



9

METODE TIL VURDERINGEN AF VIRKNINGER PÅ MILJØET

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

Femern
Sund ≈ Bælt

INDHOLD

9	METODE TIL VURDERING AF VIRKNINGER PÅ MILJØET	232
9.1	Definition af begreber	233
9.2	Principper for miljøkonsekvensvurderingerne	234
9.2.1	Miljøfaktorernes betydning	235
9.2.2	Miljøfaktorernes sårbarhed	235
9.2.3	Belastninger som følge af den faste forbindelse	236
9.2.4	Virkninger af belastningerne	236
9.2.5	Vurderingszoner og varighed	239
9.3	Analyser og analyseværktøjer	240
9.4	Anvendelse af konsekvensanalysemetoden	245
9.5	Natura 2000-konsekvensvurdering	246

9 METODE TIL VURDERING AF VIRKNINGER PÅ MILJØET

Miljøundersøgelserne og de senere miljøvurderinger omfatter alle miljøforhold angivet i EU's direktiv om Environmental Impact Assessment (EIA) og i den danske bekendtgørelse om Vurderinger af Virkninger på Miljøet (VVM): Mennesker, fauna og flora, jord, vand, luft, klimatiske forhold, landskabet, samspillet mellem disse samt materielle goder og kulturarv. I den danske vejledning vedrørende VVM (Miljøministeriet 2009) fremhæves desuden miljøforholdene vedrørende transport samt socioøkonomiske forhold.

Miljøundersøgelserne og vurderingerne er opdelt i tre hovedområder, der hver repræsenterer et eller flere økologiske systemer 1) i det marine miljø, 2) på Lolland og 3) på Fehmarn. Miljøfaktorer, der går på tværs af hovedområderne, er behandlet under Lolland og Fehmarn (luft, støj, klima, socioøkonomi (det sidste kun for Lolland, da der ikke i Tyskland er krav om vurdering af socioøkonomi)). De marine vurderinger er sket for vand: Hydrografi og vandkvalitet, jord: Havbundens og kystlinjens morfologi, fauna og flora: Planton og bundflora og -fauna, fisk og fiskeri, vandfugle og trækfugle samt marine pattedyr.

For at opnå en transparent vurdering af de sandsynlige virkninger af den faste forbindelse på de marine og terrestriske miljøer er der udviklet og anvendt en specifik metode til vurdering af virkninger på miljøet. Metoden er udarbejdet således, at der i vurderingen af de enkelte miljøfaktorer og de mange forskelligartede problemstillinger, der gør sig gældende på land og i et dynamisk marint område, er mulighed for konkret at tage hensyn til karakteren af de enkelte miljøfaktorer.

Metoden giver den overordnede ramme for miljøkonsekvensvurderingerne. Den tilgodeser både danske og tyske krav og praksis med hensyn til miljøkonsekvensvurderinger og omfatter overordnet set tre trin:

- Analyse af data
- Graduering af virkningerne
- Sammenfattende ekspertvurdering

Dataanalyserne er gennemført med forskellige metoder afhængigt af miljøfaktoren, ekspertviden og tilgængelige metoder. Alle forudsatte belastninger er vurderet. Belastningerne kan enten skyldes en projektaktivitet (en direkte påvirkning, f.eks. virkningen af spildt sediment på lysforholdene) eller skyldes, at projektet har påvirket faktorer, som har betydning for en given miljøfaktor (en indirekte påvirkning, f.eks. ændrede lysforholds påvirkning af ålegræssets vækst eller ændret ålegræsbiomasses påvirkning af fugle, der spiser ålegræs).

Ved analyserne af de enkelte miljøfaktorer er der anvendt state-of-the-art metodikker, for så præcist som muligt at fastlægge omfanget af projektets virkninger på miljøet. Metodikkerne omfatter computermodelleringer med deterministiske modelværktøjer, statistiske analyser, matrix-analyser ved brug af vurderingsmatricer, ekspertvurderinger ud fra økologiske funktioner samt lovgivningsmæssige bindinger – og forskellige kombinationer af disse.

I forhold til dansk praksis er forskellen primært, at graduering af virkninger på miljøet (i f.eks. meget stor-stor-middel-lille) så vidt muligt er sket på basis af forudbestemte kvantitative vurderingskriterier og vurderingsmatricer. De overordnede retningslinjer for vurderingskriterierne er omtalt i afsnit 9.2, mens de specifikke kriterier er beskrevet i vurderingsafsnittene om de enkelte miljøfaktorer. Vurderingsmatricerne er beskrevet i afsnit 9.3. Brug af predefinerede kriterier og matricer er almindelig praksis i den tyske delstat Slesvig-Holsten, hvor den tyske myndigheds-godkendelse finder sted. Kriterier og matricer bygger på ekspertviden.

Den sammenfattende ekspertvurdering er baseret på ovenstående resultater og har fokus på at vurdere væsentligheden af virkninger af projektet. I denne vurdering inddrages eventuelle aggregerede virkninger, som kan opstå, hvis flere belastninger fra projektet (direkte og indirekte) påvirker miljøfaktoren samtidig. Afhængigt af de state-of-the-art metodikker, der er til rådighed, er aggregerede virkninger vurderet på basis af samspilsanalyser (ved brug af deterministiske modeller) eller ved ekspertvurdering.

Der skelnes mellem aggregerede og kumulative virkninger, hvor sidstnævnte defineres som de samlede virkninger af belastningerne fra projektet og andre projekter i området (f.eks. vindmølleparker). De kumulative virkninger er vurderet særskilt i kapitel 20.

For at gøre metoden veldefineret, transparent og konsekvent, er der defineret en række begreber, som går igen i alle analyser, uanset hvilke miljøforhold de adresserer. Det er begreber som "betydning", "sårbarhed", projektets "belastning", og "virkninger", mv. (begreberne er kort forklaret i afsnit 9.1 og nærmere beskrevet i afsnit 9.2. I det følgende beskrives principperne for miljøvurderingen og de begreber, der er anvendt. De konkrete metoder, der er anvendt for de forskellige miljøfaktorer, er beskrevet i vurderingsafsnittene om de enkelte miljøfaktorer. Metoden er således et arbejdsredskab, der understøtter den senere ekspertvurdering.

9.1 DEFINITION AF BEGREBER

Vurderingen af virkninger på miljøet tager udgangspunkt i en række begreber:

TABEL 9.1 Oversigt og forklaring på anvendte begreber

Begreb	Forklaring
Anlæg	Anlæg er konstruktioner (fysiske strukturer), som anlægges til brug under anlægsfasen og fjernes igen (midlertidige), eller anlægges som blivende elementer af den faste forbindelse (permanente).
Anlægsfasen	Anlægsfasen er den periode, hvor den faste forbindelse bygges.
Arealinddragelse	Belastningen arealinddragelse omfatter de arealer, som beslaglægges ved etablering af midlertidige og permanente anlæg.
Belastninger	Belastninger er de påvirkninger, som følger af projektet. Belastningerne er karakteriseret ved deres type (anlægsfase, driftsfase, anlæg) og størrelse omfattende intensitet, varighed og geografisk udstrækning. Belastninger kan give en direkte eller indirekte påvirkning.
Betydning	Miljøfaktorernes betydning er vurderet på grundlag af deres funktionelle værdi for økosystemet og i landskabet og/eller deres beskyttelsesstatus. Betydningen er angivet i grader (se <i>graduering</i>).
Driftsfasen	Driftsfasen er perioden fra afslutning af anlægsfasen til afvikling.
Graduering	Ved graduering af f.eks. "betydning" og "virkninger" anvendes så vidt muligt en 4-trinsskala (meget stor, stor, middel, lille). Hvis en 4-trinsskala ikke kan anvendes, er der enten brugt en 2-trinsskala (særlig, generel), eller graduering er udeladt. Graduering er i nogle tilfælde også anvendt til beskrivelse af sårbarhed og belastning.
Komponenter og sub-komponenter	For hver miljøforhold/faktor er der identificeret specifikke komponenter og eventuelt sub-komponenter, som anses for velegnede til at analysere virkningerne af de enkelte belastninger. Komponenterne kan være miljøindikatorer (f. eks. saltholdighed; biomasse af planter; antal af fugle), karakteristiske/beskyttede arter; karakteristiske biologiske samfund; specifikke emner (f. eks. trawlfiskeri; badevand).
Kriterier	Der er defineret to typer kriterier: A) betydningskriterier, der giver basis for gradueringen af "betydning" og b) Vurderingskriterier, der beskriver graden af forringelser. Når virkningsanalyserne kræver det, er der ligeledes defineret kriterier for sårbarhed og belastning.
Midlertidig	Belastninger og virkninger, der ophører efter en vis tid, anses for at være midlertidige (se også under <i>varighed</i>).
Miljøfaktorer/ miljøforhold	De miljøfaktorer, som vurderes, er fastlagt i EU's VVM-direktiv (EU 1985) og omfatter: Mennesker, fauna og flora, jord, vand, luft, klimatiske forhold, landskabet, herunder samspil mellem disse samt materielle goder og kulturarv. I den danske vejledning vedrørende VVM (Miljøministeriet 2009) fremhæves desuden miljøforholdene vedrørende transport samt socioøkonomiske forhold.
Omfang/grad af	Omfanget af en virkning er en samlet betegnelse for virkningens intensitet, den

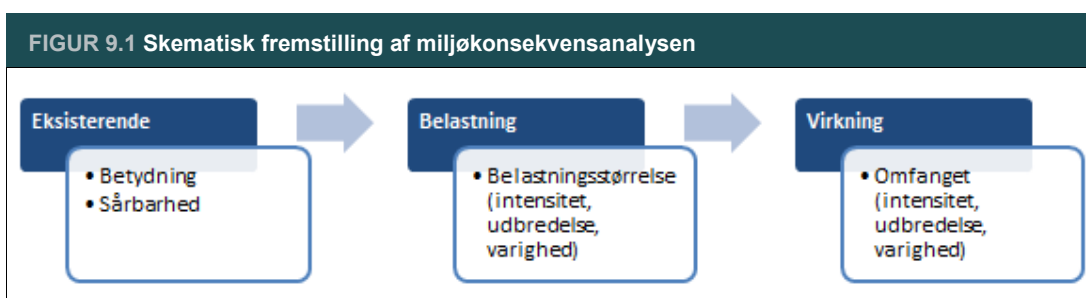
TABEL 9.1 Oversigt og forklaring på anvendte begreber

Begreb	Forklaring
Virksomheder	tidsmæssige udstrækning samt den arealmæssige udbredelse af virkningen (for enkelte faktorer, som fugle, kan den arealmæssige udbredelse ikke opgøres). Virkningerne er belyst ved brug af analysemetoder, der er optimale for den givne belastning og det givne miljøforhold. I sidste ende er virkningen så vidt muligt inddelt i grader.
Permanent	Belastninger og virkninger, der varer hele projektets levetid (til afvikling), anses for at være permanente.
Sårbarhed	Miljøfaktorernes sårbarhed beskriver deres følsomhed overfor en given belastning; evt. kombineret med deres evne til at restituere, når belastningen er ophørt.
Varighed	Varigheden af en belastning eller virkning er vurderet som antal år (tidsinterval).
Virksomheder (tab og forringelser)	Virksomheder er de effekter, som belastningerne har på miljøet. Virkningerne er karakteriseret ved deres intensitet (grad), varighed samt geografiske udstrækning. Virkningerne omfatter to typer: - Tab af miljø som følge af arealinddragelse - Forringelser af miljøet som følge af andre belastninger end arealinddragelse.
Virksomhedernes væsentlighed	I en overordnet konklusion vurderes virksomhedernes væsentlighed. Det sker på basis af den indsamlede information (herunder analyseresultater) og for den enkelte miljøfaktor, såvel som alle miljøfaktorer samlet set.
Vurderingszoner	Virksomhederne er relateret til vurderingszoner, der er defineret på basis af afstand til projektet og territoriale farvande og EEZ-zoner ¹ .

Note: 1 EEZ-zone er en eksklusiv økonomisk zone i havområder, hvor en kyststat har eneret til at efterforske i havet og på havbunden, til at udnytte de naturressourcer, der er i havet, på havbunden og i undergrunden samt til enhver anden økonomisk udnyttelse. Kyststaterne har også ret til at håndhæve deres respektive miljølovgivning inden for zonen

9.2 PRINCIPPER FOR MILJØKONSEKVENSVURDERINGERNE

Miljøkonsekvensvurderingerne omfatter tre overordnede elementer: De eksisterende forhold, belastninger som følge af projektet samt virkninger af belastningerne. Figur 9.1 giver en skematisk fremstilling af analyseprocessen.



Som baggrund for konsekvensanalyserne er miljøfaktorens betydning og sårbarhed fastlagt på basis af de eksisterende forhold og den eksisterende viden. Den anvendte metodik er nærmere beskrevet i afsnit 9.2.1 og 9.2.2.

Derefter er belastningens størrelse opgjort. Dette er sket på basis af projektbeskrivelsen samt specifikke (kvantitative) oplysninger om projektet (bygninger; støj, gravearbejde, osv.). Så vidt

muligt er belastningen beskrevet kvantitativt (i mængder, arealer, osv.). Den anvendte metodik er nærmere beskrevet i afsnit 9.2.3.

Endelig er virkningen af projektets belastninger på miljøfaktorerne vurderet. I denne analyse indgår den opgjorte belastning samt den berørte miljøfaktors betydning og sårbarhed. Der skelnes mellem tab og forringelser af miljøfaktorerne, hvor tab skyldes belastningen "arealinddragelse", og forringelser opstår som følge af projektets andre belastninger. En forringelse kan være så kraftig, at den medfører et tab (hvis virkningen ikke kan genoprettes). Da de to typer virkninger er forskellige i deres natur, er de analyseret på forskellig måde. De anvendte principper er nærmere beskrevet i afsnit 9.2.4.

Så vidt muligt er belastninger og virkninger kvantificeret. Dette forudsætter, at der er tilstrækkelig viden om sammenhænge mellem belastninger og virkninger, og at der findes værktøjer, som integrerer denne viden. Hvor dette ikke er tilfældet, er der anvendt matrix-analyser. Matrix-analyser er også anvendt for problemstillinger, hvor størrelsen eller karakteren af en belastning/virkning ikke nødvendiggør komplekse analyser. Princip for matrix-analyser og de modelværktøjer, der er anvendt til kvantificering af belastning og virkninger, er nærmere omtalt i afsnit 9.3.

9.2.1 Miljøfaktorernes betydning

Miljøfaktorernes betydning er fastlagt på basis af ekspertvurderinger af deres funktionelle værdi og/eller faktorernes beskyttelsesstatus (givet ved direktiver, konventioner, miljøbeskyttelseslove osv.) eller på basis af estimerede bestandstørrelser. Betydningen vægtes, hvor det er muligt, ved brug af en 4-trinsskala. De overordnede principper for 4-trinsskalaen fremgår af tabel 9.2. Hvis det ikke er muligt at anvende en 4-trinsskala, er der i nogle tilfælde brugt en 2-trinsskala (særlig og generel betydning), som er defineret for det konkrete tilfælde; eller graduering er udeladt.

TABEL 9.2 Principperne for 4-trinsskala til graduering af betydning af en miljøfaktor

Betydningsgrad	Kriterier
Meget stor	Beskyttet af internationale konventioner og/eller EU direktiver og/eller særsikkert beskyttet i henhold den danske og tyske naturbeskyttelseslov og/eller af kritisk betydning for overordnede økosystem funktioner, herunder af international økologisk betydning.
Stor	På anden måde beskyttet af national regulering og/eller nationale rødlistor (arter eller habitater). Og/eller af betydning for overordnede økosystemfunktioner.
Middel	Af særlig værdi for Femern Bælt-området og/eller beskyttet af lokale eller regionale planer. Og/eller af betydning for lokale økosystemfunktioner.
Lille	Uden særlig værdi, eller af negativ værdi.

9.2.2 Miljøfaktorernes sårbarhed

Miljøfaktorernes sårbarhed er vurderet på basis af viden om deres følsomhed overfor en given belastning. Sårbarheden kan inddrage evnen til reetablering efter forringelser og midlertidige tab. Hvor det er muligt, er sammenhængen mellem virkning og belastningsintensitet kvantificeret. Når der er brugt dynamiske modeller (afsnit 9.3), er den deterministiske sammenhæng indbygget i modellerne. Til matrix-analyser af forringelser (afsnit 9.3) er sårbarheden gradueret ved brug af en 4-trinsskala (meget stor, stor, middel, lille) eller 2-trinsskala (særlig, generel).

9.2.3 Belastninger som følge af den faste forbindelse

Mulige belastninger fra den faste forbindelse over Femern Bælt er udførligt analyseret i scoping-rapporten (kapitel 4 og 6), og de væsentlige belastninger er beskrevet i detaljer i VVM-redegørelsen (afsnit 12.1 Belastninger). Yderligere detaljer er beskrevet i afsnittene om vurdering af virkninger på miljøfaktorerne.

Belastningerne er karakteriseret ved type, intensitet, geografisk udbredelse og varighed. Belastningstyperne omfatter belastninger fra anlægsfasen, fra driftsfasen og fra anlæggene. Intensiteten er så vidt muligt opgjort kvantitativt. Den geografiske fordeling er relateret til vurderingszonerne (afsnit 9.2.5). Varigheden angiver, hvor længe belastningen varer.

Belastningerne kan være midlertidige (knyttet til anlægsfasen og midlertidige anlæg) eller permanente (knyttet til driftsfasen og de blivende strukturer). Desuden skelnes mellem direkte og indirekte belastninger, hvor førstnævnte påvirker miljøforholdene umiddelbart, mens indirekte belastninger er påvirkninger, som skyldes forandringer i andre miljøforhold. De indirekte belastninger udtrykker således samspillet mellem miljøfaktorerne.

For hver miljøfaktor (komponent) er der identificeret belastningsindikatorer, der bedst udtrykker belastningen i forhold til den givne miljøfaktor; f.eks. mængde, varighed, kombination af disse osv.

Den anvendte metode til kvantificering af intensiteten afhænger af belastningen og af miljøfaktoren, som skal vurderes. Når belastningsdata indgår i matrix-analyser af forringelser (afsnit 9.3), er belastningen graderet ved brug af en 4-trinsskala (meget stor, stor, middel, lille) eller 2-trinsskala (særlig, generel).

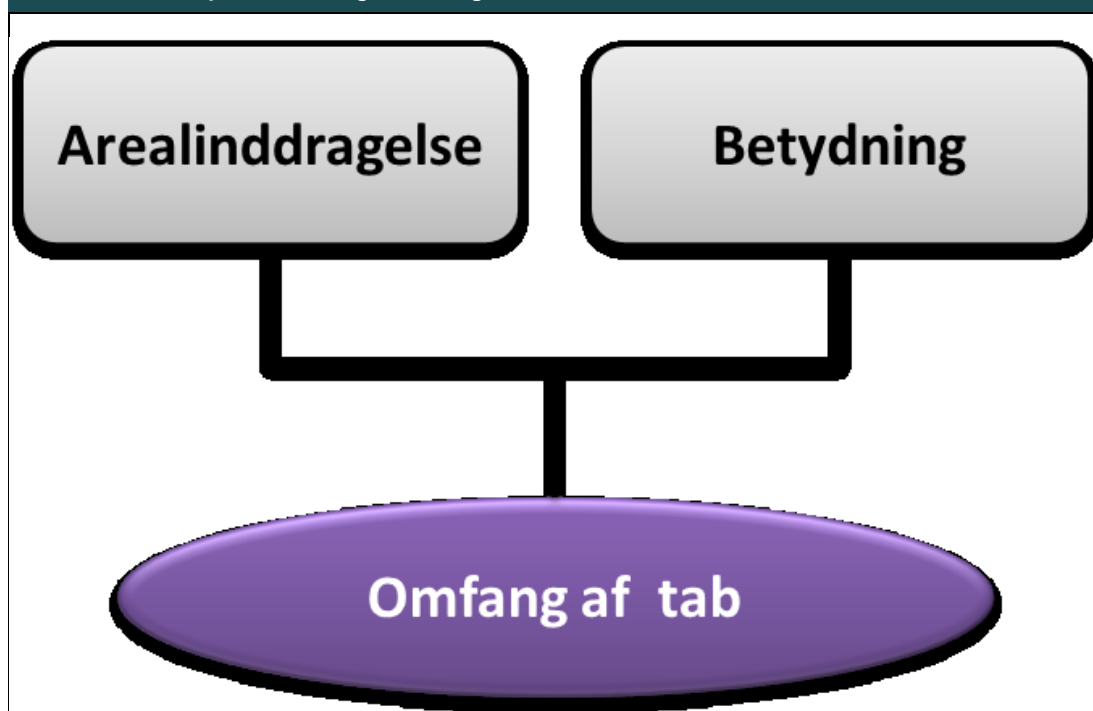
9.2.4 Virkninger af belastningerne

Vurdering af tab

Tab opstår som følge af arealinddragelse. Alle tab opstår i anlægsfasen. Der er skelnet mellem permanente tab, som skyldes blivende strukturer, og midlertidige tab, hvor bygninger, havne, mv. fjernes, når anlægsarbejdet er afsluttet.

Vurderingen af omfanget af tab af miljøfaktorer er baseret på opgørelser af arealinddragelse og betydningen af de beslaglagte arealer (figur 9.2). Tab af arealer anses altid for at være en "meget stor" belastning. Gradering af virkninger af tab er derfor altid bestemt af graden af betydning (afsnit 9.3).

FIGUR 9.2 Princip for vurdering af omfang af tab



Den geografiske fordeling af tabene er vist på kort (hvis det er muligt) og er opgjort som arealer relateret til vurderingszonerne. For de midlertidige tab er det vurderet, hvor lang tid der går, før forholdene er retablerede (angivet som tid og i forhold til projektets faser).

Vurdering af forringelser

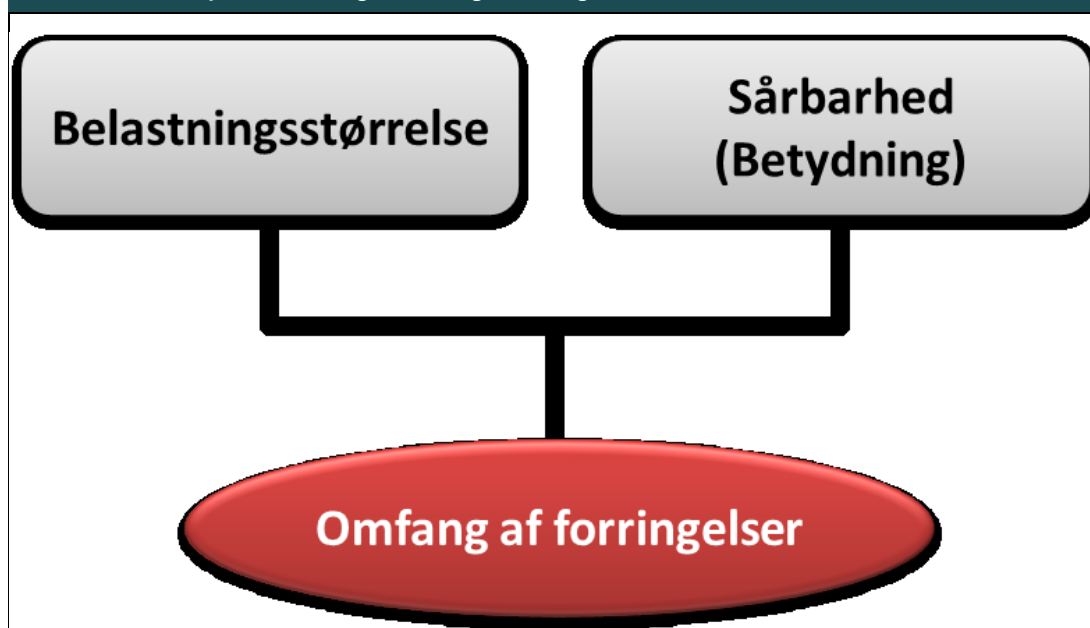
Betegnelsen "forringelser" omfatter alle belastninger, som ikke skyldes arealinddragelse. Forringelser opstår både i anlægs- og i driftsfasen. Forringelser i anlægsfasen er oftest midlertidige og forsvinder igen. Hvor lang tid der går, før de forsvinder, afhænger af, hvad det er for en forringelse, og hvor stor den er. En forringelse kan være så stor, at den medfører permanente tab af funktion.

Forringelser i driftsfasen kan starte i anlægsfasen, hvis den belastning, der er årsag til virkningen, opstår i løbet af denne. Sådanne forringelser er i alle tilfælde behandlet som driftsfaseforringelser. Driftsfaseforringelser er i sagens natur permanente, da de skyldes belastninger, som fortsætter indtil den faste forbindelse afvikles.

Vurderingerne af omfanget af forringelser er baseret på størrelsen af belastningen (udtrykt ved intensitet, varighed og udbredelse) og sårbarheden af en given miljøfaktor overfor den givne belastning. I nogle tilfælde, hvor det er irrelevant at tale om sårbarhed, er belastningen i stedet relateret til betydning. Hvis en forringelse medfører tab af funktionen af miljøfaktoren, behandles det som et tab.

Forringelser er så vidt muligt kvantificeret. Kvantificering er hyppigt sket med forskellige typer computermodeller. Den anvendte metode til kvantificeringen af en virkning afhænger af, hvilken belastning, der er tale om, og hvilken miljøfaktor, der analyseres. Hvor der ikke findes tilstrækkelig viden og/eller brugbare værktøjer, er virkningerne vurderet ved hjælp af matrix-analyser. Analyseværktøjerne er kort præsenteret i afsnit 9.3. Den præcise metodik, der er anvendt ved vurderingerne, er beskrevet i belastningsafsnittene og i vurderingsafsnittene om de enkelte miljøfaktorer. Udover analyseresultater er ekspertvurderinger på basis af data, relevant litteratur samt tidligere erfaringer, en vigtig del af grundlaget for vurderingerne af forringelser.

FIGUR 9.3 Princip for vurdering af omfang af forringelser



Den geografiske fordeling af forringelserne er vist på kort (hvis det er muligt) og opgjort som arealer eller antal arter. Desuden er retablering af miljøforholdene adresseret; normalt ved at angive, hvor lang tid, der går, før forholdene er retablerede (tidsinterval).

Vurderingskriterier

Uanset hvilken metodik, der er anvendt til analyse af forringelser, er endemålet at beskrive "graden" af forringelser på basis af prædefinerede vurderingskriterier. Hvis der findes nationale-/internationale kriterier, er disse anvendt. For de fleste vurderinger har det været nødvendigt at definere vurderingskriterierne forud for vurderingen af virkningerne.

Vurderingskriterierne er defineret med henblik på at graduere forringelser efter en 4-trinsskala (meget stor, stor, middel, lille). Princippet for 4-trinsskalaen er vist i tabel 9.3. Hvis det ikke er muligt, er der i nogle tilfælde brugt en 2-trinsskala (særlig, generel), som er defineret for det konkrete tilfælde; eller gradueret som udeladt.

TABEL 9.3 Princippet for 4-trinsskala til bestemmelse af graden af forringelser

Grad af forringelse	Kriterier
Meget stor	Der vil være en meget høj grad af virkning på miljøfaktoren. Hyppigt er forringelsen ensbetydende med totalt tab af miljøfaktorens struktur og funktion.
Stor	Der vil være en høj grad af påvirkning af miljøfaktoren; hvilket medfører delvist tab af en miljøfaktors struktur og funktion.
Middel	Der vil være en mindre grad af virkning på miljøfaktoren; det vil sige, at miljøfaktorens grundlæggende struktur og funktion bevares.
Lille	Der vil være en lille grad af virkning på miljøfaktoren; det vil sige, at virkningen på miljøfaktorens struktur og funktion ligger tæt på den naturlige variation.

Virkningernes væsentlighed

Konsekvensvurderingerne er afsluttet med en samlet vurdering, som fastslår, om de forudsagte virkninger på miljøfaktoren og økosystemet vurderes at være væsentlige. Denne vurdering

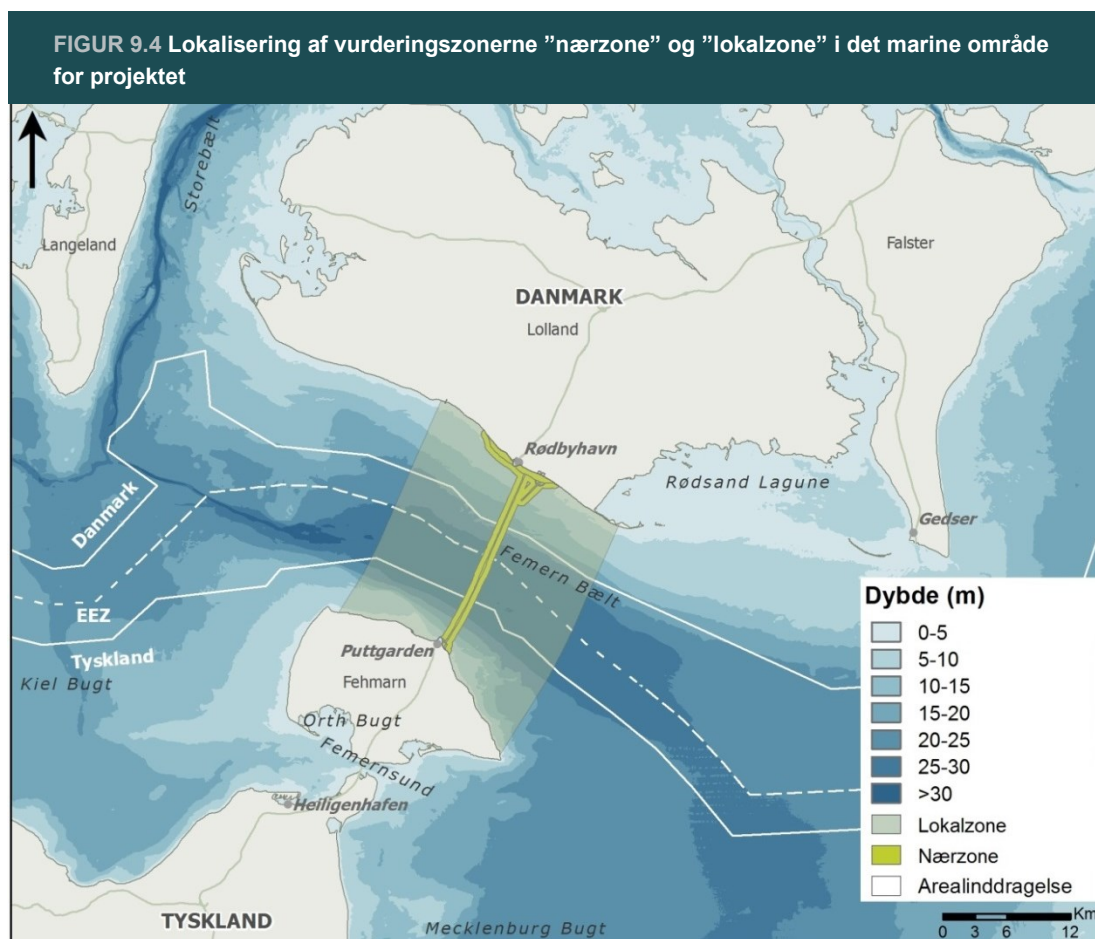
baseres på ekspertvurderinger af den indsamlede information (herunder analyseresultater). Vurderingen sker for den enkelte miljøfaktor såvel som for alle miljøfaktorer samlet set. I vurderingen indgår omfang af virkninger (grad og geografiske udbredelse), retableringstiden og miljøfaktorens betydning.

9.2.5 Vurderingszoner og varighed

Zoner

For at gøre udbredelsen af belastninger og virkninger mere overskuelige er de relateret til henholdsvis afstanden til projektet, til det område, der konkret påvirkes, og i det marine område til de territoriale farvandsområder samt den eksklusive økonomiske zone (EEZ).

Med hensyn til afstanden til projekter er der defineret to zoner i det marine område: Nærzone og lokalzone, hvor nærzonen omfatter projektets arealinddragelse plus en bufferzone på 500 m rundt om arealinddragelsen, og lokalzonen omfatter området ud til 10 km fra centerlinjen af linjeføringen. Det danske søterritorium og den danske EEZ er set under et, mens de tilsvarende tyske områder er opdelt (det vil sige, at virkninger er opgjort for henholdsvis det tyske søterritorium og for EEZ). Virkninger, der strækker sig udover danske og tyske farvande, er benævnt grænseoverskridende.



Varighed

Varigheden af belastninger og virkninger er vurderet på baggrund af retableringstiden (restitutions-tiden). Så vidt muligt er retableringstiden opgjort som det antal år, det tager, før miljøforholdene er restitueret.

9.3 ANALYSER OG ANALYSEVÆRKTØJER

Analyserne af belastninger og virkninger er gennemført ved brug af de mest optimale analyseværktøjer og metodikker. Derudover udgør ekspertvurderinger på basis af data, relevant litteratur samt tidligere erfaringer en vigtig del af vurderingen af virkninger på miljøet.

Grundelementerne i miljøkonsekvensanalysen er miljøfaktorens betydning, belastninger som følge af projektet og miljøfaktorens sårbarhed over for en given belastning. Viden om disse elementer er kombineret for at nå frem til belastningernes virkning på miljøfaktorerne. Så vidt muligt er det sket ved kvantitative analyser. For en række problemstillinger er der imidlertid ikke tilstrækkelig viden om de kvantitative sammenhænge mellem belastning, betydning/sårbarhed samt virkning til at gennemføre kvantitative analyser med dynamiske modeller og statistiske værktøjer. I sådanne tilfælde er analyserne udført med en såkaldt matrix-metode.

Matrix-metoden

Ved en matrix-analyse sammenholdes de relevante grundelementer parvis (figur 9.2 og 9.3). Således bestemmes f. eks. omfanget af en forringelse ved først at bestemme graden af belastning, dernæst at bestemme graden af sårbarhed og endelig bestemme omfanget af forringelsen ved at slå de to fundne grader op i en prædefineret matrice.

Den graduering, som benyttes i matrix-metoden, følger samme princip som gradueringerne vedrørende "virkninger" (afsnit 9.2.4). Hvor det er muligt, benyttes graderne "meget stor", "stor", "middel" og "lille". For "betydning" og "sårbarhed" kan der alternativt ske en opdeling i to grader kaldet "særlig" og "generel". De prædefinerede matricer er angivet i scoping-rapporten og i tabel 9.4 og 9.5 nedenfor. Med matricerne er det muligt at bestemme, hvilken grad af virkning (tab eller forringelse) en given kombination giver. F.eks. hvilken grad af forringelse projektet medfører, hvis graden af belastning er middel og miljøfaktorens sårbarhed er lille. For en forringelse er det forudsat (i matricen), at denne kombination – middel grad af belastning og lille sårbarhed – medfører en lille grad af forringelse (tabel 9.5 øverst).

For at undersøge den geografiske udbredelse af de forskellige grader af tab eller forringelser, er der gennemført såkaldte "GIS overlay"-analyser, hvor et kort med den geografiske udbredelse af en given belastning (med markering af grader) overlejres af et kort med den geografiske udbredelse af en given sårbarhed (opdelt i grader). Det resulterende kort viser graden af forringelse for en given miljøfaktor.

Vurderingen af tab er sket med en forenklet matrice (tabel 9.5). Som beskrevet i afsnit 9.2.4 er vurderingen baseret på en kombination af miljøfaktorens betydning og belastningen arealinddragelse. Arealinddragelse tildeles altid graden "meget stor", og det er derfor alene betydningen af miljøfaktoren, som bestemmer, hvor stor virkningen er. Inddrages et område, hvor miljøfaktoren har stor betydning, er omfanget af tabet (virkningen) i dette område således også stor.

TABEL 9.4 Matricer anvendt til bestemmelse af graden af tab (4- og 2-trinsskala). Et tab er altid vurderet som en meget stor belastning. Derfor følger gradueringen af tab gradueringen af betydning.

Grad af belastning	Grader af betydning			
	Meget stor	Stor	Middel	Lille
Meget stor	Meget stor	Stor	Middel	Lille

Grad af belastning	Grader af betydning	
	Speciel	Generel
Meget stor	Speciel	Generel

TABEL 9.5 Matricer anvendt til bestemmelse af graden af forringelse (fire grader for belastning og fire (øverst) eller to grader for sårbarhed).

Grad af belastning	Grad af sårbarhed			
	Meget stor	Stor	Middel	Lille
Meget stor	Tab af funktion			
Stor	Meget stor	Stor	Stor	Middel
Middel	Stor	Stor	Middel	Lille
Lille	Middel	Middel	Lille	Lille

Grad af belastning	Grad af sårbarhed	
	Speciel	Generel
Meget stor	Tab af funktion	
Stor	Meget stor	Stor
Middel	Stor	Middel
Lille	Middel	Lille

Andre metodikker

For problemstillinger, hvor der er tilstrækkelig viden til at beskrive sammenhænge, som styrer belastningerne og virkninger numerisk, er der, hvis brugbare værktøjer er til rådighed, anvendt statiske (statistiske) eller dynamiske modeller. Fordelen ved sådanne modeller er, at de kan bruges til at analysere de komplekse miljøsammenhænge, som findes i projektområdet. En speciel fordel ved de dynamiske modeller er, at de tager hensyn til feedback-mekanismer.

Et eksempel på en feedbackmekanisme er, at hvis ændringer i plankton medfører ændringer i muslinger på havbunden, kan denne ændring resultere i en virkning tilbage på plankton. Dette tages der højde for i dynamiske økologiske modeller.

I nogle tilfælde er det brugt en kombination af modellering og matrix-analyse. F.eks. kan belastningen være opgjort kvantitativt med en model, men på grund af manglende viden om de kvantitative sammenhænge mellem belastning og den givne miljøfaktors sårbarhed, er det ikke muligt at modellere virkningen af belastningen. Derfor er matrix-analysen brugt til den del af vurderingsanalysen.

Modelværktøjer anvendt ved analyse af marine belastninger og virkninger

Specielt for det marine område er der anvendt en række komplekse modelværktøjer. De modelværktøjer, der er anvendt til kvantitative analyser af belastninger og virkninger på havet, er kort beskrevet i figur 9.5.

Mange af værktøjerne er tredimensionale (3D) dynamiske numeriske computermodeller, som kan simulere, hvad der sker i økosystemerne i og omkring Femern Bælt. Ved at anvende modellerne bliver det derfor muligt at tage hensyn til økosystemernes komplekse sammenhænge, når virkningerne af projektet analyseres. I de dynamiske computermodeller er de områder (økosystemer), der skal modelleres, repræsenteret ved et 3D net af celler.

Modellen simulerer, hvad der sker i hver celle, og med korte mellemrum (få minutter) gør den status over, hvad der er sket i de nærliggende celler og tager hensyn til det, når den simulerer det næste tidsskridt. På samme tid tager modellen hensyn til ændringerne i miljøet omkring modelområdet (de såkaldte randbetingelser). Det gælder især de meteorologiske forhold, som spiller ind på processerne i havet (f.eks. lufttemperatur, vindhastighed og vindretning).

Variationerne i randbetingelserne er bestemt på forhånd og lagt ind i computermodellen. Da det er umuligt at vide, hvordan vejret bliver i anlægsfasen, er der brugt data fra historiske perioder, hovedsageligt året 2005, hvor forholdene var typiske for Femern Bælt-området (den vestlige Østersø).

De dynamiske modeller er etableret med state-of-the-art modelværktøjer (primært MIKE og ECO Lab by DHI, men også MOM, GETM og MORPH), der har været anvendt i mange sammenhænge internationalt til at beskrive eksisterende forhold og i særlig grad virkninger af belastninger på miljøet. I de fleste tilfælde har udgangspunktet været eksisterende modeller (anvendt til tidligere opgaver).

Forud for analyser af problemstillinger vedrørende den faste forbindelse over Femern Bælt er modellerne tilpasset med hensyn til geografisk dækning, opløsning samt de specifikke vurderinger modellen skal anvendes til. Modellerne er testet (kalibreret) mod data indsamlet i forbindelse med undersøgelserne af de eksisterende forhold og i nogle tilfælde længere tidsrækker fra HELCOM og andre datakilder.

Specielt belastningerne "anlæg" og "sedimentspild" samt de direkte og indirekte virkninger af disse på miljøforholdene er analyseret med dynamiske modeller. F.eks. er der anvendt dynamiske modeller til at beregne, hvordan spildet fra gravningen af blandt andet tunnel-enden spredes i havmiljøet, og hvor det ender. Resultaterne fra denne modellering er anvendt som input til simuleringer af, hvordan det spredte sediment ændrer lysforholdene i vandet på grund af suspenderet sediment, og hvordan dette påvirker makroalger, ålegræs, mv. Samme modelkompleks er anvendt til at vurdere effekter af suspenderet sediment på planteplanktons biomasse, og de deraf følgende virkninger på blåmuslinger (mindre biomasse betyder mindre føde). Dernæst er de mulige efterfølgende virkninger på ederfugle modelleret (mindre muslingebiomasse betyder mindre føde for fuglene).

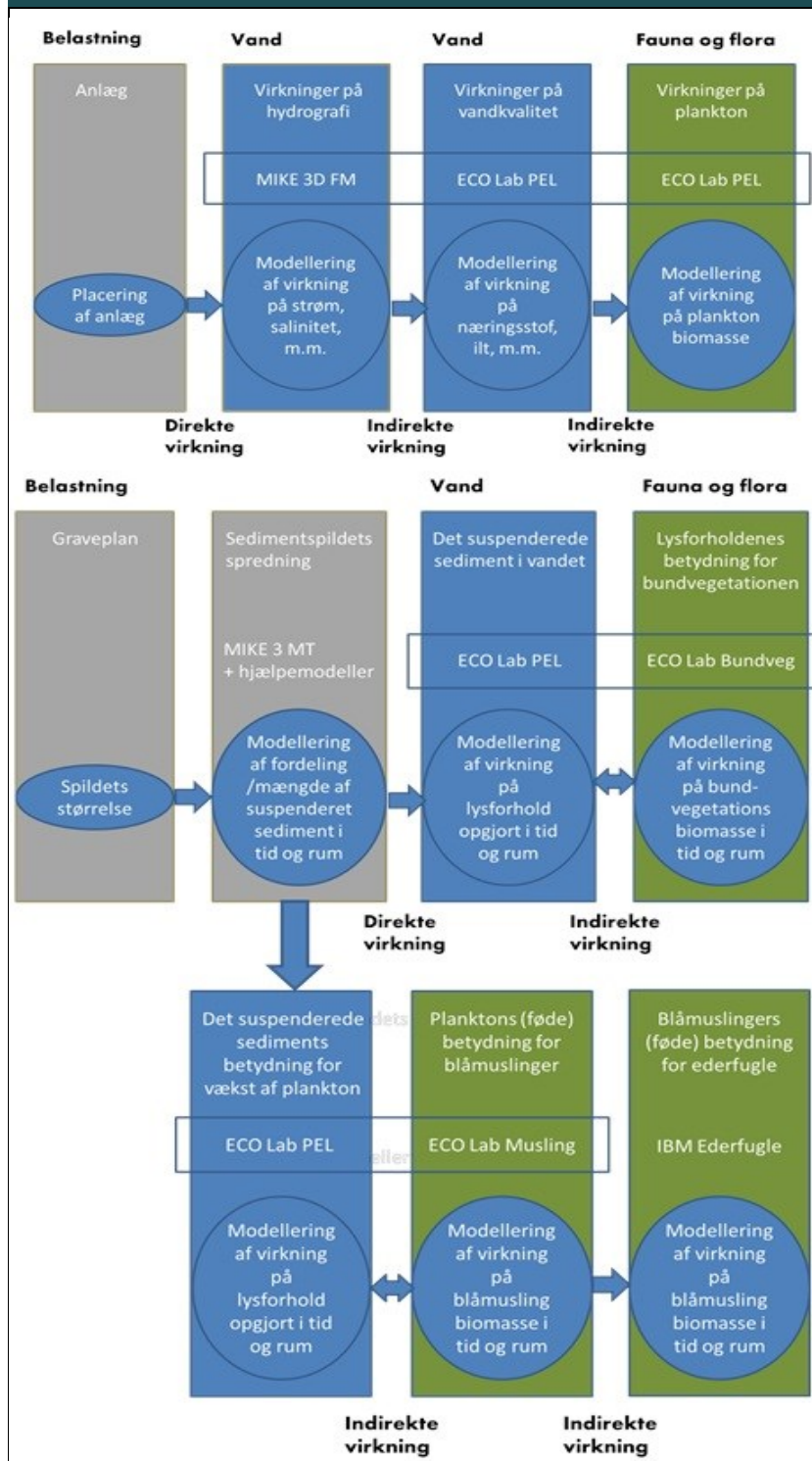
Hydrografiske modeller er anvendt til at beregne, i hvilket omfang bro-alternativets bropiller påvirker vandforholdene i Femern Bælt og i Østersøen. Tilsvarende har modellerne belyst om tunnelprojektets kystnære konstruktion påvirker strømforholdene. De hydrografiske modeller er sammen med bølgemodeller m.fl., brugt til at simulere tunnelprojektets virkninger på havbundens morfologi og på kystens udformning. I figur 9.5 er der givet eksempler på de modelleringsprocesser og modelværktøjer, som indgår i analysen af virkninger af marine anlæg på vandmiljøet, og analysen af virkninger af det suspenderede sediment fra sedimentspildet på vandmiljø og havbundens planter.

Andre af de anvendte modeller er statiske eller semi-dynamiske. Det vil sige, at de på basis af komplekse matematiske (statistiske) formler og data om væsentlige koblinger i økosystemet beregner generelle sammenhænge mellem belastninger og virkninger, men uden at tage hensyn til (hele) dynamikken i økosystemet.

En hyppigt anvendt modelplatform er GAM (Generalized Additive Models). GAM er et statistisk værktøj med et "indbygget" sæt af algoritmer, der giver mulighed for at udføre multiple regressioner baseret på alle de relevante data, der er til rådighed. Værktøjet er især brugt til kortlægning af habitater og størrelse og fordeling af populationer. Et eksempel er kortlægning af fordeling, bestandsstørrelser og tæthed af vandfugle baseret på data om de økologiske og geografiske forhold samt fuglenes præferencer.

En oversigt over problemstillinger, som er analyseret med modelværktøjer og de anvendte modelværktøjer, er angivet i tabel 9.6.

FIGUR 9.5 Eksempler på de modelleringsprocesser og modelværktøjer, som indgår i analysen af projektets virkninger i det marine miljø



Note: Analysen af virkningen af anlæggets placering på hydrologi, vandkvalitet og plankton (Øverst). Analysen af virkninger af det suspenderede sediment fra sedimentspildet på vandmiljø og havbundens planter (midt). Analysen af virkningen af suspenderet sediment på havbundens blåmuslinger og de ederfugle, som lever af blåmuslingerne (nederst). Kassen omkring modelnavne angiver, at de er integrerede, det vil sige køres i én proces

TABEL 9.6 Modeller, der er anvendt til at analysere projektets marine belastninger (direkte og indirekte) og belastningernes virkning på miljøfaktorerne. For nogle problemstillinger, hvor modellerne kunne anvendes, er det ikke gjort, fordi belastning/virkninger er ubetydelige. Udover de direkte problemstillinger er resultater fra modelleringer brugt som grundlag for andre vurderinger, baseret på ekspertvurderinger

Vurderede faktorer	Modellerede problemstillinger	Anvendte modeller /modelplatforme
Kvantificering af belastningen sedimentspild	Spredning og sedimentation af sedimentpartikler der tabes under grave- og opfyldningsarbejder	MIKE 3 MT (sedimentmodel) MIKE 3 FM HD (hydrografimodel) og MIKE 21 SW (bølgemodel) Dynamisk, 3D (bølger 2D)
Hydrografi, vandkvalitet, plankton Østersøen Eksisterende forhold Virkning af anlæg	Eksisterende hydrografiske, vandkvalitets- og planktonforhold i Østersøen Virkning af tunnel- og bro-anlæg på de hydrografiske forhold i hele Østersøen og de deraf følgende virkninger på vandkvalitet og plankton	To regional-modeller: MIKE 3 FM HD + ECO Lab) og MOM/ERGOM (IOW) Dynamisk, 3D Open Foam (3D CFD model til beskrivelse af miljø tæt på bropiller)
Femern Bælt Eksisterende forhold Virkning af anlæg	Eksisterende hydrografiske, vandkvalitets- og planktonforhold i Femern Bælt og Bælthavet Virkning af tunnel- og bro-anlæg på de hydrografiske forhold og de deraf følgende virkninger på vandkvalitet og plankton i Femern Bælt og Bælthavet	To lokalmodeller: MIKE 3 FM HD + ECO Lab og GETM/ERGOM Dynamisk, 3D Open Foam (3D) til beskrivelse af miljø tæt på bropiller
Vandkvalitet, plankton Virkning af sedimentspild	Virkning af suspenderet sediment fra sedimentspild på vandkvalitet og plankton	MIKE ECO Lab (vandsøjlen) MIKE 3 FM HD og MIKE 3 MT Dynamisk, 3D
Havbundens morfologi Eksisterende forhold Virkning af anlæg/hydrografi, Virkning af sedimentspild	Eksisterende sedimenttransport og bundformernes dynamik samt deres indflydelse på strømmingen gennem Femern Bælt Virkning af ændringer i hydrografiske forhold (som følge af anlæg) på bundformer (f.eks. sandbølger); kun bro Virkning af sedimentation af sedimentspild på bundformer	MIKE 3 ST MIKE 3 FM HD og MIKE 21 SW Dynamisk, 3D (bølger 2D) DUNE (2D) eller Open Foam (3D) til beskrivelse af forhold tæt på havbunden
Kystens morfologi Eksisterende forhold Virkning af anlæg	Eksisterende dynamik langs Lollands og Fehmarns kystlinjer (erosion; akkumulering) Virkning af ændringer i bølgemiljø som følge af tunnel-/bro-anlæg (ændringer i hydrografi ubetydelige)	LITPACK MIKE 3 FM HD og MIKE 21 SW WAMIT
Marin bundvegetation Eksisterende forhold	Kortlægning af bundvegetation i Femern Bælt-området	GAM udbredelsesmodeller
Virkning af sedimentspild	Virkning af suspenderet sediment fra sedimentspild på bundvegetationens makroalger og ålegræs	MIKE 3 ECO Lab (vandsøjle og bundvegetation) MIKE 3 FM HD MIKE 3 MT Dynamisk, 3D
Marin bundfauna Eksisterende forhold	Kortlægning af bundfauna i Femern Bælt-området	GAM udbredelsesmodeller

TABEL 9.6 Modeller, der er anvendt til at analysere projektets marine belastninger (direkte og indirekte) og belastningernes virkning på miljøfaktorerne. For nogle problemstillinger, hvor modellerne kunne anvendes, er det ikke gjort, fordi belastning/virkninger er ubetydelige. Udover de direkte problemstillinger er resultater fra modelleringer brugt som grundlag for andre vurderinger, baseret på ekspertvurderinger

Vurderede faktorer	Modellerede problemstillinger	Anvendte modeller /modelplatforme
Blåmuslinger Virkning af sedimentspild	Virkning af suspenderet sediment fra sedimentspild på muslingerne	MIKE 3 ECO Lab (vandsøjle og muslinger) MIKE 3 FM HD MIKE 3 MT Dynamisk, 3D
Fisk Eksisterende forhold	Sporing af oprindelsessted for fiskelarver og -æg observeret i Femern Bælt-området under undersøgelsen af eksisterende forhold	MIKE 3 ECO Lab (IBM version) MIKE 3 FM HD: Dynamisk, 3D
	Kortlægning af udvalgte fiskearters habitatpræference	HSI-modeller Anvendt (model)data om hydrografi, vandkvalitet og havbundshabitater Statisk, 2D
Virkning af ændringer i habitater	Virkning på fisk som følge af ændringer i habitater, der udnyttes af fiskene (herunder makroalger, ålegræs, muslinger)	HSI-modeller Anvendt (model)data om hydrografi, vandkvalitet og havbundshabitater Statisk, 2D
Vandfugle Eksisterende forhold	Fordeling, bestandsstørrelser og tæthed af vandfugle i Femern Bælt-området	GAM distributionsmodel Semi-dynamisk, 2D (statistisk) Anvendt data fra MIKE 3 FM HD og MIKE 3 ECO Lab Muslinger
Eksisterende forhold og klimaforandringer	Forudsigelse af fremtidig fordeling og tæthed af vandfugle i Østersøen, når der tages hensyn forventede klimaforandringer (to perioder modelleret: 2005 - 2034 og 2065 - 2095; ingen fast forbindelse)	Climate Niche Models Statisk, 2D (statistisk)
Ederfugle Virkning af anlæg og anlægsarbejde	Virkning af anlæg og forstyrrelser fra anlægsarbejde på ederfugle i Femern Bælt (kondition og overlevelse)	IBM Ederfugle (med platformen MORPH) Dynamisk, 2D
Havpattedyr Eksisterende forhold	Beregning af total population og fordeling af marsvin i Femern Bælt-området baseret på udførte tællinger	GAM udbredelsesmodel Statisk, 2D

Note: HD = Hydrografi. CFD = Computational Fluid Dynamics. GAM = Generalized Additive Mode. I HSI = Habitat Suitability Indices. IBM = Individual Based Model

9.4 ANVENDELSE AF KONSEKVENSANALYSEMETODEN

Den generelle metode udgør rammen for vurderingen af virkninger på miljøet i baggrundsrapporterne. Rammen er anvendt i det omfang, det er muligt at gennemføre denne metodiske tilgang, når der samtidig tages hensyn til de vidt forskellige problemstillinger, der gør sig gældende på land og i et dynamisk marint område.

Nærværende VVM-redegørelse redegør for resultaterne af vurderingerne. For en mere udførlig beskrivelse henvises til de respektive baggrundsrapporter. Følgende disponering af vurderingsafsnittene er valgt:

- Indledningsvist beskrives, hvilke delkomponenter der vurderes i det givne afsnit
- I beskrivelsen af hver komponent tages udgangspunkt i betydningen. Herved resumeres de eksisterende forhold (kapitel 10 Eksisterende miljømæssige forhold)
- Hvis særlige forhold gør sig gældende i forhold til den vurderede komponent og 0-alternativet, beskrives det
- Herefter listes vurderingskriterierne og følsomheden for den enkelte delkomponent, hvorved grundlaget for den videre vurdering fastlægges. Omfanget af en given virkning beskrives faktisk (rumlig udbredelse, tidsramme mv.)
- Herefter vurderes omfanget af tab og forringelser
- Afslutningsvis som konklusion på vurderingen beskrives virkningernes væsentlighed, og resultaterne af virkningerne på de enkelte komponenter opsummeres

9.5 NATURA 2000-KONSEKVENSVURDERING

Konsekvensvurderingen i Danmark følger principperne i Habitatbekendtgørelsen (bekendtgørelse nr. 408 af 1. maj 2007) om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter. I Tyskland danner den tyske naturbeskyttelseslovgivning (BNatSchG §§ 34,35) grundlaget for vurderingerne. Vurderingerne udføres i Tyskland efter særskilte retningslinjer i: "Leitfaden zur FFH-Verträglichkeitsprüfung im Bundesfernstrassenbau" (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2004).

Det er Natura 2000-områdernes bevaringsmålsætning og kriterierne for gunstig bevaringsstatus, der danner udgangspunkt for en vurdering af, hvorvidt projektet skader Natura 2000-området eller ej. Da de officielt anvendte kriterier for gunstig bevaringsstatus er deskriptive i deres karakter og ikke omfatter f.eks. eksakte grænseværdier, der kan afgøre, hvorvidt der er tale om skade på Natura 2000-området eller ej, er selve konsekvensvurderingen i sagens natur også deskriptiv.

Baggrunden for den deskriptive konsekvensvurdering er den miljøvurdering, som er gennemført i hele projektets influensområde, og de heri foretagne specifikke analyser af virkningerne af projektets belastninger på miljøfaktorerne. Med henblik på Natura 2000-vurderingen er resultaterne vedrørende de belastninger og naturelementer (naturtyper og arter), der er relevante for Natura 2000-konsekvensvurderingen, uddraget fra analyserne.