

**Deloitte.**



**Ekstern kvalitetssikring**  
VVM-undersøgelse af elektrificering og  
opgradering af strækningen Fredericia-Aarhus

2. oktober 2017

# Indhold

1	Forord	3
2	Resume	4
3	Tekniske løsninger	13
4	Anlægsbudgettet	24
5	Samfundsøkonomi	38
6	Organisering og finansiering	40
7	Mulige besparelser	43
8	Materiale og afholdte møder	45

# 1 Forord

Som led i at sikre det bedst mulige beslutningsgrundlag for Folketingets vedtagelse af store anlægsprojekter på Transport-, Bolig- og Bygningsministeriets område skal der forud for vedtagelse af anlægslove gennemføres en ekstern kvalitetssikring af projekter med en forventet totaludgift på over 250 mio. kr., jf. aktstykke 16 af 24. oktober 2006.

Ekstern kvalitetssikring er en uafhængig vurdering af planlægnings- og anlægsmyndighedens projektgrundlag og anlægsoverslag. Blandt andet vurderes det, om det økonomiske overslag, den tekniske løsningsmodel, projektets organisering og analysen af den samfundsøkonomiske rentabilitet har en tilfredsstillende kvalitet.

Denne rapport sammenfatter den eksterne kvalitetssikrings vurdering af elektrificeringsplanerne i VVM-undersøgelsen vedrørende elektrificering og hastighedsopgradering af jernbanen mellem Fredericia og Aarhus med dertilhørende anlægsbudget, samfundsøkonomisk analyse og planer for udbud og organisering. VVM-undersøgelsen vedrørende elektrificering af strækningen fra Fredericia til Aarhus omfatter de forberedende arbejder til elektrificeringen, herunder udskiftning og ombygning af en række broer eller sporsænkninger på strækningen for at sikre tilstrækkelig plads til køreledningsanlægget. Undersøgelsen omfatter desuden selve etableringen af kørestrømsanlægget på hele strækningen. Etableringen af kørestrømsanlægget er omfattet af en allerede indgået kontrakt med Aarsleff-Siemens, hvorfor de økonomiske og tekniske forhold omkring kørestrømsanlægget ikke er en del af denne eksterne kvalitetssikring. Læsning af nærværende rapport forudsætter forudgående kendskab til grundlaget for og indholdet af VVM-redegørelsen og Elektrificeringsprogrammet samlet set.

Den eksterne kvalitetssikring er gennemført i henhold til Transport-, Bolig- og Bygningsministeriets notat af 2012, *Kvalitetssikring af VVM-redegørelser – Opgavebeskrivelse for ekstern kvalitetssikring af beslutningsgrundlag på niveau 2 (VVM)*.

Denne kvalitetssikring er gennemført sideløbende med den eksterne kvalitetssikring af elektrificering af Nordvestbanen, der ligeledes er gennemført af Deloitte. Dette betyder, at kvalitetssikringen desuden har omfattet en vurdering af konsistensen i forhold til eksempelvis prissætning på tværs af de to projekter.

VVM-undersøgelsen og dermed også den eksterne kvalitetssikring er af hensyn til den politiske beslutningsproces for projekterne under Togfonden opdelt i to faser. Første fase omfatter det tekniske grundlag og den tilhørende anlægsøkonomi for elektrificeringen. Anden fase omfatter beskrivelse af de miljømæssige forhold, Banedanmarks håndtering af høringssvarene, de samfundsøkonomiske effekter af og planer for organisering og udbud af elektrificeringen af strækningen. Den første del af den eksterne kvalitetssikring er gennemført i perioden fra marts til april 2017, mens anden del er gennemført i september 2017. Den samlede kvalitetssikring er gennemført af Deloitte Consulting (Deloitte) i samarbejde med britiske Mott MacDonald.

Thomas Riisom  
Partner

## 2 Resume

Dette kapitel indeholder en opsummering af baggrunden for og indholdet af kvalitetssikringen og en beskrivelse af anlægsprojektet og de vurderinger, der ligger til grund for den eksterne kvalitetssikrings samlede konklusion. Kapitlet har således til formål at give en kort introduktion til den VVM-undersøgelse, der er genstand for den eksterne kvalitetssikring, og resultatet af kvalitetssikringsforløbet. Baggrunden for de enkelte vurderinger og dermed også den samlede konklusion er uddybet i de følgende kapitler.

Samlet vurdering af og konklusion på den eksterne kvalitetssikring kan findes i afsnit 2.3 og 2.4.

### 2.1 Baggrunden for og indholdet af kvalitetssikringen

Med den politiske aftale *En moderne jernbane – udmøntning af Togfonden DK* af 14. januar 2014 mellem den daværende regering (S, SF og R), Dansk Folkeparti og Enhedslisten blev det besluttet at investere i det danske jernbaneanet, blandt andet med det formål at reducere rejsetiden mellem København, Odense, Aarhus og Aalborg. Med *Timemodellen – det danske højhastighedskoncept* blev visionen om at kunne rejse hurtigere med tog mellem Danmarks større byer grundlagt. Elektrificering og hastighedsopgradering af strækningen mellem Fredericia og Aarhus er ét blandt mange projekter, der tilsammen skal realisere timemodellens vision.

Figur 1. Elektrificering og hastighedsopgradering af strækningen Fredericia-Aarhus



Kilde: <http://www.bane.dk/visBanearbejde.asp?artikelID=21914> (10-04-2017)

Denne rapport omhandler udelukkende den eksterne kvalitetssikring af de forberedende arbejder til elektrificering af strækningen Fredericia-Aarhus. Ekstern kvalitetssikring af hastighedsopgraderingen på strækningen og opgradering af Aarhus H sker separat.

Elektrificering af strækningen indebærer dels en række forberedende arbejder i forhold til de eksisterende broer for at skabe plads til kørestrømsanlægget, dels selve etableringen af kørestrømsanlægget. Etableringen af kørestrømsanlægget er omfattet af en allerede indgået kontrakt med Aarsleff-Siemens. Den eksterne kvalitetssikring omhandler derfor ikke undersøgelse af de tekniske løsninger relateret til etableringen af selve køre-

strømsanlægget. Kvalitetssikringen er således udelukkende fokuseret på klargøring af den eksisterende jernbane til elektrificeringen og dermed sikring af plads til køreledninger under et stort antal eksisterende broer på strækningen. Behovet for frihøjde til kørestrømsanlægget betyder sporsænkninger, hævnning af eksisterende broer, etablering af nye brokonstruktioner og permanent nedlæggelse af broer.

VVM-undersøgelsen består af en sammenfattende VVM-redegørelse og en anlægsbeskrivelse. Af hensyn til den politiske beslutningsproces er VVM-processen og dermed også den eksterne kvalitetssikring opdelt i to faser. Første fase af kvalitetssikringen er udført i perioden fra marts til april 2017 og omfatter beskrivelsen af de tekniske løsninger, anlægsbudget og risikoanalyse. Anden fase af kvalitetssikringen forventes udført i august og september 2017 og omfatter beskrivelsen af projektets miljømæssige forhold, samfundsøkonomiske effekter og planer for organisering og udbud.

Foruden VVM-redegørelse og anlægsbeskrivelse er det tekniske og miljømæssige grundlag for VVM-undersøgelsen beskrevet og dokumenteret på et mere detaljeret niveau i en række fagnotater, tekniske notater og kortbilag. Risikoanalysen er beskrevet og dokumenteret i et risikoregister og tilhørende risikonotat. Den eksterne kvalitetssikring har ikke fået forelagt Banelandmarks endelige beslutningsgrundlag med beskrivelse af anlægsøkonomi, væsentligste risici og samfundsøkonomiske forhold. Konklusionerne i denne kvalitetssikringsrapport er derfor draget under forudsætning af, at det endelige beslutningsgrundlag afspejler den underliggende dokumentation, der er forelagt den eksterne kvalitetssikring. Grundlaget for kvalitetssikringen er oplistet i denne rapportes kapitel 8.

Grundlaget for VVM-undersøgelsen i form af de tekniske løsninger for broarbejderne er udført af tre forskellige tekniske rådgivere: COWI, Rambøll og Atkins. COWI og Rambøll er rådgivere på løsninger, der involverer nye brokonstruktioner, brohævninger, sporsænkninger mv., mens Atkins er rådgiver på nedlægningsløsningerne. Den valgte organisering kan potentielt have betydning for VVM-undersøgelsens og dermed også anlægsoverslagets konsistens, hvorfor den eksterne kvalitetssikring er tilrettelagt og gennemført med fokus på blandt andet denne potentielle problemstilling.

## 2.2 Anlægsprojektet, anlægsøkonomi og risici

I alt berøres 43 broer på strækningen fra Fredericia til Aarhus, herunder figurerer tre broer som tilvalgsbroer. De tre tilvalgsbroer er broer, der befinder sig på DSB-ejede baneområder og er derfor omfattet af en anden beslutningsproces. Beslutningsgrundlaget og det tilhørende anlægsbudget omfatter dermed kun 40 broer.

De tekniske løsninger består typisk af 1-2 undersøgte løsninger vedrørende de enkelte broer, der omfatter ombygning, nedrivning og/eller etablering af en ny bro, eventuelle sporarbejder i forbindelse med sporsænkning, etablering af bygværker til forsyning mv. og tilhørende arbejder i form af jordarbejder, afvanding, ændringer i eksisterende konstruktioner samt forsynings- og sikringsanlæg.

Som led i VVM-undersøgelsen har Banelandmark være i dialog med de berørte kommuner langs strækningen. Dialogen har blandt andet omfattet løsningsmuligheder for de eksisterende krydsninger af banen. Dette har ført til otte tilvalg eller alternative løsninger, hvor den berørte kommune har foreslået etablering af en ny krydsning et andet sted til erstatning af en eksisterende bro eller udvidelse af en allerede foreslået løsning. Hvis de kommunale alternativer indebærer øgede anlægsomkostninger, forudsætter

### Karakteren af de planlagte broarbejder

Karakteren af arbejderne på de 40 brosteder, der er omfattet af VVM-undersøgelsen, fordeler sig som følger:

- 15 nye broer, inklusive nedlæggelse af den eksisterende bro.
- 13 brohævninger.
- 5 sporsænkninger.
- 6 broer, hvor den endelige løsning ikke er valgt.
- 1 brosted med andre konstruktionsarbejder.

valget af de kommunale løsninger kommunal medfinansiering. Anlægsoverslaget omfatter, jf. nedenfor, således ikke eventuelle supplerende omkostninger, der følger af kommunale alternativer og/eller tilvalg. Som følge af den gennemførte offentlige høring er der foretaget justeringer i de valgte løsninger for i alt otte brolokationer. Disse ændringer af det valgte løsningsalternativ medfører ikke ændring af anlægsoverslagets samlede sum, da merudgifterne til de valgte løsninger dels dækkes af kommunal medfinansiering, dels absorberes af en allerede eksisterende risikopost, hvor der var afsat midler til ændringer som følge af den offentlige høring.

Det samlede anlægsoverslag omfatter desuden omkostninger til:

- Etablering af kørestrømsanlægget (EPAS), der omfatter omkostninger til etablering af master, kabler mv. Omkostningerne er baseret på den kontrakt vedrørende elektrificeringsarbejdet, der er indgået med Aarsleff-Siemens, og erfaringerne fra elektrificeringen af strækningen Esbjerg-Lunderskov.
- Andre forberedende arbejder, der omfatter arbejder, der er relateret til, men ikke omfattet af, kontrakten vedrørende etablering af kørestrømsanlægget. Disse omkostninger omfatter omkostninger til etablering af stærkstrømsanlæg, herunder forsyningsledninger mv., omkostninger til ekspropriationer og rydning af skovarealer og beplantning. Desuden omfatter denne del af budgettet en særlig risikopost, der har til formål at tage højde for en række usikkerheder forbundet med estimatet af forberedelsesarbejderne i form af primært broændringer. Denne særlige risikopost erstatter det efterkalkulationsbidrag (EKB), der normalt indregnes i henhold til principperne for ny anlægsbudgettering
- Konstruktionsarbejder og banetekniske arbejder i forbindelse med Aarhus H. Disse arbejder er omfattet af et særskilt projekt, der er kvalitetssikret af Rambøll, og indgår derfor ikke i nærværende kvalitetssikring.
- Allerede afholdte udgifter, der omfatter projektets andel af administrationen af det samlede elektrificeringsprogram.

I nedenstående tabel fremgår anlægsoverslagets økonomi i form af fysikoverslag, basisoverslag, ankerbudget og samlet anlægsoverslag.

Tabel 1. Anlægsoverslag (mio. kr.)

Hovedposter	Total	Broer	EPAS	Aarhus H	Andre forberedende arbejder	Kommunal medfinansiering af broer	Allerede afholdte udgifter
<b>Fysikoverslag</b>	<b>2.055,71</b>	<b>664,46</b>	<b>744,81</b>	<b>210,29</b>	<b>389,51</b>	<b>-5,36</b>	<b>52,00</b>
EKB (0%)	0	0	0	0	0	0	0
<b>Basisoverslag (Fysikoverslag + EKB)</b>	<b>2.055,71</b>	<b>664,46</b>	<b>744,81</b>	<b>210,29</b>	<b>389,51</b>	<b>-5,36</b>	<b>52,00</b>
Korrektionstillæg K2a (10 %)	<b>200,36</b>	66,44	74,48	21,03	38,95	<b>-0,54</b>	-
<b>Ankerbudget (Basisoverslag + K2a)</b>	<b>2.256,07</b>	<b>730,90</b>	<b>819,29</b>	<b>231,32</b>	<b>428,46</b>	<b>-5,90</b>	<b>52,00</b>
Korrektionstillæg K2b (20 %)	400,72	132,88	148,96	42,06	77,90	-1,08	-
<b>Totaludgift (Ankerbudget + K2b), ekskl. moms</b>	<b>2.656,79</b>	<b>863,78</b>	<b>968,25</b>	<b>273,38*</b>	<b>506,36</b>	<b>-6,98</b>	<b>52,00</b>

\*Under den eksterne kvalitetssikring er det blevet oplyst, at omkostningerne til forberedelse til elektrificering af Aarhus H ligger i intervallet ca. 209-273 mio. kr. (2017-priser). Det forelagte anlægsoverslag er baseret på den øverste del af dette interval.

Det skal fremhæves, at den eksterne kvalitetssikring har fokuseret på undersøgelse af grundlaget for anlægsoverslaget vedrørende broer og andre forberedende arbejder. Dette betyder, at den eksterne kvalitetssikring omfatter cirka 52 procent af det samlede fysikoverslag. Det er således det tekniske grundlag for opgørelse af omkostningerne til etablering af kørestrømsanlægget (cirka 35 procent), udgifter til opgradering af Aarhus H (cirka 10 procent) og allerede afholdte udgifter (cirka 2 procent), der ikke er omfattet af den eksterne kvalitetssikring. Dette skyldes, at opgradering af Aarhus H er eksternt kvalitetssikret af Rambøll i et særskilt projekt. Omkostningerne til etablering af kørestrømsanlægget tager afsæt i den indgåede kontrakt med Aarsleff-Siemens tillagt et korrektionstillæg baseret på erfaringerne fra den nyligt afsluttede elektrificering af strækningen fra Esbjerg til Lunderskov. Banedanmark har i forbindelse med denne kvalitetssikring oplyst, at grundlaget for elektrificeringskontrakten med Aarsleff-Siemens tidligere har været genstand for ekstern kvalitetssikring.

Fysikoverslaget vedrørende de forberedende arbejder omfatter primært arbejde relateret til de 40 broer, der skal ændres, nedrives eller genetableres for at sikre plads til kørestrømsanlægget. Post 3, *broer og konstruktioner*, udgør således cirka 40 procent af det samlede fysikoverslag vedrørende broer og cirka 12 procent af det samlede fysikoverslag, inklusive kørestrømsanlægget, Aarhus H, andre forberedende arbejder og allerede afholdte udgifter.

Som det fremgår af tabel 1 ovenfor, har Banedanmark valgt *ikke* at anvende EKB, hvorfor basisoverslaget er identisk med fysikoverslaget. Banedanmark har i stedet i forhold til broarbejderne valgt at indarbejde *en særlig risikopost* på 80 mio. kr. under anlægsoverslaget vedrørende *andre forberedende arbejder*. Denne risikopost har til formål at tage højde for usikkerheder og risici, der normalt er omfattet af det erfaringsbaserede EKB. Det valgte tillæg svarer til 2 mio. kr. per brosted og udgør cirka 12 procent af det samlede fysikoverslag for broerne og cirka 4 procent af det samlede fysikoverslag. Udover førnævnte risikopost har Banedanmark forud for afslutningen af den eksterne kvalitetssikring tilføjet en risikosumpost på yderligere 12 mio. kr., der skal dække risikoen for fordyrende projektændringer i forbindelse med den kommende offentlige høring.

Desuden har Banedanmark i forbindelse med indarbejdelse af omkostningerne til *kørestrømsanlægget* tillagt en såkaldt korrektionsfaktor på 33 procent af den fysik, der er fastlagt i kontrakten med Aarsleff-Siemens. Dette tillæg er baseret på erfaringerne fra elektrificeringen af strækningen Esbjerg-Lunderskov og er udtryk for omfanget af godkendte tillægsarbejder, ændringer mv.

Det samlede fysikoverslag indeholder således korrektioner på cirka 277 mio. kr., svarende til cirka 14 procent af det samlede fysikoverslag. Baggrunden for og den eksterne kvalitetssikrings vurdering af disse tillæg/korrektioner til anlægsoverslaget er nærmere beskrevet i kapitel 4 og opsummeret i afsnit 2.3.

Banedanmark har under VVM-undersøgelsen identificeret og bearbejdet en række risici. Disse er dokumenteret i en risikolog, som den eksterne kvalitetssikring har gennemgået. Der er identificeret i alt 37 risici, hvoraf de største er opsummeret i tabel 2 på næste side, hvor også den vægtede risikoværdi sammenholdt med værdien af K2a er opsummeret.

Tabel 2. Oversigt over de største risici

	Risikoværdi (mio. kr.)	Sandsynlighed (procent)	Konsekvens (mio. kr.)
<b>Sandsynlighedsvægtet værdi for risici</b>	<b>26,5</b>		
Heraf manglende dispensationer	17,5	10-25	50-120
Heraf manglende entreprenørkapacitet	2,73	3-10	15-50
Heraf ændring af udførelsestidsplan	2,73	3-10	15-50
Heraf ændring af stadiplanlægning	2,73	3-10	15-50
Heraf ændring af projektomfang efter detailundersøgelse	2,73	3-10	15-50
<b>NAB-risikoreserve (K2a)</b>	<b>105</b>		
<b>Balance (reserve minus risiko)</b>	<b>78,5</b>		

Som det fremgår af tabellen, overstiger den risikoreserve, der er allokeret til projektet (bestående af korrektionstillægget K2a), væsentligt risikomiddelværdien, der følger af projektets risikoanalyse. Dette indikerer umiddelbart økonomisk robusthed overfor de identificerede projektrisici. Risikoreserven er desuden robust nok til at rumme maksimumrisikoværdien, der beløber sig til 82 mio. kr. Dette skal dog ses i lyset af, at den eksterne kvalitetssikring har fremsat en række bemærkninger til den gennemførte risikoproces og indholdet af risikoanalysen, hvilket er opsummeret i afsnit 2.3 og uddybende beskrevet i kapitel 4. Den umiddelbare robusthed i projektets økonomi bør derfor ikke tillægges stor betydning på nuværende tidspunkt.

### 2.3 Vurdering

Dette afsnit sammenfatter den eksterne kvalitetssikrings vurdering af hvert af de områder, der er gennemgået i forbindelse med kvalitetssikringen.

#### Tekniske løsninger

Den eksterne kvalitetssikring af de forelagte fagnotater omhandlende miljø, udvalgte dele af det omfattende tekniske grundlag for projektet og de forelagte supplerende informationer fra Banedanmark og deres tekniske rådgivere vedrørende de tekniske løsninger kan på baggrund af en stikprøve bestående af 12 broer opsummeres i følgende konklusioner:

- Projektgrundlaget for broløsningerne vurderes samlet set at være konsistent og på det niveau og afklaringsstade, der med rette kan forventes for en VVM-undersøgelse.
- Projektet omfatter blandt andet en række forudsætninger og antagelser vedrørende grænseflader til Signalprogrammet og en fremtidig hastighedsopgradering, geologiske og hydrologiske forhold, funderingsmæssige forhold og behovet for dispensationer i forhold til gældende fritrumskrav. Det er i lyset af projektets stade den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at disse forudsætninger og antagelser er rimelige og realistiske. Det har dog ikke på det foreliggende grundlag været muligt at foretage en vurdering af, om alle de antagelser og forudsætninger, der er gjort i forbindelse med projektet, er fuldt og tilstrækkelig afspejlet i risikoanalysen, idet der ikke foreligger referater fra de gennemførte risikoworkshops, og beskrivelsen af de identificerede risici er forholdsvis kortfattet. Det anbefales, at der etableres en oversigt over projektets samlede forudsætninger og anbefalinger forud for eller i forbindelse med opstart af en eventuel næste fase af projektet, så det kan sikres, at der på behørig vis tages højde for de afledte risici og følsomheder.



- Der vurderes at være konsistens i tilgang og undersøgelsesniveau for de tre undersøgelseskategorier på tværs af projektets tre tekniske rådgivere. Det vurderes desuden på baggrund af de 12 udvalgte broer, at de tekniske løsninger er tilstrækkelig afdækket og realistiske. Den eksterne kvalitetssikring har i forbindelse med gennemgangen af de udvalgte broer identificeret konkrete risikoforhold og besparelspotentialer. Disse er omtalt i henholdsvis kapitel 4 og kapitel 7.
- Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at projektets forudsætninger og antagelser vedrørende de banetekniske forhold og den afledte håndtering af grænsefladerne mellem elektrificeringen af strækningen og henholdsvis Aarhus Letbane, hastighedsopgraderingen af strækningen og Signalprogrammet overordnet set er håndteret hensigtsmæssigt. Det bemærkes dog, at der ikke er taget højde for omkostninger relateret til grænsefladen til Aarhus Letbane. Den eksterne kvalitetssikring anbefaler, at det tilsikres, at grænsefladen er omfattet af risikoanalysen hørende til etablering af kørestrømsanlægget.
- Vedrørende forsyningsforhold vurderer den eksterne kvalitetssikring, at de gennemførte analyser vedrørende de valgte strømforsyningsstationer viser, at det forudsatte system er robust og understøtter drift i nedbrudsscenerier.
- I forhold til de miljømæssige konsekvenser af projektet har den eksterne kvalitetssikring fundet anledning til at fremhæve forhold og risici vedrørende farlige stoffer. Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at dette emne ikke i tilstrækkeligt omfang er omfattet af risikoanalysen, hvorfor det anbefales, at dette forhold og relaterede risici revurderes i forbindelse med opstarten af projektets næste fase. Derudover vurderer den eksterne kvalitetssikring, at VVM-rapportens beskrivelse af risiko for oversvømmelse og risiko for jordforurening med fordel kan udbygges og nuanceres.

### Anlægsbudgettet

Den eksterne kvalitetssikring af det samlede prismæssige grundlag, uddybende gennemgang af særlig risikobetonede områder, stikprøvegennemgang af priser og mængder for 12 udvalgte broer og *andre forberedende arbejder* og den til projektet hørende risikoanalyse og risikoproces såvel som de forelagte supplerende informationer fra Banedanmark kan opsummeres i følgende konklusioner:

- Den eksterne kvalitetssikring har ikke fundet anledning til at rejse spørgsmål eller kommentarer til anvendelsen af sumposter i forhold til prissætning af de tekniske løsninger.
- Der er fundet fejl i fremskrivning af udgifter til 2017-niveau. Fejlen er blevet rettet, hvorfor der ikke er yderligere bemærkninger til dette forhold.
- De anvendte enhedspriser vurderes at være gyldige, idet der er tale om erfaringsbaserede enhedspriser, der stammer fra sammenlignelige projekter.
- Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at de anvendte procent-satser til opgørelse af omkostningerne til arbejdsplads er valide, da de er baseret på enten konkrete skøn eller et gennemsnit af en række referenceprojekter. Det anbefales dog, at Banedanmark for fremtidige pro-

jekter med involvering af flere forskellige rådgivere sikrer en konsistent tilgang ved at fastlægge konkrete tværgående principper for opgørelsen.

- Den eksterne kvalitetssikring har identificeret en mindre dobbeltbudgettering af omkostninger til beskyttelses- og potentialudligning (BPU). Fejlen er blevet rettet, hvorfor der ikke er yderligere bemærkninger til dette forhold.
- Der er i anlægsoverslaget ikke anvendt EKB i forhold til at inddæmme manglende viden om de fysiske mængder. Banedanmark har derimod indarbejdet en sumpost til håndtering af konkrete risici og usikkerheder. Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at denne fremgangsmåde er acceptabel og indenfor rammerne af principperne for ny anlægsbudgettering, når der ikke anvendes EKB-satser i basisbudgettet. Det skal dog samtidig fremhæves, at opgørelsen af værdien af sumposten er baseret på et spinkelt erfaringsgrundlag og ikke eksplicit forholder sig til størrelsen af de forventede usikkerheder. Det er derfor den eksterne kvalitetssikrings anbefaling, at Banedanmark fremadrettet anvender en mere metodisk underbygget tilgang til opgørelse af de mængdemæssige usikkerheder i projektet. En sådan tilgang kan med fordel tage afsæt i det erfaringsbaserede EKB, der justeres i forhold til det konkrete projekt, hvor projektets niveau og afklaringsstade sammenholdes med niveau og afklaringsstade for erfaringsgrundlaget og eventuelt justeres yderligere i lyset af særlige risikofaktorer.
- Den eksterne kvalitetssikring finder desuden anledning til at fremhæve, at den indregnede mængdeusikkerhed for kontrakten vedrørende kørestrømsanlægget vurderes at være meget stor, når der er tale om en allerede indgået kontrakt. Den eksterne kvalitetssikring tager samtidig til efterretning, at usikkerheden er baseret på godkendte ændringer og krav fra elektrificeringen af strækningen Esbjerg-Lunderskov.
- Samlet har den stikprøvemæssige gennemgang af de anvendte mængder og enhedspriser identificeret få ugyldige forhold i form af en fejlbehæftet enhedspris og uoverensstemmelser i de anvendte mængder i forhold til mængder i den tekniske dokumentation. Da der dog er tale om meget begrænsede økonomiske konsekvenser for det samlede anlægsbudget, er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at det er tilstrækkeligt, at Banedanmark eller deres rådgivere gennemfører en afsluttende kontrol af de identificerede forhold.
- På baggrund af den gennemførte risikoproces og den foreliggende risikolog er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at håndteringen af usikkerheder og risici ikke har fået tilstrækkeligt fokus i VVM-processen til at understøtte dels en fuldstændig risikoanalyse, dels det fremadrettede arbejde med projektet og dets risici. Særligt vurderes risikoanalysen ikke at have sikret et fuldstændigt billede af de samlede risici, idet tilgangen til risikoanalysen ikke har fokuseret på udbredelsen af de enkelte risici i forhold til det samlede antal brosteder. Desuden indeholder risikorapporten ikke en oversigt over mitigerende tiltag for de enkelte risici, hvorfor det vurderes at være vanskeligt at sikre kontinuerlig opfølgning på de enkelte risici i det videre arbejde med projektet.

Den eksterne kvalitetssikring anbefaler på denne baggrund, at der som det første i en eventuel næste fase af projektet afholdes en ny risikoworkshop med deltagelse af de tre tekniske rådgivere. Workshopen bør have særligt fokus på fastlæggelse af sandsynlighed og konsekvens un-

der hensyntagen til omfanget af potentielt berørte broer. Der bør desuden identificeres konkrete mitigerende tiltag, ligesom den fagdisciplin, der i den fremadrettede projektering bør være ansvarlig for opfølgning på de enkelte risici under detailprojekteringen, bør identificeres. Forud for gennemførelse af en ny risikoworkshop bør der desuden, jf. ovenfor, etableres en samlet oversigt over projektets forudsætninger og antagelser.

- Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at den gennemførte offentlige høring ikke medfører fordyrelser af projektet eller ændring af risikobilledet.

### **Samfundsøkonomi**

Den samfundsøkonomiske vurdering af projektet tager afsæt i den oprindelige samfundsøkonomiske analyse af elektrificeringsprojekterne under Togfonden, hvorfor der ikke er gennemført analyse af de trafikale effekter af elektrificeringen af strækningen.

- Den eksterne kvalitetssikring tager den valgte *metode til gennemførelse af samfundsøkonomiske vurderinger* af projektet til efterretning. Dette er begrundet i, at der er tale om en opgørelse af de samfundsøkonomiske effekter for en delmængde af projekterne under Togfonden, og at den gennemførte analyse således udelukkende har til formål at muliggøre sammenligning af de enkelte delprojekter. Det er desuden noteret, at metoden er aftalt med Transport- og Bygningsministeriet. Det skal dog samtidig fremhæves, at den valgte metode ikke afspejler forskellene i de trafikale gener for de forskellige løsningsalternativer, der er forelagt for anlægsarbejderne på Aarhus H.
- Den eksterne kvalitetssikring kan konstatere, at den samfundsøkonomiske analyse er blevet opdateret med aktuelle *tal og priser*.
- Den samfundsøkonomiske analyse viser, at elektrificering af strækningen isoleret set er samfundsøkonomisk rentabel, da nutidsværdien er 2.961 mio. kr., svarende til en intern rente på 7,7 procent.

### **Organisering og finansiering**

Den eksterne kvalitetssikring af projektets planer for organisering og finansiering er foretaget i lyset af, at der ikke på nuværende tidspunkt er udarbejdet en udbudsstrategi for projektet eller er forelagt planer for projektets organisering for den eksterne kvalitetssikring. Den eksterne kvalitetssikring anerkender den valgte fremgangsmåde, men finder dog anledning til at fremhæve, at der i lyset af den konkrete projekttype vil være en række fordele forbundet med en fastlagt udbudsstrategi på nuværende tidspunkt:

- Realisering af besparelspotentialer, der er forbundet med den valgte prissætningsstrategi, hvor det er forudsat, at de enkelte brosteder udføres som selvstændige entrepriser, jf. kapitel 7.
- Reduktion af de risici, der er forbundet med udførelsesforhold og stadsplanlægning, der på nuværende tidspunkt er en del af den risikosum på 2 mio. kr. per brosted, der er indregnet i anlægsbudgettet. På dette område aktualiseres behovet for fastlæggelse af udbudsstrategien af, at der er tale om arbejder på en strækning med et stort koordineringsbehov som følge af en række tilgrænsende projekter.

I forhold til den fremadrettede udbudsstrategi og planerne for projektets organisering anbefaler den eksterne kvalitetssikring, at der tages højde for:

- At udbuddets omfang, herunder det store antal broarbejder, må forventes at lægge et stort pres på det danske rådgiver- og entreprenørmarked, hvilket potentielt kan udgøre et fordyrende element og en udførelsesmæssig risiko for projektet. Dette aktualiseres yderligere af det samlede antal brosteder på hele strækningen fra Fredericia til Lindholm.
  - Banedanmarks erfaringer med styring af et stort og komplekst rådgiverteam bestående af tre forskellige tekniske rådgivere. Dette betyder, at omfanget af og dermed kompleksiteten i det fremadrettede rådgiverteam bør reduceres mest muligt.
- At den fremadrettede organisering af projektet bør tilpasses de forskellige krav og opgaver, der er forbundet med at være bygherre for henholdsvis hoved- og totalentrepriser. Hvor bygherrerollen ved hovedentrepriser er meget tæt på fastlæggelse af krav til udførelsesmetoder, materialer mv., indebærer opgave- og ansvarsfordelingen i totalentrepriser, at en meget stor del af dette ansvar er overdraget til totalentreprenøren og dennes rådgiver. Denne forskel på opgave- og ansvarsfordelingen ved de to entrepriseformer bør af hensyn til en økonomisk effektiv drift af projektet derfor eksplicit afspejles i den interne organisering af projektet.
- Hvordan indkøbet af de andre forberedende arbejder, der ikke er omfattet af kørestrømskontrakten, kan varetages mest hensigtsmæssigt.

#### **Mulige besparelser**

Den eksterne kvalitetssikring har i gennemgangen af de tekniske løsninger og anlægsoverslaget identificeret og fremhævet følgende besparelspotentialer i forhold til de tekniske løsninger:

- Cirka 16 mio. kr. ved realisering af billigere alternativ for bro 20852.
- Cirka 2-5 mio. kr. ved alternativ metode til hævning af bro 20780.

Den eksterne kvalitetssikring har desuden fremsat anbefalinger til den fremadrettede analyse og håndtering af risici, der forventes at understøtte etablering af den fornødne robusthed vedrørende udførelsen af projektet via effektiv risikostyring og -mitigering. Der er således ikke tale om et egentligt besparelspotentiale, men en styrkelse af forudsætningerne for at overholde projektets bevillingsmæssige ramme.

#### **2.4 Konklusion: ingen vægtige forhold**

På baggrund af den eksterne kvalitetssikring er Deloitte ikke bekendt med vægtige grunde til, at der ikke kan træffes beslutning om at gå videre med projektet på baggrund af det beslutningsgrundlag, Banedanmark har fremlagt.

Konklusionen er under forudsætning af, at det beslutningsoplæg, der forelægges til den politiske behandling, indeholder en beskrivelse af anlægsøkonomi, de væsentligste risici og samfundsøkonomiske forhold i overensstemmelse med grundlaget for den eksterne kvalitetssikring.

## 3 Tekniske løsninger

Formålet med dette kapitel er at foretage en vurdering af de opstillede tekniske løsninger og alternativer. Vurderingen er gennemført ved, at den eksterne kvalitetssikring ved kritisk stillingtagen har forholdt sig til, om:

- De foreslåede løsninger er tilstrækkelig afdækket i forhold til projektets nuværende stade.
- De foreslåede løsninger er realistiske, herunder om forudsætninger og antagelser er gyldige.
- De tekniske løsninger er konsistente på tværs af de involverede rådgivere, og om særlige forhold vedrørende broer, baneteknik og forsyninger er håndteret hensigtsmæssigt.
- Beskrivelsen af projektets miljømæssige forhold er undersøgt i september 2017, hvor VVM-redegørelsen er forelagt.

Kvalitetssikringen er gennemført på baggrund af gennemgang af udvalgte dele af det omfattende tekniske grundlag for projektet og supplerende informationer fra Banedanmark og deres tekniske rådgivere. COWI og Rambøll har som tekniske rådgivere deltaget på møder i forbindelse med kvalitetssikringen med henblik på at afklare tekniske spørgsmål.

### 3.1 Niveau og afklaringsstade

Kvalitetssikringen er foretaget på det foreliggende grundlag, og alle vurderinger er afgivet under en forudsætning om, at der ikke fremadrettet foretages ændringer i projektgrundlaget, der har betydning for beslutningsgrundlagets kvalitet og indholdet af anlægsoverslaget.

I forbindelse med VVM-undersøgelsen er de 40 undersøgte broer inddelt i tre forskellige kategorier afhængigt af kompleksiteten af lokaliteten for den enkelte bro og dermed også de tekniske løsninger, der er nødvendige. Inddelingen fremgår af tabel 3 nedenfor.

Tabel 3. Beskrivelse af brokategorier

Kategori	Antal	Karakteristika	Rapporteringsniveau
A	9	Kompliceret lokalitet, der typisk også indebærer banetekniske arbejder, eller hvor det på anden vis ikke kun er den specifikke lokalitet, der berøres.	Teknisk notat med redegørelse for undersøgte løsninger, herunder også senere fravalgte løsninger. Forslag til udførelseslogistik/tidsplan.
B	16	Mindre kompliceret lokalitet, hvor der typisk sker sporsænkning, der dog ikke påvirker andre lokaliteter. Denne kategori indeholder alle broer med tilhørende baneændringer, der ikke er placeret i kategori A.	Teknisk notat med redegørelse for undersøgte løsninger. Mindre omfangsrigt notat end for kategori A.
C	15	Simple lokaliteter uden banetekniske arbejder. Der udføres typisk en ny bro eller en simpel brohævning, der ikke kræver dispensationer.	Dæklade afleveret til miljørådgiveren med tilhørende tegninger.

Variationen i broernes kompleksitet og den tilhørende kategorisering af de enkelte broer er, som det fremgår af foregående side, anvendt til at differentiere undersøgelsesniveauet og dermed også omfanget af det tekniske grundlag på tværs af de tre kategorier. For eksempel er der for kategori A-broerne udarbejdet detaljerede tekniske notater med redegørelse for de undersøgte løsninger, mens der for kategori C-broerne udelukkende er udarbejdet overordnede dækblade ledsaget af tegninger vedrørende de valgte løsninger.

Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at kategoriseringen af de forskellige brolokalteter er foretaget konsistent, ligesom tilgangen til beskrivelsen af de tekniske løsninger indenfor de tre kategorier vurderes at være konsistent.

På denne baggrund er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at projektgrundlaget for broløsningerne samlet set er konsistent og på det niveau og afklaringsstade, der med rette kan forventes for en VVM-undersøgelse.

### 3.2 Centrale forudsætninger og antagelser

VVM-undersøgelsen er baseret på en række antagelser og forudsætninger, der ligger til grund for de valgte løsninger. Den eksterne kvalitetssikring har *ikke* fået forelagt en samlet oversigt over de forudsætninger og antagelser, der ligger til grund for projektet. Den eksterne kvalitetssikring har dog i forbindelse med gennemgangen af det tekniske grundlag for VVM-undersøgelsen identificeret følgende forudsætninger og antagelser:

- Det er forudsat, at Signalprogrammet udrulles på strækningen før gennemførelse af elektrificeringen. Dette er ifølge Banedanmarks oplysninger i overensstemmelse med den anlægsplan, der er forelagt for Folketinget. Det er endvidere forudsat, at der i Signalprogrammet er taget hånd om de potentielle negative effekter, som elektrificeringen kan have på det nuværende signalsystem.
- Det er i forbindelse med VVM-undersøgelsen forudsat, at hastighedsopgradering af strækningen gennemføres før elektrificeringen. Banedanmark har i forbindelse med kvalitetssikringen oplyst, at dette er en grundlæggende forudsætning for elektrificeringen, hvilket også fremgår af den anlægsplan, der er forelagt Folketinget, jf. ovenfor vedrørende Signalprogrammet.
- Der er ikke som led i VVM-undersøgelsen gennemført supplerende undersøgelser af geologiske og grundvandsmæssige forhold, der kan have betydning for særlige foranstaltninger vedrørende håndtering af blød bund, grundvandssænkning mv. Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring oplyst, at risikoen som følge af dette forudsættes at være begrænset og omfattet af projektets risikoanalyse.
- Visse steder vil de ændrede broer have udfordringer med at opfylde kravene til fritrumsprofil. Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring oplyst, at der forudsættes indhentet dispensationer for de konkrete broer.

Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at disse forudsætninger og antagelser i lyset af projektets stade er rimelige og realistiske. Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring oplyst, at der i forbindelse med risikoanalysen for projektet er søgt taget højde for de risici, der følger af de gjorte antagelser og forudsætninger. Den eksterne kvalitetssikring anerkender denne fremgangsmåde. Men da der *ikke* foreligger

referater fra de gennemførte risikoworkshops, og beskrivelsen af de identificerede risici er forholdsvis kortfattet, har det *ikke* været muligt at foretage en vurdering af, om alle de antagelser og forudsætninger, der er gjort i forbindelse med projektet, er fuldt og tilstrækkelig afspejlet i risikoanalysen.

Foruden de førnævnte forudsætninger er der i forbindelse med udarbejdelsen af de tekniske broløsninger og det tilhørende anlægsbudget gjort antagelser om opnåelse af forskellige dispensationer, for eksempel dispensationer for overskridelse af fritrumsprofiler. I forbindelse med den eksterne kvalitetssikring har Banedanmark henvist til referat fra et møde vedrørende dispensationer for strækningen Aarhus-Lindholm. Banedanmark har oplyst, at resultaterne af drøftelserne vedrørende Aarhus-Lindholm antages også at gælde for strækningen Fredericia-Aarhus. Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at der ikke kan foretages en sådan direkte overførsel af konklusionerne, idet der er tale om dispensationer baseret på konkrete fysiske forhold og udførelsesmetoder mv. Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring taget initiativ til afholdelse af et møde med godkendelsesmyndighederne om de forudsatte konkrete dispensationer for strækningen. Mødet forventes afholdt i maj 2017 sideløbende med afslutningen af denne kvalitetssikring.

Under forudsætning af at mødet afholdes, vurderer den eksterne kvalitetssikring, at grundlaget for antagelserne om dispensationsgodkendelser er tilstrækkelig robust. Desuden skal det nævnes, at risikosumposten på 2 mio. kr. per brosted omfatter udgifter forbundet med manglende dispensationer, hvorfor der i et vist omfang er taget højde for eventuelle afviste ansøgninger om dispensation.

Som følge af den manglende oversigt over projektets samlede forudsætninger og antagelser anbefaler den eksterne kvalitetssikring, at denne etableres forud for eller i forbindelse med opstart af en eventuel næste fase af projektet. Det anbefales desuden, at den samlede oversigt over forudsætninger og antagelser inddrages i den risikoproces, der forudsættes gennemført, jf. vurderinger og anbefalinger i kapitel 4 vedrørende projektets usikkerheder og risici.

Den eksterne kvalitetssikring skal samtidig anbefale, at Banedanmark for alle fremadrettede VVM-undersøgelser, herunder for projekterne under Elektrificeringsprogrammet, etablerer en samlet oversigt over forudsætninger og antagelser, så det kan sikres, at der på behørig vis tages højde for de afledte risici allerede i VVM-fasen.

### **3.3 Konstruktionsmæssige forhold – broløsninger**

Som led i den eksterne kvalitetssikring er en række broer blevet udvalgt til stikprøvegennemgang i forhold til de tekniske løsninger. Blandt de brosteder, der er håndteret af henholdsvis COWI og Rambøll, er der udvalgt broer indenfor hver af de tre kategorier (A, B og C) og for de forskellige typer arbejder (brohævning, nyetablering og sporsænkning). I alt er der udvalgt 12 broer – fire broer indenfor hver kategori. De udvalgte broer fremgår af tabel 4 på næste side.

Tabel 4. Broer udvalgt til stikprøvegennemgang

Bro	Lokalitet	Kategori	Teknisk rådgiver	Aktion	Fysikoverslag (mio. kr.)
20622	Ulbækhusvej	C	COWI	Ny bro, nyt sted	17,27
20648	Hovedvej A10	B	COWI	Sporsænkning	21,88
20683	Bjarkesvej	B	Rambøll	Sporsænkning	10,31
20688	Bygholm Parkvej	A	Rambøll	Hævning af brodæk	35,98
20724	Bleldvej	C	Rambøll	Ny bro	13,11
20764	Båstrupvej	B	Rambøll	Hævning af brodæk	12,85
20780	Horsensvej	B	Rambøll	Hævning af brodæk	17,66
20802	Gl. Randersvej	C	Rambøll	Ny bro	11,10
20804	Randersvej	A	Rambøll	Sporsænkning	10,93
20828	Lemmingvej	C	COWI	Ny bro	15,25
20832	Skanderborgvej	A	COWI	Ny bro	39,72
20852	Kongsvang	A	COWI	Ny bro	43,89

De 12 udvalgte broer har været genstand for en dybtgående gennemgang i forhold til de valgte tekniske løsninger, de anvendte forudsætninger og de afledte risici og usikkerheder. Gennemgangen af de udvalgte broer har desuden til formål at vurdere, om der er konsistens i tilgang og undersøgelsesniveau for de tre undersøgelseskategorier på tværs af projektets tekniske rådgivere.

I det følgende beskrives de tekniske forhold i broløsningerne, som den eksterne kvalitetssikring har fundet anledning til at fremhæve. Bemærkninger vedrørende øvrige tekniske og/eller miljømæssige forhold, herunder udførelsestidsplaner, er behandlet i de følgende afsnit. Flere af de udvalgte broer er ikke nævnt, idet gennemgangen af projektgrundlaget ikke har givet anledning til bemærkninger fra den eksterne kvalitetssikrings side. Afledte forhold relateret til anlægsoverslag og/eller risici er behandlet i kapitel 4.

#### Bro 20852 – Kongsvang

Bro 20852 er en sporfletningsbro beliggende i Kongsvang syd for Marselis Boulevard og nord for Skanderborgvej, der overfører ét spor (spor 40), der kører i sydgående retning, og underfører ét godsspor (spor 80), der kører i nordgående retning. Der er trange pladsforhold omkring broen, hvilket indebærer udførelsesmæssige vanskeligheder. Projektet forudsætter desuden en iterativ proces for at fastlægge den optimale sporgeometri, herunder tilslutning til eksisterende spor på hver side af broen.

De undersøgte løsninger indebærer etablering af en ny bro af præfabrikerede betonelementer eller en hævnning af det eksisterende brodæk. Den eksterne kvalitetssikring har stillet spørgsmål til, hvorfor der ikke er undersøgt en løsning med sænkning af spor 80 ved for eksempel at reducere ballasttykkelsen eller etablering af fast sporbefæstelse for at imødekomme de plads- og udførelsesmæssige udfordringer på brostedet. Banedanmark og COWI, der er teknisk rådgiver på den pågældende bro, har oplyst, at en sådan løsning er overvejet, men sidenhen fravalgt, da den vil medføre en betydelig overskridelse af den maksimalt tilladelige hældning for spor 80, hvilket ikke vurderes at være hensigtsmæssigt, idet der er tale om et spor til godstrafik. Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at fravalget af den



alternative løsningsmetode er velbegrunder, og har derfor ikke yderligere kommentarer hertil.

#### **Bro 20764 – Båstrupvej**

De udførelsesmæssige forhold for bro 20764 er relativt komplicerede grundet den bymæssige beliggenhed. Den valgte løsning involverer hævning af brodækket.

Den eksterne kvalitetssikring har fremhævet usikkerhed om, om projektet i tilstrækkeligt omfang tager højde for behovet for stabilisering af broens søjler under udførelse af brohævningen. Rambøll, der er Banedanmarks tekniske rådgiver på den pågældende bro, har anerkendt, at dette forhold kræver særlig opmærksomhed og har i forbindelse med kvalitetssikringen forelagt en række praktiske metoder til at imødekomme udfordringen, der dog ikke er omfattet af anlægsoverslaget. På denne baggrund er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at den forudsatte løsning er behæftet med en række usikkerheder, der potentielt har væsentlig betydning for broens anlægsbudget. Banedanmark har som følge af den eksterne kvalitetssikring valgt at føje en komplikationsfaktor på 20 procent, svarende til cirka 400.000 kr., til de brorelaterede omkostninger i budgettet for at tage højde for usikkerhederne.

Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at dette indebærer en større budgetsikkerhed, men finder dog samtidig anledning til at fremhæve, at der kunne have været foretaget en mere præcis budgettering, hvis dette forhold havde været omfattet af projektets risikoanalyse og håndteret via konkrete mitigerende tiltag, der kunne indregnes i anlægsoverslaget.

#### **Bro 20622 – Ulbækhusvej**

Den foreslåede løsning involverer etablering af en ny bro. I forbindelse med anlægsarbejdet forventes omfattende jordarbejder. Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at der er risiko for, at jernbanens spor konstruktion sætter sig som følge af jordarbejderne, hvorfor der kan opstå et behov for efterfølgende justering af sporet. Banedanmark og COWI, der er teknisk rådgiver på den pågældende bro, anerkender denne risiko, men oplyser samtidig, at der i budgettet ikke er indregnet omkostninger til sporjusteringer, idet denne risiko vurderes at være meget begrænset.

Den eksterne kvalitetssikring har i forlængelse af dette svar konstateret, at hverken risikoregisteret eller risikosumposten på 2 mio. kr. per brosted synes at omfatte en risiko for omkostninger til sporjusteringer. Det vurderes dog, at den økonomiske konsekvens af dette vil være forholdsvis begrænset, idet der ikke er identificeret yderligere brosteder med tilsvarende problemstillinger. Det anbefales dog, at der er fokus på problemstillingen i det fremadrettede arbejde med projektet og de tilhørende risici.

#### **Bro 20683 – Bjarkesvej**

Den foreslåede løsning involverer en sænkning af sporet, der besværliggøres af broens bymæssige beliggenhed. Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at den forudsatte sænkning af sporet på 470 mm kan medføre et behov for understøtning af broens fundamenter. Banedanmark og Rambøll, der er den tekniske rådgiver på denne bro, har oplyst, at der ikke er budgetteret med omkostninger relateret til fundamentunderstøtning. Risikoen for disse arbejder er vurderet at være så lav, at den er omfattet af risikosumposten på 2 mio. kr. per brosted.

Ifølge det forelagte risikonotat omfatter risikosumposten blandt andet risikoen for merudgifter relateret til fundering, hvorfor den eksterne kvalitetssikring ikke har yderligere bemærkninger til dette forhold.

### **Opsummering**

Med afsæt i gennemgangen af de 12 udvalgte broer har den eksterne kvalitetssikring ikke identificeret så væsentlige forhold, at der er fundet anledning til at udvide den tekniske granskning til de resterende brosteder.

### **3.4 Udførelsestidsplaner**

Den eksterne kvalitetssikring har gransket udførelsestidsplanerne for de udvalgte broer. For størstedelen af tidsplanerne er der ingen anmærkninger, mens tidsplanerne for enkelte af brostederne har givet anledning til en nærmere drøftelse mellem den eksterne kvalitetssikring og Banedanmark og deres rådgivere. I det følgende fremhæves de væsentligste bemærkninger til projektets udførelsestidsplaner.

For bro 20764 (Båstrupvej), hvor den valgte løsning indebærer en brohævning og efterfølgende omfattende jord- og belægningsarbejder, er der forudsat en udførelsestid på 4-6 måneder. Den eksterne kvalitetssikring har stillet spørgsmål til grundlaget for denne tidshorizont og dermed realismen i forudsætningerne. Rambøll, der er rådgiver på den pågældende bro, har rådført sig hos en byggeleder med erfaring fra tilsvarende broarbejder. Erfaringsmæssigt kan selve brohævningen klares på få uger, hvorfor der vurderes at være afsat forholdsvis lang tid til de efterfølgende arbejder. Der er ikke i forbindelse med kvalitetssikringen forelagt referenceprojekter som grundlag for vurderingen. Den eksterne kvalitetssikring finder på dette grundlag anledning til at anbefale, at der i det fremadrettede arbejde med projektet foretages en revurdering af udførelsestidsplanen for arbejderne på dette brosted, og at der så vidt muligt iværksættes mitigerende tiltag til reduktion af risikoen for tidsmæssige forsinkelser.

For bro 20802 (Gl. Randersvej), hvor den valgte løsning indebærer nedrivning af eksisterende bro og opførsel af ny bro, er der forudsat en udførelsestid på 6-9 måneder. Da projektet og dermed også udførelsestidsplanen er baseret på et sparsomt geoteknisk grundlag, er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at udførelsestiden er forbundet med visse risici for forsinkelser som følge af uforudsete arbejder. Rambøll, der er rådgiver på den pågældende bro, har oplyst, at de supplerende geotekniske undersøgelser vil blive udført tidsnok til at gøre eventuelle foranstaltninger, der sikrer overholdelse af den nuværende udførelsestidsplan. Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at dette er tilstrækkeligt til at imødegå de omtalte risici.

Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at alle spørgsmål, der er rejst vedrørende tidsplaner, er blevet besvaret af Banedanmarks tekniske rådgivere i tilfredsstillende omfang. Desuden er risici relateret til forsinkelse af udførelse omfattet af risikoanalysen. Baseret på ovenstående har den eksterne kvalitetssikring ikke yderligere bemærkninger til projektets udførelsestidsplaner.

### **3.5 Banetekniske forhold**

Da projektet kun i begrænset omfang indebærer ændringer i de banetekniske forhold i form af konkrete sporsænkninger, har den eksterne kvalitetssikring fokuseret på projektets håndtering af grænsefladerne mellem elektrificeringen af strækningen og henholdsvis Aarhus Letbane, hastighedsopgraderingen på strækningen og Signalprogrammet.

### **Aarhus Letbane**

Der er en kritisk grænseflade mellem jernbanen fra Fredericia til Aarhus og Aarhus Letbane vedrørende EMC (electromagnetic compatibility), der skyldes, at de to jernbaner benytter forskellige typer kørestrømsanlæg. De to forskellige typer kørestrømsanlæg kan potentielt påvirke hinanden negativt de steder, hvor de to jernbaner løber i nærheden af hinanden, hvilket kan medføre et behov for mitigerende foranstaltninger. Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring oplyst, at udgifter til mitigerende tiltag falder under korrektionsfaktoren på 33 procent, der er tillagt udgifterne til elektrificeringsarbejderne, jf. afsnit 4.1.

Den eksterne kvalitetssikring finder anledning til at fremhæve, at korrektionsfaktoren stammer fra erfaring med elektrificering af strækningen Esbjerg-Lunderskov, hvor en tilsvarende EMC-grænseflade *ikke* har været til stede. Derfor kan det ikke forventes, at korrektionsfaktoren for kørestrømsanlægget tager højde for mitigerende tiltag til denne grænseflade. Banedanmark har oplyst, at der senere i projektførelsen vil blive gennemført en række studier, der skal afklare omfanget af EMC-relaterede udfordringer og relaterede mitigerende tiltag. Først da er det muligt at vurdere de omkostninger, der er afledt af grænsefladen. Den eksterne kvalitetssikring anerkender dette, men ønsker at fremhæve, at der her er tale om et forhold, der på nuværende tidspunkt ikke er omfattet af projektets risikoanalyse, hvilket er problematisk, da EMC-grænsefladen må forventes at føre til omkostninger af en vis størrelse. Grænsefladen er relateret til etablering af kørestrømsanlægget, som er omfattet af kontrakten med Aarsleff-Siemens, og den eksterne kvalitetssikring anbefaler, at det tilsikres, at grænsefladen er omfattet af den tilhørende risikoanalyse.

### **Hastighedsopgradering**

Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at grænsefladen mellem elektrificeringen og hastighedsopgradering på strækningen er kritisk, da begge projekter kan føre til ændringer i jernbanesporets geometri og beliggenhed, hvilket er forbundet med store omkostninger. Banedanmark har oplyst, at hastighedsopgraderingen forudsættes udført før elektrificeringen, hvilket betyder, at der ikke er risiko for, at hastighedsopgraderingen påvirker elektrificeringen og det dertilhørende anlægsbudget. Desuden har Banedanmark oplyst, at en aflysning af hastighedsopgraderingen ikke vil have negative konsekvenser for elektrificeringen.

Den eksterne kvalitetssikring anerkender, at elektrificeringen af strækningen og de tilhørende arbejder og anlægsbudget beror på ovenstående antagelser, men ønsker dog at fremhæve problematikken ved en eventuel forsinkelse af hastighedsopgraderingen. Hvis de gældende forudsætninger om projekternes udførelsesrækkefølge ændres som følge af en eventuel forsinkelse af Signalprogrammet, må det forventes at medføre væsentlige omkostninger.

### **Signalprogrammet**

Hvis implementeringen af det nye signalsystem på strækningen forsinkes, skal det sikres, at de etablerede køreledningsmaster ikke hindrer udsynet fra lokomotivet til signal- og skiltestandere længere fremme. Banedanmark har oplyst, at ansvaret for at sikre tilstrækkelig signal- og skiltesynlighed ligger hos Aarsleff-Siemens, der varetager selve elektrificeringen. Sikring af tilstrækkelig synlighed er en fundamental del af projekteringen af køreledningsanlæg, hvorfor den eksterne kvalitetssikring antager, at dette aspekt allerede er indeholdt i de udgifter til elektrificeringsarbejdet, der er angivet i anlægsbudgettet.

Den eksterne kvalitetssikring har, udover førnævnte grænseflade, forholdt sig til risikoen for, at det kommende kørestrømsanlæg påvirker det nuværende signalsystem negativt. Hertil har Banedanmark svaret, at der ikke tændes for kørestrømmen, før det nye signalsystem er fuldt implementeret, hvorfor denne risiko ikke er til stede.

Den eksterne kvalitetssikring har endelig identificeret en kritisk grænseflade i form af placering af forskelligt signalteknisk udstyr og operationelle grænseflader mellem Signalprogrammet og elektrificeringen i nærheden af eksempelvis neutralsektioner. Da der endnu ikke er foretaget detailprojektering af køreledningsanlægget, er for eksempel neutralsektioners nøjagtige placering ikke fastlagt, hvorfor den eksterne kvalitetssikring vurderer, at der er risiko for merudgifter i forhold til koordinering med Signalprogrammet i de senere faser af elektrificeringsprojektet.

Den eksterne kvalitetssikring anerkender håndteringen af de nævnte grænseflader mellem Signalprogrammet og elektrificeringsarbejderne og har ikke yderligere bemærkninger hertil, men anbefaler dog løbende og grundig håndtering af især sidstnævnte grænseflade.

### **3.6 Forsyningsmæssige forhold**

Som beskrevet indledningsvist i afsnit 2.2, er arbejder og omkostninger relateret til selve elektrificeringen af strækningen ikke omfattet af den eksterne kvalitetssikring. Der er dog et enkelt forhold vedrørende etableringen af selve kørestrømsanlægget, der har givet anledning til spørgsmål fra den eksterne kvalitetssikring. Projektet er baseret på en løsning med én strømforsyningsstation med to transformatorer. Den eksterne kvalitetssikring har efterspurgt en beskrivelse af et driftsscenario, der inkluderer nedbrud i strømforsyningen. Banedanmark har henvist til en rapport, der beskriver diverse operationelle scenarier, herunder et nedbrudsscenario, hvor driften kan opretholdes, dog ved reduceret hastighed.

Den eksterne kvalitetssikring finder den forelagte beskrivelse tilstrækkelig i forhold til at sandsynliggøre de valgte forsyningsløsningers robusthed og har ikke yderligere bemærkninger til dette forhold.

### **3.7 Miljømæssige forhold**

I forhold til de miljømæssige konsekvenser af projektet og beskrivelsen af disse i projektets VVM-redegørelse har den eksterne kvalitetssikring fundet anledning til at fremhæve følgende forhold.

#### **Farlige stoffer**

Det er den eksterne kvalitetssikrings opfattelse, at der i broernes anlægsbudgetter *ikke* er indregnet omkostninger til hverken undersøgelser eller egentlig håndtering af farlige stoffer, hvis de måtte forekomme. Banedanmark har oplyst, at det er forudsat, at forekomsten af farlige stoffer primært vil være forbundet med etableringen af kørestrømsmaster, hvilket er omfattet af kontrakten og dermed også risikoanalysen vedrørende kørestrømsanlægget.

Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at der også kan opstå behov for håndtering af farlige stoffer i forbindelse med nedrivning af broer, der er bygget i perioder, hvor særlige materialer, der nu betragtes som skadelige, blev benyttet. De særlige materialer omfatter for eksempel PCB og tungmetaller såsom bly, cadmium og zink. Hverken risikoregistret eller risikosumposten på 80 mio. kr. omfatter de nævnte forhold, hvorfor det bør sikres, at den fremtidige risikoanalyse tager højde for disse forhold.

### **Oversvømmelser**

VVM-redegørelsen indeholder en beskrivelse af, at der i fremtiden må forventes øgede nedbørsmængder, og at der dermed er en øget risiko for oversvømmelser af især lavtliggende områder. Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at der i beskrivelsen ikke lægges tilstrækkelig vægt på forøgelsen af denne risiko på de dele af strækningen, hvor der planlægges sporsænkninger for at gøre plads til kørestrømsanlægget.

Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring henvist til det forelagte fagnotat om klimatilpasninger og den tekniske dokumentation, hvoraf det fremgår, hvordan øgede nedbørsmængder vil blive håndteret ved de enkelte brosteder. Banedanmark har endvidere begrundet den begrænsede prioritering af disse forhold i VVM-rapporten med, at der fra Banedanmarks side i højere grad er fokuseret på de forhold, der direkte berører lodsejerne langs strækningen.

Den eksterne kvalitetssikring anerkender denne prioritering og konstaterer, at forholdene vedrørende oversvømmelser er håndteret tilstrækkeligt i den tekniske dokumentation. Det er dog samtidig den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at beskrivelsen i VVM-redegørelsen med fordel også kunne sætte fokus på særligt udsatte områder, herunder områder med sporsænkning, idet dette vurderes at være relevant for beslutningstagerne. Det anbefales derfor, at beskrivelsen i VVM-redegørelsen udvides for at sikre et så fyldestgørende og nuanceret beslutningsgrundlag som muligt.

### **Jordforurening**

Projektets karakter og de tekniske beskrivelser indikerer, at projektet indebærer risici for jordforurening. Det er dog den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at de relevante forhold omkring risikoen for jordforurening ikke er tilstrækkelig nuanceret beskrevet i VVM-redegørelsen, da redegørelsen ikke oplyser om forventede forureningstyper eller alvoren af de forventede forureningsforekomster.

Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring henvist til det forelagte notat om jord og jordforurening, hvori der redegøres for det forventede omfang af jordforurening og procedurer for håndtering af forurenede jord. Banedanmark har begrundet detaljeringsgraden i VVM-redegørelsen med et ønske om at fokusere på de forhold, der direkte berører lodsejerne langs strækningen, jf. afsnittet om oversvømmelser ovenfor.

Den eksterne kvalitetssikring anerkender denne prioritering og konstaterer, at den overordnede forureningskortlægning og beskrivelse af procedurer for håndtering af forurenede jord vurderes at være tilstrækkelig. Den eksterne kvalitetssikring vurderer dog som nævnt, at beskrivelsen i VVM-redegørelsen mangler detaljer om det forventede omfang af forureningen. Det anbefales derfor, at beskrivelsen i VVM-redegørelsen nuanceres for dermed at styrke beslutningsgrundlaget.

### **Tung trafik**

I VVM-redegørelsen nævnes det, at projektet vil medføre øget kørsel med tunge køretøjer i områderne omkring projektets byggepladser i anlægsperioden. VVM-redegørelsen indeholder dog ingen angivelser af, hvordan indsættelsen af togbusser i anlægsperioden forventes at skabe gener i områderne langs strækningen.

Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring henvist til det forelagte fagnotat om trafikale forhold, hvori der redegøres for de trafikale gener ved anlægsarbejderne omkring de enkelte brosteder. Banedan-

mark har desuden oplyst, at det vurderes, at anlægstrafikken nemt kan komme ud på det overordnede vejnet, hvor belastningen ikke forventes at være udtalt.

Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at beskrivelserne vedrørende de trafikale gener omkring brostederne er beskrevet tilstrækkeligt og anerkender samtidig Banedanmarks prioritering i forhold til beskrivelse af de øvrige trafikale effekter som følge af den valgte fokusering på de borgernære forhold.

### 3.8 Opsamling

Den eksterne kvalitetssikring af de forelagte fagnotater omhandlende miljø, udvalgte dele af det omfattende tekniske grundlag for projektet og de forelagte supplerende informationer fra Banedanmark og deres tekniske rådgivere vedrørende de tekniske løsninger kan på baggrund af de udvalgte 12 broer opsummeres i følgende konklusioner:

- Projektgrundlaget for broløsningerne vurderes samlet set at være konsistent og på det *niveau og afklaringsstade*, der med rette kan forventes for en VVM-undersøgelse.
- Projektet omfatter blandt andet en række *forudsætninger og antagelser* vedrørende grænseflader til Signalprogrammet og en fremtidig hastighedsopgradering, geologiske og hydrologiske forhold, funderingsmæssige forhold og behovet for dispensationer i forhold til gældende fritrumskrav. Det er i lyset af projektets stade den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at disse forudsætninger og antagelser er rimelige og realistiske. Det har dog ikke på det foreliggende grundlag været muligt at foretage en vurdering af, om alle de antagelser og forudsætninger, der er gjort i forbindelse med projektet, er fuldt og tilstrækkelig afspejlet i risikoanalysen, idet der ikke foreligger referater fra de gennemførte risikoworkshops, og beskrivelsen af de identificerede risici er forholdsvis kortfattet. Det anbefales, at der etableres en oversigt over projektets samlede forudsætninger og anbefalinger forud for eller i forbindelse med opstart af en eventuel næste fase af projektet, så det kan sikres, at der på behørig vis tages højde for de afledte risici og følsomheder.
- Der vurderes at være konsistens i tilgang og undersøgelsesniveau for de tre undersøgelseskategorier på tværs af projektets tre tekniske rådgivere. Det vurderes desuden på baggrund af de 12 udvalgte broer, at de *tekniske løsninger* er tilstrækkelig afdækket og realistiske. Den eksterne kvalitetssikring har i forbindelse med gennemgangen af de udvalgte broer identificeret konkrete risikoforhold og besparelspotentialer. Disse er omtalt i henholdsvis kapitel 4 og kapitel 7.
- Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at projektets forudsætninger og antagelser vedrørende de *banetekniske forhold* og den afledte håndtering af grænsefladerne mellem elektrificeringen af strækningen og henholdsvis Aarhus Letbane, hastighedsopgraderingen af strækningen og Signalprogrammet overordnet set er håndteret hensigtsmæssigt. Det bemærkes dog, at der i projektets risikoanalyse ikke er taget højde for omkostninger relateret til grænsefladen til Aarhus Letbane. Den eksterne kvalitetssikring anbefaler, at der tagets højde for dette forhold i forbindelse med en revideret risikoanalyse, jf. afsnit 4.3.
- Vedrørende *forsyningsforhold* vurderer den eksterne kvalitetssikring, at de gennemførte analyser vedrørende de valgte strømforsyningsstationer

viser, at det forudsatte system er robust og understøtter drift i nedbrudsscenarier.

- I forhold til de *miljømæssige konsekvenser* af projektet har den eksterne kvalitetssikring fundet anledning til at fremhæve forhold og risici vedrørende farlige stoffer. Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at dette emne ikke i tilstrækkeligt omfang er omfattet af risikoanalysen, hvorfor det anbefales, at dette forhold og relaterede risici revurderes i forbindelse med opstarten af projektets næste fase. Derudover vurderer den eksterne kvalitetssikring, at VVM-rapportens beskrivelse af risiko for oversvømmelser og risiko for jordforurening med fordel kan udbygges og nuanceres.

På denne baggrund er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at de tekniske løsninger er tilstrækkelig afdækket, realistiske og konsistent håndteret på tværs af de involverede rådgivere, men at VVM-redegørelsen kunne være mere præcis omkring enkelte risikoforhold og gener.

## 4 Anlægsbudgettet

Formålet med dette kapitel er at vurdere anlægsmyndighedens basisbudget, herunder foretage en vurdering af, om forudsætningerne er relevante og dokumenteret. Vurderingen er gennemført ved:

- Gennemgang af det samlede prismæssige grundlag, herunder anvendelsen af erfaringsbaserede tillæg.
- Uddybende gennemgang af områder, der efter den eksterne kvalitetssikrings opfattelse er særlig risikobetonede.
- Stikprøvegennemgang af priser og mængder.
- En vurdering af den til projektet hørende risikoanalyse, herunder sammenligning af projektets risikoværdi med størrelsen af korrektionstillægget.
- En vurdering af Banedanmarks håndtering af svarene fra den offentlige høringsproces og de deraf følgende konsekvenser for projektets anlægsoverslag og risikobillede.

Den eksterne kvalitetssikring har taget afsæt i anlægsbudgettet med tilhørende dokumentation i form af prisreferencer og underliggende tekniske beskrivelser. Kvalitetssikringen er desuden understøttet af en løbende afklaring mellem Banedanmarks projektledelse og den eksterne kvalitetssikring.

Det bør indledningsvist bemærkes, at omkostningerne til selve kørestrømsanlægget er baseret på den indgåede kontrakt med Aarsleff-Siemens, hvorfor grundlaget for disse omkostninger ikke har været inkluderet i den eksterne kvalitetssikring. Ligeledes indgår udgifterne til arbejder på Aarhus H ikke i kvalitetssikringen, da disse hører under et separat projekt. Endelig er omkostninger til allerede afholdte udgifter ikke en del af granskningen under den eksterne kvalitetssikring, idet der ifølge det oplyste er tale om en andel af de samlede omkostninger til Elektrificeringsprogrammet.

Som følge af den offentlige høring har Banedanmark foretaget en række ændringer i projektet i form af blandt andet ændrede løsningsforslag vedrørende i alt otte broarbejder, hvilket har affødt mindre ændringer i anlægsoverslaget. Konsekvenserne af høringssvarene og den eksterne kvalitetssikrings vurdering af Banedanmarks håndtering af disse er beskrevet nedenfor i afsnit 4.4.



#### 4.1 Ankerbudgettet

Det samlede fysikoverslag for elektrificering af strækningen Fredericia-Aarhus udgør, jf. tabel 5 nedenfor, 2.056 mio. kr., hvilket svarer til en totaludgift, inklusive K2a og K2b, på 2.657 mio. kr., eksklusive moms.

Tabel 5. Samlet oversigt over anlægsbudgettet (mio. kr.)

Hovedposter	Total	Broer	EPAS	Aarhus H	Andre forberedende arbejder	Kommunal medfinansiering af broer	Allerede afholdte udgifter
1 – Sporanlæg	27,82	26,40	-	1,42	-	-	
2 – Anlægsarbejder	126,56	126,55	0,02	-	-	-	
3 – Broer og konstruktioner	359,94	270,53	-	94,77	-	-5,36	
4 – Kørestrøm	599,45	-	599,45	-	-	-	
5 – Stærkstrøm	108,86	10,92	37,98	2,88	57,07	-	
6 – Sikring og fjernstyring	21,22	2,36		8,05	10,81	-	
7 – Tele	-	-		-	-	-	
8 – Bygninger	0,60	-		0,60	-	-	
9 – Arealer	194,36	14,83		48,72	130,84	-	
10 – Forst	30,81	6,01		-	24,80	-	
11 – Andet	112,69	24,61		-	88,08	-	
12 – Tværgående Omkostninger	473,42	182,27	107,36	53,89	77,90	-	52,00
<b>Fysikoverslag</b>	<b>2.055,71</b>	<b>664,46</b>	<b>744,81</b>	<b>210,29</b>	<b>389,51</b>	<b>-5,36</b>	<b>52,00</b>
EKB (0%)	0	0	0	0	0	0	0
<b>Basisoverslag (Fysikoverslag + EKB)</b>	<b>2.055,71</b>	<b>664,46</b>	<b>744,81</b>	<b>210,29</b>	<b>389,51</b>	<b>-5,36</b>	<b>52,00</b>
Korrektionstillæg K2a (10 %)	<b>200,36</b>	66,44	74,48	21,03	38,95	<b>-0,54</b>	-
<b>Ankerbudget (Basisoverslag + K2a)</b>	<b>2.256,07</b>	<b>730,90</b>	<b>819,29</b>	<b>231,32</b>	<b>428,46</b>	<b>-5,90</b>	<b>52,00</b>
Korrektionstillæg K2b (20 %)	400,72	132,88	148,96	42,06	77,90	-1,08	-
<b>Totaludgift (Ankerbudget + K2b), ekskl. moms</b>	<b>2.656,79</b>	<b>863,78</b>	<b>968,25</b>	<b>273,38*</b>	<b>506,36</b>	<b>-6,98</b>	<b>52,00</b>

\*Under den eksterne kvalitetssikring er det blevet oplyst, at omkostningerne til forberedelse til elektrificering af Aarhus H ligger i intervallet ca. 209-273 mio. kr. (2017-priser). Det forelagte anlægsoverslag er baseret på den øverste del af dette interval.

Som det fremgår af tabel 5, består anlægsoverslaget af en række underområder, der hver især er prissat i forhold til de relevante hovedposter i Banedanmarks overslagssystem.

Underområdet *broer* omfatter omkostningerne til arbejder på de 40 brosteder på strækningen fra Fredericia til Aarhus, der berøres af projektet.

Banedanmark har som led i VVM-undersøgelsen været i dialog med de berørte kommuner om alternative løsningsmuligheder for en række broer. I anlægsbudgettet er der budgetteret med grundløsninger for de broer, hvor kommunale alternativer er drøftet. Hvis en kommune vælger at realisere et dyrere alternativ, afholder kommunen denne udgift. Det betyder, at anlægsbudgettet afspejler Banedanmarks maksimale udgifter til de pågældende broer. Hvis kommunerne realiserer alternativer, der er billigere end de løsninger, der er indregnet i budgettet, reduceres Banedanmarks udgifter tilsvarende.

Det samlede anlægsoverslag omfatter desuden omkostninger til:

- Etablering af kørestrømsanlægget (EPAS), der omfatter omkostninger til etablering af master, køreledninger mv. Omkostningerne er baseret på kontrakten vedrørende elektrificeringsarbejdet, der er indgået med Aarsleff-Siemens, og har på denne baggrund ikke været omfattet af den eksterne kvalitetssikring.
- Andre forberedende arbejder, der er relateret til, men ikke omfattet af, kontrakten vedrørende etablering af kørestrømsanlægget. Disse omkostninger er relateret til omkostninger vedrørende stærkstrømsanlæg, herunder forsyningsledninger mv., omkostninger til ekspropriationer og rydning af skovarealer og beplantning. Desuden omfatter denne del af budgettet to særlige risikoposter: Én, der har til formål at tage højde for en række usikkerheder forbundet med estimatet vedrørende forberedelsesarbejderne i form af primært broændringer, og én, der tager højde for risikoen for, at der opstår projektændringer på baggrund af den forestående høringsproces. Disse poster beskrives nærmere senere i indeværende kapitel.
- Konstruktionsarbejder og banetekniske arbejder koncentreret omkring Aarhus H. Disse arbejder er omfattet af et særskilt projekt, der kvalitets sikres af Rambøll, og indgår derfor ikke i nærværende kvalitetssikring.
- Allerede afholdte udgifter, der omfatter projektets andel af administrationen af det samlede elektrificeringsprogram og har som omkostningerne til EPAS ikke været omfattet af den eksterne kvalitetssikring.

Ankerbudgettet er udarbejdet ved hjælp af Banedanmarks overslagssystem på baggrund af mængder beregnet ud fra de valgte tekniske løsninger og enhedspriser fra Banedanmarks og Vejdirektoratets prisbibliotek for tidligere gennemførte anlægsarbejder. Som følge af tilgangen til de tekniske undersøgelser er det kun meget begrænsede dele af anlægsoverslaget, der udgøres af sumposter. De enkelte sumposter, der benyttes, er oftest beskrevet i detaljer i bagvedliggende dokumentation og har derfor ikke karakter af egentlige sumposter. Den eksterne kvalitetssikring har på denne baggrund ikke fundet anledning til at rejse spørgsmål eller kommentarer til anvendelsen af sumposter.

Den eksterne kvalitetssikring har sammenholdt de individuelle anlægsbudgetter for brostederne med det samlede anlægsbudget for at kontrollere, at beløb er blevet ført korrekt over i det samlede budget. Ved denne kontrol er der ved en række broer konstateret uoverensstemmelser, der beløber sig til i alt cirka 24 mio. kr. Banedanmark har i forbindelse med kvalitetssikringen rettet disse fejl og forelagt et nyt samlet budget og budgetter for de pågældende broer. Ved denne gennemgang har den eksterne kvalitetssikring desuden konstateret, at de anvendte beløb for de enkelte broløsninger altid udgøres af det dyreste alternativ. Som eksempel kan nævnes de fem brosteder, hvor det endnu ikke er afklaret, om der sker en nedlæggelse af broen eller en nedlæggelse og genopførelse af en ny bro. I disse tilfælde er prisen for nedlæggelse og genopførelse (altså det dyreste alternativ) indregnet i anlægsoverslaget. Forskellen på de dyreste og billigste alternativer for de fem pågældende brosteder udgør i alt 64 mio. kr. Den eksterne kvalitetssikring kan ikke vurdere sandsynligheden for, at ét eller flere af de billigere alternativer realiseres fremfor det dyre alternativ, men kan blot konstatere, at der er budgetteret efter worst case scenario, hvilket kan betyde en overestimering af det samlede anlægsoverslag.

I forbindelse med afslutningen af den eksterne kvalitetssikring er det blevet oplyst, at totaludgifterne til forberedelse til elektrificering af Aarhus H ligger i intervallet ca. 209-273 mio. kr. Som det fremgår af tabel 5 benyttes intervallets øvre grænse på 273 mio. kr. i beregningen af det totale anlægsoverslag, hvilket er yderligere et eksempel på, at anlægsoverslaget udregnes efter worst case scenario hvorved der er risiko for overestimering af det samlede anlægsoverslag.

### **Fremskrivning**

I forbindelse med beregningen af ankerbudgettet fremskrives omkostninger til 2017-niveau. Den eksterne kvalitetssikring har gennemgået budgettet med henblik på at kontrollere fremskrivningen og har i den forbindelse konstateret, at alle omkostninger knyttet til broarbejder manglede fremskrivning med 3 procent, svarende til cirka 19 mio. kr. Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring rettet fejlen og forelagt et nyt ankerbudget. Den eksterne kvalitetssikring har ligeledes konstateret, at udgifter relateret til Aarhus H heller ikke er fremskrevet med 3 procent. Banedanmark har oplyst, at disse omkostninger opdateres løbende og derfor allerede foreligger i 2017-priser, hvorfor fremskrivning ikke er nødvendig. Den eksterne kvalitetssikring har ikke yderligere bemærkninger vedrørende den anvendte fremskrivning.

### **Enhedspriser**

I henhold til retningslinjerne i principperne for ny anlægsbudgettering skal der ved udarbejdelse af ankerbudgettet i videst muligt omfang anvendes erfaringsbaserede enhedspriser, der baseres på realiserede priser fra sammenlignelige projekter. Den eksterne kvalitetssikring har gransket de anvendte pris- og mængdeforudsætninger for anlægsoverslaget. I forbindelse med den eksterne kvalitetssikrings gennemgang er der konstateret enkelte mindre poster, hvor der ikke er indsat reference til et bagvedliggende prisbibliotek. Der er dog tale om så forholdsvis få og omkostningsmæssigt begrænsede poster, at den eksterne kvalitetssikring ikke har fundet anledning til at forfølge disse forhold yderligere.

På denne baggrund er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at de anvendte enhedspriser er gyldige, idet der er tale om erfaringsbaserede enhedspriser, der stammer fra sammenlignelige projekter.

### **Arbejdsplads**

Det bemærkes, at udgifterne til arbejdsplads er beregnet for hvert enkelt broarbejde som en procentdel af summen af hovedposterne 1-11 for den enkelte bro. Den anvendte procentdel varierer mellem 8 og 12 procent på tværs af broerne. Banedanmark har oplyst, at de tekniske rådgivere har haft forskellige tilgange til fastlæggelsen af procentsatserne. Rambøll har foretaget individuelle skøn for hvert enkelt broarbejde, hvorimod COWI har benyttet én procentsats (10 procent) på alle deres broarbejder, der er beregnet som et gennemsnit af 10 referenceprojekter. Den eksterne kvalitetssikring finder ikke anledning til at påtale denne forskel i fremgangsmåde, da begge tilgange er velbegrundede. Det anbefales dog, at Banedanmark for fremtidige projekter, der involverer flere forskellige rådgivere, ved projekt-opstart eller generelt fastlægger principper for tilgangen til opgørelse af omkostninger til arbejdsplads og tilsvarende omkostningstyper.

### **Beskyttelses- og potentialudligning (BPU)**

Den eksterne kvalitetssikring kan konstatere, at anlægsoverslaget omfatter omkostninger til BPU i form af både en kilometerbaseret post gældende for hele strækningen og en række poster i de enkelte brobudgetter. Den eks-

terne kvalitetssikring har sat spørgsmålstegn ved denne potentielle dobbeltbudgettering, der beløber sig til i alt cirka 4 mio. kr. Banedanmark har oplyst, at der er tale om dobbeltbudgettering, hvorfor omkostninger til BPU er blevet fjernet fra de enkelte broers anlægsbudgetter. Den eksterne kvalitetssikring finder anledning til at fremhæve, at den tilsvarende fejl blev identificeret under kvalitetssikringen af projektet for elektrificeringen af strækningen Aarhus-Lindholm. Det anbefales på denne baggrund, at der følges op på håndteringen af denne grænseflade mellem de underliggende budgetter og det samlede anlægsoverslag for de øvrige elektrificeringsprojekter.

#### **Efterkalkulationsbidrag (EKB) og risikoposter i budgettet<sup>1</sup>**

Banedanmark har i dette projekt, på baggrund af den eksterne kvalitetssikrings bemærkninger under kvalitetssikringen af projektet for elektrificeringen af strækningen Aarhus-Lindholm, fjernet EKB og erstattet dette med en risikopost. Risikoposten er baseret på en estimeret risikoværdi på 2 mio. kr. per brosted og dækker følgende tre risikoemner:

1. Udførelsesforhold og stadeplanlægning
2. Broernes tilstand
3. Manglende dispensationer.

Banedanmark har i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring forelagt et notat, der beskriver baggrunden for estimatet på de 2 mio. kr. per brosted. En del af estimatet, der omfatter udførelsesforhold og stadeplanlægning, er baseret på erfaring fra hastighedsopgraderingen af strækningen Hobro-Aalborg (der dog endnu ikke er gennemført) og elektrificeringen af strækningen Esbjerg-Lunderskov (der er under udførelse), hvor et ændret spæringsmønster har medført – eller forventes at medføre – meromkostninger på henholdsvis 70.000 kr. og 2 mio. kr. per brosted. Desuden viser erfaring fra de to projekter, at blødbundsforekomster kan medføre meromkostninger i størrelsesordenen 50.000 kr.-1 mio. kr. per brosted. Det fremsendte risikonotat redegør ikke nærmere for, hvordan de konkrete erfaringer er anvendt, og hvilke andre forudsætninger der ligger bag estimatet på de 2 mio. kr. per brosted.

I lighed med fremgangsmåden for kvalitetssikringen af elektrificeringsprojektet Aarhus-Lindholm har den eksterne kvalitetssikring derfor foretaget en vurdering af hensigtsmæssigheden og robustheden af den valgte fremgangsmåde. På baggrund af afklaringsstadiet for det foreliggende beslutningsgrundlag, Banedanmarks opstilling af risici, der er omfattet af estimatet, og Mott MacDonalds erfaringer fra tilsvarende projekter på verdensplan er der foretaget en vurdering af den anvendte tilgang og estimatets størrelse. Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at sumpostens størrelse er opgjort på et spinkelt erfaringsgrundlag, da det er baseret på to projekter, der ikke er fuldt ud realiseret. Ligeledes påvirkes estimatets robusthed af en meget stor variation i risikoværdierne. Endelig er det med afsæt i det forelagte informationsgrundlag ikke muligt at vurdere erfaringerne fra de udvalgte projekters kvalitet og dermed pålidelighed. Risikosumposten udgør i alt 80 mio. kr. bestående af 40 brosteder á 2 mio. kr. Den eksterne kvalitetssikring ønsker at fremhæve, at risikosumposten tidligere har inkluderet de tre tilvalgsbroer og dermed har udgjort yderligere 6 mio. kr., men da

---

<sup>1</sup> EKB er indføjet som led i principperne for ny anlægsbudgettering for at minimere risikoen for underbudgettering. Der har historisk set været en tendens til systematisk undervurdering af de fysiske mængder. Dette forsøges minimeret ved at tillægge fysikoverslaget et procenttillæg kaldet EKB. Der er intet krav om benyttelse af EKB.

tilvalgsbroerne ikke er omfattet af det forelagte anlægsoverslag, er risikoposten for tilvalgsbroerne efterfølgende flyttet til de individuelle brobudgetter for de tre pågældende broer.

Foruden den ovenfor beskrevne risikosumpost er der for bro 20804 indregnet en særskilt risikopost på 435.000 kr. i broens anlægsbudget, efter den eksterne kvalitetssikring har påpeget en række usikkerheder vedrørende broarbejderne. Tilsvarende er der i budgettet for bro 20764 indlagt en komplikationsfaktor på 20 procent, svarende til cirka 400.000 kr., for at imødegå usikkerheder vedrørende den tekniske løsning. Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at denne fremgangsmåde vidner yderligere om en risikoproces, der mangler en klar metodik, da der, udover risikoregisteret og risikosumposten beskrevet ovenfor, også budgetteres med risici i individuelle brobudgetter.

Senest forud for afslutningen af den eksterne kvalitetssikring har Banedanmark tilføjet en risikosumpost på 12 mio. kr., svarende til cirka 1 procent af det samlede fysikoverslag, for at imødegå en risiko for fordyrelser i form af projektændringer som følge af den forestående offentlige høring. Banedanmark har oplyst, at beløbets størrelse er baseret på et skøn, og at der ikke foreligger konkrete referencer eller beregninger. Samtidig har Banedanmark oplyst, at posten efterfølgende fjernes fra budgettet, hvis høringen ikke giver anledning til nævneværdige projektændringer.

Den eksterne kvalitetssikring anerkender formålet med risikosumposten og det faktum, at beløbets størrelse er vanskelig at fastlægge, men påpeger samtidig, at Banedanmark tilsyneladende ikke har taget afsæt i konkrete referenceprojekter og tilhørende høringsprocesser.

Størrelsen af den samlede risikoværdi, der er indregnet i budgettet, udgør samlet set cirka 14 procent af fysikoverslaget for de broer, der skal udføres af Banedanmark. Henset til omfanget af de risici, der er omfattet af sumposten, vurderes dette at være lavt sat.

Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at den anvendte fremgangsmåde – trods de identificerede svagheder – er acceptabel indenfor rammerne af principperne for ny anlægsbudgettering. Banedanmark har revideret risikoanalysen efter fjernelse af EKB og introduktion af risikosumposten, så der efter det oplyste *ikke* er overlap mellem de risici, der er omfattet af sumposten i anlægsoverslaget, og omfanget af de risici, der er medtaget i risikoanalysen. Den eksterne kvalitetssikring finder dog anledning til at anbefale, at Banedanmark fremadrettet anvender en mere metodisk underbygget tilgang til prissætning og indregning af projekternes usikkerheder og konkrete risici. En sådan tilgang kan med fordel tage afsæt i det erfaringsbaserede EKB, der justeres i forhold til det konkrete projekt, hvor projektets niveau og afklaringsstade sammenholdes med niveau og afklaringsstade for erfaringsgrundlaget og eventuelt justeres yderligere i lyset af særlige risikofaktorer.

I forhold til anlægsbudgettet for kørestrømsanlægget er de kontraktfastsatte mængder fra elektrificeringen af strækningen Esbjerg-Lunderskov tillagt en form for korrektionsfaktor på 33 procent, hvilket svarer til cirka 185 mio. kr. Den anvendte procentsats er ifølge Banedanmarks oplysninger baseret på en opgørelse af de mængdemæssige ændringer under udførelse af elektrificeringen af strækningen Esbjerg-Lunderskov. Jævnfør et forelagt notat har Banedanmark med udgangen af 2016 godkendt ændringer og krav fra kørestrømsentreprenøren Aarsleff-Siemens svarende til en udvidelse af det

oprindelige anlægsbudget på 44,6 procent. Det er Banedanmarks forventning, at en række af disse fordyrende forhold vil gøre sig gældende for elektrificeringen af strækningen Fredericia-Aarhus. Dette omfatter blandt andet anvendelse/fortolkning af eksisterende normer og erkendte dataudfordringer i Banedanmark. En række forebyggende tiltag planlægges iværksat, hvilket er begrundelsen for, at der ikke tillægges de fulde 44,6 procent i forventet mængdeusikkerhed, men derimod blot 33 procent.

Den eksterne kvalitetssikring tager disse erfaringer og vurderinger til efterretning, men finder dog samtidig anledning til at fremhæve, at en mængdeusikkerhed i en indgået kontrakt på 33 procent må betragtes som værende meget stor.

#### 4.2 Stikprøvegennemgang

Den eksterne kvalitetssikring har gennemført en stikprøvevis gennemgang af anlægsoverslaget, hvor sammenhængen mellem de prissatte mængder og det tekniske grundlag kontrolleres. Som følge af at projektet består af en lang række broer, er der taget afsæt i de 12 broer, der også blev udvalgt til gennemgang i forbindelse med kvalitetssikringen af de tekniske løsninger, jf. kapitel 3, tabel 4, ovenfor. Desuden er der foretaget en vurdering af det mængdemæssige grundlag for *andre forberedende arbejder*. Denne tilgang betyder, at stikprøvegennemgangen reelt omfatter samtlige projektets hovedposter.

#### Udvalgte brosteder

Nedenstående tabel Tabel 6 opsummerer sammenligningen af mængder angivet i budgetterne og mængder i den bagvedliggende dokumentation.

Tabel 6. Stikprøvegennemgang af brosteder

Bro	Fysikoverslag (mio. kr.)	Andel af omkostninger til broer (procent)	Samlet vurdering	Bemærkninger
20622	17,27	2,64	Gyldig	
20648	21,88	3,34	Gyldig	Mindre afvigelser i bagvedliggende dokumentation. Korrekte mængder er benyttet i anlægsoverslaget.
20683	10,31	1,58	Gyldig	
20688	35,98	5,50	Gyldig	
20724	13,11	2,00	Gyldig	
20764	12,85	1,96	Gyldig	
20780	17,66	2,70	Gyldig	
20802	11,10	1,70	Gyldig	
20804	10,93	1,67	Gyldig	
20828	15,25	2,33	Gyldig	Mindre afvigelser i bagvedliggende dokumentation. Korrekte mængder er benyttet i anlægsoverslaget.
20832	39,72	6,07	Gyldig	Et mindre beløb relateret til beskyttelses- og potentialudligning har fejlagtigt været inkluderet i broens anlægsoverslag. Fejlen er rettet under kvalitetssikringen.
20852	43,89	6,71	Gyldig	Mindre afvigelser i bagvedliggende dokumentation. Korrekte mængder er benyttet i anlægsoverslaget.

Der er ikke identificeret fejlbehæftede mængdeangivelser i de enkelte broers anlægsbudgetter. Den eksterne kvalitetssikring har dog konstateret, at

der for en række broer har foreligget bagvedliggende dokumentation indeholdende forældede mængdeangivelser.

Gældende for samtlige broers individuelle anlægsbudgetter har den eksterne kvalitetssikring konstateret, at størstedelen af de anvendte mængder er baseret på rådgivernes digitale modeller, hvorfor det ikke har været muligt for den eksterne kvalitetssikring at verificere de pågældende mængder ud fra den forelagte dokumentation i form af tekniske beskrivelser. I forbindelse med kvalitetssikring af et andet projekt, Nordvestbanen, er det konstateret, at cirka 20 procent af anlægsomkostningerne for de enkelte broer er baseret på mængder trukket ud af digitale modeller. Det antages, at denne andel også er retvisende for nærværende projekt, da COWI, der er teknisk rådgiver på Nordvestbanen, også er rådgiver på nærværende projekt. Foruden COWI er Rambøll også rådgiver på projektet og antages at benytte digitale modeller i samme omfang som COWI.

For at tage højde for dette forhold er der i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring afholdt møder med de tekniske rådgivere, hvor rådgivernes procedurer for mængdeberegninger baseret på digitale modeller er blevet demonstreret med afsæt i anlægsbudgettet for broerne 20530 og 20804. Rådgiverne har desuden på mødet redegjort for deres interne kvalitetssikringsprocedurer i forbindelse med mængdeberegningerne og overførsel af disse til anlægsbudgettet for de enkelte broer. Den eksterne kvalitetssikring har i forbindelse med de udvalgte broer fundet fuld overensstemmelse mellem modelberegningerne og de anvendte mængder i anlægsoverslaget. Desuden vurderes rådgivernes interne kvalitetssikringsprocedurer at være solide og hensigtsmæssige.

I kvalitetssikringsprocessen er en lang række spørgsmål om usikkerhed og risici, der er rejst af den eksterne kvalitetssikring, blevet besvaret med henvisning til den førnævnte risikosumpost på 2 mio. kr. per brosted. Den eksterne kvalitetssikring konstaterer, at der i enkelte tilfælde er tale om risici, der jævnfør den forelagte redegørelse for indholdet af de 2 mio. kr. per brosted, ikke er omfattet af det afsatte beløb. Som eksempel kan nævnes bro 20648, hvor den eksterne kvalitetssikring har sat spørgsmålstejn ved, om der er taget højde for risikoen for forekomsten af forurenede jord. Banedanmark og COWI, der er rådgiver på den pågældende bro, har oplyst, at der er budgetteret med håndtering af en vis mængde forurenede jord, og at risikoen for yderligere forekomster og dertilhørende håndtering er dækket af risikoposten på 2 mio. kr. for den pågældende bro.

Den eksterne kvalitetssikring anbefaler derfor, at der i forbindelse med den anbefalede revurdering af projektets risikoanalyse foretages en nærmere vurdering af omfanget af risikosumposten på de 2 mio. kr. per brosted og de residuale risici, der bør være omfattet af risikoanalysen.

#### **Andre forberedende arbejder**

Resultatet af den eksterne kvalitetssikring af sammenhængen mellem de prissatte mængder og den underliggende dokumentation for *andre forberedende arbejder* fremgår af tabel 7 på næste side.

Tabel 7. Stikprøvegennemgang af poster under *andre forberedende arbejder*

Post	Udgift (mio. kr.)	Samlet vurdering	Bemærkninger
BPU	31	Ugyldig	Fejl i enhedspris – rettet sidenhen.
Last mile-fiber	10	Gyldig	
Ekspropriation (boliger, der påvirkes af magnetfelt)	117	Gyldig	
Rydning	9	Gyldig	

Den eksterne kvalitetssikrings gennemgang har konstateret en enkelt fejl relateret til enhedsprisen for BPU. Det bør nævnes, at fejlen i enhedsprisen også blev påpeget i forbindelse med kvalitetssikring af projektet for elektrificering af strækningen Aarhus-Lindholm, der blev gennemført i perioden december-februar 2017. Den eksterne kvalitetssikring har ikke yderligere bemærkninger til de prissatte mængder under *andre forberedende arbejder*.

Samlet har den stikprøvemæssige gennemgang af de anvendte mængder og enhedspriser identificeret få ugyldige forhold i form af en fejlbehæftet enhedspris og uoverensstemmelser i de anvendte mængder i forhold til mængder i den tekniske dokumentation. Da der dog er tale om meget begrænsede økonomiske konsekvenser for det samlede anlægsbudget, er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at det er tilstrækkeligt, at Banedanmark eller deres rådgivere gennemfører en afsluttende kontrol af de identificerede forhold.

#### 4.3 Usikkerhed og risici

Dette afsnit omfatter en vurdering af resultatet af projektets risikovurdering, herunder den anvendte proces, de identificerede risici og risikoanalysens understøttelse af det fremadrettede projektarbejde.

Den eksterne kvalitetssikring er baseret på risikologgen for projektet, et notat vedrørende risikoprocessen og tilgangen til bestemmelse af risikoværdi såvel som møder med Banedanmark om risikoanalysen som helhed.

#### Risikoprocessen

Banedanmark har oplyst, at risikoanalysen for projektet blev indledt med en risikoworkshop, hvor risici for det samlede projekt Fredericia-Lindholm blev identificeret. Risikoanalysen tog afsæt i erfaringer fra tidligere projekter og havde til formål at identificere de risici, der typisk optræder i denne projekttype. Banedanmarks projektledelse og projektlederne for de tekniske rådgivere deltog i den indledende risikoworkshop. Der er *ikke* forelagt dokumentation vedrørende denne indledende workshop, herunder mødereferat og det erfaringsbaserede materiale, der dannede grundlag for workshoppen. Det er således ikke muligt for den eksterne kvalitetssikring at forholde sig til indholdet af grundlaget for og resultatet af den indledende risikoworkshop. Efterfølgende har Banedanmark via e-mail indhentet specifikke risici relateret til strækningen Fredericia-Aarhus.

De identificerede risici er struktureret i en risikolog, der er udarbejdet i værktøjet RamRisk. Der er identificeret i alt 37 risici, der alle består af en risikobeskrivelse, risikoårsag og risikoeffekt og en angivelse af intervaller for sandsynlighed og økonomisk konsekvens. Banedanmark har oplyst, at sandsynlighed og konsekvens er fastlagt på baggrund af konsensus blandt deltagerne. Det skal for en god ordens skyld fremhæves, at flere af de iden-



tificerede risici reelt ikke indeholder en økonomisk værdi og således må betragtes som værende ikkeaktuelle. Alternativt indikerer den manglende angivelse af sandsynlighed og konsekvens for de pågældende risici, at der ikke er foretaget en fuldstændig analyse af de til projektet hørende risici, hvilket kan indebære en barriere for effektiv realisering af projektet.

Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at det ikke tydeligt fremgår, om der på den første risikoworkshop blev foretaget en fuldstændig afdækning af relevante risici, og i hvilket omfang arbejdet har ført til mitigerende tiltag i den efterfølgende projektering. Vedrørende den efterfølgende specificering er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at der er en risiko for, at flere risikoværdier er for lave, set i lyset af at 40 brosteder potentielt bliver berørt. Som eksempel kan nævnes risikoen for ændring af projektomfang som følge af detailundersøgelser, der, jf. tabel 8, har en maksimal risikoværdi på 5 mio. kr. Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at der er risiko for, at der fremadrettet opstår behov for projektering som følge af øget ændret projektomfang, der samlet set beløber sig til væsentlig mere end de 5 mio. kr., der udgøres af den maksimale risikoværdi. Slutteligt vurderes det, at den manglende involvering af tekniske rådgivere ved den seneste revision af risikoanalysen i forbindelse med fjernelse af EKB og introduktion af risikosumposten udgør en risiko for, at de reviderede risikoværdier er fastlagt på et ufuldstændigt grundlag.

### Væsentligste risici

De største risici (baseret på risikoværdi) og den vægtede risikoværdi sammenholdt med værdien af K2a er opsummeret i tabel Tabel 8 nedenfor.

Tabel 8. Oversigt over de største risici

	Risikoværdi (mio. kr.)	Sandsynlighed (procent)	Konsekvens (mio. kr.)
<b>Sandsynlighedsvægtet værdi for risici</b>	<b>26,5</b>		
Manglende dispensationer	17,5	10-25	50-120
Heraf manglende entreprenørkapacitet	2,73	3-10	15-50
Heraf ændring af udførelsestidsplan	2,73	3-10	15-50
Heraf ændring af stadiplanlægning	2,73	3-10	15-50
Heraf ændring af projektomfang efter detailundersøgelse	2,73	3-10	15-50
<b>NAB-risikoreserve (K2a)</b>	<b>105</b>		
<b>Balance (reserve – risiko)</b>	<b>78,5</b>		

Som det fremgår af tabellen, overstiger den risikoreserve, der er allokeret til projektet (bestående af korrektionstillægget K2a) væsentligt risikomiddelværdien, der følger af projektets risikoanalyse. Dette indikerer umiddelbart en tilfredsstillende økonomisk robusthed overfor de identificerede projektrisici. Risikoreserven er desuden tilstrækkelig robust til at rumme maksimumrisikoværdien, der beløber sig til 57 mio. kr.

I forbindelse med den tekniske granskning er der dog identificeret flere risici, der ikke umiddelbart er omfattet af risikologgen eller risikosumposten, der er indarbejdet i anlægsbudgettet. Det drejer sig om følgende:

- Forekomst og håndtering af farligt affald i forbindelse med broarbejder.
- Forsinkelse og fordyrelse af projektet som følge af ugunstige vejrforhold.

Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at den samlede risikoværdi, jf. Tabel 8, umiddelbart er meget lav. Dette skyldes primært tilgangen til risikoprocesen, hvor det ikke vurderes at være sandsynliggjort, at der er foretaget en fuldstændig afdækning af de økonomiske konsekvenser af de enkelte risici. Desuden har den eksterne kvalitetssikring identificeret konkrete risikoforhold, der ikke ses omfattet af den foreliggende risikoanalyse.

### Risikorapporten

Risikorapporten indeholder risikobeskrivelse, sandsynlighed og konsekvens som foreskrevet i principperne for ny anlægsbudgettering. Den eksterne kvalitetssikring bemærker, at der kun i meget begrænset omfang er taget stilling til mitigerende tiltag for de enkelte risici. Derudover bemærkes det, at Banedanmarks projektleder figurerer som ejer af samtlige risici og forfatter til størstedelen af de opfølgende kommentarer i risikologgen. Disse forhold vurderes at indebære en svækkelse af fundamentet for det fremadrettede arbejde med projektets risici og den samlede reduktion af disse.

### Samlet vurdering og anbefalinger

På baggrund af ovenstående forhold relateret til risikoproces og risikolog, der er en central del af principperne for ny anlægsbudgettering, er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at håndteringen af usikkerheder og risici *ikke* har fået tilstrækkeligt fokus i VVM-processen til at understøtte dels en fuldstændig risikoanalyse, dels det fremadrettede arbejde med projektet og dets risici.

Den eksterne kvalitetssikring anbefaler på denne baggrund, at der som det første i en eventuel næste fase af projektet afholdes en ny risikoworkshop med deltagelse af de tre tekniske rådgivere og øvrige relevante fagpersoner. Workshoppens bør have særligt fokus på fastlæggelse af sandsynlighed og konsekvens under hensyntagen til omfanget af potentielt berørte broer. Der bør desuden identificeres konkrete mitigerende tiltag, ligesom den fagdisciplin, der i den fremadrettede projektering bør være ansvarlig for opfølgning på de enkelte risici under detailprojekteringen, bør identificeres.

Forud for gennemførelse af en ny risikoworkshop bør der, jf. anbefalingen i afsnit 3.2, etableres en samlet oversigt over projektets forudsætninger og antagelser.

### 4.4 Høringsproces

I maj og juni 2017 har projektet været i offentlig høring, hvilket har affødt en række spørgsmål, indsigelser og opmærksomhedspunkter fra berørte interessenter. Banedanmark har på den baggrund foretaget ændringer af løsningsforslag vedrørende i alt otte brosteder. Merudgifter forbundet med disse ændringer dækkes dels gennem kommunal medfinansiering, jf. tabel 5, dels gennem en justering af den risikosumpost, der er dedikeret til høringsprocessen, jf. afsnit 4.1.

Den eksterne kvalitetssikring har foretaget en vurdering af, om det forelagte høringsnotat indebærer risiko for ændringer i projektgrundlaget, der ikke er inkluderet i det seneste anlægsoverslag og risikovurdering. I det følgende gennemgås de specifikke punkter, som den eksterne kvalitetssikring har fundet relevant at fremhæve i forbindelse med denne vurdering.

### Bro 20736 Markvangen

Horsens Kommune har tilkendegivet, at de af en række årsager ikke ønsker den foreslåede nedlæggelse af broen. Banedanmark har overfor den eksterne kvalitetssikring oplyst, at der derfor arbejdes videre med en løsning i form af etablering af en ny bro. Banedanmark har desuden oplyst, at den

#### Konkrete emner til ny risikoworkshop

Den eksterne kvalitetssikring anbefaler, at følgende konkrete emner behandles på en ny risikoworkshop:

- Risiko vedrørende forekomst og håndtering af farligt affald i forbindelse med broarbejder.
- Risiko for forsinkelse og fordyrelse af projekt som følge af ugunstige vejrforhold.
- Risici, der allerede fremgår af risikoregistret, men som ikke har fået angivet sandsynlighed eller økonomisk værdi.

pågældende ændring er foretaget allerede i april og dermed er omfattet af det seneste anlægsoverslag. Den eksterne kvalitetssikring har derfor ikke yderligere kommentarer til dette forhold.

#### **Tunnelløsning ved Toftum**

På baggrund af et hørings svar fra en interessent og efterfølgende beslutning fra Vejle Kommune om medfinansiering af én af de kommunale løsninger, der var omfattet af hørings materialet, er det blevet besluttet at realisere en tunnelløsning under banen i nærheden af Toftum. Tunnelløsningen erstatter således ét af de tidligere løsningsforslag, der involverede ekspropriering af Trekantområdets Varmetransmissionsselskabs arealer.

Den eksterne kvalitetssikring har overfor Banedanmark fremhævet, at det ikke klart fremgår af den forelagte dokumentation, om merudgifterne til tunnelløsningen dækkes helt af Vejle Kommunes medfinansiering, eller om Banedanmark vil opleve en merudgift ved denne løsning. Banedanmark har overfor den eksterne kvalitetssikring oplyst, at merudgifterne til tunnelløsningen dækkes af Vejle Kommune på samme måde som ved valget af alternative løsninger for de øvrige brosteder, hvor den pågældende kommune finansierer merudgiften sammenholdt med Banedanmarks grundløsning. Banedanmarks udgifter til løsningen forbliver derfor uændrede. Den eksterne kvalitetssikring har derfor ikke yderligere bemærkninger til dette forhold.

#### **Økonomisk tilskud til støjisolering**

På baggrund af et hørings svar relateret til øgede støjgener har Banedanmark oplyst, at der vil blive tilbudt tilskud til støjdæmpende facadeisolering. Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at potentielle udgifter af denne art hverken er omfattet af seneste anlægsoverslag eller seneste risikoregister.

Banedanmark har overfor den eksterne kvalitetssikring oplyst, at det pågældende hørings svar er relateret til broløsningen ved Toftum, der siden er blevet erstattet af en tunnelløsning, jf. forrige afsnit. Da bekymringerne om øgede støjgener var relateret til broløsningen og ikke den valgte tunnelløsning, betragtes det pågældende hørings svar som værende irrelevant. Den eksterne kvalitetssikring er enig i denne vurdering og har derfor ikke yderligere bemærkninger til forholdet.

På baggrund af de fremhævede forhold relateret til den offentlige høring er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at høringen ikke medfører væsentlige fordyrelser eller et ændret risikobillede.

#### **4.5 Opsamling**

Den eksterne kvalitetssikring af det samlede prismæssige grundlag, uddybende gennemgang af særligt risikobetonede områder, stikprøvegennemgang af priser og mængder for 12 udvalgte broer og *andre forberedende arbejder* og den til projektet hørende risikoanalyse og risikoproces såvel som de forelagte supplerende informationer fra Banedanmark kan opsummeres i følgende konklusioner:

- Den eksterne kvalitetssikring har *ikke* fundet anledning til at rejse spørgsmål eller kommentarer til anvendelsen af *sumposter* i forhold til prissætning af de tekniske løsninger.
- Der er fundet fejl i *fremskrivning* af udgifter til 2017-priser. Fejlen er blevet rettet, hvorfor der ikke er yderligere bemærkninger til dette forhold.

- De *anvendte enhedspriser* vurderes at være gyldige, idet der er tale om erfaringsbaserede enhedspriser, der stammer fra sammenlignelige projekter.
- Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at de anvendte procent-satser for opgørelse af *omkostningerne til arbejdsplads* er valide, da de er baseret på enten konkrete skøn eller et gennemsnit af en række referenceprojekter. Det anbefales dog, at Banedanmark for fremtidige projekter med involvering af flere forskellige rådgivere sikrer en konsistent tilgang ved at fastlægge konkrete tværgående principper for opgørelsen.
- Den eksterne kvalitetssikring har identificeret en mindre dobbeltbudgettering af omkostninger til *beskyttelses- og potentialudligning (BPU)*. Fejlen er blevet rettet, hvorfor der ikke er yderligere bemærkninger til dette forhold.
- Der er i anlægsoverslaget ikke anvendt EKB i forhold til at inddæmme manglende viden om de fysiske mængder. Banedanmark har derimod indarbejdet en sumpost til *håndtering af konkrete risici og usikkerheder*. Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at denne fremgangsmåde er acceptabel og indenfor rammerne af principperne for ny anlægsbudgettering, når der ikke anvendes EKB-satser i basisbudgettet. Det skal dog samtidig fremhæves, at opgørelsen af værdien af sumposten er baseret på et spinkelt erfaringsgrundlag og ikke eksplicit forholder sig til størrelsen af de forventede usikkerheder. Det er derfor den eksterne kvalitetssikrings anbefaling, at Banedanmark fremadrettet anvender en mere metodisk underbygget tilgang til opgørelse af de mængdemæssige usikkerheder i projektet. En sådan tilgang kan med fordel tage afsæt i det erfaringsbaserede EKB, der justeres i forhold til det konkrete projekt, hvor projektets niveau og afklaringsstade sammenholdes med niveau og afklaringsstade for erfaringsgrundlaget og eventuelt justeres yderligere i lyset af særlige risikofaktorer.
- Den eksterne kvalitetssikring finder desuden anledning til at fremhæve, at den indregnede *mængdeusikkerhed for kontrakten vedrørende kørestrømsanlægget* vurderes at være meget stor, når der er tale om en allerede indgået kontrakt. Den eksterne kvalitetssikring tager samtidig til efterretning, at usikkerheden er baseret på godkendte ændringer og krav fra elektrificeringen af strækningen Esbjerg-Lunderskov.
- Samlet har den stikprøvemæssige gennemgang af de anvendte mængder og enhedspriser identificeret få ugyldige forhold i form af en fejlbehæftet enhedspris og uoverensstemmelser i de anvendte mængder i forhold til mængder i den tekniske dokumentation. Da der dog er tale om meget begrænsede økonomiske konsekvenser for det samlede anlægsbudget, er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at det er tilstrækkeligt, at Banedanmark eller deres rådgivere gennemfører en afsluttende kontrol af de identificerede forhold.
- På baggrund af den gennemførte risikoproces og den foreliggende risikolog er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at *håndteringen af usikkerheder og risici* **ikke** har fået tilstrækkeligt fokus i VVM-processen til at understøtte dels en fuldstændig risikoanalyse, dels det fremadrettede arbejde med projektet og dets risici. Særligt vurderes risikoanalysen ikke at have sikret et fuldstændigt billede af de samlede risici, idet tilgangen til risikoanalysen ikke har fokuseret på udbredelsen af de enkelte risici i forhold til det samlede antal brosteder. Desuden indeholder risikorapporten ikke en oversigt over mitigerende tiltag for de enkelte ri-

sici, hvorfor det vurderes at være vanskeligt at sikre kontinuerlig opfølgning på de enkelte risici i det videre arbejde med projektet.

Den eksterne kvalitetssikring anbefaler på denne baggrund, at der som det første i en eventuel næste fase af projektet afholdes en ny risikoworkshop med deltagelse af de tre tekniske rådgivere. Workshopen bør have særligt fokus på fastlæggelse af sandsynlighed og konsekvens under hensyntagen til omfanget af potentielt berørte broer. Der bør desuden identificeres konkrete mitigerende tiltag, ligesom den fagdisciplin, der i den fremadrettede projektering bør være ansvarlig for opfølgning på de enkelte risici under detailprojekteringen, bør identificeres. Forud for gennemførelse af en ny risikoworkshop bør der desuden, jf. ovenfor, etableres en samlet oversigt over projektets forudsætninger og antagelser.

- Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at den gennemførte *offentlige høring* ikke medfører fordyrelser af projektet eller ændring af risikobilledet.

På denne baggrund er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at det foreliggende anlægsbudget kan betragtes som værende gyldigt. Den eksterne kvalitetssikring har fremhævet en række kritikpunkter i forhold til den gennemførte risikoanalyse og anbefaler, at der for at understøtte projektets fremadrettede forløb gennemføres en fornyet risikoworkshop.

# 5 Samfundsøkonomi

Formålet med dette kapitel er at vurdere den opdaterede samfundsøkonomiske analyse af projektet, herunder gyldigheden af de økonomiske forudsætninger og opgørelsen af projektets cost-benefit-forhold.

Kvalitetssikringen er gennemført på grundlag af notat om ajourføring af den samfundsøkonomiske analyse for strækningen fra Fredericia til Aarhus og de bagvedliggende samfundsøkonomiske beregninger.

## 5.1 Økonomiske forudsætninger

Der er ikke som led i VVM-analysen gennemført en fuld separat samfundsøkonomisk analyse af projektet. Der blev i 2011 gennemført samfundsøkonomiske beregninger af de elektrificeringsprojekter, der er med i Togfonden, herunder strækningen mellem Fredericia og Aarhus. Denne beregning er i marts 2017 blevet opdateret med seneste tal og priser, men er uændret, hvad angår principper og metoder i beregningen. Ultimo september 2017 er der foretaget en yderligere revision af den samfundsøkonomiske analyse og det tilhørende notat. Revisionen er begrundet i ændringer af anlægsoverslaget for arbejderne på strækningen Fredericia-Aarhus og på Aarhus H. I samme forbindelse er der foretaget en opdatering af enhedspri- serne relateret til CO<sub>2</sub>-udledning og en opdatering af skatteforvridningsfaktoren, så den er i overensstemmelse med udmeldingen fra Finansministeriet ultimo august 2017.

Da der ikke som led i opdateringen af den samfundsøkonomiske analyse er foretaget trafikberegninger og -analyser vedrørende elektrificeringen af strækningen, omfatter opdateringen ikke de forventede tidsgevinster som følge af elektrificeringen. Dette skyldes ifølge Banedanmark, at de trafikale effekter ved en ren elektrificering er usikre, og at eventuelle tidsmæssige gevinster primært vil følge af hastighedsopgradering. Den opdaterede analyse er således begrænset til at være en sammenligning mellem drift med eldrevet materiel og dieseldrevet materiel og de tilhørende anlægs-, anskaffelses-, drifts- og vedligeholdelsesomkostninger og miljømæssige konsekvenser. Resultatet af den opdaterede samfundsøkonomiske analyse af projektet kan således ikke anvendes i forbindelse med sammenligning af den forventede samfundsøkonomiske rentabilitet med andre projekttypen, der også omfatter eventuelle trafikale gevinster. Det er den eksterne kvalitetssikrings anbefaling, at denne begrænsning eksplicit fremhæves i beslutningsgrundlaget, der forelægges til politisk behandling.

Dertil kommer, at der vedrørende Aarhus H er fremsat en række forskellige løsningsforslag for Bruuns Bro, hvoraf ét løsningsforslag, der inkluderer sporsækning, vil føre til omfattende og langvarige sporspærringer og dermed indsættelse af togbusser. Det forventes af den eksterne kvalitetssikring vedrørende Aarhus H, der er udført af Rambøll, at disse sporspærringer vil medføre store gener for de mange passagerer, der passerer gennem Aarhus H, og øgede driftsomkostninger for operatørerne. Den eksterne kvalitetssikring anbefaler, at denne risiko for ekstraordinære driftsomkostninger og negative trafikale effekter fremhæves i beslutningsgrundlaget.

Ved gennemgangen af grundlaget for opdateringen af den samfundsøkonomiske analyse har den eksterne kvalitetssikring konstateret, at opdateringen er foretaget med afsæt i aktuelle tal og priser, herunder en nettoaf-

giftsfaktor på 32,5 procent, opdaterede diskonteringsfaktorer og en generel korrektion af prisgrundlaget til 2017-niveau. Den eksterne kvalitetssikring har derudover ikke bemærkninger til de effekter, der indgår i den samfundsøkonomiske beregning.

## 5.2 Cost-benefit-forholdet

I forbindelse med opdateringen af den samfundsøkonomiske analyse er der gennemført samfundsøkonomiske beregninger for følgende to strækninger:

- Fredericia-Aarhus-Aalborg (Lindholm)
- Fredericia-Aarhus.

I analysen præsenteres det endelige resultat som forskellen i nettonutidsværdi ved et scenarie med fortsat dieseldrift sammenlignet med et scenarie med omlægning til eldrift. Analysen indikerer, at omlægning til eldrift på strækningen fra Fredericia til Aarhus er samfundsøkonomisk rentabel med en nettonutidsværdi på 2.961 mio. kr. svarende til en intern rente på 7,7 procent.

Den eksterne kvalitetssikring finder det relevant at understrege, at resultatet ikke tegner det fulde billede af projektets rentabilitet, da de forventede begrænsede trafikale effekter og tilhørende eventuelle tidsgevinster som følge af ren elektrificering som nævnt ikke indgår i analysen.

## 5.3 Opsamling

Den samfundsøkonomiske vurdering af projektet tager afsæt i den oprindelige samfundsøkonomiske analyse af elektrificeringsprojekterne under Togfonden, hvorfor der ikke er gennemført analyse af de trafikale effekter af elektrificeringen af strækningen.

- Den eksterne kvalitetssikring tager den valgte *metode til gennemførelse af samfundsøkonomiske vurderinger* af projektet til efterretning. Dette er begrundet i, at der er tale om en opgørelse af de samfundsøkonomiske effekter for en delmængde af projekterne under Togfonden, og at den gennemførte analyse således udelukkende har til formål at muliggøre sammenligning af de enkelte delprojekter. Det er desuden noteret, at metoden er aftalt med Transport- og Bygningsministeriet. Det skal dog samtidig fremhæves, at den valgte metode ikke afspejler forskellene i de trafikale gener for de forskellige løsningsalternativer, der er forelagt for anlægsarbejderne på Aarhus H.
- Den eksterne kvalitetssikring kan konstatere, at den samfundsøkonomiske analyse er blevet opdateret med aktuelle *tal og priser*.
- Den samfundsøkonomiske analyse viser, at elektrificering af strækningen isoleret set er samfundsøkonomisk rentabel, da nutidsværdien er 2.961 mio. kr., svarende til en intern rente på 7,7 procent.

På denne baggrund er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at opdateringen af den samfundsøkonomiske analyse er baseret på gyldige forudsætninger og en retvisende opgørelse af projektets cost-benefit-forhold.

# 6 Organisering og finansiering

Formålet med dette kapitel er at foretage en vurdering af den udbudsstrategi, der hører til projektet. Vurderingen er gennemført ved, at den eksterne kvalitetssikring ved kritisk stillingtagen har forholdt sig til:

- Om der i forbindelse med valget af entrepriseform er taget højde for projektets særlige karakteristika, risikoprofil og leverandørmarkedet.
- Vurderingen af planerne for projektets finansiering i form af den i principperne for ny anlægsbudgettering forudsatte OPP-egnethedsvurdering, og om disse kan betragtes som værende fuldstændige og retvisende.

Vurderingen er gennemført på baggrund af et kortfattet dokument: Notat vedrørende udbudsstrategi for elektrificering af strækningen fra Fredericia-Aarhus. Dokumentet indeholder en beskrivelse af status og forudsætninger for anlægsbudgettet og forventninger til den fremadrettede udbudsstrategi for de enkelte projektelementer.

## 6.1 Udbudsstrategi og organisering

Det forelagte notat fastlægger indledningsvist, at der ikke er udarbejdet en udbudsstrategi for de forberedende arbejder i form af broændringer mv. og de forberedende arbejder, der ikke er omfattet af kørestrømskontrakten med Aarsleff-Siemens (andre forberedende arbejder). Etableringen af selve kørestrømsanlægget er omfattet af den allerede indgåede kontrakt med Aarsleff-Siemens, hvorfor denne del af arbejderne ikke er nærmere behandlet i dette afsnit.

Den manglende udbudsstrategi er begrundet i, at der ikke i Banedanmark er tradition for at fastlægge udbudsstrategien i forbindelse med VVM-fasen. Den eksterne kvalitetssikring har desuden ikke fået forelagt en plan for den fremadrettede organisering af projektet internt i Banedanmark, hvilket naturligvis bør ses i tæt sammenhæng med den fremtidige udbudsstrategi for det samlede projekt.

Banedanmark har oplyst, at det er en forudsætning for prissætningen af de forberedende arbejder, at der er tale om isolerede projekter for hvert brosted. Denne fremgangsmåde er valgt for at sikre så stor en frihed som muligt i forhold til den fremadrettede udførelse af arbejderne og dermed også udbudsstrategien. Det forelagte notat beskriver endvidere en forventning om, at de mest komplekse broer vil blive udbudt som selvstændige hovedentrepriser, mens de øvrige broer forventes samlet i pakker af en ikke nærmere defineret størrelse, der forventes udbudt og gennemført i totalentreprise.

Den eksterne kvalitetssikring anerkender den valgte fremgangsmåde, men finder dog anledning til at fremhæve, at der i lyset af den konkrete projekttype vil være en række fordele forbundet med en fastlagt udbudsstrategi på nuværende tidspunkt:



- Realisering af besparelspotentialer, der er forbundet med den valgte prissætningsstrategi, hvor det er forudsat, at de enkelte brosteder udføres som selvstændige entrepriser, jf. kapitel 7.
- Reduktion af de risici, der er forbundet med udførelsesforhold og stadsplanlægning, der på nuværende tidspunkt er en del af den risikosum på 2 mio. kr. per brosted, der er indregnet i anlægsbudgettet. På dette område aktualiseres behovet for fastlæggelse af udbudsstrategien af, at der er tale om arbejder på en strækning med et stort koordineringsbehov som følge af en række tilgrænsende projekter.

Ved fastlæggelse af den fremtidige udbudsstrategi og organisering af projektet bør erfaringerne med styring af et stort og komplekst rådgiverteam bestående af tre forskellige tekniske rådgivere tages i betragtning. Den valgte udbudsstrategi bør således afspejle eller understøttes af den valgte interne organisering af projektet, afhængigt af hvilke af disse to forhold der fastlægges først.

De skitserede forventninger om opsplitning af projektet i en række hovedentrepriser for de mest komplekse brosteder og pakker bestående af flere brosteder, der udbydes i totalentreprise, må forventes at stille særlige krav til bygherreorganisationen. Det anbefales derfor, at organiseringen særligt tager højde for de forskellige krav og opgaver, der er forbundet med at være bygherre for henholdsvis hoved- og totalentrepriser. Hvor bygherrollen ved hovedentrepriser er meget tæt på fastlæggelse af krav til udførelsesmetoder, materialer mv., indebærer opgave- og ansvarsfordelingen i totalentrepriser, at en meget stor del af dette ansvar er overdraget til totalentreprenøren og dennes rådgiver. Denne forskel på opgave- og ansvarsfordelingen ved de to entrepriseformer bør af hensyn til en økonomisk effektiv drift af projektet derfor eksplicit afspejles i den interne organisering af projektet.

Derudover skal det fremhæves, at den valgte udbudsstrategi og organisering naturligvis også bør tage højde for, hvordan indkøbet af de andre forberedende arbejder, der ikke er omfattet af kørestrømskontrakten, kan varetages mest hensigtsmæssigt. Ved fastlæggelse af denne del af udbudsstrategien bør erfaringerne fra tidligere elektrificeringsprojekter naturligvis inddrages.

Da arbejderne på strækningen fra Fredericia-Aarhus er en del af de samlede arbejder på strækningen Fredericia-Aarhus-Lindholm afinder den eksterne kvalitetssikring anledning til at fremhæve, at omfanget af arbejder og dermed det samlede antal brosteder på hele strækningen forøger kritikaliteten af de anbefalinger om fastlæggelse af udbudsstrategi og de afledte organisatoriske konsekvenser af den valgte entrepriseform mv., der er fremsat i dette kapitel.

## **6.2 OPP-egnethedsvurdering**

I forbindelse med den eksterne kvalitetssikring er der ikke forelagt informationer om, om der er gennemført en OPP-egnethedsvurdering for projektet. Da projektet skal realiseres i regi af Togfonden, er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at det ikke er relevant at gennemføre en selvstændig OPP-egnethedsvurdering for de enkelte projekter.

## **6.3 Opsamling**

Den eksterne kvalitetssikring af projektets planer for organisering og finansiering er foretaget i lyset af, at der ikke på nuværende tidspunkt er udarbejdet en udbudsstrategi for projektet eller er forelagt planer for projektets

organisering for den eksterne kvalitetssikring. Den eksterne kvalitetssikring anerkender den valgte fremgangsmåde, men finder dog anledning til at fremhæve, at der i lyset af den konkrete projekttype vil være en række fordele forbundet med en fastlagt udbudsstrategi på nuværende tidspunkt:

- Realisering af besparelspotentialer, der er forbundet med den valgte prissætningsstrategi, hvor det er forudsat, at de enkelte brosteder udføres som selvstændige entrepriser, jf. kapitel 7.
- Reduktion af de risici, der er forbundet med udførelsesforhold og stadeplanlægning, der på nuværende tidspunkt er en del af den risikosum på 2 mio. kr. per brosted, der er indregnet i anlægsbudgettet. På dette område aktualiseres behovet for fastlæggelse af udbudsstrategien af, at der er tale om arbejder på en strækning med et stort koordineringsbehov som følge af en række tilgrænsende projekter.

I forhold til den fremadrettede udbudsstrategi og planerne for projektets organisering anbefaler den eksterne kvalitetssikring, at der tages højde for:

- At udbuddets omfang, herunder det store antal broarbejder, må forventes at lægge et stort pres på det danske rådgiver- og entreprenørmarked, hvilket potentielt kan udgøre et fordyrende element og en udførelsesmæssig risiko for projektet. Dette aktualiseres yderligere af det samlede antal brosteder på hele strækningen fra Fredericia til Lindholm.
- Banedanmarks erfaringer med styring af et stort og komplekst rådgiver-team bestående af tre forskellige tekniske rådgivere. Dette betyder, at omfanget af og dermed kompleksiteten i det fremadrettede rådgiver-team bør reduceres mest muligt.
- At den fremadrettede organisering af projektet bør tilpasses de forskellige krav og opgaver, der er forbundet med at være bygherre for henholdsvis hoved- og totalentrepriser. Hvor bygherrerollen ved hovedentrepriser er meget tæt på fastlæggelse af krav til udførelsesmetoder, materialer mv., indebærer opgave- og ansvarsfordelingen i totalentrepriser, at en meget stor del af dette ansvar er overdraget til totalentreprenøren og dennes rådgiver. Denne forskel på opgave- og ansvarsfordelingen ved de to entrepriseformer bør af hensyn til en økonomisk effektiv drift af projektet derfor eksplicit afspejles i den interne organisering af projektet.
- Hvordan indkøbet af de andre forberedende arbejder, der ikke er omfattet af kørestrømskontrakten, kan varetages mest hensigtsmæssigt.

Det er den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at den manglende udbudsstrategi indebærer en barriere for effektiv håndtering og mitigerende af projektets risici vedrørende udførelsesforhold og stadeplanlægning. Det anbefales, at der hurtigst muligt etableres en udbudsstrategi for projektet, og at denne ledsages af en plan for organisering, der understøtter udbudsstrategien og projektets kompleksitet med forventningen om anvendelse af både hoved- og totalentrepriser på tværs af brosteder.

# 7 Mulige besparelser

Formålet med dette kapitel er at vurdere, om de valgte alternativer rent faktisk afspejler det projekt, der som minimum må gennemføres for at opnå de forudsatte effekter. Der gives en oversigt over de besparelsesmuligheder, der er identificeret af den eksterne kvalitetssikring.

Vurderingen er gennemført på baggrund af granskning af ankerbudgettet for de opstillede alternativer og en række tekniske dokumenter såvel som interview med og supplerende oplysninger fra Banedanmark og deres tekniske rådgivere.

## 7.1 Tekniske løsninger

I forbindelse med VVM-undersøgelsen er der for de fleste brosteder undersøgt forskellige løsningsmuligheder for etablering af den fornødne plads til kørestrømsanlægget. I forbindelse med VVM-undersøgelsen er flere af de undersøgte løsningsmuligheder fravalgt som værende ikkerealiserbare eller forbundet med meget omfattende risici. Banedanmark har ifølge det oplyste udarbejdet det foreliggende anlægsbudget med afsæt i de mest realistiske løsningsforslag. Den eksterne kvalitetssikring har dog konstateret særligt to forhold vedrørende valg af alternativer og løsningsmetoder, der vurderes at indebære et reelt besparelspotentiale.

### Bro 20852 – Kongsvang

For denne bro har Banedanmark budgetteret med en løsning, der involverer etablering af en komplet ny bro. Der er ligeledes undersøgt et billigere alternativ, hvor der etableres et nyt, hævet brodæk på den eksisterende konstruktion. Banedanmark har budgetteret med den førstnævnte løsning, da der på nuværende tidspunkt ikke er foretaget tilstrækkelig grundige undersøgelser til med sikkerhed at kunne konkludere, at den nuværende konstruktion er i tilstrækkelig god stand til, at det billigere alternativ er realiserbart. Den eksterne kvalitetssikring vurderer imidlertid, at der, grundet det faktum at broen har gennemgået omfattende reovering i 2014, er gode chancer for, at broens nuværende stand muliggør realisering af det billigere alternativ. Forskellen i fysikoverslaget for de to løsninger er cirka 16 mio. kr.

### Bro 20780 – Horsensvej

Arbejdet ved denne bro involverer hævnning af brodækket, og i den forbindelse har Rambøll, der er rådgiver på den pågældende bro, forelagt en detaljeret beskrivelse af udførelsesmetoden, der danner grundlag for broens anlægsbudget. Den eksterne kvalitetssikring har identificeret en alternativ løsningsmetode, der involverer brug af oppustelige kiler, der med stor sandsynlighed vil være billigere end den løsning, der er budgetteret med. Rambøll oplyser, at de allerede har overvejet løsningen med kiler, men at det på nuværende tidspunkt er usikkert, om løsningen er realiserbar. Den eksterne kvalitetssikring vurderer, at den potentielle besparelse ved at gøre brug af kilemetoden er cirka 2-5 mio. kr., hvorfor det anbefales at foretage de fornødne undersøgelser, der kræves, for at vurdere, om løsningen er realiserbar.

## 7.2 Den fremadrettede håndtering af risici og usikkerheder

Som det er fremhævet i afsnit 4.3 vedrørende usikkerheder og risici, er det den eksterne kvalitetssikrings vurdering, at der som det første i en eventuel

næste fase af projektet afholdes en ny risikoworkshop med deltagelse af de tre tekniske rådgivere. Workshopen bør have særligt fokus på fastlæggelse af sandsynlighed og konsekvens under hensyntagen til omfanget af potentielt berørte broer. Der bør desuden identificeres konkrete mitigerende tiltag, ligesom den fagdisciplin, der i den fremadrettede projektering bør være ansvarlig for opfølgning på de enkelte risici under detailprojekteringen, bør identificeres. Forud for gennemførelse af en fornyet risikoworkshop bør der desuden etableres en samlet oversigt over projektets forudsætninger og antagelser.

Dette forslag har ikke til formål at reducere det foreliggende anlægsbudget, men at understøtte den fornødne robusthed vedrørende udførelsen af projektet via effektiv risikostyring og risikomitigering.

### **7.3 Opsamling**

Den eksterne kvalitetssikring har i gennemgangen af de tekniske løsninger og anlægsoverslaget identificeret og fremhævet følgende besparelspotentialer i forhold til de tekniske løsninger:

- Cirka 16 mio. kr. ved realisering af billigere alternativ for bro 20852.
- Cirka 2-5 mio. kr. ved alternativ metode til hævning af bro 20780.

Endelig vurderes den eksterne kvalitetssikrings anbefalinger til den fremadrettede analyse og håndtering af risici at understøtte den fornødne robusthed vedrørende udførelsen af projektet via effektiv risikostyring og risikomitigering. Der er således ikke tale om et egentligt besparelspotentiale, men en styrkelse af forudsætningerne for at overholde projektets bevillingsmæssige ramme.

## 8 Materiale og afholdte møder

Grundlaget for den eksterne kvalitetssikring udgøres af følgende møder og materiale.

### **Afholdte møder**

Følgende møder har været afholdt som del af den eksterne kvalitetssikring:

- Opstartsmøde med deltagelse af den eksterne kvalitetssikring og Banedanmark.
- Granskningsmøde, præsentation af issuelog, med deltagelse af den eksterne kvalitetssikring og projektledelsen fra Banedanmark og de tekniske rådgivere (COWI og Rambøll).
- Granskningsmøde, behandling af besvaret issuelog, med deltagelse af den eksterne kvalitetssikring, projektledelsen fra Banedanmark og projektledelse og ingeniører fra de tekniske rådgivere (COWI og Rambøll).
- Granskningsmøder, gennemgang af procedurer for mængdeberegninger baseret på de tekniske rådgiveres digitale modeller, med deltagelse af den eksterne kvalitetssikring og projektledelse og ingeniører fra de tekniske rådgivere (COWI og Rambøll).

## Gransket materiale

Følgende materiale er gennemgået som del af den eksterne kvalitetssikring.

Dokumentnavn	Dato for modtagelse	Beskrivelse/fagområde
<b>Tekniske løsninger</b>		
Dækblad - Bro 20622	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
Mængdeangivelse - Bro 20622	2. marts 2017	Bro, appendiks
Mængdeangivelse - Bro 20648	2. marts 2017	Bro, appendiks
A067368_205_021_NAB2_Notat_Bro_20648	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
NAB 2 teknisk notat Bro 20683	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
NAB 2 teknisk notat Bro 20688	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
Dækblad bro 20724 A	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
NAB 2 teknisk notat Bro 20764	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
NAB 2 teknisk notat Bro 20780	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
Dækblad bro 20802 A	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
NAB 2 teknisk notat Bro 20804	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
Dækblad - Bro 20828	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
Mængdeangivelse - Bro 20828	2. marts 2017	Bro, appendiks
A067368_205_024_NAB2_Notat_Bro_20832	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
Mængdeangivelse - Bro 20832.0.1	2. marts 2017	Bro, appendiks
A067368_205_027_NAB2_Notat_Bro_20852	2. marts 2017	Bro, teknisk notat
Mængdeangivelse - Bro 20852	2. marts 2017	Bro, appendiks
100016629-004-668-001 Mængdeangivelse Rambøll broer SAMLET	2. marts 2017	Bro, appendiks
1100016629-004-6701-001-NAB 2 fase rapport	2. marts 2017	Bro, hovedrapport
A067368-205-002_Nab2_Fredericia -Aarhus	2. marts 2017	Bro, hovedrapport
1100016629-004-6670-001-Forudsætninger NAB2 Overslag	14. marts 2017	Bro, appendiks
Bro mængder Anlægsoverslag	14. marts 2017	Bro, appendiks
Mængder_Oversigt	14. marts 2017	Bro, appendiks
VVM Horsens Skanderborg Blødbundsmængder	14. marts 2017	Bro, appendiks
Bro20622, 20624, 20818, 20820_input_anlægsoveslag	14. marts 2017	Bro, appendiks
Bro20648_Input_anlægsoverslag	14. marts 2017	Bro, appendiks
Bro20828_Input_anlægsoverslag	14. marts 2017	Bro, appendiks
Bro20832_Input_anlægsoverslag	14. marts 2017	Bro, appendiks
Bro20852_Input_anlægsoverslag	14. marts 2017	Bro, appendiks
Fr-Li Mængder_Vejanlæg_ATR2-ATR4	14. marts 2017	Bro, appendiks
Appendix 1 - Bro 22193 UF af Bane – Udførelsestidsplan	22. marts 2017	Bro, appendiks
Appendix 2 - Bro 21016 - Udbudstidsplan	22. marts 2017	Bro, appendiks
Appendix 3 Tidsplan for sporsænkning på Grenåbanen	22. marts 2017	Bro, appendiks
Mængder_Oversigt	22. marts 2017	Bro, appendiks
Fa-Lih_COR_REF_SEM_01_0_møde vedr dispensationer BN1-59-4	23. marts 2017	Bro, appendiks
Appendix 3 Tidsplan for sporsænkning på Grenåbanen	29. marts 2017	Bro, appendiks
Mængder hævning og sporsænkning	29. marts 2017	Bro, appendiks
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20764 alt 2	29. marts 2017	Bro, appendiks
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20804 alt 2	29. marts 2017	Bro, appendiks
RAIL_Mængdeudtræk_jordmængder	29. marts 2017	Bro, appendiks

Dokumentnavn	Dato for modtagelse	Beskrivelse/fagområde
<b>Fagnotater</b>		
A072021_011_EPFA_HOFA_Klimatilpasning	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_013_EPFA_HOFA_Emissioner	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_007_EPFA_HOFA_Grundvand og drikkevand	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_003_EPFA_HOFA_Planforhold	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_010_EPFA_HOFA_Arealforhold	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_014_EPFA_HOFA_Støj og vibrationer	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_023_EPFA_HOFA_Supplerende miljøvurderinger	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_006_EPFA_HOFA_Jord og jordforurening	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_012_EPFA_HOFA_Trafikale forhold	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_005_EPFA_HOFA_Visuelle forhold	2. marts 2017	Fagnotat
A072021_008_EPFA_HOFA_Affald og Ressourcer	2. marts 2017	Fagnotat
Anlægsbeskrivelse Elektrificering Fredericia-Aarhus	2. marts 2017	Anlægsbeskrivelse
<b>Samfundsøkonomi</b>		
Notat – Tillæg til Strategisk analyse af elektrificering af banenettet	13. marts 2017	Samfundsøkonomisk analyse
Basis 1B Fredericia - Århus_20-01-2017	20. januar 2017	Samfundsøkonomisk analyse
Basis 1B Fredericia - Århus_30-01-2017	30. januar 2017	Samfundsøkonomisk analyse
Basis 1B Fredericia - Århus_13-03-2017	13. marts 2017	Samfundsøkonomisk analyse
<b>VVM-redegørelse og høring</b>		
BDK_VVM_Fredericia_Aarhus_PRINT_040517e	15. september 2017	VVM-rapport
170915_Høringsnotat_fa-ar_udkast	15. september 2017	Høringsnotat
<b>Risikoanalyse</b>		
Ekstern KS elektrificering Fa_Ar Risikonotat 01-03-2017	2. marts 2017	Risikonotat
EP Fredericia-Aarhus_RiscReport_2017-03-01 14-47-13	2. marts 2017	Risikolog
<b>Anlæg og forudsætninger</b>		
NAB Samleark Fa-Ar	2. marts 2017	Anlægsbudget
NAB Samleark Fa-Ar_16032017	16. marts 2017	Anlægsbudget
NAB Samleark Fa-Ar 07-04-2017	7. april 2017	Anlægsbudget
NAB Samleark Fa-Ar	21. april 2017	Anlægsbudget
NAB Samleark Fa-Ar	27. april 2017	Anlægsbudget
NAB Samleark Fa-Ar	15. september 2017	Anlægsbudget
A067368_205_028_Anlægsoverslag_refgrundlag_1.0	9. marts 2017	Anlægsbudget, bilag
Anlægsoverslag_Master_ATR_2	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
Anlægsoverslag_Master_ATR_4	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
Anlægsoverslag_Master_ATR_4	21. april 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20683 alt 2	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20688 alt 2	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20688 Kommunalt alternativ	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20724 alt 1	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20724 alt 2 - kommunalt alternativ	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20764 alt 2	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20764 alt 4	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20780 alt 1	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget

<b>Dokumentnavn</b>	<b>Dato for modtagelse</b>	<b>Beskrivelse/fagområde</b>
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20802 alt 1	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20802 alt 2	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20804 alt 2	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
NAB 2 Anlægsoverslag bro 20804 alt 3 - kommunalt alternativ	2. marts 2017	Bro, anlægsbudget
Broer syd	16. marts 2017	Bro, bilag
Boligpriser Jylland Fa-Ar	16. marts 2017	Anlægsbudget, bilag
Erfaringspriser_Byggepladsomkostninger_COWI	23. marts 2017	Anlægsbudget, bilag
Detailgrundlag_ekspropriationsomkostninger	29. marts 2017	Anlægsbudget, bilag
170915 vedr udbudstrategi_fa-ar	15. september 2017	Udbudsstrategi



# Deloitte.

## **Deloitte i Danmark**

Deloitte leverer ydelser indenfor revision, consulting, financial advisory, risk advisory, skat og dertil knyttede ydelser til både offentlige og private kunder i en lang række brancher. Deloitte betjener fire ud af fem virksomheder på listen over verdens største selskaber, Fortune Global 500®, gennem et globalt forbundet netværk af medlemsfirmaer i over 150 lande, der leverer kompetencer og viden i verdensklasse og service af høj kvalitet til at håndtere kundernes mest komplekse forretningsmæssige udfordringer. Vil du vide mere om, hvordan Deloitte omkring 245.000 medarbejdere gør en forskel, der betyder noget, så besøg os på LinkedIn eller Twitter.

Deloitte er en betegnelse for Deloitte Touche Tohmatsu Limited, der er et britisk selskab med begrænset ansvar (DTTL), dets netværk af medlemsfirmaer og deres tilknyttede virksomheder. DTTL og alle dets medlemsfirmaer udgør separate og uafhængige juridiske enheder. DTTL (der også betegnes Deloitte Global) leverer ikke selv ydelser til kunderne. Vi henviser til [www.deloitte.dk/Om](http://www.deloitte.dk/Om) Deloitte for en udførlig beskrivelse af DTTL og dets medlemsfirmaer.

© 2017 Deloitte Statsautoriseret Revisionspartnerselskab. Medlem af Deloitte Touche Tohmatsu Limited.