

Konfidentiel

Signalanalysen

København, 5. september 2006

Til:



Amerika Plads 15
2100 København Ø
Danmark

Fra:

Booz | Allen | Hamilton

BAH Ltd.
7 Savoy Court, Strand
London WC2R 0JP

Denne rapport er udarbejdet af Booz Allen Hamilton Ltd. ("Booz Allen") på foranledning af Banedanmark. Banedanmarks ret til at råde over indholdet er beskrevet i kontraktens punkt 10. Ophavsret.

Rapporten bygger på oplysninger og informationer modtaget fra Banedanmark og fra andre kilder som vurderes at være troværdige. Markedsanalyser og beregninger repræsenterer Booz Allens bedømmelser baseret på de citerede datakilder, og er derfor afhængige af troværdigheden af de forudsætninger disse repræsenterer. Alle estimer og beregninger indeholder elementer af subjektive beregninger og analyser. Booz Allen tror på, at de vurderinger og antagelser rapporten indeholder, er sagligt begrundede, og at alle vurderinger og analyser er foretaget på et professionelt fundament. Det hindrer ikke, at den faktiske fremtid kan resultere i afvigelser i forhold til estimer og beregninger. Booz Allen indestår derfor ikke for at opstillede mål kan nåes.

Med de undtagelser, der er beskrevet i kontraktens punkt 10, er rapporten udelukkende til brug for Banedanmarks anvendelse. Booz Allen har dog i tillæg hertil accepteret, at Transport- og Energiministeriet modtager og anvender rapporten i sin helhed. Booz Allens ansvar er begrænset som fastlagt i kontraktens punkt 12. Dette ansvar kan alene påberåbes af Banedanmark. Booz Allen har intet ansvar overfor andre end Banedanmark, og ingen tredjemand, som måtte støtte sig til rapporten kan således gøre krav gældende overfor Booz Allen uanset på hvilket grundlag.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	INTRODUKTION	9
1.1	BAGGRUND.....	9
1.2	FORMÅL OG METODEVÆRKTØJ	10
1.3	STRUKTUR.....	11
2	SIGNALANALYSENS BAGGRUND	15
2.1	INTRODUKTION.....	15
2.2	FORUDSÆTNINGER	15
2.3	FINANSIEL BEVILLINGSRAMME FOR 2007- 2014	16
2.4	SIKRINGSANLÆGGENES INSTALLATIONSÅR	17
2.5	KANALREGULARITETEN OG SIGNALFEJL PÅ FJERNBANEN OG S-BANEN	18
2.6	AKTIVITETSNIVEAU FOR PERIODEN 2000 - 2014	26
3	TILSTANDSVURDERING	28
3.1	INTRODUKTION.....	28
3.2	OVERSIGT OVER SIGNALINFRASTRUKTUREN.....	29
3.3	ANALYSEPROCES OG -METODE	29
3.4	OVERORDNET TILSTANDSVURDERING	33
3.5	ESTIMERET LEVETID	36
3.6	ESTIMERET UDSKIFTNINGSTAKT	38
4	BEREGNINGSMÆSSIGE FORUDSÆTNINGER.....	41
4.1	INTRODUKTION.....	41
4.2	FORUDSÆTNINGER FOR UDARBEJDELSEN AF INVESTERINGSPLANERNE	42
4.2.1	<i>Generelle forudsætninger</i>	<i>42</i>
4.2.2	<i>Udskiftning af ATC og introduktion af ERTMS</i>	<i>44</i>
4.2.3	<i>GSM-R voice radio system og data kommunikation.....</i>	<i>46</i>
4.2.4	<i>Grænseflade til Øresundsforbindelsen</i>	<i>47</i>
4.2.5	<i>København - Ringsted</i>	<i>47</i>
4.2.5.1	<i>København – Ringsted ny jernbane linje</i>	<i>47</i>
4.2.5.2	<i>København – Ringsted femte spor.....</i>	<i>48</i>
4.2.6	<i>Krav om interoperabilitet for togkontrollsystemet.....</i>	<i>48</i>
4.2.7	<i>Trafikstyring.....</i>	<i>49</i>

4.2.8	<i>Sikkerhed</i>	50
4.2.9	<i>Migrationsplaner</i>	50
4.2.10	<i>Installation af ERTMS på det rullende materiel</i>	51
4.2.11	<i>Signalreglement</i>	53
4.2.12	<i>Specifikke forudsætninger under strategi 1</i>	53
4.2.13	<i>Specifikke forudsætninger under strategierne 2a og 2b</i>	54
4.2.14	<i>Specifikke forudsætninger under strategi 3</i>	56
4.2.15	<i>Specifikke forudsætninger for S-banen</i>	57
4.2.16	<i>Opsummering</i>	58
4.3	PRÆSENTATION AF RESULTATERNE	60
4.4	FORUDSÆTNINGER FOR DEN SAMFUNDSØKONOMISKE ANALYSE	60
4.5	EKSEMPEL PÅ FASTHOLDT BEVILLINGSRAMME	62
4.5.1	<i>Forudsætninger</i>	62
4.5.2	<i>Resultater</i>	63
5	RESULTATER.....	67
5.1	INTRODUKTION.....	67
5.2	STRATEGI 1 (LØBENDE FORNYELSE).....	68
5.2.1	<i>Investeringsprofil</i>	68
5.2.2	<i>Omkostninger</i>	70
5.2.3	<i>Kanalregularitet</i>	72
5.2.4	<i>Samfundsøkonomisk effekt</i>	74
5.3	STRATEGI 2A (INTENSIVERET FORNYELSE MED SAMFUNDSØKONOMISK OPTIMERING).....	74
5.3.1	<i>Investeringsprofil</i>	74
5.3.2	<i>Omkostninger</i>	77
5.3.3	<i>Regularitet</i>	79
5.3.4	<i>Samfundsøkonomisk effekt</i>	80
5.4	STRATEGI 2B (INTENSIVERET FORNYELSE MED MAKSIMERING AF KANALREGULARITETEN)	83
5.4.1	<i>Investeringsprofil</i>	83
5.4.2	<i>Omkostninger</i>	86
5.4.3	<i>Regularitet</i>	89
5.4.4	<i>Samfundsøkonomisk effekt</i>	90

5.5	STRATEGI 3 (UDSKIFTNING)	92
5.5.1	<i>Investeringsprofil</i>	92
5.5.2	<i>Omkostninger</i>	97
5.5.3	<i>Regularitet</i>	100
5.5.4	<i>Samfundsøkonomisk effekt</i>	101
5.6	FINANSIERING, INDKØB OG ORGANISATION	103
5.6.1	<i>Finansiering</i>	103
5.6.2	<i>Indkøb</i>	106
5.6.3	<i>Projektorganisation i forbindelse med gennemførelsen af strategi 3</i>	108
5.7	RISIKOANALYSE	109
5.7.1	<i>Identifikation af risici</i>	109
5.7.2	<i>Kvantificering</i>	110
5.7.3	<i>Overordnet konsekvensvurdering af investeringsstrategierne</i>	113
5.7.3.1	<i>Strategi 1</i>	113
5.7.3.2	<i>Strategi 2a</i>	114
5.7.3.3	<i>Strategi 2b</i>	114
5.7.3.4	<i>Strategi 3</i>	115
5.8	OPSUMMERING OG SAMMENLIGNING AF RESULTATERNE	116
5.9	KVALITATIVE FORHOLD.....	118
5.10	FØLSOMHEDSSANALYSE	120
5.10.1	<i>Kalkulationsrente på 3,5 pct.</i>	120
5.10.2	<i>Ingen real vækst i brugernes tidsværdier og ingen vækst</i>	122
5.10.3	<i>Sikkerhedsfordele og operatørgevinster</i>	123
5.10.4	<i>Risikoværdier ved 80 pct. fraktilen</i>	125
6	KONKLUSION.....	127

GLOSELISTE

ORD	BESKRIVELSE
Arriva	Leverandør af togkørsel i Midt- og Vestjylland.
ATC	Forkortelse for Automatic Train Control. Anlægget sikrer mod utilsigtet hastighedsoverskridelse og utilsigtet passage af et signal i stop.
Banestyregruppen	Styregruppe med repræsentanter fra Transport- og Energiministeriet, Finansministeriet, Trafikstyrelsen, Banedanmark og DSB.
Benefitmodel	Model udviklet af TetraPlan for Banedanmark til brug ved samfundsøkonomiske konsekvensberegninger af kanalregularitetsforbedringer. Benefitmodellen opgør den samfundsøkonomiske gevinst for passagererne ved en given forbedring af kanalregulariteten på en strækning.
CTC-system	System anvendt til fjernstyring (Central Traffic Control).
Designlevetid	Krav til levetid, som leverandøren har anvendt under udvikling og projekteringsarbejdet.
Efterslæb	Aktiver for hvilke en udskiftning er tilrådelig under henvisning til tekniske og/eller økonomiske kriterier.
Eksternt udstyr	Udstyr der har grænseflader til jernbanenettet og er placeret tæt ved spor såsom signaler, sporskiftedrev, overkørselsanlæg, togdetekteringsudstyr og ATC.
ERTMS	Teknisk set består ERTMS – European Rail Traffic Management System – af to sammenhængende dele: • En togstyrings-, sikrings- og signaldel, som benævnes ETCS (European Train Control System). Denne del består af hhv. en mobil del (omfatter udstyr i det rullende materiel) og en fast del (består af udstyr i jernbaneinfrastrukturen). • En digital radiokommunikationsdel, som benævnes GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway), bygget på standarderne fra det offentlige GSM. GSM-R omfatter både udstyr i det rullende materiel og fast strækingsudstyr. Et komplet GSM-R består af to moduler bestående af voice only (ETCS niveau 1 benytter kun voice-modulet) og data (Transmission af kørevejsinformationer til ETCS niveau 2, der også bruger voice-modulet til samtaler). ERTMS består således af ETCS (togkontrolsystemet) samt GSM-R (kommunikationssystemet). I rapporten har Booz Allen valgt at anvende ERTMS som en generel betegnelse for dette system.
Faktorpriser	Priser (omkostninger) uden afgifter. Faktorpriser omregnes til markedspriser ved anvendelse af nettoafgiftsfaktoren.
Fejlkonsekvensmodel	Fejlfrekvensmodellen anvendes til beregning af kanalregulariteten.
Fjernstyringsanlæg	Fra ét fjernstyringsanlæg kan en fjernstyringsleder betjene en række stationers sikringsanlæg.
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway.
GSM-R data	GSM-R med datatransmission.
GSM-R voice	GSM-R med togradio system.
Omkostnings- og	Omkostnings- og fejlestimeringsmodellen anvendes til at fremskrive

fejlestimeringsmodel	omkostningerne til fornyelse, vedligeholdelse og trafikstyring samt antallet af signalfejl.
Interoperabilitet	Danmark har, som de øvrige EU-medlemslande, tiltrådt direktiv 96/48 om interoperabilitet for højhastighedsbaner og -tog, som skal medvirke til at fremme en bedre udnyttelse af jernbanerne. Dermed har Danmark principielt forpligtet sig til at følge intentionerne, forretningsgangene og de europæiske tekniske standarder i direktivet og de tilhørende TSI (Tekniske Specifikationer for Interoperabilitet) ved nyanlæg og større opgraderinger af banerne på det transeuropæiske net (TEN-nettet). Interoperabilitetsdirektivet har to mål. Det ene er at gøre det muligt for operatører at køre med et standardudrustet tog på flere landes jernbanestrækninger. Det andet er at åbne markedet blandt leverandører af teknisk udstyr, således at dette fremover kan anskaffes i konkurrence, baseret på EU-udbud, bilagt de tekniske specifikationer.
Internt udstyr	Udstyr der er placeret centralt såsom relæsystemer eller computere til sikringsanlæg, linjeblok og CTC-systemer.
Kanalregularitet	Et mål for den rettidighed som Banedanmark garanterer over for operatøren. Der måles på antal påvirkede tog, som kan henføres til forhold, hvor Banedanmark er ansvarlig.
Levetiden	Den estimerede levetid er defineret som det tidspunkt, hvor man kan registrere at et aktiv over en given periode (år) begynder at fejle hyppigere pga. alder, og det dermed bliver mere omkostningseffektivt at udskifte aktivet end at vedligeholde det.
Linjeblokanlæg	Anlæg, der sikrer togenes kørsel mellem stationerne ved hjælp af signaler.
Livscyklusomkostninger	Summen af anlægsprisen plus vedligeholdelsesomkostningerne henover en realistisk levetid for aktivet.
Maksimal levetid	Den maksimale levetid er defineret som det tidspunkt, hvor jernbanen bliver lukket pga. sikkerhedsmæssige forhold, der relaterer sig til alderen af det pågældende aktiv.
Markedspriser	De priser forbrugerne betaler inkl. alle normale skatter og afgifter. I forbindelse med den samfundsøkonomiske analyse tillægges alle omkostninger nettoafgiftsfaktoren, således at de kan sammenlignes med brugergevinsterne.
Mekanisk sikringsanlæg	Sikringsanlæg, hvor de centrale sikkerhedsfunktioner udføres af mekaniske dele.
Nettoafgiftsfaktoren	Nettoafgiftsfaktoren udtrykker med andre ord det gennemsnitlige afgiftstryk i samfundet, og anvendes såfremt faktorpriser uden afgifter skal omregnes til markedspriser inkl. afgifter.
Nettonutidsværdi	Nettonutidsværdien (NNV) er den nutidige værdi af en række fremtidige betalinger (indtægter og udgifter), når man tilbagediskonterer med en given kalkulationsrentefod.
Overkørselsanlæg	Anlæg der adviserer krydsende vejtrafik om det er sikkert at passere sporet.
Railion	Leverandør af godstransport.
Restlevetid	Tid (år) indtil et givent system bør udskiftes ud fra tekniske og økonomiske betragtninger (levetid minus alder).
Risikomodel	Risikomodellen foretager en kvantificering af de risici, der er blevet identificeret som værende hændelser, der kan påvirke omkostninger, tidsplan, kanalregularitet, besparelser, sikkerhed og omdømme mv. i

	forbindelse med projektgennemførelsen.
Rullende materiel	Passagerer- og godstog.
Signalanlæg	Generel betegnelse for linjeblokanlæg og sikringsanlæg.
Sikringsanlæg	Anlæg på en station der har til formål at sikre tog mod sammenstød og afsporing. Sikringsanlæg sikrer, at der på et givent stykke spor kun befinder sig et tog af gangen gennem styring af signaler og sporskiftet.
Skatteforvridende effekt	Udtrykker det forhold, at såfremt investeringer skattefinansieres medfører det et dødvægtstab i økonomien, som er større end selve skatteprovenuet.
STM	Specific Transmission Module der muliggør kommunikation mellem rullende materiel med ERTMS-udstyr monteret og infrastruktur med det eksisterende togkontrolanlæg (ATC) monteret.
Togdetekteringssystem	Udstyr der detekterer og lokaliserer tog på spornettet.
Vedligehold	Løbende udbedring af slid og skader på anlægsaktiver samt udskiftning af komponenter, så et givent anlæg bibeholder sin funktionelle tilstand.

1 INTRODUKTION

1.1 Baggrund

Signalanalysen tager udgangspunkt i den politiske genforhandling af Trafikaftalen af 4. november 2003 for perioden 2007 - 2014 for så vidt angår signalanlæg. Med baggrund i genforhandlingen har Transport- og Energiministeren bedt Banedanmark om, at der gennemføres en analyse af den mest hensigtsmæssige reinvestering i signalsystemet. Signalanalysen skal omfatte en analyse og vurdering af investeringsbehov og risikomomenter samt konsekvenser for regularitet og driftsøkonomi. Endvidere skal der opstilles en plan for implementering af europæiske krav vedrørende togkontrol.

Til udarbejdelsen af denne analyse har Banedanmark søgt uafhængig bistand fra Booz Allen Hamilton (Booz Allen), som er en international strategi- og teknologikonsulentvirksomhed. Booz Allen har samarbejdet med Banedanmark omkring gennemførelsen af analysen, men har samtidigt sikret at analysen repræsenterer Booz Allens uafhængige og ligeværdige vurdering af tre signalstrategier. Disse har Banedanmark defineret i samråd med Transport- og Energiministeriet med udgangspunkt i notatet 'Projektgrundlag for signalanalysen' af 8. december 2005. Forudsætninger og de endelige definitioner af de forskellige investeringsstrategier for signalområdet har løbende været diskuteret med Banestyregruppen. Denne har repræsentanter fra Transport- og Energiministeriet, Finansministeriet, Trafikstyrelsen, Banedanmark og DSB.

Banedanmark har de seneste år foretaget et antal analyser relateret til signalområdet. Drivkraften bag arbejdet har været en forringet kanalregularitet og en antagelse om, at dette er foranlediget af et stadig stigende efterslæb af fornyelses- og vedligeholdelsesaktiviteter. Den umiddelbare interesse har været samlet omkring muligheden for at gennemføre en total fornyelse af signalanlæggene. Det er dog blevet tydeliggjort, at det ikke er muligt at gennemføre en total udskiftning indenfor den bevillingsramme, der er fastsat for de næste otte år. Hovedformålet er derfor at få en mere detaljeret forståelse af den eksisterende situation, samt et overblik over de væsentligste muligheder og risici forbundet med fremtidige investeringer på signalområdet.

Banedanmark foretager samtidig yderligere analyser indenfor bl.a. sporområdet som en del af Trafikaftaleprojektet. Indeværende rapport er på et overordnet niveau koordineret med hele Trafikaftaleprojektet, således at relevante forudsætninger for Signalanalysen generelt er i overensstemmelse med det øvrige arbejde.

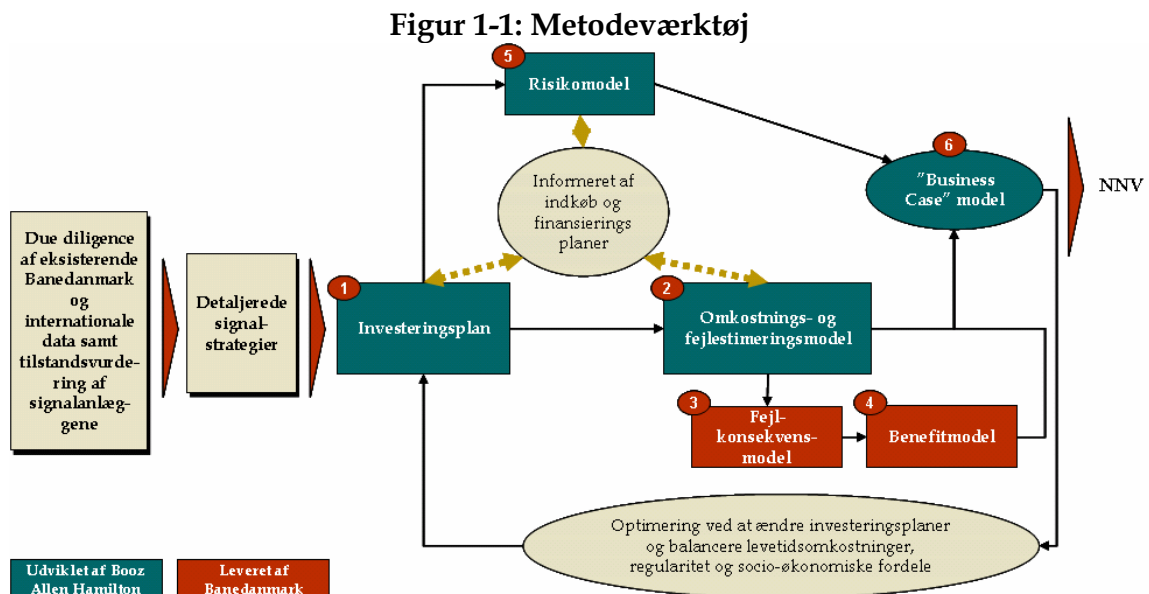
1.2 Formål og metodeværktøj

Hovedformålet med Signalanalysen er at indgå som en del af grundlaget for den politiske beslutningsproces omkring fremtidige investeringer indenfor signalområdet. De tre investeringsstrategier, som danner udgangspunktet for Signalanalysen, er:

- Strategi 1 - *Løbende fornyelse* - basisstrategi der baserer sig på den bedst mulige anvendelse af den bestående trafikaftaleramme frem til 2014.
- Strategi 2 - *Intensiveret fornyelse* - udskiftning med henblik på indhentning af efterslæbet, reduktion af vedligeholdelsesomkostninger og øget kanalregularitet.
- Strategi 3 - *Udskiftning* - total udskiftning af eksisterende signalanlæg med et nyt system, der opfylder nye europæiske normer for interoperabilitet og introduktion af ERTMS.

I Signalanalysen fokuseres på at analysere investeringsbehovene, risici og konsekvenser for kanalregularitet og omkostninger relateret til vedligehold samt trafikstyring for de tre strategier. En central forudsætning for løsning af opgaven er, at alle tre strategier er bearbejdet og evalueret med udgangspunkt i et konsistent og ligeværdigt analysegrundlag, og at strategierne er gennemførlige i praksis.

Nedenstående figur 1-1 illustrerer Booz Allens metodeværktøj, der består af en række integrerede analysemodeller.



Investeringsplanerne [1] beskriver de overordnede forudsætninger omkring hvor og hvornår, fornyelsesaktiviteterne foretages i de forskellige strategier. Planerne udarbejdes med udgangspunkt i signalanlæggenes tilstand, investeringsprioritering og komponentomkostninger.

Omkostnings- og fejlestimeringsmodellen [2] anvender investeringsplanerne som input og genererer omkostnings- og fejlprofiler. Dette er en integreret omkostningsmodel, der beregner de årlige omkostninger til fornyelse, vedligeholdelse og trafikstyring. Beregningerne tager også hensyn til antagelser omkring prisniveauet, der kan forventes for signalkomponenterne under de forskellige strategier. Dette bygger på Booz Allens vurdering af markeds- og leverandørforhold samt mulighederne for ændringer i indkøbsformen, hvilket primært involverer kontrakts- og finansieringsmæssige forhold. Modellen beregner endvidere antallet af signalrelaterede fejl over tiden.

Fejlkonsekvensmodellen [3] modtager data fra omkostnings- og fejlestimeringsmodellen og genererer data til benefitmodellen samt beregner kanalregulariteten per rute og for fjernbanen og S-banen som helhed. Kanalregulariteten beregnes med udgangspunkt i antal estimerede fejl og den forventede indvirkning på togdriften i form af påvirkede tog¹.

Benefitmodellen [4] generer de samfundsøkonomiske gevinster (eller tab) til brugerne, som følge af ændringer i antallet af påvirkede tog, hvilket er en konsekvens af ændringer i antallet af signalfejl.

Risikomodellen [5] genererer en kvantificering af de væsentligste risici, der kan skabe forsinkelser eller yderligere omkostninger i de forskellige strategier.

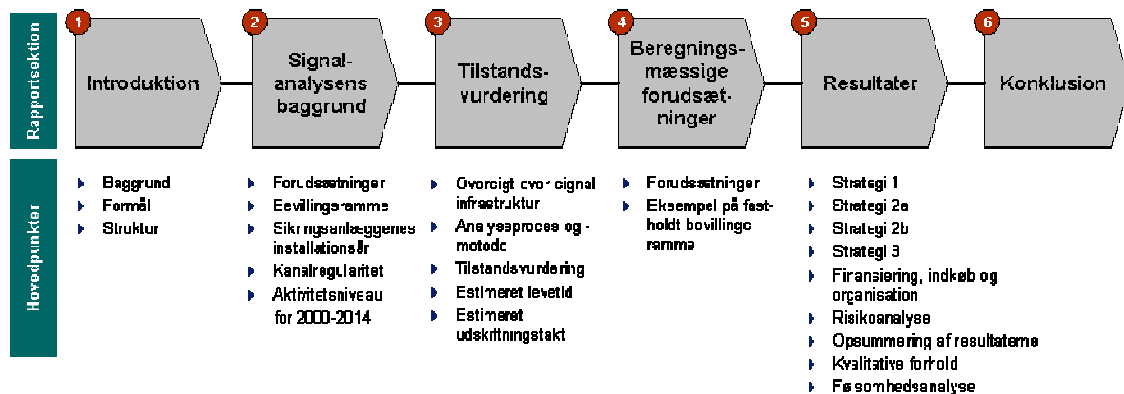
”Business Case”-modellen [6] modtager data fra omkostnings- og fejlestimeringsmodellen, benefitmodellen og risikomodellen. Den sammenregner de drifts- og samfundsøkonomiske effekter under hensynstagen til det metodegrundlag, der foreligger for gennemførelsen af samfundsøkonomiske analyser.

1.3 Struktur

Figur 1-2 viser rapportens overordnede struktur. Rapporten består af seks kapitler.

¹ Se Banedanmark notatet ’Fejlkonsekvensmodel’ og støttedokumentet omkring modellering af signalfejlene.

Figur 1-2: Rapportstruktur



Efter indeværende **kapitel 1**, hvor Signalanalysens formål og struktur er sammenfattet, følger **kapitel 2**, som giver en beskrivelse af Signalanalysens baggrund. Denne vedrører de overordnede forudsætninger samt en kort behandling af de væsentligste faktorer, som er analyseret og redegjort for i Signalanalysen. Det drejer sig hovedsageligt om kanalregularitet, antallet af signalfejl samt bevillingsrammen for perioden til 2014.

Kapitel 3 indeholder en tilstandsvurdering af den eksisterende signalinfrastruktur (sikringsanlæg, linjeblokanlæg, signaler, sporskiftere, ATC, togdetektering mv.), og danner grundlaget for analyserne af investeringsstrategierne i de efterfølgende kapitler. Uden en retvisende forståelse af tilstanden af den eksisterende signalinfrastruktur, er det vanskeligt at gennemføre en tilfredsstillende belysning af både de kort- og langsigtede investeringsbehov. Resultatet af tilstandsvurderingen definerer således udgangspunktet for fastlæggelsen af implementeringsplanerne i hver af de tre strategier. Denne del af analysen tager udgangspunkt i eksisterende Banedanmark data, og en tilstandsinspektion af 16 pct. af Banedanmarks signalanlæg. Derudover rummer tilstandsanalysen vurderinger indhentet fra eksterne tekniske eksperter samt relevante Banedanmark medarbejdere (primært eksperter indenfor vedligeholdelse). Tilstandsvurderingen giver således et overordnet grundlag for at estimere, hvornår det vil være rimeligt at forny sikringsanlæggene og de tilhørende elementer ud fra en teknisk synsvinkel.

Kapitel 4 indeholder den detaljerede beskrivelse af de tre strategier med udgangspunkt i den oprindelige definition i udbudsmaterialet. I dette kapitel redegøres også for en variant til strategi 2, som er blevet defineret undervejs i analysearbejdet. Der redegøres for de generelle og specifikke forudsætninger for hver af investeringsstrategierne. Derudover indeholder kapitlet også en analyse af en teoretisk situation, hvor bevillingsrammen fortsætter på det nuværende niveau.

Kapitel 5 præsenterer resultaterne for hver af investeringsstrategierne. Hver strategi vurderes som et særskilt projekt, hvor totale fornyelses- og

vedligeholdelsesomkostninger, risici og samfundsøkonomiske fordele og ulemper inddrages. Det er derfor muligt at foretage en direkte sammenligning samt samfundsøkonomisk prioritering af strategierne. Investeringsstrategierne er blevet optimeret indenfor de givne rammer, der eksisterer for Signalanalysen, og ud fra de drifts- og samfundsøkonomiske effekter af investeringerne på signalområdet.

”Business casen” for Signalanalyseprojektet fokuserer på de væsentligste økonomiske elementer, der relaterer sig til fornyelses- og driftsomkostninger. Passagertidsgevinster (eller -forringelser) i forbindelse med ændringer i kanalregulariteten indgår også i analysen. Investeringer i nye signalanlæg, der nedbringer fejltallet, vil have en positiv følgevirkning på antallet af togforsinkelser, hvilket medfører en reduktion af det tidstab som passagererne har ved forsinkelserne.

Hver strategi indeholder en detaljeret investeringssplan, der benyttes som grundlag for de driftsøkonomiske konsekvensberegninger. Yderligere er investeringssplanen en vigtig del af risikoanalysen, der også beskrives i dette kapitel. Risikoanalysens formål er, at bestemme den samlede værdi af risikoprofilen for hver af de tre strategier ved at identificere, kvantificere og vurdere sandsynligheden for at de forskellige risikoudfald indtræffer.

Konsekvensen af ændringerne i signalfejlniveauet bliver brugt i fejlkonsekvensmodellen, der kalkulerer kanalregulariteten, og i benefitmodellen, der kalkulerer de økonomiske fordele og/eller ulemper for eksisterende passagerer.

”Business casen” sammenfatter således relevante data fra de førnævnte modeller. Nogle af de væsentligste resultatparametre for analysen og vurderingen af strategierne er:

- Det årlige omkostningsniveau på signalområdet.
- Banedanmarks bevillingsramme for perioden 2007 – 2014.
- Kanalregulariteten for fjernbanen og S-banen.
- Den samfundsøkonomiske indvirkning.
- Nettonutidsværdien af alle kvantificerede værdier.
- Risikoværdier.

Kapitel 6 opsummerer resultaterne af Signalanalysen, sammenligner de tre strategier og fremlægger de væsentligste resultater, der som et minimum bør indgå i beslutningsprocessen.

Derudover foreligger en række baggrundsdokumenter, som er blevet udarbejdet i forbindelse med rapporten. Disse dokumenter afdækker blandt andet yderligere detaljer omkring analysens tekniske forhold, forudsætninger, de

anvendte modelleringsværktøjer samt resultaterne. Baggrundsdokumenterne er følgende:

- Vurderingen af signalaktivernes tilstand - *Teknisk notat, der bl.a. beskriver signal aktivernes tilstand og resultaterne af den tekniske inspektion af udvalgte sikringsanlæg.*
- Investeringsplan – *Plan, der giver en oversigt over de væsentligste investeringer og tidslinien for disse.*
- Modellering af omkostningerne – *Teknisk notat, der indeholder en gennemgang af enhedsomkostningerne og deres variation på tværs af strategierne som følge af forskellige antagelser omkring leverandør-, markeds- og indkøbsforhold, samt forklarer hvordan omkostningsberegningerne er foretaget.*
- Modellering af signalfejlene – *Teknisk notat, der indeholder en gennemgang af fejltyperne, og hvordan fejlfremskrivningen er foretaget.*
- Risikoanalysen – *Teknisk notat, der beskriver processen for gennemførelsen af risikoanalysen og hvordan de identificerede risici er behandlet i analysen.*
- Indkøbs- og finansieringsrapport – *Teknisk notat, der redegør for forskellige overvejelser, som bør foretages i forbindelse med indkøb, finansiering og organisering af større anlægsprojekter samt de muligheder, fordele og ulemper der er ved en OPP-finansiering.*
- Teknologisk modenhed – *Teknisk notat, der redegør for den teknologiske modenhed på signalområdet, hvilket bl.a. omfatter ERTMS-signalkonceptet.*
- Resultater – *Detaljerede resultater, som anvendes i rapporten.*

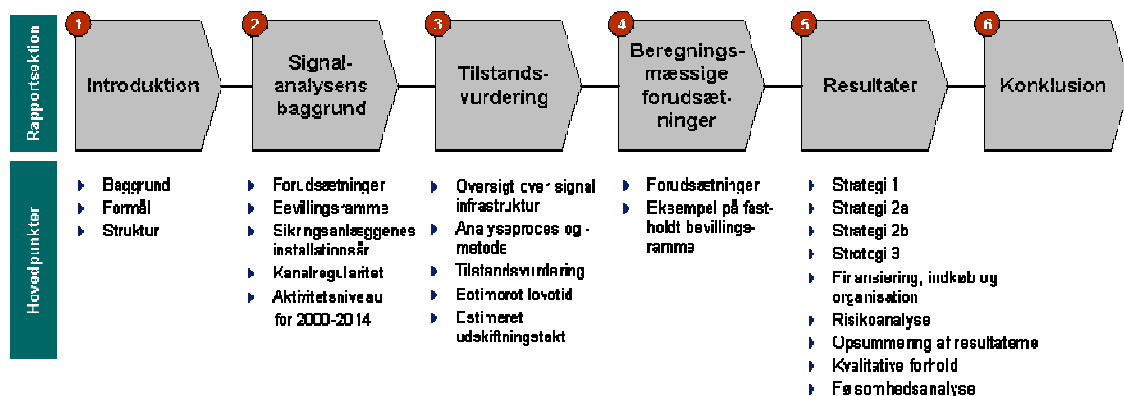
Efter aftale med Banedanmark er baggrundsnotaterne forfattet på engelsk.

2 SIGNALANALYSENS BAGGRUND

2.1 Introduktion

Kapitel 2 redegør for de væsentligste baggrundsfaktorer for Signalanalysen, jf. nedenstående figur 2-1.

Figur 2-1: Rapportstruktur



2.2 Forudsætninger

Signalanalysen er udarbejdet indenfor de rammebetingelser, som Banestyregruppen har specificeret. De væsentligste er:

- Optimering af strategierne i forhold til livscyklusomkostninger, samfundsøkonomi, kanalregularitet samt opretholdelse af togdriften på samtlige strækninger.
- Ligeværdig behandling af strategierne samt en ligeværdig vurdering af investeringer, omkostninger, kanalregularitet, samfundsøkonomi, teknologisk modenhed og risici på tværs af strategierne.
- Redegørelse for Banedanmarks årlige bevillingsprofil primært for perioden 2007 - 2014. Det er dog nødvendigt at basere evalueringen af investeringsstrategierne på en væsentlig længere tidshorisont, idet investerings-beslutningerne på kort/mellemlangt sigt har konsekvenser for fremtidige investeringer, driftsomkostninger og samfundsøkonomiske fordele og ulemper.
- Strategierne skal respektere de europæiske minimumskrav til indførelse af interoperabilitet for togkontrollsystemer. I den forbindelse har Transport- og Energiministeriet fremsendt et notat med de forudsatte EU-rammekrav

herom til analysearbejdet².

- Sikkerheden forudsættes som minimum at være på nuværende niveau under og efter implementeringen af de tre strategier. På nogle strækninger vil sikkerheden blive forbedret, som følge af bedre implementering af togkontrolanlæg.
- Trafiktætheden forudsættes øget over perioden 2006 - 2014, som defineret i København - Ringsted strategianalysen³.
- Banedanmark planlægger at implementere et GSM-R netværk som erstatning for det eksisterende analoge togradiosystem, hvilket indgår i alle strategier. Hvor det er nødvendigt at udvide GSM-R netværket til også at kunne bære datatransmission, er omkostningerne til dette inkluderet i analysen.
- Der indregnes ikke eventuel EU-støtte til etablering af interoperabilitet⁴ for togkontrolsystemer. Der er mulighed for at søge EU-støtte til implementering af ERTMS, men det er på nuværende tidspunkt uklart, hvor meget der kan påregnes i støtte.

De specifikke forudsætninger vedrørende de tre investeringsstrategier omtales i kapitel 4.

2.3 Finansiell bevillingsramme for 2007- 2014

Bevillingsrammen for fornyelses- og vedligeholdelsesaktiviteter indenfor sikrings- og fjernstyringsområdet for perioden 2007 - 2014 er i Trafikaftalen fastsat til 420 mio. kr. om året (2005-priser). Fordelingen er antaget at være 270 mio. kr. pr. år til fornyelse og 150 mio. kr. pr. år til vedligeholdelse. Det tilsvarende beløb er omkring 436 mio. kr. pr. år i 2007-priser.

Bevillingsrammen er efterfølgende blevet justeret gennem tilbageførsel af bevillinger, som følge af udskydelse af investeringer i de første to år af Trafikaftalen. Tabel 2-1 viser bevillingerne til sikring og fjernstyring 2007 - 2014 (mio. kr., 2007-priser).

² Notat fra Transport- og Energiministeriet, 19. april 2006.

³Trafikstyrelsen, Strategianalysen København-Ringsted. Trafikale forudsætninger. Baggrunds-rapport. November 2005.

⁴ EU støtte omhandles separat i baggrundsdokumentet omhandlende OPP og indkøb.

Tabel 2-1: Bevilling til sikrings- og fjernstyringsområdet, mio. kr., 2007-priser (2007-2014)

År	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Fornyelse og vedligeholdelse, sikring og fjernstyring	475	571	529	489	489	489	489	489	4.019

Den totale bevilling for perioden er således på 4.019 mio. kr., hvilket inkluderer ændringerne fra seneste Finanslov.⁵ Ovenstående bevillingsramme gælder under strategi 1, jf. definitionen af investeringsstrategierne i kapitel 1.

2.4 Sikringsanlæggenes installationsår

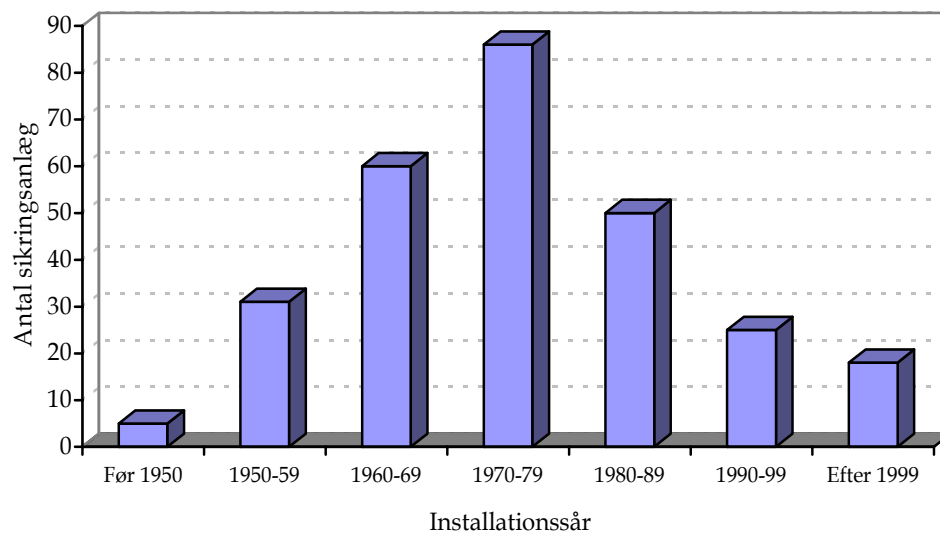
Som nævnt tager Signalanalysen udgangspunkt i en formodning om, at der er et stadig stigende efterslæb på fornyelses- og vedligeholdelsesaktiviteterne for signalområdet.

Den eksisterende infrastruktur på signalområdet består af forskellige signalanlægstyper, hvoraf størstedelen af signalanlæggene, er relæ-baserede og en mindre andel er elektro-mekaniske anlæg. Signalsystemet har en gennemsnitsalder på ca. 35 år og har en stor spredning i installationsdatoer.

Nedenstående figur 2-2 angiver installationstidspunktet fordelt på tidsintervaller. Det ses heraf, at visse sikringsanlæg er installeret før 1950'erne. 85 pct. af alle sikringsanlæg har en alder, der er højere end 20 år, og 29 pct. har en alder, der er højere end 40 år.

⁵ Som følge af den nylige fastsættelse af IPO-satsen på Finansloven blev der foretaget nogle bevillingskorrektioner. Derfor er rammen for sikring/fjernstyring blevet opskrevet.

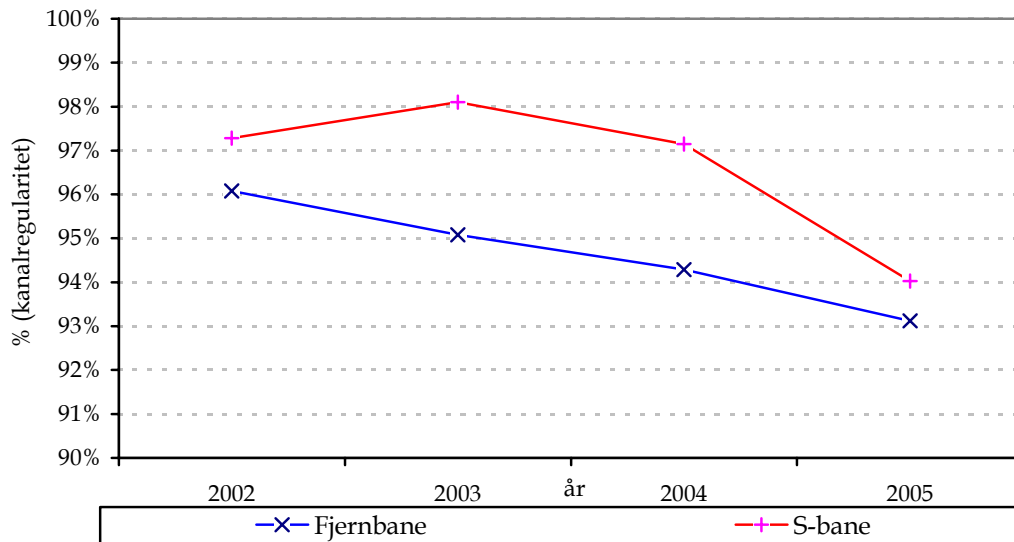
Figur 2-2: Sikringsanlæggenes installationsår



En vurdering af betydningen sikringsanlæggenes alder bliver gennemgået i kapitel 3.

2.5 Kanalregulariteten og signalfejl på fjernbanen og S-banen

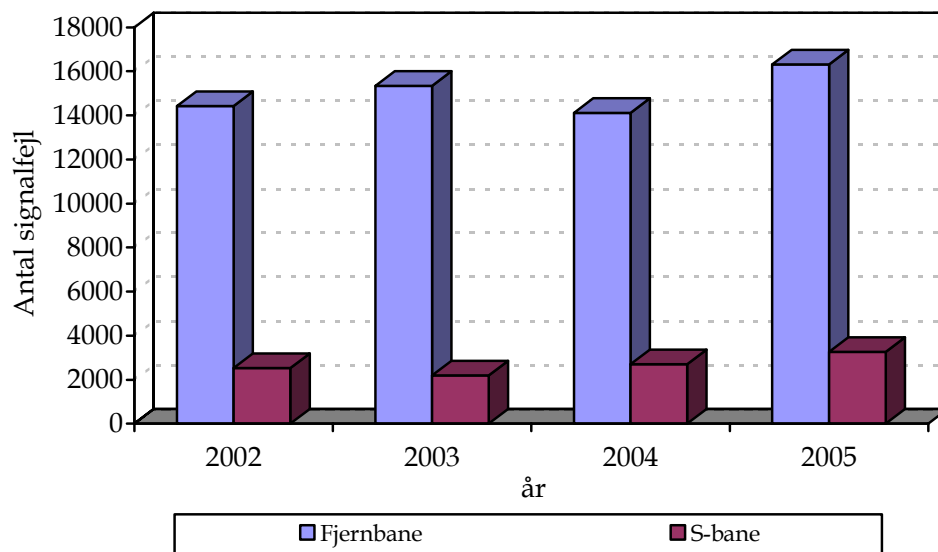
Som det kan ses af figur 2-3 har den samlede kanalregularitet udvist en faldende tendens i forhold til 2002-niveauet. Den viste kanalregularitet omfatter hele Banedanmarks ansvarsområde og er derfor ikke kun et udtryk for, hvad der sker på signalområdet.

Figur 2-3: Årlig kanalregularitet i Danmark for fjernbanen og S-banen (2002 - 2005)

For fjernbanens vedkommende har der siden 2002 fundet en forværring af kanalregulariteten sted, som det ses af en kanalregularitet på kun lidt over 93 pct i 2005. Efter en forbedring mellem 2002 og 2003 på S-banen, er der også indtruffet en forværring i kanalregulariteten på denne i årene 2004 og 2005. Resultatet er, at kanalregulariteten i 2005 ligger på 93,1 pct. for fjernbanen og 94 pct. for S-banen.

Figur 2-4 viser, at der har været et stigende antal signalrelaterede fejl i perioden 2002 - 2005.

Figur 2-4: Antal signalfejl på fjernbanen og S-banen i perioden 2002 - 2005

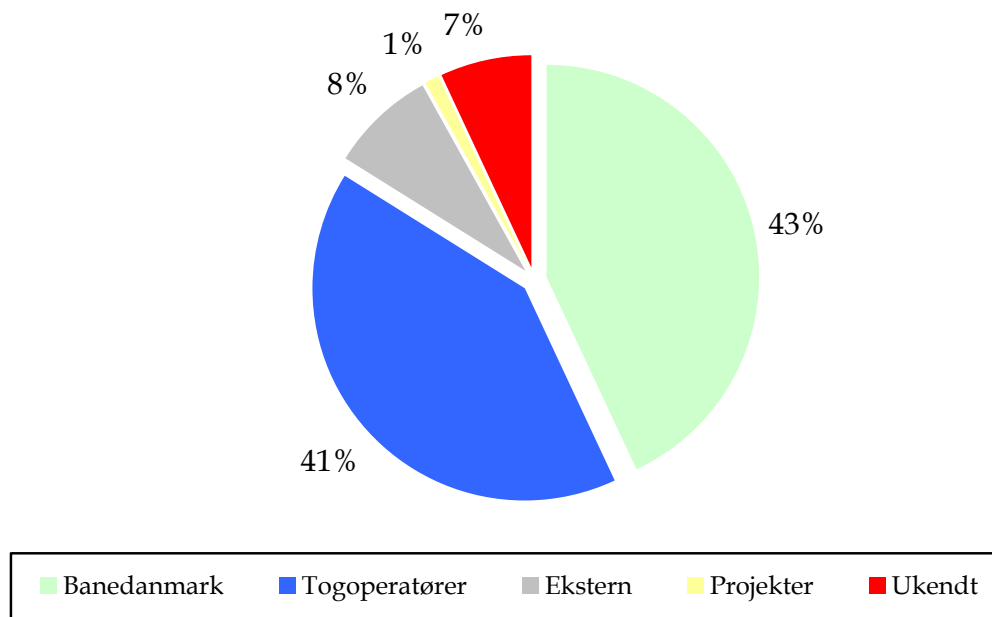


Fra 2004 til 2005 er antallet af signalfejl steget fra 14.227 til 16.316 (+ 15 pct.) på fjernbanen og fra 2.533 til 3.267 (+ 29 pct.) på S-banen. Den gennemsnitlige årlige stigning i signalfejl for perioden 2002 - 2005 er 4,2 pct. for fjernbanen og 8,9 pct. for S-banen. Foreløbige tal for 2006 indikerer, at fejlniveauet ligger omkring 2005-niveauet.

I øvrigt bemærkes det, at 29 pct. af fejlene på signalområdet er identificeret af Banedanmark som værende ukendte. Dette betyder, at Banedanmark har accepteret fejlene som værende forårsaget af signalsystemet, men har ikke registreret fejlårsagen og/eller har ikke været i stand til at identificere den præcise fejlårsag. Dette forhold giver en vis usikkerhed omkring fejltypene og de reelle forbedringsmuligheder som følge af investeringer på signalområdet. I Signalanalysen forudsættes det, at andelen af "ukendte" fejl bibeholdes på 29 pct. i analysen af signalstrategierne.

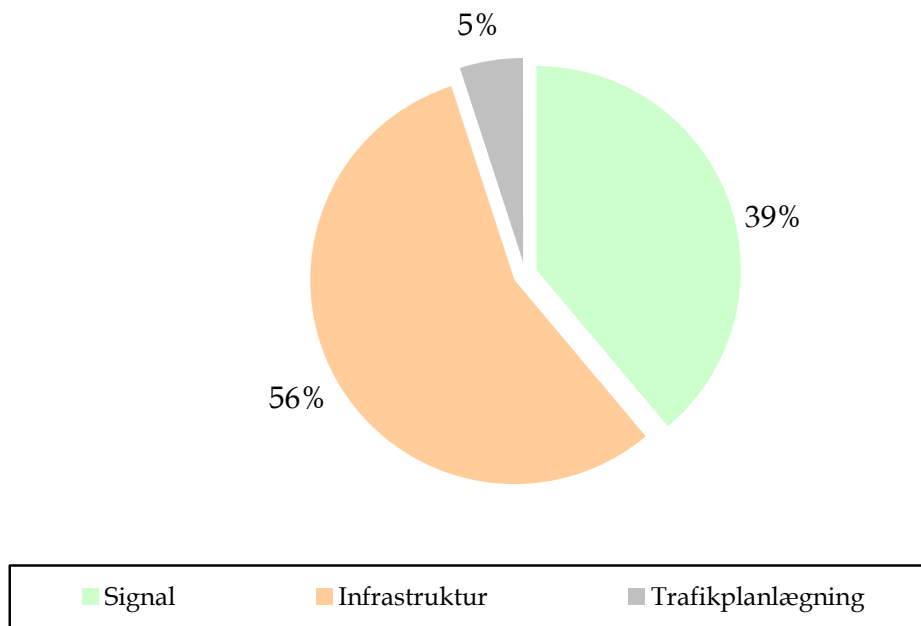
Figur 2-5 viser en oversigt over hvilke typer fejl på jernbanenettet, der påvirker togdriften og kanalregulariteten mest. Værdierne er taget fra Banedanmarks databaser for signalfejl og påvirkede tog på jernbanenettet. Figuren viser, at 43 pct. af togforsinkelserne skyldes fejl forårsaget af Banedanmark, hvilket omfatter signaler, spor mv. Figuren viser også, at 41 pct. af togforsinkelserne skyldes fejl relateret til togoperatørerne (primært DSB). Det skal endvidere bemærkes, at 7 pct. af påvirkede tog skyldes fejl, hvor der ikke er en kendt fejlkilde, og disse fejl kan derfor godt være relateret til Banedanmark. Booz Allen har foretaget allokeringen til fejlkilderne i samarbejde med Banedanmark.

Figur 2-5: Påvirkede tog fordelt på fejlkilder i 2005 (pct.)



Andelen af påvirkede tog, som kan henføres til Banedanmark er øget hvert år siden 2002, hvor andelen var på 34 pct. (i 2003 og 2004 var andelen hhv. 35 pct. og 39 pct.). Samtidigt bør det bemærkes, at det absolutte antal af påvirkede tog er steget med ca. 50 pct. i samme periode. Samlet set er Banedanmark nu ansvarlig for 80 pct. flere påvirkede tog end i 2002.

Figur 2-6 giver en mere detaljeret forklaring på de fejltypen, som ligger indenfor Banedanmarks ansvarsområde, dvs. en nedbrydning af de 43 pct. i ovenstående figur 2-5. Figuren viser, at den største fejlkilde er spor, som forklarer 56 pct. af alle de togforsinkelser, som Banedanmark forårsager.

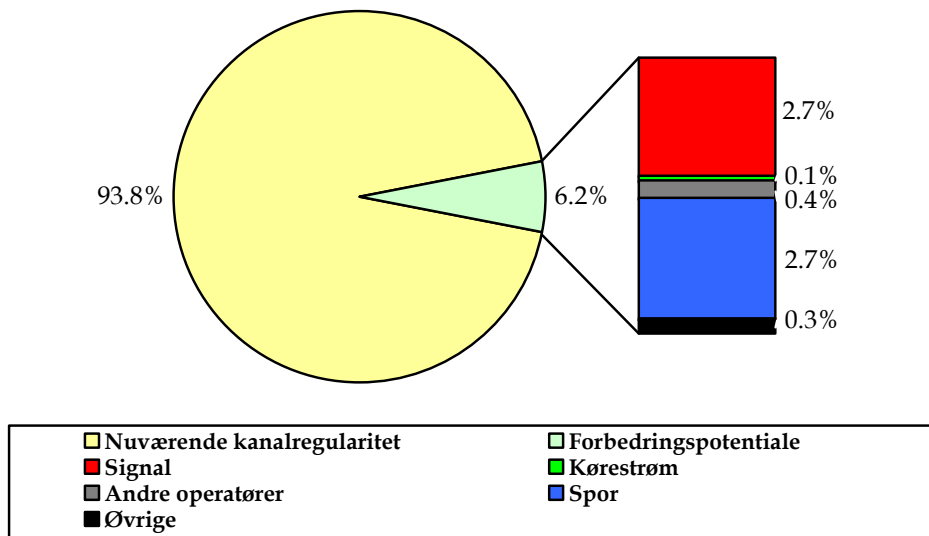
Figur 2-6: Banedanmark påvirkede tog fordelt på fejlkilder i 2005 (pct.)

Signalrelaterede fejl udgør 39 pct. (2005) af de togforsinkende fejl, som henføres til Banedanmark. Andelen af Banedanmark påvirkede tog, der kan henføres til signaler, er reduceret i forhold til 2002-niveauet, hvor andelen var 54 pct. Selvom der har været en absolut stigning på ca. 38 pct. fra 2002 til 2005 i antallet af påvirkede tog, der skyldes signaler, har der været et relativt fald pga. den signifikante stigning i fejl indenfor Banedanmarks sporinfrastruktur.

Hvis man teoretisk eliminerer alle signalrelaterede fejl, (baseret på værdierne i Banedanmarks fejlkonsekvensmodel), vil det være muligt at forbedre kanalregulariteten med hhv. 2,7 procentpoint på fjernbanen og 1,6 procentpoint på S-banen.

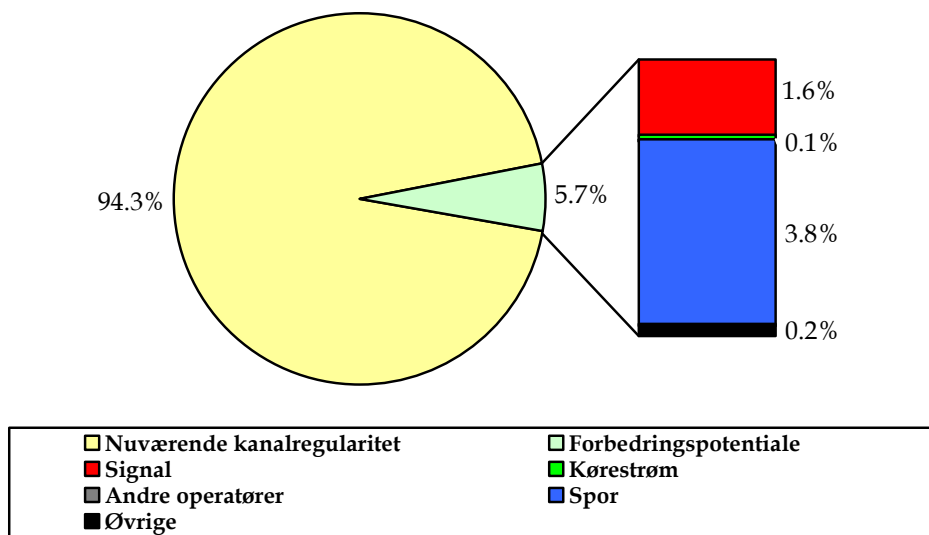
Nedenstående figur 2-7 viser, hvad der skal til for at opnå 100 pct. kanalregularitet på fjernbanen, dvs. eliminere forskellen på 6,2 procentpoint. Her bidrager signaler og spor med samme andel, nemlig 2.7 procentpoint.

Figur 2-7: Forbedringspotentialiet for kanalregulariteten på fjernbanen (pct.)



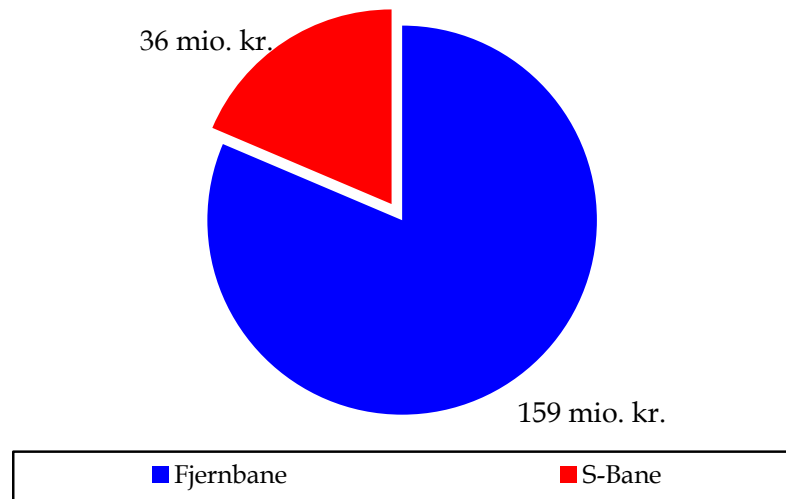
Figur 2-8 nedenfor viser en tilsvarende analyse for S-banen. Det totale forbedringspotentialie, er 5,7 procentpoint. I modsætning til fjernbanen, hvor signaler og spor har samme andel, er situationen for S-banen, at signaler bidrager med en mindre del af forbedringen (1,6 procentpoint) end spor (3,8 procentpoint).

Figur 2-8: Forbedringspotentialiet for kanalregulariteten på S-banen (pct.)



En tilsvarende analyse af de samfundsøkonomiske fordele, som de eksisterende brugere ville opnå, hvis alle signalrelaterede fejl blev elimineret, er illustreret i nedenstående figur 2-9, som viser den totale årlige værdi for 2007.

Figur 2-9: De totale årlige samfundsøkonomiske fordele ved at fjerne alle signalrelaterede fejl i 2007 (mio. kr., 2007-priser)

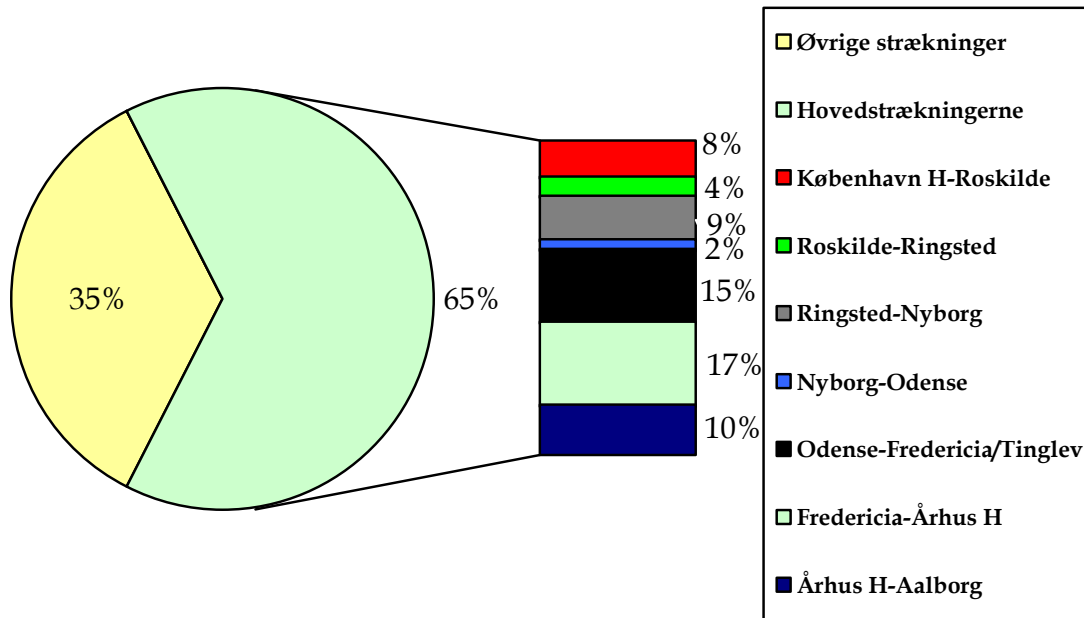


På S-banen ville man årligt kunne generere 36 mio. kr. i værdi, og på fjernbanen ville man generere 159 mio. kr. pr. år i værdi, hvis alle signalrelaterede fejl blev fjernet i 2007 (2007-priser). Samlet set er den årlige værdi af signalfejlene derfor omkring 200 mio. kr. per år. Nutidsværdien over 30 år er omkring 4.4 mia. kr. med en kalkulationsrente på 6 pct. Værdierne i ovenstående figur er kun gældende i 2007, idet fremtidige værdier er afhængige af forudsætningerne omkring væksten i passagerantallet og de reale tidsgevinster, jf. kapitel 4.

Det betyder således, at et perfekt og absolut fejlfri signalinfrastruktur skaber ca. 200 mio. kr. pr. år. i nominal værdi eller 4 - 5 mia. kr. over en 30-årig periode. Da alle signalstrategierne i praksis vil være mindre end perfekte, vil det alt andet lige betyde, at signalinvesteringer og omkostninger på mere end 2 - 3 mia. kr. isoleret set, og ud over det der skal til for at opfylde de til enhver tid værende krav til funktionsdygtighed, ikke resultere i samfundsøkonomisk værdiskabelse ud fra de valgte modelforudsætninger.

Nedenstående figur 2-10 viser, at 65 pct. af alle brugergevinsterne i benefitmodellen, der kan realiseres på signalområdet, hidrører fra hovedstrækningen København til Ålborg/Tinglev. Nedbrydningen i andele er baseret på de 159 mio. kr. pr. år., der er nævnt ovenfor.

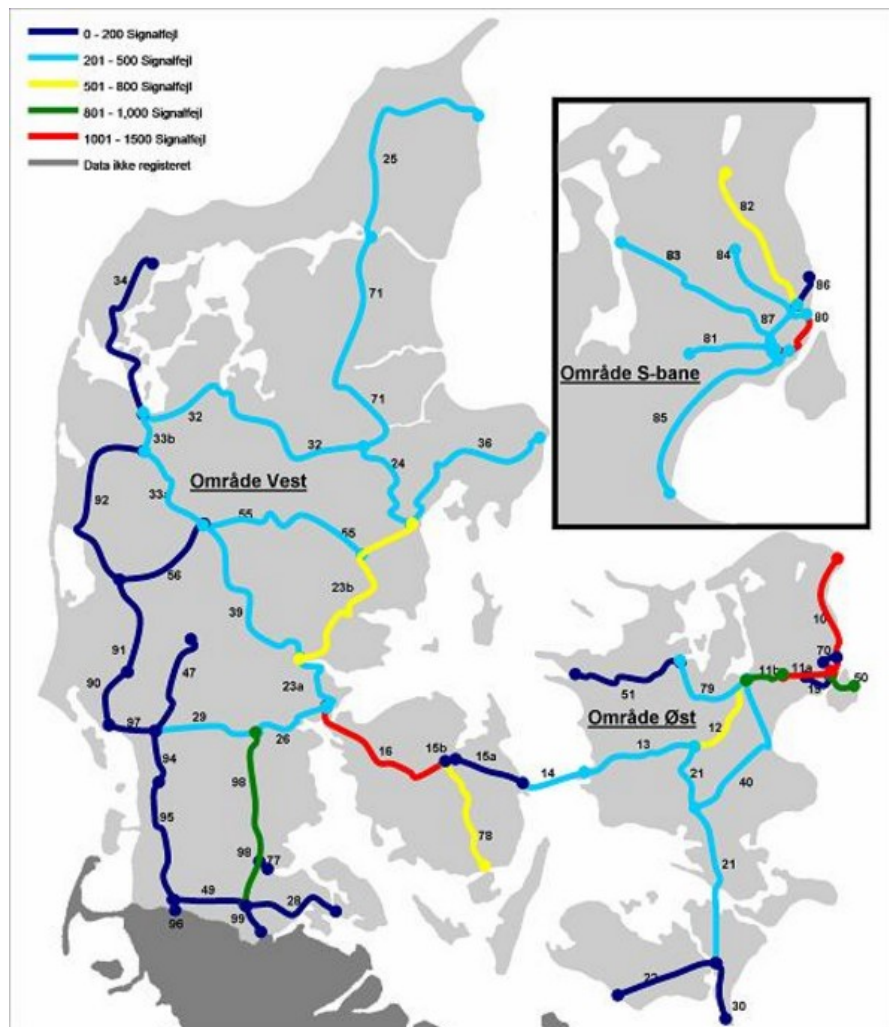
Figur 2-10: De totale årlige samfundsøkonomiske fordele på fjernbanen ved at fjerne alle signalrelaterede fejl i 2007 fordelt på hovedstrækninger (pct.)



Fredericia – Århus er den strækning, der bidrager mest (17%). Endvidere kan det nævnes, at Kystbanen, som er inkluderet blandt de øvrige strækninger i figuren, bidrager med 4 pct.

Beregninger viser, at ikke alle signalfejl har samme konsekvenser og værdi, idet antallet af tog og passagerer som påvirkes varierer afhængig af hvor på jernbanenettet disse opstår. I Signalanalysen skal der derfor tages hensyn til dette i prioriteringen af investeringerne. Figur 2-11 nedenfor viser de områder på jernbanenettet, der var mest udsat for signalrelaterede problemer i 2005. Specielt strækningerne omkring Hovedstadsområdet, Nordsjælland og Odense - Middelfart er udsat for signalfejl, som påvirker kanalregulariteten signifikant. Dette er typisk for strækninger med højere trafikintensitet. Modsat er der få signalrelaterede fejl på strækningerne i f.eks. Vest- og Sønderjylland.

Figur 2-11: Geografisk oversigt over signalfejl (2005)



Figuren giver et billede af jernbanenettet, som er i nogenlunde overensstemmelse med den prioritering i røde, grønne og blå baner som benyttes i det øvrige trafikaftalearbejde 2006⁶. Afslutningsvis skal det gentages, at omkring 29 pct. af alle signalfejl ikke har en kendt fejlårsag. Der er derfor en vis usikkerhed, hvis det totale fejlantal analyseres på fejlkomponentniveau.

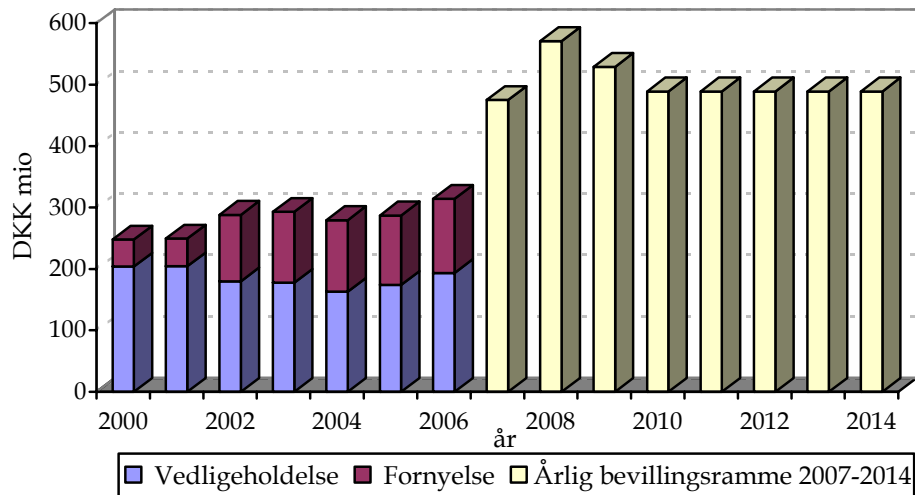
2.6 Aktivitetsniveau for perioden 2000 - 2014

Det historiske investerings- og omkostningsniveau til fornyelse og vedligeholdelse på signalområdet for perioden 2000–2006 (for sidstnævnte år er

⁶Kilde: Fejlkonsekvensmodellen.

der tale om et budgetteret beløb) samt den eksisterende bevillingsramme for 2007 - 2014, er vist i figur 2-12.

Figur 2-12: Finansieringsrammer for fornyelses- og vedligeholdelsesaktiviteter på signalområdet for 2000 - 2014, DKK mio., 2007-priser



Figuren viser, at det totale investerings og omkostningsniveau på signalområdet (med undtagelse af 2006) har været på under 300 mio. kr. I alt anvendes i gennemsnit omkring 160 mio. kr. til vedligeholdelsesaktiviteter, hvilket er ca. 60 pct. af budgettet. Figuren viser også forskellen mellem det historiske investerings og omkostningsniveau og den fremtidige totale bevillingsramme for perioden 2007 - 2014. Den fremtidige bevillingsramme er dog højere end det oprindelige niveau i Trafikaftalen, idet der er foretaget en tilbageførsel af bevillinger, jf. tidligere.

Booz Allen antager, at det ikke vil være hensigtsmæssigt straks at øge investeringerne som foreslået i den nuværende bevillingsramme, idet det vil være driftsmæssigt udfordrende at planlægge og gennemføre en væsentlig stigning i aktivitetsniveauet fra et år til et andet. I stedet er et lavere omkostningsniveau valgt for de første to år, således at bevillingsniveauet vil stige i de efterfølgende år. Dette belyses nærmere i forbindelse med resultatgennemgangen i kapitel 4 og er gældende for alle investeringsstrategierne.

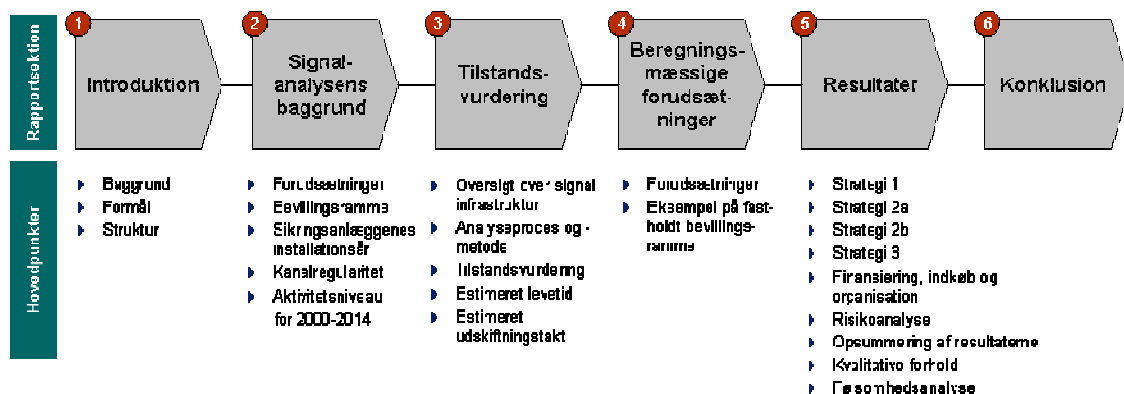
I forbindelse med signalstrategiernes udarbejdelse, er det underforstået, at der er et vist råderum for, hvordan budgettet bliver anvendt. Dette vedrører både det aktuelle niveau i et givent år og den aktuelle udgiftsfordeling mellem fornyelse og vedligeholdelse af signalanlæggene. Efter 2014 er der ikke fastlagt et maksimaltniveau for de totale fornyelses- og vedligeholdelsesudgifter. De mere detaljerede forudsætninger for de tre strategier belyses i kapitel 4.

3 TILSTANDSVURDERING

3.1 Introduktion

Kapitel 3 omhandler den generelle tilstandsvurdering af signalinfrastrukturen og dermed et vigtigt grundlag for investeringsplanerne, som beskrives i kapitel 4. Kapitel 3 indeholder også estimater for, hvornår udskiftningerne af de forskellige sikringsanlæg bør gennemføres baseret på aldersprofilen. Tilstandsvurderingen estimerer desuden omfanget af de anlæg, som allerede har nået deres estimerede levetid.

Figur 3-1: Rapportstruktur



En vigtig del af Signalanalysen er en uafhængig vurdering af den aktuelle tilstand af signalinfrastrukturen. Der er fire hovedelementer i den gennemførte tilstandsvurdering.

- *Alder* – Signalanlæggenes alder er dokumenteret igennem en grundig gennemgang af Banedanmarks eksisterende data vedrørende signalanlæggene og diskussioner med kvalificerede Banedanmark medarbejdere.
- *Fejl og kanalregularitet* - De eksisterende signalanlægsfejl og effekten på kanalregulariteten er blevet analyseret på basis af Banedanmarks eksisterende databaser.
- *Tilstandsinspektion* – Den nuværende tilstand er blevet vurderet gennem en inspektion af et repræsentativt antal af eksisterende signalanlæg samt interviews med lokale Banedanmark signalanlægseksperter og vedligeholdelsesmedarbejdere.
- *Vedligeholdelsesanalyse* – Karakteristika ved det nuværende vedligeholdelsesniveau og behovene for vedligehold i fremtiden er blevet analyseret ud fra eksisterende data samt interviews med

vedligeholdelsesteknikere.

Ovenstående analyser og undersøgelser er blevet anvendt til at definere den estimerede levetid for hver type af signalanlæg. Den estimerede levetid er defineret som det tidspunkt, hvor fejlraten forventes at stige (kun fejl som følge af anlæggets alder) kombineret med en forventning om dyrere vedligeholdelsesomkostninger. Den estimerede levetid er baseret på en vurdering fra relevante Booz Allen eksperter. Det bør nævnes, at estimerterne har en vis usikkerhed, idet den aktuelle levetid vil afhænge af andre parametre, såsom adgang til reservedele og eventuelle behov for opgradering af anlæggene.

3.2 Oversigt over signalinfrastrukturen

Jernbanenettet i Danmark dækker omkring 2.993 km spor og servicerer cirka 700 tog om dagen fra DSB, Railion og Arriva m.fl. Signalsystemerne er en del af de tekniske installationer på jernbanenettet, der skal sikre en forsvarlig og effektiv togtrafik.

Banedanmarks database over signalsystemerne viser, at jernbanenettet inkluderer 6.837 signaler, 2.864 sporskifter og 563 overkørselsanlæg. Disse er kontrolleret af 77 CTC-systemer plus 364 associerede understationer, 274 sikringsanlæg, 244 linjeblokanlæg og 1.713 togdetekteringsanlæg.

De seneste signalprojekter omfatter installation af computerbaserede sikringsanlæg såsom EBILOCK 850 (Randers - Hobro, Storebælt, Øresund samt Århus).

Ud af de i alt 274 sikringsanlæg er der 39 små sikringsanlæg, der ikke har noget sporskiftedrev. Disse 39 små sikringsanlæg forventes ikke at blive fornyet i forbindelse med en større udskiftning og eksisterende funktionalitet vil blive håndteret af nabo-anlæggene. I praksis vil 235 (274 minus 39) sikringsanlæg blive installeret.

Sikringsanlæggene på det danske jernbanenet har ibrugtagningsdatoer fra 1920'erne til 2006, og mange af anlæggene har overskredet deres planlagte designlevetid. Designlevetid er her defineret som de krav til levetid, som leverandøren har anvendt som rettesnor under udviklings- og projekteringsarbejdet.

3.3 Analyseproces og -metode

Tilstandsvurderingen fokuserer på den aktuelle tilstand af det interne udstyr i signalanlægget, der har den største effekt på vurdering af investeringsstrategier og udarbejdelse af implementeringsplaner. Med internt udstyr menes i denne forbindelse systemer, der er placeret centralt såsom relæsystemer eller computere til sikringsanlæg, linjeblok- og fjernstyringssystemer.

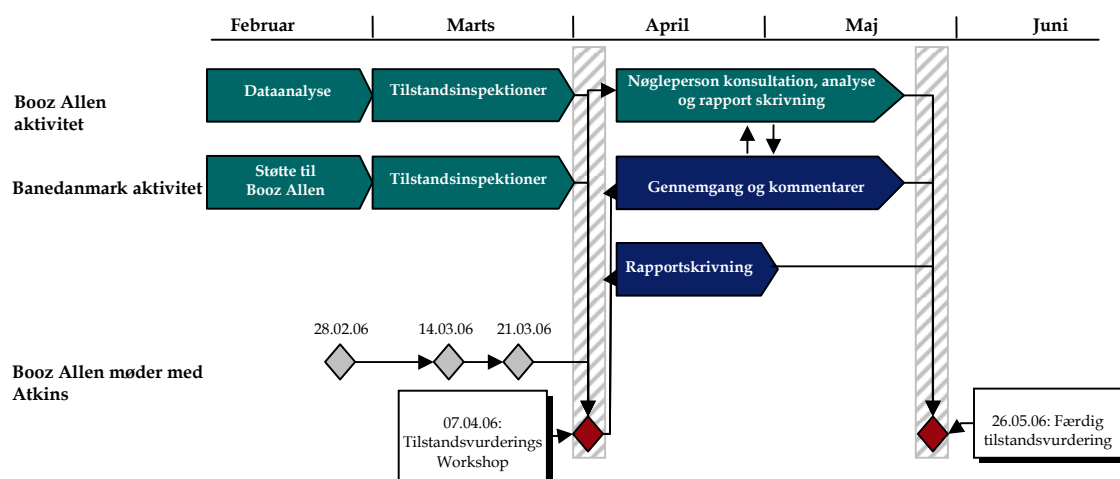
Fjernstyringssystemet samt det eksterne udstyr såsom signaler, sporskiftere, overkørselsanlæg, togdetektering og ATC er også vurderet.

Processen er beskrevet nedenfor:

- Banedanmark har leveret data fra det eksisterende Asset Management System⁷, fra det tidligere arbejde på Signalprojektet i 2005 samt nyere tilstandsdata til gennemgang. Signalanlægseksperter fra Banedanmark deltog ydermere i tilstandsinspektionerne.
- Booz Allen har udført inspektioner og tilstandsvurderinger af 37 sikringsanlæg (16 pct. af den totale population af sikringsanlæg). Udvalgt eksternt udstyr i tilknytning til de 37 sikringsanlæg såsom signaler, sporskifter, overkørselsanlæg, togdetektering og ATC er også blevet vurderet.
- Atkins, som har betydelig erfaring med Banedanmarks signalinfrastruktur, blev interviewet af Booz Allen. Atkins har herigennem haft lejlighed til at give deres uafhængige mening til kende omkring signalanlæggenes tilstand, hvad angår både det interne og det eksterne udstyr.
- Signalanlægseksperter fra Booz Allen i London har været involveret i nødvendigt omfang.

Figur 3-2 viser tilstandsanalyseprocessen i oversigt.

Figur 3-2: Processen for udviklingen af tilstandsvurderingen

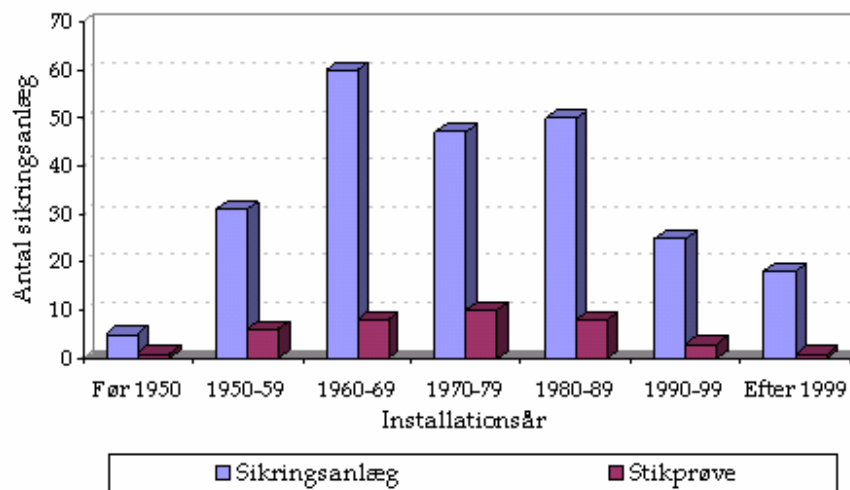


Stikprøven af sikringsanlæg tæller et bredt udsnit af typer, alder samt geografisk placering.

⁷ Kilde: Banedanmark, AMS 06.05.06.

Som vist i figur 3-3 er stikprøven identificeret under hensyntagen til sikringsanlæggenes alder. I alt 37 sikringsanlæg er blevet undersøgt, hvilket svarer til 16 pct. af den totale bestand af sikringsanlæg. Som nævnt omfattede inspektionerne også en vurdering af udvalgt eksternt udstyr i tilknytning til de 37 sikringsanlæg, herunder signaler, sporskiftere, overkørselsanlæg, togdetektering og ATC. Af praktiske hensyn til togafviklingen og for at undgå driftsforstyrrelser blev stikprøvningen af signaler, sporskiftedrev og togdetekteringsanlæg tilpasset og afgrænset i omfang i tæt samarbejde med Banedanmark. Inspektionen var dog tilstrækkelig stor og repræsentativ til at muliggøre en vurdering af de udvalgte komponenter og anlæg.

Figur 3-3: Stikprøven sammenlignet med aldersprofilen for den samlede bestand af sikringsanlæg



Kriterier for stikprøveudtagelsen er udarbejdet i samarbejde med Banedanmark, og figur 3-4 viser den geografiske placering af de sikringsanlæg, som er inddraget i undersøgelsen. Figuren viser, at undersøgelsen omfattede både fjernbanen og S-banen med en relevant geografisk dækning.

Figur 3-4: Geografisk oversigt over tilstandsinspektionerne



Til vurdering af tilstanden af det interne udstyr af sikringsanlæggene, har Booz Allen anvendt et karaktersystem, der er sammenligneligt med det system Banedanmark anvender til at estimere tilstanden. Karaktersystemet benytter en karaktergivning fra A til D baseret dels på interviews med lokale Banedanmark tekniske medarbejdere og dels på egne observationer.

De parametre, som er anvendt i vurderingen af sikringsanlæggene, relaterer til følgende egenskaber:

- Aktuell tilstand.
- Banedanmarks muligheder for at skaffe reservedele, ekspertise samt foretage service på anlægget.
- Banedanmarks muligheder for at modificere anlægget, hvis behovet måtte opstå, f.eks. i forbindelse med en forbedring af kapacitet og/eller en højere strækningshastighed.

- Problemer omkring signalfejl og fejlhåndtering.

For at sikre en uafhængig vurdering er inspektionerne og karaktergivningen foretaget af udenlandske eksperter uden forhåndskendskab til Banedanmarks egne tilstandsvurderinger.

I forbindelse med gennemførelsen af inspektionerne er de lokale Banedanmarkansatte blevet interviewet for at belyse generelle såvel som specifikke forhold omkring signalanlæggene. Efter afslutningen på tilstandsinspektionerne er resultaterne blevet præsenteret og diskuteret på et arbejds møde med relevante personer fra Banedanmark, konsulenter fra Atkins samt Booz Allens egne eksperter. Baseret på de gennemførte analyser og tilstandsvurderingsprocessen, har Booz Allen udarbejdet den endelige tilstandsvurdering af sikringsanlæggene.

I metoden, der er anvendt til at bestemme signalanlæggenes estimerede levetid, indgår en række faktorer som tilstand, vedligeholdelsesomkostninger, reservedelsressourcer samt behovet for opgradering og fornyelse. Levetiden for de enkelte signalanlæg er estimeret internt hos Booz Allen med deltagelse af Booz Allens egne eksperter.

3.4 Overordnet tilstandsvurdering

Det kan med baggrund i signalinspektionerne og den tilhørende analyse konkluderes, at ud fra en vurdering af den aktuelle tilstand af det interne udstyr, kan sikringsanlæggene anvendes i yderligere 10 år. Herefter vil det være nødvendigt at gennemføre en tilsvarende tilstandsvurdering for at fastlægge om, der er grundlag for at ændre den generelle udskiftningstakt, der beregnes på baggrund af de i nedenstående tabel 3-1 forventede levetider.

Konklusionerne blev drøftet på et tilstandsvurderingsmøde den 7. april, hvor resultaterne fra tilstandsinspektionerne blev præsenteret og diskuteret med eksperter og andre relevante personer fra Banedanmark, konsulenter fra Atkins samt Booz Allens egne eksperter. Der var bred enighed om tilstandsvurderingens resultater og konklusioner.

Det er dog særdeles vigtigt at forholde sig til restlevetiden, da en koncentration af signalanlægstyper med høj alder, kan resultere i at et stort antal overskrider levetiden indenfor et kort tidsrum, hvilket kan medføre en væsentlig stigning i signalfejlniveauet samt udfordringer vedrørende udskiftning af et stort antal signalanlæg over en kort tidsperiode. Det bør dog nævnes at forskellige undersøgelser i tilstandsanalysen har påpeget, at der ikke er en entydig sammenhæng mellem sikringsanlæggenes alder og nødvendigheden af at udskifte dem. Dette stemmer overens med Booz Allens internationale erfaringer. Den maksimale levetid er i højere grad en funktion af mulighederne for at skaffe reservedele, ekspertise samt produktsupport fra leverandørerne.

Dog skal det understreges, at det alt andet lige på længere sigt ikke vil være teknisk og økonomisk hensigtsmæssigt at opretholde et stadig stigende efterslæb af fornyelsesarbejde og en stigning i sikringsanlæggenes gennemsnitsalder, idet dette ville betyde en stadig stigende fejlrate.

Den overordnede konklusion af den uafhængige tilstandsvurdering er, at sikringsanlæggenes interne udstyr under en generel betragtning er i 'rimelig' til 'god' tilstand. Der er dog begyndende tegn på, at evnen til at modificere sikringsanlæggene bør betragtes som værende kritisk. F.eks. er det grundlæggende vanskeligt at foretage ændringer i de elektromekaniske anlæg, ligesom at det bliver vanskeligere at skaffe reservedele og relevant teknisk viden til det interne elektroniske udstyr f.eks. til typen DSB 1977.

Sikringsanlæggenes eksterne udstyr vurderes at være 'rimeligt'. Der er dog nogle sikringsanlæg, især i forbindelse med sporisationer og ATC, som udviser en række tilstands- og pålidelighedsproblemer. Disse problemer er ikke nødvendigvis relateret til specifikke geografiske områder, men er af mere generel karakter. Det eksterne udstyr, såsom sporskiftedrev, har en kortere levetid end internt udstyr, eftersom det er udsat for aggressivt miljø og slid. Eksternt udstyr kan dog normalt udskiftes på komponentniveau over en kortere tidsperiode end f.eks. det centrale udstyr i sikringsanlæggene.

Tilstandsundersøgelsen identificerede en række specifikke forhold, som er inkluderet i udviklingen af investeringsstrategierne. Disse er opsummeret i de nedenstående punkter:

- Sporskiftedrev af den nyere type DSB 1994 har en signifikant højere fejlrate, typisk pga. mekaniske forhold. Årsagen kan være uhensigtsmæssig anvendelse af sporskiftedrevene. Banedanmark har igangsat en delvis udskiftning af denne sporskiftedrevtype; dette foretages i princippet uafhængigt af investeringsstrategierne.
- Togdetekteringsudstyret af typen DC er meget udbredt og genererer en del fejl pga. dårlige sporisationer. Forbedringer i fejlraten kan forventes som følge af højere vedligeholdelsesaktiviteter eller ved udskiftning af DC togdetekteringssystemet til en nyere type. Dette vil i de fleste tilfælde kræve mindre modifikation af sikrings- eller linjeblok anlægget.
- ATC-udstyret er i dårlig stand og bidrager med en signifikant høj fejlrate. Banedanmarks tekniske personale har meddelt, at fejlene ofte kan henføres til vandindtrængning i baliserne. Disse forhold blev primært observeret i den østlige del af Danmark i forbindelse med de ældste ATC-installationer, hvor ATC-skabene også er udsat for rustangreb.
- Overkørselsanlæggene har en forholdsvis høj grad af standardisering. Baseret på interviews med det lokale tekniske personale, kan en del af de eksisterende fejl omkring overkørselsanlæggene henføres til modifikationer

og opgraderinger, herunder ledsagende problemer med de tekniske grænseflader.

- Bygninger og tekniskskabe mangler enkelte steder vedligeholdelse for at minimere risikoen for fremtidig vandindtrængning.
- Sikringsanlægget i Esbjerg er i meget dårlig stand, og det udvendige udstyr er rustent pga. saltholdig luft. Dette anlæg kræver en omgående handlingsplan til forbedring af forholdene og en egentlig udskiftning vil sandsynligvis være nødvendig.
- Mekaniske og elektromekaniske sikringsanlæg som f.eks. sikringsanlæggene i Horsens og Struer (type DSB 1912/46) er vurderet som værende ikke økonomiske at modificere, og kritiske reservedele mangler. Disse bør derfor udskiftes snarest muligt.
- Visse komponenter og systemer forældes pga. begrænsninger i adgangen til reservedele og produktsupport fra leverandørerne.
- Computerbaserede sikringsanlæg, DSB 1977, er meget besværlige at modificere pga. manglende dokumentation samt adgang til teknisk ekspertise og få tilgængelige reservedele. Banedanmarks tekniske medarbejdere har f.eks. meddelt i forbindelse med interviews, at leverandøren ikke længere har tekniske eksperter (med nødvendig DSB 1977 systemerfaring), der er i stand til at foretage ændringer i softwaren.
- Der er voksende problemer med at skaffe reservedele til de ældre fjernstyringstyper, hvilket forkorter den estimerede levetid for disse systemer.
- Tilstanden på visse komponenter forværres som følge af slitage og dårligt miljø (såsom sporskiftere og udstyrsbokse).
- Jernbanens effektivitet forringes ikke signifikant pga. signalanlæggenes alder, forudsat, at der er tilstrækkelig adgang til reservedele og teknisk ekspertise, samt at vedligeholdelsesaktiviteterne og budgettet bliver opretholdt og opjusteret til fremtidige behov.

Endeligt skal det påpeges, at inspektionerne konkluderede, at for størstedelen af de relæ-baserede sikringsanlæg er tilstanden 'god' og med tilstrækkelig træning af de ansatte samt en fleksibel proces for indkøb af serviceydelser, vil det være realistisk at antage, at levealderen på disse anlæg kan forlænges.

Dette forudsætter dog en styrkelse af vedligeholdelsesindsatsen, således at den nødvendige ekspertise er til stede såvel som reservedele er til rådighed. Det vil dog være rimeligt at antage, at der må forventes en stigning i de totale vedligeholdelsesomkostninger, når signalanlæggenes levealder skal forlænges.

Resultaterne fra den uafhængige inspektion er også blevet sammenlignet med Banedanmarks Asset Management Data (AMS), og der er udover enkelte undtagelser en god overensstemmelse. AMS-databasen var dog ikke komplet ved Signalanalysen afslutning, men der er ikke fundet væsentlige afvigelser i forhold til de fremsendte data i sammenligning med tilstandsanalysen og AMS-data er derfor generelt blevet anvendt som grundlag for Signalanalysen.

3.5 Estimeret levetid

Idet udskiftningen af sikringsanlæg udgør en væsentlig del af det samlede investeringsbehov, er det nødvendigt at identificere en udskiftningstakt, der modsvarer den aktuelle alder på sikringsanlæggene samt levetidsforventningerne.

Den forventede levetid for de enkelte systemer afhænger af flere faktorer såsom fejlraten, adgang til reservedele og ekspertise, herunder muligheden for opgradering af sikringsanlægget, hvis behovet opstår f.eks. i forbindelse med øget kapacitetsudvidelse eller indførelse af interoperabilitet.

Til brug for den videre analyse, har Booz Allen estimeret levetiderne for de enkelte sikringsanlæg, linieblokke, fjernstyringssystemer, togdetekteringssystemer, samt sporskiftedrev gældende under de nuværende forhold. Disse er vist i tabel 3-1.

Tabel 3-1: Forventet samlet levetid under nuværende forhold

Model	Forventet samlet levetid (år)	Kommentarer og forudsætninger
Mekaniske og elektromekaniske sikringsanlæg	45	Mekaniske og elektromekaniske sikringsanlæg burde have været udskiftet ud fra rene tekniske og økonomiske betragtninger.
Relæ og relægruppe sikringsanlæg	55	Kræver løbende udskiftning af relæer og relægrupper.
Computer og fuld elektroniske sikringsanlæg	35	Kræver udskiftning af udvalgte elektronikkomponenter under fuld produktsupport fra leverandører.
Linieblokke	35	Kan kræve udskiftning af udvalgte elektronikkomponenter under fuld produktsupport fra leverandører.
Fjernstyringssystemer	35	Kan kræve udskiftning af udvalgte elektronikkomponenter under fuld produktsupport fra leverandører.
ATC	30 - 35	Kræver udskiftning af udvalgte elektronikkomponenter under fuld produktsupport fra leverandører.
Togdetekteringssystemer (sporisationer)	50	Estimeret levetid er kortere (40 år) for togdetekteringssystemer med stødlose sporisationer.
Sporskiftedrev	10 - 20	Estimeret levetid afhænger af den aktuelle strækningshastighed ⁸ .
Overkørselsanlæg	25	Kræver løbende udskiftning af relæer og relægrupper.

Estimaterne er baseret på internationale erfaringer under følgende forudsætninger:

- Estimaterne er baseret på, at der ikke foreligger væsentlige fremtidige krav om funktionsudvidelser. Eventuelle behov for fremtidige opgraderinger, som f.eks. krav om øget kapacitet, ændring i sporgeografien og indførelse af interoperabilitet, vil i praksis forkorte sikringsanlæggenes levetid og tages med i betragtning under bestemmelsen af investeringsplanerne, men er ikke medtaget i denne generelle oversigt.
- Fuld produktstøtte fra leverandører er mulig i hele produktets estimerede levetid.

⁸ Kilde: Banedanmark, Eftersyn af sporskiftedrev type VES 1926, DSB 1957, DSB 1979 og DSB 1987, VN 429 14-06-1990.

- Levetidsforlængelse udover designlevetider er mulig gennem en udskiftning af relevante komponenter såsom elektronikkort, hvorved det er muligt at opretholde de relevante godkendelser.

En rapport fra Siemens⁹ beskriver levetidsforlængelsen af ATC-anlægget til 2020, hvilket indikerer en generel levetid på op til 30 år. Booz Allen har estimeret levetiden til 35 år for ATC-anlægget, og Siemens estimat for levetiden synes at være rimelig.

Som et eksempel på estimeret levetid nævnes de computerbaserede sikringsanlæg af typen DSB 1977, der blev installeret i perioden 1981 - 1982. Mangel på kritisk ekspertise til vedligeholdelse af softwaren samt problemer med adgangen til reservedele har affødt et ønske om en snarlig udskiftning af disse anlæg. Under forudsætning af en realistisk programafvikling¹⁰ og en mulig udskiftning af disse i alt 21 anlæg i perioden 2011 - 2016, ville disse anlæg opnå en alder mellem 30 og 35 år.

3.6 Estimeret udskiftningstakt

Mekaniske og elektromekaniske sikringsanlæg burde som nævnt have været udskiftet ud fra rene tekniske og økonomiske betragtninger. Reservedele er ikke umiddelbart tilgængelige, og sikringsanlæggene er besværlige at opgradere pga. mangel på ekspertise. Anlæggene kan heller ikke umiddelbart fjernstyres.

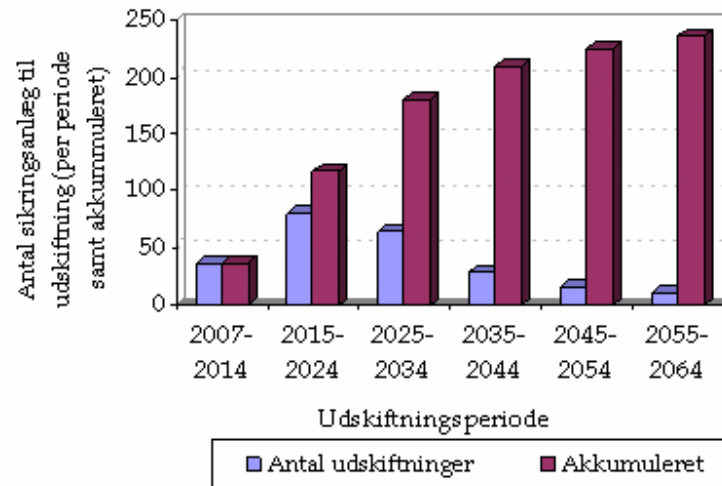
Levetiden for de computerbaserede sikringsanlæg er generelt estimeret til 35 år. I praksis vil fremtidige behov for opgraderinger, kombineret med eventuel mangel på ekspertise til vedligeholdelse af softwaren, betyde at disse anlæg skal udskiftes tidligere end de estimerede generelle levetider. Dette er taget i betragtning i investeringsplanerne i kapitel 4.

Ved at sammenholde de generelle forventede levetider med den aktuelle aldersprofil kan den principielle udskiftningstakt bestemmes som vist i figur 3-5 nedenfor. Den gennemsnitlige alder for sikringsanlæggene er 32 år.

⁹ Kilde: Siemens, Analyserapport for Levetidsforlængelse af ATC – Fase anlæg. 20-04-2006.

¹⁰ En realistisk programafvikling vil kræve tid til udvikling og godkendelse af ny sikringsanlægstype og mindst fem år skal derfor påregnes til hele programmet fra 2006 før en ibrugtagning kan forventes tidligst i 2011.

Figur 3-5: Udskiftning af alle sikringsanlæg alene baseret på generelle levetider



I perioden 2007 - 2014 bør minimum 35 sikringsanlæg udskiftes, primært de elektromekaniske sikringsanlæg samt de ældre relæbaserede sikringsanlæg. De computerbaserede af typen DSB 1977 bør udskiftes snarest muligt og senest 2016. Dertil skal medregnes tidligere udskiftninger for nogle af sikringsanlæggene med henblik på kapacitetsudvidelse samt indførelse af interoperabilitet.

Figuren viser også, at omkring 50 pct. af sikringsanlæggene bør udskiftes i perioden frem til 2024. Ca. 25 pct. bør udskiftes i de efterfølgende ti år frem til 2034. Det fremgår således, at hovedparten af alle sikringsanlæg bør fornyes i en 10 - 20-årig periode efter udløbet af den nuværende rammeaftale.

Beregningerne viser at udskiftningerne bør startes snarest muligt. Behovet for udskiftninger er som beskrevet stigende over tid indtil 2034, men den konkrete udskiftningstakt bør primært bestemmes ud fra de tre strategier især under hensynstagen til behovet for kapacitetsudvidelse og funktionalitet, indførelse af interoperabilitet og/eller en forbedring af kanalregularitet. Disse forhold behandles i kapitel 4.

Tabel 3-2 viser efterslæbet for de enkelte hovedgrupper af signalaktiver samt den procentvise udskiftningstakt baseret på alderen alene. Formålet med disse oplysninger er at definere en udskiftningstakt, som kan danne et 'fast' referencegrundlag for udarbejdelsen af investeringsplanen for hver af signalstrategierne.

Tabel 3-2: Den estimerede udskiftningstakt baseret på alder og estimeret levetid for udvalgte signalaktiver

År	Efter- slæb	2007 - 2014	2015 - 2024	2025 - 2034	2035 - 2044	2045 - 2054	Efter 2055	Ukendt	Total
Sikringsanlæg	5 pct.	9 pct.	35 pct.	26 pct.	15 pct.	6 pct.	4 pct.	-	100 pct.
Linieblok	26 pct.	32 pct.	21 pct.	12 pct.		9 pct.		-	100 pct.
Overkørselsanlæg	62 pct.	5 pct.	6 pct.	6 pct.	-	-	-	21 pct.	100 pct.
Centrale fjernstyringsanlæg	13 pct.	1 pct.	15 pct.	68 pct.	3 pct.				100 pct.
Understationer for fjernstyringsanlæg	23 pct.	10 pct.	29 pct.	28 pct.				11 pct.	100 pct.

Efterslæbet er anseeligt for understationer for fjernstyringsanlæg (23 pct.), linieblokanlæg (26 pct.) og overkørselsanlæg (62 pct.). Efterslæbet på sikringsanlæg (5 pct.) vedrører de elektromekaniske anlæg. I perioden 2015 til 2034 bør 67 pct. af sikringsanlæggene være udskiftet for at forebygge en mulig forværring af signalfejlraten.

Banedanmarks Asset Management Data (AMS) indeholder ikke oplysninger om alderen på det eksterne udstyr som f.eks. signaler, togdetekteringsanlæg og sporskiftedrev. Alderen på signaler og togdetekteringsanlæg vil dog typisk være på niveau med det tilhørende sikrings- eller linieblokanlæg. Sporskiftedrev har typisk en estimeret levetid på 10-20 år, hvilket indikerer at disse udskiftes løbende og dermed ikke har opbygget et betydeligt efterslæb.

Beregningen er foretaget ved at sammenholde aktivernes alder med de estimerede levetider defineret i tabel 3-1. Dette definerer det tidspunkt, hvor de enkelte aktiver bør udskiftes. Anlæg med estimerede udskiftningstider før 2007 er blevet summeret og udgør det nuværende efterslæb.

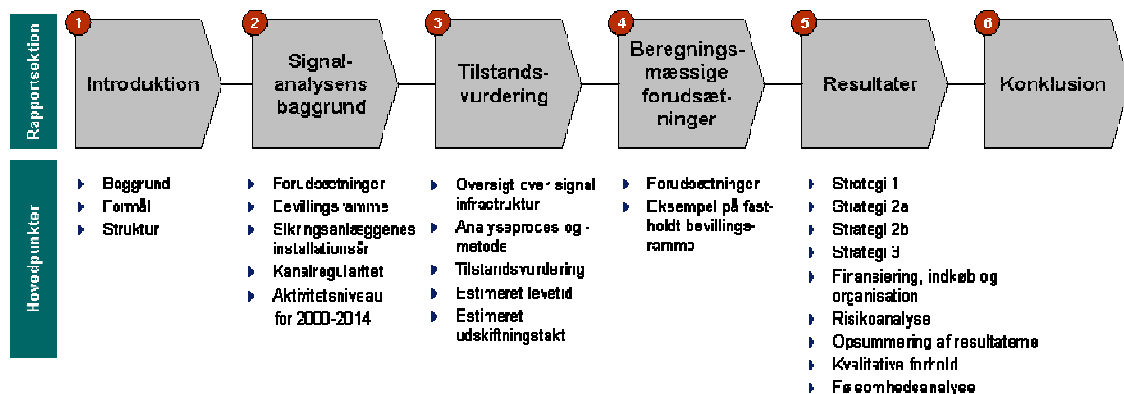
De økonomiske konsekvenser af efterslæbet samt udskiftningstakten beskrives nærmere i kapitel 5.

4 BEREGNINGSMÆSSIGE FORUDSÆTNINGER

4.1 Introduktion

Dette kapitel beskriver de beregningsmæssige forudsætninger for investeringsanalysen for de enkelte investeringsstrategier. Udgangspunktet er de overordnede forudsætninger samt infrastrukturens tilstand jf. kapitlerne 2 og 3.

Figur 4-1: Rapport oversigt



Som nævnt er Signalanalysen fokuseret omkring investeringsstrategierne, jf. kapitel 1. Booz Allen har dog under udarbejdelsen af disse aftalt med Banedanmark og de øvrige parter i Banestyregruppen, at det vil fremme analysen, hvis den oprindelige strategispecifikation bliver ændret på følgende vis:

- Der udvikles et "Eksempel på fastholdt bevillingsramme", hvilket redegør for nødvendigheden af en ændring af aktivitetsniveauet og dermed finansieringsrammen. Eksemplet er ikke tænkt som et strategisk alternativ.
- Der udarbejdes to varianter af strategi 2, således at analysen omfatter strategi 2a (optimering i forhold til samfundsøkonomisk rentabilitet) og 2b (maksimering af kanalregularitet).

"Eksempel på fastholdt bevillingsramme" opererer med den hovedantagelse, at den årlige bevillingsramme i fremtiden fastholdes på det nuværende niveau. Investeringsniveauet er baseret på en løbende fornyelse af signalaktiverne, men på et meget lavere niveau end investeringsstrategierne. "Eksempel på fastholdt bevillingsramme" kan derfor bedst beskrives som scenariet at "fortsætte som hidtil". "Eksempel på fastholdt bevillingsramme" er behandlet kursorisk, idet formålet udelukkende er at skabe et bedre grundlag for at forstå de potentielle konsekvenser omkring den nuværende bevillingsramme, hvis den fastholdes på længere sigt. Den afsluttende sektion i indeværende kapitel behandler det gennemførte "eksempel på fastholdt bevillingsramme" nærmere.

Opdelingen af strategi 2 i to varianter er gennemført ud fra en forventning om, at der kan være interesse i at belyse den oprindelige strategi 2 ud fra et kanalregularitetsperspektiv. Signalanalysen omfatter derfor fire investeringsstrategier for signalområdet:

- Strategi 1 – *Løbende fornyelse* – Udskiftning baseret på den bedst mulige anvendelse af den eksisterende trafikaftaleramme frem til 2014.
- Strategi 2a – *Intensiveret fornyelse* – Udskiftning baseret på reduktion af efterslæb, med omfang af vedligeholdelsesomkostninger og kanalregularitet, optimeret i forhold til samfundsøkonomisk rentabilitet.
- Strategi 2b – *Intensiveret fornyelse* – Udskiftning baseret på reduktion af efterslæb, med omfang af vedligeholdelsesomkostninger og kanalregularitet, optimeret i forhold til maksimering af kanalregularitet.
- Strategi 3 – *Udskiftning* – Total og hurtig udskiftning af eksisterende signalanlæg med henblik på at opnå tidlige fordele med bedre kanalregularitet og omkostningseffektivitet gennem bedre kontrakter samt skift i anvendelsen af tekniske standarder og driftsregler. Det nye system vil opfylde EU's krav om indførelse af ERTMS.

4.2 Forudsætninger for udarbejdelsen af investeringsplanerne

4.2.1 Generelle forudsætninger

Forskellen mellem strategierne 1, 2a og 2b er på kort sigt primært relateret til det aktuelle investeringsniveau i forbindelse med fornyelsen af eksisterende sikringsanlæg og øvrige signalaktiver. Forskellen er et resultat af, at strategi 1 opererer med en begrænset bevillingsramme frem til 2014, hvorimod strategi 2 muliggør et højere investeringsniveau på basis af enten optimering af samfundsøkonomiske forhold (strategi 2a) eller forbedringer i kanalregularitet (strategi 2b).

For alle strategier er udgangspunktet, at investeringsplanen og prioriteringen fokuserer på en fornyelse af forældede anlæg, som enten er i dårlig stand, har lav restlevetid eller hvor det er meget svært at foretage modifikationer.

I princippet kan udgangspunktet for fornyelsen basere sig på følgende metoder:

- Anlægsbestemte udskiftninger
- Teknologibaserede udskiftninger
- Strækningsvise udskiftninger

Anlægsbestemte udskiftninger vil udskifte aktiverne enkeltvis, når den estimerede levetid er nået, eller når det er mere omkostningseffektivt at udskifte frem for at vedligeholde. Anlægsbestemte udskiftninger vil typisk ikke forbedre de tekniske grænseflade-problemstillinger i forhold til den nuværende situation.

Fremgangsmåden vil typisk kun levere marginale forbedringer i kanalregulariteten.

Teknologibaserede udskiftninger vil forny en given type anlæg med nyere teknologi. Fremgangsmåden vil typisk levere en forbedring af livscyklusomkostningerne, og den giver gode muligheder for forbedret kanalregularitet som følge af bedre systemegenskaber. Teknologibaserede udskiftninger vil typisk resultere i nye tekniske grænseflade-problemstillinger, idet den nye teknologi skal kunne fungere sammen med andre eksisterende typer af signalaktiver. Dette kræver, at de tekniske grænsefladeproblemer bliver løst på tilfredsstillende vis. Udskiftningen vil typisk indebære høje omkostninger, idet mange anlæg udskiftes på samme tid og processen tager ikke hensyn til tilstanden af de enkelte anlæg.

Strækningsvise udskiftninger vil forny en given strækning baseret på ny teknologi og en optimeret specifikation for hele strækningen. Strækningsvise udskiftninger vil reducere grænseflade-problemstillingen. Fremgangsmåden leverer typisk en væsentlig forbedring af både livscyklusomkostningerne og regularitet som følge af bedre specifikation og systemegenskaber. Udskiftningen vil typisk indebære høje omkostninger i forbindelse med udskiftningen af alle anlæg på strækningen uanset tilstand og alder, og metoden optimerer derfor ikke omkostningerne på kort sigt.

Strategierne anvender forskellige metoder til fornyelsen af aktiverne afhængig af formål. Dette er beskrevet nærmere i nedenstående tabel 4-1.

Tabel 4-1: Beskrivelse af de forskellige principper for fornyelse af aktiver

Strategi	Beskrivelse
Strategi 1 har begrænset budget indtil 2014 og det nødvendige budget derefter	- Hovedparten af aktiverne udskiftes anlægsbestemt, dvs. enkeltvis. - Teknologibaserede udskiftninger forekommer for at håndtere sikkerhedsniveauet samt med henblik på udskiftning af ældre aktiver såsom sikringsanlæg, togdetekteringsanlæg og sporskiftedrev. - Strækningsvis udskiftning anvendes f.eks. i forbindelse med udskiftning af sikringsanlæg på S-banen.
Strategi 2a har det nødvendige budget	- Hovedparten af aktiverne udskiftes anlægsbestemt, dvs. enkeltvis. - Teknologibaserede udskiftninger kan forekomme med det formål at håndtere sikkerhedsniveauet samt med henblik på udskiftning af ældre aktiver. - Strækningsvis udskiftning anvendes f.eks. i forbindelse med udskiftning af sikringsanlæg på S-banen.
Strategi 2b har det nødvendige budget og søger at optimere kanal-regulariteten	- Udskiftning af aktiverne mellem 2007 - 2014 udskiftes anlægsbestemt, dvs. enkeltvis. Herefter anvendes strækningsvis udskiftning. - Teknologibaserede udskiftninger forekommer mellem 2007 og 2018 for at håndtere sikkerhedsniveauet samt udskiftning af ældre aktiver. - Strækningsvis udskiftning forekommer fra 2015 f.eks. i forbindelse med udskiftning af sikringsanlæg på S-banen.
Strategi 3 har det nødvendige budget og søger at levere ERTMS snarest muligt	- Teknologibaserede udskiftninger forekommer for at håndtere sikkerhedsniveauet samt med henblik på udskiftning af ældre aktiver. - Strækningsvis udskiftning forekommer fra 2010 f.eks. i forbindelse med udskiftning af sikringsanlæg på fjernbane og S-banen.

Tilstandsanalysen har identificeret følgende projekter på fjernbanen, som bør gennemføres umiddelbart. Dette er gældende for strategierne 1, 2a og 2b.

Udskiftning af Esbjerg signalanlæg

- Udskiftning af elektromekaniske sikringsanlæg
- Udskiftning af computer baserede af typen DSB 1977 (21 anlæg)

På S-banen er følgende projekt prioriteret:

- Udskiftning af Lyngby - Holte - Hillerød sikringsanlæg

4.2.2 Udskiftning af ATC og introduktion af ERTMS

Leverandøren af ATC-systemet har i en rapport for Banedanmark og Trafikstyrelsen, udarbejdet og fremsendt dokumentation for en mulig levetidsforlængelse af det eksisterende ATC-system til 2020¹¹. Som beskrevet i

¹¹ Kilde: Siemens, Analyserapport for Levetidsforlængelse af ATC – Faste Anlæg, 24.04.2006.

kapitel 3 svarer dette til en estimeret levetid på 30 år. Booz Allen har generelt estimeret togkontroludstyr til at have en levetid på 35 år, men 2020 fastholdes som det seneste tidspunkt for udskiftningen som forudsætning for implementeringsplanerne.

Alle strategier forudsætter en total udskiftning af ATC-systemet i hele landet og indførelse af ny teknologi, i overensstemmelse med ERTMS. Som det fremgår af den overordnede strategibeskrivelse, er tidshorisonten for udskiftningen samt varianter af ERTMS, de væsentligste differentieringsfaktorer mellem de enkelte strategier. ERTMS er en del af EU's krav om interoperabilitet, dvs. togenes evne til uhindret at kunne operere over landegrænser.

ERTMS-niveau 1 er et signalsystem, der opfylder kravene til interoperabilitet for togkontrolsystemer gennem anvendelse af traditionelle signaler. ERTMS-niveau 1 har et sikkerhedsniveau samt kapacitet svarende til det eksisterende ATC-togkontrolsystem.

ERTMS-niveau 2 er et signalkoncept, der anvender GSM-R datakommunikation og førerrumssignalling på det rullende materiel med eller uden ydre signalgivning langs sporene. Systemet, der anvendes i strategierne 2b og 3, er et såkaldt niveau 2 system med minimal ydre signalgivning. Yderligere investeringer i GSM-R data transmission er derfor påkrævet under ERTMS-niveau 2. Tograngering på stationerne vil dog stadig kræve ydre fysiske signaler.

Introduktion af ERTMS har en direkte økonomisk konsekvens for operatørerne, idet det rullende materiel skal monteres med nyt udstyr. Den reelle merinvestering er dog beskeden for nyt rullende materiel, idet prisforskellen mellem ATC og ERTMS for det rullende materiel er marginal. Implementering af ERTMS forventes at reducere fejlniveauet og give rettidighedsgevinster til passagererne og operatørerne.

Efter 2014 resulterer strategierne 1 og 2a også i en etablering af ERTMS. Begrundelsen herfor er Transport- og Energiministeriets udlægning af EU's minimumskrav¹² vedrørende interoperabilitet i forbindelse med udskiftningen af det eksisterende ATC-system. Det forudsættes således, at ATC-systemet, når det er nødvendigt/formålstjenstligt at udfase dette, erstattes med ERTMS. Dette sikrer, at investeringsplanerne opfylder de europæiske minimumskrav til indførelse af interoperabilitet for togkontrolsystemer.

ERTMS-niveau 2 er valgt for strategierne 2b og 3, fordi det muliggør en forbedring i kanalregulariteten, reduktion af omkostninger i form af reduceret ydre signalgivning samt muligheden for øget togtrafik i form af større kapacitet. I Signalanalysen er kapacitetsfordelene ved ERTMS-niveau 2 ikke kvantificeret.

¹² Notat: Transport- og Energiministeriet, 19.04.06.

Fordelene indregnes udelukkende i form af forbedret kanalregularitet. Dette er identisk med det metodegrundlag, som for eksempel ERTMS-projektet i Storbritannien har arbejdet med. Her har man valgt at fokusere den økonomiske evaluering på regularitesfordelene. Først senere i projektforløbet, hvor man har opnået en bedre forståelse omkring de væsentligste økonomiske faktorer, er de kapacitetsforbedrende elementer ved ERTMS-niveau 2 på engelske skinner blevet inddraget i analysearbejdet.

Omkostninger i forbindelse med levetidsforlængelse af ATC er inkluderet i alle strategier. Disse er oplyst af Siemens¹³ og muliggør levetidsforlængelse fra 2011 – 2020. De totale omkostninger til leverandøren er 211 mio. kr. Yderligere investeringer på 15 mio. kr. er påkrævet i forbindelse med det rullende materiel¹⁴. Banedanmarks egne projektomkostninger er også medregnet i analysen.

4.2.3 GSM-R voice radio system og data kommunikation

I samtlige signalstrategier forudsættes det, at et GSM-R voice radio system installeres som erstatning for det eksisterende analoge togradsystem. Totale omkostninger til dette er ca. 300 mio. kr.¹⁵, som er medregnet i perioden 2009 – 2011.

I de strategier hvor der installeres ERTMS-niveau 2, er der som allerede nævnt behov for yderligere investeringer i GSM-R datakommunikation. De totale anlægs- og vedligeholdelsesomkostninger over en 30-årig periode er omkring 600 mio. kr.¹⁶ Disse yderligere investeringer er inddraget i den samlede "business case" for de strategier, hvor det har relevans. Det samme gælder for ekstra investeringer i transmissionsnetværket. I det omfang disse omkostninger er nødvendige for udbygning af signalsystemet er disse også inddraget i en samlet "business case" for den pågældende signalstrategi. GSM-R omkostningerne ved voice radio system er vist separat, idet de bliver betragtet som ekstra omkostninger udover den eksisterende bevillingsramme. Det er Booz Allens forståelse, at midler allerede er blevet afsat til dette formål. Midler er dog endnu ikke afsat til GSM-R data kommunikation.

¹³ Notat: Analyserapport for levetidforlængelse af ATC – faste anlæg, Siemens, 24.04.2006.

¹⁴ Estimeret med hjælp fra Banedanmark.

¹⁵ Estimeret værdi, afoenter ny information fra TIT projektet. Opdateret "business case" foreligger 12. august og det formodes, at installationsomkostningerne er steget til 365 mio. kr.

¹⁶ Notat: Konsekvenser for Tele, IT&Transmissionsområdet af de tre signalstrategier, Banedanmark, 7. juli 2006.

4.2.4 Grænseflade til Øresundsforbindelsen

Generelt forudsætter investeringsplanerne, at der udvikles og leveres en STM-baseret løsning således at ERTMS-udrustede tog i overgangsperioden kan kommunikere med en infrastruktur, der indeholder både det eksisterende ATC-udstyr samt det nye ERTMS-udstyr indtil ATC-systemet helt nedtages.

Implementeringsplanerne forudsætter, at danske og svenske tog, der anvender Øresundsforbindelsen, vil blive udrustet med en STM. Dermed bliver udrulningsplaner for dansk ERTMS på kystbanen mindre afhængig af udrulningsplanerne for ERTMS på den svenske infrastruktur. I alt udstyres 37 tog med en STM.

4.2.5 København - Ringsted

En eventuel beslutning og senere gennemførelse af København - Ringsted kapacitetsprojektet vil kunne påvirke vurderingen af signalstrategierne med meromkostninger på op til 50 mio. kr. København - Ringsted projektet vil dog kræve en installation af ERTMS på det rullende materiel tidligere end hvis projektet ikke var besluttet. Indvirkninger på de forskellige strategier er behandlet som en del af følsomhedsanalysen. Specifikt betyder det, at for hver af de tre strategier identificeres omkostninger, risici og timing relateret til udrustningen af det rullende materiel.

Det bør dog nævnes, at et valg af signalstrategi baseret på Signalanalysen, vil definere rammerne for teknologibeslutningen relateret til København - Ringsted. F.eks. vil et valg af strategi 1 i Signalanalysen betyde at det, alt andet lige, vil være naturligt at indføre en ERTMS-niveau 1 løsning på København - Ringsted.

Der er blevet foreslået forskellige projekter til at udvide kapaciteten mellem København og Ringsted. De mest aktuelle omhandler en ny jernbanelinie (2016) eller et nyt femte spor (2016). Projekterne har forskellige investeringsbehov.

4.2.5.1 København - Ringsted ny jernbane linje

Krav til interoperabilitet nødvendiggør ny infrastruktur, der baserer sig på anvendelsen af ERTMS. I strategierne 1 og 2a, er det forudsat, at linjer med ATC bliver udskiftet med ERTMS-niveau 1. Udgangspunktet for en ny jernbane vil derfor være at installere ERTMS-niveau 1 udstyr, hvilket inkluderer jernbanesignaler og baliser. Dette betyder, at tilstrækkelig mange tog bør udstyres med ERTMS inden åbningen af den nye jernbane i 2016.

Den nuværende investeringsplan for rullende materiel i strategierne 1 og 2a må derfor forudsætte installation af ERTMS-niveau 1 omkring 2014/2015 med færdiggørelse inden 2017.

I strategierne 2b og 3 vil ERTMS-niveau 2 være implementeret mellem Ringsted og København mellem 2016/17 (2b) og 2015/16 (3). Hvis der forudsættes en

åbning i 2016, vil der være et tilstrækkeligt antal tog udstyret med ERTMS, og der vil ikke være behov for investering i yderligere udstyr.

4.2.5.2 København – Ringsted femte spor

En mulig udvikling af et femte spor mellem København og Ringsted er kompleks at belyse.

I strategierne 1 og 2a er det nødvendigt at udarbejde grænseflader til eksisterende sikringsanlæg. Disse omfatter Godsbanegården, Ny Ellebjerg, Hvidovre Fjern, Glostrup, Høje Taastrup og Roskilde. Mulighederne for at modificere eksisterende sikringsanlæg er ikke kendte på nuværende tidspunkt.

Eftersom ATC-systemet forudsættes udskiftet med ERTMS-niveau 1 i 2020 i strategierne 1 og 2a betyder dette, at den nye linje bør udrustes med den samme type af udstyr (ERTMS-niveau 1) for at minimere antal typer af togkontrolanlæg. Det vil i disse strategier muligvis være nødvendigt, at påbegynde installationen af ERTMS-udstyr på det rullende materiel før 2014.

I strategi 2b, skal tidsplanerne koordineres, idet ERTMS ikke vil blive installeret i København før 2017. En acceleration af ERTMS-installationen vil skabe højere leveringsrisiko, men denne kan muligvis minimeres, hvis man kun anvender ERTMS-udrustede tog på det nye spor fra starten.

I strategi 3 vil sikringsanlæggene blive udskiftet omkring 2016, hvilket passer med introduktionen af et femte spor, hvor alle tog også bliver udstyret med ERTMS. Derfor vil design- og installationsarbejde blive inkluderet i det nye projekt.

4.2.6 Krav om interoperabilitet for togkontrollsystemet

Det tidligste tidspunkt, hvor fjernbanerne imødekommer de europæiske minimumskrav til interoperabilitet for togkontrollsystemer er i 2016 (strategi 3) og i 2020 i de øvrige strategier. Minimumskraverne er baseret på de forudsatte EU-rammekrav¹⁷. De specifikke forudsætninger er beskrevet nedenfor:

- Alle investeringsstrategier tager hensyn til et sandsynligt behov for at kunne køre med ERTMS på den svenske side af Øresundsforbindelsen fra omkring 2010. I alt kræver dette, at 24 togsæt og 13 godslokomotiver udstyres med ERTMS og STM, således at de kan operere over Øresundsforbindelsen. Omkostningerne forbundet hermed er beregnet til 44 mio. kr.
- Levetidsforlængelse af det eksisterende ATC-system fra 2011 sikrer fortsat anvendelighed indtil 2020. Før 2020 er det nødvendigt at udskifte ATC-systemet med en ERTMS-løsning for at imødekomme

¹⁷ Notat: Transport- og Energiministeriet, 19.04.06.

interoperabilitetskravene. Installationsløsningen skal være baseret på enten ERTMS-niveau 1 eller -niveau 2. Det vil være nødvendigt med en overgangsperiode på omkring fire til fem år, hvor det rullende materiel skal udstyres med en STM.

- I strategi 2b bliver det rullende materiel udstyret med ERTMS-niveau 2. Der er behov for en STM i overgangsperioden, således at det rullende materiel kan operere på strækninger, hvor ATC-systemet endnu ikke er udskiftet.
- I strategi 3 er det rullende materiel udstyret med ERTMS-niveau 2 omkring 2016. Der er behov for en STM i overgangsperioden.

4.2.7 Trafikstyring

I Signalanalysen indgår betragtninger vedrørende rationaliseringer af medarbejderstaben, der er ansvarlig for trafikstyringen, som funktion af konsolidering af fjernstyringssystemerne. Forudsætningerne for trafikstyring for hver strategi er beskrevet nedenfor:

- I strategierne 1 og 2a, forventes der lokale driftsbesparelser frembragt af konsolideringen til ét S-bane kontrolcenter. Derimod forekommer der ingen væsentlige driftsbesparelser fra kontrolcenterkonsolidering på nationalt niveau. Der er ikke grundlag for at rationalisere yderligere, hvilket skyldes de høje omkostninger (ca. 17,5 mio. kr.)¹⁸ til at flytte et eksisterende kontrolcenter til et nyt regionalt center.
- I strategi 2b, muliggør installation af ERTMS en konsolidering af kontrolcentre til 3 centre nationalt. Fredericia behøver en opgradering, som koster ca. 130 mio. kr., og det vil være nødvendigt med en investering på ca. 270 mio. kr. i et nyt kontrolcenter i København, hvor det er muligt både at kontrollere Fjernbane og S-bane i samme bygning.
- I strategi 3 er det muligt at gennemføre den samme konsolidering som i strategi 2b med tilhørende fornyelsesinvesteringer.
- I princippet vil man kunne konsolidere til et kontrolcenter for hele fjernbanen. I praksis vil der dog være behov for backupsystemer for at imødegå en risiko for totalt nedbrud. Dette leder til princippet om anvendelse af to kontrolcentre, der også kan fungere som hinandens backup-centre. Vurderingen er derfor, at man kan operere med en målsætning om at konsolidere til to nationale kontrolcentre på fjernbanen samt ét kontrolcenter

¹⁸ Baseret på Banedanmarks egne notater samt drøftelser med Banedanmark:

i Banedanmark, Katalog over effektiviseringsmuligheder i Trafikproduktion, juli 2005.
ii Banedanmark, Foranalyse fjernstyring, statusnotat, 05.05.06.

for S-banen.

Analysen af driftsbesparelserne ved konsolidering af trafikstyringen er blevet udviklet af Booz Allen i samarbejde med Banedanmarks 'Drift Trafikstyring'. Besparelspotentialet er blevet sammenlignet med tidligere studier og opdateret gennem relevante interviews. Omkostninger for København og Fredericia er blevet estimeret på baggrund af trafikstyringsdata baseret på informationer om fjernstyringscentret i Århus.

4.2.8 Sikkerhed

I Signalanalysen tages der hensyn til sikkerhedsniveauet. Banestyregruppen har ikke fremsat specifikke krav til en forhøjelse af trafiksikkerheden som grundlag for Signalanalysen.

Ingen af investeringsstrategierne forringer det nuværende sikkerhedsniveau. Fornyelsen af ATC-systemet forventes at resultere i en udbygning af togkontrolsystemet og dermed et højere sikkerhedsniveau, end tilfældet er i dag. I strategierne 1, 2a og 2b vil det meste af landet blive dækket med et togkontrolsystem. I strategi 3 vil hele jernbanenettet blive dækket.

4.2.9 Migrationsplaner

I investeringsplanerne indbygges migrationsprojekter, hvor Banedanmark har mulighed for at teste og demonstrere kritiske elementer før videre udrulning gennemføres.

Flere kriterier lægges til grund for udvælgelsen af migrationsprojekter såsom alderen og tilstanden af eksisterende sikringsanlæg/linieblok.

Booz Allens plan for installation af ERTMS-niveau 2 baseres på en vurdering af ERTMS-implementeringsforholdene i Danmark samt international erfaring fra Holland og Storbritannien. Booz Allen har defineret migrationsplaner, som bør sikre at de tekniske og driftsmæssige forhold er udviklet før en omfattende installation påbegyndes på hovedstrækningerne. ERTMS-installationen starter i det nordlige Jylland og bevæger sig mod København (se endvidere kortene for strategierne 2b og 3 i kapitel 5). Fremgangsmåden muliggør, at pålideligheden af det nye udstyr kan påvises i praksis, og driftsmæssige erfaringer kan akkumuleres. Endvidere er det muligt at begrænse antallet af situationer, hvor togene bevæger sig ind og ud af ERTMS-områder.

Migrationsplanen tager også hensyn til behovet for at opretholde togdriften med et minimum af forstyrrelser i installationsperioden.

Investeringsplanen for det rullende materiel er udviklet under hensyntagen til planen for den øvrige infrastruktur på jernbanen. Der skal allokeres tilstrækkelig lang tid til installationsarbejdet, således at forstyrrelser i togdriften minimeres.

På strækningen fra Lyngby til Hillerød er der stadig ældre typer sikringsanlæg i drift. Placeringen på den nordlige del af S-banenetværket gør strækningen til en ideel migrationsstrækning i forbindelse med fornyelsen af signalsystemet på S-banen, idet testning og installation kan foretages uden direkte indvirkning på de centrale strækninger. I alle investeringsstrategierne foretages Lyngby – Hillerød S-bane fornyelsesprojektet omkring 2010. I forbindelse med strategierne 1 og 2a bliver den resterende del af S-banen ikke fornyet før 2015 – 2017. I de øvrige strategier gennemføres fornyelsen i perioden 2011 – 2013, hvilket er før ERTMS-niveau 2 udrustningen i Københavnsområdet foretages. Dette gøres med henblik på at minimere den samlede programrisiko.

4.2.10 Installation af ERTMS på det rullende materiel

Den grundlæggende strategi for indførelse af ERTMS på rullende materiel baserer sig på anvendelse af STM i overgangsperioden, hvilket muliggør funktionsdygtighed med både ATC-udstyr og ERTMS.

I strategierne 1 og 2a, skal ERTMS-niveau 1 være installeret inden 2020 på alle linjer, der på nuværende tidspunkt er udstyret med ATC. For at imødekomme denne tidsplan er det nødvendigt at begynde installationen af udstyret omkring 2014. Togene skal være udrustet med ERTMS før nedtagning af ATC senest i 2020.

I strategierne 2b og 3, skal ERTMS-niveau 2 være installeret mellem 2016 og 2020 med forskellige investeringsplaner for hver strategi. For at opfylde denne tidsplan er det nødvendigt at starte installationen omkring 2010.

ERTMS-implementeringsplanen for det rullende materiel er blevet udviklet i samarbejde med tog- og godsoperatørerne¹⁹. Planen for rullende materiel inkluderer detaljer vedrørende litra, ejerskab samt forventet levetid af det rullende materiel, hvilket er fastsat til 25 år, for alle DSB tog i Danmark. Togbestanden antages at forblive uændret over tid.

Nuværende togtyper, såvel som de der forventes at være i drift i 2012, er blevet sammenlignet med driftskravene på Banedanmarks jernbanenet. Dette har skabt en forståelse for sammenhængen mellem nødvendigheden af ERTMS-installationen på infrastrukturen og på rullende materiel.

Investeringsplanen for det rullende materiel bygger på følgende centrale forudsætninger:

- Forudsætninger fra tidligere studier og internationale projekter er blevet anvendt i vid udstrækning²⁰. Det gælder f.eks. ERTMS-investeringsplanen

¹⁹ Møde med DSB den 03.05.2006 med efterfølgende korrespondance og separate diskussioner med Railion.

²⁰ Banedanmark:ETCS niveau 2, installation i rullende materiel, 21.06.05.

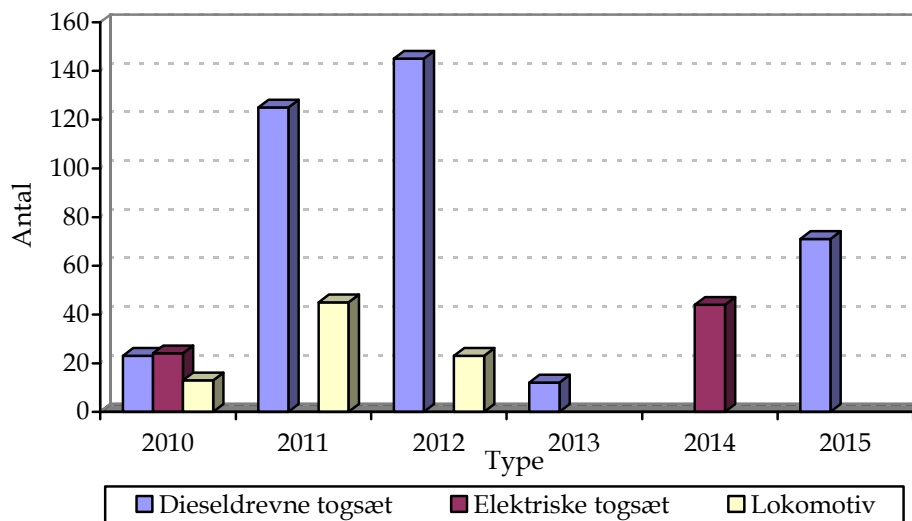
anvendt i Storbritannien, der er blevet udviklet i samarbejde med relevante togoperatører og leverandører i 2005. Tidligere studier inkluderer estimerer for ERTMS-installationstider for det rullende materiel.

- Investeringsplanen er blevet udviklet og testet med DSB gennem møder og adskillige diskussioner. To tog per litra klasse kan på hvilket som helst tidspunkt sendes til ERTMS-montage uden betydelige driftsmæssige konsekvenser. Dette understøtter den generelle forudsætning om, at maksimalt 10 pct. af togene kan undværes samtidigt til selve ERTMS-installationen (5 pct. i myldretiden). Fem procent grænsen er valgt som den øvre grænse.

Investeringsplanen viser, at det vil tage ca. tre til fire år at installere ERTMS-udstyret i de mere end 500 tog. Dertil skal medregnes et mindre antal arbejdskøretøjer samt rullende materiel fra andre operatører, hvilket f.eks. indbefatter Amtsbanerne, der enkelte steder også anvender Banedanmarks infrastruktur.

Figur 4-2 nedenfor viser, hvornår det rullende materiel udstyres i strategi 3. Tilsvarende planer eksisterer for de øvrige investeringsstrategier og er beskrevet nærmere i kapitel 5.

Figur 4-2: Tog installation – antal per år



4.2.11 Signalreglement

Det eksisterende signalreglement (SR75) reflekterer de oprindelige krav til driften af jernbanen omkring 1975 og daterer sig oprindelig tilbage fra 1919. I princippet baserer signalreglementet sig på manuel betjente stationer, hvilket ikke længere er udgangspunktet for moderne togkontrolsystemer og fjernstyring samt indførelse af interoperabilitet.

I strategierne 1 og 2a, hvor ATC-systemet vil blive erstattet af ERTMS-niveau 1, og ERTMS installeres på Øresundsforbindelsen fra omkring 2009/10, vil der være behov for en opdatering af signalreglementet, der skal være gennemført inden den endelige udrulning af ERTMS.

I strategierne 2b og 3 vil udrulningen af ERTMS-niveau 2 med minimal ydre signalgivning betyde så væsentlig anderledes krav til instruktionerne, at det ikke vil være hensigtsmæssigt at fortsætte med det eksisterende signalreglement.

Diskussionerne har i Signalanalysen været koncentreret om, hvordan signalstrategierne vil blive udviklet under hensyntagen til signalreglementet. Der er specielle problemstillinger i overgangsperioden forbundet med konventionelle signalsystemer (med eller uden ATC) og introduktionen af ERTMS. Her tænkes specielt på situationer, hvor lokoføreren kører ind og ud af forskellige jernbanesystemer med forskellige togkontrolsystemer.

Det er ikke enkelt at finde acceptable løsninger på disse problemstillinger, herunder det forhold, at en lokofører bliver nødt til at lære at køre under forskellige typer af signalsystemer med et ERTMS-indrettet førerbord.

Med udgangspunkt i internationale erfaringer er disse problemstillinger ved at blive løst specielt igennem introduktionen af ERTMS, der muliggør togdrift med forskellige signalsystemer over landegrænser. Ud fra tekniske og sikkerhedsmæssige overvejelser burde problemstillingerne være begrænsede. Der kan dog være forhandlingsmæssige udfordringer med at tilfredsstille operatørerne, lokoførere og sikkerhedsmyndighederne, hvis overgangsperioden med forskellige regelsæt trækker ud.

Signalanalysen har indlagt visse elementer for at minimere problemstillingen. I overgangsperioden anvendes f.eks. STM til det rullende materiel, hvilket medfører en øget standardisering af førerumsindretningen og gør det nemmere for lokoføreren at operere med forskelligheder i signalanlæg. Desuden er overgangsperioden i implementeringsplanerne søgt minimeret.

4.2.12 Specifikke forudsætninger under strategi 1

Strategi 1 prioriterer fem projekter, som er struktureret som enten teknologibestemte eller strækningsvise udskiftninger, mens de resterende signalaktiver udskiftes anlægsbestemt, når bevillingerne er tilstede. De fem projekter er vist i tabel 4-2.

Tabel 4-2: Projekter i strategi 1

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlæg- gene	ATC- levetidsforlæng- else	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 - 2012	2011 - 2018	2011 - 2018	2017 - 2020

ATC-strækningerne udskiftes med ERTMS-niveau 1 perioden 2017 - 2020. Det forudsættes at installationen er afsluttet i 2020, hvilket er det tidspunkt, som det eksisterende ATC-system kan levetidsforlænges til.

Det forudsættes, at ERTMS-niveau 1 giver et sikkerhedsniveau, der svarer til det, der i dag leveres gennem ATC-systemet. Der forventes derfor ingen yderligere sikkerhedsmæssige fordele. I forbindelse med udrulningen vil det dog af praktiske årsager være relevant med en begrænset geografisk udvidelse af togkontrolsystemet. Dermed minimeres problemstillingen, hvor der køres 'ind' og 'ud' af ERTMS-områder.

Endeligt fokuserer installationen på at sikre, at hovedstrækningerne er udstyret før de sekundære strækninger. Installationen af det rullende materiel starter i 2014 og afsluttes 2017.

Det forudsættes i strategi 1 at den nuværende bevillingsramme fastholdes for perioden 2007 - 2014. GSM-R voice radio system og interoperabilitetsinvesteringer i forbindelse med Øresund bliver dækket i en særskilt bevilling. Fornyelsesaktiviteterne tager udgangspunkt i eksisterende teknologi, og bevillingsprofilen efter 2014 er ikke begrænset af den eksisterende budgetramme.

Under strategi 1 er overvejelserne omkring fornyelsesaktiviteterne baseret på følgende hovedprincipper:

- De signalanlæg og øvrige elementer der er identificeret som værende nedslidte eller forældede bliver udskiftet først.
- Den resterende bevillingsramme anvendes derefter på en kombination af vedligeholdelses- og fornyelsesaktiviteter, hvor sidstnævnte er prioriteret i forhold til den estimerede restlevetid.

Der er dog også taget hensyn til prioritering af strækningerne, således at den største indvirkning på kanalregulariteten kan realiseres. Efter 2014 vil et stigende antal signalanlæg blive fornyet, idet det antages at bevillingsprofilen tillader dette.

4.2.13 Specifikke forudsætninger under strategierne 2a og 2b

Strategi 2a prioriterer ligesom strategi 1 fem projekter defineret som enten teknologibestemte eller strækningssvise udskiftninger, mens resterende udskiftninger gennemføres anlægsbestemt. De fem projekter er vist i tabel 4-3.

Tabel 4-3: Projekter i strategi 2a

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlæg- gene	ATC- levetidsforlæng- else	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 - 2012	2011 - 2018	2011 - 2016	2013 - 2020

I strategi 2a udskiftes de signalanlæg, der er nedslidte eller forældede først, og dernæst investeres i de anlæg, der giver størst mulig samfundsøkonomisk gevinst. Analysen vil således optimere investeringstakten i henhold til anlæggenes levetid og den samfundsøkonomiske gevinst. Der opstilles desuden en implementeringsplan for indførelse af ERTMS.

Strategi 2 adskiller sig fra strategi 1 ved at anvende en mere målrettet udskiftningsstrategi, der fokuserer på en forbedring af fejlraten og dermed kanalregulariteten. Strategi 2 indeholder de samme udskiftningsprojekter i de tidlige faser som i strategi 1, men strategi 2 indeholder desuden flere projekter for at erstatte signaler, sporskiftedrev og togdetekteringsanlæg på specifikke strækninger, der i dag har en høj fejlrate.

De projekter, der kan demonstrere en værdiskabelse, er inkluderet i den totale investeringsplan for strategi 2. Projektudvælgelsen er foretaget med udgangspunkt i en lang liste af potentielle investeringsmuligheder, som er baseret på erfaringer fra tilsvarende investeringsanalyser samt konklusionerne fra tilstandsundersøgelsen. Investeringerne består af både fornyelse af hele sikringsanlæg og specifikke komponenter som f.eks. signaler, sporskifter mv., som giver mulighed for forbedret kanalregularitet. Det er naturligvis også vigtigt at målrette udvælgelsen til de strækninger, hvor flest mulig passagerer kan drage fordel af investeringerne. Dvs. at investeringerne, alt andet lige, fokuserer på S-banen samt hovedstrækningerne.

Den oprindelige forudsætning for strategi 2 definerer, at der kun kan medtages investeringer, der er rentable fra en samfundsøkonomisk synsvinkel. Gennem analysearbejdet er det dog blevet klarlagt, at det er svært at begrunde isolerede merinvesteringer ud fra en samfundsøkonomisk betragtning, hvilket bl.a. ligger indbygget i de gældende principper for modelleringen af passagergevinsterne, jf. kapitel 2. En variant til strategi 2 (strategi 2b) er derfor blevet udviklet, hvor der fokuseres udelukkende på maksimering af kanalregulariteten med en mindre vægtning af samfundsøkonomien.

Strategi 2b prioriterer de samme fem projekter som strategi 2a, men med en tidsprofil der har til formål at levere bedre kanalregularitet gennem strækningsvise / teknologibestemte udskiftninger til ERTMS-niveau 2. De fem projekter er vist i tabel 4-4.

Tabel 4-4: Projekter i strategi 2b

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlæg- gene	ATC- levetidslæng- else	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 - 2012	2011 - 2012	2010 - 2014	2010 - 2020

I strategi 2b udstyres ATC-strækningerne med ERTMS-niveau 2 mellem 2017 og 2020. Niveau 2 er valgt, idet det giver en væsentlig forbedring i kanalregulariteten set i forhold til niveau 1. I modsætning til strategierne 1 og 2a forudsættes det endvidere, at nogle af de strækninger, som ikke allerede er udstyret med ATC, udstyres med ERTMS. ERTMS-udrulningen svarer, med få undtagelser til den udrulning, som er beskrevet under strategi 3. Det rullende materiel er udstyret i perioden 2014 - 2017.

4.2.14 Specifikke forudsætninger under strategi 3

Strategi 3 prioriterer fire projekter. Disse er snarest muligt struktureret som teknologibestemte og strækningsvise udskiftninger til ERTMS-niveau 2 for at undgå kombinationen af forlængelse af levetider og installationer, der har grænseflader mod ERTMS. Projekterne er vist i tabel 4-5 herunder.

Tabel 4-5: Projekter i strategi 3

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlæg- gene	ATC- levetidslæng- else	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	-	2011 - 2012	2010 - 2014	2010 - 2016

Udskiftningen af sikringsanlæggene sker over en periode på otte til ti år, og implementeringsplanerne er hermed væsentlig anderledes end i Strategierne 1 og 2.

Implementeringsperioden er længere end tidligere estimeret af Banedanmark. Dette skyldes hensyntagen til ressourcemæssige begrænsninger hos Banedanmark og leverandørerne. Det forudsættes således at implementeringsperioden skal tage højde for en række særlige forhold. De vigtigste forhold er:

- Tilstrækkelig udviklingsperiode til udarbejdelse af kravspecifikation, planlægning og til kontrahering for at opnå den rette pris, regularitet og leverandør-performance.
- Tilstrækkelig testperiode, hvor teknologien bliver afprøvet før implementeringen sker på landsplan.
- Investeringer i det rullende materiel, så togkontrollsystemet er indbygget før de fysiske signaler bliver nedtaget.

- Tilstrækkelig tid til ERTMS-installation på det rullende materiel, således at operatørerne får rimelige betingelser for at opretholde togtrafikken, hvorved indvirkningen på brugerne kan minimeres.
- Udvikling af nye fjernstyringscentraler.
- Implementeringen starter på de mindre udnyttede strækninger, og fortsætter på de mere udnyttede strækninger, således at den driftsmæssige erfaring og pålidelighed opbygges, mens risici i forbindelse med teknologi, funktionalitet og godkendelse minimeres.

Alle disse aktiviteter skal gennemføres over en tiårig periode, hvilket klart indebærer væsentlige risici og omkostninger.

Endvidere starter installationen på et par migrationsstrækninger og bevæger sig derefter fra Nord- og Vestjylland mod København, således at Sjælland og Københavnsområdet kommer sidst. Fremgangsmåden er baseret på de erfaringer, som Booz Allen har gjort sig i Storbritannien, hvor analyser har fokuseret på en tilsvarende problemstilling omkring ERTMS-installation på et helt jernbanenet over en årrække. Det er Booz Allens opfattelse, at en installation, der omfatter hovedstrækningerne på et tidligere tidspunkt, er meget risikobetonet. Det vurderes således som særdeles hensigtsmæssigt at basere sig på en implementeringsstrategi, hvor erfaringerne opbygges på de mere marginale strækninger først.

Strategi 3 indeholder en vurdering af muligheden for en Offentlig Privat Partnerskabsmodel (OPP). Samtidig skal der også afsættes tilstrækkelig tid til de forskellige projektfaser herunder specifikationsarbejdet til indkøb af resultatbaserede kontrakter.

Strategi 3 vil medføre, at efterslæbet afvikles over en kortere periode og pga. indførelsen af ny og ensartet teknologi forventes yderligere forbedringer i kanalregulariteten. Strategi 3 opfylder automatisk de europæiske interoperabilitetskrav vedrørende ERTMS.

Strategi 3 indebærer ændringer i de driftsmæssige regler, som togførerne opererer efter. Den medfølgende fordel er en reduktion i de driftsmæssige barrierer, hvilket gør det lettere for andre operatører at operere på det danske jernbanenet.

4.2.15 Specifikke forudsætninger for S-banen

S-banen er i alle investeringsstrategier betragtet separat, idet ERTMS i dag ikke er en passende løsning for en bybane med høj trafikintensitet. I stedet forudsættes det, at et mere kommercielt tilgængeligt metro-lignende signalsystem anvendes i forbindelse med udskiftningen af de eksisterende anlæg. Et eksempel på et sådan anlæg er 'Communication Based Train Control systems' (CBTC). Det kan i den sammenhæng nævnes at London Underground i

øjeblikket er ved at blive udvikle og installere CBTC-baserede anlæg i større antal.

Med udgangspunkt i tilstandsvurderingen, aldersprofilen af sikringsanlæggene og et ønske om en tidlig forbedret kanalregularitet er det diskuteret i samarbejde med Banedanmark at signalstrategierne burde forudsætte en strækningsvis fornyelse af signalanlæggene på S-banen omkring 10 år fra i dag. Fornyelsen vil derfor ske før udgangen af de estimerede restlevetider for de fleste af sikringsanlæggene. Ulempen er, at fornyelsen vil ske omkring tidspunktet, hvor det rullende materiel er igennem halvdelen af dets levetid.

Den planlagte fornyelse af Lyngby - Hillerød vil blive gennemført som pilotprojekt før den totale udskiftning af signalsystemerne på S-banen gennemføres. Strækningen Lyngby - Hillerød opererer i dag med ældre elektromekaniske sikringsanlæg, som trænger til at blive fornyet. Samtidigt betyder placeringen på den nordlige del af S-banenetværket, at det er en ideel teststrækning i forbindelse med fornyelsen af signalsystemet, idet testning og installation kan foretages uden direkte indvirkning på de centrale strækninger. Dette giver mulighed for, at få funktionalitet og sikkerhedsgodkendelser på plads. Udrulningen af et nyt signalsystem til S-banen er estimeret til at vare tre år.

I strategi 1 kan S-banen ikke fornyes før efter 2014 som følge af forudsætningerne omkring bibeholdelse af eksisterende bevillinger. S-banen udskiftes derfor i 2015 – 2017. Det samme er tilfældet i strategi 2a.

I strategierne 2b og 3 udskiftes S-banen omkring 2010 - 2014, hvilket muliggør en afslutning, før fjernbanen omkring København udstyres med ERTMS. Dette er det tidligste tidspunkt, hvor udskiftningen kan foretages.

Investeringsomfanget og teknologivalget er identisk i alle strategierne.

4.2.16 Opsummering

Nedenstående tabel 4-6 opsummerer forudsætningerne for hver af investeringsstrategierne.

Tabel 4-6: Væsentligste forudsætninger for investeringsstrategierne

Parameter	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Bevilling til 2014	Bevillingsrammen er 4.019 mio. kr. i 2007-priser.	Ikke underlagt begrænsningerne i bevillingsrammen.	Ikke underlagt begrænsningerne i bevillingsrammen.	Ikke underlagt begrænsningerne i bevillingsrammen.
Bevilling efter 2014	Ikke fastlagt.	Ikke fastlagt.	Ikke fastlagt.	Ikke fastlagt.
Interoperabilitetskrav i forbindelse med Øresund	STM omkostninger er inkluderet og forudsættes finansieret gennem særskilt bevilling.	STM omkostninger er inkluderet og forudsættes finansieret gennem særskilt bevilling	STM omkostninger er inkluderet og forudsættes finansieret gennem særskilt bevilling	STM omkostninger er inkluderet og forudsættes finansieret gennem særskilt bevilling
GSM-R voice	Installation i 2009 - 2011	Installation i 2009 - 2011	Installation i 2009 - 2011	Installation i 2009 - 2011
GSM-R data	Ingen investeringer i GSM-R data	Ingen investeringer i GSM-R data	Yderligere investeringer i forbindelse med ERTMS-niveau 2 installation.	Yderligere investeringer i forbindelse med ERTMS-niveau 2 installation.
ATC	ATC-systemet skal udskiftes i 2020. Levetidsforlængelse fra 2011 er derfor nødvendigt.	ATC-systemet skal udskiftes i 2020. Levetidsforlængelse fra 2011 er derfor nødvendigt.	ATC-systemet skal udskiftes i 2020. Levetidsforlængelse fra 2011 er derfor nødvendigt.	Begrænset levetidsforlængelse fra 2011.
ERTMS	Alle eksisterende ATC-strækninger fornyes i løbet af 2017 - 2020 med ERTMS-niveau 1.	Alle eksisterende ATC-strækninger fornyes i løbet af 2017 - 2020 med ERTMS-niveau 1.	Alle eksisterende ATC-strækninger fornyes i løbet af 2012 - 2020 med ERTMS-niveau 2.	ERTMS-niveau 2 implementering fra 2009 - 2016.
S-bane	Fornyes mellem 2011 - 2018.	Fornyes mellem 2011 - 2016.	Fornyes mellem 2010 - 2014.	Fornyes mellem 2010 - 2014.
Trafikstyring	Mulighed for lokale driftsbesparelser, men der forekommer ingen kontrolcenter konsolidering på nationalt niveau.	Mulighed for lokale driftsbesparelser, men der forekommer ingen kontrolcenter konsolidering på nationalt niveau.	Mulighed for centralisering af trafikstyringen til tre kontrolcentre.	Mulighed for centralisering af trafikstyringen til tre kontrolcentre.
Driftsreglement	Eksisterende SR75 benyttes fortsat. Skal dog gennemgå større revision	Eksisterende SR75 benyttes fortsat. Skal dog gennemgå større revision	Nyt ERTMS-niveau 2 reglement udarbejdes og bruges for fjernbanen. Eksisterende SR75 justeres eller udskiftes til nyt CBTC drifts reglement for S-banen.	Nyt ERTMS-niveau 2 reglement udarbejdes og bruges for fjernbanen. Eksisterende SR75 justeres eller udskiftes til nyt CBTC drifts reglement for S-banen.

4.3 Præsentation af resultaterne

Resultaterne beskrives og vurderes ud fra fire hovedparametre, jf. tabel 4-7 nedenfor. Præsentationen vil fokusere både på tidsperioden 2007 - 2014, som er perioden for den indeværende trafikaftale, samt for årene derefter, idet helhedsbetragtningen er fundamental for den endelige beslutningsproces. Nutidsværdier er derfor beregnet for perioden 2007 - 2050.

Nutidsværdien beregnes på baggrund af den definerede kalkulationsrentefod på 6 pct. (følsomhedsanalysen vil inkludere resultaterne ved anvendelse af 3,5 pct.). Nutidsværdien udtrykker værdien af fremtidige pengestrømme tilbagediskonteret til analysens basisår, som er 2006.

Tabel 4-7: Hovedparametre i resultatpræsentationen

Parameter	Beskrivelse
Omkostninger	- Vigtigste omkostningsfaktorer. - Årlige fornyelses- og vedligeholdelsesomkostninger for Banedanmark. - Årlige følgeinvesteringer som pålægges togoperatørerne.
Risici	- Strategispecifikke risici. - Værdien af de risici forbundet med gennemførelsen af den pågældende strategi.
Regularitet	- Væsentligste drivkræfter bag kanalregulariteten. - Præsentation af kanalregularitetsniveauet.
Samfundsøkonomisk effekt	Kvantificerede omkostninger, risici og samfundsøkonomiske fordele og ulemper.

Udover den kvantitative beskrivelse, som er detaljeret i tabellen ovenfor, er der også foretaget en mere kvalitativ beskrivelse af resultaterne. Dette fokuserer især på investeringsplanen, og hvordan denne imødekommer f.eks. kravene omkring interoperabilitet. Der er også gennemført en beskrivelse af, hvordan de enkelte strategier implementeres, hvilket vedrører indkøb, finansiering, drift, planlægning mv.

4.4 Forudsætninger for den samfundsøkonomiske analyse

Tabel 4-8 opsummerer de væsentligste elementer og forudsætninger i den samfundsøkonomiske analyse. Disse er alle baseret på publicerede dokumenter fra Finansministeriet og Transport- og Energiministeriet.

Tabel 4-8: Principper og forudsætninger for den samfundsøkonomiske analyse

Principper/forudsætninger	Beskrivelse
Beregningsperiode	2007 - 2050 for at sikre en helhedsvurdering af investeringerne, men med detaljeret redegørelse for perioden 2007 - 14
Kalkulationsrente	6 pct. pr. år
Skatteforvridningsfaktor	20 pct.
Nettoafgiftsfaktor	17 pct.
Kalkulationsår	2006
Prisniveau	2007-priser
Skrapværdi	Ekskluderes fra analysen
Trafikvækst	Vækst i togtrafik og passagerantal inkluderes for 2007 - 2015 med reference til data fra Trafikstyrelsen
Realvækst i tidsværdier	Tidsværdien (kun for persontrafik) fremskrives med forventet vækst i BNP (1,8 pct. pr. år)
Eksternaliteter (luftforurening, klima, uheld samt støj)	Kvantificeres ikke
Godstransport	Ikke indeholdt i analysen
Gener i anlægsperioden	Beregnes på baggrund af opgørelse af indgreb og tidsmæssig udstrækning og værdisættes gennem den samfundsøkonomiske model

Det bør fremhæves, at resultaterne bliver præsenteret i både faktor- og markedspriser. Anvendelsen af faktorpriser gør det lettere at foretage en direkte sammenligning med bevillingsrammen, idet denne er fastlagt i faktorpriser, dvs. uden tillæg for indirekte skatter. Det er udelukkende i forbindelse med den samfundsøkonomiske analyse i "business casen", at omkostningerne er omregnet til markedspriser ved tillæg af nettoafgiftsfaktoren på 17 pct. samt justering for effekten af skatteforvridningen. Uden denne omregning vil det ikke være muligt, at foretage en direkte sammenligning med brugergevinsterne. I resultatgennemgangen præciseres det, hvor der findes en omregning sted.

Endeligt skal det fremhæves, at der kan være en række aspekter omkring kapacitetsforbedringer, som følge af fornyelser af signalinfrastrukturen med ERTMS-niveau 2. De vigtigste punkter er skitseret nedenfor:

- Ved indførelse af ERTMS-niveau 2, er det muligt at opnå kapacitetsforøgelser (som demonstreret i tidligere studier) ved at optimere blokafsnittene som

ikke er muligt i samme grad med ATC-systemet.²¹

- Kapacitetsforøgelsen, som følge af ERTMS-niveau 2, vil være mulig på alle dobbeltsporede strækninger, men udbyttet vil være afhængig af de øvrige infrastruktur-, tog-, og køreplansforhold. Tidligere undersøgelser viser en mulig generel kapacitetsøgning på 10 - 15 pct., hvilket er i overensstemmelse med de erfaringer, som Booz Allen har fra tilsvarende analyser i Storbritannien.
- På enkeltsporede strækninger kan optimering ske gennem forbedrede muligheder for indkørsel af tog på samme tid, alt efter driftsoplæg ved optimering af blokanlæggene. Afstanden mellem krydsningsstationer, hastighed og køreplan er dog så afgørende faktorer, at optimeringsmulighederne først kan påvises gennem indgående detaljerede analyser af de enkelte strækninger/stationer sammenholdt med driftsplaner.²²
- I forbindelse med et studie²³ gennemført for Banedanmark af København H – Ringsted (dobbelt spor), er det konkluderet, at det er muligt at udvide kapaciteten med op til tre ekstra kanaler. Den endelige kapacitetsudvidelse skal dog vurderes under hensyn til belægningsgraden og dermed indvirkningen på kanalregulariteten, idet det kun er muligt at udvide med 2 toggennemkørsler per time, hvis en udnyttelsesgrad på mere en 60 pct. accepteres. Dette vil sandsynligvis have en negativ indvirkning på kanalregulariteten.
- Ved studiet²⁴ af Roskilde – Holbæk (enkelt spor) vil ERTMS kun have en effekt hvis tog fra begge retninger har samme ankomsttid på stationerne.

ERTMS giver generelt ekstra kapacitet i køreplanen, og dermed forbedret kanalregularitet, men en endelig vurdering kræver yderligere analyser og er ikke en del af Signalanalysen.

4.5 Eksempel på fastholdt bevillingsramme

4.5.1 Forudsætninger

Følgende "Eksempel på fastholdt bevillingsramme" afspejler det forhold, at den årlige bevillingsramme i fremtiden fastholdes svarende til det nuværende niveau

²¹ Notat: Kapacitet i Signalprojektet, Banedanmark, 14.04.2005.

²² Notat: Kapacitet i Signalprojektet, Banedanmark, 14.04.2005.

²³ Notat: Ny Signalstrategi, Teknisk notat, "Kapacitetseffekt af ny signalstrategi", Atkins Danmark A/S 23.11.2004.

²⁴ Ny Signalstrategi, Teknisk notat, "Kapacitetseffekt af ny signalstrategi", Atkins Danmark A/S 23.11.2004.

med et årligt rådighedsbeløb til fornyelses- og vedligeholdelsesaktiviteter på omkring 436 mio. kr.

Kun GSM-R voice radiosystem og interoperabilitetsinvesteringerne i forbindelse med Øresund bliver dækket i særskilt bevilling. Fornyelsesaktiviteterne er baseret på en løbende fornyelse af signalaktiverne.

4.5.2 Resultater

Den direkte konsekvens af at begrænse de årlige fornyelses- og vedligeholdelsesomkostninger til omkring 436 mio. kr. er, at efterslæbet vokser.

Tabel 4-9 nedenfor viser hvordan konsekvenserne for gennemførelsen af de fem hovedprojekter gennemføres i "Eksempel på fastholdt bevillingsramme".

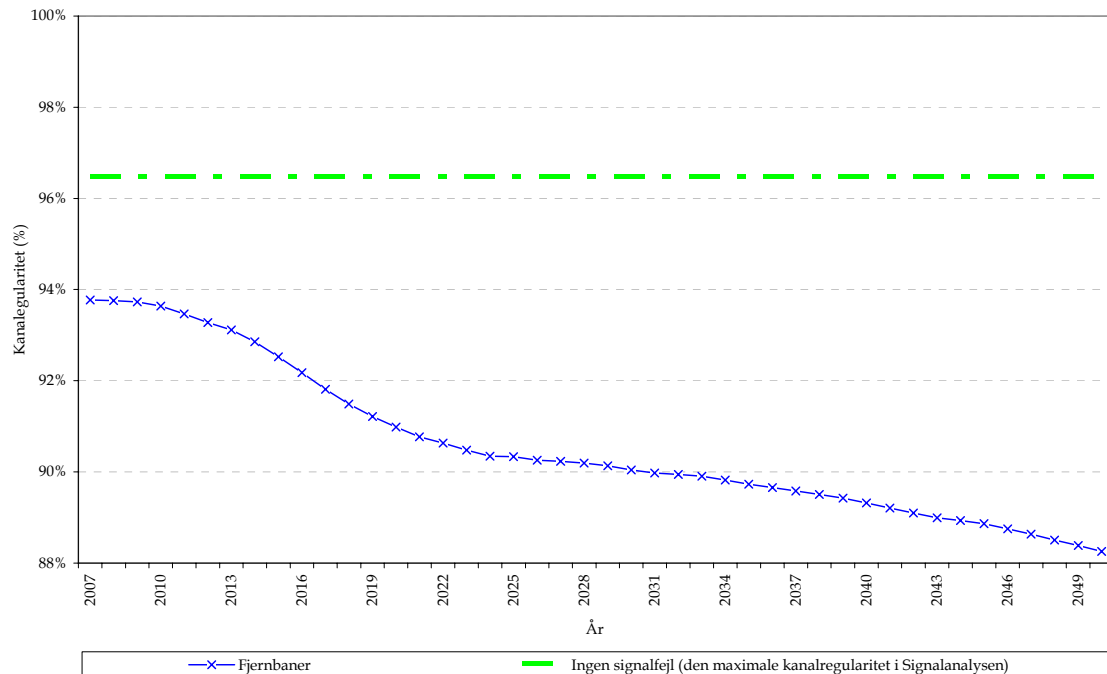
Tabel 4-9: Konsekvenser for de fem hovedprojekter i "eksempel på fastholdt bevillingsramme"

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlæg- gene	ATC- levetidsforlæng- else	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 - 2012	2011 - 2018	2016 - 2026	Efterslæb 2032 - 2038

Af tabellen fremgår det klart, at udskiftningen af ATC-systemet foretages efter udløbet af den estimerede levetid.

Investeringsniveauet er grundlæggende utilstrækkeligt til at opretholde den nuværende kanalregularitet og aldersprofil af signalaktiverne. Helt specifikt betyder dette, at gennemførelsen af ovennævnte fornyelsesprojekter ikke færdiggøres indenfor de tidsrammer, der er beskrevet tidligere i kapitlet. Dette er især gældende for udskiftningen af signalsystem på S-banen og ATC-systemet, som bliver væsentlig forsinket. Forsinkelsen af ATC-udskiftningen vil bevirke et betydeligt efterslæb, der kan have konsekvenser for vedligeholdelse af godkendelser og risiko for lavere sikkerhedsniveau. Konsekvensen er desuden øgede omkostninger og en forringet kanalregularitet. Sidstnævnte er vist for fjernbanen i nedenstående figur 4-3.

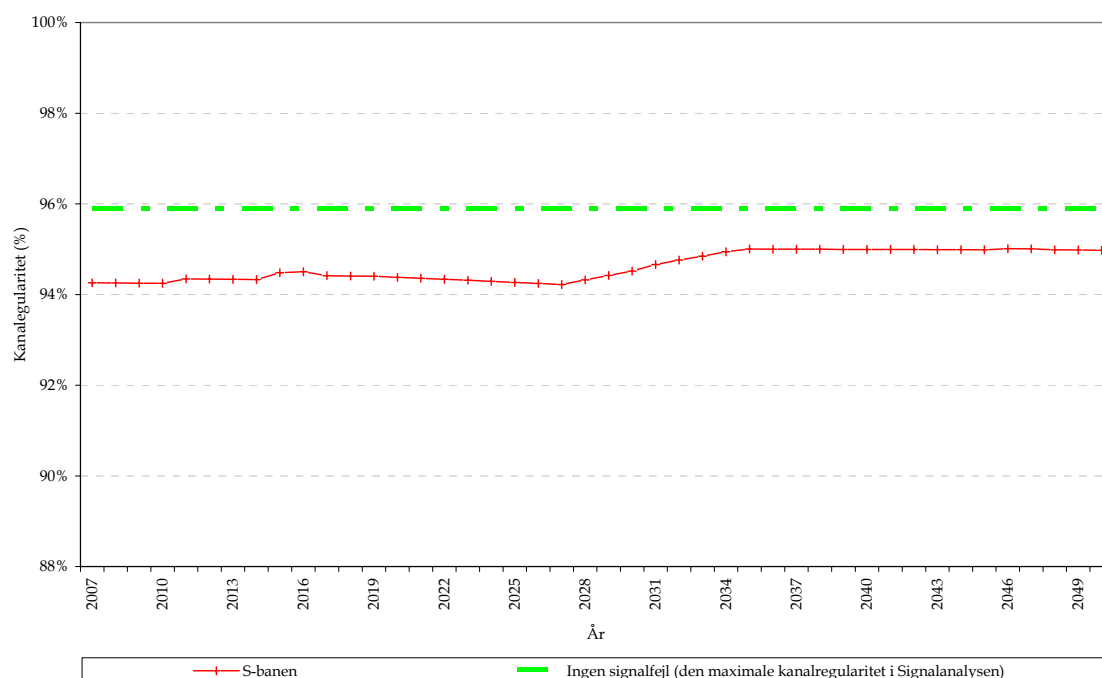
Figur 4-3: Kanalregulariteten for fjernbanen, "Eksempel på fastholdt bevillingsramme", 2007 – 2050



Figuren ovenfor viser en kontinuerlig forringelse i kanalregulariteten over tiden. Den vandrette linie viser den maksimale kanalregularitet, som kan opnås på fjernbanen. Det vil sige, at linien repræsenterer den ideale situation uden signalfejl, jf. diskussionen i kapitel 2, under forudsætning af en uændret situation på spor og andre områder. En af konsekvenserne af det lave investeringsniveau er, at det ikke er muligt at afslutte udskiftningen af ATC-systemet før slutningen af 2030'erne.

Nedenstående figur 4-4 viser kanalregulariteten på S-banen. Der er dog ingen negative indvirkninger på fejlniveauet for S-banen, idet udskiftningen gennemføres før aktiverne når deres estimerede levetider.

Figur 4-4: Kanalregulariteten for S-banen, "Eksempel på fastholdt bevillingsramme", 2007 – 2050



Resultatet for S-banen skyldes hovedsageligt, at denne er prioriteret højere end fornyelsesaktiviteterne på fjernbanen. Pga. den restriktive bevillingsramme foretages S-bane udskiftningen over en tiårig periode, som først afsluttes sidst i 2020'erne. I denne periode er investeringsmulighederne på fjernbanen tilsvarende meget begrænsede.

Tabel 4-10 viser det beregnede efterslæb i 2007 for de væsentligste signalaktiver, samt den forventede situation i 2050.

Tabel 4-10: Efterslæbsprofilen

Efterslæb i 2007 (pct.)	Estimerede tidspunkt for fjernelse af efterslæbet
Sikringsanlæg (5 pct.)	Aldrig, idet der vil være et stigende og vedvarende efterslæb
Linieblok (26 pct.)	
Overkørselsanlæg (62 pct.)	

Som vist i tabellen er det klart, at et stigende efterslæb må forventes, og at niveauet på længere sigt vil være vedvarende. Denne tendens vil naturligvis have en væsentlig indvirkning på signalsystems pålidelighed, drift, sikkerhed og kanalregularitet.

Det er i princippet muligt at fortsætte driften med et efterslæb på kort sigt, hvis visse forhold tillader det. Eksempler på hvad disse forhold dækker over, men er ikke begrænset til:

- Umiddelbar adgang til de nødvendige reservedele samt teknisk ekspertise, der skal være tilstede for hver anlægstype.
- Øget vedligeholdelsesbudget skal være aftalt og allokeret.

Sandsynligheden for et større nedbrud er en funktion af flere parametre såsom signalaktivernes alder, tilstanden, brugen samt kvaliteten af vedligeholdelsesaktiviteterne. Alt andet lige vil sandsynligheden for større nedbrud stige med størrelsen af efterslæbet. Konsekvensen af et eventuelt større nedbrud afhænger derimod af adgangen til nødvendige antal reservedele samt teknisk ekspertise herunder reaktionstiden.

Reservedelslageret bør være løbende opdateret, tilstrækkeligt til at dække det normale behov samt til at kunne erstatte et anlæg af hver type, der ikke er dækket af backup funktionalitet, til enhver tid.

Endvidere skal nødvendig teknisk ekspertise opbygges og vedligeholdes i relation til hver anlægstype. Dette vil enten kræve en styrkelse af Banedanmarks tekniske udviklingsafdeling og/eller fuld leverandør support med korte responstider i form af vedligeholdelses-kontrakter med Banedanmark for hver anlægstype.

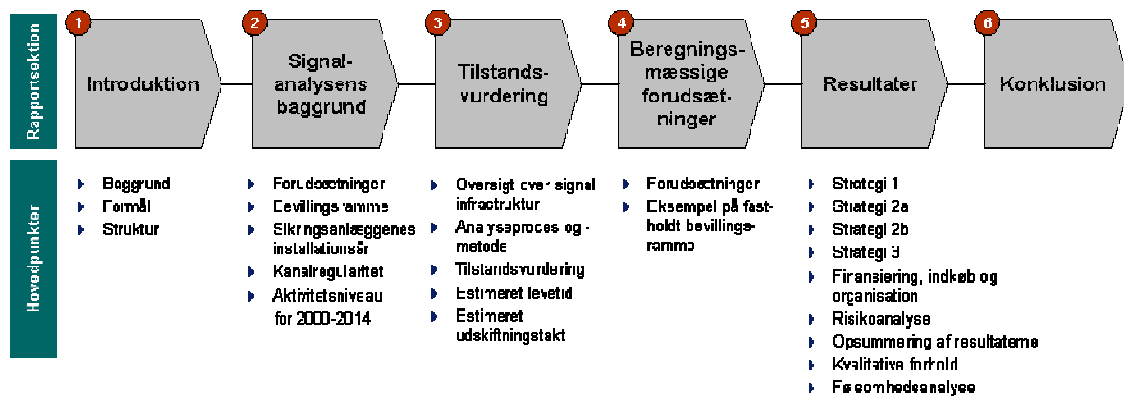
Idet Banedanmark har mange forskellige signalanlægstyper, vil dette i tilfælde af betydelig efterslæb, kræve en væsentlig stigning i de løbende vedligeholdelsesomkostninger. Dette kan blandt andet være en følge af, et større efterslæb gennem længere tid desuden medfører, at planlægning af fornyelses- og vedligeholdelsestiltag vil blive stadig vanskeligere. Der vil i højere grad være tale om en situation, hvor akut opståede problemer vil definere aktiviteterne. Dette medfører en øget risiko for reduceret effektivitet i de tiltag der gennemføres.

5 RESULTATER

5.1 Introduktion

Dette kapitel indeholder resultaterne af selve investeringsanalysen. Hovedprincipper, forudsætninger og logik for hver af investeringsstrategierne er beskrevet i kapitel 4.

Figur 5-1: Rapport oversigt



Som vist i figur 5-1 behandles investeringsstrategierne hver for sig og omfatter de fremtidige investeringer på signalområdet, de dertil hørende vedligeholdelsesomkostninger samt nødvendige følgeinvesteringer for togoperatørerne. Planlagte investeringer i GSM-R togradradio er medregnet i alle investeringsstrategierne. Endvidere er omkostningerne til trafikstyring inkluderet i analysen, idet investeringsaktiviteterne kan foranledige driftsmæssige besparelser på dette område. Som sammenligningsgrundlag for investeringsanalysen benyttes strategi 1. Gennemgangen af de enkelte investeringsstrategier inkluderer følgende aspekter:

- *Investeringsprofil – Redegørelse for fornyelsesaktiviteter med hovedvægt på perioden 2007 – 2014.*
- *Økonomiske konsekvenser – Præsentation af de beregnede omkostninger og samfunds- og driftsøkonomiske gevinster.*
- *Kanalregularitet – Beskrivelse af ændringerne i kanalregulariteten som følge af de gennemførte investeringsaktiviteter.*

Efter gennemgangen af resultaterne for de forskellige investeringsstrategier beskrives forhold omkring indkøb, finansiering og projektorganisation, hvilket hovedsageligt vedrører strategi 3. Derefter foretages en gennemgang af risikoanalysen og de beregnede risikoværdier. Herefter beskrives de væsentligste kvalitative forhold, som ikke er kvantificeret i Signalanalysen. Disse er vigtige, idet de hjælper med differentieringen mellem slutresultatet af de forskellige

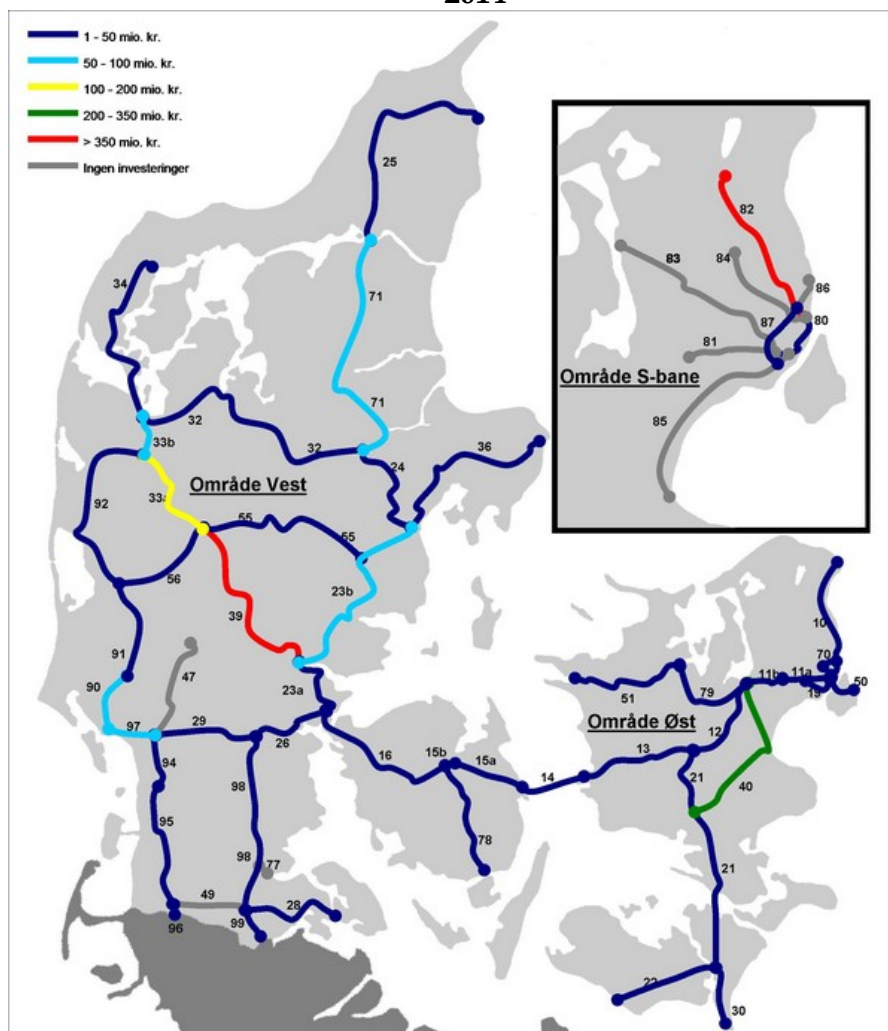
investeringsstrategier. Afslutningsvis præsenteres resultaterne af de følsomhedsanalyser, der er gennemført i forbindelse med udarbejdelsen af rapporten.

5.2 Strategi 1 (Løbende fornyelse)

5.2.1 Investeringsprofil

Figur 5-2 viser den geografiske profil af investeringerne under strategi 1 for perioden 2007 - 2014. Det ses, at der ifølge planen foretages investeringer over hele jernbanenettet. Investeringerne drives hovedsagelig af de fornyelsesaktiviteter, der er blevet prioriteret, jf. beskrivelsen i kapitel 4.

Figur 5-2: Geografisk oversigt over investeringsprofilen i strategi 1 for 2007 - 2014



Hovedprojekterne i perioden til 2014 omfatter:

- Esbjerg signalanlæg – Gennemføres i 2009²⁵.
- Udskiftning af 1977 sikringsanlæggene – Gennemføres i perioden 2009 – 2012²⁶.
- ATC-levetidsforlængelse – Gennemføres fra 2011 og omfatter alle ATC-strækningerne.
- Total fornyelse af signalsystemet på S-banen – Første del (migrationsprojektet) gennemføres som en fornyelse af Hillerød – Lyngby²⁷ i 2011, medens den resterende del af S-banen fornyes efter 2014, hvilket er udenfor tidsperioden, som ovennævnte kort dækker.
- Udskiftning af ATC-anlægget – Gennemføres fra 2015 og afsluttes senest i 2020. Den valgte teknologi er ERTMS-niveau 1.

Udskiftning af ATC-systemet gennemføres, hvor indsatsen involverer ERTMS-installation på det rullende materiel i første del af perioden. Den valgte teknologi er ERTMS-niveau 1, hvilket svarer til det danske ATC-system, men opfylder EU-interoperabilitetskravene til togkontrolsystemer.

Tabel 5-1 nedenfor opsummerer tidspunkterne for gennemførelsen af de fem hovedprojekter, jf. gennemgangen i kapitel 4.

Tabel 5-1: Planen for gennemførelsen af de fem hovedprojekter i strategi 1

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlæg- gene	ATC- levetidsforlæng- else	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 - 2012	2011 - 2018	2011 - 2018	2015 - 2020

Specifikke investeringer bliver gennemført på den resterende del af jernbanenettet, ved udløbet af signalanlæggenes estimerede levetid, hvis bevillingerne i perioden 2007 – 2014 tillader det²⁸.

Som vist i tabel 5-2 vil en komplet udskiftning være gennemført omkring 2024. Dette er en hurtigere udskiftning end den naturlige udskiftningstakt, som er illustreret i tabel 3-2. Dette skyldes primært totalfornyelse af signalaktiverne på S-banen, som er fremrykket og afsluttes i 2018, og tager form af en strækningsvis udskiftning.

²⁵ Har en indvirkning på strækning 90 og 97.

²⁶ Har en indvirkning på strækningerne 33a, 33b, 39 og 40.

²⁷ Strækning 82.

²⁸ Dette gælder for strækningerne 10, 11a, 11b, 12, 15a, 15b, 16, 23b og 50.

Tabel 5-2: Efterslæbsprofilen i strategi 1

Efterslæb i 2007 (pct.)	Estimerede tidspunkt for fjernelse af efterslæbet
Sikringsanlæg (5 pct.)	
Linieblok (26 pct.)	2024
Overkørselsanlæg (62 pct.)	

I tabellen ovenfor er opgørelsen af efterslæbet i 2007 baseret på de beregninger, der er beskrevet i kapitel 3.

5.2.2 Omkostninger

I tabel 5-3 nedenfor ses omkostningerne til sikring og fjernstyring i perioden 2007 - 2014. De totale fornyelses- og vedligeholdelsesomkostninger er 4.019 mio. kr. for 2007 - 2014, svarende til det resterende beløb fra Trafikaftalen 2005 - 2014. Tabellen viser også investeringerne i GSM-R og rullende materiel samt de årlige omkostninger til trafikstyring²⁹.

Tabel 5-3: Omkostninger til sikring og fjernstyring i strategi 1, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Fornyelse	14	21	144	425	671	595	185	398	2.452
Vedligeholdelse	177	185	194	201	198	201	204	207	1.567
I alt	191	207	339	625	869	796	388	605	4.019
GSM-R	0	118	124	64	0	0	0	0	305
I alt	191	324	463	689	869	796	388	605	4.324
Trafikstyring	250	255	257	257	257	257	257	257	2.044
I alt	441	579	719	945	1.126	1.052	645	861	6.368
Rullende materiel	0	0	0	44	0	0	0	0	44
I alt	441	579	719	989	1.126	1.052	645	861	6.412

De totale omkostninger er 6.412 mio. kr. (nutidsværdien er 4.871 mio. kr. ved en 6 pct. kalkulationsrente). De totale omkostninger tager højde for etablering af GSM-R togradio på 305 mio. kr.³⁰ og interoperabilitetsomkostninger på 44 mio.

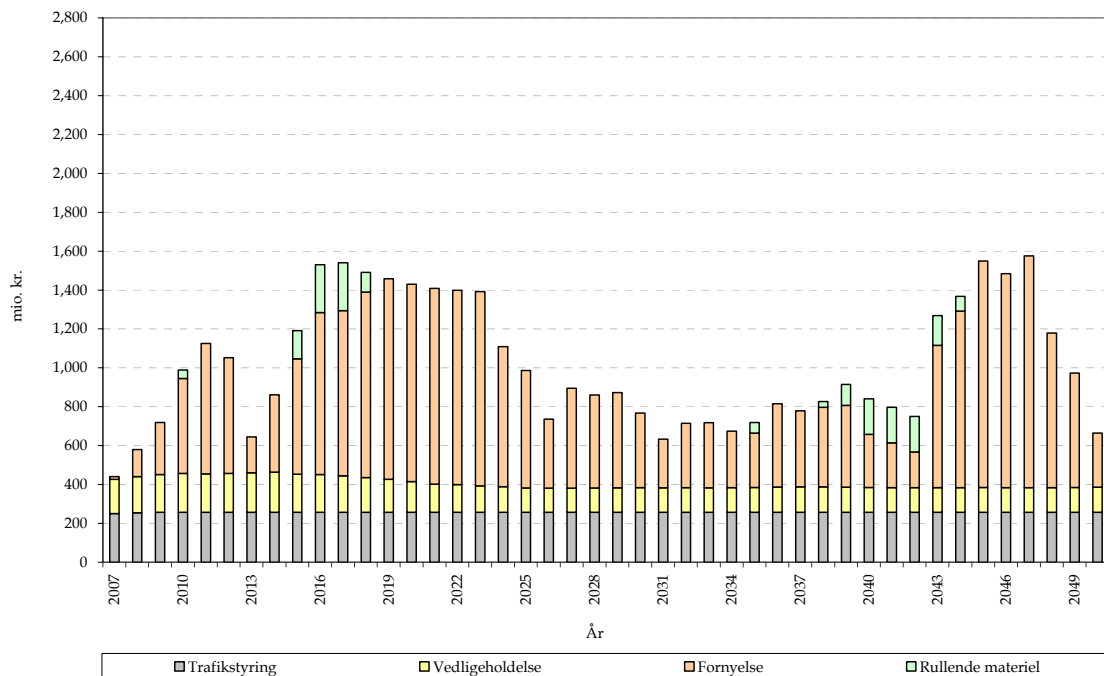
²⁹ Omkostningerne til trafikstyring er fra budgetoplægget for 2007 - 2009, men justeret til 2007-priser. Efter 2009 anvendes budgettallet for 2009.

³⁰ Estimeret værdi, afoenter ny information fra TIT projektet. Opdateret "business case" foreligger 12. august og det formodes, at installationsomkostningerne er steget til 365 mio. kr.

kr. i forbindelse med Øresundsforbindelsen. Dette beløb indeholder omkostninger til ERTMS- og STM-installation på det rullende materiel, der opererer over Øresund.

Fornyelsesaktiviteter i 2007 og 2008 er lave, idet der er afsat tid til forberedende arbejde hos Banedanmark og leverandørerne til f.eks. specifikations- og indkøbsarbejdet. Herefter stiger investeringsniveauet væsentligt (i takt med udskiftningen), som det fremgår af figur 5-3. Figuren giver et overblik over de årlige omkostninger til fornyelse, vedligeholdelse, trafikstyring og rullende materiel for hele perioden til 2050.

Figur 5-3: Årlige investeringer i strategi 1, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser



Figuren ovenfor viser, at det er nødvendigt at foretage væsentlige investeringer indenfor signalområdet efter 2014. Dette skyldes nødvendige indsatser med henblik på levetidsforlængelse af ATC-system og senere udskiftninger af dette, hvilket bl.a. også indebærer ERTMS-installation på det rullende materiel.

Endvidere er en stor andel af investeringerne i perioden 2015 – 2018 forbundet med fornyelsen af signalsystemet på S-banen. Den totale investeringssum til fornyelse for S-banen er ca. 2,7 mia. kr. I denne periode gennemføres ERTMS-udrustningen på det rullende materiel også, således at dette er klar, når ATC-systemet udskiftes i perioden 2017 – 2020. Fremrykning af udrustningen af det rullende materiel i forbindelse med gennemførelsen af København – Ringsted vil resultere i en stigning på 50 mio. kr. (nutidsværdi ved 6 pct. kalkulationsrente),

idet investeringerne foretages tidligere en planlagt i forbindelse med gennemførelsen af investeringsstrategien.

De totale investeringer i signalaktiver, GSM-R og rullende materiel for perioden 2015 – 2022 er omkring 8 mia. kr., hvilket er ca. 3 gange højere end investeringerne indenfor de samme områder i perioden 2007 – 2014. I sidstnævnte periode omfatter investeringsaktiviteterne omkring 2,8 mia. kr.

Nedenstående tabel 5-4 viser trafikstyrings- og vedligeholdelsesomkostningerne i udvalgte år. Året 2036 er valgt som repræsentativ for den efterfølgende periode. Fra tabellen kan det ses, at trafikstyringsomkostningerne stiger med 3 pct. i perioden til 2014, hvilket er i overensstemmelse med budgetoplægget for perioden til 2009, jf. omtalen ovenfor. Efter 2009 forbliver omkostningerne til trafikstyring på 2009-niveauet, idet der ikke foretages effektiviserende investeringer.

Tabel 5-4: Trafikstyrings- og vedligeholdelsesomkostninger i udvalgte år i strategi 1, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

	2007	2014	2015	2018	2020	2024	2036+
Vedligeholdelse	177	207	197	180	159	132	130
Ændring ift. 2007 (pct.)	0 pct.	17 pct.	11 pct.	2 pct.	-10 pct.	-25 pct.	-26 pct.
Trafikstyring	250	257	257	257	257	257	257
Ændring ift. 2007 (pct.)	0 pct.	3 pct.	3 pct.	3 pct.	3 pct.	3 pct.	3 pct.

Vedligeholdelsesomkostningerne stiger i den første del af perioden, men reduceres efterfølgende som konsekvens af investeringerne i nye signalaktiver. Vedligeholdelsesomkostningerne er 177 mio. kr. i 2007, hvorimod de er 25 pct. lavere i 2024 (132 mio. kr.), hvilket svarer til en reduktion på 44 mio. kr.

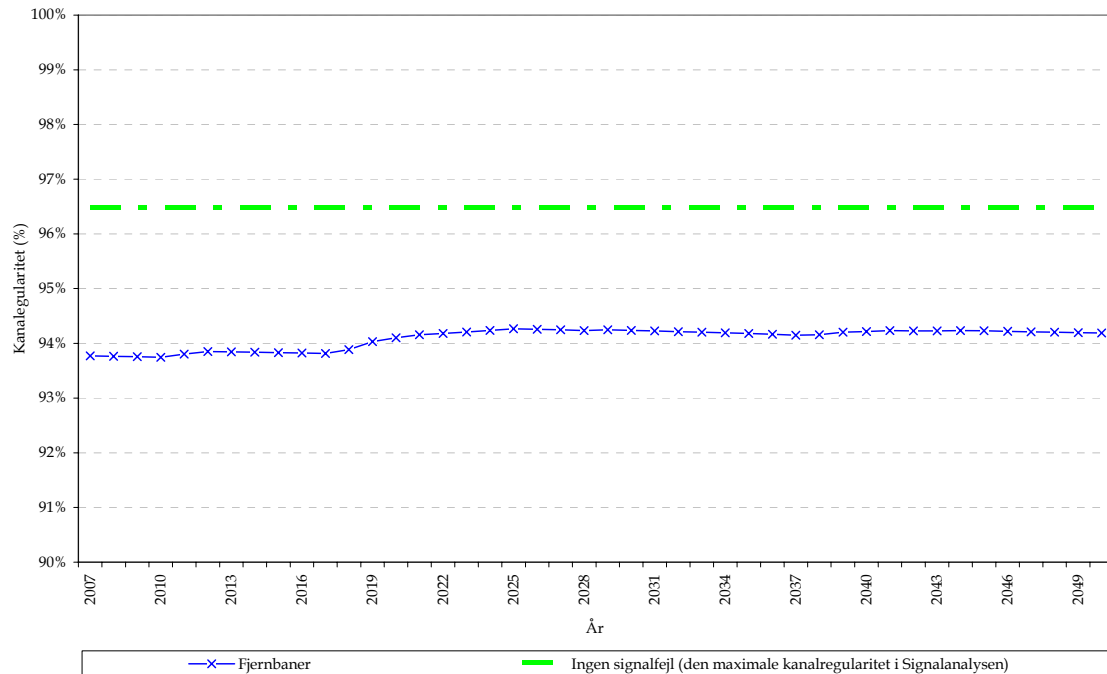
5.2.3 Kanalregularitet

Hovedformålet med investeringer på signalområdet er at forbedre kanalregulariteten. Mulighederne for dette er dog begrænsede under strategi 1, idet det ikke har været muligt at påvise en stærk sammenhæng mellem isolerede investeringsaktiviteter og positiv effekt på kanalregulariteten. Dette skyldes grundlæggende, at strategi 1 primært baserer sig på anlægsbestemte investeringer, som beskrevet i kapitel 4.

Figur 5-4 illustrerer udviklingen i kanalregulariteten for perioden 2007 – 2050. Den vandrette linie viser den maksimale kanalregularitet, som kan opnås på fjernbanen, dvs. linien repræsenterer den ideelle situation uden signalfejl, jf. diskussionen i kapitel 2. I figuren ses det, at det nuværende niveau (93,8 pct. i 2007) bibeholdes i perioden frem til 2014. Derefter finder der en mindre

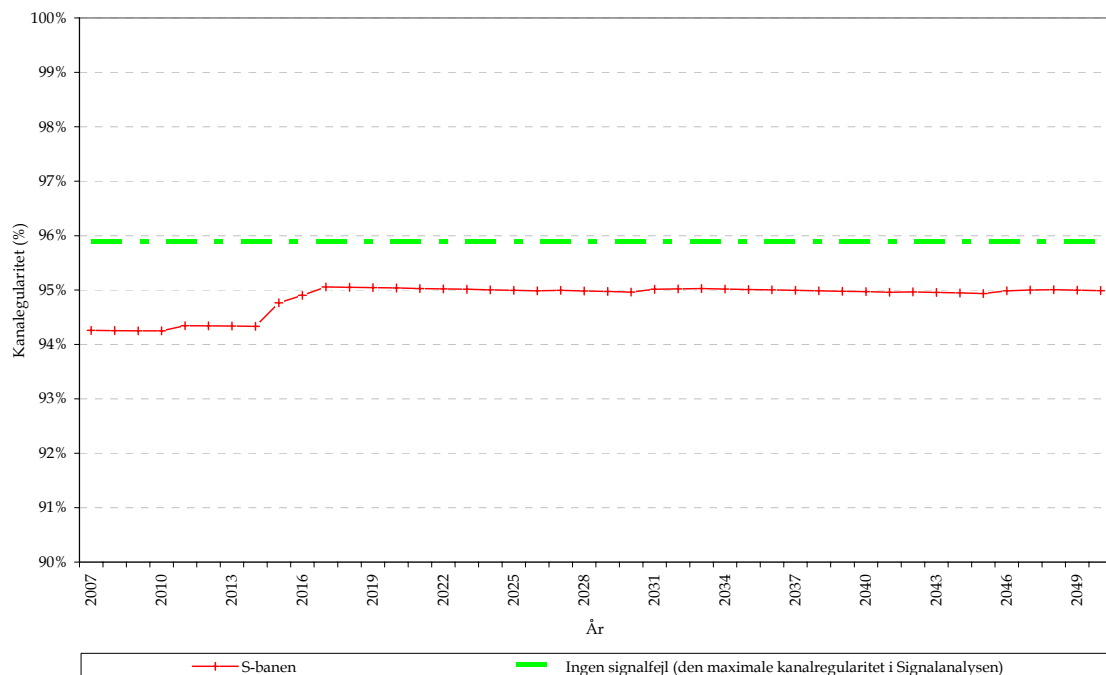
forbedring sted (til 94,1 pct. i 2020), hvilket hovedsagelig skyldes, at der i perioden 2014-20 foretages en mere omfattende udskiftning af signalaktiverne.

Figur 5-4: Kanalregulariteten for fjernbanen, strategi 1, 2007 – 2050



Nedenstående figur 5-5 viser kanalregulariteten på S-banen. Kanalregulariteten følger det samme udviklingsforløb, som på fjernbanen, idet den holder sig på samme niveau (ca. 94,3 pct.) fra 2007 til 2014. I modsætning til fjernbanen indtræffer der dog en forbedring, hvilket er et resultat af den totale og strækningssvise udskiftning af signalsystemet på S-banen i perioden 2015 – 2018. Kanalregulariteten er på 95,1 pct. i 2020, hvilket repræsenterer en forbedring på 0,8 procentpoint. I modsætning til isolerede fornyelsesaktiviteter er der en større gevinst, når der gennemføres en fornyelse af en hel strækning, da dette giver mulighed for installation af et helt nyt system med muligheder for bedre specifikationer og systemegenskaber.

Figur 5-5: Kanalregulariteten for S-banen, strategi 1, 2007 – 2050



Endelig skal det fremhæves, at det totale forbedringspotentiale for kanalregulariteten på S-banen som følge af signalinvesteringer, jf. kapitel 2, er på 1,6 procentpoint (se den vandrette linie i figuren). S-bane fornyelsen i denne investeringsstrategi realiserer således halvdelen af potentialet.

5.2.4 Samfundsøkonomisk effekt

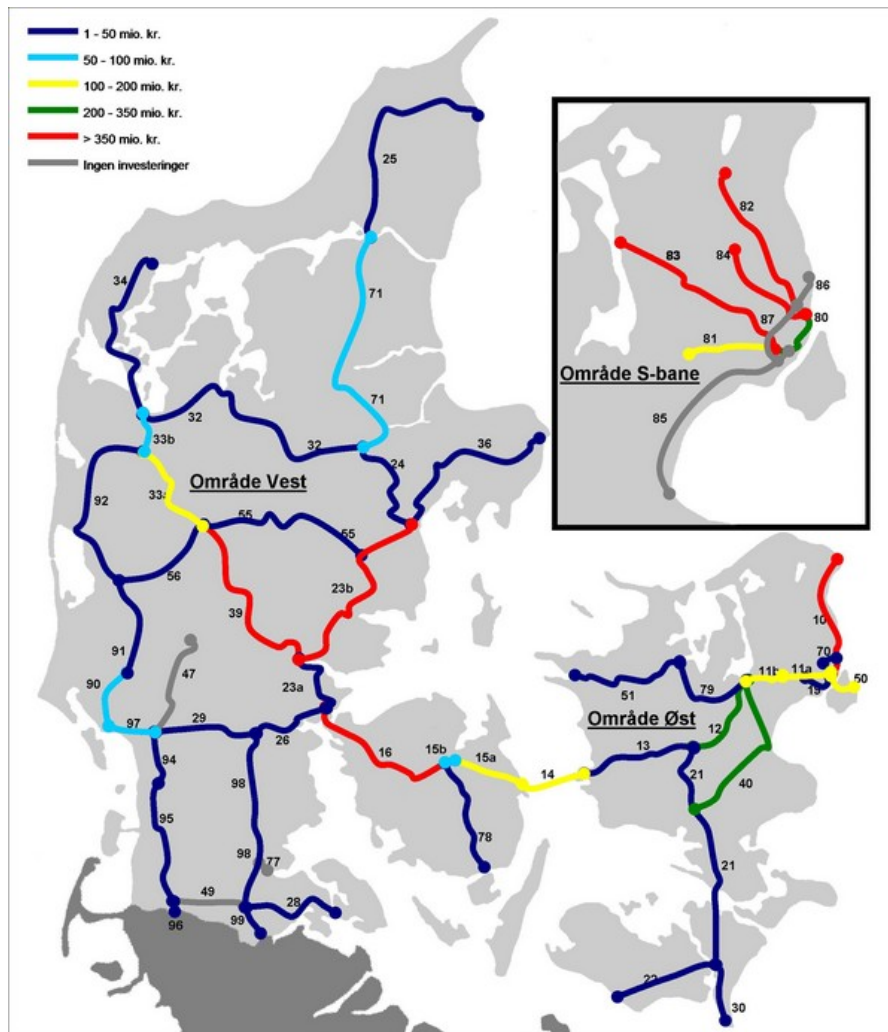
Strategi 1 er basisstrategien, som de øvrige investeringsstrategier sammenlignes med. Det er derfor ikke muligt at beregne nettoeffekten for brugerne. Med udgangspunkt i ændringerne i kanalregulariteten er det dog muligt at konstatere, at brugere ikke oplever nogen generel forbedring i form af færre forsinkelser i perioden 2007 – 2014. Det sker ikke før efter 2014, hvor øgede investeringer resulterer i mindre forbedringer for brugerne på fjernbanen og en mere væsentlig forbedring for brugerne på S-banen.

5.3 Strategi 2a (Intensiveret fornyelse med samfundsøkonomisk optimering)

5.3.1 Investeringsprofil

Figur 5-6 viser den geografiske fordeling af investeringerne under strategi 2a for perioden 2007 - 2014. Det ses, at der ifølge planen også i denne strategi foretages investeringer over hele jernbanenettet. Investeringerne følger de fornyelsesaktiviteter, der er blevet prioriteret i strategien, jf. beskrivelsen i kapitel 4.

Figur 5-6: Geografisk oversigt over investeringsprofilen i strategi 2a for 2007 – 2014, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser



Hovedprojekterne i perioden til 2014 omfatter:

- Esbjerg signalanlæg - Gennemføres i 2009³¹.
- Udskiftning af 1977 sikringsanlæggene - Gennemføres i perioden 2009 – 2012³². Yderligere gennemføres der levetidsforlængende arbejde på de computerbaserede 1990-anlæg, hvilket gennemføres i perioden 2010 – 2011.
- ATC-levetidsforlængelse - Gennemføres fra 2011 og omfatter alle ATC-strækningerne.
- Total fornyelse af signalsystemet på S-banen - Første del (migrationsprojektet)

³¹ Har en indvirkning på strækning 90 og 97.

³² Har en indvirkning på strækningerne 33a, 33b, 39 and 40.

gennemføres som en fornyelse af Hillerød – Lyngby³³ i 2011, mens den resterende del af S-banen fornyes 2012 - 2016, hvilket for enkelte strækninger er udenfor tidsperioden, som ovennævnte kort dækker.

- Udskiftning af ATC-anlægget – Gennemføres fra 2013 og afsluttes senest i 2020. Den valgte teknologi er ERTMS-niveau 1.

Tabel 5-5 nedenfor opsummerer tidspunkterne for gennemførelsen af de fem hovedprojekter.

Tabel 5-5: Planen for gennemførelsen af de fem hovedprojekter i strategi 2a

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlæg- gene	ATC- levetidsforlæng- else	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 - 2012	2011 - 2018	2011 - 2016	2013 - 2020

Specifikke investeringer gennemføres på den resterende del af jernbanenettet, på de tidspunkter, hvor signalaktiverne når udløbet på deres estimerede levetider. Dette gælder især for³⁴ Kystbanen, hovedstrækningerne København – Roskilde – Ringsted samt på Fyn og mellem Fredericia og Århus, hvor fokus er rettet mod at forbedre signalsystemets pålidelighed gennem nedbringelse af fejlniveauet, da fejlene på disse strækninger udgør ca. 30 pct. af alle signalfejlene. Dette er kommenteret i kapitel 2, hvor det er vist, at hovedstrækningerne som ventet rummer det største potentiale for at opnå væsentlige brugergevinster. Som vist i nedenstående tabel 5-6 er efterslæbet fjernet omkring 2020.

Tabel 5-6: Efterslæbsprofilen i strategi 2a

Efterslæb i 2007 (pct.)	Estimerede tidspunkt for fjernelse af efterslæbet
Sikringsanlæg (5 pct.)	
Linieblok (26 pct.)	2020
Overkørselsanlæg (62 pct.)	

³³ Strækning 82.

³⁴ Strækningerne 10, 11a, 11b, 12, 15a, 15b, 16, 23b og 50.

5.3.2 Omkostninger

I tabel 5-7 ses en oversigt over omkostningerne til sikring og fjernstyring i perioden 2007 - 2014. De totale fornyelses- og vedligeholdelsesomkostninger over denne periode er 6.927 mio. kr.

Tabel 5-7: Omkostninger til sikring og fjernstyring i strategi 2a, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Fornyelse	34	34	322	655	1.101	1.188	1.082	1.070	5.486
Vedligeholdelse	177	186	194	190	183	179	171	160	1.441
I alt	211	220	516	845	1.284	1.367	1.253	1.230	6.927
GSM-R	0	118	124	64	0	0	0	0	305
I alt	211	338	640	908	1.284	1.367	1.253	1.230	7.232
Trafikstyring	250	255	257	257	257	257	257	257	2.044
I alt	461	593	897	1.165	1.541	1.623	1.510	1.487	9.276
Rullende materiel	0	0	0	44	0	0	11	37	92
I alt	461	593	897	1.209	1.541	1.623	1.521	1.524	9.368

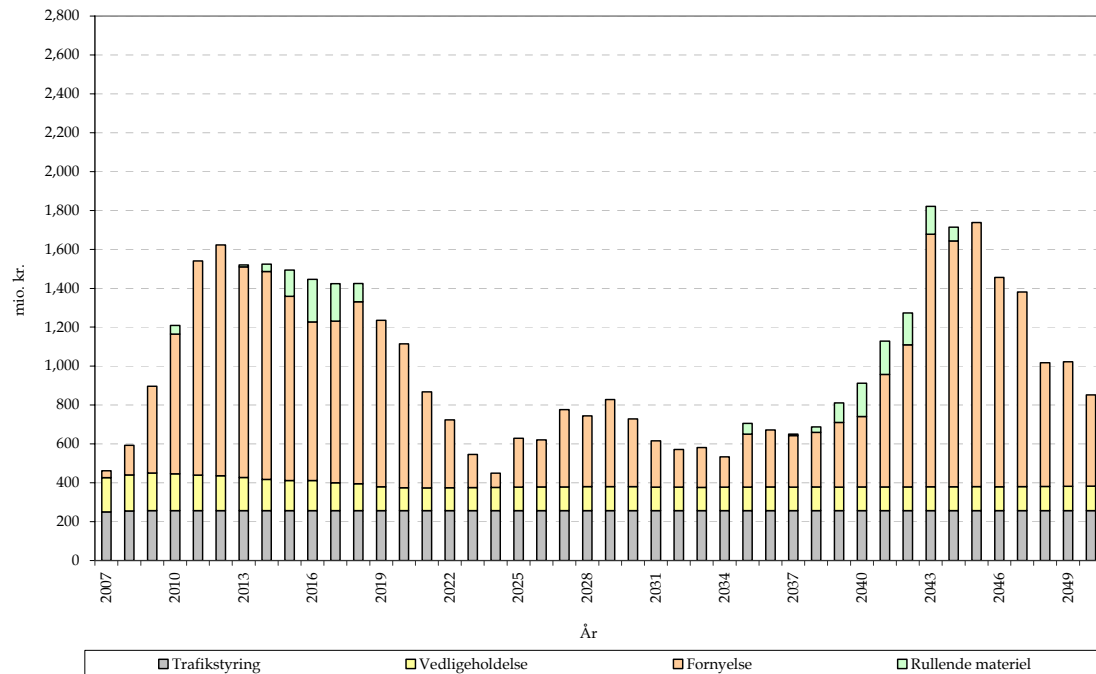
De totale omkostninger, hvilket inkluderer investeringer i GSM-R og rullende materiel samt omkostningerne i forbindelse med trafikstyring, udgør 9.368 mio. kr. (nutidsværdien er 6.936 mio. kr. ved en 6 pct. kalkulationsrentefod). Omkostningerne til etablering af GSM-R togradio er 305 mio. kr.³⁵ Udrustningen af det rullende materiel i forbindelse med interoperabilitet beløber sig til 44 mio. kr. Udskiftningen af ATC-systemet, som starter efter 2013, resulterer i yderligere omkostninger på 48 mio. kr. i perioden til 2014.

Af tabellen fremgår det også, at vedligeholdelsesomkostningerne reduceres over tidsperioden. Dette skyldes, at den lidt højere fornyelsesaktivitet muliggør en hurtigere reduktion i efterslæbet, hvilket betyder, at noget af behovet for forebyggende og korrigerende vedligeholdelse bortfalder.

Tabellen viser, at fornyelsesaktiviteterne i 2007 og 2008 er lave i forhold til de efterfølgende år, hvor investeringsniveauet forventes at stige væsentligt. Nedenstående figur 5-7 giver et overblik over de årlige omkostninger til fornyelse, vedligeholdelse, trafikstyring og rullende materiel for hele perioden til 2050.

³⁵ Estimeret værdi, afbøjet ny information fra TIT projektet. Opdateret "business case" foreligger 12. august og det formodes, at installationsomkostningerne er steget til 365 mio. kr.

Figur 5-7: Årlige investeringer i strategi 2a, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser



Af figuren ovenfor fremgår det, at perioden 2011 – 2018 kræver væsentlige investeringer indenfor signalområdet i forbindelse med levetidsforlængelse af ATC-system og senere udskiftning deraf, hvilket bl.a. indebærer nye ERTMS-installationer på det rullende materiel. Endvidere er en stor andel af investeringerne i perioden 2012 – 2014 drevet af fornyelsen af signalsystemet på S-banen. Endeligt vil en større andel af signalaktiverne nå udløbet af deres estimerede levetid omkring 2018, hvilket trækker større omkostninger til intensiveret fornyelse af disse.

De totale investeringer i signalaktiver, GSM-R og rullende materiel for perioden 2015 – 2022 koster omkring 6,6 mia. kr., hvilket er lidt højere end omkostningerne for perioden 2007 – 2014, som udgør omkring 5,9 mia. kr. Gennemførelsen af København – Ringsted vil resultere i en stigning på 50 mio. kr. (nutidsværdi ved 6 pct. kalkulationsrente), idet udrustningen af det rullende materiel foretages tidligere end planlagt i investeringsstrategien.

I figuren er det også muligt at se de faldende vedligeholdelsesomkostninger, som når et nyt niveau omkring 2020, hvor efterslæbet er beregnet til at være fjernet. Dette illustrerer forholdet mellem aktiverens alder og vedligeholdelsesomkostningerne. De specifikke ændringer er yderligere illustreret i nedenstående tabel 5-8, som viser trafikstyrings- og vedligeholdelsesomkostningerne i udvalgte år.

Tabel 5-8: Trafikstyrings- og vedligeholdelsesomkostninger i udvalgte år i strategi 2a, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

	2007	2014	2015	2018	2020	2024	2036
Vedligeholdelse	177	160	155	139	118	120	122
Ændring ift. 2007 (pct.)	0 pct.	-9 pct.	-12 pct.	-22 pct.	-33 pct.	-32 pct.	-31 pct.
Trafikstyring	250	257	257	257	257	257	257
Ændring ift. 2007 (pct.)	0 pct.	3 pct.	3 pct.	3 pct.	3 pct.	3 pct.	3 pct.

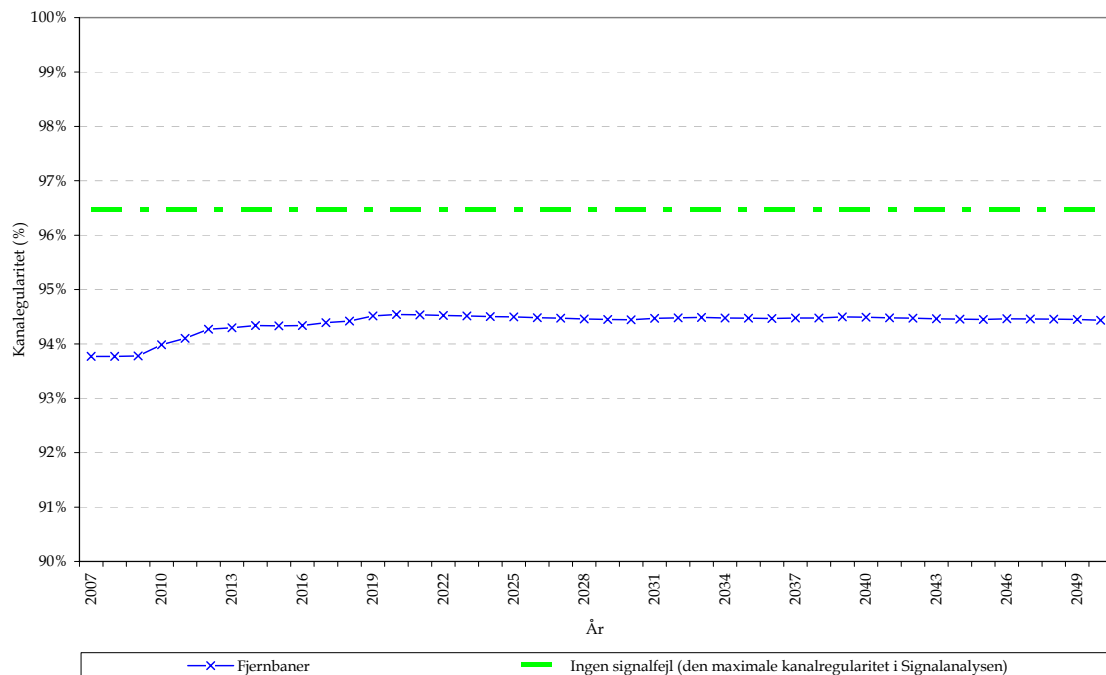
Vedligeholdelsesomkostningerne reduceres gradvist over perioden frem til 2020. I 2020 er de beregnet til at være 33 pct. lavere end i dag, hvilket er et resultat af reduktionen fra 177 mio. kr. i 2007 til 118 mio. kr. i 2020.

Trafikstyringsomkostningerne stiger i henhold til budgetoplægget mellem 2007 og 2009, hvorefter de forbliver på 2009-niveauet, idet der ikke foretages effektiviserende investeringer.

5.3.3 Regularitet

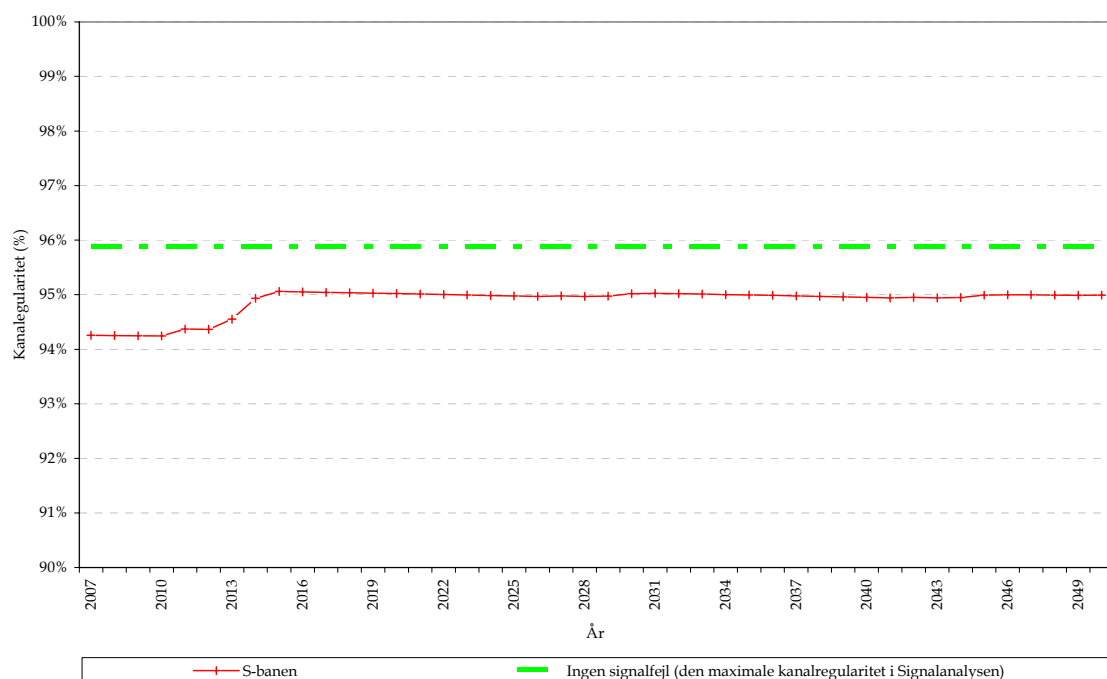
Figur 5-8 illustrerer udviklingen i kanalregulariteten for perioden 2007 – 2050. I figuren ses en stigende tendens fra det nuværende niveau på 93,8 pct. (2007) til 94,3 pct. (2014). I 2020 når kanalregulariteten et niveau på 94,5 pct., hvilket repræsenterer en samlet forbedring på 0,7 procentpoint.

Figur 5-8: Kanalregulariteten for fjernbanen, strategi 2a, 2007 – 2050



Nedenstående figur 5-9 viser kanalregulariteten på S-banen. Kanalregulariteten forbedres som resultat af den totale udskiftning af signalsystemet på S-banen i 2011 – 2016. I figuren kan det ses, at kanalregulariteten forbedres fra omkring 2011, hvor migrationsprojektet gennemføres. Resultatet er, at kanalregulariteten stiger fra 94,3 pct. (2007) til 94,9 pct. (2014). I 2016 er niveauet 95,1 pct., hvilket repræsenterer en samlet forbedring på 0,8 procentpoint. I modsætning til isolerede fornyelsesaktiviteter opnår man en større gevinst, når der gennemføres en fornyelse af en hel strækning, idet dette giver mulighed for installation af et helt nyt system med bedre specifikationer og systemegenskaber.

Figur 5-9: Kanalregulariteten for S-banen, strategi 2a, 2007 – 2050

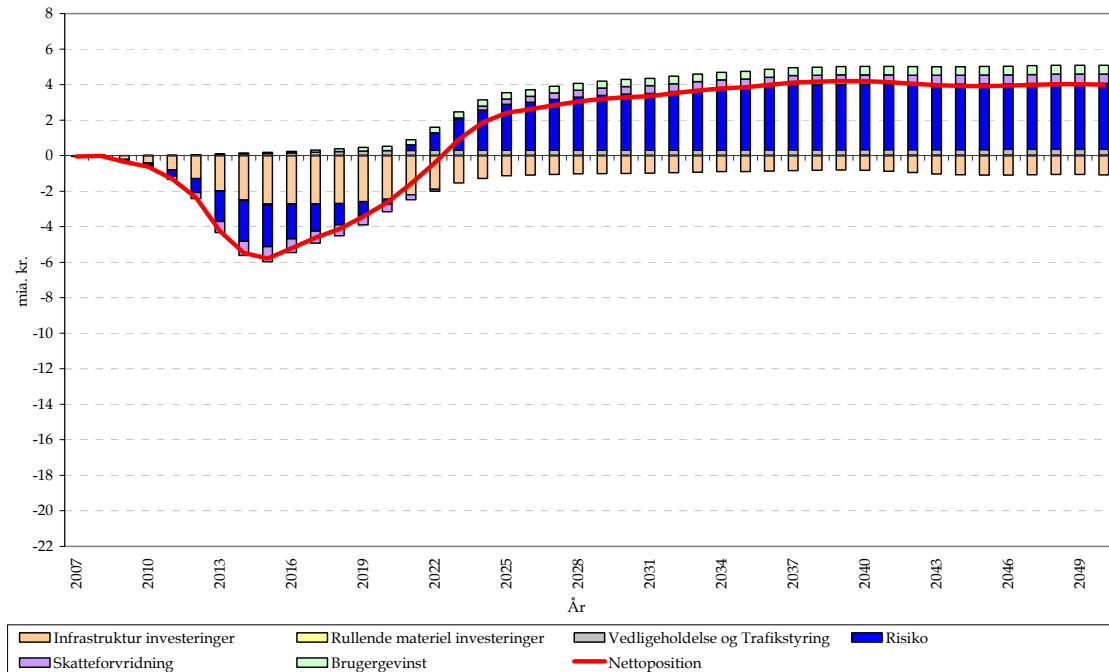


Endelig skal det fremhæves, at da det totale forbedringspotentiale for kanalregulariteten på S-banen, jf. kapitel 2, er på 1,6 pct. procentpoint. S-bane fornyelsen har således realiseret halvdelen af dette forbedringspotentiale

5.3.4 Samfundsøkonomisk effekt

Figur 5-10 viser den samlede samfundsøkonomiske effekt af strategi 2a. Den samfundsøkonomiske effekt er et udtryk for forskellen mellem den pågældende investeringsstrategi og strategi 1, som er basisstrategien og derfor sammenligningsgrundlaget i investeringsanalysen. Figuren sammenligner forskellen mellem fremskrivningen af omkostninger, risikoværdier og brugergevinster i de to investeringsstrategier. Alle værdierne i den samfundsøkonomiske konsekvensberegning er i markedspriser og der tages højde for den skatteforvridende effekt.

Figur 5-10: Den akkumulerede forskel mellem strategi 2a og strategi 1, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser



I figur 5-10 er sammenligningen udtrykt i form af udviklingen i de akkumulerede nettoværdier over tid. Alle værdier er tilbagediskonteret. Nettopositionen, hvilket er forskellen mellem fordele (brugergevinster og reducerede omkostninger) og ulemper (omkostninger) i de to investeringsstrategier, er angivet i form af den røde kurve. Nettopositionen udtrykker den samfundsøkonomiske værdiskabelse i forhold til strategi 1.

En positiv nettoposition indebærer, at der er en positiv samfundsøkonomisk effekt ved at gennemføre den pågældende strategi frem for strategi 1, hvorimod en negativ nettoposition har den modsatte betydning, dvs. i det tilfælde er strategi 1 mere attraktiv. En positiv effekt er således realiseret, hvis den røde kurve i figuren bevæger sig over tidslinien, som løber langs abscisseaksen.

I ovenstående figur ses det, at en positiv effekt finder sted i begyndelsen af 2020'erne. Konsekvensen er derfor, at strategi 2a har en positiv samfundsøkonomisk effekt i forhold til strategi 1. I perioden frem til 2015 er den negative effekt stigende, hvilket primært drives af det højere investeringsniveau i forhold til strategi 1. Efter 2015 indtræder der en positiv tendens, som fortsætter, således at strategi 2a har en samfundsøkonomisk værdiskabende effekt fra 2023. Fra omkring 2040 forbliver den totale effekt på et konstant niveau.

Det ses også i figuren at risikoværdierne har en stor indflydelse på nettoresultatet. Risikovurderingen er omtalt nærmere senere i kapitel 5. Strategi 2a har en meget højere risikoværdi i perioden til 2020, hvorefter det er strategi 1,

som har den højeste risikoværdi. Udviklingen er et resultat af det lavere investeringsniveau i strategi 1 samt det forhold, at det tager længere tid at nedbringe efterslæbet.

En væsentlig forklaring er den mere målrettede udskiftningsstrategi i forhold til strategi 2a. Som beskrevet i kapitel 4 fokuserer strategi 2a på en forbedring af fejlraten og dermed kanalregulariteten ved at erstatte signaler, sporskiftedrev og togdetekteringsanlæg på specifikke strækninger, der i dag har en høj fejlrate.

Som nævnt ovenfor når den akkumulerede nettoposition sit laveste punkt i 2015. Det akkumulerede nettotab i det pågældende år er 5,8 mia. kr., hvilket er et resultat af 6 mia. kr. i omkostninger og 0,2 mia. kr. i gevinster. Disse værdier repræsenterer alle meromkostninger eller gevinster i forhold til strategi 1. Omkostningerne inkluderer infrastruktur, rullende materiel, risiko (jf. beskrivelsen senere i kapitel 5) og skatteforvridning. Gevinsterne hidrører fra brugereffekter og lavere vedligeholdelsesomkostninger. I perioden efter 2015 reduceres nettotabet, idet 2014 og 2020 tallene er negative (nettotab), men 2035 og 2050 er positive (nettogevinst).

Ændringerne i den økonomiske nettoposition over tid er især drevet af følgende faktorer:

- I perioden frem til 2014 er den væsentligste forskel mellem strategi 1 og strategi 2a, at sidstnævnte har et højere aktivitetsniveau, hvilket resulterer i både højere omkostninger og risikoværdier.
- En væsentlig årsag er den mere målrettede udskiftningsstrategi i forhold til strategi 1. Som beskrevet i kapitel 4 fokuserer strategi 2 på en forbedring af fejlraten og dermed kanalregulariteten gennem specifikke projekter, der har til formål at erstatte signaler, sporskiftedrev og togdetekteringsanlæg på specifikke strækninger, der i dag har en høj fejlrate.
- Investeringerne i perioden 2007 – 2014 udmønter sig i begrænsede brugergevinster og lavere vedligeholdelsesomkostninger.
- I perioden efter 2014 har strategi 2a et investeringsniveau, der er lavere end strategi 1, idet sidstnævnte har behov for højere investeringer i forbindelse med nedbringelsen af det større efterslæb, som er opbygget gennem perioden til 2014.
- I perioden efter 2014 opnår strategi 2a højere brugergevinster og lavere vedligeholdelsesomkostninger, idet investeringerne resulterer i nyere aktiver, som har en højere pålidelighed end tilfældet er i strategi 1. Forbedringerne slår gradvis stærkere igennem indtil midt i 2020'erne, hvorefter de aftager, idet strategi 1 på det tidspunkt har gennemgået den samme fornyelsesaktivitet og dermed nedbragt efterslæbet. Endvidere har strategi 2a en lavere risikoværdi på længere sigt, hvilket har en betydelig effekt på nettoresultatet af sammenligningen.

De samlede brugergevinster, som beregnet i benefitmodellen, er 0,1 mia. kr. (2014), 0,3 mia. kr. (2020), 0,4 mia. kr. (2036) og 0,5 mia. kr. (2050).

5.4 Strategi 2b (Intensiveret fornyelse med maksimering af kanalregulariteten)

5.4.1 Investeringsprofil

Figur 5-11 viser den geografiske profil af investeringerne under strategi 2b for perioden 2007 - 2014. Det ses, at der ifølge planen foretages investeringer over hele jernbanenettet. Investeringerne afspejler de fornyelsesaktiviteter, der er blevet prioriteret i strategi 2b, jf. kapitel 4.

Hovedprojekterne i perioden til 2014 omfatter:

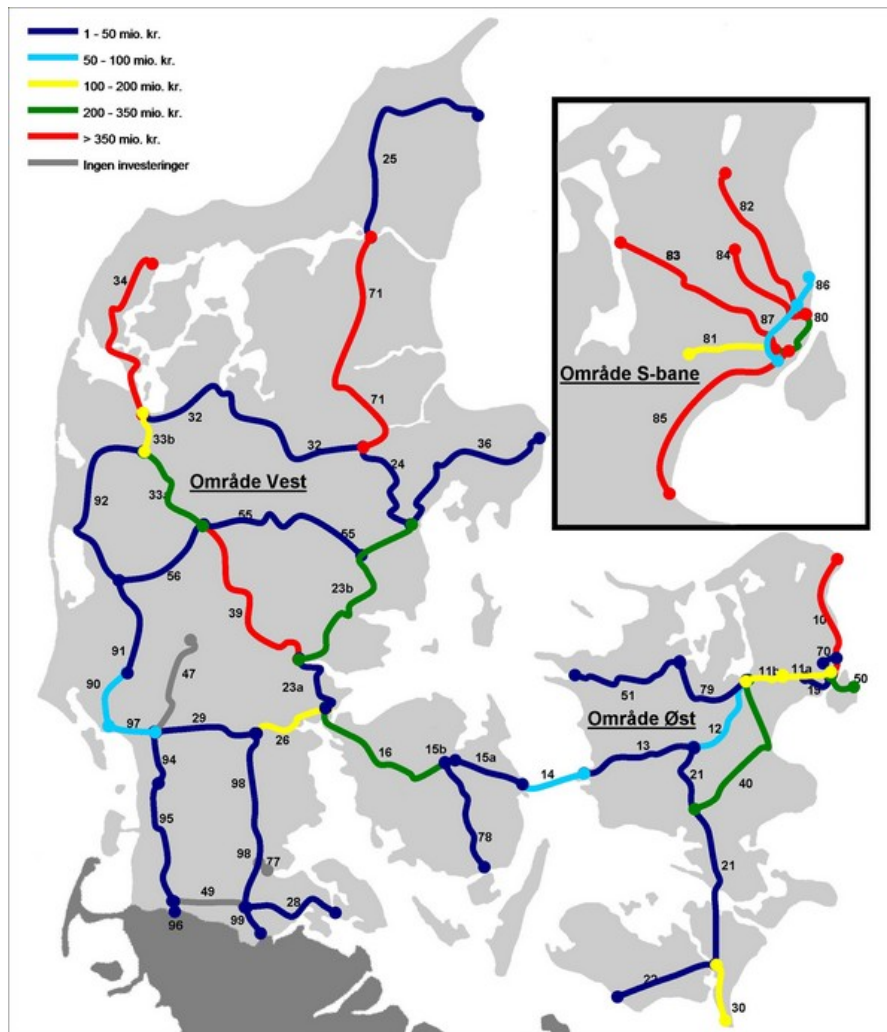
- Esbjerg signalanlæg - *Gennemføres i 2009*³⁶.
- Udskiftning af 1977 sikringsanlæggene - *Gennemføres i perioden 2009 – 2012*³⁷.
- ATC-levetidsforlængelse - *Gennemføres fra 2011 og omfatter alle ATC-strækningerne.*
- Total fornyelse af signalsystemet på S-banen – *Første del (migrationsprojektet) gennemføres som en fornyelse af Hillerød – Lyngby*³⁸ *i 2010, medens den resterende del af S-banen fornyes 2011 - 2014, hvilket er udenfor tidsperioden, som ovennævnte kort dækker.*
- Udskiftning af ATC-anlægget - *Gennemføres fra 2010 og afsluttes senest i 2020. Den valgte teknologi er ERTMS-niveau 2.*

³⁶ Har en indvirkning på strækning 90 og 97.

³⁷ Har en indvirkning på strækningerne 33a, 33b, 39 and 40.

³⁸ Strækning 82.

Figur 5-11: Geografisk oversigt over investeringsprofilen i strategi 2b for 2007 – 2014, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

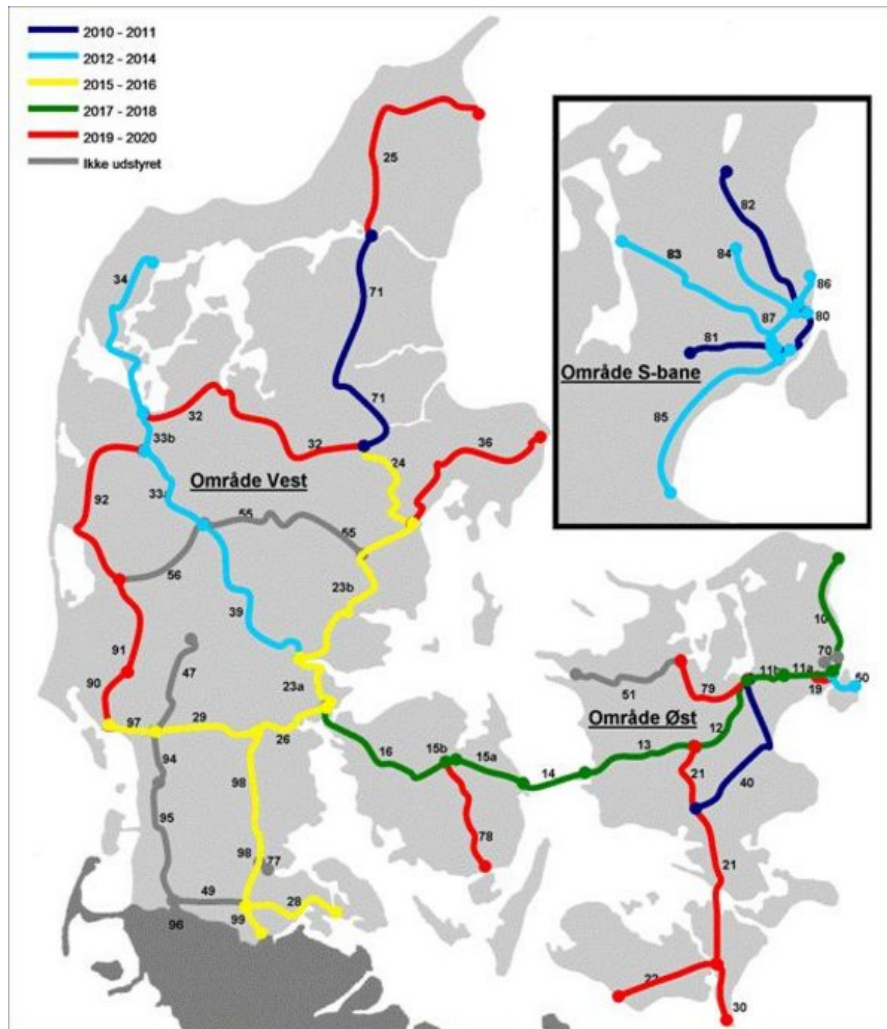


Figur 5-12 nedenfor viser forløbet af ATC-udskiftningen til ERTMS-niveau 2. Først gennemføres et par migrationsstrækninger (strækningerne Roskilde – Køge - Næstved og Langå - Aalborg), hvorefter fornyelsen fortsætter landsdækkende. Figuren viser, at det meste af jernbanenettet udstyres med ERTMS, hvilket vil resultere i en generel forbedring af sikkerheden, da nogle af de strækninger, som ikke har ATC i dag, bliver 'opgraderet'. Installationen forventes afsluttet i 2020.

En af konsekvenserne af forudsætningerne omkring strategi 2b og introduktionen af ERTMS-niveau 2, jf. kapitel 4, er at ERTMS-niveau 2 implementeres på strækninger, som ikke er dækket af ATC-anlæg på nuværende tidspunkt. Et eksempel herpå er strækningen Struer-Thisted, hvor der er væsentlige investeringer indeholdt i strategi 2b. Ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv vil investeringer af denne art ikke fremtræde som værende rentable, da værdiansættelsen af gevinsterne ikke når op på et niveau, der modsvarer

ERTMS-investeringerne. Dette er også dokumenteret i Trafikstyrelsens egne økonomiske beregninger³⁹ omkring en mulig udvidelse af ATC-anlægget.

Figur 5-12: Geografisk oversigt af ATC-udskiftningen i strategi 2b



Det rullende materiel skal også tilpasses, og det er derfor nødvendigt med en ERTMS-implementeringsplan for det rullende materiel før udrulningen af ERTMS på infrastrukturen.

Endeligt skal det nævnes, at strategi 2b muliggør centralisering af fjernstyringscentraler, hvilket betyder, at disse bliver samlet i Jylland (f.eks. i Fredericia) og København, hvor det sidstnævnte center også vil rumme kontrollen af S-banen. Centraliseringen forventes at medføre en reduktion i antallet af ansatte som nævnt tidligere.

³⁹ ATC-strategi for lokal og regionalbaner, Trafikstyrelsen, 31.08.05.

Tidspunkterne for gennemførelsen af de fem hovedprojekter er opsummeret i tabel 5-9 nedenfor.

Tabel 5-9: Planen for gennemførelsen af de fem hovedprojekter i strategi 2b

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlæg- gene	ATC- levetidsforlæng- else	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 – 2012	2011 - 2012	2010 – 2014	2010 – 2020

Installationen af ERTMS-niveau 2 vil medføre en omfattende fornyelse af signalaktiverne. Det ses i tabel 5-10, at efterslæbet er fjernet omkring 2015 i strategi 2b. En medvirkende faktor er det høje fornyelsesniveau i strategi 2b før selve ERTMS-udrustningen påbegyndes.

Tabel 5-10: Efterslæbsprofilen i strategi 2b

Efterslæb i 2007 (pct.)	Estimerede tidspunkt for fjernelse af efterslæbet
Sikringsanlæg (5 pct.)	
Linieblok (26 pct.)	2015
Overkørselsanlæg (62 pct.)	

5.4.2 Omkostninger

I tabel 5-11 ses omkostningerne til sikring og fjernstyring i perioden 2007 - 2014. De totale fornyelses- og vedligeholdelsesomkostninger udgør 10.435 mio. kr. for perioden 2007 – 2014.

Tabel 5-11: Omkostninger til sikring og fjernstyring i strategi 2b, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

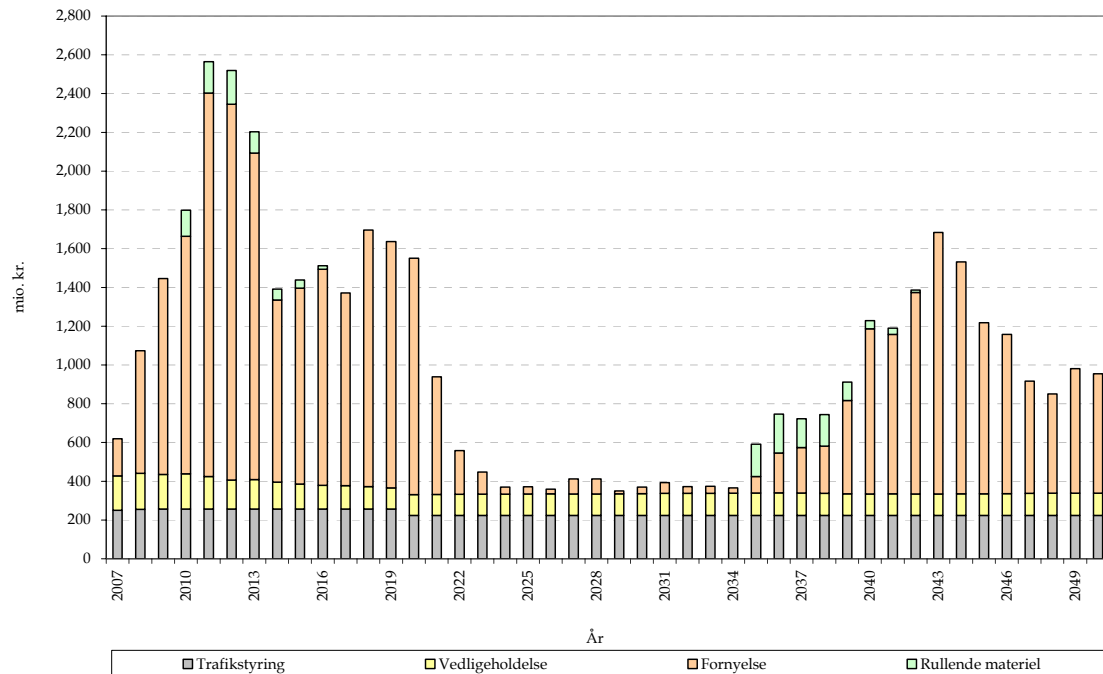
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Fornyelse	192	495	853	1.135	1.941	1.916	1.661	914	9.106
Vedligeholdelse	177	185	178	182	168	150	152	138	1.329
I alt	369	680	1.031	1.316	2.109	2.065	1.813	1.052	10.435
GSM-R	0	138	159	91	37	23	23	27	497
I alt	369	818	1.190	1.407	2.146	2.088	1.836	1.078	10.932
Trafikstyring	250	255	257	257	257	257	257	257	2.044
I alt	619	1.073	1.446	1.663	2.402	2.344	2.093	1.335	12.976
Rullende materiel	0	0	0	135	162	175	109	56	637
I alt	619	1.073	1.446	1.798	2.565	2.519	2.202	1.391	13.613

De totale omkostninger er 13.613 mio. kr. (nutidsværdien er 10.207 mio. kr. ved en 6 pct. kalkulationsrente). De totale GSM-R omkostninger er 497 mio. kr., hvilket er foranlediget af omkostningerne til etablering af GSM-R togradio (305 mio. kr.⁴⁰) og omkostningerne til etablering af GSM-R datatransmission (192 mio. kr.), som er en betingelse for at implementere ERTMS-niveau 2. Yderligere GSM-R datatransmissionsomkostninger påløber i de efterfølgende år. Omkostninger i forbindelse med udrustningen af det rullende materiel er på 637 mio. kr.. Heraf udgør interoperabilitet 44 mio. kr, mens yderligere 593 mio. kr. relaterer sig til udskiftningen af ATC-systemet.

Det fremgår af tabel 5-11, at vedligeholdelsesomkostningerne bliver reduceret over tidsperioden, hvilket skyldes at den lidt højere fornyelsesaktivitet muliggør hurtigere reduktion i efterslæbet. Dette har den positive effekt, at en del af behovet for forebyggende og korrigerende vedligeholdelse bortfalder.

Allerede i 2008 er fornyelsesaktiviteten oppe på det årlige niveau, som er budgetteret i Trafikaftalen. Figur 5-13 giver et overblik over de årlige omkostninger til fornyelse, vedligeholdelse, trafikstyring og rullende materiel for hele perioden frem til 2050.

⁴⁰ Estimeret værdi, afvænter ny information fra TIT projektet. Opdateret "business case" foreligger 12. august og det formodes, at installationsomkostningerne er steget til 365 mio. kr.

Figur 5-13: Årlige investeringer i strategi 2b, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

Figuren ovenfor viser, at ERTMS-niveau 2 løsningen på udskiftningen af ATC-systemet forudsætter, at der foretages væsentlige investeringer på signalområdet i perioden op til 2014. Endvidere er en stor andel af investeringerne i perioden 2010 - 2014 forbundet med fornyelsen af signalsystemet på S-banen.

De totale investeringer i signalaktiver, GSM-R og rullende materiel for perioden 2015 - 2022 udgør omkring 7,8 mia. kr., hvilket er 2,4 mia. kr. mindre end investeringerne for perioden 2007 - 2014, som udgør omkring 10,2 mia. kr.

I figuren er det også muligt at se, hvordan vedligeholdelsesomkostningerne falder over perioden 2007 - 2020. Dette sker i linie med at efterslæbet nedbringes. Nedenstående tabel 5-12 giver trafikstyrings- og vedligeholdelsesomkostningerne i udvalgte år.

I strategi 2b er der en samlet reduktion i vedligeholdelsesomkostningerne på 39 pct. i 2020 i forhold til 2007. Endvidere reduceres trafikstyringsomkostningerne fra 2020 som konsekvens af installationen af ERTMS-niveau 2 og sammenlægningen af trafikstyringen.

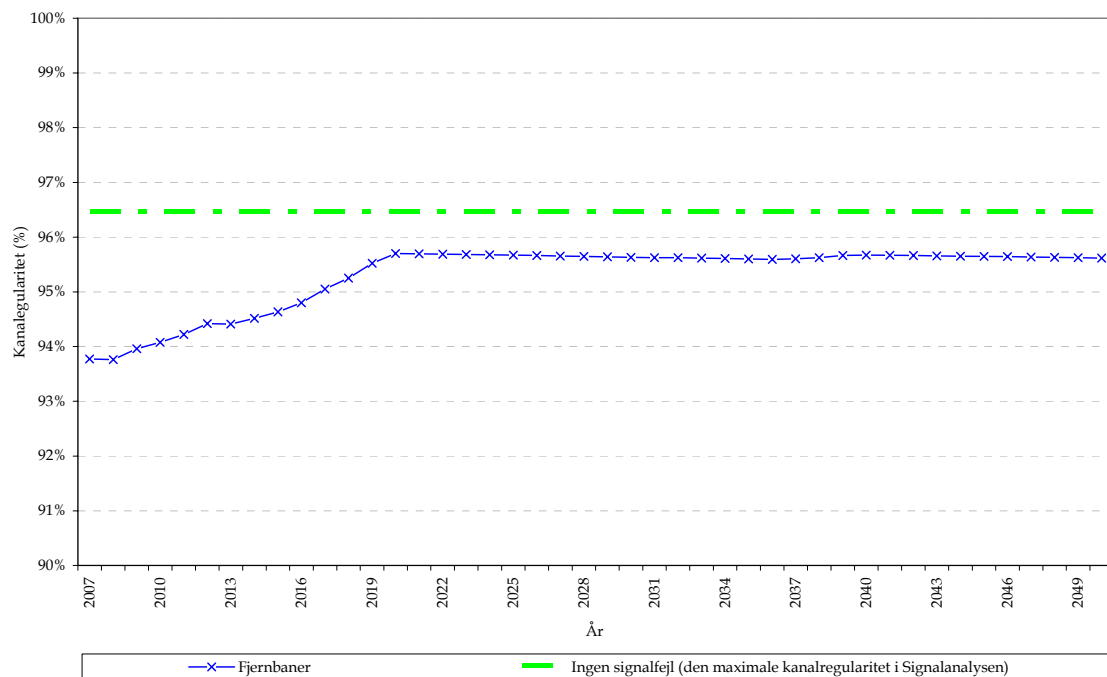
Tabel 5-12: Trafikstyrings- og vedligeholdelsesomkostninger i udvalgte år i strategi 2b, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

	2007	2014	2015	2018	2020	2024	2036
Vedligeholdelse	177	138	129	115	107	110	117
Ændring ift. 2007 (pct.)	0 pct.	-22 pct.	-27 pct.	-35 pct.	-39 pct.	-38 pct.	-34 pct.
Trafikstyring	250	257	257	257	223	223	223
Ændring ift. 2007 (pct.)	0 pct.	3 pct.	3 pct.	3 pct.	-11 pct.	-11 pct.	-11 pct.

Trafikstyringsomkostningerne er i 2020 reduceret med 11 pct. i forhold til 2007, hvilket hovedsagelig er drevet af konsolideringen af fjernstyringen. Stigningen i perioden 2007 – 2014 er i overensstemmelse med eksisterende budgetter.

5.4.3 Regularitet

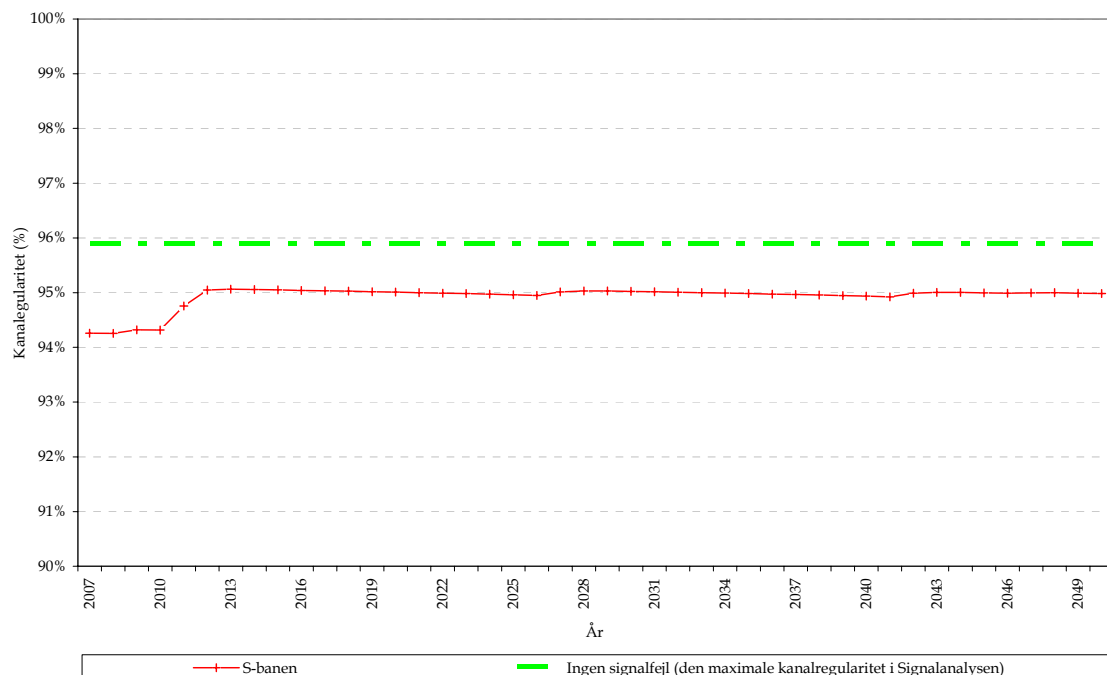
Figur 5-14 illustrerer ændringerne i kanalregulariteten for perioden 2007 – 2050. I figuren ses en forbedring fra det nuværende niveau på 93,8 pct. (2007) til 94,5 pct. (2014). I 2020 når kanalregulariteten et niveau på 95,7 pct., hvilket repræsenterer en samlet forbedring på 1,9 procentpoint.

Figur 5-14: Kanalregulariteten for fjernbanen, strategi 2b, 2007 – 2050

Den markante forbedring af kanalregulariteten på fjernbanen over perioden 2013 - 2020 er et resultat af ERTMS-niveau 2 installationen.

Nedenstående figur 5-15 viser kanalregulariteten på S-banen. Kanalregulariteten forbedres som resultat af den totale udskiftning af signalsystemet på S-banen i 2012 – 2016. I figuren kan det ses, at kanalregulariteten forbedres fra omkring 2011, hvor migrationsprojektet gennemføres. Resultatet er, at kanalregulariteten stiger fra 94,3 pct. (2007) til 95,1 pct. (2014), hvilket repræsenterer en samlet forbedring på 0,8 procentpoint. I modsætning til isolerede fornyelsesaktiviteter er der som tidligere nævnt en større gevinst at hente, når der gennemføres en fornyelse af hele strækninger.

Figur 5-15: Kanalregulariteten for S-banen, strategi 2b, 2007 – 2050



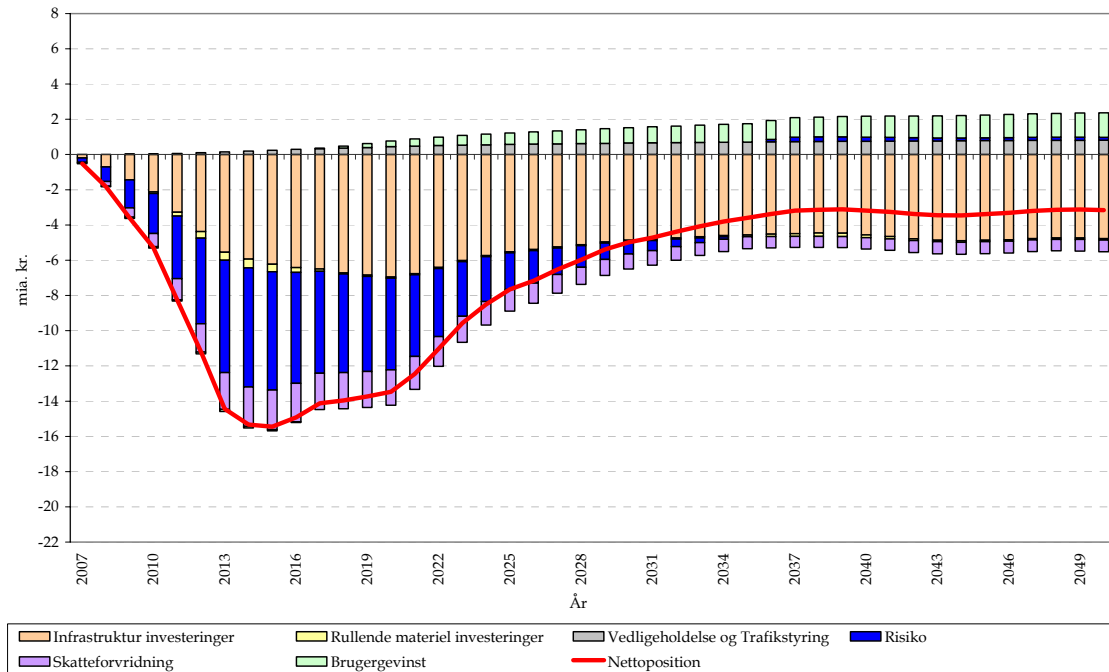
Endelig skal det fremhæves, at det totale forbedringspotentiale for kanalregulariteten på S-banen, jf. kapitel 2, er på 1.6 procentpoint. Fornyelsen af S-banen realiserer således halvdelen af dette forbedringspotentiale.

5.4.4 Samfundsøkonomisk effekt

Den samlede samfundsøkonomiske effekt af strategi 2b i forhold til strategi 1 er vist i figur 5-16. En nærmere beskrivelse af figuren kan findes i forbindelse med gennemgangen af de tilsvarende resultater for strategi 2a. Alle resultater er i markedspriser og der tages højde for den skatteforvridende effekt.

I figuren ses det, at nettopositionen forringes i perioden frem til 2015, hvorefter der indtræder en positiv tendens. Dette er dog ikke tilstrækkelig til at opnå en samlet positiv nettoposition. Over tid er nettotabet 15,3 mia. kr. (2014), 13,5 mia. kr. (2020), 3,4 mia. kr. (2036) og 3,2 mia. kr. (2050).

Figur 5-16: Den akkumulerede forskel mellem strategi 2b og strategi 1, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser



Ændringerne i den økonomiske nettoposition over tiden er især påvirket af følgende tre faktorer:

- I perioden til 2014 er den væsentligste forskel mellem strategi 1 og strategi 2b, at sidstnævnte har et højere investeringsniveau.
- I perioden efter 2014 har strategi 2b et investeringsniveau, der vedvarende er højere end strategi 1 indtil 2020, hvilket er nødvendigt i forbindelse med den løbende udskiftning af signalaktiverne som defineret i forudsætningerne, jf. kapitel 4.
- I perioden efter 2014 realiseres lavere vedligeholdelses- og trafikstyringsomkostninger og højere brugergevinster. Dette skal ses i lyset af at investeringerne resulterer i nyere signalaktiver samt en ERTMS-niveau 2 løsning, som generelt har en meget større positiv indvirkning på fejlniveauet end investeringerne i strategi 1.

Endvidere kan det fremhæves, at strategi 2b har en risikoprofil, hvor hovedparten af omkostningseffekten kan relateres til den beregnede risikoværdi. Dette gælder dog kun for de første 10 år. Derefter bør det bemærkes, at risikoeffekten formindskes over tid og bortfalder helt omkring år 2030. Nettoresultatet er derfor, at den væsentligste forskel mellem strategi 2b og strategi 1 er investeringsniveauet. Som det fremgår af figuren, har strategi 2b nettoinvesteringer, der er omkring 5 mia. kr. højere end strategi 1. Da disse ikke

modsvares i tilstrækkelig omfang af gevinster bliver nettoresultatet af strategi 2b har et væsentlig samfundsøkonomisk tab set i forhold til strategi 1.

De samlede brugergevinster, som beregnet i benefitmodellen, er -0,1 mia. kr. (2014), 0,3 mia. kr. (2020), 1,1 mia. kr. (2036) og 1,4 mia. kr. (2050). Brugertabet i 2014 er som følge af det højere aktivitetsniveau, som resulterer i flere driftsforstyrrelser.

5.5 Strategi 3 (Udskiftning)

5.5.1 Investeringsprofil

Nedenstående figur 5-17 viser den geografiske fordeling af investeringerne under strategi 3 for perioden 2007 - 2014. Det ses, at der ifølge planen foretages investeringer over hele jernbanenettet. Investeringerne afspejler, de fornyelsesaktiviteter, der er blevet prioriteret i strategi 3, jf. kapitel 4.

I perioden op til 2014 er der tale om væsentlige investeringer i infrastrukturen i Jylland, idet ERTMS-niveau 2 udrustningen starter på strækningerne Roskilde - Køge - Næstved samt Langå - Aalborg. Investeringerne i den østlige del af Danmark ligger hovedsagelig i 2015 og 2016, hvad angår ERTMS-niveau 2 installationen. De væsentligste fornyelsesaktiviteter til S-banen sker i perioden 2010-2014. Investeringerne illustreres i nedenstående figur 5-17.

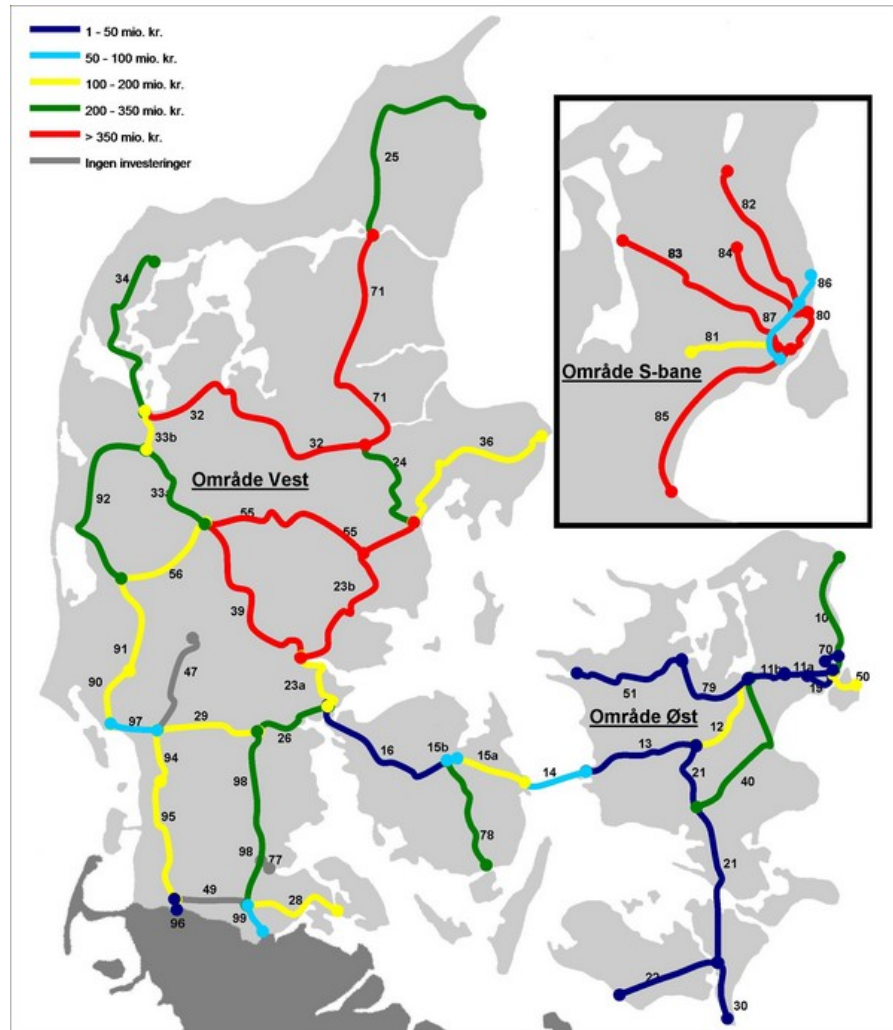
Hovedprojekterne i perioden til 2014 omfatter:

- Esbjerg signalanlæg – *Levetidsforlængelse i 2009 og fornyelse i forbindelse med ERTMS-niveau 2 installationen i 2013*⁴¹.
- Udskiftning af computerbaserede sikringsanlæg – DSB 1977 og 1990 sikringsanlæg bliver fornyet med nye sikringsanlæg samt ERTMS-niveau 2 i perioden 2010 – 2012.
- Total fornyelse af signalsystemet på S-banen – *Første del (migrationsprojektet) gennemføres som en fornyelse af Hillerød – Lyngby*⁴² i 2010, medens den resterende del af S-banen fornyes 2011 - 2014, hvilket er udenfor tidsperioden, som ovennævnte kort dækker.
- Udskiftning af ATC-anlægget – Gennemføres fra 2010 og afsluttes senest i 2016. Den valgte teknologi er ERTMS-niveau 2

⁴¹ Strækningerne 90 og 97.

⁴² Strækning 82.

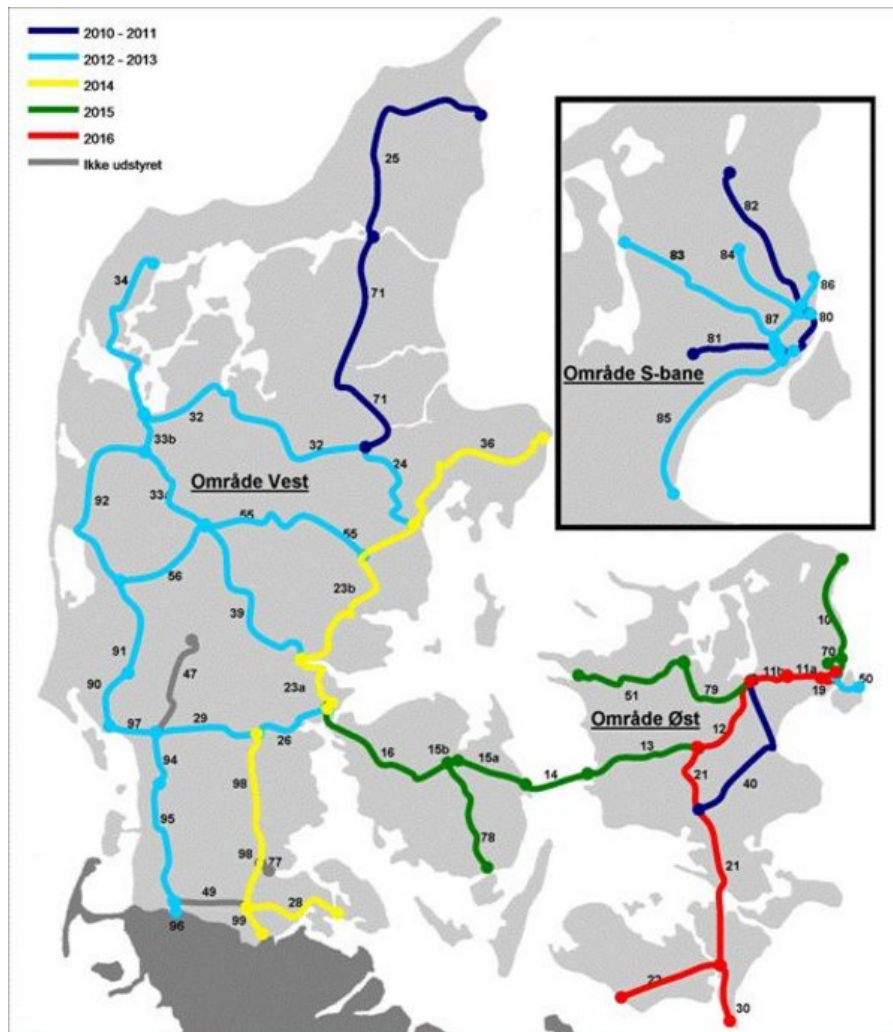
Figur 5-17: Geografisk oversigt over investeringsprofilen i strategi 3 for 2007 - 2014, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser



Figur 5-18 nedenfor viser forløbet af ERTMS-niveau 2 installationen. Implementeringen starter med migrationsstrækningerne (Roskilde - Køge - Næstved samt Långå - Aalborg), hvorefter implementering gennemføres på landsplan. Kortet viser, at hele jernbanenettet udstyres med ERTMS-niveau 2, hvilket vil resultere i en generel forbedring af sikkerheden, da nogle af de strækninger, som ikke har ATC i dag, således bliver 'opgraderet'.

En af konsekvenserne af forudsætningerne omkring sikkerhed, jf. kapitel 4, er at som beskrevet under strategi 2b implementeres ERTMS på strækninger, som ikke er dækket af ATC-systemet på nuværende tidspunkt.

Figur 5-18: Geografisk oversigt over ERTMS-implementeringsplanen for strategi 3



Investeringsplanen er baseret på de forudsætninger, der er beskrevet i kapitel 4. Investeringsplanen for strategi 3 er anderledes i forhold til investeringsplanerne for strategierne 1 og 2a, idet den bygger på en total og hurtig udskiftning og indførelse af et nyt togkontrolsystem.

Strækningen Roskilde – Køge – Næstved er et oplagt valg med henblik på tidlig implementering, da sikringsanlæggene er af DSB 1977-typen, der i tilstandsvurderingen blev defineret som problematiske og bør udskiftes. Strækningen bliver samtidigt også anvendt til både passagerer og godstrafik, hvilket giver mulighed for en mere omfattende testning af ERTMS med forskellige trafikformer. Det tidligste tidspunkt, hvor det er muligt at have denne strækning i drift som ERTMS-niveau 2 er sidst i 2010 / tidligt i 2011.

Datoen er estimeret på baggrund af den tid, som er krævet i forbindelse med gennemførelse af et specifikt projektforsløb med etablering af organisation,

planlægning, projektering, valg af leverandører, udbud, installation af udstyr, test, idriftsættelse og overdragelse til drift.

Strækningen, Aalborg – Frederikshavn er valgt på baggrund af den geografiske placering i den nordligste del af Jylland. Det er således muligt at isolere eventuelle fejl, så de ikke påvirker den øvrige del af netværket. Implementeringen fortsætter derefter igennem Vest- og Østjylland fra 2012⁴³ til 2016, hvorefter Fyn og Sjælland udstyres. Da hovedstrækningerne udstyres i den sidste del af tidsperioden opnås en forbedring i kanalregularitet ikke hurtigst muligt. Dette skal dog holdes op i mod et ønske om at lægge hovedvægten på at sikre en realistisk implementering med lav programrisiko.

Investeringsplanen giver omkring fem år fra i dag til at forberede og implementere udviklingsprojekterne, som vil kunne afsluttes omkring 2011. Dette vurderer Booz Allen er en stram tidsplan, hvilket også betyder at implementering i hele netværket over en tiårig periode er krævende. Booz Allen vurderer ikke tidsplanen som konservativ, men derimod snarere som et realistisk estimat, der tager højde for vores internationale erfaringer med lignende projekter, som f.eks. udviklingen af en national ERTMS-implementeringsplan i Storbritannien.

Udviklingen af investeringsplanerne tager også hensyn til aldersfordelingen på togene samt forventede ændringer i det rullende materiel mellem 2006 og 2012. Af samtaler med DSB er det fremgået, at togsættenes estimerede levetid er 25 år. Således skal investeringen i et nyt togkontrollsystem ses i lyset af de omkostninger, der er forbundet med at udstyre eksisterende togsæt i forhold til de noget lavere marginale enhedsomkostninger, der kan opnås, hvis installationen finder sted i forbindelse med udskiftningen af togsættet.

Planen for ERTMS-installation af det rullende materiel er baseret på diskussioner med Banedanmark og DSB. Forudsætningerne er baseret på de nuværende planer for udvidelse af togproduktionen efter levering af nye IC4 og IC2, og kræver en fleksibel installation således at indvirkningen på driften minimeres.

ERTMS-installationen af det rullende materiel tager også højde for, at DSB's togplaner kræver et højt udnyttelsesniveau. Dette betyder, at en stor del af togene skal udstyres med ERTMS, før implementering på selve infrastrukturen for at sikre mod indtrædelse af markante driftsforstyrrelser.

Fremgangsmåden i forbindelse med installationen af infrastrukturen sikrer, at der sker en gradvis konvertering til ERTMS, hvilket gør det lettere at forberede både operatørerne og lokomotivførerne.

⁴³ Forbindelsen over Øresund er udstyret med ERTMS senest i 2012 så planen er koordineret med de svenske planer.

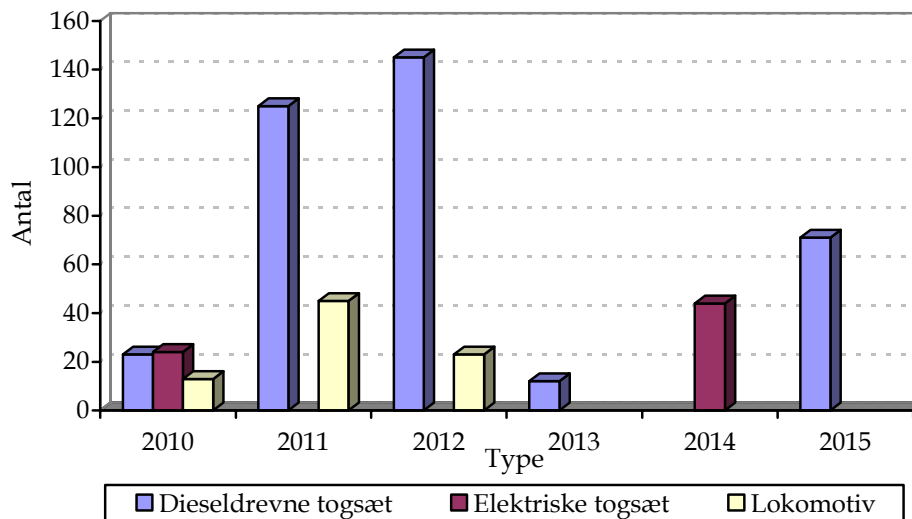
Det forudsættes, at installationen kan foretages uden ændringer i togdriften. Det antages, at et tog/lokomotiv kan udstyres med ERTMS på ca. syv dage, men i analysen er en konservativ installationstid på ti dage antaget. Disse antagelser er baseret på tidligere analyser⁴⁴, samtaler med DSB⁴⁵ og Booz Allens egne erfaringer. I alt vurderes det, at det vil tage omkring tre år at udstyre alle togsæt og lokomotiver. For at tilrettelægge installationen, er køreplanerne blevet analyseret for bedre at forstå, hvor togene kører på netværket, og dermed sikre at installation sker på den mest optimale måde. ERTMS-installationen hjælpes af det forhold, at det eksisterende rullende materiel på passagerområdet allerede er udstyret med togkontrol.

Det er også nødvendigt at vurdere behovet for uddannelse af lokomotivførerne indenfor de begrænsninger, som forsat drift af togene lægger. Det forudsættes, at et vist antal lokoførere, som kører på teststrækningerne, bliver uddannet først, og efterhånden som implementeringen på det resterende netværk finder sted, vil et stigende antal lokoførere blive uddannet.

Investeringsplanen for det rullende materiel inkluderer også forudsætninger omkring hvilke tog på privatbanerne, der skal udstyres.

Figur 5-19 nedenfor viser, hvornår det rullende materiel udstyres.

Figur 5-19: Tog installation – antal per år



Det kan ses, at de fleste tog vil være udstyret med ERTMS omkring 2012 / 2013. Dette er nødvendigt for at sikre den nuværende operationelle fleksibilitet hos operatørerne.

⁴⁴ Banedanmark:ETCS niveau 2, Installation i Rullende Materiel. 21.06.05.

⁴⁵ Møde med DSB 03.05.06.

Endeligt skal det nævnes, at strategi 3 muliggør centralisering af fjernstyringscentraler. Disse bliver samlet i Jylland (f.eks. Fredericia) og København, hvor det sidstnævnte center også vil rumme kontrollen med S-banen. Centraliseringen bevirker en reduktion i antallet af ansatte.

Tabel 5-13 nedenfor opsummerer tidspunkterne for gennemførelsen af de fire hovedprojekter.

Tabel 5-13: Planen for gennemførelsen af de fem hovedprojekter

Esbjerg signalanlæg	Levetidsforlængelse af 1977 sikringsanlæggene	ATC- levetidsforlæng- else	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	-	2011 - 2012	2010 - 2014	2010 - 2016

Installationen af ERTMS-niveau 2 resulterer i en omfattende fornyelse af signalaktiverne. Dette ses i tabel 5-14, som viser, at efterslæbet er fjernet allerede omkring 2015 i strategi 3.

Tabel 5-14: Efterslæbsprofilen i strategi 3

Efterslæb i 2007 (pct.)	Estimerede tidspunkt for fjernelse af efterslæbet
Sikringsanlæg (5 pct.)	
Linieblok (26 pct.)	2015
Overkørselsanlæg (62 pct.)	

5.5.2 Omkostninger

I nedenstående tabel 5-15 ses omkostningerne til sikring og fjernstyring for perioden 2007 - 2014. De totale fornyelses- og vedligeholdelsesomkostninger udgør 10.666 mio. kr. for 2007 - 2014.

Tabel 5-15: Omkostninger til sikring og fjernstyring i strategi 3, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

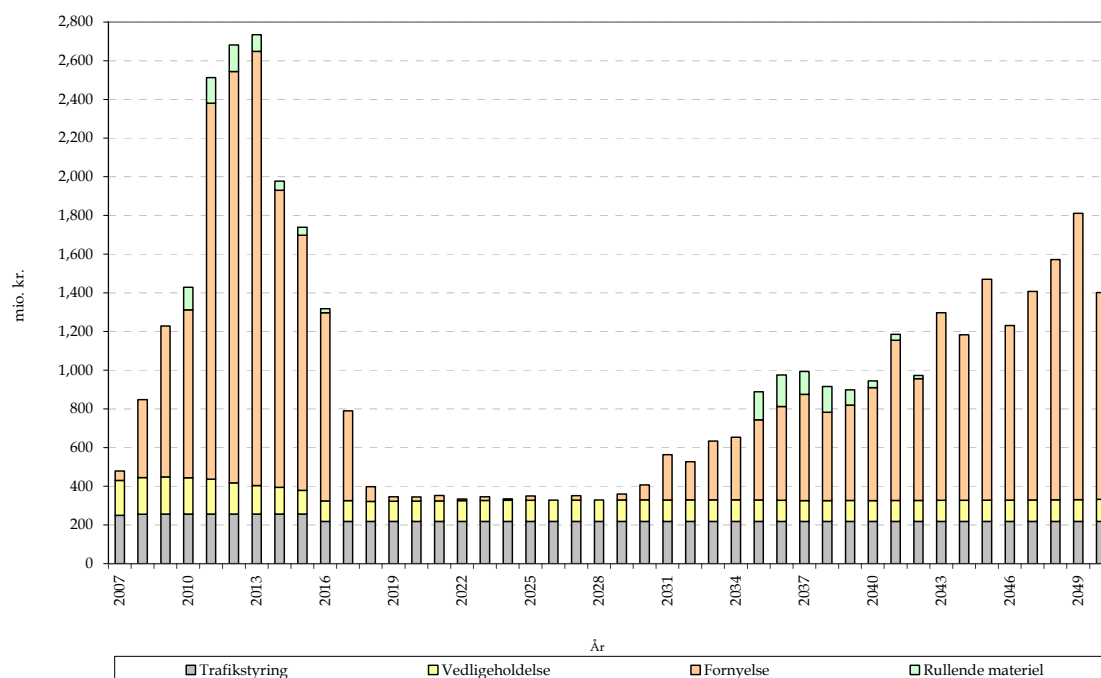
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Fornyelse	49	240	627	757	1.865	2.089	2.186	1.479	9.291
Vedligeholdelse	180	190	191	188	180	161	147	138	1.375
I alt	229	430	818	945	2.045	2.250	2.333	1.617	10.666
GSM-R	0	163	155	111	79	37	59	56	660
I alt	229	593	972	1.056	2.124	2.287	2.392	1.674	11.327
Trafikstyring	250	255	257	257	257	257	257	257	2.044
I alt	479	848	1.229	1.312	2.381	2.544	2.648	1.930	13.371
Rullende materiel	0	0	0	117	132	138	86	48	520
I alt	479	848	1.229	1.429	2.513	2.682	2.734	1.978	13.891

De totale omkostninger er 13.891 mio. kr. (nutidsværdien er 10.197 mio. kr. ved en 6 pct. kalkulationsrente). De totale GSM-R omkostninger er 660 mio. kr., hvilket er foranlediget af omkostningerne til etablering af GSM-R togradio (305 mio. kr.⁴⁶) og omkostningerne til etablering af GSM-R datatransmission (355 mio. kr.), som er en betingelse for at indføre ERTMS-niveau 2. Omkostningerne i forbindelse med udrustningen af det rullende materiel er på 520 mio. kr.. Heraf udgør interoperabilitet over Øresund 44 mio. kr., og 476 mio. kr. udgøres af implementeringen af ERTMS-niveau 2.

Det fremgår også af tabellen, at vedligeholdelsesomkostningerne reduceres over tidsperioden. Dette skyldes, at den lidt højere fornyelsesaktivitet, bevirker en hurtigere reduktion i efterslæbet. Dette har den effekt, at noget af behovet for forebyggende og korrigerende vedligeholdelse bortfalder. Endvidere reduceres trafikstyringsomkostningerne fra 2016 som konsekvens af ERTMS-niveau 2 installationen og sammenlægningen af trafikstyringen.

Fornyelsesaktiviteten i 2008 er allerede oppe på det årlige omkostningsniveau, som er defineret i Trafikaftalen. I årene derefter stiger de beregnede investeringer til fornyelse. Figur 5-20 giver et overblik over de årlige omkostninger til fornyelse, vedligeholdelse, trafikstyring og rullende materiel for hele perioden til 2050.

⁴⁶ Estimeret værdi, afbøjet ny information fra TIT projektet. Opdateret "business case" foreligger 12. august og det formodes, at installationsomkostningerne er steget til 365 mio. kr.

Figur 5-20: Årlige investeringer i strategi 3, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

Figuren ovenfor viser, at ERTMS-niveau 2 løsningen for udskiftningen af ATC-system resulterer i et behov for at foretage væsentlige investeringer indenfor signalområdet i perioden op til 2014. Endvidere er en stor andel af investeringerne i perioden 2010 - 2014 forbundet med fornyelsen af signalsystemet på S-banen.

De totale investeringer i signalaktiver, GSM-R og rullende materiel for perioden 2015 - 2022 koster omkring 3 mia. kr., hvilket er 7,5 mia. kr. mindre end omkostningerne for perioden 2007 - 2014, som rummer udgifter for omkring 10,5 mia. kr.. Nedenstående tabel 5-16 giver trafikstyrings- og vedligeholdelsesomkostningerne i udvalgte år.

Tabel 5-16: Trafikstyrings- og vedligeholdelsesomkostninger i udvalgte år i strategi 3, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser

	2007	2014	2015	2018	2020	2024	2036
Vedligeholdelse	180	138	122	104	106	109	110
Ændring ift. 2007 (pct.)	0 pct.	-23 pct.	-32 pct.	-42 pct.	-41 pct.	-39 pct.	-39 pct.
Trafikstyring	250	257	257	218	218	218	218
Ændring ift. 2007 (pct.)	0 pct.	3 pct.	3 pct.	-13 pct.	-13 pct.	-13 pct.	-13 pct.

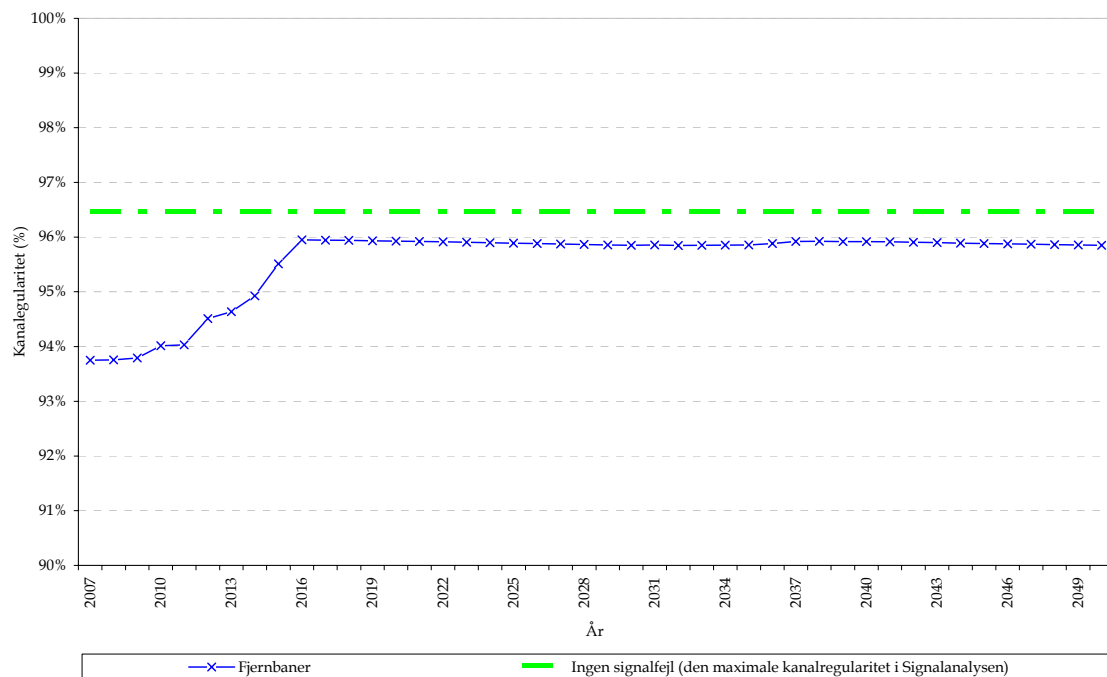
I strategi 3 er der en samlet reduktion i vedligeholdelsesomkostningerne på ca. 40 pct., hvilket er gældende fra afslutningen af den totale udskiftning. Endvidere

reduceres trafikstyringsomkostningerne som konsekvens af ERTMS-niveau 2 installationen og sammenlægningen af trafikstyringen. Trafikstyringsomkostningerne bliver reduceret med 13 pct., hvilket hovedsagelig er drevet af konsolideringen af fjernstyringen.

5.5.3 Regularitet

Figur 5-21 illustrerer ændringerne i kanalregulariteten for perioden 2007 – 2050.

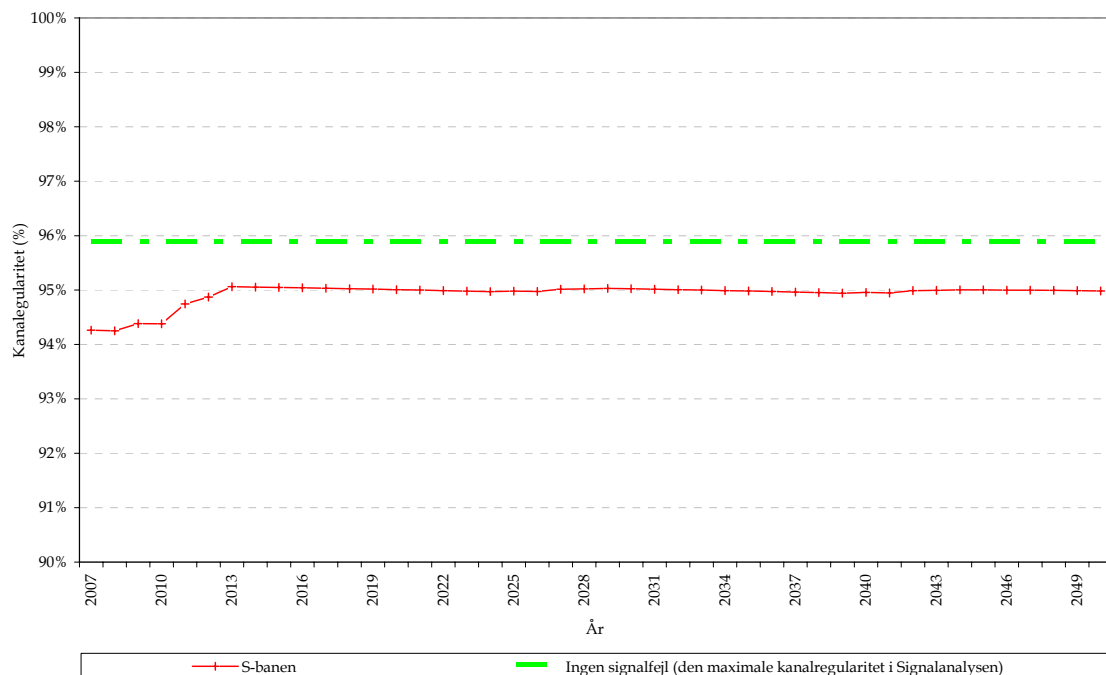
Figur 5-21: Kanalregulariteten for fjernbanen, strategi 3, 2007 – 2050



I figuren ses en forbedring fra det nuværende niveau på 93,8 pct. (2007) til 94,9 pct. (2014). I 2020 når kanalregulariteten et niveau på 95,9 pct., hvilket betyder en samlet forbedring på 2,1 procentpoint. Den markante forbedring på fjernbanen fra 2017 er et resultat af ERTMS-niveau 2 installationen.

Figur 5-22 nedenfor viser kanalregulariteten på S-banen. Kanalregulariteten forbedres som resultat af den totale udskiftning af signalsystemet på S-banen i 2011 – 2014. Af figuren kan det ses, at kanalregulariteten forbedres fra omkring 2011 hvor migrationsprojektet gennemføres. Resultatet er, at kanalregulariteten stiger fra 94,3 pct. (2007) til 95,1 pct. (2014), hvilket repræsenterer en samlet forbedring på 0,8 procentpoint. I modsætning til enkeltstående fornyelsesaktiviteter, er der som tidligere nævnt en større gevinst at hente, når der gennemføres en fornyelse af en hel strækning. Dette giver muligheden for installation af et helt nyt system med muligheder for bedre specifikationer og dermed systemegenskaber.

Figur 5-22: Kanalregulariteten for S-banen, strategi 3, 2007 – 2050



Det totale forbedringspotentiale for kanalregulariteten på S-banen, jf. kapitel 2, er på 1.6 pct. procentpoint. S-bane fornyelsen kan i lighed med øvrige investeringsstrategier realisere halvdelen af potentialet.

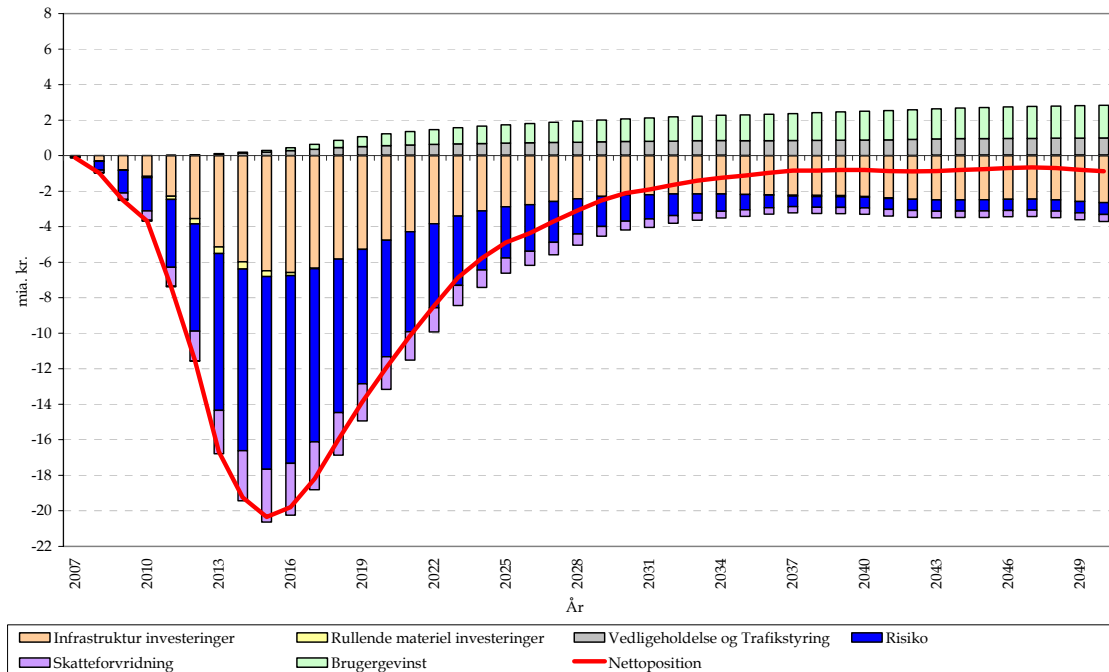
5.5.4 Samfundsøkonomisk effekt

Figur 5-23 viser den samlede samfundsøkonomiske effekt af strategi 3. En nærmere beskrivelse af figuren kan findes i forbindelse med gennemgangen af de tilsvarende resultater for strategi 2a. Alle resultater er i markedspriser og der tages højde for den skatteforvridende effekt.

I Figur 5-23 ses det at nettopositionen forringes i perioden frem til 2015, hvorefter en fremgang indtræder. Dette er dog ikke tilstrækkelig til at opnå en positiv nettoposition. Over tid er nettotabet 19,2 mia. kr. (2014), 11,9 mia. kr. (2020), 1 mia. kr. (2036) og 0,9 mia. kr. (2050).

Den største negative effekt på strategi 3 er risikoværdien. Det ses fra figuren at i strategi 3 i perioden 2007 - 2016, hvor ERTMS-niveau 2 installationen er ovre, kræver ca. 6,6 mia. kr. mere i fornyelse. Samtidigt kræver denne investeringssum et risikotillæg på 10,6 mia. kr., hvilket repræsenterer mere end en fordobling i de totale omkostninger. I forhold til strategi 1 bør det dog bemærkes, at nettoeffekten af det høje risikotillæg formindskes over tid.

Figur 5-23: Den akkumulerede forskel mellem strategi 3 og strategi 1, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser



Ændringerne i den økonomiske nettoposition over tid er især påvirket af følgende faktorer:

- I perioden til 2014 er den væsentligste forskel mellem strategi 1 og strategi 3, at sidstnævnte har et højere investeringsniveau, idet ERTMS-niveau 2 udrulningen igangsættes.
- I perioden efter 2014 har strategi 3 et investeringsniveau, der er aftagende i forhold til strategi 1 indtil omkring 2030. I forhold til strategi 1 har strategi 3 et mindre behov for investeringer efter at den totale udskiftning er gennemført i perioden 2010 – 2016.
- I perioden efter 2014 realiseres lavere vedligeholdelses- og trafikstyringsomkostninger og højere brugergevinster, idet ERTMS-niveau 2 investeringerne har en væsentlig effekt på fejlniveauet, antallet af aktiver, som vedligeholdes samt skaber muligheder for rationaliseringer i driften.

De samlede brugergevinster, som beregnet i benefitmodellen, er 0,1 mia. kr. (2014), 0,7 mia. kr. (2020), 1,5 mia. kr. (2036) og 1,8 mia. kr. (2050). Disse gevinster er dog ikke tilstrækkelige til at give strategi 3 en positiv samfundsøkonomisk effekt i forhold til strategi 1.

5.6 Finansiering, indkøb og organisation

5.6.1 Finansiering

Strategi 1 er den eneste af investeringsstrategierne, hvor investeringerne er begrænset til den nuværende bevillingsramme for perioden 2007 – 2014. Dette betyder, at der for strategierne 2a, 2b og 3 skal findes økonomiske midler udover de i Trafikaftalen allerede budgetterede midler. Direkte statsfinansiering, som det er tilfældet i dag, er en relevant mulighed at overveje, men derudover er der forskellige alternativer, hvor den private sektor kan spille en aktiv rolle. Desuden er det også relevant at undersøge mulighederne for at opnå EU-støtte i forbindelse med gennemførelsen af interoperabilitetsfremmende investeringer.

Booz Allen vurderer dog, at statsfinansiering umiddelbart er det mest enkle og mindst tidskrævende finansieringsalternativ at gennemføre. Det er dog klart, at i forbindelse med gennemførelsen af et omfattende anlægsprogram som f.eks. installationen af ERTMS-niveau 2 vil det være relevant at overveje alternative finansieringsformer.

Et eksempel herpå er Offentlig Privat Partnerskab (OPP), som inkluderer kontraktvarianter, hvor leverandøren er ansvarlig for design, installation og vedligeholdelse, og som kan inkludere finansiering af signalanlæggene mod betaling af et "performance fee". En separat analyse er nødvendig, når en endelig OPP-struktur er bestemt, for at verificere om kontraktstrukturen er i overensstemmelse med den af Eurostat definerede "off-balance sheet" behandling.

Over de sidste 10 år er en række OPP-aftaler blevet indgået på jernbaneområdet i flere lande. Størstedelen af disse vedrører installation og drift af ny infrastruktur som f.eks. i forbindelse med højhastighedsstrækninger og metro-systemer. OPP-aftalerne indebærer som regel at OPP-koncessionshaveren bliver betalt for driften af det pågældende anlæg over en længere årrække.

I Europa er Storbritannien nok det mest modne marked, hvad angår OPP-aftaler, idet de er blevet gennemført indenfor en række offentlige aktivitetsområder som f.eks. skoler, fængsler, biblioteker, hospitaler og transport. På jernbaneområdet er OPP-aftaler blevet anvendt i forbindelse med finansiering, levering og drift af en lang række metrosystemer som f.eks. Croydon Tramlink, Manchester Metrolink, og Sheffield SuperTram. Hovedparten af disse metro-baserede OPP-aftaler har været succesfulde med hensyn til installation, levering og drift. Men nogle af de finansielle fremskrivninger, især omkring fremtidige indtægter fra passagererne har været lavere end forventet.

Dette har givet dårlig rentabilitet i flere situationer, og derudover har der også typisk været udfordringer vedrørende etableringen af den rigtige balance i kontrakterne, således at koncessionshaveren har det nødvendige incitament til at

levere det forventede serviceniveau. Dette er der dog taget bedre højde for i nogle af de seneste OPP-aftaler der er indgået.

En OPP-aftale for infrastrukturen på Londons undergrundsbane har nu været i kraft i snart fem år. Koncessionen er struktureret omkring levering af en forbedret kapacitet og pålidelighed, men indeholder ingen krav vedrørende passagerindtægter. Det er Booz Allens vurdering baseret på vores involvering i etableringen af disse aftaler, at de har været succesfulde med at levere en forbedret pålidelighed samt omkostningsreduktioner på vedligeholdelsesaktiviteterne. Det er dog først i forbindelse med færdiggørelsen af det omfattende investeringsprogram over de næste fem år, at den endelige vurdering af kapacitetsforbedringerne vil være mulig.

Herudover er resultatbaserede anlægskontrakter forekommet i forbindelse med europæiske jernbaneprojekter som f.eks. HSL-Zuid i Holland. Dette projekt er et andet eksempel på en OPP-aftale, hvor Booz Allen har været involveret gennem hele procesforløbet. Det pågældende projekt er dog baseret på totalentreprise, idet der er tale om en "green-field" investering, hvormed resultater og ansvar er enklere at definere, afgrænse og måle end i tilfældet hvor der forefindes en eksisterende infrastruktur. Aftalestrukturen for HSL er to OPP'er samt en række mere traditionelle kontrakter i forbindelse med anlægsarbejdet og grænsefladerne til det eksisterende jernbanenet omkring Amsterdam og Rotterdam. Der er en OPP-aftale som dækker finansiering, det rullende materiel og trafikafviklingen, samt en OPP-aftale for infrastrukturarbejdet. De valgte strukturer for HSL projektet og de tilhørende OPP-aftaler er meget komplekse, og kræver et omfattende styrings- og kontrolarbejde i forbindelse med håndteringen af grænsefladerne. Strækningen er endnu ikke kommet i drift, så en bedømmelse af projektet er endnu ikke muligt.

OPP-aftaler baseret alene på signalanlæg på eksisterende infrastruktur bringer eventuelle leverandører ind i en struktur med flere grænseflader og dermed højere risiko for leverandøren. Primært derfor vurderer Booz Allen, at det vil være vanskeligt for Banedanmark at indgå resultatbaserede kontrakter. Det skal også nævnes, at Booz Allen ikke er bekendt med relevante resultatbaserede kontrakter indenfor signalområdet.

Fordele og ulemper ved en OPP-model er behandlet yderligere i baggrundsdokumentationen, men de vigtigste fordele og ulemper ved en sådan løsning er opsummeret i tabel 5-17 nedenfor.

Tabel 5-17: Fordele og ulemper ved OPP-kontrakter

Fordele	Ulemper
• Vished omkring budgettet.	• Højere finansieringsomkostninger.
• Sikkerhed for vedligeholdelse og drift over kontraktlængden.	• Længere 'due diligence' pga. private virksomheders involvering.
• Mulighed for stor effektivitet og synergi mellem design og drift.	• Højere transaktionsomkostninger.
• Investeringer i aktivernes kvalitet således at de langsigtede vedligeholdelses- og trafikstyringsomkostninger nedbringes.	• Mange forskellige grænseflader som kan begrænse leverandørens muligheder for at sikre adgang til infrastrukturen og det rullende materiel.
• Private virksomheder har gode muligheder for at identificere fordele og håndtere risici gennem kompetence og resourceallokering.	• Usikkerhed i forbindelse med vedligeholdelseskrav.
	• Manglende erfaring fra lignende projekter, dvs. en OPP-kontraktstruktur for signalområdet på et helt jernbanenet.

For at kunne gennemføre en etablering af en eventuel OPP-struktur i forbindelse med strategi 3, er det nødvendigt at en række grænsefladeforhold og risici overvejes og belyses nærmere. De væsentligste af disse er:

- Analyse af eksisterende aktiver, hvilket bl.a. omfatter grænsefladespecifikation, opdaterede tegninger og vedligeholdelsesprocedurer.
- Beskrivelse og forståelse af kommunikationsnetværket (GSM-R), således at systemet møder kravene forbundet med gennemførelsen af ERTMS-niveau 2.
- Håndtering af grænsefladerne i forhold til øvrige anlægsaktiver, strøm og andre jernbaneaktiver, som ikke omfattes af OPP-strukturen. Desuden håndtering af systemintegration og ansvar i relation til disse grænseflader.
- Balancering af kontraktstrukturen således at de risici der overføres til leverandørerne kan kontrolleres samt forsikres.
- Udvikling af kontraktbaserede præstationsmål som sikrer at leverancerne møder de krav som driften af jernbanen stiller.

Banedanmarkmedarbejdere bør trænes i strategier og metoder for "design-installation-vedligeholdelses leverandørmodeller", hvis de skal kunne håndtere disse kontrakttyper.

Dette er især vigtigt i forbindelse med resultatbaserede kontrakttyper. Muligvis skal der tilføres ressourcer indenfor projektledelse for at styre kontrakterne med leverandørerne, idet dette kræver en viden og ekspertise, som ikke nødvendigvis er til stede hos Banedanmark på nuværende tidspunkt. Sådanne organisatoriske ændringer bør bringes på plads over de næste par år for at imødekomme de krav, som det høje aktivitetsniveau i strategi 3 indebærer, såfremt denne strategi følges.

5.6.2 Indkøb

I Europa har der i de seneste år været omfattende ændringer i måden hvorpå indkøb håndteres i forbindelse med fornyelses- og vedligeholdelsesaktiviteter relateret til jernbaneinfrastrukturen. Især har resultatbaserede kontrakttyper, der er skabt omkring forskellige varianter af "design-installation-drift-vedligeholdelse"⁴⁷ konceptet, givet muligheden for at tilskynde leverandørerne til at fokusere på livscyklusomkostningerne. Fremgangsmåden har med succes været anvendt i forbindelse med indkøb af integrerede jernbanesystemer som f.eks. i forbindelse med bygningen af metroer og nye højhastighedsstrækninger samt ved indgåelse af kontrakter omkring levering af nyt rullende materiel.

De europæiske jernbaner har også fokuseret på optimering af leverandørforholdene indenfor vedligeholdelsesområdet. Længerevarende og fuldt integrerede resultatbaserede kontrakter er blevet implementeret af mange infrastrukturejere, som er en teknik til at søge at fremme effektive og resultatfokuserede vedligeholdelsesprocesser.

Der er Booz Allens vurdering at strategi 3 giver de bedste muligheder for at:

- Anvende nyere og mere progressive indkøbstekniker,
- Opnå fordelene ved et integreret livscyklusperspektiv omkring fornyelse og vedligeholdelse. Dette vil kunne lede til lavere enhedsomkostninger gennem optimering af leverandørydelserne og en reduktion i implementeringsomkostningerne gennem integration af processer og procedurer.

I strategierne 1, 2a og delvis 2b er det pga. fokuseringen på vedligeholdelsesinvesteringer og anlægsbestemte udskiftninger svært at gennemføre omfattende ændringer i indkøbsstrategien. Disse strategier må derfor påregnes at have en dårligere enhedsomkostningssituation i forhold til strategi 3.

⁴⁷ Design Build Operate Maintain (DBOM), Design Build Maintain (DBM) og Build Operate Transfer (BOT).

Effekten af indkøbsinitiativer på omkostningsberegningerne er i Signalanalysen vurderet ud fra forudsætningerne i nedenstående tabel 5-18. Udgangspunktet er de enhedspriser, som Booz Allen har fastlagt i forbindelse med fornyelsen af signalaktiverne og som forefindes i baggrundsmaterialet. Enhedspriserne er baseret på Banedanmark-data fra tidligere analysearbejde og fornyelsesprojekter samt Booz Allens egne analyser og vurderinger, som bl.a. baseres på internationale erfaringer fra tilsvarende projekter.

Tabel 5-18: Forudsætninger omkring indkøb i omkostningsmodelleringen

Strategi	Beskrivelse
Strategi 1	- Materialer: 20 pct. forøgning i enhedspriserne pga. af få leverandører og manglende konkurrence samt lav volumen køb og forældelsesproblematikken. - Implementering: 20 pct. forøgning i design- og testningsomkostninger pga. det omkostningsbegrænsede aktivitetsniveau, den fragmenterede implementering baseret på anlægsbestemte udskiftninger og grænsefladeproblematikken i forbindelse med ældre signalaktiver. Der er også en 10 pct. stigning i omkostningerne forbundet med projektledelse pga. den fragmenterede udskiftning af signalaktiverne.
Strategierne 2a og 2b	- Materialer: 10 pct. Stigning i enhedsomkostningerne pga. få leverandører og manglende konkurrence og forældelsesproblematikken omkring signalaktiverne. - Implementering: 10 pct. forøgning i design- og testningsomkostninger pga. den fragmenterede implementering baseret på anlægsbestemte udskiftninger og grænsefladeproblematikken i forbindelse med ældre signalaktiver. Der er også en 10 pct. stigning i omkostningerne forbundet med projektledelse pga. den fragmenterede udskiftning af signalaktiverne.
Strategi 3	- Materialer: 10 pct. reduktion i enhedsomkostningerne pga. volumen køb og OPP-struktur. - Implementering: 10 pct. reduktion i omkostningerne forbundet med design, testning- og projektledelse pga. en strækningsvis implementering af fornyelsesaktiviteterne, som antages baseret på en OPP-indkøbsform

Den samlede vurdering af enhedsomkostningerne i Signalanalysen indebærer en forhøjelse på 18 pct. i strategi 1, en forhøjelse på 10 pct. i strategierne 2a og 2b og en reduktion på 13 pct. i strategi 3. Den totale forskel i enhedsomkostningerne mellem strategi 1 og strategi 3 er således ca. 31 procentpoint.

5.6.3 Projektorganisation i forbindelse med gennemførelsen af strategi 3

Det vil være nødvendigt at etablere en organisation, der kan håndtere specifikation og indkøb, hvilket vil omfatte gennemførelse af EU-udbud af rådgivnings- og leveringsydelser i forbindelse med de nye systemer for infrastrukturen og det rullende materiel. Denne organisation skal også kunne håndtere at udarbejde et betydeligt antal kravspecifikationer og kontrakter. Endvidere kræver implementeringen af strategi 3, at disse organisatoriske ændringer er på plads inden år 2009 for at kunne håndtere en signifikant stigning i aktivitetsniveauet i perioden 2009 – 2016.

Følgende organisationsmæssige forhold/retningslinier bør specielt bearbejdes igennem projektforslaget:

- **Projektopstart:** Etableringen af en OPP-aftale kræver en del arbejde vedrørende juridiske og administrative aspekter, som organisationen ikke selv er i stand til at løfte. Det er derfor ofte nødvendigt at supplere organisationen med eksterne konsulenter specielt indenfor de juridiske-, tekniske- og finansielleområder. Det er Booz Allens erfaring, at der sagtens kan være tale om 5-15 fuldtidspersonale involveret under forberedelsen af projekter med et sådan omfang. Disse vil derudover typisk være suppleret med 20 - 50 personers transportteknisk personale.
- **Indkøb:** I forbindelse med selve indkøbsperioden vil de 5 - 15 medarbejdere nævnt ovenfor blive suppleret med yderligere personale, der fokuserer specielt på ledelsen af OPP-aftalen. Generelt er indkøbsfasen en meget intens projektperiode, og som oftest trækkes der yderligere personale ind i organisationen i denne periode.
- **Ledelse:** Selve styringen af OPP-aftalen er meget kritisk, specielt i den perioden hvor en stor del af anlægsarbejdet gennemføres, da dette som oftest er den første rigtige test af OPP-aftalens udformning og incitamentstrukturer. Det er essentielt, at personalet er dybt inde i forståelsen af OPP-aftalens aftalemæssige vilkår. Antallet af medarbejdere, der er involveret i ledelsen af OPP-aftalen, kommer an på kompleksiteten af denne samt omfanget af anlægsarbejdet. Det er dog ikke unormalt, at der er op til 100 personer involveret.
- **Drift:** Det langsigtede driftsmæssige arbejde omkring OPP-aftalen efter ophør af anlægsarbejdet, kræver som oftest en mere strømlinet organisation med en fast stab med kompetencer primært indenfor jura og økonomi. På dette tidspunkt vil de fleste af de tekniske udfordringer være håndteret, så det primære fokus er rettet mod resultatmåling og håndtering af resultatdimensionerne i aftalen.

Ved etablering af en OPP-aftale, vil det være kritisk for Banedanmark at udvikle en organisation, der kan håndtere ovenstående udfordringer. Selv i tilfælde, hvor OPP er fravalgt, men hvor indkøbet af materiel er omfangsrigt, er det umiddelbare indtryk at Banedanmark må opgradere indkøbsorganisationen⁴⁸ med hensyn til antal medarbejdere samt kritiske kompetencer.

5.7 Risikoanalyse

5.7.1 Identifikation af risici

Risikovurderingen og dertilhørende beregninger af værdien af de forskellige risici er et vigtigt element i forbindelse med planlægningen og gennemførelsen af anlægsprojekter på signalområdet. I alle investeringsstrategierne identificeres de risici og usikkerheder, der kan forventes at påvirke vurderingen af investeringsstrategierne. Risici er i denne sammenhæng defineret som hændelser, der kan påvirke omkostninger, tidsplan, kanalregularitet, besparelser, sikkerhed, omdømme mv. Det drejer sig om hændelser, der potentielt kan ske i fremtiden. Risikoprocessen inkluderer en kvantificering af de forskellige risici, en gennemgang af hvilke muligheder, der er for at reducere sandsynligheden for at de indtræder, samt forebygge konsekvensen af at de indtræder.

Risikoanalysen giver et grundlag for identificering, kvantificering, styring og håndtering af de forskellige risici i hele projektlevetiden. I opstartsfasen af et projekt er det klart, at forståelsen omkring omkostninger, planlægning og gennemførelsen af projektet er begrænset. Dette indebærer, at antallet af potentielle risikoelementer og værdien af disse vurderes meget højt.

Erfaringer viser, at det vil være helt normalt af forvente, at risikotillægget udgør fra 0,5 til 2 gange den estimerede anlægsværdi. Efterhånden som forståelsen stiger og den faktiske gennemførelse af aktiviteterne vedrørende projektets planlægning, specifikation, implementering og testning skrider frem vil sikkerheden stige. Samtidig vil antallet af potentielle fremtidige risici og den forventede værdi af disse nedbringes.

I forbindelse med gennemførelsen af risikoanalysen i Signalanalysen har Booz Allen anvendt en gennemtestet og veldokumenteret proces til identificering og kvantificering af de risici, som gælder for de enkelte investeringsstrategier. Arbejdet har involveret Booz Allens egne eksperter samt nøglepersoner i Banedanmark, Trafikstyrelsen og Transport- og Energiministeriet. Den anvendte proces muliggør identificering af vigtige risici, kvantificering af risici og identifikation af mulige handlinger til at forebygge de identificerede risici.

Risikoanalysen indeholder således fire vigtige byggeblokke:

⁴⁸ En selvstændig analyse af indkøbsorganisationen og organisatoriske konsekvenser har ikke været defineret som en del af Signalanalysen.

- Identifikation af risici, lokalisering, kilde og projektstadiet
- Kvantificering af risici, analyse af effekt og sandsynlighed
- Planlægning af ansvarsområder og plan for at formindske effekten af risici
- Overvågning og processer for at holde organisationen ajour med udviklingen af de belyste risici

Resultatet af arbejdet er et komplet risikoregister for hver af investeringsstrategierne.

5.7.2 Kvantificering

Risikoanalysen har udmøntet sig i en identifikation af omkring 85 risici, som må tages i betragtning i forbindelse med fornyelse af signalaktiverne i perioden 2007 – 2050. Gennem hele processen er de pågældende risici blevet vurderet og i nogle tilfælde konsolideret, hvilket har resulteret i et risikoregister på 27 risici for hver af investeringsstrategierne. Forventningen er, at seks risici tegner sig for over 75 pct. af det totale risikotillæg. De seks risici er:

- Risikoen for at de færdigheder der kræves af Banedanmark i forbindelse med projekt- og kontraktledelsen er utilstrækkelige til at sikre projektgennemførelse til tiden og indenfor budget, givet investeringernes omfang og tekniske kompleksitet.
- Risikoen i forbindelse med efterslæbet, idet dette skaber øgede grænsefladeproblemer omkring signalaktiver af forskellig teknisk art og alder, hvilket kan resultere i højere fejlrate og kræve ekstra indsats til dokumentation og vedligeholdelse af den tekniske viden omkring ældre/forældet teknologi.
- Risikoen i forbindelse med gennemførelsen af en investeringsstrategi, der er tilpasset specifikke lokale forhold (bl.a. grænseflader til eksisterende systemer), hvilket leder til ineffektivitet i forbindelse med implementering og begrænser de potentielle økonomiske gevinster (primært forhold gældende i strategierne 1 og 2a).
- Risikoen i forbindelse med en investeringsplan, der er baseret på en total udskiftning af alle signalaktiverne over en tiårig periode, hvilket indebærer potentielle risici omkring overholdelse af tidsplan og budget (primært forhold gældende i strategierne 2b og 3).
- Risikoen for at det ikke er muligt at opnå en tilstrækkeligt attraktiv leverandørmodel, dvs. at få industrien til at acceptere nye kontraktformer, inklusiv design-installation-vedligeholdelse og OPP.
- Risikoen for at ERTMS-niveau 2 ikke leverer den forventede driftsmæssige pålidelighed og kanalregularitet i de første år pga. manglende erfaringer i

implementering af denne teknologi over et helt jernbanenet (primært forhold gældende i strategierne 2b og 3).

Risikoanalysen omfatter også en kvantificering af usikkerheder omkring priserne på signalaktiverne, hvilket især vedrører de væsentligste aktiver som f.eks. ERTMS specifikke komponenter, sikringsanlæg samt S-bane fornyelsen.

Værdisætningen af risiko- og usikkerhedselementerne er blevet gennemført ved hjælp af Monte Carlo simulation, hvilket tager højde for om risikoelementerne har en høj, mellem og lav indvirkning på omkostningerne, og den forventede sandsynlighed for at risikoen indtræffer. Resultaterne er præsenteret ved 50 pct.- og 80 pct.-fraktilerne, jf. nedenstående tabel 5-19⁴⁹. 50 pct.-fraktilen betyder, at der er en sandsynlighed på 50 pct. for at de faktiske omkostninger er højere end den beregnede (forventede) værdi. Ved 80 pct. fraktilen er der kun en sandsynlighed på 20 pct. for, at de faktiske omkostninger er højere end den beregnede (forventede værdi). Risikoværdien ved 80 pct. fraktilen vil altid være højere end værdien beregnet ved 50 pct. fraktilen.

De totale omkostninger ekskl. risikotillæg i nedenstående tabel 5-19 repræsenterer de totale fornyelses- og vedligeholdelsesomkostninger, inkl. investeringer i GSM-R og interoperabilitet. Alle tabellens værdier er i markedspriser.

Tabel 5-19: Totale omkostninger og risikoværdier for de fire investeringsstrategier for perioden 2007 - 2050, absolutte værdier, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Fornyelse	29,4	30,1	33,3	31,9
Investeringer i rullende materiel	2,1	1,9	1,8	1,5
Totale fornyelsesomkostninger	31,5	32,0	35,2	33,4
Vedligeholdelsesomkostninger	7,6	6,9	6,3	6,2
Totale omkostninger, ekskl. risikotillæg	39,1	38,9	41,5	39,7
Simuleret - (værdi ved 50 pct. fraktil)	42,7	29,0	31,3	30,7
Simuleret - (værdi ved 80 pct. fraktil)	50,4	35,5	37,8	35,0

Risikoanalysen har afdækket følgende:

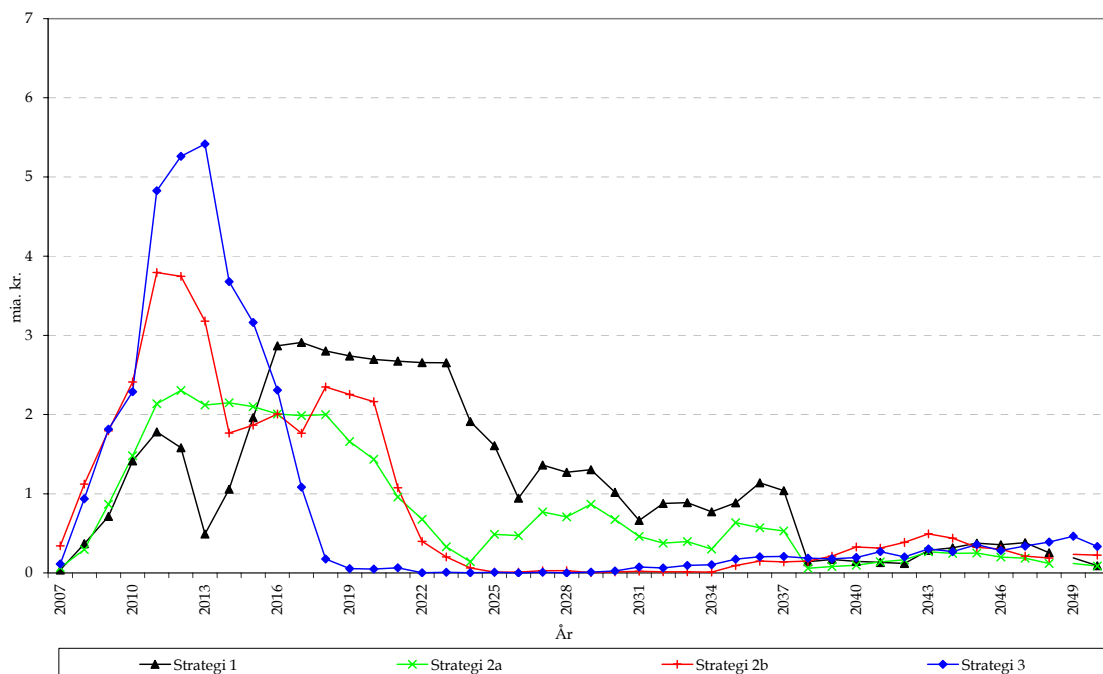
⁴⁹ Den totale risikoværdi beregnes som summen af alle risikoværdier, der enkeltvis estimeres som sandsynlighed for hændelsen gange dens konsekvens.

- Strategierne 2a, 2b og 3 har alle en nærmest identisk risikoværdi (beregnet ved 50 pct. fraktilen), hvorimod strategi 1 rummer en risiko, der er meget højere end de andre investeringsstrategier. Dette er forventeligt, givet det forhold at alle investeringsstrategierne resulterer i en total udskiftning af signalaktiverne på jernbanenettet (med totale fornyelsesomkostninger, der har samme størrelsesorden), med tidsprofilen for investeringerne som den væsentligste differentieringsfaktor.
- Risikoen omkring efterslæbet er den væsentligste drivkraft bag risikoværdierne i strategi 1.

Det bør også fremhæves, at hovedparten af de risici, som er beregnet for strategierne 2b og 3 vil enten indtræffe eller blive imødekommet før 2014, hvorimod risici i forbindelse med strategierne 1 og 2a forefindes indtil 2030. Men de fremtidige risici, der relaterer til strategierne 1 og 2a, har mindre betydning i forbindelse med den samfundsøkonomiske analyse pga. tilbagediskonteringseffekten.

Nedenstående figur 5-24 viser risikoprofilen for hver af de fire strategier. Det ses tydeligt, at strategi 3 har en højere risikoprofil i de første år, hvilket som beskrevet ovenfor, resulterer i at strategien bliver dyrere end f.eks. strategi 2a, hvor risikoprofilen er fladere, men strækker sig over en længere periode.

Figur 5-24: Den årlige risikoprofil for investeringsstrategierne, absolutte værdier, mia. kr., 2007-priser



Effekten af tidsprofilen er vist i nedenstående tabel 5-20. Her vises nutidsværdien af risikoværdierne for hver af investeringsstrategierne.

Tabel 5-20: Risikoværdierne for de fire investeringsstrategier, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Simuleret - (værdi ved 50 pct. fraktil)	18,1	14,4	17,9	18,8
Simuleret - (værdi ved 80 pct. fraktil)	21,4	17,6	21,7	21,4

Det ses fra tabellen at strategi 1 faktisk har en lavere risikotillæg end strategi 3. Strategi 2a forbliver investeringsstrategien med den laveste risiko.

Det bør fremhæves, at de i tabellen nævnte risikoværdier repræsenterer situationen, hvor der ikke foretages nogen former for forebyggende tiltag til at reducere effekten af de potentielle risici. Som en del af Signalanalysen har Booz Allen identificeret tiltag, der kan anvendes til reduktion i de beregnede risikoværdier. Disse tiltag omfatter yderligere investeringer i personaletræning og -udvikling samt planlægning og afvikling af investeringsprojekterne over en rimelig tidshorisont. Præliminære beregninger har estimeret, at de totale forebyggende omkostninger udgør omkring ca. 3 - 4 pct. af den totale risikoværdi, hvilket er relativt lavt og repræsenterer et godt investeringsforslag. Det bør understreges, at de forebyggende tiltag ikke fuldstændigt kan eliminere de potentielle risici, men de vil hjælpe til med at reducere de væsentligste risici i forbindelse med implementering og projektledelse.

5.7.3 Overordnet konsekvensvurdering af investeringsstrategierne

5.7.3.1 Strategi 1

Strategi 1 inkluderer udviklingen af de ledelses- og kontraktmæssige færdigheder som en af de væsentligste udfordringer i forbindelse med håndteringen af implementeringsplanen for perioden 2007 - 2014 samt i årene derefter. Især behovet for udvikling og fastlægning af langsigtede vedligeholdelseskontrakter i forbindelse med gennemførelsen af en investeringsstrategi, der hovedsagelig er baseret omkring en anlægsbestemt udskiftning, vurderes at have stor betydning.

Der er dog også yderligere overvejelser omkring indkøb af fornyelsesaktiviteter i forbindelse med f.eks. fornyelsen af Esbjerg sikringsanlæg, DSB 1977 anlæggene, ATC-levetidslængelsen og udskiftningen senere hen. Sidstnævnte indebærer implementeringen af ERTMS-niveau 1.

Strategi 1 har i forhold til de øvrige investeringsstrategier en noget langsommere nedbringelse af efterslæbet. Beregningerne viser, at efterslæbet ikke kan

forventes tilendebragt før 2024. Konsekvensen er en yderligere forværring af grænsefladeproblematikken, der opstår, når nye signalaktiver skal udvikles med grænseflader mod eksisterende og i nogle tilfælde forældede signalaktiver. Forholdet kan resultere i væsentlige negative driftsmæssige følgevirkninger i strategi 1. Risikoen herved skal forebygges gennem yderligere investeringer i udviklingen af medarbejdernes forståelse og viden om signalaktiverne. Det er dog klart, at muligheden stadig eksisterer for negative indvirkninger på signalsystemets pålidelighed og dermed kanalregulariteten. Det er derfor sandsynligt, at vedligeholdelsesomkostningerne vil stige i fremtiden.

5.7.3.2 Strategi 2a

Strategi 2a har ligesom strategi 1 udviklingen af de ledelses- og kontraktmæssige færdigheder som en af de væsentligste udfordringer i forbindelse med håndteringen af implementeringsplanen for perioden 2007 – 2014. Det bliver endnu vigtigere at få disse forhold på plads, idet investeringsomfanget stiger i nævnte periode i forhold til strategi 1 og når et niveau, der er meget højere end i 2006. Pga. den væsentlig højere investeringsaktivitet i strategi 2a er det naturligt at forvente, at der også eksisterer en større risiko for negative følgevirkninger på driften i form af driftsforstyrrelser i forbindelse med gennemførelsen af anlægsarbejdet. I lighed med strategi 1 vil strategi 2a naturligvis også have den samme problemstilling omkring grænsefladerne mellem ny og eksisterende teknologi og i nogle tilfælde forældede teknologisystemer. Denne risiko bliver dog nedbragt væsentlig hurtigere i strategi 2a, idet de fleste af disse systemer kan udskiftes i perioden 2010 – 2020.

Det er også nødvendigt at gennemføre en række forebyggende aktiviteter såsom personaletræning og organisatoriske tilpasninger, sådan at de afdelinger der er ansvarlige for tekniske og kontraktmæssige forhold, er i stand til at etablere og lede kontrakts- og implementeringsarbejdet. Hvis dette ikke er på plads, vil det ikke være muligt at realisere fordelene ved en ny kontrakt strategi.

5.7.3.3 Strategi 2b

Strategi 2b har ligesom strategierne 1 og 2a en væsentlig udfordring omkring udviklingen af de ledelses- og kontraktmæssige færdigheder i forbindelse med håndteringen af implementeringsplanen for perioden 2007 – 2014. Sammenlignet med strategierne 1 og 2a bliver forholdet af endnu større betydning her, idet investeringsomfanget stiger yderligere i nævnte periode.

Det er derfor vigtigt, at personaletræning og den organisatoriske udvikling bliver igangsat hurtigst muligt. Hvis man vælger at bygge strategi 2b omkring alternative finansieringsformer (finansiering gennem den private sektor) vil der være yderligere udfordringer omkring træning af ansatte hos Banedanmark i OPP-kontraktforhold og -strukturer (inklusiv håndtering af en OPP-indkøbsform). Endvidere ligger der også en opgave omkring selve samarbejdet

med interessenterne i jernbaneindustrien i forbindelse med etableringen af denne kontraktform.

Som det er tilfældet i strategierne 1 og 2a, vil strategi 2b have den samme problemstilling omkring grænsefladerne mellem ny teknologi, eksisterende og i nogle tilfælde forældede teknologisystemer. Den potentielle risiko bliver dog nedbragt endnu hurtigere i strategi 2b, idet hovedparten af systemerne kan udskiftes i den tidligere del af perioden 2010 – 2020.

5.7.3.4 Strategi 3

Strategi 3 rummer de største udfordringer i forbindelse med udvikling og fastlæggelse af en solid ramme omkring de ledelses- og kontraktmæssige færdigheder i forbindelse med etableringen og leveringen af en omfattende investeringsplan, der omfatter en total udskiftning af signalsystemet på jernbanenettet over de næste 10 år. Træning af medarbejdere og identificering samt håndtering af de organisatoriske udfordringer i forbindelse hermed bør også igangsættes hurtigst muligt. Derudover er der behovet for at fremme forståelsen og indvirkningen af OPP på jernbaneindustrien.

Der er også en række forhold omkring ERTMS-modenhed, som bør overvejes. De første ERTMS-pilotprojekter startede i 2000 med den første ERTMS-strækning i kommerciel drift i 2002 i Schweiz (Olten – Lucerne, 35 km tosporet strækning med 9 stationer og 63 tog med 5 forskellige typer). Formålet med dette projekt var at forbedre sikkerhedsniveauet og kapaciteten af denne 160 km/t jernbanelinie med blandet trafik. Teknologien, som er leveret af Bombardier, består af ERTMS-niveau 2 uden ydre signalgivning.

Ved udgangen af 2005 er der etableret mere end 2.000 km strækninger med enten ERTMS-niveau 1 eller 2. Der er nu mere end 20 igangværende ERTMS-projekter i Europa og mere end 15.000 spor kilometer⁵⁰ med enten ERTMS-niveau 1 eller 2 i 2008. Et stort antal af disse projekter er højhastighedslinier, hvilket inkluderer⁵¹ strækninger i Italien (Rom-Naples & Milano-Turino), Spanien (Madrid-Barcelona-Franske grænse og Madrid-Segovia Valladolid, Cordoba-Malaga, Madrid-Valencia), Tyskland (Berlin – Halle/Leipzig), og Holland (Amsterdam-Belgium-Paris). Disse projekter kræver alle ERTMS-niveau 2.

Der er et antal projekter, der anvender ERTMS-niveau 2 til konventionelle baner svarende til anvendelsen i Schweiz. Disse baner inkluderer Amsterdam-Utrecht (Holland), Mattstetten-Rothrist (Schweiz) og Mannheim – Saarbrücken Tyskland).

⁵⁰ Kilde: UICStudie, www.ertms.com, August 2006

⁵¹ Kilde: ertms.uic.asso.fr/3_etcs_pilot.html

Systemet planlagt til implementering i Danmark under strategi 3 vil også blive ERTMS-niveau 2 med reduceret ydre signalgivning meget lig det system, der bliver anvendt til højhastighedsstrækningerne.

Systemet vil sandsynligvis blive udviklet efter 'System Requirements Specification', SRS version 3.0 eller højere (ved implementeringstidspunktet i Danmark). Systemet er i 2006 udviklet efter SRS version 2.2.2 og version 3.0 og vil indeholde en række forbedringer fra næsten 10 års drift med ERTMS på højhastighedsstrækninger og traditionelle strækninger.

Version 3.0 vil eliminere en række tekniske udfordringer, samt gøre brug af ny funktionalitet, men det bør også nævnes at ERTMS leverandørerne kun er påkrævet at garantere kompatibilitet til de to seneste versioner af specifikationerne. Således vil dette sandsynligvis være en kontinuerlig udfordring for ERTMS over tiden. Det kan blive en væsentlig udfordring for Banedanmark at beslutte, hvilken af versionerne man ønsker at implementere, og hvordan man vil håndtere fremtidige nye specifikationer/versioner. Det er ikke sandsynligt at en leverandør ønsker at påtage sig den risiko, der er forbundet med at sikre operabilitet af ændringer i specifikationerne, og derfor vil det blive Banedanmarks eget ansvar at håndtere denne problemstilling.

5.8 Opsummering og sammenligning af resultaterne

I tabellerne 5-21 og 5-22 nedenfor er resultaterne, der er præsenteret i kapitel 5, opsummeret for hver af investeringsstrategierne. Tabel 5-21 opsummerer de totale omkostninger i absolutte værdier. De totale omkostninger omfatter fornyelsesaktiviteter på signalområdet, investeringer i rullende materiel samt løbende omkostninger til vedligeholdelse og trafikstyring. Tabel 5-22 viser nutidsværdierne af de samme omkostningskategorier samt nutidsværdierne for risikoværdien ved 50 pct. fraktilen, skatteforvridningen og brugergevinster. Nutidsværdierne er beregnet ved en kalkulationsrente på 6 pct. Alle værdier i tabellerne er i markedspriser, dvs. omkostningerne er justeret ved anvendelse af nettoafgiftsfaktoren, dvs. indirekte afgifter er medregnet. Den skatteforvridende effekt er identificeret særskilt i tabellen.

Tabel 5-21 viser, at strategi 3 har de laveste totale absolutte omkostninger (51,3 mia. kr.) over perioden 2007 – 2050. De totale omkostninger i de øvrige investeringsstrategier ligger dog tæt på strategi 3.

Tabel 5-21: Opsummering af resultaterne for de fire investeringsstrategier, absolutte værdier, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Fornyelse	29,4	30,1	33,3	31,9
Investeringer i rullende materiel	2,1	1,9	1,8	1,5
Totale fornyelsesomkostninger	31,5	32,0	35,2	33,4
Vedligeholdelsesomkostninger	7,6	6,9	6,3	6,2
Totale omkostninger	39,1	38,9	41,5	39,7
Trafikstyringsomkostninger	13,2	13,2	12,0	11,6
Totale omkostninger, ekskl. risikotillæg	52,3	52,1	53,5	51,3

Nedenstående tabel 5-22 viser nutidsværdierne. For hver af investeringsstrategierne er nettopositionen også sammenregnet. Den samfundsøkonomiske nettoeffekt i forhold til strategi 1 er også beregnet. Det fremgår fra tabellen, at strategi 2a har den laveste nettoposition (38,2 mia. kr.) for perioden 2007 - 2050.

Tabel 5-22: Opsummering af resultaterne for de fire investeringsstrategier, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Fornyelse	9,7	10,8	14,5	12,3
Investeringer i rullende materiel	0,7	0,6	0,7	0,6
Totale fornyelsesomkostninger	10,4	11,4	15,2	13,0
Vedligeholdelsesomkostninger	3,0	2,7	2,4	2,4
Totale omkostninger	13,4	14,1	17,7	15,4
Trafikstyringsomkostninger	4,6	4,6	4,4	4,2
Totale omkostninger, ekskl. risikotillæg	18,0	18,7	22,0	19,6
Risikoværdi (ved 50 pct. fraktil)	18,1	14,4	17,9	18,8
Totale omkostninger, inkl. risikotillæg	36,1	33,1	39,9	38,4
Skatteforvridning	6,2	5,7	6,8	6,6
Totale omkostninger	42,2	38,7	46,8	45,0
Brugergevinster	-	0,5	1,4	1,8
Nettopositionen	42,2	38,2	45,4	43,1
Samfundsøkonomisk nettoeffekt ift. strategi 1	-	4,0	-3,2	-0,9

Strategi 2a har, som det er vist i gennemgangen af resultaterne tidligere i kapitlet, en positiv samfundsøkonomisk effekt på 4 mia. kr. i forhold til strategi 1.

Strategierne 2b og 3 har begge en negativ samfundsøkonomisk effekt i forhold til strategi 1.

En af de væsentligste forskelle mellem strategierne er det lavere risikotillæg, som anvendes i strategi 2a (14,4 mia. kr.). Risikoværdien i strategi 2a er ca. 4 mia. kr. lavere end tilsvarende værdier i de øvrige investeringsstrategier.

5.9 Kvalitative forhold

Udover de kvantitative aspekter omkring investeringsstrategierne er der også en række kvalitative forhold, der bør komme i betragtning ved en evaluering af alternativerne. Disse kvalitative forhold drejer sig f.eks. om mulighederne for en forbedret diagnosticering af signalrelaterede fejl, mere effektiv trafikstyring, konsekvenser for kompetenceudvikling og -tilførsel til Banedanmark etc.

Nedenstående tabel 5-23 opsummerer de væsentligste aspekter, som ikke indgår i den kvantitative analyse gennemgået ovenfor.

Det ses af tabellen at implementeringen af strategierne 2b og 3 vil medføre en række nævneværdige fordele. Strategierne 1 og 2a derimod vil i de fleste tilfælde ikke bidrage væsentlig udover det nuværende niveau. Dog er der muligheder i forbindelse med ATC-udskiftningen for at tilfredsstille interoperabilitetskravene for togkontrol på næsten alle strækningerne på jernbanenettet. Yderligere investeringer kan naturligvis gennemføres, således at hele jernbanenettet er under kravene til interoperabilitet.

I forbindelse med strategi 3 er der fordele omkring kapacitetsudvidelser, som ikke er inddraget i indeværende analyse. Banedanmark har tidligere analyseret de potentielle fordele, som ERTMS-niveau 2 har på kapaciteten på jernbanenettet. Disse beregninger er i overensstemmelse med tilsvarende erfaringer, som Booz Allen har gjort sig i Storbritannien, hvor værdien på ekstra kapacitet er vurderet meget højt i den samfundsøkonomiske analyse. I Danmark vil det naturligvis også være relevant, at undersøge disse forhold nærmere for at dokumentere omfanget af de samfundsøkonomiske fordele, der ikke på nuværende tidspunkt er kvantificeret.

Tabel 5-23: Væsentligste kvalitative aspekter ved de færdige strategier

Kvalitative forhold	Nuværende	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Fejlbehandling	Begrænset og ingen reel forbedring uden investering	Muligt med begrænsede forbedringer	Muligt med begrænsede forbedringer	Diagnose og logning af signalaktiver for hovedparten af jernbanenettet	Diagnose og logning af signalaktiver for hele jernbanenettet
Rekruttering af vedligeholdelsespersonale	Personale skal internt uddannes og kan være vanskelig at tiltrække. Det er svært at bibeholde viden.	Ingen reel ændring. Muligt at det kan blive vanskeligt at fastholde ansatte	Ingen reel ændring. Muligt at det kan blive vanskeligt at fastholde ansatte	Problemer, men ny teknologi åbner mulighederne for rekruttering fra industrien i Europa	Ny teknologi åbner mulighederne for rekruttering fra industrien i Europa
Trafikstyring	Personale intensivt og forskelligartet, hvilket ikke er omkostningsoptimalt	Uændret	Uændret	Tidssvarende optimeret disponering for hovedparten af jernbanenettet samt forbedret produktivitet	Tidssvarende optimeret disponering for hele jernbanenettet samt forbedret produktivitet
Passagerinformation	Personaleintensivt og utidssvarende	Begrænsede forbedringsmuligheder	Begrænsede forbedringsmuligheder	Forbedret for hovedparten af jernbanenettet	Forbedret for hele jernbanenettet
Enklere trafikregler	Varierende regler fra de sidste 100 år på forskellige dele af nettet	Uændret	Uændret	Tillader standardisering, dog grænsefladeproblematik ved ikke ERTMS-strækninger	Nye trafikregler, som er i overensstemmelse med europæiske standarder på hele jernbanenettet
Sikkerhedsniveauet	Varierende sikkerhed	Forbedret	Forbedret	Forbedret	Højeste niveau på alle strækninger
Kapacitet og vækst i passagerantallet	Uændret	Uændret	Uændret	Muligt på udvalgte strækninger	Øges
Interoperabilitet	Ikke mulig	Fra 2020 på de fleste strækninger	Fra 2020 på de fleste strækninger	Fra 2020 på de fleste strækninger	Fra 2016 på alle strækningerne
Godsope-ratører	Uændret	Uændret	Uændret	Forbedret	Forbedret

5.10 Følsomhedssanalyse

Følsomhedsanalyser gennemføres for at forstå effekten af variationer i de centrale forudsætninger i analysen. Effekten måles i forhold til resultaterne af den centrale investeringsanalyse, hvilket er vist i tabel 5-22. Resultaterne er herefter refereret som vedrørende den centrale analyse

Alle sammenligninger foretages i forhold til strategi 1. Hvor det forekommer relevant er hhv. det totale resultat og den marginale effekt vist. Resultatværdierne er beregnet for hele perioden 2007 – 2050. De følgende variationer til den centrale analyse er præsenteret:

- Kalkulationsrente på 3,5 pct.
- Ingen real vækst i brugers tidsværdier og ingen vækst.
- Kvantificering af potentielle sikkerhedsgevinster og operatørgevinster.
- Risikoværdier ved 80 pct. fraktilen.
- 20% reducere af sikringsanlæggenes levetid

5.10.1 Kalkulationsrente på 3,5 pct.

Tabel 5-24 nedenfor viser resultaterne ved anvendelse af en kalkulationsrente på 3,5 pct. En lavere kalkulationsrente resulterer i en generel forbedring i den samfundsøkonomiske effekt for hver af investeringsstrategierne.

F.eks. har strategi 2a nu en positiv værdiskabende effekt på 7,8 mia. kr. i stedet for 4,0 mia. kr. i tabel 5-22 ovenfor. Tabel 5-24 viser også, at den totale værdiskabelse i strategi 3 er 5,3 mia. kr. i perioden 2007 – 2050.

Tabel 5-24: Opsummering af resultaterne for de fire investeringsstrategier, nutidsværdi ved 3,5 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Fornyelse	14,5	15,3	19,2	16,8
Investeringer i rullende materiel	1,0	0,9	1,0	0,8
Totale fornyelsesomkostninger	15,5	16,3	20,2	17,6
Vedligeholdelsesomkostninger	4,2	3,7	3,4	3,4
Totale omkostninger	19,6	20,0	23,6	21,0
Trafikstyringsomkostninger	6,7	6,7	6,2	6,0
Totale omkostninger, ekskl. risikotillæg	26,3	26,7	29,8	27,0
Risikoværdi (ved 50 pct. fraktil)	25,1	18,7	22,0	22,5
Totale omkostninger, inkl. risikotillæg	51,4	45,4	51,8	49,5
Skatteforvridning	8,8	7,8	8,9	8,5
Totale omkostninger	60,2	53,1	60,6	57,9
Brugergevinster	0,0	0,8	2,5	3,1
Nettopositionen (nutidsværdi)	60,2	52,4	58,2	54,8
Samfundsøkonomisk nettoeffekt ift. strategi 1 (nutidsværdi)		7,8	2,0	5,3

Nedenstående tabel 5-25 viser de marginale ændringer i forhold til den centrale analyse i tabel 5-22. Det ses f.eks. at strategi 2a er forbedret med 3,8 mia. kr. Værdien er beregnet som forskellen mellem 7,8 mia. kr. i tabel 5-24 og 4 mia. kr. i tabel 5-22.

Tabel 5-25: Opsummering af marginale ændringer i resultaterne, nutidsværdi ved 3,5 pct. real kalkulationsrente i forhold til 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Fornyelse	4,8	4,6	4,7	4,5
Investeringer i rullende materiel	0,3	0,3	0,3	0,2
Totale fornyelsesomkostninger	5,1	4,9	5,0	4,7
Vedligeholdelsesomkostninger	1,2	1,0	0,9	0,9
Totale omkostninger	6,3	5,9	5,9	5,6
Trafikstyringsomkostninger	2,1	2,1	1,9	1,8
Totale omkostninger, ekskl. risikotillæg	8,3	8,0	7,8	7,4
Risikoværdi (ved 50 pct. fraktil)	7,0	4,3	4,1	3,7
Totale omkostninger, inkl. risikotillæg	15,3	12,3	11,8	11,1
Skatteforvridning	2,6	2,1	2,0	1,9
Totale omkostninger	17,9	14,4	13,9	13,0
Brugergevinster	0,0	0,3	1,1	1,3
Nettopositionen (nutidsværdi)	17,9	14,1	12,8	11,7
Samfundsøkonomisk nettoeffekt ift. strategi 1 (nutidsværdi)		3,8	5,1	6,2

Strategi 3 opnår den største effekt af den lavere kalkulationsrente, men det er ikke tilstrækkeligt til at ændre på investeringsstrategiernes rangordning.

5.10.2 Ingen real vækst i brugernes tidsværdier og ingen vækst

Benefitmodellen indeholder forudsætninger omkring:

- Vækst i togtrafik og passagerantal inkluderes for 2007 - 2015 med reference til data fra Trafikstyrelsen
- Tidsværdien (kun for persontrafik) fremskrives med forventet vækst i BNP (1,8 pct. p.a.)

Begge forudsætninger vedrører forhold, som Booz Allen har fået indlagt i benefitmodellen i forbindelse med gennemførelsen af Signalanalysen.

Resultaterne i tabel 5-26 viser effekten af at annullere disse forudsætninger, således at der ikke er nogen vækst i passagerantallet og tidsværdierne i hele analyseperioden. Ingen af omkostningerne har ændret sig, idet analysen kun vedrører effekten af ændringer i brugergevinsterne.

Tabel 5-26: Opsummering af resultaterne for de fire investeringsstrategier, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Totale omkostninger	42,2	38,7	46,8	45,0
Brugergevinster		0,4	0,8	1,2
Nettopositionen (nutidsværdi)	42,2	38,4	46,0	43,8
Samfundsøkonomisk nettoeffekt ift. strategi 1 (nutidsværdi)		3,9	-3,7	-1,6

Analysen viser, at den totale samfundsøkonomiske effekt forværres for alle strategierne. Det kan bl.a. ses fra tabellen, at brugergevinsterne i strategi 3 er 1,2 mia. kr., hvilket er en forringelse på 0,6 mia. kr. i forhold til udgangspunktet på 1,8 mia. kr. Nedgangen i brugergevinster udgør 33 pct. Effekten på strategi 2b er tilsvarende, hvorimod ændringen kun har en begrænset indvirkning på strategi 2a.

5.10.3 Sikkerhedsfordele og operatørgevinster

Trafikstyrelsen⁵² har i 2005 foretaget samfundsøkonomiske analyser omkring udvidelsen af ATC-dækningen på de lokal- og regionalbaner, der ikke er dækket af ATC-system på nuværende tidspunkt. Som det fremgår af forudsætningerne, jf. kapitel 4, er der en begrænset udvidelse af sikkerhedsdækningen i strategi 1, 2a og 2b. Strategi 3 resulterer derimod i at alle strækninger er på samme sikkerhedsmæssige niveau.

Et estimat for den potentielle effekt af disse forbedringer vises i nedenstående tabel 5-27. Tabellen viser den totale værdigevinst som følge af øget sikkerhed for hver af investeringsstrategierne. Den kvantificerede samfundsøkonomiske værdiskabelse er beregnet ud fra de værdier, der foreligger i Trafikstyrelsens notater omkring ATC-udvidelsen.

Tabel 5-27: Opsummering af den totale værdi af øget sikkerhed, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Sikkerhedsfordele	0,2	0,2	0,2	0,4

Ud fra tabellen kan det ses, at nettoeffekten er begrænset. Det er kun i strategi 3, som omfatter ERTMS-niveau 2 udrustning på hele jernbanen, at der er en mindre forskel i forhold til de øvrige investeringsstrategier. I forhold til strategi 1 er

⁵² Kilde: ATC-strategi for lokal- og regionalbaner, 26.04.200, Trafikstyrelsen og ATC-strategi for lokal- og regionalbaner, 31.08.2005, Trafikstyrelsen.

strategi 3 0,2 mia. kr. bedre, hvorimod de øvrige to investeringsstrategier ligger på det samme niveau som strategi 1.

Tidligere analysearbejde foretaget af Banedanmark har inddraget operatørgevinster i investeringsanalysen. Signalanalysen inkluderer ikke disse gevinster i den centrale del af analysen, men de nedenstående beregninger viser effekten af at inkludere disse gevinster. Booz Allen har dog ikke som del af studiet undersøgt værdierne nærmere.

Udgangspunktet er en forudsætning om, at DSB på fjernbanerne kan opnå en årlig gevinst på ca. 140 mio. kr. i forbindelse med en 3 procentpoints forbedring i kanalregulariteten. Den samlede gevinst kommer som en konsekvens af hhv. lavere driftsomkostninger og højere driftsindtægter.

Nedenstående tabel 5-28 viser resultatet af analysearbejdet. Beregningerne er baseret på at alle strategierne vil nyde godt af øgede operatørgevinster, idet kanalregulariteten forbedres i alle investeringsstrategier.

Tabel 5-28: Opsummering af den totale operatørgevinst, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Operatørgevinster	0,1	0,3	0,7	0,8

Det er ikke overraskende, at strategi 3 opnår den højeste gevinst, hvorimod strategi 1 kun opnår en lille effekt, idet forbedringen i kanalregulariteten er minimal.

Nedenstående tabel 5-29 opsummerer resultaterne fra analysen af sikkerheds- og operatørgevinster.

Tabel 5-29: Opsummering af resultaterne for de fire investeringsstrategier, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Totale omkostninger	42,2	38,7	46,8	45,0
Brugergevinster	0,0	0,5	1,4	1,8
Nettopositionen (nutidsværdi)	42,2	38,2	45,4	43,1
Sikkerheds- og operatørgevinster	0,3	0,5	0,9	1,1
Nettopositionen (nutidsværdi)	41,9	37,8	44,5	42,0
Samfundsøkonomisk nettoeffekt ift. strategi 1 (nutidsværdi)		4,2	-2,6	-0,1

Konsekvensen er at strategi 3 forbedres med 0,8 mia. kr., hvilket dog ikke er tilstrækkelig til at gøre investeringsstrategien samfundsøkonomisk værdiskabende i forhold til strategi 1. Strategi 2a er forbedret med yderligere 0,2 mia. kr., idet den totale samfundsøkonomiske nettoeffekt er 4,2 mia. kr., hvorimod den er 4 mia. kr. i tabel 5-22.

5.10.4 Risikoværdier ved 80 pct. fraktilen

Tabel 5-30 nedenfor viser resultaterne ved anvendelse af risikoværdierne ved 80 pct.-fraktilen. Et højere signifikansniveau resulterer i en forbedring af den samfundsøkonomiske effekt i strategierne 2a og 3, hvorimod strategi 2b er forringet.

Tabel 5-30: Opsummering af resultaterne for de fire investeringsstrategier, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Fornyelse	9,7	10,8	14,5	12,3
Investeringer i rullende materiel	0,7	0,6	0,7	0,6
Totale fornyelsesomkostninger	10,4	11,4	15,2	13,0
Vedligeholdelsesomkostninger	3,0	2,7	2,4	2,4
Totale omkostninger	13,4	14,1	17,7	15,4
Trafikstyringsomkostninger	4,6	4,6	4,4	4,2
Totale omkostninger, ekskl. risikotillæg	18,0	18,7	22,0	19,6
Risikoværdi (ved 80 pct. fraktilen)	21,4	17,6	21,7	21,4
Totale omkostninger, inkl. risikotillæg	39,3	36,3	43,7	41,0
Skatteforvridning	6,7	6,2	7,5	7,0
Totale omkostninger	46,1	42,5	51,1	48,0
Brugergevinster	0,0	0,5	1,4	1,8
Nettopositionen (nutidsværdi)	46,1	42,0	49,8	46,2
Samfundsøkonomisk nettoeffekt ift. strategi 1 (nutidsværdi)		4,1	-3,7	-0,1

Strategi 2a er forbedret med 0,1 mia. kr., idet den samfundsøkonomiske nettoeffekt nu er 4,1 mia. kr., hvorimod den i tabel 5-22 er 4 mia. kr. For strategi 3 er den samfundsøkonomiske effekt reduceret fra -0,9 mia. kr. til -0,1 mia. kr.

Resultaterne af risikoanalysen viser, at rangordningen mellem strategierne kun påvirkes marginalt, såfremt 50 pct.- eller 80 pct.-fraktilen anvendes i risikoanalysen.

5.10.5 Sensitivitetsanalyse af sikringsanlæggenes levetid

Der er blevet gennemført en sensitivitetsanalyse af sikringsanlæggenes estimerede levetid. Sensitivitetsanalysen forudsætter en reduktion af restlevetiden på 20%, hvilket svarer til en ca. 10 års periode. Derudover forudsætter sensitivitetsanalysen også, at finansieringsbehovet ikke ændres for nogen af strategierne, idet dette ville være ensbetydende med indragelse af yderligere strategier. Således, vil sensitiviteten i de første år primært ændre kanalregulariteten og efterslæbet samt i begrænset omfang påvirke rækkefølgen af investeringerne og vedligeholdelsesomkostningerne.

Resultaterne af sensitivitetsanalysen har størst indflydelse på strategi 1 og en meget begrænset indflydelse på strategi 2a. Tabel 5-31 giver en oversigt over betydningen af effekten på kort sigt.

Table 5-31: Implikationer af sensitivitetsanalysen

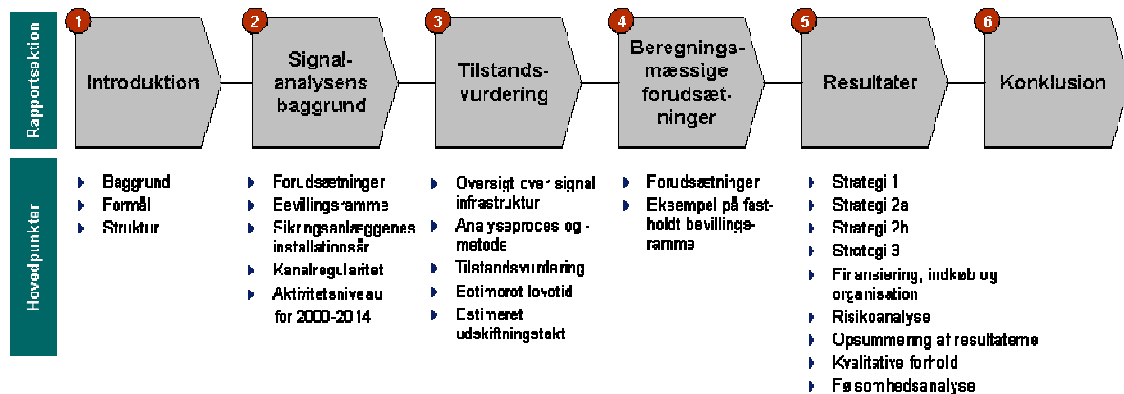
	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
	~ 2030	~2022	Ingen ændring	Ingen ændring
Effekt på kanalregularitet	-4%	-1%	Ingen ændring	Ingen ændring
Effekt på vedligeholdelsesomkostninger	2.5%	.5%	Ingen ændring	Ingen ændring

På længere sigt er betydningen af denne sensitivitet identisk for hver af strategierne, hvilket hovedsageligt betyder at udskiftninger af signalanlæg gennemføres ca. 10 år tidligere.

6 KONKLUSION

Det afsluttende kapitel 6 opsummerer Signalanalysens hovedkonklusioner, jf. figur 6-1 nedenfor.

Figur 6-1: Rapport oversigt



Tabel 6-1 opsummerer resultaterne af de fire behandlede investeringsstrategier i Signalanalysen. Tabellen viser, at strategi 2a har de laveste samlede omkostninger (38,7 mia. kr.) over perioden 2007 – 2050. Omkostningerne inkluderer risikoværdien beregnet på ved 50 pct. fraktilen. Omkostningerne for strategi 3 er tilsvarende omkring 6 mia. kr. højere, hvorimod strategi 1 ligger midt imellem strategierne 2a og 3. Strategi 2b har de højeste omkostninger. I forhold til strategi 1, har strategi 3 de højeste beregnede brugergevinster (1,8 mia. kr. større).

Nettoresultatet er, at strategi 2a har en samfundsøkonomiske værdiskabende effekt på 4 mia. kr. højere end strategi 1. Strategi 2b og 3 har begge negative effekter på hhv. 3,2 mia. kr. og 0,9 mia. kr. Rangordningen mellem strategierne er, med udgangspunkt i den rene kvantitative bedømmelse, således 2a, 1, 3 og endeligt 2b.

Med hensyn til kanalregulariteten er rangordningen af strategiernes effekt anderledes end for den rene økonomiske bedømmelse. På fjernbanen er der kun en begrænset effekt på kanalregulariteten i strategierne 1 og 2a. Derimod er der i strategierne 2b og 3 væsentlige forbedringer i kanalregulariteten; strategi 3 når den bedste kanalregularitet. For strategi 2b opnås forbedringerne dog ikke før ERTMS-niveau 2 er implementeret i 2020. Analysen viser også, at det er svært at opnå forbedringer i kanalregulariteten på fjernbanen gennem investeringer baseret på delvis eller total fornyelse af eksisterende signalanlæg eller komponenter baseret på tilsvarende teknologi, sådan som det foreslås i strategierne 1 og 2a. Signalanalysen viser at der er igennem implementering af

nye teknologiske løsninger (strategierne 2b og 3), at en væsentlig forbedring i kanalregulariteten kan realiseres.

Det ses af Tabel 6-1, at kanalregulariteten på S-banen er identisk i de fire investeringsstrategier på længere sigt. På kort sigt er der visse mindre forskelle, idet tidspunktet for installationen af et nyt S-bane signalsystem varierer mellem de forskellige investeringsstrategier.

Tabel 6-1: Opsummering af resultaterne for de fire investeringsstrategier for perioden 2007 - 2050, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
<u>Ved 6 pct. kalkulationsrente</u>				
Fornyelse	9,7	10,8	14,5	12,3
Investeringer i rullende materiel	0,7	0,6	0,7	0,6
Totale fornyelsesomkostninger	10,4	11,4	15,2	13,0
Vedligeholdelsesomkostninger	3,0	2,7	2,4	2,4
Totale omkostninger	13,4	14,1	17,7	15,4
Trafikstyringsomkostninger	4,6	4,6	4,4	4,2
Totale omkostninger, ekskl. risikotillæg	18,0	18,7	22,0	19,6
Risikoværdi (ved 50 pct. signifikans)	18,1	14,4	17,9	18,8
Totale omkostninger, inkl. risikotillæg	36,1	33,1	39,9	38,4
Skatteforvridning	6,2	5,7	6,8	6,6
Totale omkostninger	42,2	38,7	46,8	45,0
Brugergevinster	0,0	0,5	1,4	1,8
Nettopositionen (nutidsværdi)	42,2	38,2	45,4	43,1
Samfundsøkonomisk effekt ift. strategi 1 (6 pct.)		4,0	-3,2	-0,9
Samfundsøkonomisk effekt ift. strategi 1 (3,5 pct.)		7,8	2,0	5,3

Kanalregularitet

Fjernbanen

2007	93,8 pct.	93,8 pct.	93,8 pct.	93,8 pct.
2014	93,8 pct.	94,3 pct.	94,5 pct.	94,9 pct.
2020+	94,1 pct.	94,5 pct.	95,7 pct.	95,9 pct.

S-banen

2007	94,3 pct.	94,3 pct.	94,3 pct.	94,3 pct.
2014	94,3 pct.	94,9 pct.	95,1 pct.	95,1 pct.
2020+	95,1 pct.	95,1 pct.	95,1 pct.	95,1 pct.

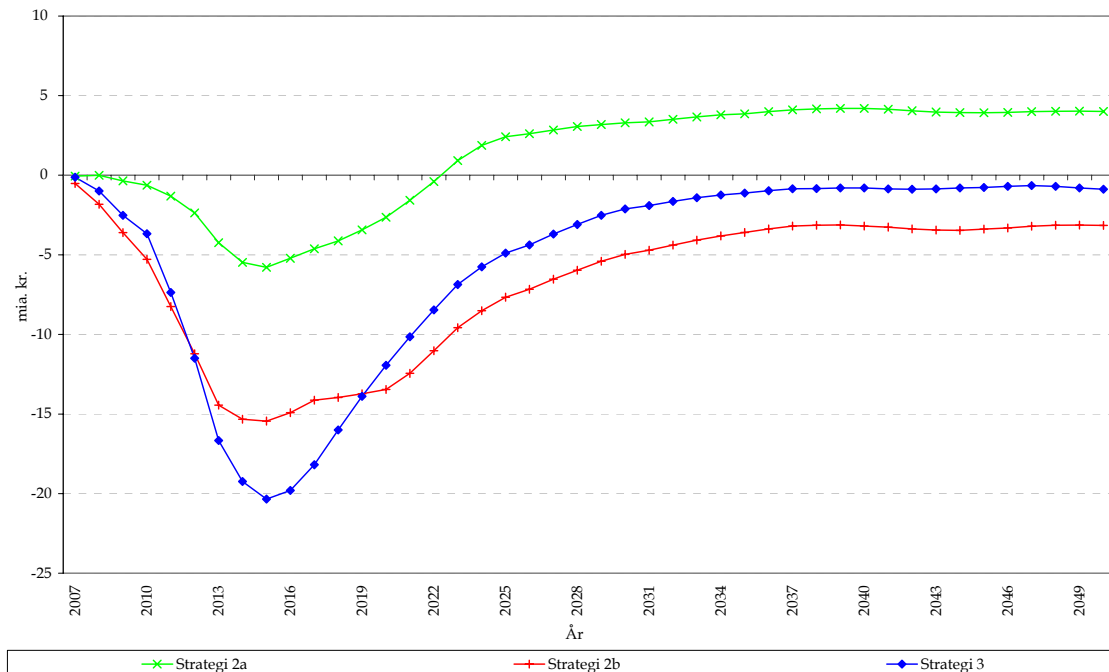
Ovenstående økonomiske resultater er illustreret grafisk i nedenstående figur 6-2, som viser den samfundsøkonomiske værdiskabelse for strategierne 2a, 2b og 3, når de sammenlignes med strategi 1.

Figur 6-2 viser, at strategi 2a har en positiv effekt i forhold til strategi 1, hvorimod de to øvrige strategier begge har en negativ samfundøkonomisk effekt på samfundsøkonomien, som den beregnes med det foreliggende modelgrundlag. Nettoresultatet, der beskrives i figuren, er et resultat af de økonomiske effekter i forhold til strategi 1, der er kvantificeret i analysen.

En af de væsentligste differentieringsfaktorer mellem strategierne er risikovurderingen. Denne indebærer, at når strategi 3 sammenlignes med strategierne 1 og 2a, bliver dens position forringet, idet den rummer signifikante risici i forbindelse med projekt gennemførelsen. Hovedparten af disse risici falder på et tidligere tidspunkt end tilfældet er for de øvrige investeringsstrategier, og derfor giver tilbagediskonteringen et større udslag i beregningen af risikovurderingen for strategi 3 end for de øvrige investeringsstrategier. Dette er dog forventeligt for et projekt, der forudsætter en total udskiftning af signalaktiverne med en forholdsvis ny teknologiform over en relativ kort periode.

Det bør fremhæves, at de i tabel 6-1 nævnte risikoværdier repræsenterer situationen, hvor der ikke foretages nogen former for forebyggende tiltag for at reducere effekten af de potentielle risici. Som en del af Signalanalysen har Booz Allen identificeret forskellige tiltag, der kan anvendes til at reducere i de beregnede risikoværdier. De estimerede omkostninger i forbindelse med gennemførelsen af disse tiltag er beregnet til ca. 3 - 4 pct. af den totale risikoværdi.

Figur 6-2: Den akkumulerede forskel mellem strategierne 2a, 2b og 3 i forhold til strategi 1, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser



Analysen af strategi 2a viser, at yderligere investeringer indenfor signalområdet kan reducere den risiko, der er forbundet med fortsat drift af eksisterende signalaktiver.

Det skal dog yderligere bemærkes, at strategi 3 giver langsigtede fordele, som ikke kan realiseres gennem strategierne 1 og 2a. Det er derfor tydeligt, at strategi 3, hvor teknologiløsningen baseres på ERTMS-niveau 2, har et stort potentiale på langt sigt. Det er endvidere klart, at der er yderligere gevinster, som ikke er kvantificerede i Signalanalysen, som kan være vigtige i forbindelse med den samlede vurdering af, hvor signalinvesteringer skal foretages, og hvilken teknologitype, der skal vælges.

Booz Allens vurdering af tilstanden af signalanlæggene er, at der er behov for et stort antal signalanlægsudskiftninger indenfor en mellemlang tidshorisont, dvs. på cirka 8 - 15 års sigt. Dette kræver, at Banedanmark foretager en omfattende planlægning og forberedelse af fornyelse og udskiftninger, hvilket kræver betydelige ressourcer.

I strategierne 2b og 3 (der begge er ERTMS-niveau 2 varianter) begynder de første installationer i 2010. Dette giver ikke Banedanmark megen tid og forudsætter en beslutning i løbet af år 2007 for at sikre tilstrækkelig tid til udarbejdelse af specifikationer, mobilisering af kritiske medarbejdere samt forberedelse af indkøb og installation. Derudover vil en eventuel OPP-proces sandsynligvis medføre, at forberedelsesprocessen forlænges tid – specielt med

hensyn til kontraktudarbejdelse. Strategierne, der er baseret på introduktionen af ERTMS-niveau 2, vil medføre forbedringer i kanalregulariteten, men effekten vil ikke ses med det samme.

Booz Allen har estimeret de forventede tekniske fejl for hver af investeringsstrategierne. Der er gennemført en kvantitativ analyse, men det bør nævnes, at denne i visse tilfælde undervurderer fordelene ved strategierne 2b og 3. I forbindelse med disse to investeringsstrategier er det nemlig også muligt at opnå forbedret fejlhåndtering og dermed sandsynligvis forbedret kanalregularitet. Selvom flere af disse forbedringsmuligheder ikke udelukkende relaterer sig til implementeringen af ERTMS, så er det, alt andet lige lettere at realisere disse gennem ERTMS-niveau 2. Samtidigt gør ERTMS-niveau 2 det også lettere at separere og analysere fejl, hvilket i udgangspunktet er vanskeligt at opnå med den eksisterende kombination af forskellige typer af signalanlæg.

Tabel 6-2 opsummerer nogle af de væsentligste kvalitative forhold for hver af strategierne.

Tabel 6-2: Væsentligste kvalitative aspekter ved investeringsstrategierne

Kvalitative forhold	Nuværende tilstand	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Fejlbehandling	Begrænset og ingen reel forbedring	Muligt med begrænsede forbedringer	Muligt med begrænsede forbedringer	Forbedret for hovedparten af jernbanelinjen	Forbedret for hele jernbanelinjen
Sikkerhedsniveauet	Varierende sikkerhed	Forbedret	Forbedret	Forbedret	Højeste niveau på alle strækninger
Kapacitet og vækst i passagerantallet	Uændret	Uændret	Uændret	Muligt på udvalgte strækninger	Øges
Interoperabilitet	Ikke mulig	Fra 2020 på de fleste strækninger	Fra 2020 på de fleste strækninger	Fra 2020 på de fleste strækninger	Fra 2016 på alle strækningerne

I bedømmelsen af investeringsstrategierne er det også relevant at vurdere udviklingen i efterslæbsprofilen. Booz Allen har som tidligere nævnt beregnet, at de forskellige signalaktiver har forskelligt efterslæb. Efterslæbet er begrænset på sikringsanlæg (5 pct.), men højere på f.eks. linieblokanlæg (26 pct.) og overkørselsanlæg (62 pct.). Tidspunktet for elimineringen af efterslæbet i de forskellige investeringsstrategier er opsummeret i nedenstående tabel.

Tabel 6-3: Efterslæbsprofilen i investeringsstrategierne

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3
Efterslæb	Fjernes 2024	Fjernes 2020	Fjernes 2015	Fjernes 2015

Tabel 6-5 viser, at det kun er strategierne 2b og 3, der adresserer efterslæbet i perioden 2007 – 2014 væsentligt. Derimod resulterer f.eks. strategi 1 i at efterslæbet fortsætter helt frem til midt i 2020'erne.

En samlet vurdering af de fire strategier kan sammenfattes i nedenstående punkter:

- Udskiftningstakten i strategi 1 er hæmmet af den begrænsede bevillingsramme i perioden 2007 – 2014. Bevillingsniveauet er tilstrækkeligt til at gennemføre visse fornyelsesaktiviteter, der adresserer specifikke tilstands- og efterslæbsproblemer. Det er dog ikke tilstrækkeligt til at gennemføre mere omfattende investeringer, der muliggør signifikante forbedringer i kanalregulariteten. Resultatet er, at strategi 1 øger efterslæbet, således at der vil være en større pukkel af udeståender i 2014 end i dag. Nettoresultatet er, at efterslæbet ikke er fuldt adresseret før 2024. Endvidere betyder strategi 1, at den nuværende trafikaftale for signalområdet ikke skal ændres. I stedet skal der fokuseres på at optimere nogle af de eksisterende processer, og der skal gennemføres en forberedelse på den udskiftning, der skal finde sted efter 2014. Strategi 1 kan gennemføres med rimelig vished for, at den nuværende kanalregularitet ikke forværres over perioden 2007-14, hvis investeringsmidlerne anvendes på de kritiske signalaktiver. Der foreligger derfor den mulighed, at Banedanmark udvikler en mere detaljeret plan for, hvordan fornyelsesproblematikken skal løses efter 2014. Et udgangspunkt herfor bør bl.a. være en bedre forståelse omkring den eksisterende fejlregistrering og tilstanden på de forskellige signalaktiver. Dette vil muliggøre en bedre og mere detaljeret udvikling af det mest optimale fornyelsesprogram, der således også vil minimere de langsigtede risici. På længere sigt bør mulighederne vedrørende alternative teknologiløsninger inddrages, som f.eks. ERTMS-niveau 2, da Signalanalysen viser at ERTMS-niveau 2 leverer væsentlige kvantitative og kvalitative fordele på længere sigt.
- Strategi 2a indebærer et højere investeringsniveau i perioden frem til 2014. Fordelen ved dette er, at det vil være muligt at levere en lidt bedre kanalregularitet samt en reduktion i efterslæbet i forhold til strategi 1. Sidstnævnte forhold er i Signalanalysen blevet identificeret som værende en væsentlig faktor, idet de højere investeringer resulterer i, at strategi 2a har en større samfundsøkonomiske værdiskabende effekt i forhold til strategi 1. Det er således muligt at konkludere, at yderligere investeringer udover de

eksisterende budgetmæssige rammer indenfor signalområdet er relevante og bør overvejes nærmere. Valget mellem strategi 1 og 2a kan bl.a. vurderes som et spørgsmål om risikoeliminering, idet strategi 2a grundlæggende forebygger nogle af de problemer omkring ældre signalaktiver, der ikke bliver løst af strategi 1. Det bør dog fremhæves, at strategi 2a resulterer i den samme teknologiske slutsituation som strategi 1, dvs. udskiftning af S-banen med ny teknologi og udskiftningen af det eksisterende ATC-system med ERTMS-niveau 1.

- Strategi 2b indebærer en meget omfattende fornyelsesaktivitet, der på kort sigt fokuserer på at maksimere kanalregulariteten gennem fornyelse af eksisterende signalaktiver. På længere sigt resulterer strategi 2b i installationen af ERTMS-niveau 2 for yderligere at drage fordel af de brugergevinster, der er opnåelige via kanalregulariteten. Resultatet af strategi 2b er, at kanalregulariteten forbedres, men at der ikke kan beregnes tilstrækkelige brugerfordele til at gøre disse investeringer rentable ud fra en samfundsøkonomisk vurdering (givet modelforudsætningerne for samfundsøkonomisk effekt). Dette betyder, at hvis den ønskede slutsituationen er en ERTMS-niveau 2 installation, så bør investeringerne indenfor signalområdet fokuseres på forebyggende aktiviteter, som det er tilfældet i strategierne 1 og 2a, og ikke på at forbedre den kortsigtede kanalregularitet. I stedet skal fokus være rettet mod at opnå en endnu bedre forståelse af de ideelle udskiftningstidspunkter og konkrete metoder til risikominimering i forbindelse med installationen.
- Strategi 3 igangsætter en total udskiftning af alle signalaktiverne over perioden 2010 – 2016 med en installation af ERTMS-niveau 2. I de fire mellemliggende år frem til 2010 gennemføres der et minimum af fornyelsesaktiviteter på kritiske signalaktiver og levetidsforlængende arbejder, hvor dette er nødvendigt. I samme tidsperiode gennemføres et omfattende forberedelsesarbejde, således at indkøbs- og finansieringsforholdene er på plads, når det første projekt påbegyndes. Sammenholdt med tilstandsvurderingen er det rimeligt at konkludere, at det omfattende fornyelsesarbejde i strategi 3 foretages på et tidspunkt i signalaktivernes livscyklus, hvor der pådrages et økonomisk tab i forbindelse med skrotningen af aktiver, der ikke har nået udløbet af deres levetid. Resultaterne i signalanalysen har belyst, at strategi 3 kan levere flest fordele, f.eks. i forbindelse med driften (konsolidering af kontrolcentre og bedre fejlidentifikation), lavere vedligeholdelsesomkostninger (færre og nyere aktiver), muligheder i forbindelse med øget kapacitet og / eller kanalregularitet og dertil hørende brugergevinster. Strategi 3 indeholder dog, med sin totale udskiftning af signalanlæggende, enkelte forhold, der ikke er helt så fordelagtige. Tilstanden og efterslæbet på sikringsanlæggene er som nævnt i tilstandsvurderingen ikke vurderet som værende kritisk (kun 5 pct.

er vurderet at være i efterslæb). Dette betyder, at den omfattende udskiftning af sikringsanlæggene bliver foretaget tidligere end det estimerede omkostningsoptimale tidspunkt. Strategi 3 har ligeledes en investeringsprofil, hvor risikoen ligger tidligt i perioden i forhold til strategierne 1 og 2a, som har en mere udstrakt investerings- og risikoprofil.