

Signalanalysen: Executive summary

København, 6. september 2006

Til:

banedanmark



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 estimater 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 estimater og beregninger. Booz Allen indestår derfor ikke for, at opstillede mål kan nås.

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.

1 INTRODUKTION

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 gennemføre 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. 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 oprindelig tre signalstrategier, hvilke er strategierne 1, 2a og 3.

Disse har Banedanmark defineret i samråd med Transport- og Energiministeriet med udgangspunkt i notatet 'Projektgrundlag for Signalanalysen' af 8. december 2005. På baggrund af disse diskussioner er analysen udvidet med to varianter af strategi 1 (benævnt hhv. strategi 1x og strategi 1y) samt en variant af strategi 2a (benævnt strategi 2b). Forudsætninger og de endelige definitioner af de forskellige investeringsstrategier for signalområdet har løbende været diskuteret med Banestyregruppen, der består af repræsentanter fra Transport- og Energiministeriet (der har formandsposten), Finansministeriet, Trafikstyrelsen, DSB og Banedanmark.

Signalanalysen skal muliggøre et strategisk valg mellem de opstillede investeringsstrategier. Det er kun strategierne 1 og 1x, der forudsætter en uændret bevillingsramme for perioden 2007 - 2014. For strategierne 2a, 2b, 3 og 1y vil det være nødvendigt at foretage yderligere vurderinger for at fastlægge de bevillingsmæssige konsekvenser for perioden frem til 2014.

1.1 Formål og baggrund

Signalanalysen har resulteret i to rapporter:

- En hovedrapport, som udover en detaljeret gennemgang af forudsætningerne og resultaterne for strategierne 1, 2a, 2b og 3, også omfatter baggrundsanalyser og en gennemgang af signalaktivernes tilstand.
- En supplerende rapport, der omfatter en gennemgang af forudsætningerne og resultaterne for strategivarianterne 1x og 1y.

Denne rapport har til formål at opsummere de vigtigste elementer fra disse rapporter. Således redegøres der primært for investeringsbehovene, risici og konsekvenser for kanalregularitet og omkostninger relateret til vedligehold og drift for de definerede strategier.

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

Investeringsstrategierne, som danner udgangspunkt for Signalanalysen, er defineret som følgende:

- Strategi 1 - *Løbende fornyelse* - basisstrategi der baserer sig på den bedst mulige anvendelse af den bestående trafikaftaleramme frem til 2014.
- Strategi 2a - *Intensiveret fornyelse* - udskiftning baseret på reduktion af efterslæb, hvor størrelsen af vedligeholdelsesomkostninger og kanalregularitet søges optimeret i forhold til samfundsøkonomisk rentabilitet.
- Strategi 2b - *Intensiveret fornyelse* - udskiftning baseret på reduktion af efterslæb hvor størrelsen af vedligeholdelsesomkostninger og kanalregularitet søges optimeret i forhold til maksimering af kanalregularitet.
- Strategi 3 - *Udskiftning* - total udskiftning af eksisterende signalanlæg med et nyt system, der opfylder nye europæiske normer for interoperabilitet og introduktion af ERTMS.
- Strategi 1x - *Løbende/intensiveret fornyelse* - strategi baseret på den bedst mulige anvendelse af den bestående trafikaftaleramme frem til 2014 og derefter fuld udskiftning med ERTMS-niveau 2 med deadline i 2020.
- Strategi 1y - *Løbende/intensiveret fornyelse* - strategi baseret på den bedst mulige anvendelse af den bestående trafikaftaleramme samt yderligere bevillinger til ERTMS forberedelse frem til 2014, hvorefter der gennemføres en total ERTMS-niveau 2 implementering.

ERTMS - European Rail Traffic Management System - består af et togkontrolsystem og et kommunikationssystem (GSM-R). ERTMS er i rapporten enten anvendt som:

- ERTMS-niveau 1: 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: Et signalkoncept, der anvender GSM-R datakommunikation og førerrumssignalling på det rullende materiel uden ydre signalinfrastruktur langs sporene.

Der tages i analysen udgangspunkt i den totale bevilling for perioden, som er på 4.019 mio. kr., hvilket inkluderer ændringerne fra seneste Finanslov¹ Fra 2005. Et andet udgangspunkt for Signalanalysen er formodningen om, at der er et stadig stigende efterslæb på fornyelses- og vedligeholdelsesaktiviteterne for signalområdet, hvilket fører til et forøget fejlniveau. Problematikken omkring efterslæbet og bevillingens størrelse afspejles i beregningerne i Signalanalysen ("Eksempel på fastholdt bevillingsramme"), der illustrerer den situation, hvor den årlige bevillingsramme i fremtiden fastholdes på det nuværende niveau med et årligt rådighedsbeløb til fornyelses- og vedligeholdelsesaktiviteter på omkring 436 mio. kr.

Den direkte konsekvens af at fastholde de årlige fornyelses- og vedligeholdelsesomkostninger til omkring 436 mio. kr. er, at efterslæbet vokser, og samtidig vil vigtige fornyelses- og udskiftningsprojekter ikke blive gennemført før udløbet af anlægsaktivernes estimerede levetid. Dette kan have konsekvenser for vedligeholdelse af godkendelser og risiko for lavere sikkerhedsniveau. Desuden kan det betyde øgede omkostninger og en forringet kanalregularitet, jf. den detaljerede gennemgang i hovedrapporten til Signalanalysen.

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 det nødvendige antal reservedele samt teknisk ekspertise, herunder reaktionstiden.

Yderligere vigtige præmisser for analysen vedrører fejlniveauet, kanalregulariteten og den samfundsøkonomiske effekt. De væsentligste forhold, der relaterer direkte til Signalanalysen er:

- Foreløbige tal for 2006 indikerer, at fejlniveauet ligger omkring 2005-niveauet.
- Derudover er den gennemsnitlige årlige stigning i signalfejl for perioden 2002 - 2005 4,2 pct. for fjernbanen og 8,9 pct. for S-banen.
- Kanalregulariteten i 2005 ligger på 93,1 pct. for fjernbanen og 94,0 pct. for S-banen.
- 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.
- Banedanmark er samlet set ansvarlig for 80 pct. flere påvirkede tog i 2005 end i 2002.

¹ Som følge af den nylige fastsættelse af IPO-satsen på Finansloven blev der foretaget nogle bevillingskorrektioner. Derfor er rammen for sikring/fjernstyring blevet opskrevet.

Elimineres alle signalrelaterede fejl (baseret på værdierne i Banedanmarks fejlkonsekvensmodel), vil det være muligt at forbedre kanalregulariteten med:

- 2,7 procentpoint på fjernbanen
- 1,6 procentpoint på S-banen

Med hensyn til den modellerede samfundsøkonomiske effekt, ville man årligt kunne generere 36 mio. kr. i værdi på S-banen, og på fjernbanen ville man kunne generere 159 mio. kr. pr. år i værdi, hvis alle signalrelaterede fejl blev fjernet (2007-priser). Værdien af signalfejlene er derfor i alt omkring 200 mio. kr. per år. Nutidsværdien af disse 200 mio. kr. over 30 år er omkring 4.4 mia. kr. med en kalkulationsrente på 6 pct.

Det betyder således, at en 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 – alt andet lige – signalinvesteringer og –omkostninger på mere end 2 - 3 mia. kr. isoleret set – 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.

2 TILSTANDSVURDERING

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 signaleksperter 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.

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 CTC-systemer. Det eksterne udstyr såsom signaler, sporskiftere, overkørselsanlæg, togdetektering og ATC er også vurderet. Den eksisterende infrastruktur på signalområdet består af forskellige signalanlægstyper, hvoraf størstedelen af signalanlæggene, er relæ-baserede og en mindre andel er mekaniske eller computerbaserede anlæg. Signalsystemet har en gennemsnitsalder på ca. 35 år og har installationsdatoer, der strækker sig over en meget lang årrække. Visse sikringsanlæg er installeret før 1950'erne, og 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.

Processen for tilstandsanalysen har kort skitseret været, at Booz Allen på stikprøvebasis 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. Derudover er ingeniørfirmaet Atkins, som har betydelig erfaring med Banedanmarks signalinfrastruktur, blevet interviewet af Booz Allen og har herigennem haft lejlighed til at give deres uafhængige mening til kende omkring signalanlæggenes tilstand.

De parametre som er anvendt i vurderingen af sikringsanlæggene vedrører aktuel tilstand, Banedanmarks muligheder for at skaffe reservedele, ekspertise samt evne til at foretage service på anlægget, Banedanmarks muligheder for at modificere givne anlæg og problemer omkring signalfejl og fejlhåndtering.

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 2-1 forventede levetider.

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. Det er derfor risikabelt at udskyde fornyelsen af visse signalanlægstyper, der i større tal nærmer sig den estimerede levetid.

De gennemførte 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 generelle

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 generelt betragtes som i 'rimelig' til 'god' stand. Der er dog begyndende tegn på, at evnen til at modificere sikringsanlæggene bør betragtes som værende kritisk.

Sikringsanlæggenes eksterne udstyr vurderes at være 'rimelig'. 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.

Endeligt konkluderes det på baggrund af inspektionerne, 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 der er den nødvendige ekspertise til stede såvel som reservedele til rådighed. Det vil dog være rimeligt at antage, at der vil være en stigning i de totale vedligeholdelsesomkostninger, når signalanlæggenes levealder skal forlænges.

2.1 Estimeret levetid

Tabel 2-1: 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.
Computerbaserede 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 (den er ca. 40 år) for togdetekteringssystemer med stødløse sporisationer.
Sporskiftedrev	10 - 20	Estimeret levetid afhænger af den aktuelle stræknings hastighed ² .
Overkørselsanlæg	25	Kræver løbende udskiftning af relæer og relægrupper.

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

2.2 Estimeret udskiftningstakt

Ved at sammenholde de generelle forventede levetider med den aktuelle aldersprofil er det muligt at beregne efterslæbet for de enkelte hovedgrupper af

² Kilde: Banedanmark, Eftersyn af sporskiftedrev type VES 1926, DSB 1957, DSB 1979 og DSB 1987, VN 429 14-06-1990.

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. Den gennemsnitlige alder for sikringsanlæggene er 32 år.

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.), hvilket vedrører de elektromekaniske anlæg, og centrale fjernstyringsanlæg (13 pct.) er mere begrænset. I perioden 2015 til 2034 bør 67 pct. af sikringsanlæggene være udskiftet for at forebygge en mulig forværring af signalfejlraten.

3 BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER

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

Tabel 3-1: Beskrivelse af de forskellige investeringsstrategiers principper for fornyelse af aktiver

Strategi	Beskrivelse
Strategi 1 har begrænset budget indtil 2014	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 kanalregulariteten	<ul style="list-style-type: none"> 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 for at udskifte 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	<ul style="list-style-type: none"> 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
Strategi 1x har begrænset budget indtil 2014 og det nødvendige budget derefter	<ul style="list-style-type: none"> Frem til 2013/14 udskiftes hovedparten af aktiverne anlægsbestemt, dvs. enkeltvist - herefter strækningsvis. Teknologibaserede udskiftninger foretages for at opretholde sikkerhedsniveauet samt for at udskifte ældre aktiver såsom sikringsanlæg, togdetekteringsanlæg og sporskiftedrev. Strækningsvis udskiftning anvendes desuden i forbindelse med udskiftning af sikringsanlæg på S-banen.
Strategi 1y har relativt begrænset budget indtil 2014 og det nødvendige budget derefter	<ul style="list-style-type: none"> Frem til 2010 udskiftes hovedparten af aktiverne anlægsbestemt, dvs. enkeltvis - herefter fortsættes med en strækningsvis udskiftning startende med en udviklingsstrækning Teknologibaserede udskiftninger foretages for at opretholde sikkerhedsniveauet samt for at udskifte ældre aktiver såsom sikringsanlæg, togdetekteringsanlæg og sporskiftedrev. På S-banen anvendes generelt strækningsvis udskiftning.

I princippet kan fornyelsen af anlæg gennemføres efter følgende metoder:

- Anlægsbestemte udskiftninger: Anlægsbestemte udskiftninger vil sige, at

man vil udskifte aktiverne enkeltvis, når den estimerede levetid er nået, eller når det er mere omkostningseffektivt at udskifte frem for at vedligeholde.

- Teknologibaserede udskiftninger: Teknologibaserede udskiftninger betyder, at man vil forny en given type anlæg med nyere teknologi.
- Strækningsvise udskiftninger: Strækningsvise udskiftninger indebærer, at man vil forny en given strækning baseret på ny teknologi og en optimeret specifikation for hele strækningen.

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.

Tabel 3-2: Væsentligste forudsætninger for investeringsstrategierne

Parameter	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3	Strategi 1x	Strategi 1y
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.	Bevillingsrammen er 4.019 mio. kr. i 2007-priser.	Ikke underlagt begrænsningerne i bevillingsrammen
Bevilling efter 2014	Ikke fastlagt.	Ikke fastlagt.	Ikke fastlagt.	Ikke fastlagt.	Ikke fastlagt.	Ikke fastlagt.
Interoperabilitetskrav i forbindelse med Øresund	STM-omkostninger er inkluderet og finansieres gennem særskilt bevilling.	STM-omkostninger er inkluderet og finansieres gennem særskilt bevilling.	STM-omkostninger er inkluderet og finansieres gennem særskilt bevilling.	STM-omkostninger er inkluderet og finansieres gennem særskilt bevilling.	STM-omkostninger er inkluderet og finansieres gennem særskilt bevilling.	STM-omkostninger er inkluderet og finansieres gennem særskilt bevilling.
GSM-R voice	Installation i 2008 - 2010.	Installation i 2008 - 2010.	Installation i 2008 - 2010.	Installation i 2008 - 2010.	Installation i 2008 - 2010.	Installation i 2008 - 2010.
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.	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.	ATC-systemet skal udskiftes i 2020. Levetidsforlængelse fra 2011 er derfor nødvendigt.	ATC-systemet skal udskiftes i 2020. Levetidsforlængelse fra 2011 er derfor nødvendigt.
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.	En ERTMS-niveau 2 implementering starter i 2014 og varer til 2020. Pilotprojekt begynder i 2013.	En ERTMS-niveau 2 implementering starter i 2014 og varer til 2020. Pilotprojekt begynder i 2010.
S-bane	Fornyes mellem 2011 og 2018. I 2011 foretages et testprojekt på Nordbanen.	Fornyes mellem 2011 og 2016. I 2011 foretages et testprojekt på Nordbanen.	Fornyes mellem 2010 og 2014. I 2010 foretages et testprojekt på Nordbanen.	Fornyes mellem 2010 og 2014. I 2010 foretages et testprojekt på Nordbanen.	Fornyes mellem 2011 og 2018. I 2011 foretages et testprojekt på Nordbanen.	Fornyes mellem 2011 og 2018. I 2011 foretages et testprojekt på Nordbanen.
Trafikstyring	Mulighed for lokale besparelser, men der forekommer ingen kontrolcenter konsolidering på nationalt niveau.	Mulighed for lokale besparelser, 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.	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 justeres eller udskiftes til nyt CBTC-driftsreglement for S-banen.	Eksisterende SR75 benyttes fortsat. Skal dog gennemgå større revision. Eksisterende SR75 justeres eller udskiftes til nyt CBTC-driftsreglement for S-banen.	Nyt ERTMS-niveau 2 reglement udarbejdes og bruges for hele landet. Eksisterende SR75 justeres eller udskiftes til nyt CBTC-driftsreglement for S-banen.	Nyt ERTMS-niveau 2 reglement udarbejdes og bruges for hele landet. Eksisterende SR75 justeres eller udskiftes til nyt CBTC-driftsreglement for S-banen.	Nyt ERTMS-niveau 2 reglement udarbejdes og bruges for fjernbanen. Eksisterende SR75 justeres eller udskiftes til nyt CBTC-driftsreglement for S-banen.	Nyt ERTMS-niveau 2 reglement udarbejdes og bruges for fjernbanen. Eksisterende SR75 justeres eller udskiftes til nyt CBTC-driftsreglement for S-banen.

4 GENNEMGANG AF RISIKOVURDERINGER

Risikovurderingen og dertil hørende beregninger af værdien af forskellige identificerede 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. Erfaringer viser, at det er helt normalt at forvente, at risikotillægget udgør fra 0,5 til 2 gange den estimerede anlægsinvestering. Efterhånden som forståelsen stiger og den faktiske gennemførelse af aktiviteterne vedrørende projektets planlægning, specifikation, implementering og testning skrider frem vil sikkerheden stige.

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

Værdisætningen af risiko- og usikkerhedselementerne er blevet gennemført ved hjælp af Monte Carlo simulation, hvilket tager højde dels for om risikoelementerne har en høj, mellem eller lav indvirkning på omkostningerne, dels for den forventede sandsynlighed for at en given risikobegivenhed indtræffer. Resultaterne er præsenteret på 50 pct.- og 80 pct.-fraktilerne for konfidensniveau, jf. nedenstående tabel 4-1³. Her vises nutidsværdien af risikoværdierne for hver af investeringsstrategierne.

Risikoanalysen har udmøntet sig i en identifikation af en række risici, og vurderingen er, at nogle få risici tegner sig for størstedelen af det totale risikotillæg. Disse vedrører bl.a. Banedanmarks færdigheder i forbindelse med projekt- og kontraktledelsen, efterslæb, grænsefladerne mellem forskellige systemtyper, tidsplaner og budgetter, leverandørtilgængelighed og den forventede driftsmæssige pålidelighed af ERTMS-niveau 2.

³ Den totale risikoværdi beregnes som summen af alle risikoværdier, der enkeltvis estimeres som sandsynlighed for hændelsen gange dens konsekvens.

Tabel 4-1: Risikoværdierne for de seks investeringsstrategier, nutidsværdi ved 6 pct. real kalkulationsrente, mia. kr., 2007-priser

	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3	Strategi 1x	Strategi 1y
Simuleret - (værdi ved 50 pct. fraktil)	18,1	14,4	17,9	18,8	10,5	10,1
Simuleret - (værdi ved 80 pct. fraktil)	21,4	17,6	21,7	21,4	12,6	12,4

Det ses, at strategi 1y har den laveste risikotillæg. Derefter følger strategi 1x, hvorimod de øvrige investeringsstrategier har et noget højere risikotillæg. Strategierne 1x og 1y er tilrettelagt således, at de minimerer risici (i forhold til de øvrige investeringsstrategier) i forbindelse med efterslæb, ERTMS-niveau 2 installationen (i form af længere forberedelses- og planlægningsperiode) og leverandørmodel. Sidstnævnte vedrører det forhold at ERTMS-niveau 2 implementeringen i strategierne 1x og 1y bliver struktureret som en "turn-key" kontrakt (dvs. en kontrakttype svarende til design-installation-vedligeholdelse). Strategierne 1x og 1y forudsætter således ikke en Offentlig-Privat Partnerskabsmodel (OPP), som det er tilfældet i strategi 3, hvilket ændrer risikoprofilen. Det skal påpeges, at resultaterne i den samfundsøkonomiske evaluering påvirkes af den valgte leverandørmodel i investeringsstrategierne.

Risikovurderingen for de forskellige strategier har haft til formål at kortlægge, hvilke samlede risikoudfordringer, man ville stå over for, hvis man vælger en given strategi. Det mest sande billede af disse samlede risikoudfordringer opnås, hvis de udregnes uden at tage hensyn til de risiko-reducerende tiltag, man helt naturligt vil foretage når strategien implementeres.

Desuden har Booz Allen identificeret en række tiltag, der kan iværksættes til reduktion i de beregnede risikoværdier, og disse tiltag er blevet værdisat. Det samlede beløb af disse tiltag kan siges at være den investering, der skal foretages for at alle risici er forsøgt håndteret eller imødegået. Disse tiltag omfatter yderligere investeringer i personaletræning og -udvikling samt planlægning og afvikling af investeringsprojekterne. Foreløbige beregninger viser, at de totale forebyggende omkostninger udgør omkring ca. 3 - 4 pct. af den totale risikoværdi, hvilket vurderes at være et relativt lavt niveau.

Grunden til, at denne metode er valgt, er, at signalanalysen netop er en ligeværdig sammenligning af forskellige strategialternativer med forskelligt sammensat risici, som skal imødegås på forskellige måder. Derfor giver en sammenligning af de samlede potentielle risici og de beløb, der skal til for at imødegå dem, det mest retvisende grundlag ved for et valg mellem forskellige strategier.

Det betyder ikke, at der ikke vil være en restrisiko uanset at disse imødegående tiltag iværksættes. En mere præcis analyse af, hvad denne restrisiko er, kan kun

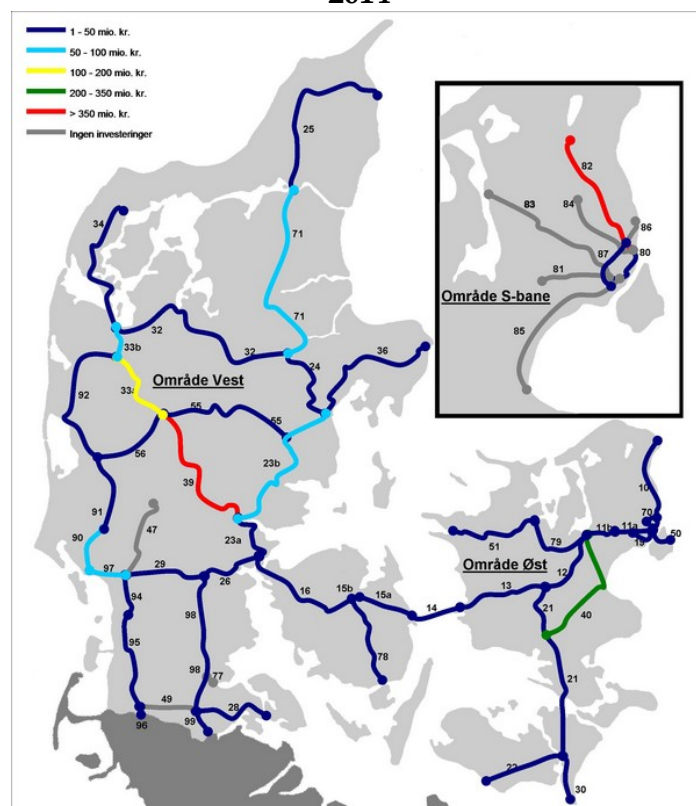
ske ved at detaljere den valgte strategi i en projektplan for dermed fastlægge, hvilke handlinger man vil foretage for at imødegå risikoen.

5 RESULTATER

Strategi 1 - investeringsprofil

Nedenstående figur 5-1 viser investeringerne i strategi 1 i perioden 2007-2014.

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



Tabel 5-1 opsummerer tidspunkterne for gennemførelsen af de fem hovedprojekter i strategi 1.

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

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlæg-gene	ATC-levetidslængelse	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
---------------------	--------------------------------------	----------------------	--	-----------------------------

2009	2009 - 2012	2011 - 2018	2011 - 2018	2015 - 2020
------	-------------	-------------	-------------	-------------

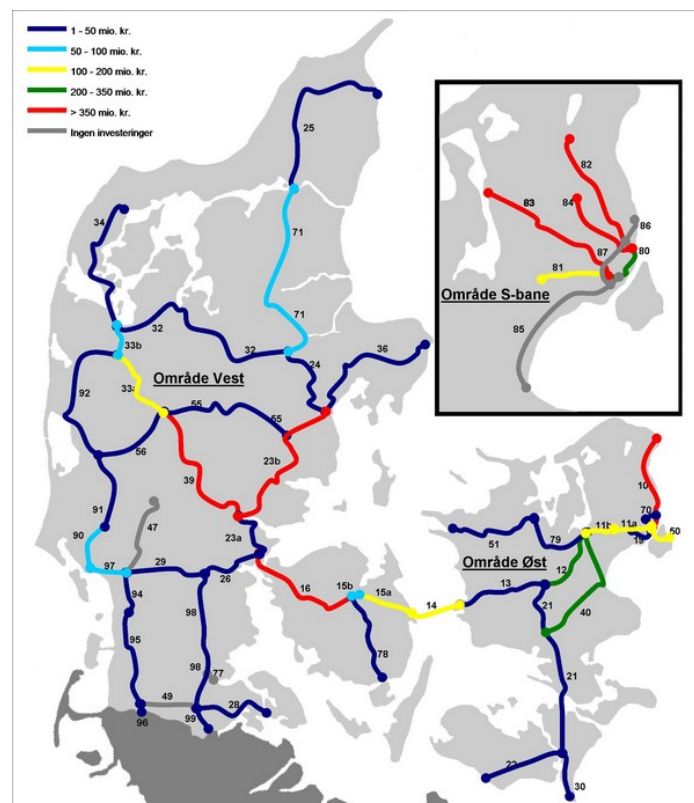
På den resterende del af jernbanenettet bliver specifikke investeringer gennemført ved udløbet af signalanlæggenes estimerede levetid, hvis bevillingerne i perioden 2007 - 2014 tillader det. Udskiftning af ATC-systemet er baseret på en ERTMS-niveau 1 løsning.

En komplet udskiftning vil være gennemført omkring 2024. Dette er en hurtigere udskiftningstakt end udskiftning baseret på levetidsudløb. Dette skyldes primært totalfornyelse af signalaktiverne på S-banen, som er fremrykket, afsluttes i 2018 og tager form af en strækningsvis udskiftning.

Strategi 2a - investeringsprofil

Figur 5-2 viser investeringsplanen (2007-2014) for strategi 2a. Der foretages investeringer over hele jernbanenet. Investeringerne følger de fornyelsesaktiviteter, der er blevet prioriteret i strategien, hvilket jf. tabel 5-2 vedrører fornyelse af specifikke signalanlæg, ATC-levetidsforlængelse og begyndende fornyelse af S-banen. Investeringer der nedbringer signalfejlene gennemføres, hvor det er muligt at opnå de største brugergevinster.

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



Tabel 5-2 opsummerer tidspunkterne for gennemførelsen af de fem hovedprojekter for strategi 2a.

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

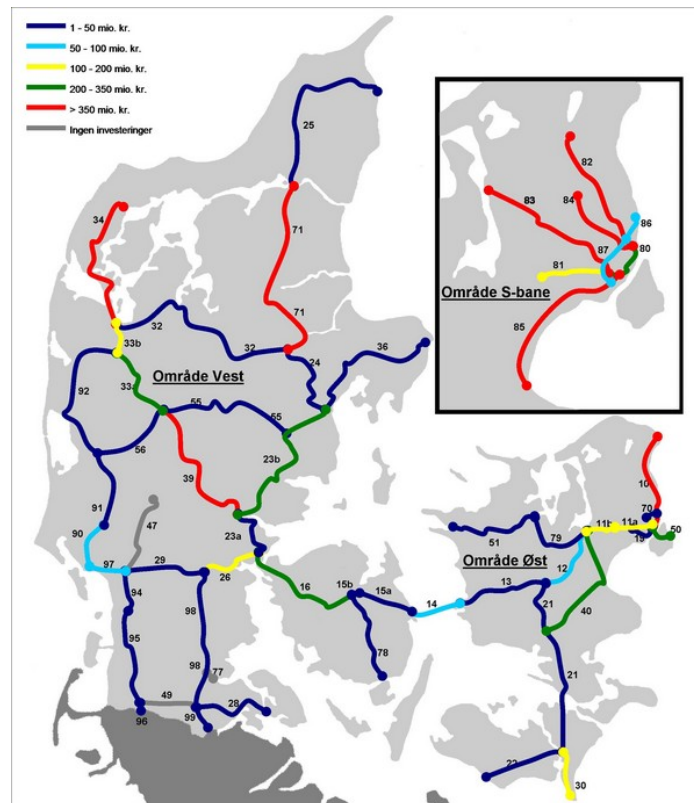
Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlægene	ATC-levetidsforlængelse	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 - 2012	2011 - 2018	2011 - 2016	2013 - 2020

På den resterende del af jernbanenet gennemføres specifikke investeringer, på de tidspunkter, hvor signalaktiverne når udløbet på deres estimerede levetider. Dette gælder især for 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 fejlniveaue, da fejlene på disse strækninger udgør ca. 30 pct. af alle signalfejlene. Udskiftning af ATC-systemet er baseret på en ERTMS-niveau 1 løsning. Det er beregnet, at efterslæbet er fjernet omkring 2020.

Strategi 2b - investeringsprofil

Investeringsplanen (2007-2014) for strategi 2b er vist i nedenstående figur. Investeringerne afspejler de fornyelsesaktiviteter, der er blevet prioriteret i strategi 2b i forhold til effekten på kanalregulariteten.

Figur 5-3: Geografisk oversigt over investeringsprofilen i strategi 2b for 2007 - 2014, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser



Med hensyn til forløbet af ATC-udskiftningen til ERTMS-niveau 2 gennemføres først 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.

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. Investeringsplanen der er udviklet og testet med DSB viser, at det vil tage ca. tre til fire år at installere ERTMS-udstyret i de mere end 500 tog. Den grundlæggende strategi for indførelse af ERTMS på rullende materiel baserer sig på anvendelsen af STM i overgangsperioden, hvilket muliggør funktionsdygtighed med både ATC-udstyr og ERTMS.

Tidspunkterne for gennemførelsen af de fem hovedprojekter for strategi 2b er opsummeret i tabel 5-3.

Tabel 5-3: Planen for gennemførelsen af de fem hovedprojekter i strategi 2b

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse af 1977 sikringsanlægene	ATC-levetidsforlængelse	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 - 2012	2011 - 2012	2010 - 2014	2010 - 2020

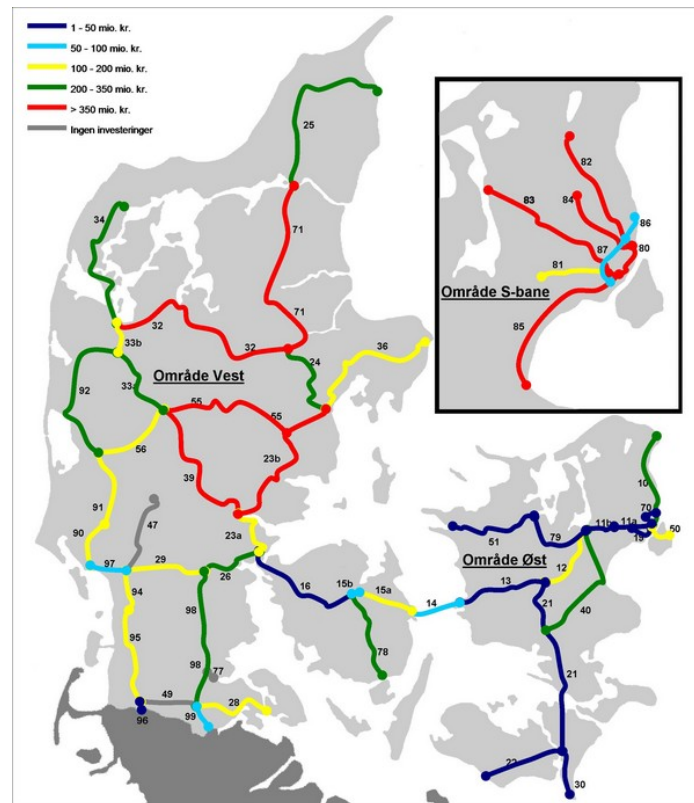
Installationen af ERTMS-niveau 2 vil medføre en omfattende fornyelse af signalaktiverne i perioden til 2020. Efterslæbet er fjernet omkring 2015. En medvirkende årsag til dette er den omfattende fornyelsesindsats, der gennemføres før selve ERTMS-udrustningen påbegyndes.

Strategi 3 - investeringsprofil

Investeringerne på jernbanenettet i perioden 2007 - 2014, jf. nedenstående figur, afspejler, de fornyelsesaktiviteter, der er blevet prioriteret i strategi 3, hvilket hovedsagelig vedrører ERTMS-niveau 2 installationen, idet alle øvrige investeringer begrænses for at undgå unødvendige merinvesteringer.

I perioden op til 2014 er der tale om væsentlige investeringer i infrastrukturen på Sjælland og i Jylland, idet ERTMS-niveau 2 udrustningen starter på strækningerne Roskilde - Køge - Næstved samt Langå - Aalborg. Bortset fra migrationsprojektet ligger ERTMS-niveau 2 investeringerne i den østlige del af Danmark hovedsagelig i 2015 og 2016. De væsentligste fornyelsesaktiviteter på S-banen gennemføres i perioden 2010-2014.

Figur 5-4: Geografisk oversigt over investeringsprofilen i strategi 3 for 2007 - 2014, absolutte værdier, mio. kr., 2007-priser



Implementeringen af ERTMS-niveau 2 starter med migrationsstrækningerne (Roskilde - Køge - Næstved samt Langå - Aalborg), hvorefter implementering gennemføres på landsplan, således at implementering først gennemføres i Jylland før hovedstrækningerne og hovedstadsområdet udstyres. Et resultat af den totale udskiftning er, 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 er, at - som beskrevet under strategi 2b - implementeres ERTMS på strækninger, som ikke er dækket af ATC-systemet på nuværende tidspunkt.

Investeringsplanen for strategi 3 er anderledes i forhold til investeringsplanerne for strategierne 1 og 2a, idet den bygger på en total og hurtig udskiftning af signalanlæg og indførelse af et nyt togkontrollsystem.

Tabel 5-4 nedenfor opsummerer tidspunkterne for gennemførelsen af de fire hovedprojekter for strategi 3.

Tabel 5-4: Planen for gennemførelsen af de fem hovedprojekter

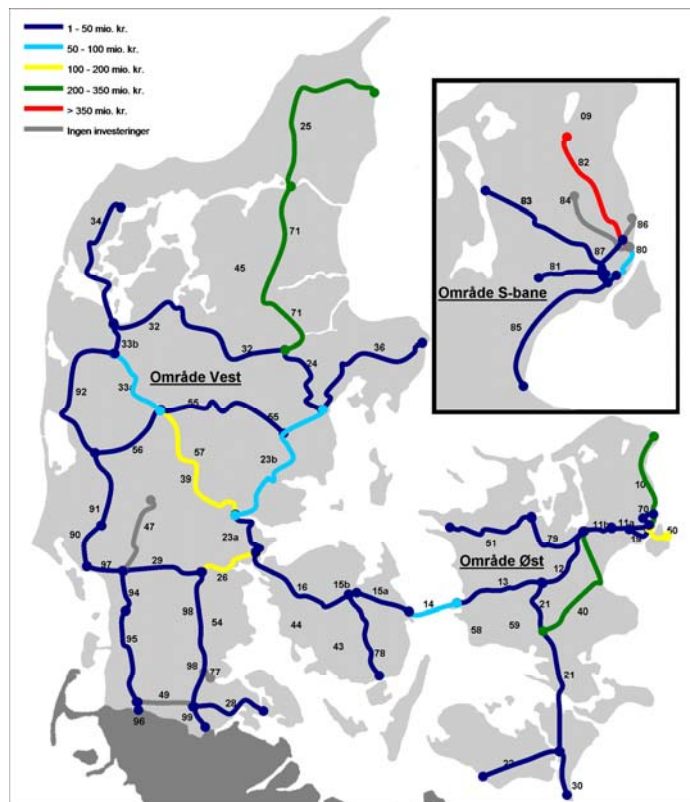
Esbjerg signalanlæg	Levetidsforlængelse af 1977 sikringsanlæggene	ATC-levetidsforlængelse	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	-	2011 - 2012	2010 - 2014	2010 - 2016

Installationen af ERTMS-niveau 2 resulterer i en omfattende fornyelse af signalaktiverne.

Strategi 1x - investeringsprofil

Investeringsplanen (2007-2014) for strategi 1x fremgår af figur 5-5. Investeringerne drives hovedsagelig af de fornyelsesaktiviteter, der er fremhævet i den efterfølgende tabel 5-5.

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



Tabel 5-5 opsummerer tidspunkterne for gennemførelsen af de fem hovedprojekter for strategi 1x.

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

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse og levetidsforlængelse af 1977 sikringsanlægene	ATC-levetidsforlængelse	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009-2012	2011 - 2012	2014 - 2018	2015 - 2020

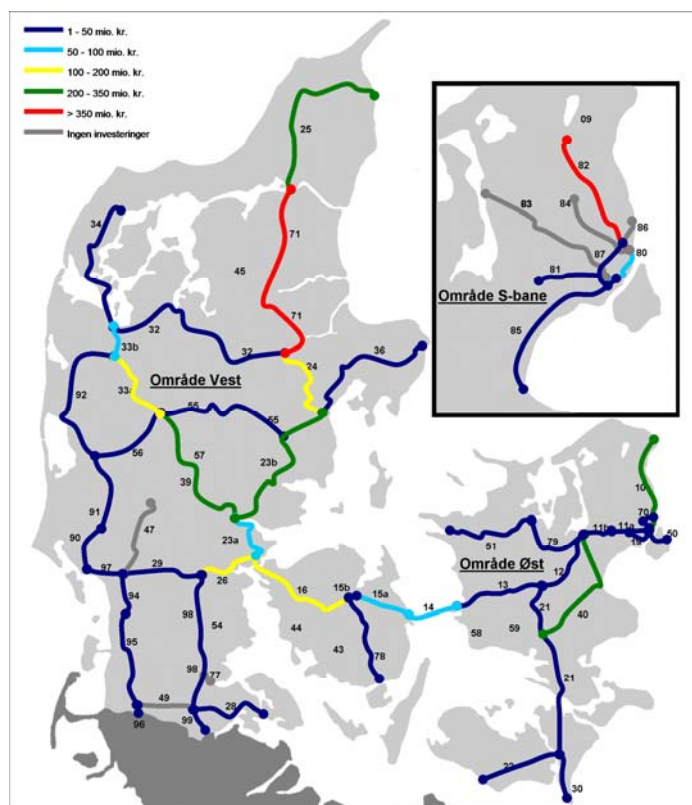
Det primære investeringsformål er at minimere fornyelser fra 2007 til 2014 og derefter implementere en total netværksfornyelse for fjernbanen fra 2015-2020 med ERTMS-niveau 2.

En komplet udskiftning vil være gennemført omkring 2020. Dette er en hurtigere udskiftning end udskiftning ved levetidsudløb. Dette skyldes primært totalfornyelsen af signalaktiverne på S-banen, som er fremrykket og afsluttes i 2018, og tager form af en strækningsvis udskiftning.

Strategi 1y - investeringsprofil

Nedenstående figur 5-6 viser investeringsplanen (2007-2014) for strategi 1y.

Figur 5-6: Geografisk oversigt over investeringsprofilen i strategi 1y for 2007 – 2014



Tabel 5-6 opsummerer tidspunkterne for gennemførelsen af de fem hovedprojekter for strategi 1y.

Tabel 5-6: Planen for gennemførelsen af de fem hovedprojekter i strategi 1y

Esbjerg signalanlæg	Fornyelse eller levetidsforlængelse af 1977 sikringsanlæggene	ATC-levetidsforlængelse	Total fornyelse af signalsystemet på S-banen	Udskiftning af ATC-systemet
2009	2009 - 2011	2011 - 2012	2014 - 2018	2013 - 2020

Strategi 1y inkluderer flere investeringer i perioden 2007 – 2014 sammenlignet med både strategi 1 og strategi 1x. Investeringerne er primært fokuseret på forbedringer i pålidelighed og forberedelse til ERTMS-niveau 2. Fra år 2010 implementeres ERTMS-niveau 2 på fjernbanen, mens S-banen bliver fornyet i perioden 2014 – 2018. Det bør også fremhæves, at strategi 1y muliggør, at hovedstrækningerne på Sjælland udstyres tidligere, hvilket giver forbedringer i kanalregulariteten på et tidligere tidspunkt.

En komplet udskiftning vil være gennemført omkring 2020. Dette er en hurtigere udskiftning end den naturlige udskiftningstakt. Dette skyldes primært totalfornyelsen af signalaktiverne på S-banen, som er fremrykket og afsluttes i 2018, og tager form af en strækningsvis udskiftning.

6 OPSUMMERING AF RESULTATER

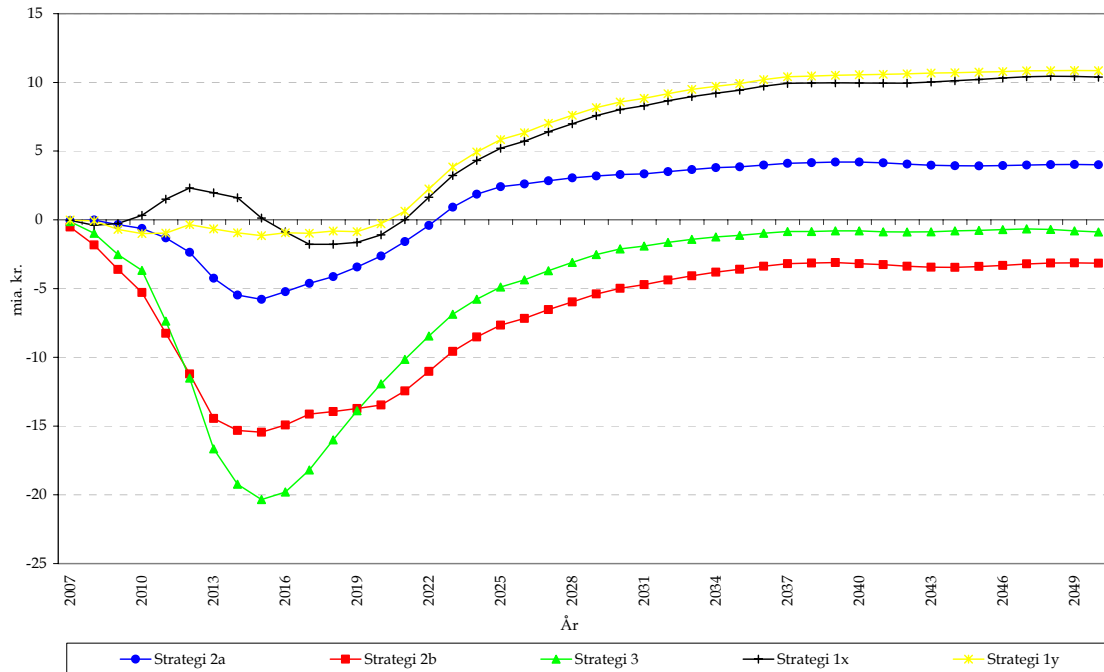
Sammenlignes nettonutidsværdiberegningerne (jf. tabel 6-1 nedenfor) for alle strategierne, som er undersøgt i Signalanalysen, herunder strategierne 1x og 1y, ses at det er fordelagtigt at udskyde investeringsplanen for introduktionen af ERTMS-niveau 2 (strategierne 1x og 1y). Strategi 1y resulterer i det mest fordelagtige nettoresultat, marginalt bedre end strategi 1x.

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

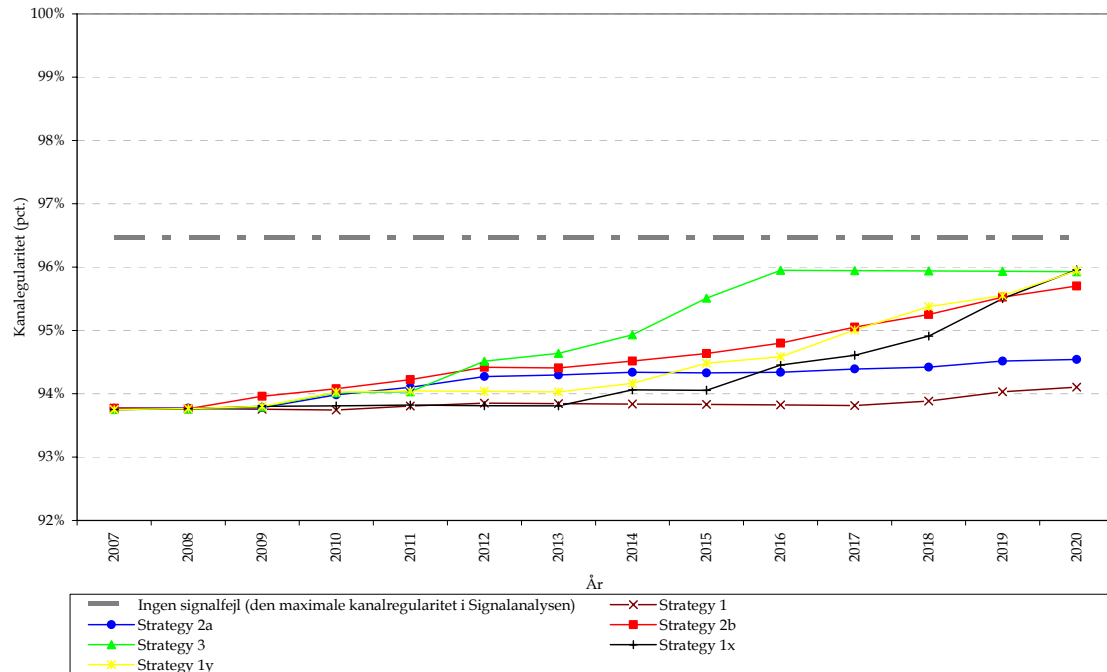
	Strategi 1	Strategi 2a	Strategi 2b	Strategi 3	Strategi 1x	Strategi 1y
<u>Ved 6 pct. kalkulationsrente</u>						
Fornyelse	9,7	10,8	14,5	12,3	10,4	10,5
Investeringer i rullende materiel	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6
Totale fornyelsesomkostninger	10,4	11,4	15,2	13,0	10,9	11,1
Vedligeholdelsesomkostninger	3,0	2,7	2,4	2,4	2,7	2,7
Totale omkostninger	13,4	14,1	17,7	15,4	13,7	13,7
Trafikstyringsomkostninger	4,6	4,6	4,4	4,2	4,3	4,3
Totale omkostninger, ekskl. risikotillæg	18,0	18,7	22,0	19,6	18,0	18,1
Risikoværdi (ved 50 pct. fraktil)	18,1	14,4	17,9	18,8	10,5	10,1
Totale omkostninger, inkl. risikotillæg	36,1	33,1	39,9	38,4	28,4	28,2
Skatteforvridning	6,2	5,7	6,8	6,6	4,9	4,8
Totale omkostninger	42,2	38,7	46,8	45,0	33,3	33,0
Brugergevinster	0,0	0,5	1,4	1,8	1,4	1,6
Nettopositionen (nutidsværdi)	42,2	38,2	45,4	43,1	31,9	31,4
Samfundsøkonomisk effekt ift. strategi 1 (6 pct.)		4,0	-3,2	-0,9	10,4	10,9
Samfundsøkonomisk effekt ift. strategi 1 (3,5 pct.)		7,8	2,0	5,3	17,5	18,3
<u>Kanalregularitet</u>						
<u>Fjernbanen</u>						
2007	93,8 pct.	93,8 pct.	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.	94,1 pct.	94,2 pct.
2020+	94,1 pct.	94,5 pct.	95,7 pct.	96,0 pct.	96,0 pct.	96,0 pct.
<u>S-banen</u>						
2007	94,3 pct.	94,3 pct.	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.	94,5 pct.	94,5 pct.
2020+	95,1 pct.	95,1 pct.	95,1 pct.	95,1 pct.	95,1 pct.	95,1 pct.

De økonomiske resultater er illustreret grafisk i nedenstående figur 6-1, som viser den samfundsøkonomiske værdiskabelse for alle strategierne, når de sammenlignes med strategi 1. Figuren viser, at strategierne 1y og 1x har en mere positiv nettoeffekt end strategi 1.

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



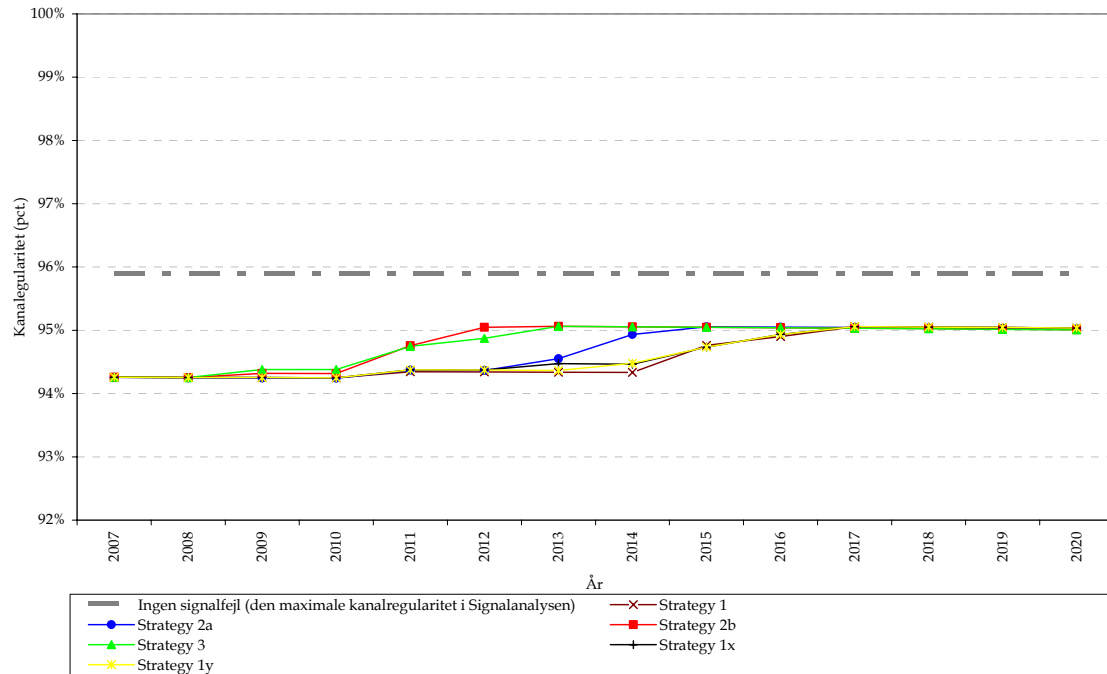
Figurerne 6-2 og 6-3 viser udviklingen i kanalregulariteten for perioden 2007 – 2020 for hhv. fjernbanen og S-banen. Figurerne indeholder resultaterne for hver af investeringsstrategierne. Den vandrette linie i figurerne viser den maksimale kanalregularitet, som kan opnås, dvs. linien repræsenterer den ideelle situation uden signalfejl.

Figur 6-2: Kanalregulariteten for fjernbanen, alle investeringsstrategier, 2007 - 2020

Figur 6-2 viser, at det er strategi 3, der har den hurtigste forbedring i kanalregulariteten på fjernbanen. Strategierne 1x og 1y ender begge på samme niveau som strategi 3, idet disse også omfatter en total udskiftning og overgang til ERMTS-niveau 2, men først med endelig afslutning i 2020.

Figur 6-3 viser, udviklingen i kanalregulariteten på S-banen for perioden 2007 - 2020.

Figur 6-3: Kanalregulariteten for S-banen, alle investeringsstrategier, 2007 - 2020



Med hensyn til kanalregulariteten for S-banen ses det af ovenstående figur at alle investeringsstrategierne ender på det samme niveau. Dette kan forklares ved, at S-banen total fornyes i alle investeringsstrategierne. I strategierne 2b og 3 er det dog muligt, at opnå en hurtigere forbedring i kanalregulariteten, idet fornyelsesaktiviteterne er afsluttet omkring 2014, hvorimod de øvrige investeringsstrategier først afslutter S-bane fornyelsen senere.

Tabel 6-2 opsummerer nogle af de væsentligste kvalitative forhold for hver af strategierne. Det ses, at strategi 1 har begrænsninger i fejlbehandlinger og vækst i passagerantallet i forhold til de øvrige strategier. Det bør også fremhæves, at strategi 3 giver interoperabilitet tidligere end de øvrige strategier (fra 2016).

Tabel 6-2: Væsentligste kvalitative aspekter ved investeringsstrategierne

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

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

Tabel 6-4: Efterslæbsprofilen i investeringsstrategierne

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

En samlet vurdering af investeringsstrategierne kan sammenfattes i nedenstående punkter:

- Udskiftningstakten i strategi 1 begrænses af bevillingsrammen 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. Hvis denne strategi vælges, skal der fokuseres på at optimere nogle af de eksisterende vedligeholdelsesprocesser, og der skal gennemføres en indsats, der forbereder 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. Dog er der i perioden en stigende efterslæbsrisiko der, hvis det udmønter sig i flere fejl eller nedbrud, med en fast budgetramme kun kan finansieres ved at nedprioritere andre vedligeholdelses- og fornyelsesaktiviteter og dermed påvirke regulariteten negativt. 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 opnå en reduktion i efterslæbet i forhold til strategi 1. Netop nedbringelsen af efterslæbet og dertil hørende reduktion i risikotillægget er i Signalanalysen blevet identificeret som værende en væsentlig faktor, idet de højere investeringer resulterer i, at strategi 2a har en større samfundsøkonomisk 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 fjerner en del af den efterslæbsrisiko, som ikke kan fjernes i strategi 1 pga. budgetrestriktionen. 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; en slutsituation der på fjernbanen, trods de store investeringer, ikke giver nogen væsentlige regularitetsforbedringer.
- 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

ren samfundsøkonomisk vurdering.

- 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 ERTMS-niveau 2 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 skrotning 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 fejldidentifikation), lavere vedligeholdelsesomkostninger (færre og nyere aktiver), bedre kanalregularitet og dertil hørende brugergevinster. Strategi 3 indeholder dog, med sin totale udskiftning af signalanlæggene, enkelte forhold, der ikke er 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 nogle år tidligere end det estimerede omkostningsoptimale tidspunkt hvilket betyder at der foretages udskiftninger af funktionsduelige sikringsanlæg.
- 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. De væsentligste risici i forbindelse med strategi 3 vedrører projekt-, planlægnings- og leverandørforhold. Investeringsplanen giver omkring fem år fra i dag til at forberede og implementere udviklingsaktiviteterne inden den egentlige udrulning, som vil kunne afsluttes omkring 2011. Booz Allen vurderer, at dette er en stram tidsplan, hvilket også betyder at implementering i hele netværket over en tiårig periode vil være krævende.
- Strategi 1x er baseret på at fornyelses- og vedligeholdelsesaktiviteterne i perioden 2007 - 2014 fastholdes på samme niveau som i strategi 1, dvs. indenfor indeværende rammeaftale. Det er derfor først efter 2014, at det er muligt at gennemføre et omfattende fornyelsesprogram, der resulterer i installation af ERTMS-niveau 2 over hele jernbanenettet. Installationen starter omkring 2014 i forbindelse med de første to migrationsstrækninger. I den mellemliggende periode kræves det, at Banedanmark udvikler evnen til at håndtere en stor grad af organisatoriske forandringer og indfører og uddanner medarbejderne i nye former for indkøbs- og

programstyringsteknikker. I forhold til f.eks. strategi 3 betyder den længere forberedelses- og planlægningsperiode, at det vil være muligt at opnå en væsentlig reduktion i strategiens risikotillæg. De begrænsede fornyelsesaktiviteter i perioden frem til 2014 betyder, at der ikke vil være væsentlige ændringer i kanalregulariteten i forhold til den eksisterende situation. På længere sigt betyder installationen af ERTMS-niveau 2 i strategi 1x dog, at der kan påregnes væsentlige forbedringer i kanalregulariteten. Det vil derfor være muligt at drage fordel af de brugergevinster, der er opnåelige via kanalregulariteten. Man opnår således alle de fordele, der er beskrevet i strategi 3 blot senere.

- Overordnet set resulterer strategi 1x i en positiv samfundsøkonomisk effekt, idet investeringsaktiviteterne i forbindelse med ERTMS-niveau 2 implementeringen planlægges på en mere optimalt måde end det f.eks. er tilfældet i strategierne 2b og 3, hvor der hhv. investeres i signalaktiver, der efter nogle få år fornyes i forbindelse med ERTMS-niveau 2 installationen, eller der investeres på et for tidligt tidspunkt, hvilket påfører et væsentlig risikotillæg. Den væsentligste faktor er den reduktion i risikotillægget, der realiseres ved udnyttelse af en længere planlægningsperiode og ændringer i leverandør- og kontraktforholdene.
- Strategi 1y muliggør et højere investeringsniveau end den fastlagte rammeaftale, som begrænser investeringerne i f.eks. strategi 1x. Det er derfor muligt at starte med migrationsprojekterne allerede i 2010, hvilket betyder, at der er en længere erfaringsperiode før installationen af ERTMS-niveau 2 på hele jernbanenettet starter fra 2014. I forhold til f.eks. strategi 1x betyder fremrykningen af migrationsprojekterne dog, at Banedanmark bliver pålagt krav om en hurtigere tilpasning af evnen til at håndtere en stor grad af organisatoriske forandringer og indføre og uddanne medarbejderne i nye former for indkøbs- og programstyringsteknikker. Det vil dog være muligt at opnå en væsentlig reduktion i risikotillægget, idet der er en længere tidsperiode før installationen starter i fuld skala på den resterende del af jernbanenettet. Der er cirka fire ekstra år til at planlægge udrulningen på hele netværket, hvilket gør det muligt at designe en udrulningsplan for hele netværket, som medfører, at fordelene relateret til ERTMS-niveau 2 kan opnås tidligere på hovedstrækningerne i forhold til strategi 1x. De tidligere erfaringer, der gøres, medfører også, at en del af de risici, der automatisk forbindes med et så stort omfang af signalanlægsudskiftninger, reduceres. Dette betyder, at forbedringer i kanalregulariteten kan opnås. Det vil derfor også være muligt at drage fordel af de brugergevinster, der er opnåelige via kanalregulariteten på et tidligere tidspunkt end f.eks. i strategi 1x.
- Overordnet set resulterer strategi 1y i en positiv samfundsøkonomisk effekt, idet investeringsaktiviteterne i forbindelse med ERTMS-niveau 2 implementeringen planlægges på en mere optimal måde end det f.eks. er

tilfældet i strategierne 2b og 3, hvor der hhv. overinvesteres eller investeres på et for tidligt tidspunkt. Den væsentligste faktor er den reduktion i risikotillægget, der realiseres gennem udnyttelse af en længere planlægningsperiode og ændringer i leverandør- og kontraktforholdene. Endvidere viser den samfundsøkonomiske evaluering, at strategi 1y er lidt bedre end strategi 1x, idet strategi 1y muliggør en mere optimal implementeringsplanlægning og gennemførelse. Derudover opnår strategi 1y tidligere regularitetsforbedringer på hovedstrækninger end i 1x ved udrulningen af ERTMS-niveau 2. Fremrykningen af forberedende aktiviteter i perioden 2007-14 giver et mindre presset implementeringsforløb af ERTMS-niveau 2.