaændringerne vil medføre, at der med tiden skal iværksættes yderligere tiltag til beskyttelse af kysterne og de bagvedliggende landområder på Lolland og Fehmarn mod oversvømmelse, uanset om der etableres en sænketunnel under Femern Bælt.

### **Klimaændringernes betydning for projektets virkninger**

Klimaændringerne vurderes at kunne ændre erosionshastigheden øst for det nye landområde i forbindelse med etablering af en sænketunnel. Klimaændringernes indflydelse på bølgehøjden og/eller bølgeretningen kan forårsage, at erosionen spreder sig hurtigere eller langsommere mod øst afhængigt af indflydelsen på sedimenttransporten (FEHY 2013b). Kysterrosion forårsaget af projektet kan for en situation med klimaændringer udgøre en større risiko for kystlinjen end evalueret med 0-alternativet, da havspejlsstigninger medfører smallere strande foran høfder og diger. Dette kan kompenseres ved forstærkning af sådanne kystbeskyttelsesstrukturer (FEHY 2013b).

Projektets virkning ved et stigende erosionspres på Oldenburgs Huk/Marienleuchte forventes ikke at blive væsentligt forandret som følge af klimaændringer. Det forventes ikke, at klimaforandringerne vil ændre projektets virkninger vest for Puttgarden.

Endvidere forventes det ikke, at klimaændringer vil medføre øgede påvirkninger af bundformerne i Femern Bælt (FEHY 2013c).

Samlet set vurderes sænketunnelens virkninger på kystmorfologien samt havbundens sedimenter og former ikke i væsentlig grad at ændre karakter eller omfang, som følge af de forventede klimaændringer.

### 19.4.3 Bentisk flora og fauna

#### Klimaændringer

De resulterende belastninger af klimaændringerne på floraen og faunaen i Femern Bælt har været evalueret gennem flere klimascenarier frem til 2080 - 2100. De kommende klimaændringer vil påvirke forskellige abiotiske parametre, men ikke alle påvirker den bentiske flora og fauna.

Den bentiske flora og fauna i Femern Bælt forventes at blive påvirket af stigende temperatur, øget nedbør og større vindhastighed, som følge af klimaændringerne. En øget temperatur kan fremme spredning og etablering af arter fra omkringliggende varmere marine områder som Middelhavet. Dette kan være en ulempe for hjemmehørende arter fra boreale tempererede regioner (FEMA 2013a, FEMA 2013b).

Såfremt den sæsonbetonede periode for vækst øges, grundet højere temperaturer, vil især opportunistiske arter være i stand til at sprede sig hurtigere, og dette sker i nogle tilfælde på bekostning af andre arter. Der er derfor en mulighed for, at forholdene i Femern Bælt på længere sigt vil ændres til fordel for arter, der trives under varmere temperaturer. Dette samt ændringer i sæsondynamikken hos de nuværende arter kan betyde en ændring i arts- og størrelsessammensætningen. Endvidere kan en forøget temperatur stimulere iltsvind, som kan have negative konsekvenser for den bentiske flora og fauna (FEMA 2013a, FEMA 2013b).

Øget nedbør vil medføre en større afstrømning fra land med et deraf følgende fald i saltholdigheden i overfladevandet. En stor del af de marine arter i Østersøen har en fordelingsgrænse langs saltholdigheden mod de indre, mindre saltholdige områder. Et fald i saliniteten vil derfor medføre ændringer i arternes fordeling og samfundsstruktur og kan desuden ændre på eutrofieringsgrundlaget for nogle arter. Desuden kan den øgede nedbør føre til en øget tilførsel af næringsstoffer og øget springlagsstyrke, som isoleret set kan stimulere iltsvind.

En øget vindhastighed kan ændre zoneringsen ved at øge iltningen i og opblanding i vandsøjlen, hvorved strukturen af bundfaunaen kan ændres (FEMA 2013a). Ydermere kan en øget vindintensitet og skift mod mere vestlige vinde øge kysterrosionen og sedimentprocesserne, hvorved områder med ustabil sediment øges. De opportunistisk filamentøse makroalger (trådalger) kan derved på sigt erstatte de flerårige makroalgesamfund, der er typiske for den øvre littorale zone f.eks. blæretang. Den øvre dybdefordeling af blød bunds-samfund med ålegræs kan derved forskydes til dybere vand med mere stabilt sediment (FEMA 2013b).

#### Klimaændringernes betydning for projektets virkninger

De resulterende påvirkninger fra en sænketunnel på det hydrografiske regime samt havbundens morfologi og kystmorfologi er blevet vurderet i et samspil med de ændringer i Femern Bælt-området, som kunne ske som følge af klimaforandring (FEMA 2013a, 2013b). Det vurderes, at Femern Bælt-forbindelsen ikke vil forstærke virkningerne af klimaforandring, hvorved virkningerne på den bentiske flora og fauna også vurderes at være ubetydelig. Ydermere vurderes det, at re-kolonisering af faunaen i områder, hvor faunaen tabes eller reduceres på grund af arealinddragelse eller sedimentation højst sandsynligt vil ske, før de forventede klimaforandringer fører til væsentlige ændringer i havmiljøet (FEMA 2013a).

### 19.4.4 Vandfugle

#### Klimaændringer

De globale klimaforandringer forventes at ændre den geografiske udbredelse af arter, idet arterne følger det klima, som de er tilpasset. Nye modelleringer forudsiger således, at yngleområder for mange europæiske fuglearter sandsynligvis vil flytte sig flere hundrede kilometer, hovedsageligt i nordøstlig retning (FEBI 2013a).

I Danmark forventes klimaforandringerne at medføre en ændring i de ynglende fuglearter på op til 20 pct. i løbet af de næste 50 år. Det skal bemærkes, at observationer af forandringerne i de senere år generelt er i overensstemmelse med modelforudsigelserne (FEBI 2013a).

For såvel ikke-ynglende fugle som ynglefugle gælder det, at udbredelsen påvirkes af både klimaet, fødetilgængelig samt andre forstyrrelser. Det forventes derfor, at klimaforandringer vil medføre, at vandfugle, der er tilpasset koldt vejr, flytter deres rastepladser og følger deres klimatilpassede nicher længere nord på. Disse forandringer forventes at føre til væsentlige virkninger på Femern Bælt-regionens evne til at understøtte den nuværende population og udbredelse af vandfugle (FEBI 2013a). Disse ændringer vil ske uafhængigt af en fremtidig Femern Bælt-forbindelse.

De potentielle virkninger forårsaget af klimaændringer på udbredelsen af ikke-ynglende vandfugle i Femern Bælt, er undersøgt ved brug af udbredelsesmodeller (SDM – Species Distribution Models). SDM-modellerne har været genstand for grundig evaluering i lyset af den seneste videnskabelige litteratur. Modellerne er statistiske modeller, der relaterer feltobservationer til miljømæssige indikatorvariabler med henblik på at beskrive den samlede fordeling af en art på baggrund af data for klima og miljø (FEBI 2013a).

Det overordnede formål med modellen har været, at:

- Identificere væsentlige klimatiske og miljømæssige variabler i forhold til udbredelsen af ikke-ynglende vandfugle
- Modellere den potentielle virkning af forandringer i klimaet og miljøet på den fremtidige udbredelse af vandfugle
- Identificerede arter som er særligt følsomme over for klimatiske og miljømæssige ændringer

SDM-modellen blev anvendt ved brug af MaxEnt algoritme for maksimal entropi-modellering af arternes geografiske fordeling. Den nuværende potentielle artsspecifikke udbredelse bliver estimeret ved brug af data på tilstedeværende arter samt miljødata og topografiske/ geografiske data (FEBI 2013a). Den fremtidige udbredelse af arter estimeres herefter ved brug af miljødata fra fremtidige klimascenarier. For at modellere ændringer i fordelingen af fugle kræves der data, der dækker hele Nordsøen og Østersøen. Derfor har det været nødvendigt at anvende ældre fugledata fra perioden 1987 - 2000, da de er de nyeste, der dækker hele model-området.

Modelberegningerne blev gennemført på 18 vandfuglearter (sort-strubet lom/-rød-strubet lom, toppet lappedykker, gråstrubet lappedykker, nordisk lappedykker, skarv, edderfugl, havlit, sort-and, fløjsand, toppet skallesluger, dværgmåge, stormmåge, tejst, lomvie, ride, sølvmåge, svart-bag, alk), hvor data var tilgængelig for hele regionen (Østersøen og Norsøen) (FEBI 2013a).

Arternes forekomst varierer betydeligt på tværs af undersøgelsesområdet. Denne variation blev inddraget i modelberegningerne ved at indarbejde en følsomhedsanalyse med data for seks forskellige artsforekomster. I beregningerne blev de fem variable (havets overfladetemperatur, havis, nedbør, vindhastighed, lufttryk, bathymetri), der stilles til rådighed af IPCC (2007), anset for de mest relevante for vandfugle.

I de to klimascenarier, som er valgt for fugle (A1B/B1), vil de bedste betingelser for overvintrende vandfugle skifte i nordøstlig retning. En stor ændring ses allerede i 2020'erne, og yderligere ændringer vil ske frem til 2080'erne. Dette medfører en forventning om, at miljøets egnethed for vandfugle allerede ændrer sig i årene 2025 - 2030.

Det overordnede mønster viser en generel faldende egnethed i Nordsøen og den sydlige del af Østersøen samt en stigende egnethed i den nordlige del af Østersøen og videre mod nordøst til trods for en vis variation. Det største skift må forventes at ske inden for de næste fire årtier (FEBI 2013a). Det skal dog pointeres, at for de fleste arter af vandfugle er den beregnede egnethed i Femern Bælt behæftet med stor statistisk usikkerhed. På trods af denne usikkerhed er den negative tendens i vandfuglenes forekomst i Femern Bælt dog entydig.

Et lignende scenario blev estimeret for klimascenarie B1. For Femern Bælt-regionen viser resultaterne et generelt fald i områdets egnethed for vandfugle. Generelt viser resultaterne et klart fald i egnethed på tværs af alle arter, klimascenarier og tidsperioder. Den eneste undtagelse er havfuglen ride (*Rissa tridactyla*), hvor resultaterne viser ingen eller en mindre stigning i miljøets egnethed for arten. Det medfører, at denne art, som den eneste, kan stige i antal i henhold til modelresultaterne (FEBI 2013a).

### **Klimaændringernes betydning for projektets virkninger**

Virkningerne fra en sænketunnel under de nye klimaforhold vurderes at svare til den forventede effekt under de nuværende klimaforhold, da der alene optræder midlertidige virkninger i anlægsfasen og ikke vil være nogen negative virkninger fra projektet i driftsfasen for fugle.

## **19.4.5 Fisk og Fiskeri**

### **Klimaændringer**

Femern Bælt spiller en rolle i vandudvekslingen i Østersøen. Ydermere er Femern Bælt en vigtig passage for migrerende torsk, sild og blankål, samt gydeområde for en række fiskearter, herunder torsk og fladfisk. Marine fiskearter påvirkes af naturlige hydrologiske variationer og tærskelværdier. De mest følsomme livsstadier er æg- og larvestadier. Den overordnede belastning, der skal tages i betragtning, er derfor dødelighed af æg og larver samt fald i rekruttering. Havvandets densitet er primært bestemt af saltholdigheden og temperaturen, hvilket påvirker opdriften af æg. Et fald i den omgivende densitet kan således være afgørende for æggets overlevelse, idet æggene kan synke til bunds eller til det nederste vandlag, hvor iltkoncentrationerne kan være kritiske (FeBEC 2013a).

Udover tætheden af æg, saltgradienten, sammensætning og varighed af eksponering samt gydetid kan lokale strømme/upwelling også midlertidigt udskyde eller øge nedsynkningen. Ydermere påvirker vandtemperaturen også densiteten af vand og derved opdriften af æg, men dog mindre end saltindholdet.

I det følgende vurderes kun omfanget af virkningen på torsk, brisling og sild. Dette gøres ud fra den betragtning, at disse arter er dem med størst kommerciel betydning. Desuden er den interne bestandsdynamik mellem disse tre arter tæt forbundet og derfor vil effekten af klimaforandringer på en art uvægerligt have indflydelse på de andre arter. Sild og torsk er desuden særlig følsomme over for visse klimaændringer. For en mere udførlig beskrivelse af de mange fiskearter i Femern Bælt henvises til FeBEC 2013c og FeBEC 2013d.

### **Torsk**

Klimaændringer, der påvirker miljømæssige forhold, kan påvirke torskebestande direkte f.eks. deres vækst og distribution samt indirekte ved f.eks. ændringer i fødetilgang og forekomsten af rovdyr. Temperaturændringer har vist sig at påvirke fordelingen af en population, gydetiden og gydepladser samt foretrukne levesteder og adfærd.

Torskebestande, der lever på den øvre grænse for deres termiske toleranceområde, vil derfor sandsynligvis gennemgå en tilbagegang i vækst og bestandsreproduktion i tilfælde af temperaturstigninger (FeBEC 2013a).

Indirekte virkninger af klimaændringer forventes at være ændringer i den trofiske struktur (fødetrin) og er blevet rapporteret som temperaturafhængige ændringer af fødemængden i larvestadiet eller ændret prædation.

Den områdemæssige fordeling samt gydepladser hos den voksne bestand forekommer stort set fast i Østersøen, idet gydningen er begrænset til de dybe bassiner. Den individuelle vækst kan være hæmmet grundet fald i de omgivende ilt niveauer. Hvis fødemængden vokser på grund af indirekte klimapåvirkninger, kan mængden og kvaliteten af de producerede æg øges (FeBEC 2013a).

Sammenfattende er de klimatiske forhold i de seneste 10 år samt forventede klimaforandringer overvejende anset for værende ugunstige for østersøtorskens rekruttering, styrke og produktivitet.

### **Brisling**

Brislingen i Østersøen forekommer på den nordlige grænse af den geografiske fordeling og er derfor særligt sårbar over for lave temperaturer. Brisling er tilpasset marine miljøer, hvorved lavere saltholdighed kan være kritisk. Ydermere er passiv transport af de tidlige livsstadier væsentlig.

Klimaændringer påvirker således æggenes overlevelse gennem 1) direkte påvirkninger af dødeligheden og 2) gennem ændringer i ægudviklingstiden eller opdriften. De direkte påvirkninger på ægdødelighed på grund af saltindhold er i øjeblikket vanskeligt at vurdere.

Den omgivende temperatur har stor indflydelse på varigheden af de enkelte ægstadier hos brisling, og stigende temperaturer resulterer således i en hurtigere ægudvikling. Ud over denne indirekte indflydelse på dødeligheden viser laboratorieundersøgelser en markant direkte indvirkning af temperatur på ægdødeligheden, hvor dødeligheden reduceres ved højere temperaturer.

De forventede virkninger af klimaændringer på forholdene for brisling forventes hovedsageligt at have positive virkninger på bestanden og den fremtidige mulige udnyttelse af brisling i Østersøen (FeBEC 2013a).

### **Sild**

Sildebestandene på den nordlige halvkugle påvirkes af klimapåvirkninger, herunder bestandenes distributions- og migrationsmønstre. Mange undersøgelser omhandler de positive og negative vækstændringer hos voksne sild som en direkte (temperatur) eller indirekte (fødemængde) reaktion på de klimatiske ændringer. Endvidere er rekrutteringssucces og hyppigheden af udeblivende gydning blevet identificeret til at afhænge af temperaturens variabilitet.

Den samlede virkning af de forventede klimaændringer på Østersøens sildebestande er vanskelig at vurdere. Bestandene vil sandsynligvis reagere forskelligt, hvorved visse populationer vil stige (forekomst og fiskeripotential), mens andre populationer vil falde. Dertil kommer, at bestanden af sild i Østersøen er tæt knyttet til bestandsdynamikken af torsk og brisling (FeBEC 2013a).

### **Klimaændringernes betydning for projektets virkninger**

Femern Bælt-forbindelsen vil påvirke fiskesamfund som følge af de specifikke aktiviteter under anlæg af de fysiske strukturer. De forskellige belastningsniveauer vurderes i forhold til følsomheden hos arter eller samfund, og virkningerne er generelt set små.

Virkningerne fra projektet under de nye klimaforhold vurderes at svare til den forventede effekt under de nuværende klimaforhold (FeBEC 2013a, FeBEC 2013b).

## **19.4.6 Havpattedyr**

### **Klimaændringer**

Klimaforandringer kan have indflydelse på den fremtidige bestand af marine pattedyr. De fremtidige klimaændringer er for marine pattedyr vurderet indtil 2100. Den givne vurdering fokuserer på, hvordan klimaændringerne påvirker arter og deres levesteder. (FEMM 2013).

### **Marsvin**

Marsvin påvirkes af ændringer i temperatur, herunder isdække. En øget temperatur i Femern Bælt vil formentlig ændre den regionale og lokale fordeling af fisk og derved fødetilgængelighed. Marsvin er dog en opportunistisk art, hvorved virkningen af ændringer i fødesammensætningen i Femern Bælt-regionen kan være begrænset.

Aktuelle telemetridata indikerer, at marsvin dækker store afstande i Østersøen. Med en sammenligning af de seneste vintre i Femern Bælt vil et reduceret isdække i Østersøen i 2100 ikke udgøre en begrænsning i marsvinenes bevægelser over store afstande eller deres mulighed for at nå vigtige fødeområder. Det vurderes derfor, at klimaændringer i Femern Bælt-området er af mindre betydning for marsvin (FEMM 2013).

### **Sæler**

For både spættede sæler og gråsæler viser analyser af de forventede ændringer i de relevante miljøfaktorer, at der stadig er utilstrækkelige kvalitative oplysninger indtil 2100. Det er derfor i

øjeblikket vanskeligt at vurdere de fremtidige tendenser i status for den spættede sæl og gråsælen i Femern Bælt.

Den nuværende viden fører til den konklusion, at de ændrede vandtemperaturer medfører en ændret fødesammensætning og -tilgængelighed for begge arter. Begge sælarter er dog kendt for at være opportunistiske arter, hvorved det antages, at ændringen i fødesammensætningen ikke svækker sælerne (FEMM 2013).

#### **Klimaændringernes betydning for projektets virkninger**

En sænketunnel vil ikke ændre klimapåvirkningerne af de marine pattedyr i Femern Bælt (FEMM 2013).

### **19.4.7 Migrerende flagermus**

#### **Klimaændringer**

Diversiteten af små pattedyr forventes at øges i Danmark generelt. For flagermus forventes det, at diversiteten i Skandinavien og Nordeuropa vil øges og vil komme til at omfatte op til 24 arter. Dog vil en art som damflagermus muligvis uddø, og arter som brunflagermus og skimmel-flagermus forventes at få en mindsket udbredelse. (Rebelo et al. 2010).

#### **Klimaændringernes betydning for projektets virkninger**

Projektets belastninger på migrerende flagermus er blevet vurderet for anlægs- og driftsfasen. Da de migrerende flagermus vurderes at migrere bredt over Femern Bælt, og tunnelen ikke udgør en barriere for flagermusenes migrationer over Femern Bælt, vurderes projektet ikke at have en væsentlig virkning på de forekommende migrerende flagermus (FEBI 2013b).

Klimaændringer vurderes ikke at ændre projektets ubetydelige og ikke-væsentlige virkninger på flagermusmigrationen over Femern Bælt.

### **19.4.8 Miljøforhold i rampeområdet på Lolland**

I nærværende kapitel beskrives de forventede klimaændringers potentielle miljøvirkninger på Lolland, og i hvilket omfang disse virkninger ændrer de vurderinger, der er foretaget af projektets virkninger på miljøet i projektets driftsfase.

De forventede klimaændringer i Østersøregionen er skitseret i afsnit 19.1 og omfatter ændringer af temperatur, vind og nedbør, hvortil der kommer en forventet stigning af havspejlet. De lokal-klimatiske forhold vil være påvirket heraf, og det vurderes, at temperaturstigningen og de øgede nedbørsmængder primært vil forekomme i vinterhalvåret, at nedbørsintensiteten generelt vil tiltage, og at den gennemsnitlige vindhastighed og frekvensen af stærk vind vil øges (COWI 2013a).

#### **Befolkning/friluftsliv, materielle goder og kulturarv**

##### ***Klimaændringer***

De nævnte ændringer i lokalklimaet og en højere vandstand på kysten vurderes ikke i sig selv at forringe forholdene for miljøfaktorerne befolkning/friluftsliv, materielle goder og kulturarv, idet det antages, at der i lyset af de konkrete klimaændringer i projektets driftsfase vil ske en sikring og udvikling af kulturlandskabet, således at f.eks. kystsikring og afvandingsforanstaltninger vil varetage de interesser, der knytter sig til de omtalte miljøfaktorer (COWI 2013a).

##### ***Klimaændringernes betydning for projektets virkninger***

Projektet vurderes kun at have begrænsede virkninger på de nævnte miljøfaktorer i projektets driftsfase, og det vurderes, at projektets virkninger ikke væsentligt ændrer karakter eller omfang forårsaget af de klimaændringer, som måtte finde sted i projektets driftsfase (COWI 2013a).

## Landskab og jordbund

### ***Klimaændringer***

Øget vandstand og et ændret vindklima vil ændre påvirkningen af det nuværende kystlandskab. Store dele af kysten, herunder diget, er et udpræget kulturlandskab med sigte på at sikre samfundsmæssige interesser, og det antages, at de samfundsmæssige interesser i udgangspunktet vil kræve, at kystlandskaberne grundlæggende ved forstærkning og udbygning af de nuværende foranstaltninger bevares i deres udformning og funktion.

Også jordbundsforholdene i området afspejler omfattende kulturtekniske foranstaltninger, som danner grundlaget for den eksisterende arealanvendelse, herunder den landbrugsmæssige drift. I lyset af de konkrete klimaforandringer, der måtte forekomme i projektets driftsfase, og det stigende havspejl, antages en opretholdelse af sådanne kulturtekniske foranstaltninger, at jordbundsforholdene ikke grundlæggende ændres (COWI 2013a).

### ***Klimaændringernes betydning for projektets virkninger***

Projektet har en række specifikke virkninger på landskabet og jordbunden, hvilke primært knytter sig til tabet af de arealer, der bruges til projektet og til de synlige projektstrukturers virkning på landskabsbilledet. Projektets virkninger vurderes ikke væsentligt at ændre karakter eller omfang forårsaget af de klimaændringer, som måtte finde sted i projektets driftsfase (COWI 2013a).

## Grundvand og overfladevand

### ***Klimaændringer***

Øget nedbør, hyppigere voldsomme nedbørshændelser, men også perioder med tørke og en generel temperaturstigning vil have en betydning for grundvandet og overfladevandet i vandløb, vandhuller og søer.

Grundvandsspejlet vil generelt variere mere og grundvandets temperatur, der ca. afspejler luftens års-middeltemperatur, vil stige. Grundvandsførende lag i det kystnære område, især i de dele af projektområdet, der er tidligere fjord, og som allerede i dag ligger under kote 0, er i kontakt med Femern Bælt og vil blive påvirket af en havspejlstigning.

Vandføringen og vandløbets regime vil ændre sig. Perioder med større afstrømning vil forekomme, og vandføringen gennem vandløbene vil variere betydeligt.

Vandhuller og søer vil opleve en større variation i tilstrømningen af vand og i deres vandspejl, ligesom den maksimale og gennemsnitlige vandtemperatur vurderes at ville stige (COWI 2013a).

### ***Klimaændringernes betydning for projektets virkninger***

På nuværende tidspunkt foretages en omfattende afvanding af området. Det forventes, at dræningen opretholdes efter etablering af Femern Bælt-forbindelsen. I projektområdet er der overvejende tale om vandløb i form af drækanaler, kontrolleret ved en række pumpestationer, og det forventes derfor, at der vil ske en nødvendig sikring af de fysiske dimensioner for vandløbene, og at pumpestationen også fremover i et ændret klima har en tilstrækkelig kapacitet til at sikre den ønskede afvanding, især i de lavtliggende kystnære områder.

Projektet vil kun i begrænset omfang påvirke afledningen af vand i vandløbene. I forbindelse med projektet vil enkelte vandløb blive omlagt, og pumpestationen vil blive fornyet. Projektets påvirkninger af vandløbene er små, og i driftsfasen vurderes det kun at have små virkninger på vandløbene også under de forventede ændrede klimaforhold. Dette vurderes også at være gældende for projektets virkninger på grundvandet (COWI 2013a).

En række vandhuller og en sø påvirkes af projektet og går tabt. Som en del af de projekterede afværgeforanstaltninger erstattes de tabte vandområder med ny natur, således at der så vidt muligt etableres nye tilsvarende vandområder. Set i dette perspektiv vurderes projektets virkninger ikke at ændre sig væsentligt som følge af de klimaændringer, der måtte finde sted i projektets driftsfase (COWI 2013a).



## Dyr og planter

### **Klimaændringer**

Der er endnu kun sporadisk viden om den præcise virkning, som klimaforandringerne vil få for dyr og planter, samt om hvor kraftige disse vil blive. Det kan desuden være svært at pege på klimaforandringernes præcise virkninger, da interaktionen med en række øvrige naturmæssige og kulturmæssige faktorer, der påvirker naturen, herunder kulturgeografiske faktorer som landbrug, infrastruktur og byudvikling, er kompleks og vanskelig at fremskrive.

De forventede klimaændringer kan medføre, at arter, som i dag lever syd for Danmark, vil sprede sig nordover, ligesom arter, der i Danmark lever ved deres sydlige udbredelsesgrænse, kan forsvinde. De arter, der kommer sydfra, vil hovedsageligt være arter med stort spredningspotentiale. Derfor kan man forestille sig, at der vil komme flere generalister til, mens specialister i højere grad vil forsvinde, hvis de ikke kan flytte sig til nye områder, der bliver egnede for dem.

En modellering på plantearter under de forventede klimaændringer har vist, at især det sydøstlige Danmark (herunder Lolland-Falster, hvor den samlede effekt vurderes at være størst) vil blive tydeligt påvirket af klimaforandringer. Det vurderes for Danmark generelt, at 4 pct. af de karakteristiske arter (i henhold til habitatdirektivet) forudsiges at forsvinde på længere sigt, og at 2/3 af arterne må forventes at gå tilbage i større eller mindre omfang.

De forventede klimaændringer vurderes at øge diversiteten af mindre pattedyr i Danmark generelt, ligesom en række flagermus kan sprede sig nordover. Ligeledes kan der ske indvandring af flere krybdyr- og paddearter, og der kan ske ændringer af fiskefaunaen. Mange af de arter, der vil kunne trives i fremtidens danske klima, vil dog have svært ved at indvandre til Lolland. Dette gælder både pattedyr (bortset fra flagermus), krybdyr, padder og ferskvandsfisk (COWI 2013a).

Grupper af dyr og planter med en god spredningsevne, som fugle, insekter og planter med vindspredte eller fuglespredte frø, vil meget hurtigere kunne ændre deres udbredelse under ændrede klimaforhold.

### **Klimaændringernes betydning for projektets virkninger**

På følgende områder kan der tales om et specifikt og relevant interaktion i undersøgelsesområdet mellem projektvirkninger og virkninger som følge af klimaændringer:

- At diget bygges højere for at sikre mod oversvømmelser, hvorved værdifulde dyr og planter, der findes på diget i dag, påvirkes
- At nogle af de arter, der i dag kun forekommer på jernbaneterrænet i Rødbyhavn,
- i fremtiden kan spredes til yderligere lokaliteter, i takt med at disse bliver egnede for de sydfra kommende arter
- At kulturlandskabets naturindhold ændres, da landbrugsarealer tages ud af drift, fordi de ikke længere er rentable at drive, bl.a. som følge af kraftigere nedbørshændelser
- At faunapassager ved vandløb og ådale dimensioneres, og banketter sikres, så der vil være tørre passagemuligheder trods øget og mere intensiv nedbør, højere vandstand, og øget vandløbserosion end i dag. En ændret artsdiversitet forventes ikke at ændre kravene til faunapassager (COWI 2013a)

## 19.5 REFERENCER

COWI (2013a), Det danske tilslutnings- og rampeanlæg for en fast Femern Bælt forbindelse, Miljøkortlægning, Femern A/S

COWI (2013b), EIA FEHMARNBELT FIXED LINK, REPORT ON GHG EMISSION INVENTORY.

EMEP/EEA (2010), EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2009, updated June 2010; Non-road mobile sources and machinery

- ENS (2011)a: Energistyrelsens standardfaktorer for brændværdier og CO<sub>2</sub>-emissioner, 2010. [http://www.ens.dk/da-DK/KlimaOgCO2/CO2Kvoter/produktionsenheder/co2\\_rapportering/Sider/Forside.aspx](http://www.ens.dk/da-DK/KlimaOgCO2/CO2Kvoter/produktionsenheder/co2_rapportering/Sider/Forside.aspx)
- ENS (2011)b: Energistyrelsen, Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, April 2011
- DHI (2008), Vandstandsstatistik i Køge Bugt under klimæændringer. Greve Kommune, Teknisk Notat, Oktober 2008.
- FeBEC (2013a), Environmental Impact Statement - Fish Ecology Vol. I, Femern A/S
- FeBEC (2013b), Environmental Impact Statement - Fisheries Vol. II, Femern A/S
- FEBI (2013a), Waterbirds of the Fehmernbelt Area – Impact Assessment, Femern A/S
- FEHY (2013), Baltic Sea Hydrography – Baseline Investigations, Water Quality and Plankton, Volume I, Femern A/S
- FEHY (2013a), Hydrography of the Fehmarn Area – Impact Assessment, Volume II, Femern A/S
- FEHY (2013b), Marine Soil Impact Assessment – Coastal Morphology along Fehmern and Lolland, Femern A/S
- FEHY (2013c), Marine Soil Impact Assessment – Sea Bed Morphology of the Fehmarnbelt Area, Volume 1, Femern A/S
- FEMA (2013a) Fehmarnbelt Fixed Link, Marine Biology Services - Marine Fauna and Flora – Impact Assessment, Benthic Fauna of the Fehmarnbelt Area, Volume II, Femern A/S
- FEMA (2013b) Fehmarnbelt Fixed Link, Marine Biology Services - Marine Fauna and Flora – Impact Assessment, Benthic Flora of the Fehmarnbelt Area, Volume I, Femern A/S
- FEMA (2013c) Fehmarnbelt Fixed Link, Marine Biology Services - Marine Fauna and Flora – Baseline, Benthic Fauna of the Fehmarnbelt Area, Volume II, Femern A/S
- FEMA (2013d) Fehmarnbelt Fixed Link, Marine Biology Services - Marine Fauna and Flora – Baseline, Benthic Flora of the Fehmarnbelt Area, Volume I, Femern A/S
- FEMA-FEHY (2013) Fehmarnbelt Fixed Link EIA Marine Water and Fauna and Flora -Impact Assessment, Water Quality and Plankton of the Fehmarnbelt Area, Volume III, Femern A/S
- FEFEMM (2013), Fehmarnbelt Marine Mammal Studies – Impact Assessment, Femern A/S
- FTC (2003): Fehmarnbelt Traffic Consortium: Fehmarn Belt Forecast 2002, Final report, April 2003, Femern A/S
- Kristensen, H.O.H (2010): Hans Otto Holmegaard Kristensen, Consulting Naval Architect and senior researcher: Emissions for the ferry routes: 1) Rødby - Puttgarden, 2) Gedser - Rostock and 3) Trelleborg - Rostock, Version 2010.12.12 including Excel files.
- NERI (2011), NERI Technical Report No. 827, Denmark's National Inventory Report 2011; Emission Inventories 1990-2009 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol
- NST (2013). Taskforce for Klimatilpasning: <http://www.klimatilpasning.dk/viden-om/klima/klimaaendringeridanmark.aspx>
- Rebelo, H., Tarroso, P. & Jones, G. (2010). Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. *Global Change Biology*, Volume 16, Issue 2, pages 561–576, February 2010.
- TEMA (2010), The Danish Ministry of Transport, A model to calculate emissions from transport based on transport method, route and distance. <http://www.trm.dk/da/publikationer/2010/tema+2010/>