



Transportministeriet

Fortsat elektrificering af banenettet

SCREENINGSUNDERSØGELSE

Rapport

April 2009

Transportministeriet

Fortsat elektrificering af banenettet

SCREENINGSUNDERSØGELSE

Rapport

April 2009

2	Suppleringer angående Lunderskov-Esbjerg	2008-04-21	CNI	JKR	HTN
1	Endelig udgave	2008-10-28	HTN, CNI	JKR	HTN
Udgave	Betegnelse/Revision	Dato	Udført	Kontrol	Godkendt



NIRAS Konsulenterne A/S Sortemosevej 2
DK-3450 Allerød

Telefon 4810 4711
Fax 4810 4712
E-mail niraskon@niraskon.dk

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	SAMMENFATNING	1
1.1	Opsummering	1
1.2	Generelt om elektrificering	2
1.3	Hvad omfatter en elektrificering?.....	3
1.4	Sammenhæng til andre baneprojekter	4
1.4.1	Signalprogrammet.....	4
1.4.2	Femern Bælt projektet	4
1.4.3	Kapacitetsudvidelse København-Ringsted	4
1.4.4	Levering af IC4 eller ej.....	5
1.5	Scenarier for elektrificering.....	5
1.6	Anlægsoverslag	6
1.7	Driftsøkonomi	6
1.8	Miljøeffekter.....	9
1.9	Elektrificering som OPP-projekt?	10
2.	INDLEDNING	12
2.1	Kommissorium	12
2.2	Baggrund om elektrificering	12
3.	BAGGRUND FOR SCREENINGEN	16
3.1	Status for elektrificering	16
3.1.1	Generelt.....	16
3.1.2	Fjernbanenettet	16
3.2	Status for elektrificering i andre europæiske lande	16
3.3	Sammenhæng til baner i nabolandene.....	18
3.3.1	Interoperabilitet og det transeuropæiske jernbanenet	18
3.3.2	Interoperabilitetsdirektiverne.....	18
3.3.3	TEN-jernbanenettet.....	20
3.3.4	Grænseoverskridende trafik.....	20
3.4	Hvad er det konkrete indhold i elektrificeringsarbejder?	21
3.4.1	Servitutter og ekspropriationer	22

3.4.2	Fritrumsprofilarbejder.....	22
3.4.3	Immunisering.....	22
3.4.4	Problematikker.....	24
3.4.5	Strømforsyningsarbejder.....	24
3.4.6	Etablering af kørestrøm	25
3.4.7	Etablering af kørestrømsfjernstyring	25
3.5	Tekniske forudsætninger for screeningen	25
3.5.1	Tidshorisont.....	25
3.5.2	System	25
3.5.3	Anlægsspecifikationer	26
3.5.4	Broer	26
3.5.5	Strækningen Nykøbing F - Gedser	26
3.5.6	Strækningen Lejre – Vipperød	26
3.5.7	Linieføring	27
3.5.8	Operatører	27
3.6	Driftseffekter	27
3.6.1	Køretid	27
3.6.2	Driftspålidelighed	28
3.6.3	Energiforbrug.....	29
3.7	Trafik.....	29
3.7.1	Godstrafik	29
3.7.2	Andre togsystemer	29
3.7.3	Overkørsler	29
4.	SAMMENHÆNG TIL ANDRE BANEPROJEKTER	30
4.1	Anlægsprojekter	30
4.1.1	Femern Bælt forbindelsen.....	30
4.1.2	København – Ringsted projektet	30
4.1.3	Signalprogrammet.....	31
4.2	Fornyelsesprojekter	33
4.2.1	Generelt.....	33
4.2.2	Afvanding	33
4.2.3	Spor.....	33
4.2.4	Broer og tunneler	34
4.3	Vedligholdelsesprojekter.....	35
4.4	Operatørprojekter	35
4.4.1	Generelt.....	35
4.4.2	DSB	36
4.4.3	DSBFirst	36
4.4.4	Arriva.....	36
4.4.5	Railion.....	37
4.4.6	Andre operatører.....	37

5.	MATERIELSTRATEGI.....	38
5.1	Generelt	38
5.2	Status	38
5.2.1	Detailstatus for IC3.....	38
5.2.2	Detailstatus for IR4.....	39
5.2.3	Detailstatus for ME.....	39
5.2.4	Detailstatus for Bn	39
5.2.5	Detailstatus for B	39
5.2.6	Detailstatus for EA	40
5.2.7	Detailstatus for MR.....	40
5.3	Markedsforhold	40
5.4	Samlet om materiellet.....	40
6.	SCENARIER FOR ELEKTRIFICERING	42
6.1	Generelt	42
6.2	Elektrificeringsscenarier.....	43
6.2.1	Generelt.....	43
6.2.2	Metode	43
6.3	Referencescenariet.....	45
6.4	1-scenarierne	47
6.4.1	Scenarium 1-a	47
6.4.2	Scenarium 1-b.....	49
6.4.3	Scenarium 1-c	51
6.5	2-scenarierne	53
6.5.1	Scenarium 2-a	53
6.5.2	Scenarium 2-b.....	53
6.5.3	Scenarium 2-c	54
6.5.4	Scenarium 2-d.....	54
6.5.5	Scenarium 2-e	57
6.5.6	Scenarium 2-f.....	59
6.5.7	Scenarium 2-g.....	60
6.5.8	Trafikale effekter	62
7.	ØKONOMISKE KONSEKVENSER.....	64
7.1	Generelt	64
7.2	Anlægsomkostninger.....	64
7.2.1	Erfaringer fra 1979-projektet.....	65
7.2.2	Overslagsgrundlag	65
7.2.3	Udgifter vedr. immunisering	66
7.3	Usikkerhed og Ny Anlægsbudgettering	66
7.4	Anlægsoverslag for de enkelte strækninger i scenarium 1 og 2.....	67
7.4.1	Roskilde – Kalundborg.....	67
7.4.2	Køge – Næstved.....	67

7.4.3	Lunderskov – Esbjerg	68
7.4.4	Fredericia – Århus	69
7.4.5	Århus – Aalborg	69
7.4.6	Aalborg – Frederikshavn	70
7.4.7	Vejle – Struer	71
7.4.8	De samlede anlægsudgifter til elektrificering	71
7.5	Driftsøkonomiske effekter	72
7.5.1	Drifts- og vedligeholdelseskostninger vedr. kørestrømsanlægget	72
7.5.2	Driftsøkonomiske effekter for rullende materiel	72
7.5.3	Følsomhedsanalyser	75
8.	MILJØEFFEKTER	79
8.1	Generelt	79
8.2	CO ₂ -udledning og sammenhæng til kvotesystemet	79
8.3	Emissioner af forurening med lokale og regionale effekter	81
8.3.1	Partikler, NO _x , SO ₂ mv	81
8.3.2	Emissionernes størrelse	81
8.3.3	Hvor sker emissionerne?	82
8.4	Støj	83
9.	PROJEKTGENNEMFØRELSE	84
9.1	Generelt	84
9.2	Historik	84
9.3	Elektrificering som OPP-projekt	84
9.3.1	Generelt om OPP	84
9.3.2	Betaling	86
9.4	Vurdering af OPP-egnethed	87
9.4.1	Kriterier for egnethed	87
9.4.2	Vurdering af elektrificeringsprojektets OPP-egnethed	88
9.5	Alternative organiseringsformer	88
9.5.1	Samlet udbud	89
9.5.2	Traditionel entreprise	89
9.5.3	Generelt om organisering	90
9.6	Problematikker	90
9.7	Muligheder	90
9.8	Fredericia – Århus	90
10.	REFERENCER	91
11.	BILAG	92

1. SAMMENFATNING

1.1 Opsummering

NIRAS Konsulenterne/NIRAS har udarbejdet nærværende screeningsrapport af scenarier for yderligere elektrificering af Banedanmarks fjernbanenet.

Screeningsrapporten undersøger forudsætninger samt en række scenarier for elektrificering. At der er tale om en screeningsrapport betyder, at der på et overordnet niveau sammenlignes forskellige scenarier for elektrificering. Hvis der således træffes beslutning om at gå videre med konkrete elektrificeringsprojekter, bør der udføres en uddybende analyse.

De overordnede konklusioner er:

- Det er økonomisk mest hensigtsmæssigt at gennemføre en yderligere elektrificering af fjernbanenettet efter, at Banedanmarks nuværende signalssystem er blevet udskiftet jf. Signalprogrammet.
- En eventuelt manglende leverance af IC4-togene betyder ikke i sig selv, at der bør gennemføres en yderligere elektrificering, idet betjeningen af fjerntrafikken vil kunne gennemføres med det nuværende IC3- og IR4-materiel, forudsat at der gennemføres en allerede planlagt modernisering af IC3-togene, og at f.eks. den sjællandske regionaltrafik kan betjenes med lejet materiel.
- De mest interessante strækninger at undersøge nærmere med henblik på elektrificering er følgende:
 - Roskilde - Holbæk.
 - Lunderskov - Esbjerg.
 - Fredericia - Århus.

- Køge - Næstved¹.

Det skal understreges, at hver enkelt af de ovenstående strækninger kan elektrificeres uafhængigt af elektrificeringsstatus for de øvrige strækninger.

1.2 Generelt om elektrificering

Med loven om elektrificering fra 1979 blev den daværende trafikminister bemyndiget til at sætte en elektrificering af fjernbanen i gang, og siden da er der elektrificeret ca. 470 km, og loven giver bemyndigelse til at elektrificere yderligere 762 km.

Med en elektrificering muliggøres elektrisk drift i stedet for drift ved hjælp af dieselolie. Dette kræver en betydelig investering i selve elektrificeringen, men medfører også en række konsekvenser for banen samlet set, herunder at:

- Driftsomkostningerne for selve togdriften vil blive lavere – elektriske tog er billigere i fremførsel, vedligeholdelse og værkstedsaktiviteter end dieselmateriel.
- Banens samlede kapitalapparat bliver større og mere kompleks, hvilket fører til højere vedligeholdelsesomkostninger for infrastrukturen. Samlet vil en investering i elektrificering dog føre til lavere årlige driftsudgifter, når driften af togmateriellet medregnes.
- Banen bliver mere følsom overfor driftsforstyrrelser hidrørende fra infrastrukturen (f.eks. strømsvigt), mens effekterne for det rullende materiel er modsat rettede idet elmateriel isoleret set har bedre driftsstabilitet end dieselmateriel.
- Togenes energiforbrug kan nedsættes markant, hvorved CO₂-udslippet bliver reduceret. Endvidere vil udledning af emissionspartikler blive mindre, ligesom støjniveauet ved lave hastigheder (f.eks. på perroner) vil blive lavere.
- Togene kan accelerere hurtigere, hvilket kan give enten lidt kortere rejsetider (1/2-1 minut mellem standsningssteder i Intercitytrafikken) eller bedre driftsstabilitet. Hertil kommer, at der kun i meget begrænset omfang er dieselmateriel på markedet, der er egnet til hastigheder over 200 km/h.

¹ Det forudsættes her, at der etableres en ny bane København – Ringsted over Køge.

- Da det danske net bliver en del af et stort europæisk elektrificeret net, bliver det nemmere at konkurrenceudsætte togtrafikken, da flere (store) operatører kan byde ind med eget materiel.

1.3 **Hvad omfatter en elektrificering?**

For at gennemføre en elektrificering er det nødvendigt at udstyre banestrækningerne med køreledninger over sporene til forsyning af togene med elektricitet.

Mere konkret omfatter dette hovedsageligt etablering af følgende:

- Køreledningsanlægget, som bl.a. består af en køretråd, bæretov og ledningsophæng m.m.
- Kørestrømsmaster, -rammer eller -portaler til ophængning af køreledninger, sugetransformere mv., hvilket kræver, at der er mere plads omkring sporet end uden elektrificering. Dette kan medføre behov for hævnning af eksisterende broer, nedrivning og evt. genopførelse af eksisterende broer, sporsænkninger samt ekspropriationer af arealer og bygninger.
- Køreledningsanlægget skal energiforsynes fra det offentlige elektricitetsnet. Uden for banens areal skal der etableres banetransformere og der skal etableres et kabel mellem banetransformerer og fordelingsstationerne langs banen.
- Kørestrømsanlægget påvirker omgivelserne elektrisk og magnetisk. Disse påvirkninger har på grund af de store strømme en betydelig udbredelse, og det er derfor nødvendigt at begrænse effekten af disse påvirkninger. Dette sker ved, at immunisere de omkringliggende systemer overfor disse påvirkninger, således at de sikres mod fejl.
- Det kan blive nødvendigt at pålægge servitutter på naboarealer, således at banedriften ikke kompromitteres (karakter af bygninger, beplantning og beskaffenhed af træer mv.)

Et andet meget væsentligt forhold i forbindelse med elektrificering er, at det er nødvendigt at have elektriske tog, der kan udnytte køreledningerne. Elektrificeringen bør således ideelt set tilrettelægges, så den hænger sammen med, at de bestående dieseltog alligevel skal udskiftes, ligesom det bør være muligt at køre med elektrisk materiel umiddelbart efter at de enkelte banestrækninger er blevet elektrificeret.

1.4 **Sammenhæng til andre baneprojekter**

Udover at elektrificering kan hænge sammen med materielsiden, vil andre store baneprojekter som f.eks. Signalprogrammet og banedelen af aftalen om en fast forbindelse over Femern Bælt. Overvejelser om en kapacitetsudvidelse af banen København - Ringsted vil også få betydning for, hvorledes en elektrificering gennemføres mest hensigtsmæssigt.

1.4.1 *Signalprogrammet*

Banedanmarks Signalprogram har til formål at varetage en totaludskiftning af Banedanmarks signalanlæg inkl. en implementeringsstrategi og en implementeringstidsplan.

Vedr. immunisering gælder det særlige forhold, at det forudsættes, at Signalprogrammet omfatter etablering af nye immuniserede sikringsanlæg. En konsekvens heraf er, at omkostningerne til immunisering reduceres såfremt elektrificeringen først gennemføres efter Signalprogrammet. Udgifterne til immunisering forventes i dette tilfælde at udgøre ca. 10 % af de samlede anlægsudgifter.

Har Signalprogrammet derimod ikke på en given strækning udskiftet anlæggene, skal de eksisterende sikringsanlæg også immuniseres. De samlede udgifter til immunisering udgør dermed ca. 25 % af de samlede anlægsudgifter.

Det betyder, at hvis en evt. elektrificering gennemføres efter at sikringsanlæggene er blevet immuniseret i forbindelse med Signalprogrammet, falder totaludgiften til elektrificering med ca. 15 %².

1.4.2 *Femern Bælt projektet*

Der er indgået en aftale om fast forbindelse mellem Tyskland og Danmark over Femern Bælt, som indeholder etablering af såvel dobbeltspor på delstrækningen Vordingborg - Rødbyhavn (Storstrømsbroen undtaget) som elektrificering af hele strækningen Ringsted - Rødbyhavn.

I overensstemmelse med aftalen forudsættes i det denne analyse, at forbindelsen tages i brug i 2018. Da screeningen forudsættes udført med en tidshorizont frem til 2020, indgår en elektrificering af strækningen Ringsted - Rødbyhavn i 2018 således som en fast forudsætning.

1.4.3 *Kapacitetsudvidelse København-Ringsted*

Det er ikke en forudsætning for screeningen, at hverken 5.-sporsløsningen eller nybygningsløsningen over Køge etableres. Men et enkelt scenario, som omfatter

² Med andre ord stiger totaludgiften ved at fremrykke elektrificeringen af en strækning med ca. 20 % i forhold til det scenarium, hvor strækningen elektrificeres efter at sikringsanlæggene allerede er immuniseret.

elektrificering af Lille Syd-banen mellem Køge og Næstved, forudsætter at ny-bygningsløsningen over Køge etableres. Denne analyse er dog løsrevet fra de øvrige analyser, og kan betragtes som en partiel analyse.

1.4.4 *Levering af IC4 eller ej*

Da elektrificering og materielsiden ideelt set hænger sammen, kan det derfor få betydning for overvejelserne om elektrificering, om IC4-togene bliver leveret eller ej.

I denne screeningsrapport er hovedscenariet (scenarium 1), at IC4-togene bliver leveret.

Hvis IC4-togene ikke leveres som forudsat, er der flere mulige strategier.

- En mulighed vil være at betjene fjerntrafikken med IC3- og IR4-materiel, mens den sjællandske regionaltrafik betjenes med andet (f.eks.) lejet materiel.
- En anden mulighed vil være at fremrykke elektrificeringen af en række strækninger, og i scenarium 2 redegøres for mulige strategier for en sådan fremrykning af elektrificeringen.

1.5 **Scenarier for elektrificering**

Der er formuleret to grupper af scenarier:

- 1-scenarier som forudsætter, at IC4-togene leveres og idriftsættes som nu planlagt. I disse scenarier koordineres elektrificeringen af strækningerne med Signalprogrammet, således at de eksisterende sikringsanlæg ikke skal immuniseres. Derved opnås en billiggørelse af elektrificeringen. Til gengæld udføres elektrificeringen nogle år senere end det ellers kunne gennemføres for at afvente udrulningen af Signalprogrammet.
- 2-scenarier som forudsættes, at IC4-togene ikke leveres. I disse scenarier elektrificeres strækningerne principielt så hurtigt som muligt, således at elektrisk materiel kan indsættes, og IC3-materiel kan frigøres til betjening af regionalbanestrækningerne.

De strækninger, som scenarierne omfatter, fremgår af tabel 1.1.

1.6 Anlægsoverslag

Anlægsudgiften ved elektrificering af de forskellige strækninger i de to scenarier fremgår af tabellen. Det fremgår, at elektrificering af hele banen vil komme til at koste ca. 9,5 mia. DKK inklusiv 50 % korrektionstillæg, jf. ny anlægsbudgettering. Heri indgår udgifter til immunisering af sikringsanlæg på nogle strækninger.

Table 1.1: Anlægsudgifter til elektrificering af banen.

Strækning (i parentes er angivet år for idriftsættelse)	Omkostninger [mia. DKK]
1-a Roskilde – Kalundborg (2021)	0,82
- heraf Roskilde-Holbæk	0,45
1-b Køge – Næstved (2018)	0,35
1-c Lunderskov – Esbjerg (2020)	0,85
I alt, 1-scenariet	2,02
1-scenariet uden Køge – Næstved	1,67
2-a Roskilde – Kalundborg (2013 *)	0,98
- heraf Roskilde-Holbæk	0,54
2-b Køge – Næstved (2018)	0,35
2-c Lunderskov – Esbjerg (2013 *)	0,97
2-d Fredericia – Århus (2014 *)	2,16
2-e Århus – Ålborg (2015 *)	2,73
2-f Ålborg – Frederikshavn (2019)	1,00
2-g Vejle – Struer (2021)	1,24
I alt, 2-scenariet	9,43
2-scenariet uden Køge – Næstved	9,08

Anm.: * angiver, at der indregnet udgifter til immunisering af sikringsanlæg på den pågældende strækning (i scenarium 2).

Alle tallene indeholder 50 % tillæg, jf. ”Ny Anlægsbudgettering”.

1.7 Driftsøkonomi

De driftsøkonomiske effekter af elektrificering omfatter dels omkostningerne til vedligeholdelse af kørestrømsanlægget mv., dels estimerede besparelser ved kørsel med elektrisk materiel i stedet for dieseltog.

Det pointeres dog, at resultatet af screeningen ikke er et estimat på de konkrete lønsomheder, kapitalbehov mv. for de enkelte trækninger, men at resultatet alene er en sammenligning af strækningerne og en vurdering af, hvilke strækninger, der eventuelt med fordel kunne elektrificeres. De tekniske og økonomiske konsekvenser af en sådan elektrificering skal i givet fald analyseres nærmere.

Analysen viser, at økonomien er bedst, hvor det ved at elektrificere forholdsvis korte strækninger bliver muligt at opnå eldrift på forholdsvis lange strækninger. Eksempelvis vil elektrificering af strækningen Lunderskov-Esbjerg give mulighed for at køre eldrevne tog København-Esbjerg.

Omvendt er økonomien dårligst på de strækninger, hvor der kun opnås erstatning af dieseldrift med eldrift på den aktuelt elektrificerede strækning.

Det gælder endvidere, at økonomien i elektrificering bliver bedre jo mere intensiv trafikken er og ikke så god ved mindre intensiv trafik. Eksempelvis strækningen Vejle-Struer, hvor der skal elektrificeres en lang strækning, hvilket koster i anlæg og vedligeholdelse, men hvor der kun kører få tog, hvorfor driftsbesparelsen er mindre.

I nedenstående tabel sammenfattes analysen, idet der for de enkelte strækninger i de to scenarier er angivet investeringsbehov, udgifter til immunisering af sikringsanlæg, driftsøkonomiske konsekvenser samt nettonutidsværdi af investeringen. Det fremgår, at de største driftsbesparelse vil kunne opnås på strækningerne Roskilde - Kalundborg (følsomhedsberegningerne viser, at besparelsen er særlig stor for Roskilde - Holbæk), Lunderskov - Esbjerg samt Fredericia - Århus. Der vil være besparelser på driften i både scenarium 1 og 2. Hertil kommer evt. besparelse ved indkøb af nyt elmateriel i stedet for dieselmateriel.

Tabel 1.2: Oversigt over driftsøkonomiske effekter og nutidsværdier.

Elektrificeret strækning (i parentes: togdrift strækning)	Investeringsbehov			Driftsomkostninger p.a.		Nettonutidsværdi
	Elektrificering	Immunisering af sikr.anlæg	I alt	Diesel-drift	El-drift	
	mio.kr.	mio.kr.	mio.kr.	mio.kr./år	mio.kr./år	mio.kr. 2008
A-1 Roskilde - Kalundborg (Kh - Holbæk - Kalundborg) Længde (elektrificering) 78 km, i drift 2021	822		822	104	78	-195
A-2 Køge - Næstved (Kh- Køge Nord - Næstved) Længde (elektrificering) 39 km, i drift 2018	345		345	25	22	-192
A-3 Lunderskov - Esbjerg (Kh - Esbjerg) Længde (elektrificering) 55 km, i drift 2020	855		855	100	80	-302
I alt, A-scenariet	2.022		2.022	230	180	-689
B-1 Roskilde - Kalundborg (Kh - Holbæk - Kalundborg) Længde (elektrificering) 78 km, i drift 2013	822	162	984	104	79	-435
B-2 Køge - Næstved (Kh- Køge Nord - Næstved) Længde (elektrificering) 39 km, i drift 2018	345		345	25	22	-192
B-3 Lunderskov - Esbjerg (Kh - Esbjerg) Længde (elektrificering) 55 km, i drift 2013	855	117	972	100	81	-527
B-4 Fredericia - Århus (Kh - Århus) Længde (elektrificering) 107 km, i drift 2014	1.786	377	2.163	232	187	-1.088
B-5 Århus - Aalborg (Århus - Aalborg) Længde (elektrificering) 140 km, i drift 2015	2.240	491	2.731	57	68	-2.354
B-6 Aalborg - Frederikshavn (Aalborg - Frederikshavn) Længde (elektrificering) 85 km, i drift 2019	1.002		1.002	32	33	-694
B-7 Vejle - Struer (Fredericia - Struer) Længde (elektrificering) 130 km, i drift 2021	1.242		1.242	55	52	-742
I alt, B-scenariet	8.293	1.147	9.439	606	522	-6.031

Som redegjort for i afsnit 1.1 er dette en screeningsrapport, og beregningen af de driftsøkonomiske konsekvenser kan således især ses som en indikator på, hvilke projekter, der kan siges at være interessante at undersøge uddybende. Nettonutidsværdien ikke betragtes som en egentlig lønsomhedsanalyse af de enkelte elektrificeringsprojekter, idet dette ville forudsætte en egentlig projektering af anlægsprojektet samt en konkret materielstrategi.

Strækningerne med den relativt bedste driftsøkonomi er:

- *Roskilde – Holbæk.* I scenarium 1 og 2 er som udgangspunkt analyseret strækningen Roskilde - Kalundborg. Det er dog især delstrækningen Roskilde - Holbæk, der er interessant, idet der er en ret intensiv trafik, Økonomien i projektet er under alle omstændigheder bedst, hvis elektrificering sker efter Signalprogrammet er gennemført.
- *Lunderskov – Esbjerg.* Med elektrificering af denne forholdsvis korte strækning kan hele IC-strækningen København - Esbjerg betjenes med elektrisk materiel. Man kan således komme til at benytte elektriske tog - med væsentligt lavere driftsomkostninger end dieseltog - på en forholdsvis lang strækning ved at elektrificere den forholdsvis korte strækning. Økonomien i projektet er bedst, hvis elektrificering sker efter Signalprogrammet er gennemført.
- *Fredericia – Århus.* Her gør sig ligeledes gældende, at man ved at elektrificere en del af den samlede strækning kan komme til at anvende elektrisk materiel på en lang strækning; her hele strækningen København - Århus. Strækningen er meget befærdet (her antaget 2 tog per time hver retning som døgngennemsnit), men samtidig vil der være tale om en meget stor anlægsinvestering. Hvis elektrificeringen foretages hurtigt, og der skal afholdes omkostninger til immunisering af eksisterende sikringsanlæg, vil de driftsøkonomiske besparelser kunne finansiere ca. halvdelen af det samlede investeringsbehov. Hvis elektrificeringen foretages efter Signalprogrammet er udrullet, kan de driftsøkonomiske besparelser finansiere ca. 2/3 af investeringsbehovet.

Det bemærkes, at hvis der ikke elektrificeres nord for Århus, vil det være nødvendigt at skifte tog i Århus. Dette vil være en forringelse for rejsende på f.eks. strækningen Aalborg-København, med mindre el- og dieselmateriel samkøres, hvilket dog vil reducere driftsbesparelserne.

- *Køge - Næstved.* Under forudsætning af at der etableres en ny bane København – Ringsted over Køge, er en elektrificering af den sydlige del af Lille Syd banen mellem Køge og Næstved (trafikeret fra København via den nye bane til Køge, og derfra videre til Næstved) ligeledes interessant.

Det fremgår af følsomhedsberegningerne, at det afgørende for økonomien er, hvor store anlægsudgifterne er, og hvor store driftsbesparelser, som kan realiseres. Selvom der er usikkerhed knyttet til anlægsoverslagene, må disse dog be-

tegnes som temmelig robuste – ikke mindst fordi der er tillagt et korrektionstil-læg på 50 % i forhold til den beregnede anlægspris. I en mere detaljeret analyse synes det derfor særligt oplagt at se nærmere på, hvor store driftsbesparelser, der kan realiseres ved at elektrificere. Det vil ligeledes være relevant at analysere nærmere, om nyt eldrevet materiel vil være billigere i anskaffelse end nyt dieseldrevet togmateriel.

Under alle omstændigheder er økonomien for de enkelte strækninger bedst, hvis elektrificeringen kommer efter Signalprogrammet, og at der således ikke skal afholdes udgifter til immunisering af sikringsanlæg.

1.8 Miljøeffekter

Eldrevne tog belaster miljøet mindre end dieseldrevne tog i form af mindre CO₂-udledning og lavere emissioner af partikler og NO_x, ligesom emissioner flyttes fra bymæssig bebyggelse til kraftværkerne i forbindelse med elproduktion. Endvidere støjer eltog mindre end dieseltog, navnlig ved lave hastigheder.

Det miljømæssigt mest interessante aspekt i forbindelse med elektrificering er betydningen for CO₂-udledningen. For det første giver eldrevne tog anledning til mindre CO₂ end dieseldrevne tog. For det andet vil elektrificering medføre, at en del af transportsektorens CO₂-udslip kommer ind under kvotesystemet. I dag er togenes dieselforbrug uden for det kvotebelagte område. Da elproduktion er inden for kvotesystemet, vil elektrificering betyde, at togenes energiforbrug kommer inden for kvoten.

Kvotesystemet sikrer, at det samlede CO₂-udslip er konstant. En elektrificering vil således betyde, at CO₂-udslippet skal reduceres på andre områder. Med elektrificering bliver Danmarks samlede CO₂-udslip således i alt reduceret svarende til det samlede CO₂-udslip fra de dieseldrevne tog, der konverteres til el.

Med en elektrificering af jernbanen, som angivet under scenarium, 1 vil man således kunne mindske det samlede CO₂-udslip med ca. 46.000 tons, svarende til den samlede udledning fra de IC3-dieseltog, der erstattes med eltog. Den direkte "emissions"-effekt af konvertering fra diesel til el er -6.000 – 7.000 tons afhængig af opgørelsesmetoden. Grunden til, at effekten kan være negativ, er, at ER-eltog er større end IC3 tog og dermed udleder mere CO₂ pr. togsæt, men forudsættes erstattet i forholdet én til én. Der vil altså være en større kapacitet ved elektrificeringen i scenarium 1.

I scenarium 2 vil man kunne mindske det samlede CO₂-udslip med 170.000 tons, hvilket svarer til ca. ¾ af den samlede udledning fra jernbanen. Her er den direkte effekt 5.000 – 48.000 tons afhængig af opgørelsesmetoden.

Hvis kvotesystemet på et tidspunkt bliver ændret, så forbruget af fossil brændsel i transportsektoren kommer med i kvotesystemet, vil den samlede betydning for CO₂-udslippet af elektrificering være mindre. I den situation vil CO₂-udslippet kun blive reduceret med den direkte effekt - dvs. forskellen mellem CO₂-udslip mellem diesel- og eldrevne tog.

1.9 Elektrificering som OPP-projekt?

OPP (Offentligt Privat Partnerskab) er en organiseringsform, hvor der foretages et samlet udbud af finansiering, projektering, udførelse, drift og vedligeholdelse. OPP-selskabet leverer et produkt i henhold til en funktionsbeskrivelse fra den offentlige udbyder, og den offentlige part betaler en på forhånd fastsat afgift for den løbende brug af anlægget i hele dets levetid.

Fordelen ved OPP er, at det sikrer en totaløkonomisk tankegang hos leverandøren, samt at risici kan håndteres mere effektivt, fordi der foretages en risikodeling mellem den offentlige og den private part. Desuden giver OPP mulighed for kreativ opgaveløsning, idet udbudet kun er baseret på en funktionsbeskrivelse, ikke et detailprojekt. Endelig kan der opnås besparelser ved, at leverandøren kan overskue og kontrollere hele processen.

Erhvervs- og Byggestyrelsen har opstillet syv kriterier, som kan fungere som pejlemærker til vurdering af et projekts OPP-egnethed. Baseret på disse er den samlede vurdering, at gennemførelse af elektrificeringen som OPP-projekt ikke er tilrådeligt. Det skyldes især tre forhold:

1. For det første er projektet ikke tilstrækkeligt fysisk afgrænset. Der er således en række komplekse grænseflader til andre systemer, herunder signalsystemet, skinnenettet og ikke mindst den daglige togdrift. Det faktum, at de forskellige systemer griber ind i hinanden, gør det vanskeligt at foretage en klar risikodeling.
2. For det andet må det anses som væsentligt, at der sikres sammenhæng mellem elektrificering og drift og vedligeholdelse af banerne samt trafikken på banerne.
3. For det tredje er den ønskede leverance temmelig udspecificeret. Detaljeringsgraden betyder, at mulighederne for kreativ opgaveløsning i forbindelse med projektering, udførelse, vedligeholdelse og drift af kabelnettet må betragtes som begrænsede. Dermed bliver det svært for evt. private aktører at optimere opgaveløsningen, så der opnås besparelser.

Som alternativ til OPP kan elektrificeringen f.eks. udføres som samlet udbud eller som en traditionel entreprise. Uanset valg af den konkrete organiserings-

form er det vigtigt, at elektrificeringsopgaven bliver udbudt, så flere virksomheder med særlig ekspertise inden for etablering af kørestrøm, hævning af broer mv. bringes i spil. Hermed sikres størst mulig adgang til ressourcer og ny viden.

Da der er gået ca. 10 år siden det sidste elektrificeringsprojekts afslutning, må det forventes, at ekspertisen med hensyn til såvel elektrificering som immunisering er fordelt på meget få personer i Danmark, og at adgang til ekspertise og ressourcer fra udlandet i hvert fald for selve elektrificeringens vedkommende er helt nødvendig.

2. INDLEDNING

2.1 Kommissorium

Transportministeriet har ultimo august 2008 bedt NIRAS Konsulenterne sammen med NIRAS om at foretage en screening af mulighederne for en fortsat elektrificering af det danske jernbanenet.

Kommissoriet for opgaven er, at rapporten skal afdække følgende forhold:

- *Kvalificere de eksisterende estimater for omkostningerne ved en yderligere elektrificering af det danske jernbanenet – herunder sammenhæng mellem signalprojektet og omkostningerne ved elektrificering samt give et indledende overslag over de driftsmæssige (herunder driftsøkonomiske) og miljømæssige fordele herved.*

Kvantificeringen skal ske på strækningsniveau.

- *Overveje fordele og ulemper ved at gennemføre elektrificeringen som et OPP-projekt.*
- *Analysere det mest hensigtsmæssige tidspunkt for evt. yderligere elektrificering, givet de kommende projekter på banen som f.eks. Signalprojektet, Femern Bælt forbindelsen mv., herunder ikke mindst den økonomisk mest hensigtsmæssige rækkefølge af projekterne.*
- *Udarbejde en overordnet vurdering af, om det er muligt at basere en materielstrategi frem til 2020 på en fortsat anvendelse af IC3 og IR4 materiellet i fjerntrafikken samt lejet materiel i den sjællandske regionaltrafik.*

2.2 Baggrund om elektrificering

Loven om elektrificering fra 1979 [1] satte elektrificeringen af fjernbanen i gang.



Figur 2.1: De allerede elektrificerede strækninger (grøn signatur).

Med en elektrificering muliggøres elektrisk drift i stedet for drift ved hjælp af dieselolie, men for at gennemføre en elektrificering er det nødvendigt at udstyre banelinierne med ledninger over sporene (køreledninger), som forsyner togene med elektricitet. Dette kræver en række supplerende foranstaltninger. Der skal være den nødvendige plads til ledningerne, hvilket kræver, at en række broer skal hæves, eller at banerne under dem skal sænkes. Der skal etableres transformer- og fordelingsstationer langs banelinierne, og signalsystemerne skal immuniseres, så sikrings-, radio- og teleanlæg mv. ikke bliver forstyrret af elektrisk støj fra banen.

Et andet meget væsentligt forhold i forbindelse med elektrificering er, at det er nødvendigt at have elektriske tog, der kan udnytte køreledningerne. Elektrificeringen bør således ideelt set tilrettelægges, så den hænger sammen med, at de bestående dieseltog alligevel skal udskiftes, ligesom det bør være muligt at køre med elektrisk materiel umiddelbart efter at de enkelte banestrækninger er blevet elektrificeret.

Anskaffelse af nyt materiel er et væsentligt element i DSB's plan "*Gode Tog til Alle*" fra 1999, men problemer med levering og idriftsættelsen af IC4 togsættene har hidtil forhindret implementeringen af denne plan. DSB har i denne forbindelse i maj 2008 udstedt et ultimatum til leverandøren Ansaldo Breda, i hvilket præcise krav og tidsplan er angivet for levering af IC4 togsættene. Lever Ansaldo Breda ikke op til kravene, vil DSB ophæve kontrakten om levering af IC4-tog.

Da elektrificering og materielsiden ideelt set hænger sammen, kan det derfor få betydning for overvejelserne om elektrificering, om IC4-togene bliver leveret eller ej.

I denne screeningsrapport antages i hovedscenariet (scenarium 1), at IC4-togene bliver leveret. I scenarium 2 regnes med, at IC4-togene ikke bliver leveret, og det bliver analyseret, hvorledes elektrificering kan ske i den situation. Hvis IC4-togene ikke bliver leveret, betyder det ikke nødvendigvis, at der bør gennemføres en yderligere elektrificering, idet betjeningen af fjerntrafikken vil kunne gennemføres med det nuværende IC3- og IR4-materiel, forudsat at der gennemføres en allerede planlagt modernisering af IC3-togene, og at den sjællandske regionaltrafik kan betjenes med lejet materiel.

Udover at elektrificering kan hænge sammen med materielsiden, vil andre store baneprojekter som f.eks. Signalprogrammet, banedelen af aftalen om en fast forbindelse over Femern Bælt, overvejelser om København - Ringsted have betydning for, hvorledes en elektrificering gennemføres mest hensigtsmæssigt.

Elektrificering af fjernbanen vil samlet set betyde følgende for banen:

- Hurtigere acceleration end dieselmateriel.
- Togenes energiforbrug kan nedsættes signifikant på grund af muligheden for regenerativ bremsning
- Togenes støjmission ved lavere hastigheder vil blive signifikant lavere
- Visse banearbejder bliver vanskeligere, da der skal tages hensyn til kørestrømssystemet

- Togtrafikken gøres uafhængig af olie som primær energikilde
- Der er større udvalg i elektrisk togmateriel på markedet.
- Der er ikke gennemført en uddybende analyse af forskellen mellem prisen på sammenligneligt eldrevet og dieseldrevet materiel, der kan køre 200 km/h. Imidlertid viser trendanalyser af markedsudviklingen at det på sigt må forventes, at anskaffelse af nyt eldrevet togmateriel alt andet lige må forventes at blive billigere. Der vil dog skulle gennemføres en uddybende analyse heraf, inden der kan drages en endelig konklusion.
- Driftsomkostningerne for operatørerne vil alt andet lige blive lavere.
- Togtrafikken bliver nemmere at konkurrenceudsætte da flere (store/udenlandske) operatører kan byde.
- Banens samlede kapitalapparat bliver større og dermed mere kompleks, hvilket fører til højere vedligeholdelsesomkostninger.
- Banen bliver mere følsom overfor driftsforstyrrelser hidrørende fra infrastrukturen (f.eks. strømsvigt), mens effekterne for det rullende materiel er modsat rettede idet elmateriel isoleret set har bedre driftsstabilitet end dieselmateriel.
- CO₂-udslippet bliver reduceret.
- Lokal udledning af emissionspartikler undgås.

Ovennævnte forhold bliver analyseret/uddybet i de følgende kapitler.

I de økonomiske beregninger ses på anlægsudgifterne ved elektrificering samt konsekvenserne for driftsøkonomien på de relevante strækninger som følge af elektrificering. Screeningen omfatter således ikke en samfundsøkonomiske analyse af elektrificering, og den giver således ikke svar på, om elektrificering overordnet set er en god investering set fra samfundets side.

3. **BAGGRUND FOR SCREENINGEN**

3.1 **Status for elektrificering**

3.1.1 *Generelt*

Med hensyn til elektrificering af danske jernbaner kan disse opdeles i to hovedgrupper, nemlig S-banenettet og fjernbanenet, hvor alene elektrificeringen af fjernbanenet er interessant i nærværende sammenhæng.

3.1.2 *Fjernbanenet*

Elektrificering af fjernbanenet blev vedtaget i Folketinget ved lov nr. 201 af 23. maj 1979, i hvilken det blev fastslået, at det daværende DSB's fjernbanenet skulle elektrificeres med systemet 25 kV 50 Hz³.

Loven giver bemyndigelse til at elektrificere DSB's fjernbanenet, i alt 1.120 km.

Af forskellige årsager er elektrificeringen ikke gennemført fuldstændigt, men er indstillet, jf. redegørelsen til Folketinget af 19. oktober 2001 [2] og forhandlingerne i Folketingets Trafikudvalg 24. oktober 2001 [3].

Status er, at elektrificeringsomfanget på fjernbanenet i 2008 andrager ca. 470 km bane⁴ (svarende til ca. 45 % af fjernbanenet), og i forhold til loven af 1979 mangler der således elektrificering af 672 km.

3.2 **Status for elektrificering i andre europæiske lande**

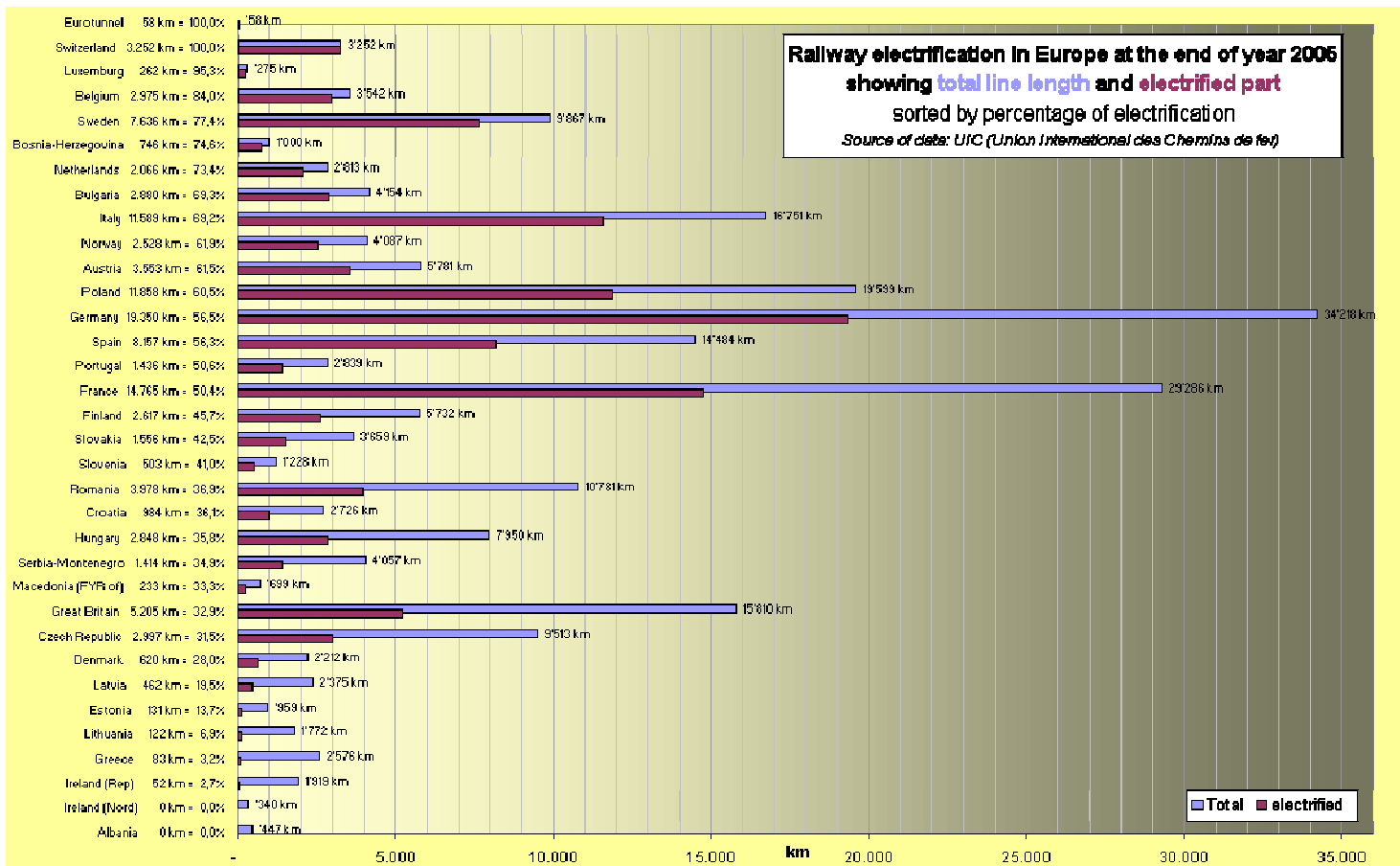
Elektrificering af det europæiske banenet begyndte i begyndelsen af det 20. århundrede, og var indtil midt i 50'erne, hvor dieseldrift i større omfang blev mulig, det eneste betydende alternativ til dampdriften.

Adgang til vand- eller atomkraft (og eventuelt manglen på adgang til kul eller olie) har i mange lande været et væsentligt argument for elektrificering, men i modsætning til Danmark er elektrificeringen i andre europæiske lande fortsat, på trods af mulighederne for dieseldrift.

³ Hvilket er i modsætning til Sverige og Tyskland, som af historiske årsager anvender systemet 15 kV 16,7 Hz.

⁴ Inklusiv Øresundsforbindelsen fra København H – Peberholm og Hvidovre Fjern – Kalvebod.

Nedenstående figur angiver elektrificeringsudbredelsen af det samlede jernbanelenet i Europa pr. 2005. Elektrificeringsudbredelsen i Danmark er angivet til 28 % af den samlede net⁵.



Figur 3.1: Elektrificering i Europa i slutningen af 2005.

Kilde: Wikipedia (2008).

Som det fremgår, er det kun i få lande, at jernbanerne har en lavere udbredelse af elektrificering end i Danmark. Schweiz ligger højest med en elektrificeringsudbredelse på 100 %.

Lande som f.eks. Tyskland, Holland, Belgien, Sverige eller Italien har en højere udbredelse af elektrificering end Danmark målt i procent af det samlede banelenet. I disse lande er intercitylinierne fuldt elektrificeret, mens der anvendes dieseltog på mindre betydende baner. Elektrificering i Danmark svarer således snarere til situationen i Storbritannien, hvor elektrificeringen er foregået mere trinvist.

⁵ Det samlede net skal her forstås som såvel hoved-, regional-, lokal- og S-baner.

3.3 **Sammenhæng til baner i nabolandene**

3.3.1 *Interoperabilitet og det transeuropæiske jernbanenet*

EU arbejder for at etablere et fælleseuropæisk jernbanenet, hvor tekniske og regelbaserede forhindringer for en sikker og uhindret bevægelighed af togtrafik er fjernet.

Den sikre og uhindrede trafik (navnlig over grænser) betegnes som interoperabel trafik.

Med henblik på at opnå den ønskede operationalitet er der udarbejdet såvel interoperabilitetsdirektiver som Tekniske Specifikationer for Interoperabilitet (TSI'ere) knyttet til direktiverne.

Endvidere er der udpeget et transeuropæisk jernbanenet også kaldet TEN⁶-jernbanenettet. TEN-jernbanenettet er en delmængde af det transeuropæiske transportnet TEN-T, som omfatter bl.a. veje, jernbaner og vandveje.

De enkelte EU-medlemsstater er forpligtet til at arbejde hen imod, at deres TEN-jernbanenet, samt baner med forbindelse til dette, opfylder kravene opstillet i TSI'erne, således at de forhindringer, der står i vejen for den frie konkurrence på jernbanen fjernes.

3.3.2 *Interoperabilitetsdirektiverne*

I direktivet 2008/57/EC samles de eksisterende regler for det interoperable jernbanesystem i EU (TEN-jernbanenettet), for henholdsvis højhastighedsbaner (96/48/EC) og konventionelle baner (2001/16/EU), samt ændringerne til disse direktiver fra direktiv 2004/50/EC.

Direktivet beskriver reglerne for tilblivelsen og anvendelsen af Tekniske Specifikationer for Interoperabilitet (TSI), som er de essentielle kravspecifikationer til et fælles europæisk togsystem, der skal sikre en fri og uhindret togtrafik på det europæiske TEN-jernbanenet⁷.

Direktivet beskriver endvidere i punkt 3 forhold angående Kyoto aftalen⁸, hvor EU har forpligtet sig til at reducere udledningen af CO₂, hvilket bl.a. kan opnås ved at overflytte trafik fra vej og luftfart til jernbanen.

⁶ Trans European Network

⁷ Beslutning No. 884/2004/EC ændring til No. 1692/96/EC om udvikling af det transeuropæiske transportnetværk

⁸ Direktiv 2008/57/EC - punkt 3

Jævnfør punkt 21 i direktiv 2008/57/EC bør medlemslandene undgå at indføre nye regler eller begynde nye projekter, der forøger forskellighederne i det samlede jernbanesystem.

Ifølge punkt 22 i direktiv 2008/57/EC skal harmoniseringen af det transeuropæiske jernbanenet ske gradvist, da arbejdet kræver store investeringer. Den gradvise indførelse skal bl.a. sikre, at der ikke opstår en ulige konkurrencesituation som favoriserer en transportform på bekostning af andre.

Ifølge artikel 9 i direktiv 2008/57/EC kan TSI'erne fraviges i følgende tilfælde:

- Hvis et projekt ved TSI'ens indførelse allerede er langt fremskredet, og hvis projektet er forpligtet af en kontrakt.
- Hvis TSI'erne medfører så store ekstraomkostninger, at projektet ikke længere hænger økonomisk sammen.
- Hvis systemet er isoleret geografisk fra det øvrige europæiske netværk.

Et ønske om at fravige bestemmelserne i en TSI skal i alle tilfælde forelægges EU kommissionen, som så behandler forespørgslen.

Direktiverne stiller ingen formelle krav om, at eksisterede TEN-strækninger uden kørestrøm skal elektrificeres, idet det jævnfør artikel 2 stk. b i direktiv 2008/57/EC er køretøjerne, som skal opfylde de tekniske og regelbaserede krav den pågældende banestrækning stiller.

I praksis er det dog sådan, at langt den største del af det eksisterende TEN-net er elektrificeret.

Det er ikke et krav i forbindelse med direktiverne, at lande som allerede har etableret kørestrømsystemer skal skifte til et bestemt system, men for højhastighedsstrækninger gælder jf. tabel 4.2.2 i TS ENE HS [6], at der skal elektrifices med systemet 25 kV 50 Hz med mindre særlige forhold gør sig gældende⁹.

⁹ Tabellen angiver: I lande med netværk, der allerede benytter en energiforsyning på 15 kV AC, 16,7 Hz, kan dette system benyttes til nye strækninger. Samme system kan også anvendes i nabolande, hvis det er økonomisk forsvarligt.

Det bemærkes dog i den anledning, at forskellige kørestrømssystemer ikke medfører nævneværdige problemer mht. interoperabiliteten idet to- eller flersystems tog i dag er teknisk uproblematisk og i et vist omfang er hyldevarer, jf. Øresundstogenes og Railions lokomotivers uproblematisk passage ved fuld strækningshastighed af den tekniske systemgrænse 25 kV 50 Hz/15 kV 16,7 Hz på Peberholm.

3.3.3 *TEN-jernbanenettet*

TEN-jernbanenettets layout består af såvel højhastighedsbaner som konventionelle strækninger.

I Danmark er følgende baner udpegede til at udgøre det danske TEN-jernbanenet:

1. Øresund – København - Fredericia/Taulov-Padborg
2. Fredericia – Århus – Aalborg - Frederikshavn
3. Lunderskov - Esbjerg
4. Ringsted - Rødbyhavn
5. Hjørring - Hirtshals
6. Nykøbing Falster - Gedser

Af de ovennævnte strækninger er alene strækning 1 elektrificeret, jf. figur. 2.1.

Endvidere ses, at det nuværende danske TEN-jernbanenet også omfatter lokalbaner med adgang til en færgehavn, nemlig banerne nævnt under 5 og 6.

TEN-jernbanenettet skal sikre EU's indre marked mobilitet af høj kvalitet for passagerer og gods på acceptable økonomiske vilkår.

3.3.4 *Grænseoverskridende trafik*

3.3.4.1 *Eksisterende forhold*

Den grænseoverskridende trafik til/fra Danmark domineres af godstransport, hvorimod den internationale passagertrafik er af meget begrænset betydning, med trafikken over Øresund som en markant undtagelse.

Den betydelige del af den grænseoverskridende godstrafik (mere end 90 %) køres via korridoren Øresund – Padborg. Næsten al trafikken sker med elektrisk traktion, idet såvel Sverige som Tyskland har elektrificeret hele vejen fra de betydelige industricentre til Øresund hhv. Padborg.

Som angivet ovenfor, er det uden praktisk betydning, at det danske kørestrøms-system er forskelligt fra det svenske og tyske, idet lokomotiver og togsæt er udstyret til at kunne køre på begge systemer, således at togets passage over systemgrænserne¹⁰ sker uhindret.

3.3.4.2 *Fremtidige muligheder*

En elektrificering af en større del af det danske net giver i større grad mulighed for at betragte det nordeuropæiske net som en helhed, hvilket giver stordriftsfordele for operatørerne navnlig med hensyn til den grænseoverskridende trafik.

Forholdet udnyttes p.t. i høj grad af store godsoperatører (som f.eks. Railion), hvor lokomotiver, vogne og personale i vidt omfang kører i flere forskellige lande, men også passageroperatører udnytter dette, som f.eks. DSBFirst, som fra 01.01.09 driver Øresundstrafikken. Et sådan trafikmønster ville næppe være muligt uden en elektrificering af Kystbanen samt banen København – Øresund.

Hvis strækningen Fredericia-Århus elektrificeres, vil det være muligt at etablere en elektrisk drevet intercitylinie mellem Århus og Flensborg/Hamburg. Endvidere bliver det muligt at etablere en elektrisk drevet intercitylinie mellem København og Hamburg, når Femern Bælt projektet er gennemført – herunder den tilhørende elektrificering af strækningerne Ringsted – Rødbyhavn og Puttgarden – Lübeck.

3.4 **Hvad er det konkrete indhold i elektrificeringsarbejder?**

Elektrificeringsarbejder omfatter hovedsageligt følgende:

1. Servitutter og ekspropriationer
2. Fritrumsprofilarbejder
3. Immuniseringsarbejder
4. Strømforsyningsarbejder
5. Etablering af kørestrøm

¹⁰ Hindringerne for interoperabiliteten består i forskellige sikkerhedsreglementer samt forskellige signalanlæg.

6. Etablering af kørestrømsfjernstyring

3.4.1 *Servitutter og ekspropriationer*

I forbindelse med etablering af kørestrømsanlægget skal det sikres, at anlægget kan placeres langs banen, at der er den nødvendige respektafstand (5 m) til de spændingsførende konstruktioner og at kørestrømsanlæggets funktion ikke kompromitteres.

Til dette formål kan det blive nødvendigt at ekspropriere arealer, således at anlægget kan opføres, og den nødvendige respektafstand etableres.

På alle matrikler i banens umiddelbare nærhed pålægges servitutter angående placering af bygninger, beplantning samt beskaffenhed af træer m.m.

Endelig skal den eksisterende beplantning langs banen beskæres, dels for at sikre profilet omkring banen, og dels for at sikre at træer ikke vælter ind i de spændingsførende konstruktioner.

3.4.2 *Fritrumsprofilarbejder*

Da elektrificerede strækninger medfører opsætning af master, rammer eller portaler og ophængning af køreledninger, returledere, sugetransformere m.m. kræver disse strækninger et større fritrumsprofil, d.v.s. mere plads omkring sporet.

I forbindelse med opførelsen af de ældre broer, tunneler samt visse bygninger på de eksisterende strækninger er der ikke altid taget hensyn til elektrificering, og fritrumsprofilarbejderne omfatter således arbejder i forbindelse med disse anlægselementer. Arbejdet medfører sædvanligvis hævning af eksisterende broer, nedrivning og evt. genopførelse af eksisterende broer, sporsænkninger og nogle få ekspropriationer af eksisterende bygninger.

Et meget stort antal broer står, uanset elektrificering, foran enten renovering eller udskiftning, og det kunne være en mulighed, at lade alle disse broarbejder udføres af et særskilt broprojekt forud for elektrificeringen af strækningerne, således at der ikke med relativt kort mellemrum skal ske større arbejder inkl. nødvendige sporspæringer, hastighedsreduktioner mv. på samme strækning.

3.4.3 *Immunisering*

3.4.3.1 *Generelt*

Begrebet immunisering omfatter i nærværende forbindelse beskyttelse af naboanlæg mod fejl opstået som følge af elektrificeringen.

Immunisering skal foretages overalt, hvor der skal elektrificeres, og immuniseringen skal være udført før kørestrømmen sluttes til.

Alle naboanlæg langs de hidtil elektrificerede strækninger er immuniserede, og teknik og metodik fra dette arbejde er relativt velkendt og veldokumenteret.

3.4.3.2 *Formål*

Kørestrømsanlægget med det tilhørende returstrømssystem (efterfølgende betegnet som kørestrømsanlægget) påvirker som alle andre elektriske anlæg omgivelserne elektrisk og magnetisk. Disse påvirkninger (kaldet elektrisk støj) har på grund af de store strømme en betydelig udbredelse, og det er derfor nødvendigt at begrænse effekten af disse påvirkninger. Dette sker ved, at immunisere de omkring værende systemer overfor disse påvirkninger.

Immunisering sikrer mod fejl i naboanlæg som følge af støjpåvirkningen. Disse fejl kan have meget forskellig karakter; fra små forstyrrelser af skærbilleder og systemer, der afbrydes, til farlige fejl i sikringsanlæg.

Immunisering er altså en helt nødvendig og grundlæggende del af et elektrificeringsprojekt

3.4.3.3 *Omfang*

Alle anlæg, der i noget omfang kan påvirkes betydeligt af kørestrømsanlægget, skal immuniseres. Præcist hvilke anlæg, der skal immuniseres, afhænger dels af deres placering i forhold til kørestrømsanlægget og dels hvor stor risiko, der er forbundet med svigt i disse anlæg.

Som følge heraf skal især sikringsanlæg, men også f.eks. telefonanlæg og andre installationer med kabler langs banen, immuniseres.

3.4.3.4 *Placering*

Langs den elektrificerede del af jernbanenettet er der naturligvis udført immunisering som en del af elektrificeringsprocessen, og da påvirkningerne fra kørestrømsanlæggene har en betydelig udbredelse, er der også foretaget visse indgreb et vist stykke ud af ikke elektrificerede nabostrækninger. Disse indgreb kan dog ikke påregnes at udgøre en fuldstændig immunisering.

3.4.3.5 *Sammenhæng til Signalprogrammet*

Nye sikringsanlæg er ikke nødvendigvis immune overfor elektrisk støj, men i nærværende sammenhæng forudsættes, at alle nye sikringsanlæg (som forudsættes etableret af Signalprogrammet) immuniseres, ikke blot på lokaliteter hvor der aktuelt er elektrificeret, men også lokaliteter, som planlægges elektrificeret.

3.4.3.6 *Teknik og metodik*

Teknikken bag immuniseringen drejer sig bl.a. om at etablere god jording af systemerne, skærmning af kabler samt at udskifte udstyr, som ikke kan sikres tilstrækkeligt på anden måde, til en type der kan sikres.

Fremgangsmåden vil være at anvende de kendte immuniseringsløsninger i videst mulige omfang. På lokaliteter eller på anlæg, der adskiller sig fra hvad, der tidligere er immuniseret, må det forventes, at der skal udarbejdes nye løsninger eller løsningsprincipper.

3.4.3.7 *Tilgængelig viden*

I forbindelse med den eksisterende elektrificering er der udviklet teknikker og metoder, som især vedrørende sikringsanlæg er beskrevet i Banedanmarks tekniske dokumentation. Teknikken er relativt velkendt gennem den løbende service, der udføres på anlæggene, samt gennem de anlægsarbejder, som siden er udført med elektrificering på Øresundsbanen.

Det er opfattelsen, at der eksisterer teknikker og metoder dækkende de fleste anlægstyper, og det anbefales, at den generelle dokumentation m.v. gennemgås og samles i en manual i forbindelse med eventuel igangsætning af et elektrificeringsprojekt.

3.4.4 *Problematikker*

Der er muligvis den problematik i forbindelse med immuniseringsarbejdernes udførelse, at visse komponenter¹¹ kan vise sig vanskelige at fremskaffe.

Problemets omfang er ukendt og ikke undersøgt nærmere, men skal håndteres i et eventuelt elektrificeringsprojekt.

3.4.5 *Strømforsyningsarbejder*

Køreledningsanlægget energiforsynes fra det offentlige elektricitetsnet på den måde, at der uden for banens areal etableres en banetransformer til transformering mellem netværksspændingen (f.eks. 400 kV) og køreledningsspændingen (25 kV), og der etableres et kabel mellem banetransformer og fordelingsstationerne langs banen. Disse fordelingsstationer sætter kørestrømsanlægget under spænding, og er placeret i en indbyrdes afstand bestemt af hensyn til spændingsniveau og effekt som angivet i den tekniske kravspecifikation TSI ENE CR [5]. For tiden andrager afstanden typisk ca. 35 km.

¹¹ Det vides f.eks., at FST (fail safe transmission) kassen, som varetager kommunikationen mellem sikringsanlæg og linieblok, er udgået af produktion.

3.4.6 *Etablering af kørestrøm*

Selve kørestrømsanlægget består af følgende:

- En køretråd (som har kontakten med toget), bæretov, ledningsophæng, sugetransformere, returledning, koblere, kørestrømsmaster, fundamenter m.v.
- Et returstrømskredsløb som udgøres af skinner, stropper (kabelforbindelser) m.v.

De mest synlige komponenter er følgende:

- Kørestrømsmasterne, som er placeret langs banen i en afstand af 50 m – 60 m.
- Ledningsophæng, som er placeret på hver mast.
- Køreledning og bæretov, som er ført på langs af banen.

3.4.7 *Etablering af kørestrømsfjernstyring*

Kørestrømsanlægget styres og overvåges fra Kørestrømscentralen i København, og i forbindelse med såvel drift som vedligeholdelse og uheld skal der gives mulighed for at ind- og udkoble anlægget helt eller delvist.

3.5 **Tekniske forudsætninger for screeningen**

Screeningen bygger på en række tekniske forudsætninger, som gennemgås i afsnittet nedenfor.

Den bygger herudover på andre forudsætninger som f.eks. at den faste forbindelse over Femern Bælt står klar i 2018, og at elektrificeringen skal stemme overens med Signalprogrammet. Der er redegjort for denne type forudsætninger i kapitel 6 omhandlende scenarier for elektrificering.

3.5.1 *Tidshorisont*

Det forudsættes, at tidshorisonten for screeningen er indtil 2020, og at en eventuel fortsættelse af elektrificeringen kan ske fra 2010, hvis der træffes en politisk beslutning herom i 2009.

3.5.2 *System*

Det forudsættes, at eventuel fortsat elektrificering skal ske med det hidtil anvendte system 25 kV 50 Hz, og der opstilles derfor ingen betragtninger om alternative systemer.

3.5.3 *Anlægsspecifikationer*

Det forudsættes generelt, at kørestrømsanlægget skal specificeres, jf. kravene i projektet København-Ringsted, som følger:

- Hastighed = 200 km/h¹²
- Køretrådshøjde = 5,3 m

Der forudsættes således en anden og mere avanceret køreledningskonstruktion end den hidtil anvendte, idet den nuværende køreledningskonstruktion og anvendelsesprincip er uegnet og ikke normfastlagt til kørsel med hastigheder over 180 km/h. Forudsætningen har dog ingen praktisk betydning i nærværende sammenhæng.

For de allerede elektrificerede strækninger forudsættes, at det nuværende køreledningssystem skal modificeres eller ombygges inden hastigheden 200 km/h kan håndteres. I nærværende screening medtages ingen omkostninger til eventuel ombygning af det eksisterende system.

3.5.4 *Broer*

Det forudsættes, at frihøjden¹³ på alle overføringer (broer) bygget før elektrificeringsloven af 1979 er for lav, og at disse som følge heraf skal hæves, eller at banen under dem skal sænkes. Det forudsættes således implicit, at alle broer bygget efter implementeringen af elektrificeringsloven af 1979 har tilstrækkelig frihøjde til etablering af kørestrøm.

3.5.5 *Strækningen Nykøbing F - Gedser*

Status for denne strækning efter vedtagelsen af Femern Bælt forbindelsen kendes ikke. Strækningen er derfor ikke behandlet i det følgende.

3.5.6 *Strækningen Lejre – Vipperød*

Trafikstyrelsen har udarbejdet et projektforslag for en eventuel etablering af dobbeltspor på den for tiden enkeltsporede delstrækning.

Der er ikke taget politisk stilling til spørgsmålet, og i nærværende screening forudsættes derfor, at strækningen forbliver enkeltsporet indtil 2020.

¹² Der forudsættes samme kørestrømskonstruktion selvom hastighedskravet 250 km/h fra København – Ringsted projektet ikke synes aktuelt på Banedanmarks resterende net.

¹³ Frihøjden på ældre broer, også på fjernbanenettet, er bestemt af hensynet til elektrificeringssystemet 1,5 kV DC, hvilket medfører at de er for lave til 25 kV 50 Hz.

3.5.7 *Linieføring*

Det forudsættes, at der elektrificeres langs banernes nuværende linieføring, og at ingen linieføringsforbedringer foretages.

3.5.8 *Operatører*

Det forudsættes, at de nuværende operatører fortsætter med samme driftsform, som benyttes i dag.

3.6 **Driftseffekter**

Afsnittet indeholder en angivelse af de driftstekniske effekter af fortsat elektrificering.

3.6.1 *Køretid*

Med elektrisk traktion er det muligt at opnå såvel meget høje effekter som højt effekt/vægt forhold, således at det med elektrisk traktion er muligt at opnå følgende:

1. Hurtig acceleration
2. Høj hastighed
3. Høj trækraft på stigninger

Alt andet lige giver elektrisk traktion mulighed for kortere køretider. Dette er ikke analyseret nærmere i denne screening. Effekten forventes dog at være begrænset i forhold til den nuværende køreplan.

Moderne dieseltogsæt, som f.eks. IC3, har høj acceleration ved lavere hastigheder. Men jo højere hastigheden er, desto mere fremtræder den elektriske traktions fordele med hensyn til acceleration. Årsagen er, at den elektriske traktions effekt ikke er begrænset af den medbragte motor (men af forsyningsnettet), og at den elektriske traktion har mulighed for at yde meget høj effekt i den korte tid, accelerationsforløbet varer.

Størrelsen af de kortere køretider er afhængig af strækningens natur, men bl.a. følgende parametre er til gunst for elektrisk traktion med hensyn til køretid:

- Hyppige stationsophold
- Faste hastighedsnedsættelser
- Stejle stigninger

Hyppige stationsophold er karakteristisk for metroer og forstadsbaner, og som følge af bedre acceleration af elektrisk traktion er praktisk taget alle metroer og forstadsbaner (herunder S-banen) elektrificerede, og en betjening af f.eks. S-banen med dieselmateriel er næppe teknisk mulig. Det skal her pointeres, at det danske fjernbanenet bl.a. er karakteriseret ved, at stationerne ligger forholdsvis tæt.

Faste hastighedsnedsættelser, som er en lokal permanent nedsættelse af strækningshastigheden (ofte benævnt ”knaster”), findes på så godt som alle strækninger. En følge af bedre acceleration af elektrisk traktion kan elektrisk materiel opnå lavere køretid på disse strækninger end tilsvarende dieselmateriel, og investeringer i udbedringer af disse knaster kan i højere grad undgås. Det danske fjernbanenet er bl.a. karakteriseret ved, at der er en række faste hastighedsnedsættelser, som er kostbare (eller umulige) at fjerne.

Stejle stigninger er karakteristisk for baner i bakke- og bjerglande, og som følge af mulighederne for at opnå en langt højere traktionseffekt end tilsvarende dieselmateriel kan elektrisk materiel opnå højere hastighed op ad disse stigninger. Forholdet er navnlig gældende for godstog, og da det danske fjernbanenet, med meget få undtagelser, har meget beherskede stigninger, har forholdet næppe signifikant betydning.

3.6.2 *Driftspålidelighed*

En elektrificeret bane vil alt andet lige være på et højere komplicationsniveau end en ikke-elektrificeret bane. De ekstra anlægskomponenter, som elektrificeringsinfrastrukturen udgør, sammenholdt med den slitage på komponenterne som kontakten mellem togmateriellet og køretråden medfører, vil i et eller andet omfang medføre nedbrud som f.eks. køreledningsnedfald og materieldefekter, som i sagens natur ikke kan optræde ved dieseltogdrift.

Risiko for køreledningsnedfald og materieldefekter skal dog sammenholdes med en forbedring af driftspålideligheden af togene, idet eltog alt andet lige har en højere oppeetid end dieseltog. F.eks. kan et motornedbrud ikke forekomme i et eltog.

Effekten på driftspålidelighed kan således ikke estimeres i denne screening, men den vurderes som meget ringe, og synes ikke at have indflydelse på andre infrastrukturforvalteres forhold til implementering af elektrificering.

3.6.3 *Energiforbrug*

Energiforbruget for elektrisk- og dieseldrevet traktion ved togets fremførelse er alt andet lige principielt af samme størrelsesorden, men elektrisk traktion har den fordel, at der kan etableres såkaldt regenerativ bremsning. Dette betyder, at en stor del af togets bevægelsesenergi kan sendes tilbage i forsyningsnettet når toget bremses og således genanvendes af andre tog.

3.7 **Trafik**

3.7.1 *Godstrafik*

Godstrafik på strækninger uden for det allerede elektrificerede net lades ude af betragtning, da den for tiden er meget beskeden, ligesom eventuelle planer for forøget godstrafik på disse strækninger ikke er vurderede.

3.7.2 *Andre togsystemer*

Der kører andre togsystemer end de i scenarierne betragtede, men disse systemer er ikke relevante for scenarierne og er derfor ladt ude af betragtning.

3.7.3 *Overkørsler*

Der er en særlig problematik knyttet til overkørsler på elektrificerede baner, idet køretrådens placering giver en begrænsning i højden på bilerne. For tiden er begrænsningen 4,5 m, men ved en lavere køretrådshøjde bliver begrænsningen forøget.

4. SAMMENHÆNG TIL ANDRE BANEPROJEKTER

4.1 Anlægsprojekter

4.1.1 *Femern Bælt forbindelsen*

Der er indgået en aftale om fast forbindelse mellem Tyskland og Danmark over Femern Bælt.

Den faste forbindelse er relevant i nærværende sammenhæng, idet den indeholder etablering af såvel dobbeltspor på delstrækningen Vordingborg - Rødbyhavn (Storstrømsbroen undtaget) som elektrificering af hele strækningen Ringsted - Rødbyhavn.

Af aftalen fremgår ingen særskilt tidsplan for elektrificering, men aftalen opererer med følgende milepæle:

- Vedtagelse af anlægslov/igangsættelse 2012
- Ibrugtagning 2017

Da screeningen forudsættes udført med en tidshorisont frem til 2020, skal elektrificering af strækningen Ringsted - Rødbyhavn således indgå i udarbejdelsen af elektrificeringsscenerierne, og det indgår som fast forudsætning, at den vil være elektrificeret i 2018.

4.1.2 *København – Ringsted projektet*

For tiden undersøges to hovedalternativer i forbindelse med udbygning af strækningen København-Ringsted:

- En udbygning af delstrækningen Hvidovre Fjern - Høje Taastrup med 1 ekstra spor.
- En nybygget bane København – Køge - Ringsted med forbindelse til den nuværende Køge station.

Alle undersøgelser afrapporteres p.t. til Trafikstyrelsen i form af dispositionsforslag.

Til begge hovedalternativer er knyttet en række delprojekter, som kan etableres uafhængigt af valg af alternativ, men elektrificering indgår i alle sammenhænge.

Da etablering af et ekstra spor mellem Hvidovre Fjern og Høje Taastrup i praksis er en udbygning af en allerede elektrificeret strækning (og da elektrificering af denne udbygning forudsættes) er alene hovedalternativet vedrørende en nybygget bane relevant i nærværende sammenhæng.

Dispositionsforslaget med hensyn til dette hovedalternativ opererer med følgende tidsplan:

- Anlægget opstartes i marken primo 2013
- Ibrugtagning ultimo 2016

Det forudsættes, at København – Ringsted projektet etablerer og elektrificerer forbindelsen Køge Nord – Køge.

4.1.3 *Signalprogrammet*

Banedanmark har konstateret en række problemer med hensyn til sikringsanlæg og har konkluderet, at en fuldstændig fornyelse af samtlige sikringsanlæg baseret på nye principper er nødvendig.

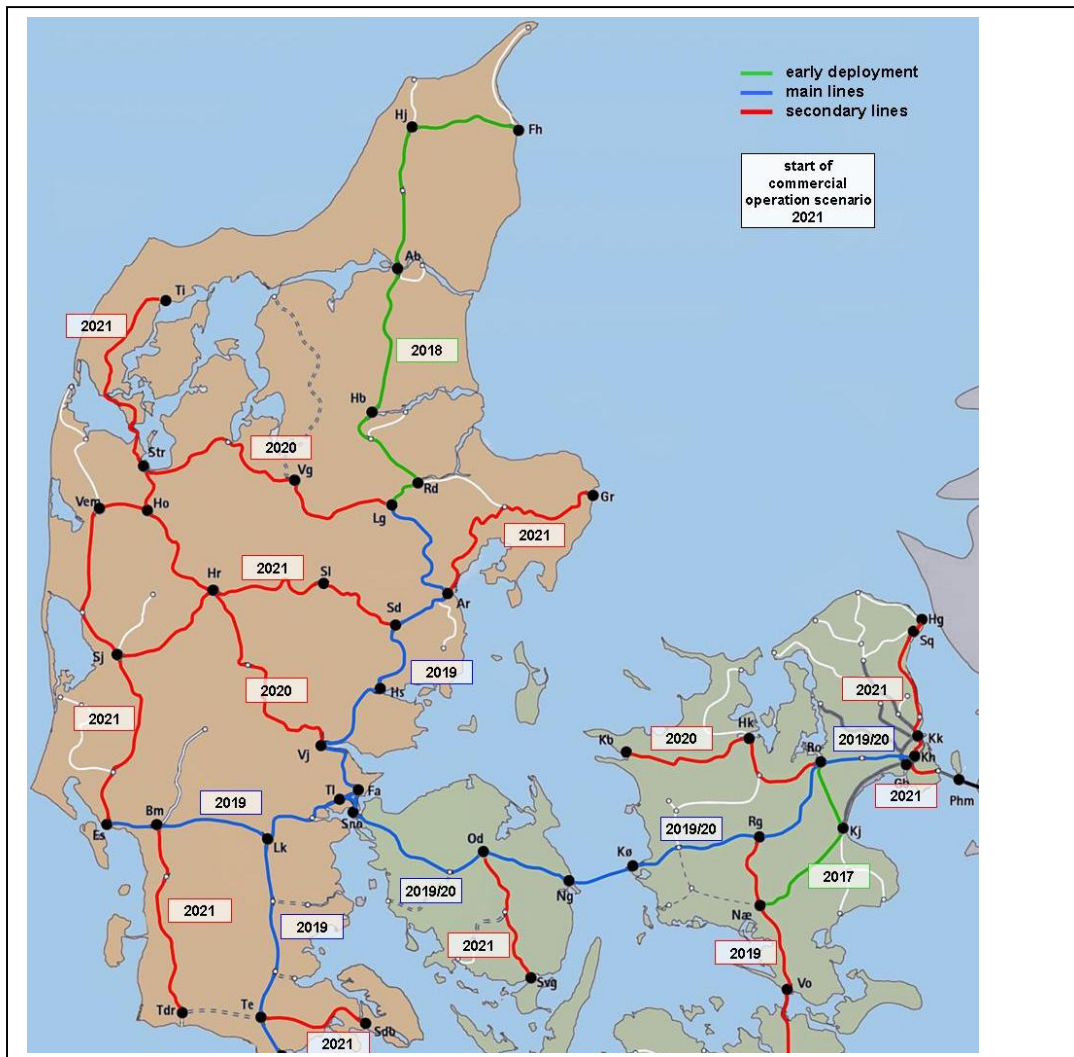
Disse nye principper inkluderer bl.a. implementering af ERTMS¹⁴, som er en fælleseuropæisk signalarkitektur¹⁵ godkendt af EU.

Som følge af denne konklusion har Banedanmark iværksat projektet Signalprogrammet, som har til formål dels at udvikle og opstille kravspecifikationer til de nye sikringsanlæg, og dels at angive såvel en implementeringsstrategi som en implementeringstidsplan.

Signalprogrammet angiver i den foreløbige rapport følgende implementeringstidsplan.

¹⁴ European Rail Traffic Management System.

¹⁵ Standarden er udviklet af firmaerne: Alstom, Ansaldo STS, Bombardier, IRG-Invensys, Siemens og Thales.



Figur 4.1: Signalprogrammet, Udrulningsplan, 2021.

Kilde: [14]

Da screeningen forudsættes udført med en tidshorisont frem til 2020, skal implementeringen af nye sikringsanlæg således indgå i udarbejdelsen af elektrificeringsscenarierne.

Banedanmark har oplyst, at der vil blive stillet krav til sikringsanlægsleverandørerne om, at de nye signalanlæg er immuniserede i forhold til 25 kV 50 Hz AC.

Hermed opnås, at arbejder vedrørende immunisering af eksisterende sikringsanlæg undgås - dette skønnes at udgøre ca. 15 % af de samlede omkostninger i forbindelse med elektrificering af baner med ikke-immuniserede sikringsanlæg.

Gennemføres elektrificering derimod før sikringsanlæggene er udskiftet på de pågældende strækninger, er det nødvendigt at immunisere de eksisterende sikringsanlæg, og de samlede omkostninger vedr. elektrificering stiger således.

Opmærksomheden henledes på, at der under alle omstændigheder skal ske en immunisering af en række andre systemer end sikringsanlæg (radio, tele mv.).

4.2 **Fornyelsesprojekter**

4.2.1 *Generelt*

Af relevans i forhold til elektrificering planlægger og udfører Banedanmark en række større fornyelsesprojekter knyttet til baneelementernes afvanding, spor, broer og tunneler.

Der er så vidt vides kun udarbejdet tidsplaner for disse fornyelsesprojekter til og med 2010.

Der er ikke kendskab til andre fornyelsesprojekter med relevans i forhold til elektrificering, som f.eks. kurveudretninger, dæmningsarbejder m.m.

Der er nedenstående bemærkninger til de enkelte banelementer.

4.2.2 *Afvanding*

Afvandingsarbejder består som oftest i udbedring af grøfter, fornyelse af dræn, fornyelse af gennemløb og fornyelse af brønde.

Til udførelse af disse arbejder anvendes materiel placeret i sporet eller i grøften langs dette.

Der ses ingen grund til at lade udførelse af disse arbejder få indflydelse på opstilling af scenarier for eventuel elektrificering, men der skal naturligvis ske en koordinering af arbejderne mellem konkrete projekter.

4.2.3 *Spor*

Sporarbejder består som oftest i udskiftning af skinner, sveller samt rensning af ballast.

Til udførelse af disse arbejder anvendes materiel placeret i sporet.

Der ses ingen grund til at lade udførelse af disse arbejder få indflydelse på opstilling af scenarier for eventuel elektrificering, men der skal naturligvis ske en koordinering af arbejderne mellem konkrete projekt.

4.2.4 *Broer og tunneler*

Arbejder i forbindelse med broer og tunneler kan med fordel opdeles efter størrelse således:

1. Over- og underføringer
2. Storbroer
3. Store tunneler

Bro- og tunnelarbejder kan have en mangesidig karakter og dække over alt fra mindre vedligeholdelsesarbejder og hævning af broen til egentlig fornyelse.

4.2.4.1 *Ad 1. Over- og underføringer*

Begrebet overføringer dækker vej- eller sporbærende broer ført over banen, mens begrebet underføringer dækker over, at en sporbærende bro er ført over en vej eller en anden jernbane.

Da alle over- og underføringer føres på tværs af banen, ses ingen grund til at lade udførelse af disse arbejder få indflydelse på opstilling af scenarier for eventuel elektrificering.

Der skal naturligvis ske en koordinering af arbejderne mellem et konkret elektrificeringsprojekt og et konkret sporprojekt, således at f.eks. arbejdet med en systematisk hævning af alle overføringer på en strækning sker forud for en elektrificering.

4.2.4.2 *Ad 2. Storbroer*

En storbro kan i nærværende sammenhæng defineres som en bro af en væsentlig udstrækning på langs af banen, og hvor arbejder på broen vil få afgørende betydning for enten trafikken på banen eller andre arbejder på denne.

På strækningerne omfattet af planer om fortsat elektrificering findes følgende storbroer:

- Masnedsundbroen
- Storstrømsbroen
- Frederik d. 9's bro
- Jernbanebroen over Limfjorden

Masnedsundbroen, som er etableret i 1935, er ligeledes omfattet af Femern Bælt projektet, som kræver at broen gøres dobbeltsporet. Det forventes, at en udvidelse af den eksisterende bro ikke er mulig, og at en ny bro skal etableres.

Storstrømsbroen, som er etableret i 1937, er ligeledes omfattet af Femern Bælt projektet. For broen gælder, at den i sin helhed skal genanvendes, således at banen over broen også efter etablering af den faste forbindelse over Femern Bælt skal forblive enkeltsporet.

Som de to forrige broer, er Frederik d. 9's bro, som er etableret i 1963, også omfattet af Femern Bælt projektet. Dette betyder at broen så gøres dobbeltsporet. Det forventes, at en udvidelse af den eksisterende bro er mulig.

Jernbanebroen over Limfjorden i Aalborg er etableret i 1938. Der kendes ikke til planer med hensyn til denne bro, og det forventes, at broen kan indgå i scenarierne, ligesom strækningen til Aalborg gør det i øvrigt.

4.2.4.3 *Ad 3. Store tunneler*

Der er ingen store tunneler på strækningerne omfattet af planer om fortsat elektrificering.

4.3 **Vedligeholdelsesprojekter**

Der er ikke kendskab til vedligeholdelsesprojekter af et omfang som nødvendiggør, at der tages særlige hensyn i nærværende forbindelse.

4.4 **Operatørprojekter**

4.4.1 *Generelt*

En række togoperatører opererer på de danske jernbanenet, men alene følgende operatørers materielstrategier vurderes som relevante i nærværende sammenhæng:

- DSB
- DSBBFirst
- Arriva
- Railion

De øvrige operatører er meget små, og håndterer alene tilbringergods til/fra terminalerne i Ringsted, Taulov og Padborg.

4.4.2 DSB

Det er opfattelsen, at planen for den fremtidige¹⁶ materielanvendelse for tiden er som vist i tabel 4.1:

Tabel 4.1: DSB, fremtidig materielanvendelse.

Navn	Type	Trafik	Antal	Strækning
IC4	Dieseltogsæt	Intercity	83	København-Jylland
IC2	Dieseltogsæt	Intercity Regional	23	Internt Jylland/Fyn
IR4	Eltogsæt	Intercity Regional	44	København-Jylland
IC3	Dieseltogsæt	Regional	96	Sjælland
MR	Dieseltogsæt	Regional	42	Sjælland Jylland

Alle andre materieltyper forventes udrangeret (skrottet) eller solgt, og det er i den forbindelse opfattelsen, at alene lokomotiverne af typen EA og ME repræsenterer en egentlig scrapværdi (som dog nok er meget beskednen).

Materieltypen MR forventes snarest reinvesteret med tidssvarende regionaltogetsæt.

4.4.3 DSBFirst

Operatøren ejes af DSB og First Group og skal overtage Øresundstrafikken pr. 1. september 2009. Da operatøren ikke driver linier på strækninger omfattet af planerne om en eventuel fortsat elektrificering, ses bort fra operatørens planer.

4.4.4 Arriva

Operatøren driver en række linier på strækninger i Midt- og Østjylland omfattet af planerne om fortsat elektrificering, nemlig:

- Skanderborg - Århus
- Århus - Langå
- Bramming - Esbjerg

¹⁶ Når IC4 togsættene er i drift.

Det anvendte materiel er vist i nedenstående tabel.

Tabel 4.2: Arriva, materielanvendelse.

Navn	Type	Trafik	Antal	Strækning
LINT41	Dieseltogsæt	Regional	29	Jylland
MR	Diesel-togsæt	Regional	15	Jylland

Operatørens planer for fremtidig materielanvendelse kendes ikke.

Da operatørens trafik over strækningerne er omfattet af planerne om fortsat elektrificering, men kun udgør en lille del af operatørens samlede linienet, ses bort fra operatørens planer i nærværende sammenhæng.

4.4.5 *Railion*

Operatøren driver en række godslinier og godsterminaler.

Hovedlinien er Øresund-Padborg, men også få andre strækninger omfattet af planerne om fortsat elektrificering betjenes.

For tiden foregår hovedparten af operatørens trafik¹⁷ på strækningen Øresund-Padborg, men i forbindelse med etableringen af Femern Bælt forbindelsen forventes det, at hele transittrafikken¹⁸ overflyttes til strækningen Øresund – Rødbyhavn.

På trods af den forventede overflytning forventes det, at operatøren vil opretholde en betydelig trafik til/fra Taulovterminalen.

Da operatørens trafik for langt den største dels vedkommende foregår på strækninger, som enten er elektrificerede, eller forudsættes at blive det i forbindelse med andet projekt, ses bort fra operatørens planer i denne analyse.

4.4.6 *Andre operatører*

Idet der ikke er andre operatører af nogen signifikant størrelse i Danmark, og der alene er fastlagt tidspunkt for udbud af trafikken i Midt- og Vestjylland, foretages der ingen yderligere overvejelser angående operatørplaner.

¹⁷ I 2007 udgjorde andelen 91 %

¹⁸ I 2007 udgjorde transittrafikken Øresund – Padborg 65 %, eller ca. 114 tog/uge.

5. MATERIELSTRATEGI

5.1 Generelt

Kapitlet omfatter en overordnet vurdering af, om det er muligt at basere en materielstrategi frem til 2020 på en fortsat anvendelse af IC3- og IR4- materiellet i fjerntrafikken (intercitytrafikken) samt lejet materiel i den sjællandske regionaltrafik.

5.2 Status

I tabel 5.1 findes oversigt over DSB materieltyper.

Tabel 5.1: Levetid for forskellige DSB materieltyper.

Betegnelse	Designalder [år]	Idriftsat [år]	Levetid ¹⁹ [år]	Scrapår [år]
IC3	1989	1990 ²⁰	Maks. 30	2020
IR4	1995	1995 ²¹	Maks. 30	2025
ME	1981	1981	Maks. 30	2011
Bn ²²	< 1973	1973	Maks. 30	(2003)
B ²³	< 2002	2002	Maks. 30	2032
EA	< 1984	1984	Maks. 30	2014
MR	< 1978	1978 ²⁴	Maks. 30	2008

5.2.1 Detailstatus for IC3

Materieltypen er modulopbygget således, at visse af togets hovedkomponenter i løbet af togets levetid kan erstattes af tidssvarende konstruktioner. Typen er for tiden underkastet et moderniseringsprogram, som bl.a. indebærer, at typen remotoriseres således, at miljøkravene angivet i Euro III opfyldes.

¹⁹ Blandt andet estimeret i [49].

²⁰ Leveret fra 1990 til 1997

²¹ Leveret fra 1995 til 1998

²² Betegnelsen dækker over Bn-familien: de 'blå vogne', som benyttes i den sjællandske regionaltrafik. Der er i 2008 indgået en lejeaftale om ny B-vogne, således at Bn-familien kan udrangeres.

²³ Betegnelsen dækker over B-familien: de 2-etagers vogne, som benyttes i den sjællandske regionaltrafik samt i aflastningstog København – Jylland.

²⁴ Leveret fra 1978 til 1985

Det vurderes, at toget efter moderniseringen kan anvendes til 2020. Herefter kan levetiden ikke forlænges yderligere, idet toget på dette tidspunkt må forventes at være dels umoderne, dels teknisk opslidt.

5.2.2 *Detailstatus for IR4*

Materieltypen er i lighed med IC3 modulopbygget således, at visse af togets hovedkomponenter i løbet af togets levetid kan erstattes af tidssvarende konstruktioner.

Det vurderes, at toget kan anvendes til 2025, men at levetiden ikke kan forlænges yderligere, dels pga. toget forventes at være umoderne, dels teknisk opslidt.

5.2.3 *Detailstatus for ME*

Materieltypen er et klassisk dieselelektrisk strækningslokomotiv og er udstyret med en dieselmotor, som ikke imødekommer miljøkravene i Euro-klassificeringen. Desuden er det næppe heller muligt at ombygge til en tilfredsstillende tilstand med hensyn til CO₂- og emissionsudledning. Teknisk tilstand for motor-, traktions- og elsystemer kendes ikke.

Det vurderes, at lokomotivet ikke kan holdes i drift indtil 2020 uden meget omfattende moderniseringer af lokomotivets tekniske systemer, herunder motor- og traktionssystem.

5.2.4 *Detailstatus for Bn*

Materieltypen er en klassisk nærtrafikvogntype efter tysk forbillede. Typen er moderniseret i flere omgange, men fremtræder alligevel som forældet og nedslidt.

Det vurderes, at materieltypen ikke under nogen omstændigheder kan holdes i drift indtil 2020, men at en udrangering er påkrævet så hurtigt som muligt. En udrangering er også planlagt, og materieltypen erstattes ultimo 2009 med indlejet materiel svarende til type B.

5.2.5 *Detailstatus for B*

Materieltypen er en moderne nærtrafikvogntype med tilfredsstillende komfort efter nutidens standard. Typen er indlejet.

Det vurderes, at vogntypen uden problemer kan holdes i drift indtil 2020.

5.2.6 *Detailstatus for EA*

Materieltypen er første generation af lokomotiver udstyret med moderne traktionselektronik. Teknisk tilstand for transformer-, traktions- og elsystemer kendes ikke, men det er opfattelsen, at typen altid har haft, og fortsat har, en lav driftsstabilitet.

Det vides ikke, om lokomotivet kan holdes i drift indtil 2020.

5.2.7 *Detailstatus for MR*

Materieltypen er DSB's første moderne dieseltogsæt og er en moderniseret udgave af ældre tysk standardregionaltog.

Det vurderes, at materieltypen ikke kan holdes i drift indtil 2020, men at typen skal reinvesteres snarest.

5.3 **Markedsforhold**

På det europæiske marked er der i de senere år sket en betydelig koncentration af leverandører, således at tidligere små leverandører i vidt omfang dog er opkøbt af store multinationale firmaer. Markedet domineres derfor af få meget store leverandører.

Som følge af den stadige udbredelse af elektrificering på det europæisk banenet er der på markedet et bredt udvalg af elektriske lokomotiver og togsæt til såvel højhastigheds-, intercity-, regional- og lokaltrafik.

Der er endvidere også et bredt udvalg af dieseltogsæt til såvel regional- som lokaltrafik, mens udvalget med hensyn til dieseltogsæt af en kvalitet som kan anvendes i dansk intercitytrafik er begrænset. Der er så vidt vides intet udvalg af dieselhøjhastighedstogsæt til kørsel med hastigheder over 200 km/h.

Der er et lille udbud af strækningsdiesellokomotiver.

5.4 **Samlet om materiellet**

Det vurderes som muligt at opretholde trafikken med materieltyperne IC3 og IR4 indtil 2020. Det vurderes endvidere som muligt at købe eller indleje materiel (enten lokomotiv og vogne eller togsæt) af en tilfredsstillende kvalitet til brug for den sjællandske regionaltrafik indtil 2020.

Specifikt vurderes det som muligt at benytte de eksisterende 2-etagers vogne af typen B indtil denne dato.

Derimod vurderes det som betænkeligt at benytte de nuværende lokomotiver af typen ME som trækraft indtil 2020, og et alternativ, f.eks. køb eller leje af nyt materiel, bør derfor vurderes.

Det vides ikke om lokomotiverne (6 stk.) af typen EA kan anvendes indtil 2020. Forholdet synes dog ej heller relevant, idet typen næppe vil finde anvendelse før end strækningen Ringsted – Rødbyhavn er elektrificeret, hvilket først sker i 2018. På dette tidspunkt det vurderes, at andre typer er mere interessante. Der er her ikke taget stilling til den mulighed, at DSB igen får rådighed over de EA-lokomotiver, som overgik til Railion ved frasalget af DSB Gods.

6. SCENARIER FOR ELEKTRIFICERING

6.1 Generelt

Dette kapitel indeholder en angivelse af forslag til den mest hensigtsmæssige rækkefølge af fortsat elektrificering.

Vurderingen af den mest hensigtsmæssige rækkefølge bygger både på beregninger af anlægs- og driftsøkonomi, sammenhæng til andre baneprojekter og materielstrategier.

I Scenarium 1 regnes med, at IC4-togene bliver leveret som forudsat, og der ses på, hvorledes elektrificering kan ske i den situation.

I Scenarium 2 regnes med, at DSB opsiger aftalen med Ansaldo Breda, og at IC4-togene ikke bliver leveret.

Som før nævnt skal det skal understreges, at der ikke er nogen direkte sammenhæng mellem manglende leverance af IC4-togene og en beslutning om yderligere elektrificering, idet en materielstrategi frem til 2020 som anvender genanvendelse af IC3 og IR4 materiellet samt lejet materiel til f.eks. den sjællandske regionaltrafik også er en mulighed.

I Scenarium 1 og især i Scenarium 2 opstilles en række underscenerier. Disse skal forstås således, at f.eks. scenarium 1-a omfatter elektrificering af strækningen Roskilde - Kalundborg, mens scenarium 1-b indeholder både strækningen Roskilde - Kalundborg samt strækningen Køge Nord - Næstved. På denne måde bygger de fleste af scenarierne "oven på hinanden". Især i scenarium 2 træder rækkefølgen naturligt frem. Hvis strækningen Ålborg - Frederikshavn skal elektrificeres, skal der først elektrificeres til Ålborg. De fleste underscenerier kan således opfattes som sekvenser i en elektrificering. Det er forsøgt at opstille scenarierne således, at der bygges så lidt som muligt (en kort strækning) oven på så meget som muligt (det allerede elektrificerede net), således at elektrificeringen udnyttes så godt som muligt.

Det bemærkes, at de forslag til materielbenyttelse, som er knyttet til hvert scenarium, skal opfattes som en skitsering af en mulighed for, hvorledes materiellet kan benyttes.

Der er med andre ord ikke tale om en egentlig driftsoptimering af materiellet, hvor der er taget højde for det nødvendige reservemateriel, spidsbelastninger m.v. Der er således tale om repræsentative eksempler og ikke konkrete driftsoplæg.

6.2 Elektrificeringsscenarier

6.2.1 *Generelt*

For såvel Scenarium 1 som Scenarium 2 er der til hvert underscenarium knyttet et oversigtskort og en tidsplan.

6.2.2 *Metode*

Scenarierne er opstillet på baggrund af udvalgte parametre med hensyn til trafikale gevinster, sammenhæng med den eksisterende elektrificering og med det til rådighed værende materiel.

I 1979-loven var det lagt til grund, at strækningerne på Sjælland skulle elektrificeres først. Dette hænger sammen med, at en stor del banenettet på Sjælland allerede er elektrificeret (eller bliver elektrificeret i forbindelse med Femern projektet). Der skal således ikke så meget til for at skabe et stort sammenhængende område med eldrevne tog på fjernbanen.

Imidlertid må en elektrificering af det sjællandske net ses i sammenhæng med anlægget af Femern Bælt landanlæg, idet Sydbanen først kan elektrificeres fuldt ud, når dobbeltsporsprojekterne mellem Vordingborg og Rødby Færgehavn er gennemført.

Et væsentligt forhold er, at elektrificeringen som udgangspunkt skal hænge sammen med med Signalprogrammet, således at signalerne først bliver udskiftet på de enkelte strækninger, hvorefter der elektrificeres. Hermed undgås en stor del af omkostningerne til immunisering, idet nye sikringsanlæg forudsættes at være immuniserede. Det betyder, at omkostningerne til immunisering i Scenarium 1 ikke omfatter immunisering af sikringsanlæg, som vurderes at være meget omkostningskrævende. Man kan således undgå først at immunisere gamle signalssystemer i forbindelse med elektrificering og herefter udskifte dem i forbindelse med Signalprogrammet. I både Scenarium 1 og Scenarium 2 vil der dog være udgifter til immunisering af andet end sikringsanlæg, f.eks. i forhold til tekniske naboanlæg. Disse udgifter vil være der under alle omstændigheder.

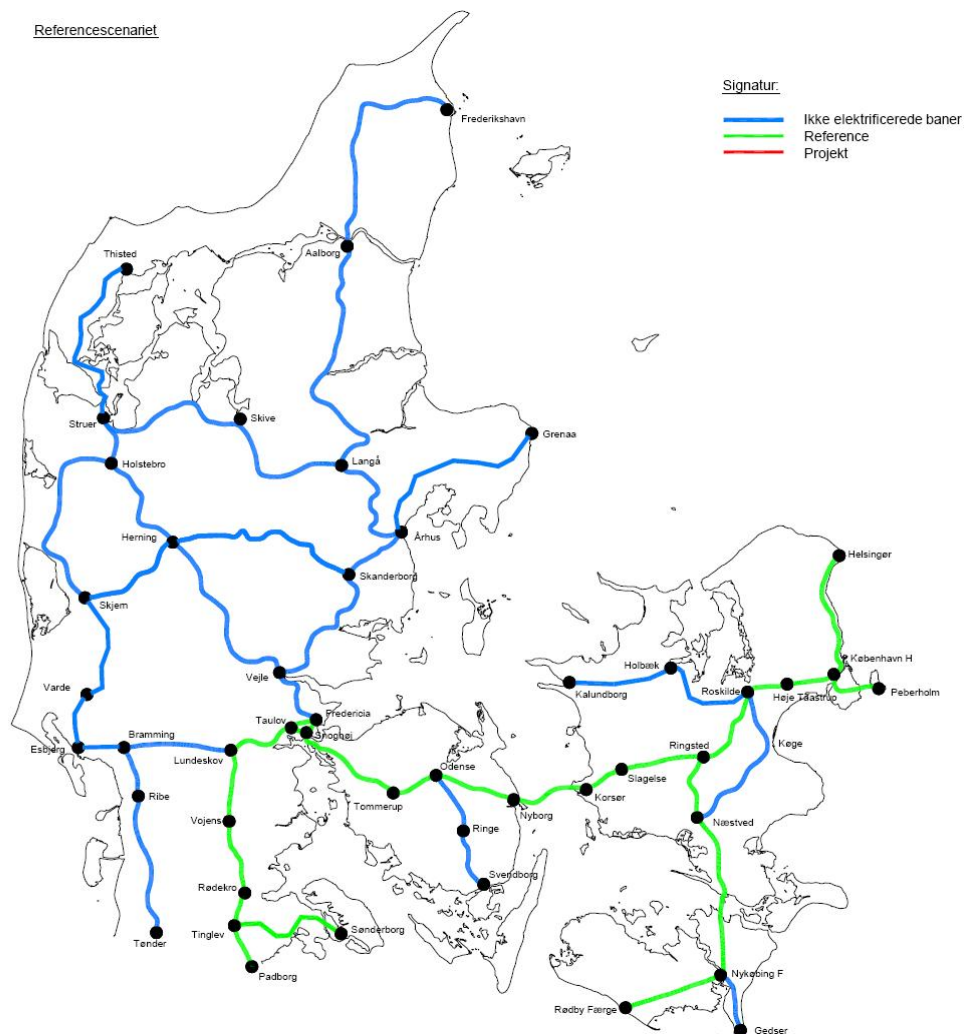
Elektrificeringsscenerierne er herudover baseret på, at hvert enkelt scenarium skal:

1. Give åbenlyse trafikale fordele for én af - eller begge følgende:
 - a. Den sjællandske regionaltrafik.
 - b. Intercitytrafikken København – Jylland.
2. Være sammenhængende med den eksisterende elektrificering, således at nye strækninger, der elektrificeres, ligger i forlængelse af allerede elektrificerede strækninger.
3. Bygge på så stor genanvendelighed af det til rådighed værende materiel som muligt, da dette forventes at give de laveste omkostninger samlet set.
4. Omfatte mindst en hel intercity- eller regionaltogslinie.
5. Minimere kørslen med dieseltog på elektrificerede strækninger, således at kørestrømsanlægget bliver anvendt mest muligt.
6. At Femern Bælt forbindelsen med tilhørende landanlæg er etableret i 2018, og at det er indeholdt i dette projekt, at de relevante banestrækninger bliver elektrificeret. Det forudsættes således, at tidsplanen for etableringen af landanlæggene på strækningen Vordingborg – Rødbyhavn hørende til Femern Bælt forbindelsen ligger fast.
7. At alle Øresundstog (litra ET) reserveres til trafikken over Øresund.
8. At alle IR4-tog (litra ER) er til disposition for DSB til regional- og intercitytrafik.
9. At toghastigheden på alle elektrificerede strækninger er mindst 140 km/h.

6.3 Referencescenariet

For at have sammenligningsgrundlag i forhold til elektrificerings-scenarierne er der opstillet et referencescenarium. Dette udgøres af det nuværende elektrificeringsomfang, den nuværende materielsituation samt den vedtagne udbygning og elektrificering af strækningen Ringsted - Rødbyhavn som en del af Femern-projektet.

Elektrificeringen i referencescenariet fremgår af figur 6.1.



Figur 6.1: Referencescenariet.

Anm: Sydbanen elektrificeres i 2018.

Vurderingerne af materielbenyttelsen i de følgende scenarier er baseret på overordnede analyser og skal udelukkende opfattes som indikative. Der er således ikke tale om en præcis analyse af materielbehovet (herunder af behovet i spidsbelastninger, behovet for reservemateriel mv.), men en vurdering af størrelsesordener for driftsindsatsen, samt hvor meget materiel, der er behov for.

Materielbenyttelsen i referencescenariet er forudsat som vist i nedenstående tabel.

Tabel 6.1: Materielbenyttelse i referencescenariet.

Materiel	Strækning	Frekvens	Sæt/tog	Sæt i alt
Lokomotiv-trukket tog, toetages / Bn materiel	København – Kalundborg	60 min.	Svarende til kapacitet af 2 IR4	Svarende til 7 IR4
Lokomotiv-trukket tog, toetages / Bn materiel	København – Holbæk	60 min.	Svarende til kapacitet af 2 IR4	Svarende til 7 IR4
IR4	København – Sønderborg	120 min.	2	12
Lokomotiv-trukket tog, toetages / Bn materiel	København – Næstved	60 min.	Svarende til kapacitet af 2 IR4	Svarende til 8 IR4
Lokomotiv-trukket tog, toetages / Bn materiel	København – Nykøbing F	60 min.	Svarende til kapacitet af 2 IR4	Svarende til 8 IR4
IC3	København – Esbjerg	60 min.	2	16

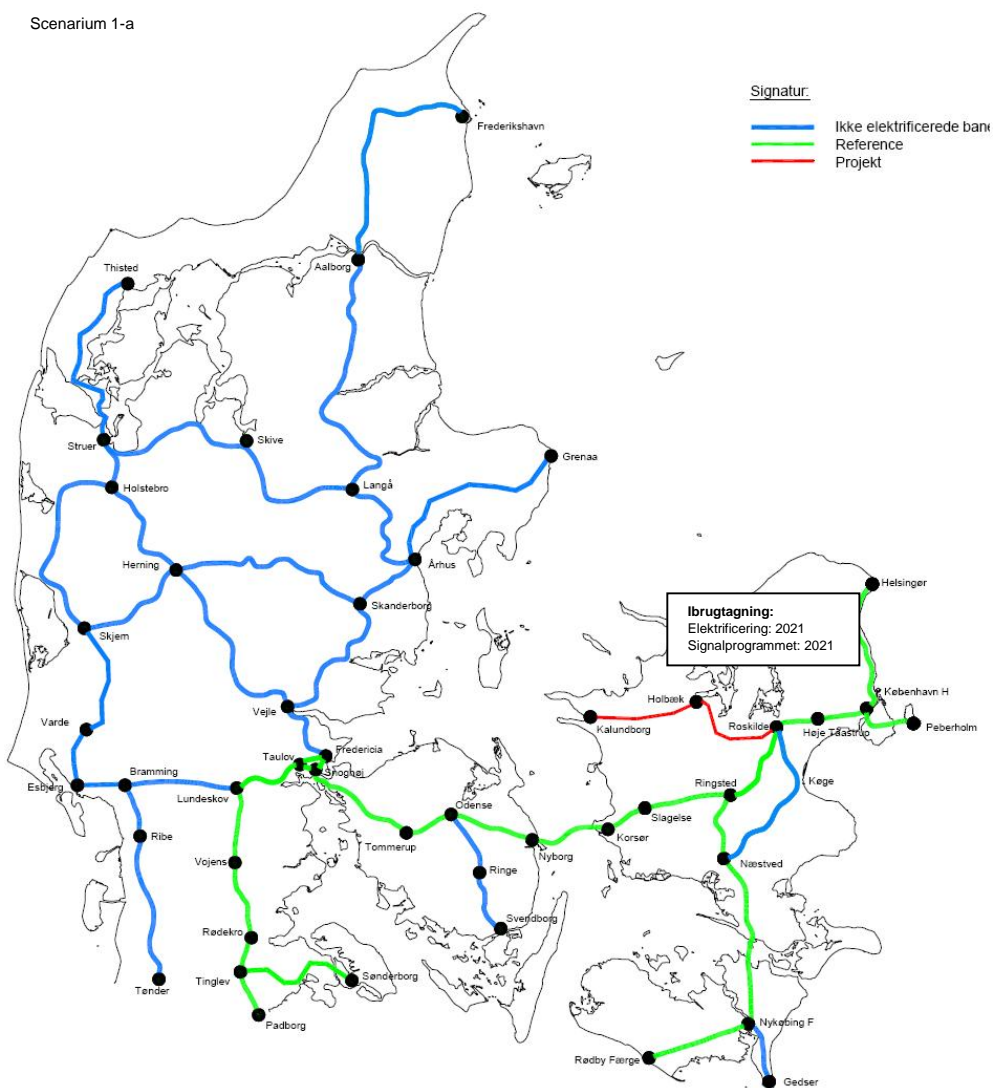
6.4 1-scenarierne

I det følgende gennemgås 1-scenarierne, dvs. hvor IC4-togene forudsættes leveret som planlagt.

6.4.1 Scenarium 1-a

Scenariet opererer med elektrificering af følgende baner, jf. figur 6.2:

- Roskilde - Kalundborg



Figur 6.2: Illustration af scenarium 1-a. Roskilde – Kalundborg.

Scenariet har den konsekvens, at alle regionaltogslinier på Sjælland udgående fra København kan drives elektrisk, hvorved problematikken vedr. luftkvaliteten på Nørreport Station løses, når Femern Bælt landanlæg er etableret. En løsning af denne har høj prioritet, og en optimal løsning - bortset fra elektrificering - synes ikke indlysende. Dette vil dog først kunne opnås, når Sydbanen elektrificeres ved udgangen af 2018 som følge af Femern Bælt.

Materielbenyttelsen i dette scenarium frem går af tabel 6.2.

Tabel 6.2: Scenarium 1-a, eksempel på materielbenyttelse, DSB.

Materiel	Strækning	Frekvens	Sæt/tog	Sæt i alt
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Kalundborg	60 min.	2	7
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Holbæk	60 min.	2	7
IR4 (reference: IR4)	København – Sønderborg	120 min.	2	12
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Næstved	60 min.	2	8
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Nykøbing F	60 min.	2	8

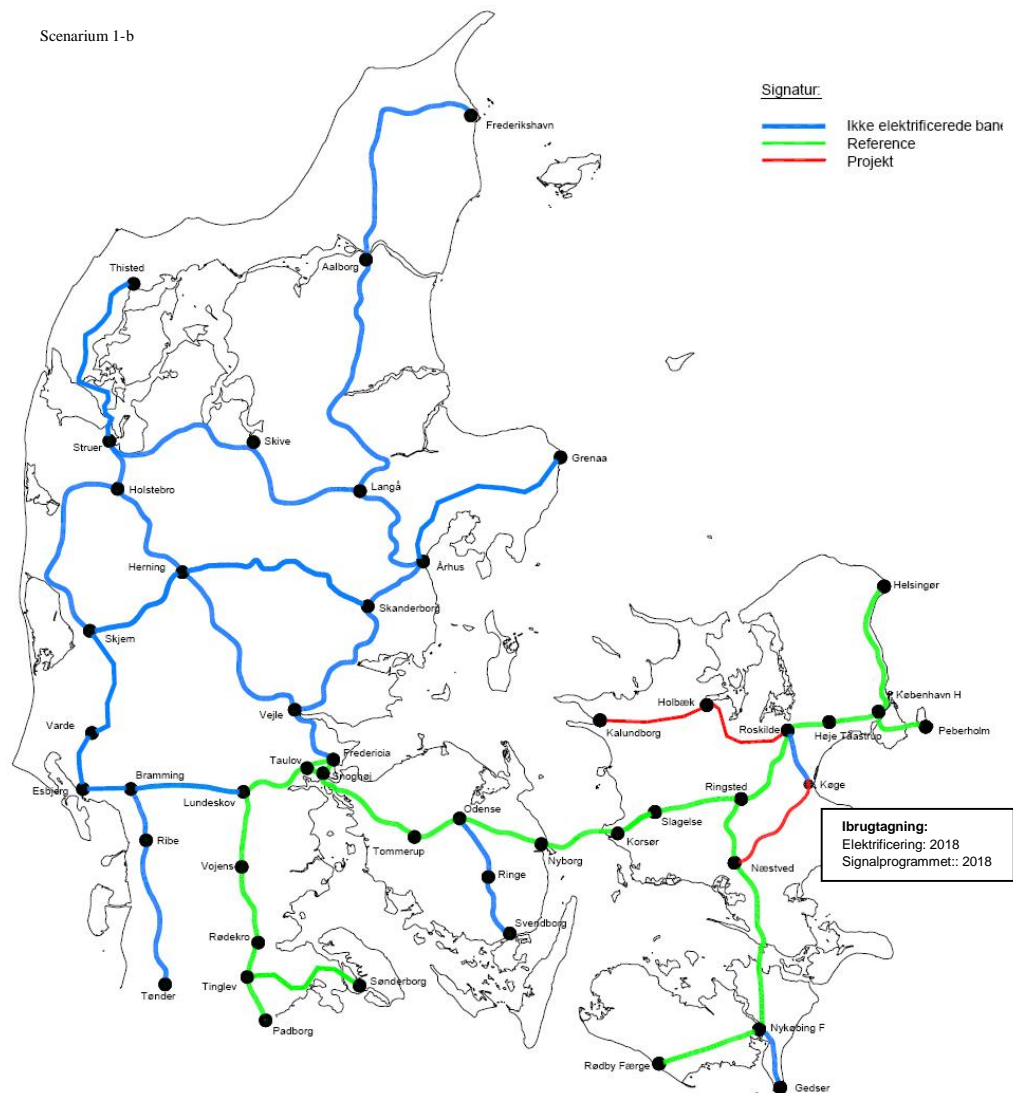
Scenariet forudsættes etableret i 2020 samtidig med færdiggørelsen af Signalprogrammet på strækningen og medfører, at DSB-materiellet ME, Bn, ABs og B/Bk kan udrangeres. Således kan DSB's intercity- og regionaltogslinier drives af IC4-, IC2- og IR4- materiefamilierne (samt måske lokomotivtypen EA til sovevognstog).

Et underscenarium hvor elektrificeringen kun blev fortsat til Holbæk, og hvor strækningen Holbæk – Kalundborg blev betjent af IC3-tog (samkørt med IR4 til Holbæk) er behandlet i afsnit 7.5.3 vedrørende følsomhedsanalyser.

6.4.2 *Scenarium 1-b*

Udover elektrificering af strækningen Roskilde – Kalundborg indeholder dette underscenarium elektrificering af strækningen, jf. figur 6.3.

- Køge – Næstved



Figur 6.3: Illustration af scenarium 1-b.

Det bemærkes, at scenariet forudsætter, at der etableres en ny bane København - Køge Nord – Ringsted, og at banen Køge Nord – Køge etableres og elektrificeres i denne forbindelse.

Scenariet har den konsekvens, at alle regionaltogslinier på Sjælland udgående fra København kan drives elektrisk, når Femern Bælt landanlæg er etableret i 2018, samt at der kan etableres elektrisk drift på strækningen Køge Nord – Køge – Næstved.

Som det fremgår af tabel 6.2 er materielbenyttelse som i scenarium 1-a med den tilføjelse, at også regionaltogslinien København - Køge Nord - Næstved bliver betjent. Det er nødvendigt at indkøbe nyt materiel til betjening af denne strækning. Der er forudsat nyt elektrisk materiel (200 km/h) med kapacitet svarende til IC3. I referencesituationen, hvor strækningen ikke elektrificeres, forudsættes IC3 anvendt.

Tabel 6.3: Eksempel på materielbenyttelse i scenarium 1-b, DSB.

Materiel	Strækning	Frekvens	Sæt/tog	Sæt i alt
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Kalundborg	60 min.	2	7
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Holbæk	60 min.	2	7
IR4 (reference: IR4)	København – Sønderborg	120 min.	2	12
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Næstved	60 min.	2	8
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Nykøbing F	60 min.	2	8
NN1 (reference: MR)	København – Køge Nord – Næstved	30 min.	2	12

Scenariet forudsættes etableret i 2018 i forbindelse med færdiggørelsen af såvel København – Ringsted banen som Signalprogrammet på strækningen. Dette medfører, at DSB-materiellet ME, 'ny MR', Bn, ABs og B/Bk kan udrangeres, således at DSB's intercity- og regionaltogslinier kan drives af IC4-, IC2- og IR4- materielfamilierne (samt måske lokomotivtypen EA til sovevognstog).

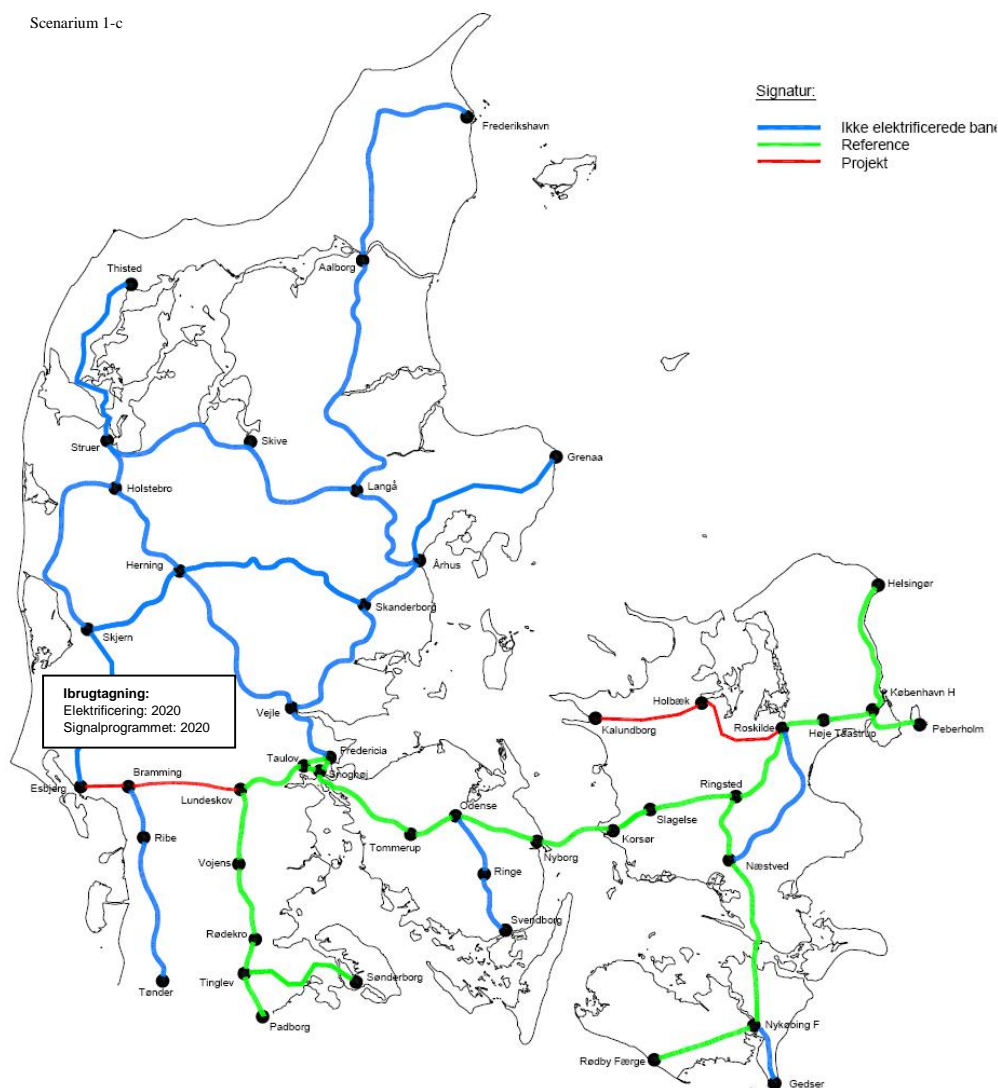
Et scenarium med elektrificering af den nuværende strækning Roskilde – Køge – Næstved er fravalgt, idet banen forudsættes fortsat trafikeret som lokalbane.

6.4.3 *Scenarium 1-c*

Dette scenarium bygger oven på scenarium 1-a og indeholder ikke strækningen Køge Nord - Næstved, som forudsætter at der etableres en ny bane mellem København og Ringsted.

Udover elektrificering af strækningerne Roskilde – Kalundborg omfatter dette scenarium, jf. figur 6.4, elektrificering af strækningen:

- Lunderskov - Esbjerg



Figur 6.4: Illustration af scenarium 1-c.

Scenariet har følgende konsekvenser:

- Alle regionaltog på Sjælland udgående fra København kan drives elektrisk.
- Alle lokomotivtrukne tog kan udfases.
- Alle IC3 tog kan udfases.
- Tilbageværende linier kan betjenes af IC4/IC2.

Som det fremgår af tabel 6.3 er det her forudsat, at der etableres timedrift mellem København og Esbjerg.

Tabel 6.4: Eksempel på materielbenyttelse i scenarium 1-c DSB.

Materiel	Strækning	Frekvens	Sæt/tog	Sæt i alt
IR4 (reference: Loko-trukket tog)	København – Kalundborg	60 min.	2	7
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Holbæk	60 min.	2	7
IR4 (reference: IR4)	København – Sønderborg	120 min.	2	12
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Næstved	60 min.	2	8
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Nykøbing F	60 min.	2	8
NN2 (reference: IC3)	København – Esbjerg	60 min.	2	16

Scenariet påregnes etableret i 2019 samtidig med færdiggørelsen af Signalprogrammet på strækningen og medfører, at DSB-materiellet ME, 'ny MR', Bn, ABs og B/Bk kan udrangeres således at DSB's intercity- og regionaltogslinier kan drives af IC4-, IC2-, ET og IR4- materielfamilierne (samt måske lokomotivtypen EA til sovevognstog).

Det er nødvendigt at indkøbe nyt materiel til intercitylinien til Esbjerg.

Da tidshorisonten for elektrificering i denne analyse er frem til 2020, er det NIRAS' vurdering, at det i Scenarium 1 ikke er relevant at overveje yderligere elektrificering inden for denne tidshorisont. Det forudsættes her, at de nye IC4-tog kører på hovedstrækningen København - Århus og videre til Ålborg, Frederikshavn og Struer.

6.5 2-scenarierne

I det følgende gennemgås 2-scenarierne, hvor det er forudsat, at DSB opsiger aftalen med Ansaldo Breda og IC4-togene ikke bliver leveret.

I 2-scenarierne forudsættes en materielbenyttelse i referencesituationen, hvor der ikke elektrificeres yderligere, jf. tabel 6.5.

Tabel 6.5: Eksempel på materielbenyttelse i 2-scenariet, DSB.

Materiel	Strækning	Frekvens	Sæt/tog	Sæt i alt
Lokomotiv-trukket tog, toetages / Bn materiel	København – Kalundborg	60 min.	Svarende til kapacitet af 2 IR4	Svarende til 7 IR4
Lokomotiv-trukket tog, toetages / Bn materiel	København – Holbæk	60 min.	Svarende til kapacitet af 2 IR4	Svarende til 7 IR4
IR4	København – Sønderborg	120 min.	2	12
Lokomotiv-trukket tog, toetages / Bn materiel	København – Næstved	60 min.	Svarende til kapacitet af 2 IR4	Svarende til 8 IR4
Lokomotiv-trukket tog, toetages / Bn materiel	København – Nykøbing F	60 min.	Svarende til kapacitet af 2 IR4	Svarende til 8 IR4
IC3	København – Århus	60 min.	2	18
IC3	København – Esbjerg	60 min.	2	16
IC3	Århus – Aalborg	60 min.	2	10
IC3	Aalborg – Frederikshavn	60 min.	2	8

6.5.1 Scenarium 2-a

Scenarium 2-a svarer til scenarium 1-a, men med den forskel, at IC4 ikke leveres som forudsat. Scenariet fremskynder elektrificeringen i forhold til 1-a således at elektrificeringen ibrugtages i 2013, 8 år før Signalprogrammet er færdigimplementeret på strækningen.

En fremrykning indebærer derfor, at de eksisterende sikringsanlæg skal immuniseres, hvorefter de i løbet af få år bliver udskiftet af nye.

6.5.2 Scenarium 2-b

Dette scenarium svarer til scenarium 1-b dog med den forskel, at IC4-togene ikke leveres som forudsat. Scenariet fremskynder ikke elektrificeringen i forhold til 1-b.

Sikringsanlæggene er jf. Signalprogrammet udskiftet 2017, hvorfor en fremrykning i forhold til scenarium 1-b er mulig; dog synes en fremrykning til et tidspunkt før etablering af en eventuel nybygningsløsning København – Ringsted ikke interessant.

6.5.3 *Scenarium 2-c*

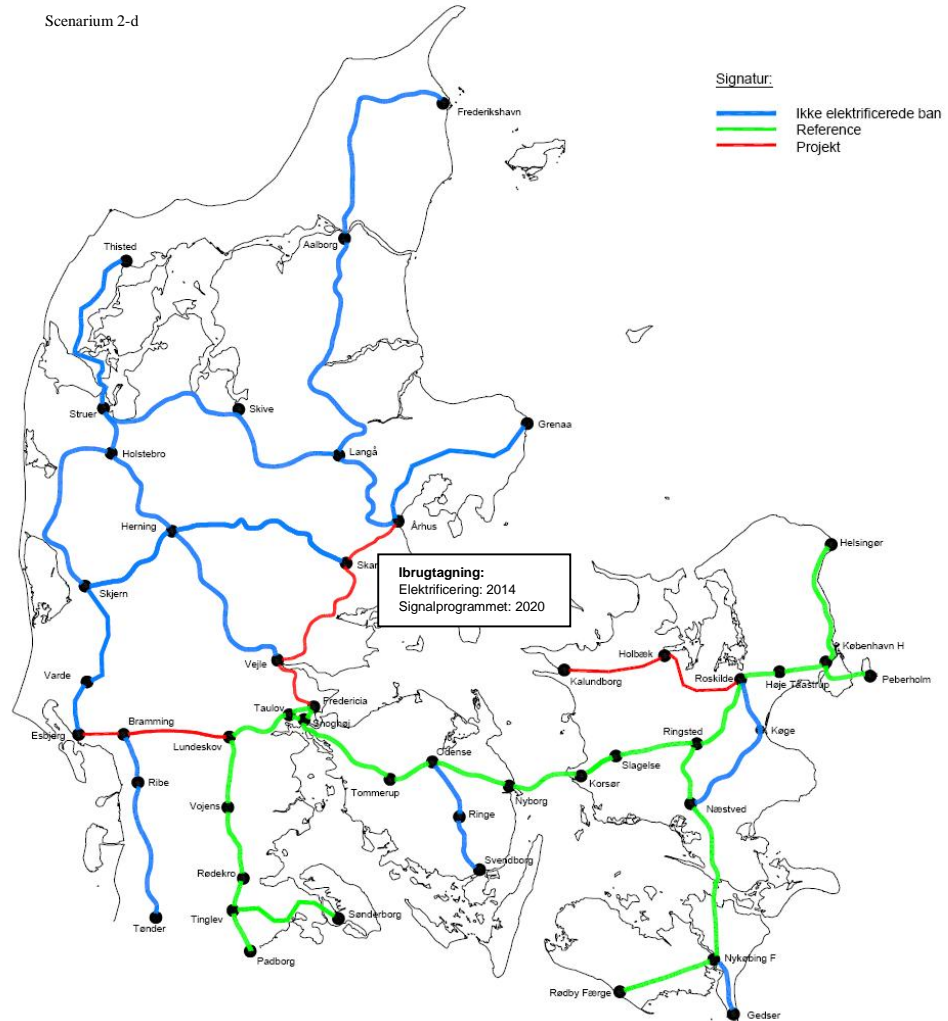
Dette scenarium svarer til scenarium 1-c dog med den forskel, at IC4-togene ikke leveres som forudsat. Scenariet fremskynder elektrificeringen i forhold til 1-c, således at elektrificeringen ibrugtages 2013 dvs. 7 år før Signalprogrammet er færdigimplementeret på strækningen..

En fremrykning indebærer derfor, at de eksisterende sikringsanlæg skal immuniseres, hvorefter de i løbet af få år bliver udskiftet af nye.

6.5.4 *Scenarium 2-d*

Dette scenarium bygger videre på scenarium 2-c, og omfatter yderligere elektrificering af strækningen Fredericia – Århus.

Sikringsanlæggene på strækningen er, jf. Signalprogrammet, udskiftet ultimo 2019. En fremrykning i forhold til Signalprogrammet indebærer derfor, at de eksisterende sikringsanlæg skal immuniseres, hvorefter de i løbet af få år bliver udskiftet af nye.



Figur 6.5: Illustration af scenarium 2-d.

At strækningen Lunderskov - Esbjerg bliver elektrificeret før strækningen Fredericia - Århus skyldes dels, at Lunderskov - Esbjerg er væsentlig kortere (og dermed billigere). Dels at der hermed kan opnås samlet kørsel København – Kolding (Lunderskov) med toget til Sønderborg/Padborg samt at forholdene omkring Århus H er meget vanskelige og omkostningstunge.

Tabel 6.6: Eksempel på materielbenyttelse i scenarium 2-d, DSB.

Materiel	Strækning	Frekvens	Sæt/tog	Sæt i alt
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Kalundborg	60 min.	2	7
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Holbæk	60 min.	2	7
IR4 (reference: IR4)	København – Sønderborg	120 min.	2	10
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Næstved	60 min.	2	6
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Nykøbing F	60 min.	2	8
NN ₁ (reference: IC3)	København – Århus	60 min.	2	18
NN ₂ (reference: IC3)	København – Esbjerg	60 min.	2	16

Scenariet påregnes etableret i 2014, og medfører, at DSB-materiellet ME, 'ny MR', Bn, ABs og B/Bk kan udrangeres, således at DSB's intercity- og regional-togslinier kan drives af IC3-, ET- og IR4- materiefamilierne (samt måske lokomotivtypen EA til sovevognstog).

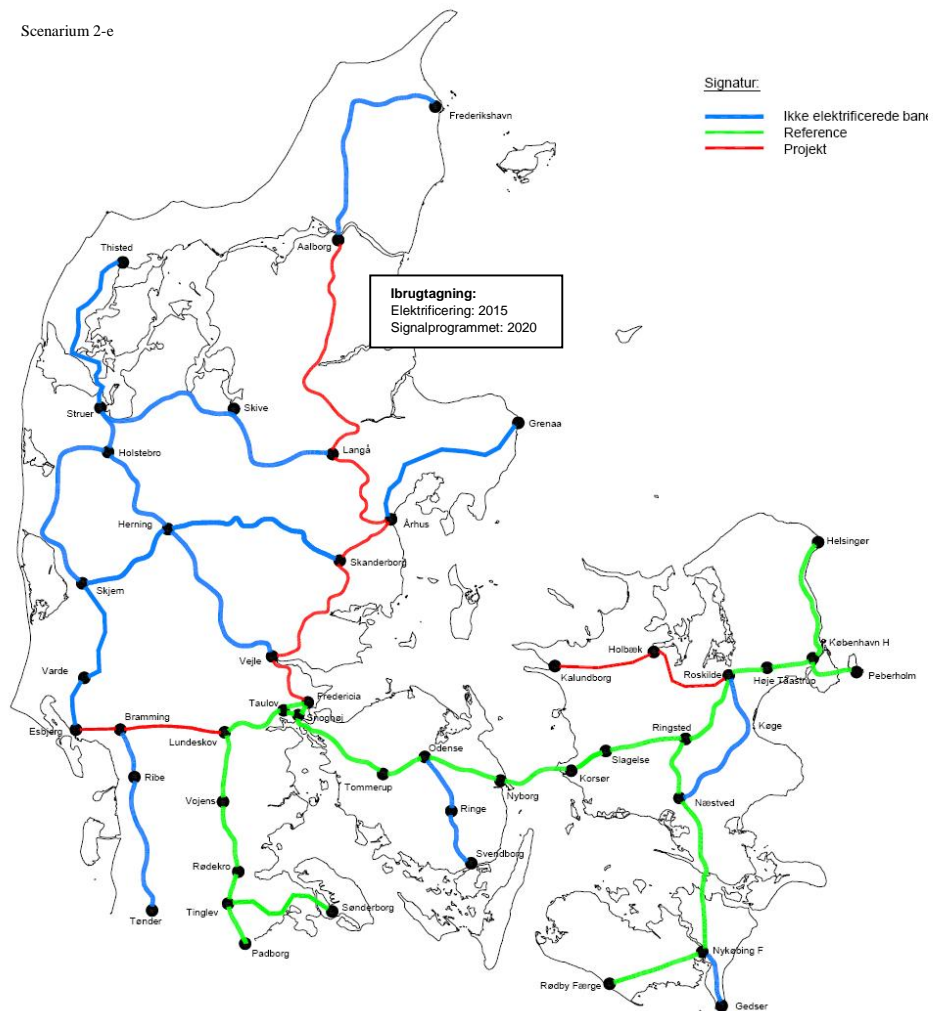
Til intercitylinien til Århus er det nødvendigt at indkøbe nyt materiel.

6.5.5 *Scenarium 2-e*

Udover elektrificering af strækningerne Roskilde – Kalundborg, Lunderskov-Esbjerg og Fredericia-Århus indebærer dette scenarium elektrificering af strækningen:

- Århus - Aalborg

Sikringsanlæggene på hele strækningen er, jf. Signalprogrammet udskiftet ultimo 2019²⁵. En fremrykning i forhold til Signalprogrammet indebærer derfor, at de eksisterende sikringsanlæg skal immuniseres, hvorefter de i løbet af få år bliver udskiftet af nye.



Figur 6.6: Illustration af scenarium 2-e: Århus – Ålborg.

²⁵ Nye sikringsanlæg etableres på delstrækningen Langå – Aalborg allerede i 2018, men dette forhold synes ikke anvendeligt i nærværende sammenhæng.

Materielbenyttelsen i dette scenarium fremgår af tabel 6.7.

Tabel 6.7: Scenarium 2-e, eksempel på materielbenyttelse, DSB.

Materiel	Strækning	Frekvens	Sæt/tog	Sæt i alt
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Kalundborg	60 min.	2	7
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Holbæk	60 min.	2	7
IR4 (reference: IR4)	København – Sønderborg	120 min.	2	10
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Næstved	60 min.	2	6
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Nykøbing F	60 min.	2	8
NN ₁ (reference: IC3)	København – Århus	60 min.	2	18
NN ₂ (reference: IC3)	København – Esbjerg	60 min.	2	16
NN ₃ (reference: IC3)	Århus – Aalborg	60 min.	2	10

Scenariet medfører, at DSB-materiellet ME, 'ny MR', Bn, ABs og B/Bk kan udrangeres, således at DSB's intercity- og regionaltogetslinier kan drives af IC3-, ET- og IR4- materielfamilierne (samt måske lokomotivtypen EA til sovevognstog).

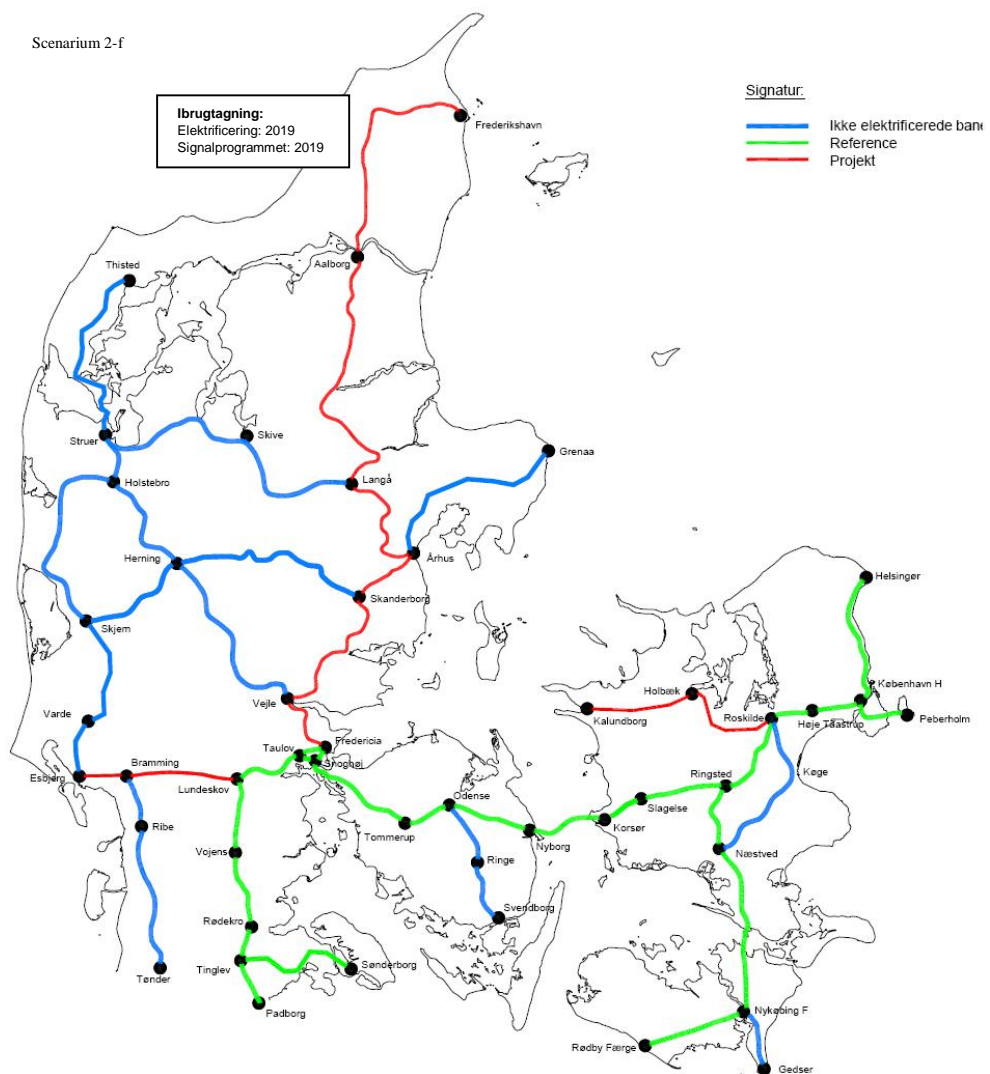
Til intercitylinien til Aalborg er det nødvendigt at indkøbe nyt materiel.

6.5.6 *Scenarium 2-f*

Udover elektrificering af strækningerne i scenarium 2-e opererer dette scenarium med elektrificering af strækningen:

- Aalborg - Frederikshavn

Sikringsanlæggene på strækningen er, jf. Signalprogrammet, udskiftet ultimo 2018. En fremrykning i forhold til Signalprogrammet indebærer derfor, at de eksisterende sikringsanlæg skal immuniseres, hvorefter de i løbet af få år bliver udskiftet af nye.



Figur 6.7: Illustration af scenarium 2-f.

Tabel 6.8: Scenarium 2-f, eksempel på materielbenyttelse, DSB.

Materiel	Strækning	Frekvens	Sæt/tog	Sæt i alt
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Kalundborg	60 min.	2	7
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Holbæk	60 min.	2	7
IR4 (reference: IR4)	København – Sønderborg	120 min.	2	10
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Næstved	60 min.	2	6
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Nykøbing F	60 min.	2	8
NN ₁ (reference: IC3)	København – Århus	60 min.	2	18
NN ₂ (reference: IC3)	København – Esbjerg	60 min.	2	16
NN ₃ (reference: IC3)	Århus – Aalborg	60 min.	2	10
NN ₄ (reference: IC3)	Aalborg – Frederikshavn	60 min.	2	8

Scenariet medfører, at DSB-materiellet ME, 'ny MR', Bn, ABs og B/Bk kan udrangeres, således at DSB's intercity- og regionaltogslinier kan drives af IC3-, ET- og IR4- materielfamilierne (samt måske lokomotivtypen EA til sovevognstog).

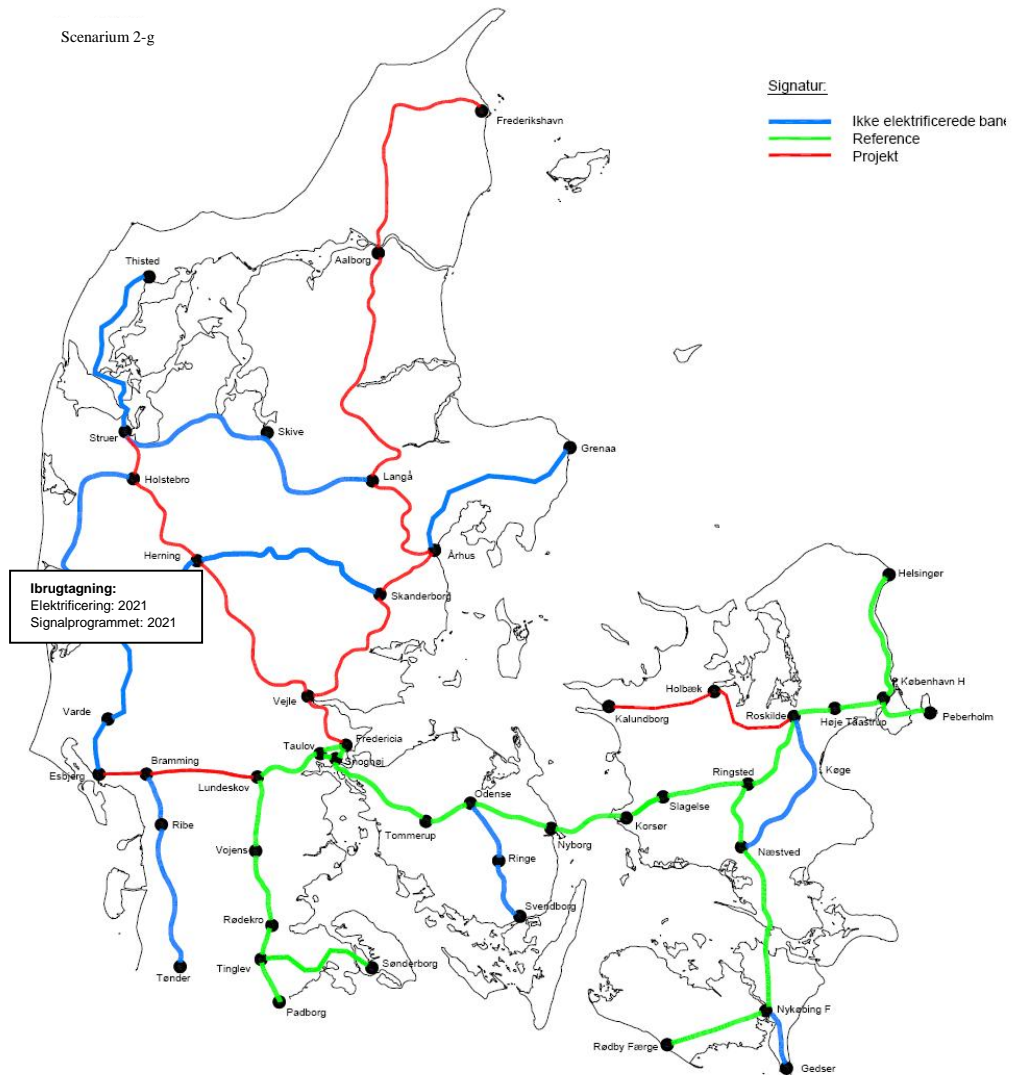
Til intercitylinien til Frederikshavn er det nødvendigt at indkøbe nyt materiel.

6.5.7 Scenarium 2-g

Udover elektrificering af strækningerne i scenarium 2-f opererer dette scenarium med elektrificering af strækningen:

- Vejle - Struer

Sikringsanlæggene på strækningen er, jf. Signalprogrammet, udskiftet ultimo 2020. En fremrykning i forhold til Signalprogrammet indebærer derfor, at de eksisterende sikringsanlæg skal immuniseres, hvorefter de i løbet af få år bliver udskiftet af nye.



Figur 6.8: Illustration af scenarium 2-g.

Udover konsekvenserne omtalt i scenarium 2-f gør scenariet det muligt, at intercitylinien til Struer kan drives elektrisk.

Tabel 6.9: Scenarium 2-g, eksempel på materielbenyttelse, DSB.

Materiel	Strækning	Frekvens	Sæt/tog	Sæt i alt
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Kalundborg	60 min.	2	7
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Holbæk	60 min.	2	7
IR4 (reference: IR4)	København – Sønderborg	120 min.	2	10
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Næstved	60 min.	2	6
IR4 (reference: Loko-tukket tog)	København – Nykøbing F	60 min.	2	8
NN ₁ (reference: IC3)	København – Århus	60 min.	2	18
NN ₂ (reference: IC3)	København – Esbjerg	60 min.	2	16
NN ₃ (reference: IC3)	Århus – Aalborg	60 min.	2	10
NN ₄ (reference: IC3)	Aalborg – Frederikshavn	60 min.	2	8
NN ₅ (reference: IC3)	Vejle – Struer	60 min.	2	12

Scenariet medfører, at DSB-materiellet ME, 'ny MR', Bn, ABs og B/Bk kan udrangeres, således at DSB's intercity- og regionaltogslinier kan drives af IC3-, ET- og IR4- materielfamilierne (samt måske lokomotivtypen EA til sovevognstog).

Til intercitylinien til Struer er det nødvendigt at indkøbe nyt materiel.

6.5.8 Trafikale effekter

For togpassagererne vil en realisering af de angivne elektrificeringsprojekter medføre nogle fordele og ulemper.

Fordele:

- Den elektriske drift vil alt andet lige medføre lidt kortere rejsetider - eller alternativt bedre regularitet. Det vurderes, at der ved kørsel med el-materiel i intercitytrafikken kan vindes ½-1 minut mellem hver standsning.

Ulemper:

- Under etableringen af kørestrømsanlæggene vil det være nødvendigt at etablere sporspæringer og hastighedsreduktioner. Erfaringerne fra den hidtidige elektrificering er dog, at der ikke er tale om drastiske gener, men det må dog bemærkes, at trafikintensiteten - ikke mindst i Østjylland - er steget siden gennemførelsen af elektrificeringsprojekterne i 1980'erne og 1990'erne.
- Specielt i en situation hvor det eventuelt vælges at elektrificeres til Århus, men ikke længere nordpå (og analogt ved elektrificering til Aalborg), skal rejsende skifte tog på Århus H. Dette udgør en forringelse af tilbuddet til de rejsende, med mindre el- og dieselmateriel samkøres, men en sådan løsning vil reducere driftsbesparelserne. Opmærksomheden skal henledes på, at kun ca. 10 % af de rejsende på Århus H er gennemgående rejser, men at disse rejser er længere og har større økonomisk betydning.

7. ØKONOMISKE KONSEKVENSER

7.1 Generelt

Afsnittet behandler infrastrukturomkostningerne og de driftsøkonomiske konsekvenser af fortsat elektrificering.

De økonomiske effekter er opdelt som følger:

- Anlægsomkostninger
- Driftsøkonomiske effekter

Omkostningerne fordeles på de enkelte strækninger. Herefter beregnes et overslag over nutidsværdien²⁶ ved elektrificering af de enkelte strækninger, når der tages højde for, at omkostningerne ved eldrift er lavere end omkostningerne ved dieseldrift for sammenligneligt materiel.

Det gælder overordnet, at økonomien i elektrificeringen er bedst på de strækninger, hvor man kan konvertere dieseldrift til eldrift på strækninger, som også omfatter allerede elektrificerede. Omvendt er økonomien dårligst på de strækninger, hvor der kun opnås erstatning af dieseldrift med eldrift på den aktuelt elektrificerede strækning.

7.2 Anlægsomkostninger

I afsnittet estimeres et omkostningsoverslag for etablering af infrastrukturen. Da der er tale om en screening, er overslaget baseret på en vurdering af de enkelte strækninger f.eks. baseret på Broregisteret, strækningsvideoer, Google Earth samt tilgængelig viden fra projekter i øvrigt.

Anlægsoverslaget består af en konkret vurdering af omkostningerne for hver strækning, herunder antal stationer og om banen er enkelt- eller dobbeltsporet. Den samlede anlægsomkostning per km er derfor ikke ens for alle strækninger, idet f.eks. udgifterne til etablering af fritrumsprofiler og immunisering er vurderet individuelt for hver strækning.

²⁶ I nutidsværdiberegningen tilbagediskonteres samtlige fremtidige beløb til i dag. Hermed bliver tidsmæssigt forskellige beløb sammenlignelige.

I en egentlig projektering vil man kunne få mere præcise anlægsoverslag baseret på en gennemgang af tegninger mv. for samtlige stationer, broer, strækninger osv.

Der redegøres for anlægsudgifterne for de enkelte strækninger nedenfor. Mere detaljerede oplysninger fremgår af bilag 1 og 2.

Omkostningsoverslaget er angivet i 2008 prisniveau.

7.2.1 *Erfaringer fra 1979-projektet*

I redegørelsen til Folketingets Trafikudvalg 24. oktober 2001 angiver Banestyrelsen (Banedanmark) følgende fordeling af anlægsomkostningerne:

- | | |
|-----------------------------|------|
| • Profilarbejder | 15 % |
| • Immunisering | 25 % |
| • Strømforsyning | 10 % |
| • Etablering af kørestrøm | 45 % |
| • Fjernstyring af kørestrøm | 5 % |

Angivelsen er baseret på erfaringerne fra 1979-projektet indtil 2001. Da det empiriske grundlag for fordelingen er meget veldokumenteret, benyttes fordelingen til en overordnet sammenligning i forhold til anlægsoverslaget.

7.2.2 *Overslagsgrundlag*

Følgende lægges til grund for anlægsoverslaget:

- Fritrumsprofilhøjden under broerne skal være minimum 6 m.
- Alle broer opført før 1979 skal hæves eller nedrives og genetableres subsidiært, alternativt skal sporet sænkes.
- Kørestrømsmaster placeres i 3 meters afstand fra spormidten.
- Afstanden mellem fordelingsstationer er ca. 35 km.

Der ses ingen signifikante følgeomkostninger.

7.2.3 *Udgifter vedr. immunisering*

Vedr. immunisering gælder det særlige forhold, at det forudsættes, at Signalprogrammet omfatter etablering af nye immuniserede sikringsanlæg. Det betyder, at sker der elektrificering af en strækning, efter Signalprogrammet har udskiftet anlæggene, forventes udgifterne til immunisering af andre anlæg end sikringsanlæg at udgøre ca. 10 % af de samlede anlægsudgifter.

Har Signalprogrammet derimod ikke på en given strækning udskiftet anlæggene, skal de eksisterende sikringsanlæg også immuniseres, og de samlede udgifter til immunisering udgør dermed ca. 25 % af de samlede anlægsudgifter.

7.3 **Usikkerhed og Ny Anlægsbudgettering**

Større offentlige anlægsprojekter har gennem mange år vist sig systematisk at blive betydeligt dyrere end den budgetterede anlægsudgift ved igangsætning af projektet. For at få større sikkerhed i budgetteringen og bedre beslutningsgrundlag har Transportministeriet indført ny "Ny Anlægsbudgettering" på transportområdet [8].

Formålet med Ny Anlægsprojektering er at opstille realistiske budgetter, hvor forudsætningerne for budgettet er dokumenteret, hvorved efterfølgende ændringer kan forklares. Ny Anlægsbudgettering stiller dermed krav til både udformningen af beslutningsgrundlaget og den efterfølgende opfølgning på projektets gennemførelse.

Ny Anlægsbudgettering bygger på to nye principper. Dels indføres ekstern kvalitetssikring, dels erfaringsbaserede korrektionstillæg.

Den eksterne kvalitetssikring er en uafhængig vurdering af projektgrundlaget og budgetoverslaget. Dette indebærer en granskning af det økonomiske grundlag, tekniske løsningsforslag og projektets organisation.

De erfaringsbaserede korrektioner tillægges det konsoliderede budgetoverslag, efter den eksterne kvalitetssikring er gennemført. Kort fortalt tillægges anlægs-skønnene en reserve således, at der ikke skulle være behov for yderligere bevilninger, hvis et projekt viser sig at blive dyrere end først antaget. Denne reserve vil være størst i de tidlige faser af et anlægsprojekt, hvor projektet endnu ikke er gennemanalyseret, og usikkerheden derfor er størst. Ifølge principperne i Ny Anlægsbudgettering betyder dette konkret, at korrektionstillægget svarer til den skønnede anlægsudgift plus 50 % i denne fase af elektrificeringsprojektet.

Økonomioverslagene i denne screening består således af et fysikestimat plus en reserve på 50 %, som er indarbejdet i tallene. At der er tillagt en reserve skal ses på baggrund af, at der er usikkerhed knyttet til anlægsoverslaget. Dette hænger sammen med, at der uundgåeligt vil være forhold i en mere konkret projektering og i den praktiske gennemførelse af en elektrificering af de enkelte strækninger, som ikke kan forudses i en screeningsanalyse.

7.4 **Anlægsoverslag for de enkelte strækninger i scenarium 1 og 2**

7.4.1 *Roskilde – Kalundborg*

Anlægsoverslaget for strækningen Roskilde – Kalundborg er vist i nedenstående tabel.

Tabel 7.1: Anlægsoverslag for Roskilde – Kalundborg.

	Omkostninger [mia. DKK]
Strækning	
Roskilde - Kalundborg, 1-a	
Estimeret omkostning	0,55
Inkl. 50 % tillæg	0,82
Roskilde - Kalundborg, 2-a	
Estimeret omkostning	0,66
Inkl. 50 % tillæg	0,98

I scenarium 1-a forudsættes, at Signalprogrammet har implementeret nye sikringsanlæg før eller samtidig med elektrificeringsarbejderne, og immunisering af sikringsanlæg påregnes således ikke, mens der vil være udgifter til immunisering af andre anlægskomponenter.

I scenarium 2-a forudsættes, at elektrificeringen etableres med de eksisterende sikringsanlæg, og der påregnes derfor også immunisering af disse.

7.4.2 *Køge – Næstved*

Anlægsoverslaget for strækningen Køge – Næstved er vist i nedenstående tabel.

Tabel 7.2: Anlægsoverslag for Køge – Næstved.

	Omkostninger [mia. DKK]
Strækning	
Køge - Næstved, 1-b og 2-b	
Estimeret omkostning	0,23
Inkl. 50 % tillæg	0,35

En afgørende forudsætning for elektrificering af strækningen Køge - Næstved er, at der regnes med, at nybygningsløsningen København - Ringsted er etableret.

Således vil dette scenarium først være relevant omkring 2019 på grund af sammenhængen til en evt. nybygningsløsning. For denne strækning er Scenarium 1 og 2 derfor ens.

Det forudsættes endvidere, at Signalprogrammet har implementeret nye sikringsanlæg, og immunisering af disse påregnes således ikke.

Der gøres følgende særlige forudsætninger:

- København – Ringsted projektet elektrificerer strækningen Køge Nord – Køge.
- Signalprogrammet immuniserer Køge Station.
- Femern Bælt projektet elektrificerer Næstved Station.
- Signalprogrammet immuniserer Næstved Station.

7.4.3 *Lunderskov – Esbjerg*

Anlægsoverslaget for strækningen Lunderskov – Esbjerg er vist i nedenstående tabel.

Tabel 7.3: Anlægsoverslag for strækningen Lunderskov – Esbjerg.

	Omkostninger [mia. DKK]
Strækning	
Lunderskov - Esbjerg, 1-c	
Estimeret omkostning	0,57
Inkl. 50 % tillæg	0,85
Lunderskov - Esbjerg, 2-c	
Estimeret omkostning	0,65
Inkl. 50 % tillæg	0,97

I scenarium 1-c forudsættes, at Signalprogrammet har implementeret nye sikringsanlæg, og immunisering af disse påregnes således ikke.

I scenarium 2-c forudsættes, at elektrificeringen etableres med de eksisterende sikringsanlæg, og immunisering af disse påregnes derfor.

Det skal pointeres, at hele den frie strækning Esbjerg - Lunderskov, forstået som strækningens linieblokanlæg, allerede er immuniseret, og at denne immunisering endvidere omfatter sikringsanlæggene i Vejen og Tjæreborg. Strækningens immunisering omfatter dog ikke sikringsanlægget i Esbjerg og sikringsanlæggene i Holsted og Bramming.

Endvidere resterer immunisering af linieblokanlæggene på de tilstødende strækninger Bramming - Gredstedbro og Esbjerg - Guldager, sikringsanlæggene i Gredstedbro og Guldager samt strækningens fjernstyrings-, radio- og passagerinformationsanlæg, m.m.

Med hensyn til immunisering er der således endnu omkostninger knyttet til nogle lokaliteter på strækningen; formodentlig navnlig i forbindelse med sikringsanlægget i Esbjerg, hvor det endvidere gælder, at Banedanmark planlægger stationens sporanlæg forenklet og renoveret i 2009/2010. Den planlagte forenkling påvirker også sikringsanlægget, og vil sandsynligvis billiggøre en efterfølgende immunisering. Det angivne anlægsoverslag tager ikke hensyn til denne plan, da dens omfang og karakter ikke kendes.

7.4.4 Fredericia – Århus

Anlægsoverslaget for strækningen Fredericia – Århus er vist i nedenstående tabel.

Tabel 7.4: Anlægsoverslag for strækningen Fredericia – Århus.

	Omkostninger [mia. DKK]
Strækning	
Fredericia - Århus, 2-d	
Estimeret omkostning	1,44
Inkl. 50 % tillæg	2,16

I scenariet forudsættes, at elektrificeringen etableres med de eksisterende sikringsanlæg, og immunisering af disse påregnes derfor. Endvidere forudsættes, at sikringsanlægget (det nuværende af typen 1990) på Århus H er immuniseret i forbindelse med etableringen i 1998.

7.4.5 Århus – Aalborg

Anlægsoverslaget for strækningen Århus – Aalborg er vist i nedenstående tabel.

Tabel 7.5: Anlægsoverslag for strækningen Århus – Aalborg.

	Omkostninger [mia. DKK]
Strækning	
Århus - Ålborg 2-e	

Estimeret omkostning	1,82
Inkl. 50 % tillæg	2,73

I scenariet forudsættes, at elektrificeringen etableres med de eksisterende sikringsanlæg, og immunisering af disse påregnes derfor.

7.4.6 Aalborg – Frederikshavn

Anlægsoverslaget for strækningen Aalborg – Frederikshavn er vist i nedenstående tabel.

Tabel 7.6: Anlægsoverslag for strækningen Aalborg – Frederikshavn.

	Omkostninger [mia. DKK]
Strækning	
Aalborg - Frederikshavn 2-f	
Estimeret omkostning	0,67
Inkl. 50 % tillæg	1,00

I scenariet forudsættes, at elektrificeringen etableres efter at Signalprogrammet har etableret nye sikringsanlæg, og immunisering af disse indgår derfor ikke.

Jernbanebroen over Limfjorden bør muligvis have særlig fokus, da broen er en klapbro. Elektrificering af en klapbro er ikke almindeligt (men dog heller ikke ukendt²⁷), og erfaringerne fra Femern Bælt projektet²⁸ kan formentlig udnyttes.

²⁷ I Holland er et betydeligt antal klapbroer elektrificerede.

²⁸ Dette projekt skal elektrificere banen over de 2 klapbroer Masnedsundbroen og Frederik d. 9.'s bro.

7.4.7 Vejle – Struer

Anlægsoverslaget for strækningen Vejle – Struer er vist i nedenstående tabel.

Tabel 7.7: Anlægsoverslag for strækningen Vejle – Struer.

	Omkostninger [mia. DKK]
Strækning	
Vejle Struer, 2-g	
Estimeret omkostning	0,83
Inkl. 50 % tillæg	1,24

I scenariet forudsættes, at elektrificeringen etableres efter at Signalprogrammet har etableret nye sikringsanlæg, og immunisering af disse indgår derfor ikke.

I dette scenarium er der en særlig problematik, idet sikringsanlæggene af type 1977 skal immuniseres. Dette er så vidt vides ikke blevet foretaget før.

7.4.8 De samlede anlægsudgifter til elektrificering

Nedenstående tabel sammenfatter anlægsoverslagene for de enkelte strækninger. Det fremgår, at elektrificering af alle strækningerne i scenarium 2 ventes at komme til at koste ca. 9,5 mia. DKK. Heri indgår også strækningen Køge - Næstved. Bliver IC4-togene leveret som forudsat (scenarium 1) er det kun relevant at overveje elektrificering på Sjælland samt strækningen Lunderskov - Esbjerg. Den samlede udgift til dette skønnes at være ca. 1,7 mia. DKK.

Tabel 7.8: Anlægsudgifter til elektrificering af banen.

	Omkostninger [mia. DKK]
Strækning	
Roskilde – Kalundborg	0,82
Køge – Næstved	0,35
Lunderskov – Esbjerg	0,85
I alt, 1-scenariet	2,02
1-scenariet uden Køge – Næstved	1,67
Roskilde – Kalundborg	0,98
Køge – Næstved	0,35
Lunderskov – Esbjerg	0,97
Fredericia – Århus	2,16
Århus – Ålborg	2,73
Ålborg – Frederikshavn	1,00
Vejle – Struer	1,24
I alt, 2-scenariet	9,43
2-scenariet uden Køge – Næstved	9,08

Anm.: I Scenarium 2 er der indregnet udgifter til immunisering af sikringsanlæg, dog ikke for strækningerne Køge-Næstved, Aalborg-Frederikshavn samt Vejle-Struer.

Alle tallene indeholder 50 % tillæg, jf. ”Ny Anlægsbudgettering”.

7.5 Driftsøkonomiske effekter

De driftsøkonomiske effekter af elektrificeringen af strækningerne (scenarierne) er estimeret, idet følgende komponenter er indeholdt:

- Omkostninger til drifts- og vedligehold af kørestrømsanlæggene.
- Ændringer i driftsomkostninger for det rullende materiel, som på grund af elektrificeringen kan overgå fra diesel- til eldrift.

7.5.1 *Drifts- og vedligeholdelseskostninger vedr. kørestrømsanlægget*

Der påregnes driftsomkostninger til de etablerede kørestrømsanlæg svarende til 1 % af anlægssummen pr. år. Dette omfatter ikke elforbruget til togdriften, som er medregnet i driftsomkostninger for det rullende materiel.

7.5.2 *Driftsøkonomiske effekter for rullende materiel*

Ud over investeringer i elektrificering af infrastrukturen, jf. overstående, er de driftsøkonomiske effekter ved overgang fra togdrift med diesel- til eltog estimeret.

Materielbehovet for de forskellige strækninger, samt produktionen (togtimer og togsætkm) er opgjort. Det bemærkes, at driftsoplæggene ofte medfører at diesel-tog kan erstattes med eltog på delstrækninger, som allerede er elektrificeret. For eksempel muliggør elektrificeringen af strækningen Lunderskov-Esbjerg, at IC-togdriften København-Esbjerg kan udføres med eltog. En given elektrificering medfører således i mange tilfælde benefits, som relaterer sig til allerede gjorte investeringer.

Med hensyn til kvantificering af driftsomkostninger er rapporten "Enhedsomkostninger ved persontogsdrift" fra juli 2008, [7] lagt til grund.

I henhold til denne er driftsomkostningerne til energi samt vedligehold af materiel betragteligt mindre for elmateriel end for det tilsvarende dieselmateriel. Dette skyldes lavere energiforbrug samt at vedligeholds- og værkstedsaktiviteter for elmateriel er lavere end for det tilsvarende dieselmateriel.

Mht. personaleomkostninger er det forudsat, at der ikke sker ændringer i bemanningen af togene ved overgang fra diesel- til eltog, hvorfor ændringen ingen effekt har for personaleomkostninger.

Der er ikke gennemført en uddybende analyse af forskellen mellem prisen på sammenligneligt eldrevet og dieseldrevet materiel, der kan køre 200 km/h. Imidlertid viser trendanalyser af markedsudviklingen, at det på sigt må forventes, at anskaffelse af nyt eldrevet togmateriel alt andet lige må forventes at blive billi-

gere. Der vil dog skulle gennemføres en uddybende analyse heraf, inden der kan drages en endelig konklusion. Denne eventuelle effekt er derfor ikke indregnet i de økonomiske estimater, fordi størrelsen af en eventuel besparelse vanskeligt lader sig kvantificere.

Beregningsmæssigt er overgangen fra diesel- til eldrift analyseret ved at forudsætte, at IC3-togsæt erstattes med et tilsvarende antal IR4-togsæt i det omfang, at IR4-togsæt er tilgængeligt (dvs. kan frigøres fra Kystbanetraffikken). Der vil således på disse strækninger blive indsat tog med større kapacitet, idet IR4-togsæt har flere siddepladser end IC3 (227 hhv. 144). Der er ikke i de driftsøkonomiske estimater korrigeret for denne kapacitetsforskel, idet der er tale om konkret, eksisterende materiel, som forudsættes indsat.

På strækninger, hvor der indsættes nyanskaffet elmateriel, er der forudsat indkøbt og indsat hyldevare elektriske passagertogsæt, som kan køre 200 km/h og med kapacitet svarende til IC3-togsæt. Ved sammenligning med en referencesituation, hvor der ikke elektrificeres, er der forudsat indkøbt og indsat tilsvarende dieselmateriel.

Resultaterne af de driftsøkonomiske estimater findes i nedenstående tabel 7.9. Det fremgår, at elektrificering af nogle af strækningerne med de her gjorte forudsætninger giver store driftsmæssige besparelser, og en del af investeringerne i elektrificeringsinfrastrukturen vil kunne finansieres ved driftsbesparelserne.

I den sammenhæng er det vigtigt at understrege, at de anførte nutidsværdier er estimeret ud fra en antagelse om sammenligneligt nyt diesel- og elmateriel i reference hhv. elektrificeringssituationen. Den materielbenyttelse, man faktisk vil vælge at benytte, kan meget vel medføre andre investerings- og driftsøkonomiprofiler, som vil resultere i andre nutidsværdier.

Det skal endvidere bemærkes, at denne analyse er en screening på et overordnet niveau. Resultaterne skal derfor opfattes som en rettesnor for, hvilke strækninger det bedst kan betale sig at elektrificere. Analysen udgør med andre ikke et beslutningsgrundlag for at elektrificere bestemte strækninger eller ej.

De strækninger, der især kunne være relevante at analysere nærmere er jf. også tabel 7.9.

- Roskilde – Kalundborg. Investeringsbehovet for hele strækningen beløber sig til ca. 800 mio. DKK mens den årlige driftsbesparelse udgør 27 mio. DKK ved overgang fra diesel- til eldrift. Dette medfører en negativ netto nutidsværdi, men en relativt stor del af investeringsbehovet vil beregningsmæssigt kunne finansieres ved driftsbesparelser. Der gøres dog opmærksom på, at den relativt store driftsbesparelse skyldes, at det beregningsmæssigt er forudsat at IC3 erstattes med IR4. Dette medfører ekstraordinært store besparelser i forhold til de øvrige strækninger, hvor nyindkøbt diesel IC3-lignende materiel (200 km/h) er sammenlignet med tilsvarende elektrisk materiel. Især delstrækningen Roskilde – Holbæk er interessant, idet der her er en ret intensiv trafik, som også befarer den allerede elektrificerede strækning fra København til Ringsted.
- Lunderskov – Esbjerg. Med elektrificering af denne forholdsvis korte strækning kan hele strækningen København - Esbjerg betjenes med elektrisk materiel. Man kan således komme til at benytte elektriske tog - med væsentligt lavere driftsomkostninger end dieseltog - på en forholdsvis lang strækning ved at elektrificere den forholdsvis korte strækning.

I scenarium 1 udgør den samlede investering ca. 850 mio. DKK. Under forudsætning af at der sammenlignes nyt diesel- og elmateriel kan dette medføre en driftsbesparelse på omkring 20 mio. DKK årligt. Nutidsværdien bliver hermed negativ, men en relativt stor del synes mulig at kunne finansieres ved driftsbesparelse.

I scenarium 2, hvor udgifterne til immunisering er væsentligt større, er den samlede økonomi i projektet ringere, idet den samlede investering i dette scenarium udgør ca. 972 mio. DKK. Det bemærkes, at en væsentlig del af omkostningerne til immunisering af strækningen er afholdt af andre projekter.

- Fredericia – Århus. Her gør sig ligeledes gældende, at man ved at elektrificere en lille del af den samlede strækning kan komme til at anvende elektrisk materiel på en lang strækning, her hele strækningen København - Århus. Denne er meget befærdet (2 tog per time hver retning) og driftsbesparelserne bliver således temmelig store.

Den samlede investering for denne strækning er i scenarium 2 på ca. 2.200 mio. DKK, mens den årlige driftsbesparelse er ca. 45 mio. DKK, hvis der sammenlignes nyt diesel- og elmateriel. Nutidsværdien er negativ i denne beregning, men driftsbesparelserne synes også i dette tilfælde at kunne finansiere en relativt stor del af investeringen – ca. halvdelen. En senere elektrificering, koordineret med Signalprogrammet, vil medføre et mere lønsomt projekt. Beregninger viser således, at driftsbesparelserne kan finansiere ca. to tredjedele af investeringen.

- *Køge-Næstved.* Denne strækning er også temmelig befærdet, og investeringen på ca. 350 mio. DKK skønnes at kunne give en årlig driftsbesparelse på ca. 5 mio. DKK. En nærmere analyse med mere præcise estimater for anlægs- og driftsøkonomien vil kunne afdække, om det kan være rentabelt at elektrificere denne strækning. Der er dog en helt afgørende forudsætning for strækningens relevans, at der bygges en ny bane mellem København og Ringsted over Køge Nord.

For de øvrige strækninger: Århus-Aalborg, Aalborg-Frederikshavn samt Vejle-Struer viser denne analyse, at de forventede driftsbesparelser ikke står mål med størrelsen af investeringen. Det skyldes, at der ikke er tilstrækkelig meget trafik til at generere de nødvendige driftsbesparelser.

Tab 17.9: Oversigt over investeringsbehov og driftsomkostninger.

Elektrificeret strækning (i parentes: togdrift strækning)	Investeringsbehov			Driftsomkostninger p.a.		Netto nutidsværdi
	Elektrificering	Immunisering af sikr.anlæg	I alt	Diesel-drift	El-drift	
	mio.kr.	mio.kr.	mio.kr.	mio.kr./år	mio.kr./år	mio.kr. 2008
A-1 Roskilde - Kalundborg (Kh - Holbæk - Kalundborg) Længde (elektrificering) 78 km, i drift 2021	822		822	104	78	-195
A-2 Køge - Næstved (Kh- Køge Nord - Næstved) Længde (elektrificering) 39 km, i drift 2018	345		345	25	22	-192
A-3 Lunderskov - Esbjerg (Kh - Esbjerg) Længde (elektrificering) 55 km, i drift 2020	855		855	100	80	-302
I alt, A-scenariet	2.022		2.022	230	180	-689
B-1 Roskilde - Kalundborg (Kh - Holbæk - Kalundborg) Længde (elektrificering) 78 km, i drift 2013	822	162	984	104	79	-435
B-2 Køge - Næstved (Kh- Køge Nord - Næstved) Længde (elektrificering) 39 km, i drift 2018	345		345	25	22	-192
B-3 Lunderskov - Esbjerg (Kh - Esbjerg) Længde (elektrificering) 55 km, i drift 2013	855	117	972	100	81	-527
B-4 Fredericia - Århus (Kh - Århus) Længde (elektrificering) 107 km, i drift 2014	1.786	377	2.163	232	187	-1.088
B-5 Århus - Aalborg (Århus - Aalborg) Længde (elektrificering) 140 km, i drift 2015	2.240	491	2.731	57	68	-2.354
B-6 Aalborg - Frederikshavn (Aalborg - Frederikshavn) Længde (elektrificering) 85 km, i drift 2019	1.002		1.002	32	33	-694
B-7 Vejle - Struer (Fredericia - Struer) Længde (elektrificering) 130 km, i drift 2021	1.242		1.242	55	52	-742
I alt, B-scenariet	8.293	1.147	9.439	606	522	-6.031

7.5.3 Følsomhedsanalyser

Der er udført følsomhedsanalyser med hensyn til investeringsbehov og nutidsværdi.

Dels er indflydelsen af en række parametre på investeringsbehov og nutidsværdi undersøgt, dels er der for strækningen Roskilde - Kalundborg undersøgt, hvad en første etape, hvor der kun elektrificeres til Holbæk, ville medføre.

Følsomhedsanalysen gennemgås her for scenariet/strækningen 1-c Lunderskov-Esbjerg, idet følgende parametre er varieret:

- Den samlede investering øges med 30 %
- Besparelser ved eltogsdrift 30 % mindre end antaget.
- Besparelser ved eltogsdrift 30 % større end antaget.
- Omkostning til drift og vedligehold af elinfrastruktur dobbelt så stor som anslået.
- Elektrificering er gennemført til idriftsættelse i 2013 (dette er scenarium 2-c).
- Elektrificering er gennemført til idriftsættelse 2018 lige før Signalprogrammet.
- Elektrificering gennemføres i 2022.

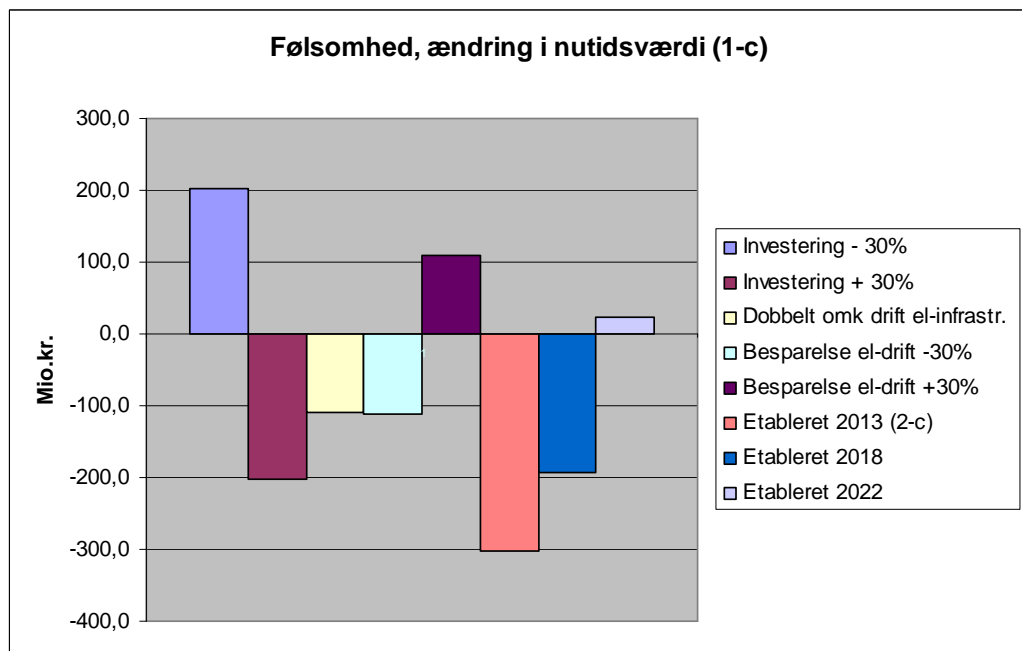
Konklusionen på følsomhedsanalysen er:

- Størst indflydelse på netto nutidsværdi har investeringsbehovet, herunder om det vælges at realisere elektrificeringen før Signalprogrammet (dvs. om omkostninger til immunisering af sikringsanlæggene medtages).
- De efterfølgende driftsbesparelser ved at køre med eltog i stedet for dieseldrevet materiel er helt afgørende for, i hvilken grad elektrificering kan finansieres ved hjælp af driftsbesparelser.
- Nutidsværdien er ligeledes følsom over for størrelsen af omkostningerne til drift og vedligehold af elektrificeringsinfrastrukturen.
- Med hensyn til anlægstidspunkt er det bedst, at de elektrificerede strækninger tages i brug i umiddelbar forlængelse af Signalprogrammet, således at der ikke er udgifter til immunisering af sikringsanlæggene. Men så længe nutidsværdien af investeringen er negativ vil det dog kunne betale sig at udskyde investeringen.

For de øvrige scenarier er billedet det samme: Det afgørende er, hvor store anlægsudgifterne er, og hvor store driftsbesparelser, som kan realiseres. Selvom der er usikkerhed knyttet til anlægsoverslagene, må disse dog betegnes som temmelig robuste. I en mere detaljeret analyse synes det derfor særligt oplagt at se nærmere på, hvor store driftsbesparelser, der kan realiseres ved at elektrificere.

Under alle omstændigheder er økonomien for de enkelte strækninger bedst, hvis elektrificeringen kommer efter Signalprogrammet, og at der således ikke skal afholdes udgifter til immunisering af sikringsanlæg.

Nedenstående figur opridser resultaterne af følsomhedsanalysen.



Figur 7.1: Påvirkning af nutidsværdi i scenarium 1-c ved ændrede forudsætninger

Elektrificering til Holbæk

Investeringsbehov og nutidsværdi for en elektrificering af banen Roskilde – Holbæk er undersøgt. Investeringsbehovet forventes at udgøre ca. 55 % af omkostningerne for elektrificering af hele strækningen Roskilde – Kalundborg, idet lidt over halvdelen af strækningens samlede sporanlæg findes på strækningen Roskilde – Holbæk.

Resultaterne af følsomhedsanalysen det fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 7.10: Nutidsværdi ved elektrificering af banen mellem Roskilde – Holbæk.

Nutidsværdi	Scenarium 1 – idriftsættelse efter SP (2021)	Scenarium 2 – idriftsættelse før SP (2013)
	mio. DKK	mio. DKK
Elektrificering Roskilde – Kalundborg, 1-a hhv. 2-a	-195	-435
Elektrificering til Holbæk, 2 gange i timen (Ro-Hk)	-29	-133
Elektrificering til Holbæk, 3 gange i timen (Ro-Hk)	128	82

Som det fremgår, er det mere lønsomt kun at elektrificere til Holbæk. Det fremgår endvidere, at hvis driften intensiveres øges projektets nutidsværdi – en effekt der naturligvis også gælder for de øvrige strækninger.

I analysen af strækningen fra Roskilde til Kalundborg er der regnet med, at det eksisterende materiel benyttes (IR4-materiel inkl. frigjort materiel fra Kystbanen). Dette er i nærværende rapport gjort konsekvent for denne strækning. Driftsbesparelserne ved overgang fra diesel- til eldrift er således her forudsat større end for de øvrige strækninger. Dette er dog ikke forstyrrende mht. udpejning af mest relevante strækninger mht. elektrificering eller for analysen af delvis elektrificering af strækningen til Kalundborg.

8. MILJØEFFEKTER

8.1 Generelt

En af fordelene ved elektrificering er, at eldrevne tog belaster miljøet mindre end dieseldrevne tog. Miljøfordelene kommer til udtryk ved mindre CO₂-udledning og lavere emissioner af partikler og NO_x, ligesom emissioner flyttes fra bymæssig bebyggelse til kraftværkerne i forbindelse med elproduktion. Endvidere støger eltog mindre ved lave hastigheder.

I det følgende ses nærmere på, hvor store disse miljøfordele er. Det mest interessante i forbindelse med elektrificering er betydningen for CO₂-udledningen. Her er der to effekter. For det første giver eldrevne tog anledning til mindre CO₂ end dieseldrevne tog. For det andet vil elektrificering medføre, at en del af transportsektorens CO₂-udslip kommer ind under kvotesystemet. I dag er togenes diesel-forbrug uden for det kvotebelagte område.

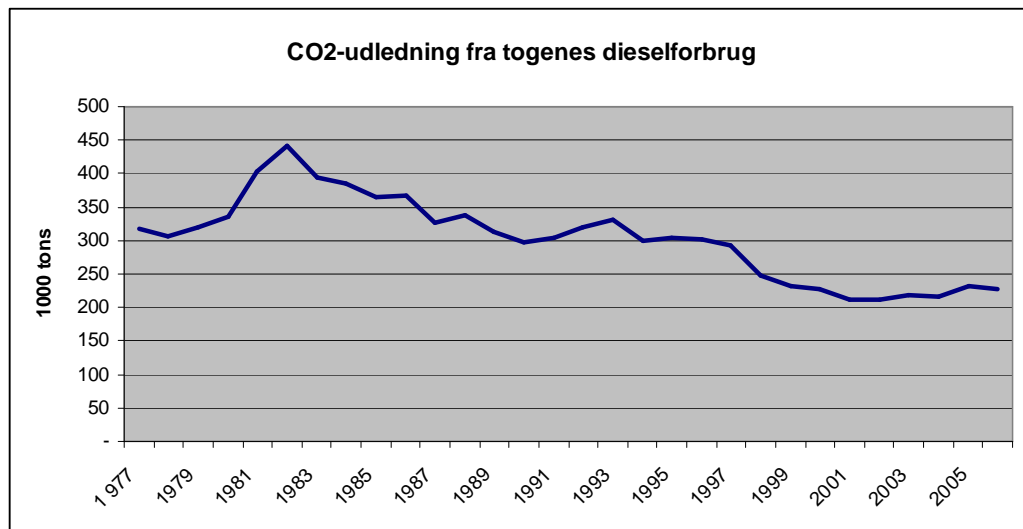
8.2 CO₂-udledning og sammenhæng til kvotesystemet

Trods en faldende tendens i den samlede danske CO₂-udledning er transportsektorens CO₂-udledning stigende.

Togenes andel af transportsektorens udledninger udgør en meget begrænset del – under 2 %. Men her spiller dog også ind, at udledningen pr. pladskilometer for tog er ca. 4 gange lavere end for personbiler²⁹.

I modsætning til vejtransporten har CO₂ udledningen fra togenes dieselforbrug været faldende siden starten af 1980'erne, til trods for at transportarbejdet for jernbanen (især persontransporten) har været stigende gennem perioden.

²⁹ Hvis man sammenligner fuld belægning i tog med fuld belægning i bil (4 pers.). Kilde: TEMA 2000-modellen.



Figur 8.1: CO₂-udledning fra togenes dieselforbrug, [10].

Tages der udgangspunkt i Transportministeriets TEMA2000 model udleder et ER-eltog ca. 12 % - 35 %³⁰ mindre CO₂ pr. pladskilometer end et IC3-tog.

Yderligere elektrificering vil samtidig have den effekt, at den vil bringe en større del af transportsektoren ind under kvotesystemet. I dag er forbruget af fossilt brændsel indenfor transportsektoren ikke omfattet af kvotesystemet, og som det fremgår af figur 8.1, er transportsektoren en sektor, hvor CO₂-udledningen stiger kraftig. Da kvotesystemet medfører, at mængden af CO₂ indenfor den givne forpligtelsesperiode 2008-2012 er konstant, vil øget forbrug af el i transportsektoren betyde, at CO₂-udledningen vil skulle reduceres andetsteds i kvotesystemet.

Der er således to effekter ved yderligere elektrificering: Dels den direkte reduktion i CO₂-udledningen ved overgang fra diesel til el, dels effekten af at el - i modsætning til diesel - er kvotebelagt. Som kvotesystemet ser ud i 2008-2013 vil man derfor samlet reducere CO₂-udledningen ved yderligere elektrificering med hele det udslip, der i dag sker fra de dieseltog, der erstattes med eltog. Ændres kvotesystemet, så fossilt brændsel fra transport også kommer til at indgå, vil besparelsen kun bestå i den direkte forskel mellem CO₂-udledningen fra diesel- og eltog.

Til gengæld vil forbrug af grøn el på jernbanenettet ikke have en effekt på den samlede CO₂-udledning, da en CO₂-besparelse her vil betyde øget udledning andetsteds i kvotesystemet.

³⁰ Afhængig om opgørelsen sker med Energistyrelsens metode (12 %) eller energiindholdsmetoden (35 %). Kilde: TEMA2000-modellen

Ved yderligere at elektrificere jernbanen som angivet under Scenarium 1 vil man således kunne mindske det samlede CO₂-udslip med ca. 46.000 tons, svarende til samlede udledning fra de IC3-diesel, der erstattes med eltog. Den direkte "emissions"-effekt af konvertering fra diesel til el er -6.000 – 7.000 tons afhængig af opgørelsesmetoden. Grunden til at effekten kan være negativ, er at ER-eltog er større end IC3 tog og dermed udleder mere CO₂ pr. togsæt, men forudsættes erstattet 1:1. Der vil altså være en større kapacitet ved elektrificeringen svarende til scenarium 1.

I Scenarium 2 vil man kunne mindske det samlede CO₂-udslip med 170.000 tons, hvilket svarer til ca. ¾ af den samlede udledning fra jernbanen. Her er den direkte effekt 5.000 – 48.000 tons afhængig af opgørelsesmetoden.

Der er i beregningen af CO₂-effekten ikke taget hensyn til, at IC3 vil erstatte ældre tog, som udleder mere CO₂ end IC3 tog. Derfor er der reelt tale om underkantsskøn.

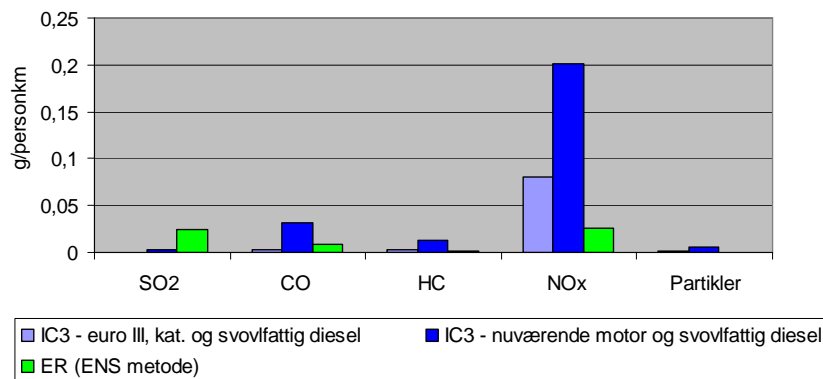
8.3 Emissioner af forurening med lokale og regionale effekter

8.3.1 Partikler, NO_x, SO₂ mv.

Når CO₂-emissioner fra el- og dieseltog sammenlignes, er det kun relevant at se på størrelsen af emissionerne. Når der er tale om emissioner med lokale og regionale effekter er det dog også meget relevant at på, hvor emissionerne sker og ikke kun størrelsen af emissioner. Når man anvender dieseltog vil emissionen ske i "jordhøjde", der hvor toget kører, dvs. dels i bymæssig bebyggelse, herunder på Nørreport Station, dels i det åbne land. Ved anvendelsen af eltog vil emissionen ske i forbindelse med elproduktion, dvs. typisk på kraftvarmeværker i "skorstenshøjde".

8.3.2 Emissionernes størrelse

Med udgangspunkt i Transportministeriets trafikmodel TEMA 2000 er emissionerne for henholdsvis ER-eltog og et IC3-dieseltog (både med nuværende motor og svovlfattig diesel og med euro III motor, katalysator og svovlfattig diesel) opgjort i gr. pr. pladskilometer. Motorerne i IC3 er under udskiftning til motorer, der opfylder euro IV-krav, men denne motortype indgår ikke i TEMA2000-modellen. For NO_x og partikler er emissionerne markant højere for dieseltog, ca. 8 gange højere med eksisterende motorer. Med de nye motorer er emissionerne dog kun 2-3 gange højere med dieseltog. For SO₂ er emissionen pga. svovlfattig diesel lavere ved dieseltog end ved eltog.



Figur 8.2 Emissioner fra diesel og eltog,

Kilde: [11]

Den samlede udledning i dag fra jernbanen fremgår af tabel 8.1, herunder, hvor stor en del det udgør af vejtrafikkens emissioner.

Tabel 8.1: Samlede emissioner fra jernbanen for de nævnte emissioner

	Jernbane	Banens emission relativt til vejsektorens
Kvælstof (NO _x)	3,7 mio. tons	5 %
Ikke metanholdige flygtige forbindelser (NMVOC)	0,2 mio. tons	1 %
Kulmonoxid (CO)	0,6 mio. tons	0,3 %
Mellemstore partikler (PM10)	0,1 mio. tons	2 %

Kilde: [12]. Der er så lille en SO₂ -udledning fra jernbanerne at den indgår som 0 i opgørelsen, og den er derfor ikke medtaget her.

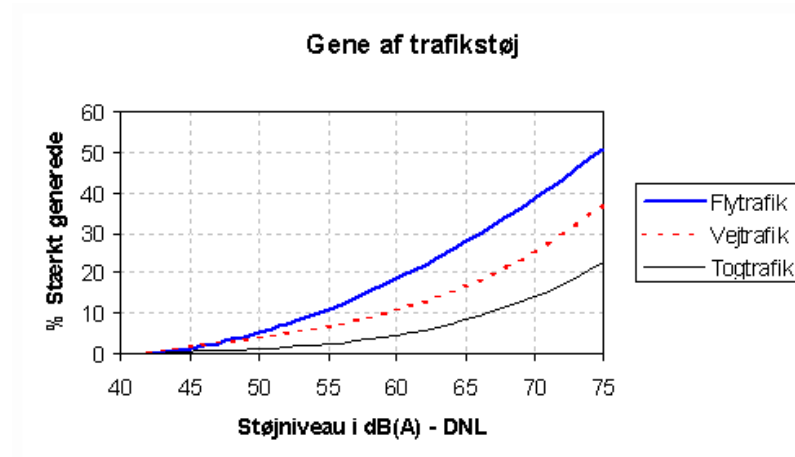
8.3.3 Hvor sker emissionerne?

Ved opgørelse af skadeseffekten fra lokal og regional forurening er det afgørende, hvor emissionerne sker. Hovedparten af skadeseffekten fra disse emissioner er sundhedseffekter og skadeseffekten er derfor væsentlig større, når emissionen sker i tæt befolkede områder, frem for i det åbne land, ligesom skadeseffekten er større, når emissionen sker i "jordhøjde" frem for i "skorstenshøjde". Ved at elektrificere banen vil der være en fordel i, at man fjerner den lokale forurening fra de tætbefolkede områder, som banen gennemskærer. I stedet vil man skulle øge elproduktionen, som vil give anledning til en emission der, hvor produktionen finder sted.

Samlet kan det siges at størrelsen af de centrale lokale og regionale emissioner fra togtrafikken vil mindskes ved elektrificering af banen, og samtidig vil man fjerne emissioner fra de tætbefolkede områder, hvor de gør mest skade. De lokale og regionale emissioner fra togtrafikken udgør dog kun en meget lille del af den samlede udledning fra transporten i Danmark.

8.4 Støj

Generelt er støj fra tog mindre generende end støj fra vej og luftfart, når det måles, hvor stor en procentdel der føler sig generet af støjen i forhold til støjniveauet.



Figur 8.3: Gener fra støj.

Kilde: [13]

Miljøstyrelsen har fastsat følgende vejledende grænseværdier for jernbanestøj.

- Rekreative områder i det åbne land: 59 dB
- Rekreative områder i eller nær byområder: 64 dB
- Boligområder: 64 dB

Grænseværdierne er ikke bindende og kan derfor ikke kræves overholdt alle steder. De anvendes hovedsageligt i en planlægningsmæssig sammenhæng for at sikre, at f.eks. nye boligområder holder sig under grænseværdierne. Antallet af boliger belastet med togstøj over 66 dB blev opgjort til 17.000 i midten af 1980'erne. For at reducere dette antal er der opsat en række støjskærme og givet tilskud til at støjisolere boliger langs banen, så antallet i 2004 var nede på ca. 13.000. I alt har Banedanmark mulighed for at anvende op til 1 % af de årlige anlægsbevillinger til støjbekæmpelse. Støjpuljen har eksisteret siden 1986 og udgør ca. 15 mio. DKK om året.

Eltog støjer mindre end dieseltog, navnlig når der er tale om hastigheder under 40 km/h, ligesom de støjer mindre, når det holder stille på perroner og lign. Ved en yderligere elektrificering af fjernbanenet vil gevinsten i forhold til støj derfor hovedsageligt bestå af mindre støj i bymæssig bebyggelse omkring perroner samt på perroner.

9. PROJEKTGENNEMFØRELSE

9.1 Generelt

Kapitlet omfatter en kortfattet gennemgang af historikken for projektet i henhold til 1979-loven samt OPP-overvejelser mv.

9.2 Historik

Projektet i henhold til 1979-loven blev gennemført i en særlig organisation (Elektrificeringskoordineringen, EKO) i DSB/Banedanmark regi med bidrag bl.a. fra eksperter fra Sverige og Storbritannien (det daværende British Rail var også i færd med en elektrificering på dette tidspunkt). Organisationen samarbejdede med såvel interne- som eksterne rådgivere og entreprenører.

Da projektet var afhængig af de årlige finanslovsbevillinger med tilhørende politiske beslutninger var projektets organisation genstand for op- og nedformeringer ligesom projektets fremdrift var meget ujævn. Det må formodes, at håndteringen af såvel organisation som projektering og udførelse må have givet anledning til betydelige meromkostninger.

En alternativ organisering synes at være hensigtsmæssig.

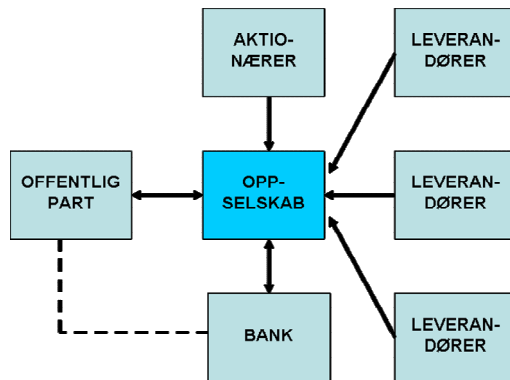
9.3 Elektrificering som OPP-projekt

Det er regeringens politik, at det i forbindelse med alle større statslige bygge- og anlægsprojekter undersøges, om der er muligheder for og fordele ved at gennemføre projektet som et OPP (Offentligt Privat Partnerskab).

I dette afsnit beskrives først OPP som organiseringsform for offentlige udbud. Derefter vurderes fordele og ulemper ved at gennemføre elektrificeringen som et OPP-projekt.

9.3.1 *Generelt om OPP*

OPP er en særlig organiseringsform for offentlige udbud. Et OPP-samarbejde er organiseret omkring et såkaldt OPP-selskab stiftet af private aktører med udførelse af OPP-opgaven for øje. OPP-selskabet sørger selv for finansiering og entrerer selv med alle underleverandører. Organiseringsformen er illustreret i nedenstående figur.



Figur 9.1: Organisationsform for et OPP-projekt.

Kilde: Erhvervs- og Byggestyrelsen (2005).

OPP-samarbejder er karakteriseret ved:

1. Substantiel privat finansiering.
2. Ét samlet udbud omfattende finansiering, projektering, udførelse, vedligeholdelse og drift.
3. Risikodeling mellem den offentlige og den private part baseret på vurdering af, hvem der bedst kan forudse og håndtere forskellige risici.

Finansieringen foregår som sagt typisk i form af lånekapital, som OPP-selskabet f.eks. henter i en bank, samt evt. egenkapital fra OPP-selskabets primære leverandører. Da OPP-selskabet ikke kan låne til samme lave rente som den offentlige udbyder, vil modellens økonomiske fordele bero på besparelser i projektets øvrige faser.

En del af besparelserne hentes ved, at OPP-selskabet opnår en samlet kontrol over processen fra start til slut. Normalt inddeler man offentlige bygge- og anlægsprojekter i fem faser:

- Finansiering
- Projektering
- Udførelse
- Vedligeholdelse
- Drift

Det er karakteristisk for OPP, at alle faser udbydes i en samlet pakke. OPP-selskabet er således ikke afhængig af andre leverandører og aktører. Den øgede kontrol over processen styrker gennemsigtigheden, letter koordinering og forbedrer muligheder for at imødegå risici.

De primære besparelser opnås imidlertid ved, at risici allokeres mellem den offentlige og den private part efter, hvem der bedst kan forudse og håndtere de forskellige risici og dermed sætte den laveste pris for risikohåndteringen.

I et tænkt eksempel kunne man forestille sig, at den offentlige part er ansvarlig for at erhverve byggegrunde, estimere antal brugere og fastlægge brugerbetalingen på det færdige anlæg. Omvendt påtager OPP-selskabet sig risici i forbindelse med design og udførelse samt den efterfølgende vedligeholdelse af anlægget.

I OPP er udbudsgrundlaget ikke et detailprojekt men derimod en funktionsbeskrivelse. Udbudet baserer sig således på en detaljeret beskrivelse af, hvad man vil have ud af projektet, men ikke hvordan OPP-selskabet skal levere denne ydelse.

Dermed begrænses den offentlige parts muligheder for at gribe ind i projektets udførelse og drift. OPP-samarbejder er således også karakteriseret ved, at der sjældent sker projektændringer undervejs. Såfremt der skal laves ændringer undervejs i projektet skal omfanget og konsekvenserne af disse ændringer nemlig kortlægges meget grundigt, hvorved det bliver muligt at holde de ønskede ændringer op mod den merpris, ændringen afstedkommer.

9.3.2 *Betaling*

OPP-selskabet begynder først at modtage betaling, når projektering og udførelse er gennemført. Herefter står OPP-selskabet for drift og vedligeholdelse, mens det offentlige betaler en på forhånd fastsat afgift for den løbende brug. OPP-aftalen løber typisk over en 20- eller 30-årig periode, hvorefter anlægget overdrages til den offentlige part.

Denne betalingsform sikrer, at OPP-selskabet har stærke økonomiske incitamenter til at overholde tidsfrister og budgetter samt at levere et produkt af høj kvalitet, da selskabet efterfølgende selv skal stå for drift og vedligeholdelse. OPP-selskabet har heller ikke mulighed for at sende evt. uforudsete udgifter videre til bestilleren.

Udenlandske erfaringer viser da også, at OPP-projekter sammenlignet med sædvanlige projekter i højere grad leveres³¹:

1. Indenfor tidsfristen
2. Indenfor budget
3. I høj kvalitet

9.4 **Vurdering af OPP-egnethed**

I dette afsnit opstilles syv kriterier for OPP-egnethed og det vurderes, om elektrificeringen egner sig til at blive udført som OPP.

9.4.1 *Kriterier for egnethed*

Erhvervs- og Byggestyrelsen har i publikationen ”OPP-markedet i Danmark 2005-2010” udpeget syv kriterier, der kan fungere som pejlemærker for, om et projekt er velegnet til at blive udført som OPP:

1. *Anlæggssum*: Der er væsentlige transaktionsomkostninger i forbindelse med gennemførelse af OPP-projekter. Derfor bør anlæggssummen ikke være mindre end 100 mio. DKK.
2. *Fysiske karakteristika*: Det skal være muligt i praksis at varetage drift og vedligeholdelse af anlæg eller materiel i hele afskrivningsperioden.
3. *Fysisk afgrænsning*: Materiel og anlæg skal være afgrænsede, således at opgaven kan udføres uden intervention fra og i andre aktørers aktiviteter. I det omfang der eksisterer for mange komplekse sammenhænge med andre anlæg og materiel, begrænses OPP-selskabets muligheder for at kontrollere processerne omkring udførelse, vedligeholdelse og drift.
4. *Konkurrence*: OPP-samarbejdet skal foregå på et konkurrenceudsat marked, hvor flere forskellige konsortier kan have interesse i at byde på det.
5. *Begrænset kompleksitet*: Projektet bør ikke indeholde for mange tekniske innovationer, da det skaber usikkerhed og risici og dermed forhøjer prisen.
6. *Forankring*: Det skal være tydeligt afklaret, hvor projektet er forankret i den offentlige sektor.

³¹ Kilde: Erhvervs- og Byggestyrelsen (2005)

7. *Volumen:* De primære fordele ved OPP opstår, hvis der løbende opstår projekter af lignende karakter, således at der gennem genanvendelse kan opnås fuld valuta for kompetenceopbygningen i den private sektor.

9.4.2 *Vurdering af elektrificeringsprojektets OPP-egnhed*

Det kan ikke anbefales at gennemføre elektrificeringen som et OPP-projekt, når man sammenholder nærværende beskrivelser af projektets karakter med succes-kriterierne for OPP. Det skyldes det især tre forhold:

- a. For det første er projektet ikke tilstrækkeligt fysisk afgrænset. Der er således en række meget komplekse grænseflader til andre systemer, herunder signalsystemet, skinnenettet og ikke mindst den daglige togdrift. Det faktum, at de forskellige systemer griber ind i hinanden, gør det vanskeligt at foretage en klar risikodeling.
- b. For det andet må det anses som væsentligt, at der sikres sammenhæng mellem elektrificering og drift og vedligeholdelse af banerne samt trafikken på banerne.
- c. For det tredje er den ønskede leverance temmelig udspecificeret. Detaljeringsgraden betyder, at mulighederne for kreativ opgaveløsning i forbindelse med projektering, udførelse, vedligeholdelse og drift af kabelnettet må betragtes som begrænsede. Dermed bliver det svært for evt. private aktører at optimere opgaveløsningen, så der opnås besparelser.

Ovenstående forhold betyder, at prisen for håndtering af risici bliver for høje og de potentielle gevinster ved en samlet tilrettelæggelse af opgaven bliver for små til, at der kan forventes at opnås besparelser ved at gennemføre elektrificeringen som et OPP-projekt - også selvom elektrificeringsprojektet opfylder andre af de nævnte kriterier.

9.5 **Alternative organiseringsformer**

Uanset valg af den konkrete organiseringsform er det vigtigt, at elektrificeringsopgaven bliver udbudt, så flere virksomheder med særlig ekspertise inden for etablering af kørestrøm, hævning af broer mv. bringes i spil. Hermed sikres størst mulig adgang til ressourcer og ny viden.

Hvis der vælges at gennemføre elektrificering af hele fjernbanen, vil der være tale om et ganske omfattende projekt, hvor det må forventes at flere virksomheder vil blive inddraget. Dette taler for, at der etableres en særlig projektorganisation, der dels får det overordnede ansvar for, at elektrificering bliver gennemført, dels får ansvar for at sikre sammenhæng til drift og vedligehold af banerne samt for at organisere trafikken på banerne, mens udførelsen finder sted.

Der vil ikke her blive givet en detaljeret gennemgang af alle alternative organiseringsformer, men umiddelbart kan peges på samlet udbud og traditionel entreprise.

9.5.1 *Samlet udbud*

Samlet udbud bliver ofte beskrevet som en lillebror til OPP. I et samlet udbud varetages finansieringen af den offentlige part, mens projektering, udførelse, vedligeholdelse og drift udbydes samlet. Ligesom OPP fremmer samlet udbud en totaløkonomisk tankegang, hvor leverandøren f.eks. vælger materialer, der giver lave drifts- og vedligeholdelsesudgifter.

I forhold til elektrificering har samlet udbud den fordel, at den offentlige part overtager den del af risikoen, der er forbundet med finansieringen.

På den anden side vil projektet stadig være præget af komplekse samspil med andre systemer og aktører, ligesom der vil være grænseflader i forhold til drift og vedligehold af banerne.

9.5.2 *Traditionel entreprise*

I en traditionel entreprise udbydes projektet i en række faser, herunder projektering, udførelse, drift og vedligeholdelse. Der kan endvidere være flere leverandører på de respektive faser, ligesom man kunne forestille sig, at nogle af faserne håndteres under ét af samme leverandør.

I forhold til elektrificering er traditionel entreprise en mulig organiseringsform, idet der langt hen af vejen vil foreligge detaljebeskrivelser af de enkelte leverancer.

En mulighed for at inddrage ny viden, nye rådgivere, nye leverandører og entreprenører er at udbyde projektet på funktionsniveau (med funktionsspecifikationer), hvor komponenterne ikke detailspecificeres, men hvor alene anlæggets funktionalitet, design m.m. beskrives overordnet. Metoden, som giver leverandøren frihed til f.eks. at tilbyde sit standardprodukt har bl.a. været anvendt på Øresund Kyst-Kyst forbindelsen.

9.5.3 *Generelt om organisering*

Det praktiske arbejde i forbindelse med elektrificering sker langs hele banen, mens f.eks. Signalprogrammet sker på udvalgte steder. Det betyder, at det skulle være muligt at tilrettelægge arbejdet, så det kan gennemføres uden at projekterne generer hinanden i større grad.

Dette skal dog ses i sammenhæng med, at kan blive iværksat en del større projekter på banen i de kommende år, f.eks. arbejder som følge af Femernforbindelsen, renovering af spor, Signalprogrammet, brorenoveringer mv. Hvis der også skal ske en elektrificering af nogle strækninger bliver der behov for en betydelig indsats for styre og koordinere projekterne, så de kan gennemføres mest hensigtsmæssigt. Dette kan blive en ganske stor udfordring, hvis det besluttet at gennemføre mange samtidige projekter på baneområdet, og en overordnet koordinerende organisation synes i denne sammenhæng helt nødvendig.

9.6 **Problematikker**

Arbejdet med såvel elektrificering med 25 kV 50 Hz som immunisering af interne og eksterne anlæg er i Danmark specificeret, designet, konstrueret og anlagt af meget få personer. Ydermere er der gået ca. 10 år siden sidste elektrificeringsprojekts afslutning. Det forventes derfor, at ekspertisen med hensyn til såvel elektrificering som immunisering er fordelt på endnu færre personer, og at adgang til ekspertise og ressourcer fra udlandet, såfremt en hurtig projektgennemførelse ønskes, i hvert fald for selve elektrificeringens vedkommende, er helt nødvendig.

9.7 **Muligheder**

Elektrificeringssystemet 25 kV 50 Hz benyttes i Europa bl.a. i Frankrig, Storbritannien og Finland og udenlandsk ekspertise og ressourcer med hensyn til såvel rådgivning, leverancer og entreprenører er således en nærliggende mulighed.

9.8 **Fredericia – Århus**

Der er sidst i 1990'erne udarbejdet et projekt til elektrificering af strækningen Fredericia – Århus. Projektet, som nåede at komme i udbud, blev ophævet ved lov i 2001. Det vides ikke, om projektet er i en tilstand, hvor det kan anvendes.

10. REFERENCER

- [1] Lov om elektrificering af fjernbaner i Danmark, Lov nr. 206 af 23. maj 1979
- [2] Redegørelse til Folketinget af 19. oktober 2001
- [3] Referat fra høring i Folketingets Trafikudvalg af 24. oktober 2001
- [4] Andersson, E. & M. Berg (2001): *Järnvägssystem och spårfordon*. Kungliga Tekniska Högskolan.
- [5] TSI ENE CR (TSI for elforsyning for konventionelle baner)
- [6] TSI ENE HS (TSI for elforsyning for højhastighedsbaner)
- [7] Trafikstyrelsen (2008): *Enhedsomkostninger ved persontogsdrift, Baggrundsrapport, NIRAS*. Trafikstyrelsen.
- [8] Transport- og Energiministeriet (2006): *Akstykke nr. 16 til Finansudvalget af 24. oktober 2006*
- [9] Wikipedia (2008): *Railway-electrification Europe 2005*. Tilgængelig på adressen: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Railway-electrification_Europe_2005_en.png
- [10] Energistyrelsen (2008): *Energistatistik 2007*. Energistyrelsen.
- [11] Transportministeriet (2000): Tema 2000 - Et værktøj til at beregne transporters energiforbrug og emissioner i Danmark. Transportministeriet
- [12] Statistikbanken. Danmark statistik. www.statistikbanken.dk
- [13] Miljøstyrelsens hjemmeside. www.mst.dk
- [14] Signalprogrammet, Banedanmark, Project Proposal September 2008.

11. **BILAG**

Bilag 1: Anlægsoverslag, Scenarium 1

Bilag 2: Anlægsoverslag, Scenarium 2

Bilag 3: Tidsplan, Scenarium 1

Bilag 4: Tidsplan, Scenarium 2

Bilag 1. Anlægsoverslag uden 50 % Tillæg Scenarium 1

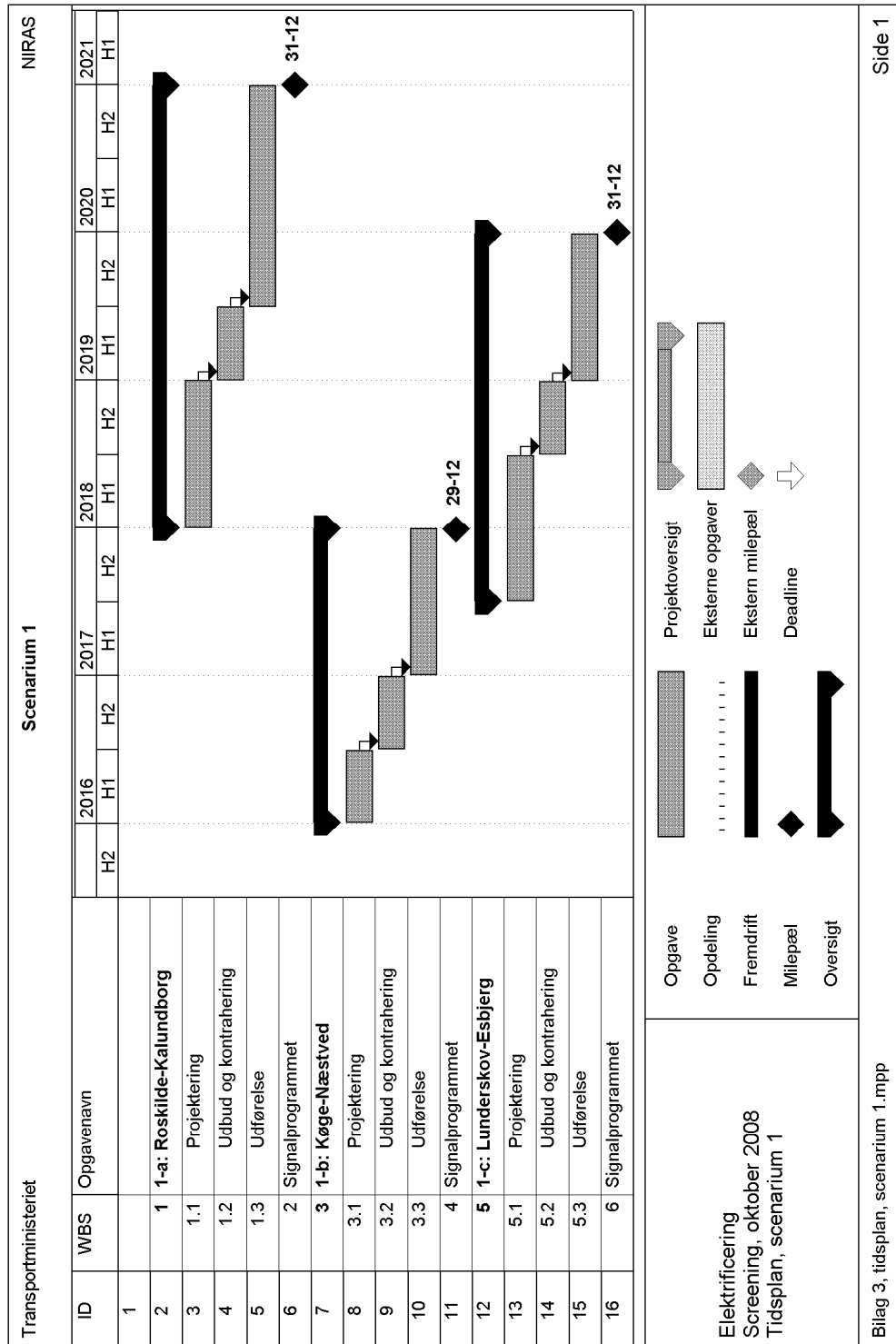
Scenarium	Strækning, poster	Hovedpostpris	Fordeling	Sporlængde	Pris/km spor
		DKK	%	km	DKK/km
1-a	Roskilde - Kalundborg	548.376.120	100,0	92	5.993.182
	Ekspropriationer	20.043.120	3,7		
	Projektering	28.405.000	5,2		
	Administration	21.600.000	3,9		
	Køreledningsanlæg	286.000.000	52,2		
	Fritrumsprofil	98.608.000	18,0		
	Immunisering	60.720.000	11,1		
	SRO	33.000.000	6,0		
1-b	Køge - Næstved	230.821.540	100,0	39	5.918.501
	Ekspropriationer	8.496.540	3,7		
	Projektering	11.505.000	5,0		
	Administration	10.800.000	4,7		
	Køreledningsanlæg	114.400.000	49,6		
	Fritrumsprofil	46.680.000	20,2		
	Immunisering	25.740.000	11,2		
	SRO	13.200.000	5,7		
1-c	Lunderskov - Esbjerg	568.775.600	100,0	110	5.170.687
	Ekspropriationer	45.744.600	8,0		
	Projektering	30.195.000	5,3		
	Administration	21.600.000	3,8		
	Køreledningsanlæg	314.600.000	55,3		
	Fritrumsprofil	47.736.000	8,4		
	Immunisering	72.600.000	12,8		
	SRO	36.300.000	6,4		
	Total sum (mio. DKK)	1.347.973.260			

Bilag 2 - Anlægsoverslag uden 50 % Tillæg Scenarium 2

Scenarium	Omkostninger	Strækning, poster	Fordeling	Sporlængde	Pris/km spor
		DKK	%	km	DKK/km
2-a	Roskilde - Kalundborg	656.016.120	100,0	92	7.169.575
	Ekspropriationer	20.043.120	3,1		
	Projektering	28.405.000	4,3		
	Administration	21.600.000	3,3		
	Køreledningsanlæg	286.000.000	43,6		
	Fritrumsprofil	98.608.000	15,0		
	Immunisering	168.360.000	25,7		
	SRO	33.000.000	5,0		
2-b	Køge - Næstved	230.821.540	100,0	39	5.918.501
	Ekspropriationer	8.496.540	3,7		
	Projektering	11.505.000	5,0		
	Administration	10.800.000	4,7		
	Køreledningsanlæg	114.400.000	49,6		
	Fritrumsprofil	46.680.000	20,2		
	Immunisering	25.740.000	11,2		
	SRO	13.200.000	5,7		
2-c	Lunderskov - Esbjerg	647.525.600	100,0	110	6.340.687
	Ekspropriationer	45.744.600	7,1		
	Projektering	30.195.000	4,7		
	Administration	21.600.000	3,3		
	Køreledningsanlæg	314.600.000	48,6		
	Fritrumsprofil	47.736.000	7,4		
	Immunisering	151.350.000	23,4		
	SRO	36.300.000	5,6		
2-d	Fredericia - Århus H	1.441.526.040	100,0	214	6.723.536
	Ekspropriationer	56.522.040	3,9		
	Projektering	62.024.000	4,3		
	Administration	32.400.000	2,2		
	Køreledningsanlæg	634.920.000	44,0		
	Fritrumsprofil	190.780.000	13,2		
	Immunisering	391.620.000	27,2		
	SRO	73.260.000	5,1		
2-e	Århus H - Aalborg	1.821.499.800	100,0	280	6.510.006
	Ekspropriationer	67.336.800	3,7		
	Projektering	81.335.000	4,5		
	Administration	32.400.000	1,8		
	Køreledningsanlæg	829.400.000	45,5		
	Fritrumsprofil	202.928.000	11,1		
	Immunisering	512.400.000	28,1		
	SRO	95.700.000	5,3		

2-f	Aalborg - Frederikshavn	667.806.100	100,0	85	7.865.796
	Ekspropriationer	50.198.100	7,5		
	Projektering	27.848.000	4,2		
	Administration	10.800.000	1,6		
	Køreledningsanlæg	268.840.000	40,3		
	Fritrumsprofil	223.000.000	33,4		
	Immunisering	56.100.000	8,4		
	SRO	31.020.000	4,6		
2-g	Struer - Vejle	827.792.800	100,0	130	6.382.365
	Ekspropriationer	75.841.800	9,2		
	Projektering	41.551.000	5,0		
	Administration	21.600.000	2,6		
	Køreledningsanlæg	423.280.000	51,1		
	Fritrumsprofil	130.880.000	15,8		
	Immunisering	85.800.000	10,4		
	SRO	48.840.000	5,9		
	Total sum (mio. DKK)	6.292.988.000			

Bilag 3: Tidsplan, Scenarium 1



Bilag 4: Tidsplan, Scenarium 2

