



# Strategisk analyse af elektrificering af banenettet

- Hovedkonklusioner

banedanmark



# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>01</b>	<b>Resumé</b>	<b>3</b>
<b>02</b>	<b>Baggrund for analysen om elektrificering</b>	<b>6</b>
<b>03</b>	<b>Hvad indebærer elektrificering?</b>	<b>8</b>
3.1	Fordele og ulemper ved elektrificering	8
3.2	Hvad skal der til for at elektrificere?	9
3.3	Sammenhæng med Signalprogrammet	9
3.4	Betydning for klima og miljø	10
<b>04</b>	<b>Hvad koster det at elektrificere?</b>	<b>12</b>
4.1	De analyserede strækninger	12
4.2	Udgifter til elektrificering af strækningerne	13
<b>05</b>	<b>Hvilke strækninger kan det betale sig at elektrificere?</b>	<b>15</b>
5.1	Samfundsøkonomien i de enkelte strækninger	15
5.2	Statskasseeffekt af de enkelte strækninger	19
5.3	Hvad driver de økonomiske resultater?	21
5.4	Sammenhæng til IC4	22
5.5	Følsomhedsanalyser og usikkerheder	23
<b>06</b>	<b>Hvornår kan en elektrificering gennemføres?</b>	<b>24</b>

# 01

## Resumé

Den overordnede politiske ramme for analysen af elektrificering af banenettet er, at de politiske parter (jf. aftale om en grøn transportpolitik) har et mål om at jernbanen på sigt skal gøres uafhængig af fossile brændsler. Fokus i denne rapport er at belyse, i hvilken rækkefølge elektrificeringen skal finde sted ud fra trafikale og særligt samfundsøkonomiske kriterier.

Eldre materiel til hastigheder over 160 km/t er billigere både i anskaffelse og efterfølgende drift end dieselmateriel. I den situation, hvor man alligevel skal købe nye tog, kan der derfor være god økonomi i at elektrificere de mest trafikerede strækninger. Samtidig medfører elektrificering gevinster for miljø og klima – særligt i forhold til energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udslip.

Elektrificering kræver imidlertid betydelige investeringer i køreledninger, hævning eller udskiftning af broer mv. Omfanget af investeringer er kortlagt, og der er gennemført beregninger af investeringernes rentabilitet i forhold til såvel samfundsøkonomi som statskassen. For at gøre rentabilitetsberegningerne sammenlignelige er dette sket i et fælles beregningsår 2022, velvidende at det mest hensigtsmæssige tidspunkt for elektrificering skal afstemmes efter såvel Signalprogrammet som det mest gunstige tidspunkt for indkøb af materiel.

Efter vurdering af rentabiliteten er der opstillet en mulig gennemførelsesplan for de rentable strækninger under forudsætning af, at IC4-materiellet leveres som forudsat. Såfremt IC4-materiellet ikke leveres eller disponeres på anden vis, vil elektrificering af banen til Aarhus og Aalborg være aktuel på kortere sigt, idet der allerede i dag er materielmangel.

Analyse af de enkelte strækningers egnethed i forhold til elektrificering peger på, at følgende fire strækninger ubetinget er økonomisk interessante:

- **Lunderskov – Esbjerg.** Elektrificering medfører, at der kan køre elektrisk materiel på hele strækningen fra København til Esbjerg, samt at intercitytrafikken på denne linje og linjen mellem København og Flensborg via Padborg kan drives sammen, hvilket giver betydelige besparelser.
- **Køge Nord – Næstved.** Elektrificering vil gøre det muligt at køre med elektriske tog på strækningen København – Køge Nord – Næstved og dermed opnå store besparelser på både drift og indkøb af nye tog.
- **Roskilde – Holbæk – Kalundborg.** Med elektrificering af strækningen kan man køre med elektriske tog på hele strækningen København – Kalundborg, og realisere store besparelser.
- **Fredericia – Aarhus.** Ved at elektrificere denne strækning kan man køre med eltog på hele den trafikerede strækning København – Aarhus. Der er derfor store besparelser på både indkøb af materiel og den efterfølgende drift. Besparelserne kan realiseres, når der skal købes nye tog til erstatning af IC4.

Elektrificering af strækningen mellem Aarhus og Aalborg vil eliminere togsift i Aarhus for gennemrejsende passagerer til f. eks. Randers og Aalborg.

Nøgletal for de interessante strækninger er sammenfattet i tabel 1.

**Tabel 1: De økonomisk interessante strækninger.**

<b>Strækning</b>	<b>Tidligst mulige etableringsår</b>	<b>Investering, mio. kr. 2011-priser</b>	<b>Samfundsøkonomisk forrentning forrentning, %</b>
Lunderskov – Esbjerg	2015	1.184	8,8
Køge Nord – Næstved	2018	620	7,3
Roskilde – Kalundborg	2021	1.155	6,9
Fredericia – Aarhus	2020	2.224	10,3
Aarhus – Aalborg	2020	2.663	2,9

Anm. 1: For strækningerne er angivet det tidligst mulige tidspunkt for gennemførelse afstemt efter udrulning af signalprogrammet. For Lunderskov Esbjerg er angivet et tidligere ibrugtagingsår, idet strækningen er delvist immuniseret. På strækningerne Fredericia-Aarhus og Aarhus-Aalborg er ikke indregnet effekten af evt. afskrivning af IC4-materiel ved elektrificering i 2020.

Anm. 2: Forrentningen er med undtagelse af Lunderskov - Esbjerg beregnet med udgangspunkt i, at der bliver elektrificeret i 2022.

I de samfundsøkonomiske forrentninger er ikke indregnet effekten af, at eldrevne tog på strækninger med mange stop, f. eks. Roskilde – Kalundborg, på grund af bedre accelerationsegenskaber kan reducere køretiden med nogle minutter.

Udover de samfundsøkonomiske beregninger er der gennemført beregninger, der viser de økonomiske følger af elektrificering for statens økonomi. Beregningerne viser, at det er de samme strækninger, der bør prioriteres, når der ses på statskasseeffekten.

Hvor beslutning om tidsplan for gennemførelse af Lunderskov – Esbjerg, Køge Nord – Næstved og Roskilde – Kalundborg kan træffes på det nuværende grundlag kan beslutning om tidsplan for elektrificering af Fredericia – Aarhus og evt. Aarhus – Aalborg med fordel træffes i løbet af nogle år når trafikudvikling og materiel-situation er afklaret.

Det videre arbejde med de strækninger, der prioriteres, vil være projektering og VVM (Vurdering af Virkninger på Miljøet). Dette arbejde kan igangsættes umiddelbart for strækningerne Lunderskov-Esbjerg og Køge Nord-Næstved. For de øvrige strækninger bør der først udarbejdes et begrundet anlægsoverslag til forelæggelse i efteråret 2013 som angivet i Aftale om Bedre Mobilitet.

De anslåede omkostninger til VVM og videre projektering er vurderet at være 1,5-2 % af anlægssummen svarende til:

- Lunderskov-Esbjerg: 15 mio. kr.
- Køge Nord-Næstved: 12 mio. kr.
- Roskilde-Kalundborg: 17 mio. kr.
- Fredericia-Aarhus: 30 mio. kr.
- Aarhus-Aalborg: 40 mio. kr.

Disse omkostninger er medtaget i anlægsinvesteringerne angivet i tabel 1.

# 02

## Baggrund for analysen om elektrificering



I aftale om 'En grøn transportpolitik' af 29. januar 2009 er det besluttet at gennemføre en strategisk analyse af en yderligere elektrificering af banenettet. I aftale om 'Bedre Mobilitet' af 26. november 2010 fremgår det:

*"Frem til september 2011 udarbejdes en analyse af materielforudsætninger samt trafikale, miljømæssige og økonomiske aspekter af elektrificering af banenettet. På den baggrund drøfter parterne en mulig gennemførelsesplan for elektrificering i efteråret 2011. Parterne er principielt enige om at gennemføre en elektrificering af strækningen Esbjerg – Lunderskov. Der tages endelig stilling hertil i efteråret 2011.*

*Dernæst udarbejdes frem til medio 2013 anlægsoverslag på udvalgte strækninger med henblik på, at der træffes en endelig principbeslutning om elektrificering af banenettet i efteråret 2013."*

Nærværende rapport sammenfatter hovedkonklusionerne fra Banedanmarks undersøgelser vedrørende yderligere elektrificering af banenettet. Dokumentation af resultater og konklusioner fremgår af rapporterne "Strategisk analyse af elektrificering af banenettet, opgave A, analyseopgaven" samt "Strategisk analyse af elektrificering af banenettet, opgave B, begrundet anlægsoverslag, Lunderskov - Esbjerg".

I dag er fjernbanen mellem Helsingør/Øresund og Padborg/Sønderborg elektrificeret. Derudover vil den ny bane mellem København og Ringsted blive elektrificeret, ligesom strækningen fra Ringsted til Femern bliver elektrificeret som led i Femern Bælt projektet.



Det samlede banenet og de allerede elektrificerede og planlagte elektrificerede strækninger fremgår af figur 1.

- Elektrificeret og planlagt elektrificeret
- Ikke elektrificeret

**Figur 1: Elektrificerede og planlagt elektrificerede strækninger**

I europæiske lande som f.eks. Tyskland, Holland, Belgien, Sverige og Italien er intercitylinierne elektrificeret. En større del af det samlede banenet er derfor elektrificeret i disse lande end i Danmark. Storbritannien udgør her en undtagelse, idet kun en begrænset del af banenettet er elektrificeret, og situationen minder således mere om den danske. Også i Storbritannien undersøges eventuel fortsat elektrificering for tiden.

# 03

## Hvad indebærer elektrificering?



Formålet med elektrificering er at gøre det muligt at køre med elektrisk drevne tog i stedet for tog, der kører på dieselolie.

### 3.1 Fordele og ulemper ved elektrificering

Elektrificering indebærer en række fordele, hvoraf de væsentligste er:

- At jernbanen på sigt kan gøres uafhængig af fossile brændstoffer.
- Det samlede CO<sub>2</sub>-udslip i Danmark bliver reduceret, fordi elektrisk togdrift medfører en lavere CO<sub>2</sub>-udledning end dieseltogdrift ved bl.a. at kunne basere sig på vedvarende energi. Elektrificering vil betyde, at togdriftens CO<sub>2</sub>-udledning kommer ind under CO<sub>2</sub>-kvotesystemet, idet elproduktion er kvotebelagt.
- Togenes energiforbrug kan nedsættes fordi bremseenergien kan udnyttes (regenerativ bremsning)
- Eldrevet togmateriel til hastigheder over 160 km/t er billigere i anskaffelse end dieselmateriel. Det skyldes bl.a., at der er et større udvalg i allerede udviklet elektrisk togmateriel til høje hastigheder på markedet.<sup>1</sup>
- Udvalget af elektriske tog til hastigheder på 200 km/t er stort, mens der er et mindre udvalg af dieseltog til denne hastighed.
- Driftsomkostningerne for operatørerne bliver lavere.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Enhedsomkostningerne for togdrift samt togmaterielpriser er udarbejdet i forbindelse med København–Ringsted projektet (Enhedsomkostninger for togdrift, 2007). I forbindelse med nærværende projekt er enhedspriserne opdateret. DSB har bekræftet de relative forskelle på priserne for el kontra diesel



- Godstransporten understøttes ved at operatørerne har mulighed for anvendelse af el-traktion på større dele af nettet
- Udenlandske erfaringer viser, at eldrevne tog har bedre driftsstabilitet end dieseldrevne tog.
- Elektriske tog kan accelerere hurtigere end dieseltog, hvilket kan medføre kortere rejsetider særligt på baner med mange standsninger.
- Eldrevet materiel giver færre støjgener ved lave hastigheder, og lokal partikelforurening undgås.

De væsentligste ulemper ved elektrificering er:

- Der er anlægsudgifter til etablering af køreledninger, fordelingsstationer og øvrige tilhørende anlæg.
- Togtrafikken bliver mere følsom over for driftsforstyrrelser fra infrastrukturen (f.eks. nedrivning af køreledninger).
- Banenettets samlede kapitalapparat bliver større og dermed mere komplekst, hvilket fører til højere vedligeholdelsesomkostninger.
- En række banearbejder bliver vanskeligere, da der skal tages hensyn til kørestrømssystemet.
- Der tabes fleksibilitet, idet eldrevne tog kun kan køre, hvor der er kørestrøm, mens dieseldrevne tog kan køre på alle strækninger.

### 3.2 Hvad skal der til for at elektrificere?

For at gennemføre en elektrificering er det nødvendigt at udstyre banelinierne med ledninger over sporene (køreledninger), som forsyner togene med elektricitet. Dette kræver, at der er den fornødne plads (fritrum) til ledningerne. En række broer skal derfor hæves, eller banerne under dem skal sænkes. Hertil kommer, at der skal etableres transformer- og fordelingsstationer langs banelinierne, og at signalsystemer mv. skal indrettes, så de ikke bliver forstyrret af elektrisk støj fra køreledningsanlægget.

Det er kun elektriske tog, som kan udnytte elektrificeringen. Derfor er det ved en udvidelse af det elektriske net nødvendigt, at operatørerne øger beholdningen af elektrisk togmateriel. Det optimale gennemførelses-tidspunkt hænger således sammen med, hvornår de eksisterende dieseltog alligevel skal udskiftes.

### 3.3 Sammenhæng med Signalprogrammet

Elektrificering giver anledning til elektrisk støj og anden elektrisk påvirkning af de tekniske installationer langs banen, hvilket kan skabe farlige eller u hensigtsmæssige fejl. På de enkelte strækninger skal der derfor laves en beskyttelse mod disse påvirkninger. Dette kaldes immunisering.

Banedanmarks Signalprogram har til formål at foretage en udskiftning af samtlige sikrings- og liniebloklæg, fjernstyringscentraler, kommunikation langs banen på Banedanmarks net. Udskiftningen forventes at ske i perioden 2017-20 for de analyserede strækninger. Som led i udrulningen af Signalprogrammet vil de strækninger, der endnu ikke er elektrificeret, blive immuniseret.

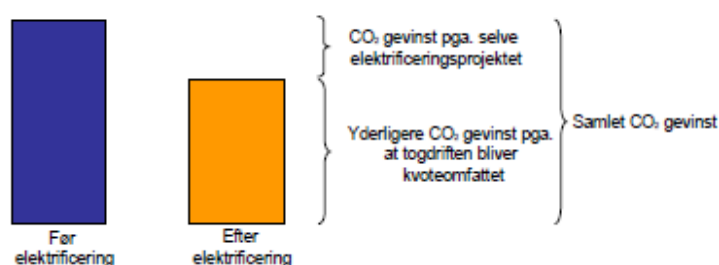
Elektrificering af en strækning før udrulning af Signalprogrammet medfører, at den pågældende strækning skal immuniseres. Det medfører meromkostninger i størrelsesordenen 25 % af de samlede anlægsomkostninger. Elektrificering har derfor den bedste økonomi, hvis den gennemføres efter Signalprogrammet.

### 3.4 Betydning for klima og miljø

Elektrisk togdrift vil have flere konsekvenser for klima og miljø.

#### *CO<sub>2</sub>-udledning*

Elmateriel har en lavere CO<sub>2</sub>-udledning end dieselmateriel. Endvidere vil elektrificering betyde, at togdriftens CO<sub>2</sub>-udledning kommer ind under CO<sub>2</sub>-kvotesystemet, idet elproduktion (i modsætning fossile brændstoffer i transportsektoren) er kvotebelagt. Den samlede CO<sub>2</sub>-udledning fra den kvotebelagte sektor kan pr. definition ikke øges. Det betyder, at virksomhederne i den kvotebelagte sektor samlet skal reducere deres CO<sub>2</sub>-udledning med en mængde svarende til togdriftens CO<sub>2</sub>-udledning efter elektrificering. Elektrificering vil medføre, at Danmarks CO<sub>2</sub>-udledning reduceres med den mængde CO<sub>2</sub>, som dieseltogdriften i dag udleder. Dette illustreres af figur 2, hvor de to søjler viser den fysiske udledning af CO<sub>2</sub> før og efter elektrificering.



**Figur 2: CO<sub>2</sub> gevinst som følge af elektrificering.**

#### *Luftforurening*

Både kørsel med el- og dieselmateriel udleder emissioner og bidrager dermed til luftforurening. Bortset fra SO<sub>2</sub> er udledningen fra dieselmateriel højere end for elektrisk materiel. Luftforureningen ved kørsel med dieseltog sker lokalt, hvor mennesker færdes, mens forureningen fra eltog vil ske i forbindelse med elproduktion, d.v.s. typisk på kraftværker og dermed regionalt.

#### *Støj*

Elektrisk materiel støjer mindre end dieselmateriel. Det gælder ved lave hastigheder, og når de holder stille på perroner, klargøringsspor mv. Det er således især naboer til stationer og terminalområder, som vil opleve færre gener ved kørsel med elektrisk materiel frem for dieselmateriel.

### *Andre effekter*

Mange ældre broer har ikke den nødvendige frihøjde til at det er muligt at etablere køreledninger. De skal derfor enten hæves eller udskiftes. Ved udskiftning af broer skal det i hvert enkelt tilfælde i samarbejde med lokale myndigheder vurderes, om broen skal genopføres på samme sted og med de samme dimensioner og aptering (f. eks. bredde og om der skal være cykelsti) eller om det er fornuftigt at foretage tilpasninger.

Etablering af køreledningsanlægget vil endvidere betyde, at der skal være en større afstand til træer. Det vil især påvirke flagermus, som har deres udbredelse langs banenettet. Køreledningsanlægget vil endvidere påvirke landskabet, idet det nye anlæg bliver noget mere fremtrædende. Kørestrømmen vil skabe et magnetfelt omkring banen. Trods mange års forskning er der endnu ikke konsensus, om magnetfelter kan udgøre en sundhedsrisiko eller ej.

På grund af de miljømæssige konsekvenser vurderes det, at elektrificering er VVM-pligtigt. Det betyder, at der skal udarbejdes en VVM redegørelse (en Vurdering af Virkninger for Miljøet), og at offentligheden skal inddrages i beslutningsprocessen, som angivet i VVM bekendtgørelsen. VVM -processen forløber som regel parallelt med den videre projektering, altså parallelt med den såkaldte programfase.

# 04

## Hvad koster det at elektrificere?



### 4.1 De analyserede strækninger

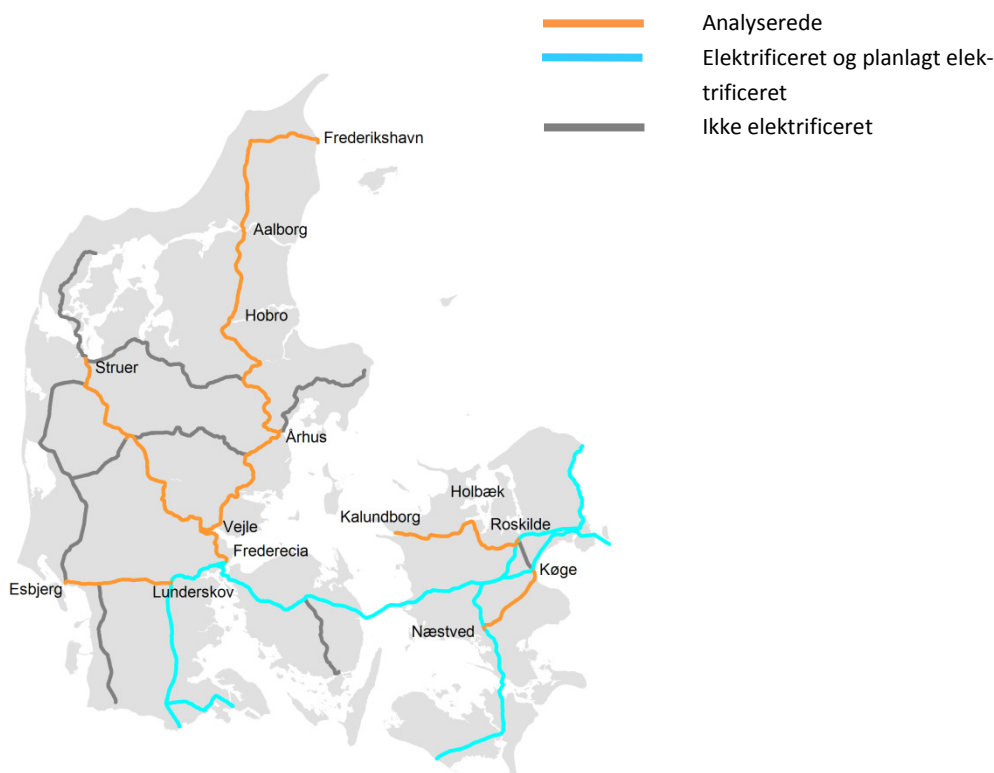
Elektrificering giver økonomisk set mest mening, når der er tilstrækkelige besparelser på indkøb af materiel og efterfølgende drift og vedligehold til at finansiere anlægsudgiften. Det betyder, at elektrificering i første række vil være relevant på stærkt trafikerede strækninger.

Fokus i denne analyse er på hovedstrækningerne og de mest trafikerede regional- og lokalbaner, som har den største trafikintensitet. Analysen viser, at det økonomisk set kun kan betale sig at elektrificere de allermest befærdede strækninger blandt disse. Økonomien i at elektrificere de endnu mindre befærdede strækninger vil være ringere, og disse strækninger indgår derfor ikke i analysen.

Det er afgørende, at elektrificering hænger sammen forstået på den måde, at nye elektrificerede strækninger skal ligge i forlængelse af allerede elektrificerede strækninger. Det giver f.eks. ikke mening at elektrificere mellem Aarhus og Aalborg, før der er elektrificeret mellem Fredericia og Aarhus.

Ved afgrænsning af elektrificeringen til Aarhus er det forudsat at tog fra København kører som el-tog med endestation i Aarhus. Passagerer til stationer nord for Aarhus skal derfor skifte tog. De får dog ikke forlænget rejsetid, idet gennemkørende tog i alle tilfælde bruger tid på at vende samt op- og nedformere i Aarhus. En driftsform, hvor tog til Aalborg fortsat køres som dieseltog helt fra København for at undgå at passagerer i Aarhus skal skifte tog, vil betyde, at kun 2 ud af 8 tog i timen på strækningen Fredericia-Aarhus anvender elektrificeringen. Med denne anvendelse vil en elektrificering til Aarhus have en meget ringe rentabilitet og være uinteressant.

De analyserede strækninger fremgår af figur 3.



**Figur 3: De analyserede strækninger**

## 4.2 Udgifter til elektrificering af strækningerne

De samlede anlægsoverslag for de analyserede strækninger fremgår af tabel 2. Det er her lagt til grund, at strækningerne bliver elektrificeret i 2022 (dvs. efter Signalprogrammet hvorved omkostningerne til immunisering spares). Dog er der for strækningen Lunderskov – Esbjerg også vist, hvad det vil koste at elektrificere i 2015, idet denne strækning allerede er delvist immuniseret. Det ses af tabellen, at anlægsudgiften pr. km varierer for de enkelte strækninger. Det skyldes, at der er forskelle på, hvor mange broer og stationer der er, om strækningen er enkelt- eller dobbeltsporet mv. Den samlede anlægsudgift for elektrificering af alle de 9 analyserede strækninger i 2022 vil være på ca. 12 mia. kr.

Anlægsoverslagene er behæftet med usikkerhed. I overensstemmelse med principperne i "Ny Anlægsbudgettering" er de tillagt 50 % for at tage højde for disse usikkerheder. I det videre arbejde vil mere detaljerede anlægsoverslag ("begrundede anlægsoverslag") blive udarbejdet for de strækninger, hvor der er politisk ønske om mere dybdegående undersøgelser.

Det skal i den forbindelse bemærkes, at omkostningerne kan blive reduceret, hvis der gennemføres samlet udbud af elektrificering af flere af de analyserede strækninger set i sammenhæng med elektrificering af Femern bælt landanlæg mellem Ringsted og Rødby og København-Ringsted.

**Tabel 2: Anlægsoverslag for elektrificering af de enkelte strækninger**

Strækning	Banelængde	Mio. kr., 2011-priser	Bemærkninger	Passagertal, 2020 mio./år
Lunderskov – Esbjerg 2022*	56	1.064	Dobbeltsporet	1,9
Lunderskov – Esbjerg, 2015*	56	1.184	Dobbeltsporet	1,9
Fredericia – Aarhus*	109	2.224	Dobbeltsporet	8,0
Aarhus-Aalborg*	140	2.663	Dobbeltsporet	3,9
Aalborg – Frederikshavn	85	1.015	Enkeltsporet	2,3
Vejle – Struer	130	1.490	Enkeltsporet	1,9
Hobro - Frederikshavn	134	1.967	Delvist dobbeltsporet	4,3
Roskilde – Holbæk*	36	699	Etableres til dobbeltspor	6,1
Holbæk – Kalundborg*	44	456	Enkeltsporet	1,5
Køge Nord – Næstved*	45	620	Enkeltsporet	3,3

Anm 1: Anlægsoverslagene for strækningen Lunderskov – Esbjerg er udført på et mere detaljeret niveau. De er således mere præcise end de øvrige overslag.

Anm 2: Passagertal er angivet som mio. passagerer pr. år på baggrund af basisprognosen. Passagertallene er vist i det maksimale snit på den strækning, der elektrificeres. For Lunderskov – Esbjerg- scenariet er tallet angivet som summen af antal rejsende på Lunderskov - Esbjerg og på Lunderskov-Padborg, idet elektrificering af Lunderskov - Esbjerg gør det muligt at køre samdrift med eltog på strækningen København-Padborg-Flensborg.

Anm 3: For strækninger markeret med \* indgår omkostninger til udarbejdelse af beslutningsgrundlag

# 05

## Hvilke strækninger kan det betale sig at elektrificere?



Da det er udgiftskrævende at elektrificere, er det vigtigt at vide, om det er samfundsøkonomisk rentabelt at elektrificere, og hvad elektrificering betyder for statskassen.

I beregningerne sammenlignes en situation, hvor der bliver elektrificeret, med en situation med fortsat dieseldrift. Hermed fås et resultat, som viser, om samfundet/statskassen samlet set vil spare ressourcer eller vil skulle bruge flere ressourcer ved at elektrificere.

### 5.1 Samfundsøkonomien i de enkelte strækninger

I den samfundsøkonomiske analyse ses konsekvenserne af elektrificering for samfundet som helhed. I beregningerne af de enkelte strækninger indgår på infrastrukturens økonomiske parametre som anlægsudgifter og vedligeholdelse af infrastrukturen. På materielens side indgår parametre som køb af materiel, drifts- og vedligeholdelsesomkostninger mv. Desuden indgår forhold som effekt af togskifte, miljø- og klimaeffekter samt skatteforvridningstab.

Med elektrificering er det potentielt muligt at opnå hurtigere acceleration og højere trækraft på stigninger. Effekten vil være særlig gunstig ved baner med mange standsninger. De potentielle fordele ved rejsetidsbesparelser er ikke medtaget i de samfundsøkonomiske beregninger.

Som grundlag for beregningerne er benyttet et køreplanseksempel for trafikeringen af Banedanmarks net i 2020, udarbejdet af Trafikstyrelsen. I køreplanseksemplet er der forsøgt taget højde for driftsudvidelser som følge af de vedtagne projekter, der forventes etableret inden 2020, f.eks. dobbeltspor Lejre-Vipperød og København-Ringsted. Der er tale om et (køreplans)eksempel, da trafikeringen af jernbanerne, fra 2020 og frem, ikke er aftalt endnu. Rentabiliteten af de enkelte elektrificeringsprojekter afhænger af den trafik der er lagt til grund for beregningerne.

Passagerudviklingen er også en vigtig forudsætning for beregningerne af forskellene i driftsudgifter. Der er derfor lavet beregninger for to situationer. Dels en basissituation, hvor prognosen er baseret på den histo-

riske passagerudvikling samt på effekten af allerede besluttede projekter, f.eks. København - Ringsted. Det giver samlet set en generel årlig stigning indtil 2020 på 1,5 % og efter 2020 med 1 %. Dels en visionsituation, hvor transportarbejdet, målt i passagerkilometer bliver fordoblet frem til 2030.

De samfundsøkonomiske resultater for alle strækningerne er sammenfattet i tabel 3. For at gøre rentabilitetsberegningerne sammenlignelige er dette sket i et fælles beregningsår 2022, velvidende at det mest hensigtsmæssige tidspunkt for gennemførelse af elektrificeringen skal afstemmes efter Signalprogrammet og det mest gunstige tidspunkt for indkøb af materiel. Der henvises til Figur 6 for en udrulningsplan, der angiver mulige etableringsår.

Beregningerne viser, hvor egnede de enkelte strækninger er til at blive elektrificeret, forudsat at der alligevel skal købes nyt materiel.

**Tabel 3: Samfundsøkonomi for de analyserede strækninger**

Strækning	Nutidsværdi, mio. kr.		Intern rente, %.	
	Basis	Vision	Basis	Vision
Fredericia – Aarhus	1.645	2.320	10,3	12,1
Aarhus–Aalborg	-608	-357	2,9	3,8
Køge Nord – Næstved	162	250	7,3	8,5
Roskilde – Holbæk – Kalundborg	246	273	6,9	7,2
Lunderskov – Esbjerg 2022	742	929	10,4	11,3
Lunderskov – Esbjerg 2015	878	1.113	8,8	9,5
Aalborg – Frederikshavn	-697	-545	-3,0	-1,1
Vejle – Struer	-598	-470	1,4	2,4
Roskilde – Holbæk	-145	15	2,5	5,3

Anm 1.: For at kunne sammenligne resultaterne tager de samfundsøkonomiske beregninger afsæt i en situation, hvor der elektrificeres i år 2022, svarende til det tidligst mulige tidspunkt efter gennemførelse af signalprogrammet. Det er endvidere forudsat i beregningerne, at der alligevel skal købes nyt materiel. For Lunderskov - Esbjerg gør sig det særlige gældende, at der vil være bedre økonomi i at elektrificere i 2015. Elektrificering på dette tidspunkt vil frigøre IC3-materiel til trafikering af øvrige strækninger. IC4-materiellet er forudsat at køre på strækningerne Fredericia – Aarhus og Aarhus – Aalborg, og elektrificering er derfor først relevant, i en situation hvor IC4-materiellet ikke kører på strækningen.

Anm 2: Den interne rente er beregnet dels med afsæt i en basissituation, der udover den generelle passagervækst er baseret på allerede besluttede projekter, dels en visionsituation, hvor transportarbejdet målt i passagerkm bliver fordoblet frem til 2030.

I de samfundsøkonomiske beregninger er der fire strækninger med en samfundsøkonomisk forrentning over 5 %, hhv.: Fredericia – Aarhus, Køge Nord – Næstved, Roskilde – Holbæk – Kalundborg og Lunderskov -



Esbjerg. Årsagen er, at elektrificering af disse strækninger giver mulighed for at køre mange elektriske tog med mange passagerer på en længere strækning, end selve den strækning der bliver elektrificeret.

- Fredericia – Aarhus. Elektrificering af strækningen giver et samfundsøkonomisk overskud i basissituation på ca. 1,6 mia. kr., svarende til en intern rente på ca. 10 %. Ved at elektrificere denne strækning på 109 km. kan man køre med elmateriel på hele den trafikerede strækning København - Aarhus, der er knap 330 km. Der er derfor store besparelser forbundet med elektrificering på det tidspunkt, hvor der skal indkøbes nyt materiel, ligesom der er væsentlige besparelser på den efterfølgende drift.
- Køge Nord – Næstved. Strækningen Køge nord – Næstved vil efter åbningen af en ny bane København – Ringsted i 2018 ændre status fra en lokalbane til en af de tunge sjællandske regionaltogslinjer. Strækningen forudsættes betjent med et nyt togsystem mellem København og Næstved via Køge, og disse tog ventes at skulle befordre mange nye passagerer - bl.a. mellem Køge og København. Der er brug for at anskaffe velegnet nyt elektrisk regionaltogsmateriel til denne trafik, hvilket er baggrunden for ønsket om en hurtig elektrificering. Elektrificering af strækningen giver et samfundsøkonomisk overskud i basissituationen på godt 160 mio. kr., hvilket svarer til en intern rente på ca. 7 %.
- Roskilde – Holbæk – Kalundborg. Elektrificering af strækningen giver et samfundsøkonomisk overskud på ca. 250 mio. kr., svarende til en intern rente på ca. 7 %. Hvis man sammenligner den forudsatte driftsmodel i en diesel og elektrisk udgave, er der alt andet lige stærke argumenter for at gennemføre elektrificering helt til Kalundborg for at undgå et ellers nødvendigt skift for 0,5 mio. passagerer om året. Samtidig vil der ikke længere være dieseldrift på Banedanmarks (og DSB's) sjællandske strækninger til/fra København<sup>2</sup>, hvilket betyder at vedligehold mv. af togene bliver billigere.
- Lunderskov – Esbjerg. Ved elektrificering i 2015 bliver anlægsudgiften højere på grund af ekstra udgifter til immunisering før Signalprogrammets gennemførelse. Driftsbesparelserne er imidlertid så store, at det giver et samfundsøkonomisk overskud på knap 900 mio. kr. i basissituationen at elektrificere i 2015. Ved elektrificering i 2022 er det samlede overskud godt 600 mio. kr., og det kan derfor bedst betale sig at elektrificere i 2015. Såfremt Signalprogrammet skal afventes, kan elektrificering tidligst gennemføres i 2020.

Passagertallet er noget mindre mellem Lunderskov og Esbjerg end på de tre øvrige strækninger. Ved at elektrificere mellem Lunderskov og Esbjerg, kan man imidlertid køre med elektrisk materiel på hele stræk-

---

<sup>2</sup> Det forudsættes her, at strækningen Roskilde – Køge drives sammen med Østbanen.

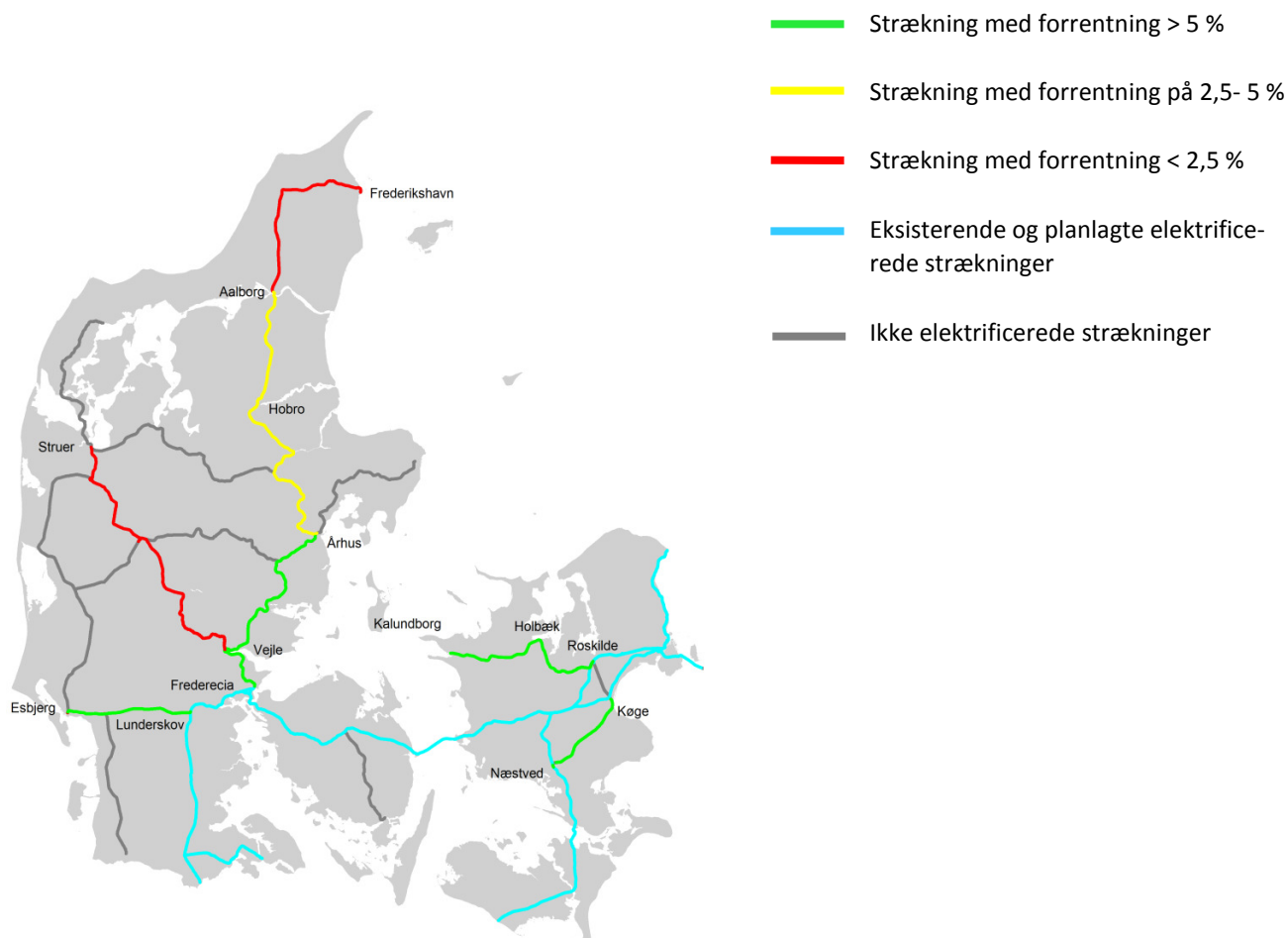
ningen København - Esbjerg samt i samdrift mellem København og Flensborg via Padborg. Forudsætningen om direkte togforbindelse mellem København og Esbjerg er selvsagt vigtig for denne konklusion. Såfremt strækningen Fredericia – Aarhus også elektrificeres, er det endvidere muligt at indsætte eltog mellem Aarhus og Esbjerg.

Aarhus-Aalborg er ligeledes interessant set i sammenhæng med planerne om en timemodel. Elektrificering af strækningen har en forrentning på 2,9 %. Ved at elektrificere denne strækning på 140 km. kan man køre med elmateriel på hele den trafikerede strækning København – Aarhus - Aalborg, der er knap 470 km og der undgås et togskifte for gennemrejsende passagerer.

De øvrige strækninger er mindre attraktive set fra en samfundsøkonomisk vinkel. Det skyldes især, at passagergrundlaget ikke er stort, samt at strækningerne er forholdsvis lange. Det drejer sig om strækningerne:

- Aalborg – Frederikshavn. Denne strækning er 85 km, og passagergrundlaget er mindre end på strækningen Aarhus – Aalborg. Elektrificering af strækningen giver et samfundsøkonomisk underskud på ca. 0,7 mia. kr.
- Vejle – Struer. Samfundsøkonomisk giver denne strækning anledning til at underskud på ca. 0,5 mia. kr. Det skyldes, at passagertallet er beskedent, og at strækningen er 130 km.

Vedrørende elektrificering af Aalborg - Frederikshavn samt Vejle – Struer hører det med i billedet, at det i beregningerne er forudsat, at alle rejsende skal skifte tog i hhv. Aalborg og Vejle, uanset om der elektrificeres.



**Figur 4: Den samfundsøkonomiske rentabilitet af de analyserede strækninger vist sammen med allerede elektrificerede strækninger, Femern og København-Ringsted**

Selvom samfundsøkonomien er bedre i visionsituationen, er det ikke nok til, at resultaterne ændrer sig væsentligt. Den kvalitative konklusion for de analyserede strækninger er således den samme i visionsituationen som i basissituationen.

## 5.2 Statskaseeffekt af de enkelte strækninger

Udover at se på de samfundsøkonomiske konsekvenser som følge af elektrificering af de enkelte strækninger, kan det også være interessant at se på de økonomiske følger for statens økonomi.

Statskassen vil få en udgift i forbindelse med etablering og drift af kørestrømsanlægget. Desuden mistes i visse tilfælde billetindtægter pga. passagerfracald som følge af togskifte. Samtidig vil elektrificering medføre besparelser, da elektriske tog forudsættes billigere at anskaffe, vedligeholde og drive end dieseltog.

Ligesom i den samfundsøkonomiske analyse er statskaseffekten beregnet – jf. tabel 4. Dette er sket under forudsætning af, at alle strækninger elektrificeres i beregningsåret 2022, velvidende at den mest hensigtsmæssige udrulningsplan skal afstemmes efter tidspunktet for indkøb af nyt materiel. Der henvises til afsnit 6 hvor mulige etableringsår er vurderet.

**Tabel 4: Statskaseffekten for de analyserede strækninger.**

Strækning	Nutidsværdi, mio. kr.		Intern rente, %.	
	Basis	Vision	Basis	Vision
Fredericia – Aarhus	1.452	2.169	8,3	10,2
Aarhus-Aalborg	-557	-457	1,3	1,7
Roskilde – Holbæk	240	420	6,4	8,5
Roskilde – Holbæk - Kalundborg	158	251	4,8	5,6
Køge Nord – Næstved	155	229	5,8	6,8
Lunderskov – Esbjerg 2022	663	828	8,5	9,3
Lunderskov – Esbjerg 2015	770	991	7,3	8,0
Aalborg – Frederikshavn	-597	-460	-6,0	-3,1
Vejle – Struer	-398	-262	0,8	1,9

Anm.: For alle strækninger er beregningerne lavet med udgangspunkt i, at der bliver elektrificeret i 2022, og at der alligevel skal købes nyt materiel. For Lunderskov - Esbjerg er beregningen dog også lavet ved elektrificering i 2015.

De strækninger, der har en positiv virkning på statskassen, er:

- Fredericia – Aarhus
- Roskilde-Holbæk
- Roskilde – Kalundborg
- Køge Nord – Næstved
- Lunderskov - Esbjerg

Ligesom i den samfundsøkonomiske analyse giver strækningen Lunderskov – Esbjerg et større overskud, hvis der bliver elektrificeret i 2015 frem for i 2022.

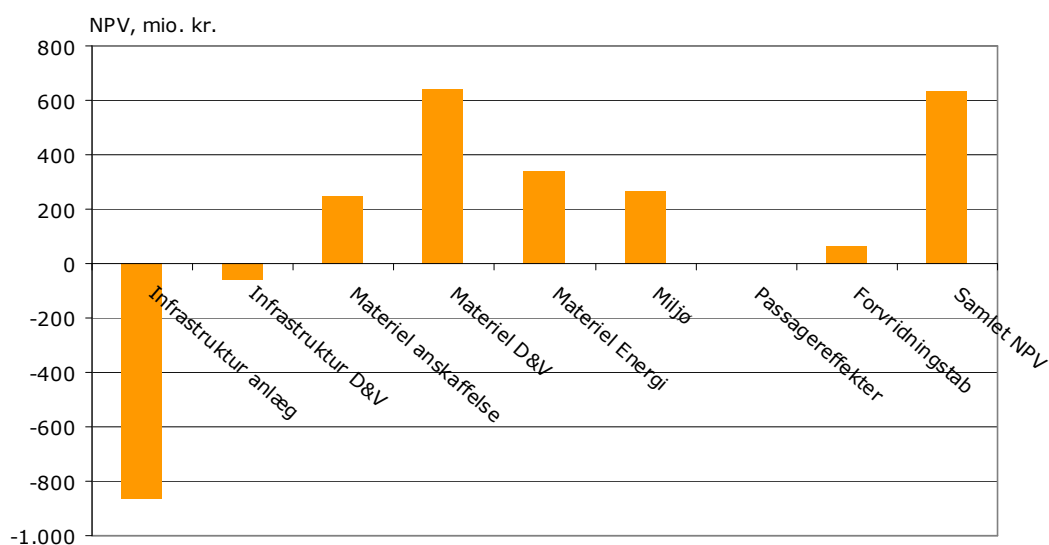
Opdelingen af strækningerne efter statskaseffekten er stort set den samme som i den samfundsøkonomiske analyse. Dog kan det ud fra en statskasevinkel kun betale sig at elektrificere fra Roskilde til Holbæk, og ikke at fortsætte elektrificeringen fra Holbæk til Kalundborg. Hele strækningen Roskilde – Kalundborg giver dog et samlet overskud, da overskuddet for strækningen Roskilde – Holbæk er større end underskuddet for Holbæk – Kalundborg

Ligesom i den samfundsøkonomiske analyse opnås der bedre økonomi i visionssituationen.

### 5.3 Hvad driver de økonomiske resultater?

I analyserne af samfundsøkonomien og statskasseseffekterne indgår en lang række parametre. Størrelsesordenen af de forskellige parametre fremgår af figur 5, hvor der ses konkret på strækningen Lunderskov - Esbjerg. Den tilsvarende figur for de andre strækninger vil vise et lignende billede. Figuren viser forskellen mellem fortsat dieseldrift og gennemførelse af elektrificering (opgjort i nutidsværdier). En positiv nutidsværdi betyder, at elektrificering er billigere end fortsat dieseldrift. En negativ nutidsværdi betyder, at det vil være billigere at fortsætte som i dag med dieseldrift.

Det ses, at anlægsudgiften er den dominerende post på udgiftssiden, mens billigere materiel og især lavere driftsomkostninger er dominerende på indtægtssiden. Øvrige poster som passagerfracald, skatteforvriddningstab, drift af infrastrukturen mv. har alle relativt mindre betydning.



**Figur 5. Nutidsværdier for de enkelte parametre på strækningen Lunderskov - Esbjerg ved elektrificering i 2022.**

Figur 5 illustrerer således også, at det overordnet set er afgørende for de økonomiske resultater, om anlægsudgifterne til etablering af køreledningerne kan finansieres af lavere omkostninger efterfølgende. For de analyserede strækninger er der tre afgørende forudsætninger bag de økonomiske beregninger. Det drejer sig om:

1. Elmateriel til hastigheder over 160 km/t er billigere at anskaffe end tilsvarende dieselmateriel som angivet i afsnit 3.1. Konkret er det vurderet, at elmateriel er 15 % billigere.<sup>3</sup>
2. Drift og vedligehold af elmateriel er billigere end for dieselmateriel. Der er her regnet med, at vedligeholdelsesomkostningerne for elektrisk materiel er 2/3 af de tilsvarende omkostninger for dieselmateriel. Hovedårsagen hertil er, at dieselmateriel teknisk set er mere kompliceret end sammenligneligt elektrisk materiel. Hertil kommer, at elektrisk materiel endvidere har et lavere energiforbrug.
3. DSB mangler materiel i dag og kommer til at mangle yderligere materiel i de kommende år. DSB skal derfor under alle omstændigheder købe nye tog. Det betyder, at fordelene ved lavere udgifter til køb af nye tog umiddelbart kan realiseres, hvis der bliver elektrificeret. Tænker man sig i stedet en situation, hvor det eksisterende dieselmateriel kan holde mange år endnu, vil denne besparelse komme langt senere, eller man vil skulle afskrive på både de eksisterende og de nye tog. Dette vil reducere rentabiliteten ved at elektrificere.

Spørgsmålet om materiel hænger i det hele taget tæt sammen med elektrificering. Det er økonomisk set mest rentabelt at elektrificere på tidspunkter, hvor man alligevel skal købe nyt materiel. I de kommende år er man i en sådan situation. IC3-togene er fra perioden 1989 til 1998 og med en forventet levetid på ca. 30 år, skal de udskiftes fra ca. 2020 og frem.

Dette betyder også, at hvis man vælger at anskaffe yderligere dieselmateriel, skal dette anvendes i de kommende ca. 30 år. I den situation vil det ikke være relevant at overveje elektrificering i de kommende mange år.

Det skal bemærkes, at det med elektrificering er teknisk muligt at opnå hurtigere acceleration og højere trækraft på stigninger. Effekten vil være særlig gunstig ved baner med mange standsninger. De potentielle fordele ved rejsetidsbesparelser er ikke medtaget i de samfundsøkonomiske beregninger. I passagereffekterne indgår kun værdisætning af gener forbundet med skift af tog, på de strækninger hvor det er relevant.

#### **5.4 Sammenhæng til IC4**

Det er i denne analyse lagt til grund, at IC4-togene bliver leveret og sat i drift som planlagt. Konkret betyder det, at IC4-togene ventes indsat på strækningen Aalborg – Aarhus – København, og at denne strækning således vil blive betjent af nyt IC4-materiel i mange år fremover. Det betyder, at det først er relevant at overveje at elektrificere strækningerne Fredericia – Aarhus og Aarhus – Aalborg på et senere tidspunkt. Det

---

<sup>3</sup> DSBs erfaringer understøtter de relative forskelle mellem el- og dieselmateriel i omkostninger til indkøb og efterfølgende drift og vedligehold

kan være når IC4-togene er teknisk afskrevet, eller hvis IC4-togene på et tidspunkt bliver anvendt på nogle af Banedanmarks mindre strækninger.

Skulle det vise sig, at IC4-togene ikke bliver leveret som planlagt pt. eller de ikke opnår den nødvendige funktionalitet til indsættelse i fjerntrafikken, er situationen en anden. I givet fald vil DSB mangle materiel på strækningerne Fredericia – Aarhus og Aarhus – Aalborg i løbet af en kort årrække, og elektrificering af disse strækninger kan dermed hurtigere blive aktuel. Situationen vedrørende IC4 er derfor en væsentlig usikkerhedsfaktor for den optimale gennemførelsesplan for elektrificeringen, for så vidt angår strækningerne Fredericia – Aarhus og Aarhus – Aalborg. For øvrige strækninger, hvor elektrificering er vurderet rentabelt, er behovet for nyanskaffelse af materiel med den nuværende og forventede efterspørgsel så stort, at de ikke er påvirket af IC4-problemstillingen.

## **5.5 Følsomhedsanalyser og usikkerheder**

Alle indtægter og udgifter i analysen er behæftet med usikkerhed. Det skal især ses på baggrund af, at mange af beløbene er vurderet over en meget lang tidshorizont. Resultaterne skal derfor snarere opfattes som indikationer på nogle størrelsesordener end som meget eksakte resultater med ”to streger under”.

Det hører dog med i det samlede billede, at alle tal ikke er lige usikre. Anlægsoverslagene er baseret på erfaringstal fra lignende projekter, hvortil kommer, at elektrificering er en velkendt og forholdsvis enkel teknologi. Anlægsoverslagene må derfor betegnes som forholdsvis sikre. Det gælder især anlægsoverslaget for strækningen Lunderskov - Esbjerg, som er udarbejdet som ”begrundet anlægsoverslag” og således lavet på et mere detaljeret niveau. De forventede besparelser på køb af materiel og den efterfølgende drift er mere usikre.

De gennemførte følsomhedsberegninger for de vigtigste parametre viser, at de økonomiske resultater for både de rentable strækninger og for de ikke rentable strækninger er forholdsvis robuste. Der skal således ændres en del på parametrene, for at konklusionerne ændrer sig.

Følsomhedsberegningerne ændrer således ikke ved den overordnede konklusion om hvilke strækninger, der er økonomisk attraktive, og hvilke der ikke er.

# 06

## Hvornår kan en elektrificering gennemføres?



Skal en elektrificering gennemføres, er det vigtigt at fastlægge, hvornår de enkelte strækninger skal elektrificeres, hvilket i praksis hænger sammen med tidspunktet for indkøb af nyt materiel.

Analyserne tager som allerede nævnt udgangspunkt i, at der bliver elektrificeret i 2022 og at der skal købes nyt materiel. I praksis vil tidsplanen for en elektrificering dog skulle planlægges mere detaljeret.

Hvis strækningerne Køge Nord – Næstved og Roskilde – Kalundborg bliver elektrificeret ca. 1 år efter Signalprogrammet er gennemført på disse strækninger, passer det med, at der alligevel skal købes nyt materiel på det tidspunkt.

Vedrørende Lunderskov – Esbjerg fås en lidt bedre økonomi ved at elektrificere i 2015 frem for i 2022, også selvom det indebærer ekstraudgifter til immunisering. Det skyldes hovedsageligt, at der er store driftsbesparelser ved hurtig elektrificering.

For Fredericia – Aarhus og Aarhus-Aalborg forholder det sig anderledes, da det her er forudsat, at det nye IC4-materiel skal køre på disse strækninger. Det er derfor mest hensigtsmæssigt at vente med at elektrificere til IC4-materiellet skal skiftes ud. Såfremt IC4-togene ikke leveres, kan elektrificering af disse strækninger hurtigere blive aktuel, idet antallet af passagerer allerede i dag overstiger kapaciteten i DSB's materiel. I denne situation skal gennemførelsen således alene afstemmes efter signalprogrammet som angivet i figur 6.

Beslutning om gennemførelse af elektrificering Lunderskov – Esbjerg, Køge Nord – Næstved og Roskilde – Kalundborg kan træffes på det nuværende grundlag. En beslutning af det rigtige tidspunkt for elektrificering mod Aarhus og evt. Aalborg kan med fordel træffes i løbet af nogle år, når den realiserede trafikudvikling og materielsituationen er afklaret.





**Figur 6: Tidligst mulig gennemførelse af elektrificering**

Anm. 1 til figur: For strækningerne er angivet det tidligst mulige tidspunkt for gennemførelse afstemt efter udrulning af signalprogrammet. For Lunderskov-Esbjerg er angivet et tidligere ibrugtagningsår, idet strækningen er delvist immuniseret.

For Lunderskov - Esbjerg kan projektering og VVM igangsættes umiddelbart efter en eventuel beslutning, som nævnt i 'Aftale om Bedre Mobilitet', idet der som en del af nærværende rapport leveres et begrundet anlægsoverslag for elektrificering af strækningen hhv. før og efter signalprogrammet.

For de øvrige strækninger er der i princippet to muligheder afhængigt af, hvor hurtigt elektrificeringen ønskes gennemført:

- 1) Som forudsat i Aftale om Bedre Mobilitet udarbejdes begrundede anlægsoverslag for de strækninger, der måtte blive prioriteret politisk, med henblik på fremlæggelse til de politiske forhandlinger i 2013. Efterfølgende foretages projektering og VVM.

- 2) Det begrundende anlægsoverslag indgår i projekteringen inklusiv VVM, som derfor igangsættes umiddelbart.

En umiddelbar igangsætning af videre projektering og VVM kan være relevant på strækningen Køge Nord - Næstved, hvor elektrificering vil være mulig allerede i 2018 som følge af tidlig udrulning af signalprogrammet.

Omkostningerne til videre projektering på programfaseniveau, inklusiv VVM, vil naturligvis afhænge af de enkelte strækningers længde og de omgivelser banerne gennemløber. Niveauet vurderes at være i størrelsesorden 1-2 % af anlægssummen. For de rentable strækninger svarer det til beløbene vist i tabellen nedenfor.

**Tabel 5: Omkostninger til VVM og videre projektering**

<b>Strækning</b>	<b>Anslåede omkostninger til VVM og videre projektering, mio. kr.</b>
Lunderskov – Esbjerg	15
Køge Nord – Næstved	12
Roskilde – Kalundborg	17
Fredericia – Aarhus	30
Aarhus – Aalborg	40