

JUNI 2020
VEJDIREKTORATET

Grøn, regional BRT-løsning på Østbanens tracé



JUNI 2020
VEJDIREKTORATET

Grøn, regional BRT-løsning på Østbanens tracé

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.	ISBNR.
A202095	1	978-87-93292-60-4

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
1.0	9. juni 2020	Rapport	CANG	LYMA	JACH

INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Tilgang	8
1.2	Udgangspunkt for analysen	9
1.3	BRT som koncept10	
1.4	BRT på Østbanen	12
2	Østbanens trafikale rolle i dag	13
2.1	Rejsende	14
2.2	Østbanens opland	16
3	Trafiksikkerhed for BRT på Østbanen	19
3.1	Strækninger	20
3.2	Krydsninger	21
3.3	Tre løsninger	22
4	Linjeføring for BRT	24
4.1	Forkastede alternativer	28
4.2	Roskilde – Køge (Lille Syd-banen)	30
5	Driftsoplæg	31
5.1	Kørehastigheder	31
5.2	Frekvensalternativer	34
5.3	Beregning af køretider	35
5.4	Driftsoplæg i togløsning efter december 2020	38
6	Omdannelse til BRT-vej	39
6.1	BRT-sporet	39
6.2	Tilpasning til stationer og standsningssteder	51
7	Trafikstyring	56
7.1	Overgang fra tracé til vejnet	56

7.2	Adgang til BRT-vejen	56
7.3	Trafikovervågning	57
7.4	Styring af trafik i vejkrydsninger	59
8	Materiel	62
8.1	Alternative drivmidler	66
8.2	Driftsøkonomi	69
8.3	Autonome/førerløse køretøjer	71
9	Trafikale effekter	75
9.1	Passagereffekter	79
10	Anlægsøkonomi	85
10.1	Anlægsbudgettets bestanddele	85
10.2	Anlægsoverslaget	87
10.3	Fravalgt linjeføring via Strandvejen	89
11	Samfundsøkonomi	91
11.1	Anlægsomkostninger	91
11.2	Driftsomkostninger til operatører	92
11.3	Vedligeholdelsesudgifter	94
11.4	Trafikale effekter og driftsindtægter	94
11.5	Eksterne omkostninger	96
11.6	Samfundsøkonomisk vurdering	97
11.7	Afledte effekter	99
11.8	Tidshorisont	101
11.9	Anlægsfasen	101
11.10	Regionsøkonomi	102
11.11	Andre effekter	104
12	Regulatoriske forhold	105
12.1	Fra jernbane til vej	105
12.2	Fra jernbaneloven til færdselsloven	105
12.3	Hastighedsgrænser	105
12.4	BRT-busvejens krydsning med øvrige veje	106
12.5	Indarbejdelse af BRT-bus-konceptet i færdselsloven	107
13	Linjeforlængelse	108
14	Konklusion og perspektivering	115
14.1	Konklusion	115
14.2	Perspektivering	118

1 Indledning

Renovering af Østbanen

Østbanen er nedslidt og står over for en nødvendig renovering. Skinnenettet er i så dårlig vedligeholdelsesmæssig tilstand, at togene siden december 2019 har kørt med nedsat hastighed og tidligere i en længere periode har kørt med afblændede sæder for at begrænse togenes belastning på infrastrukturen.

Forventningen er, at renoveringen kan koste op mod 510 mio. kr. inkl. 30 % korrektionstillæg, og Lokaltog A/S udarbejder i øjeblikket en detaljeret analyse af det forventede arbejde til brug for den politiske beslutningsproces i Region Sjælland¹.

BRT-løsning

Region Sjælland har sammen med Transport- og Boligministeriet endvidere aftalt, at der skal gennemføres en indledende analyse af mulighederne at omdanne Østbanen til en busvej med henblik på grøn BRT-busbetjening i det nuværende banetracé. En sådan løsning vil indebære, at skinner og sveller fjernes, og at der i banens tracé anlægges et asfalteret spor, der kan betjenes med busser. BRT-busserne forudsættes at være klimavenlige, dvs. fossilfri og/eller emissionsfri. Det er analysens formål at belyse, om en omdannelse af Østbanen til BRT-løsning er teknisk mulig og hvilke trafikale, passagermæssige og økonomiske konsekvenser, det kan medføre.

Analysen er gennemført under Vejdirektoratets projektledelse med bistand fra Trafikselskabet Movia og med COWI som faglig konsulent. Der er i forbindelse med aftalen mellem Transport- og Boligministeriet og Region Sjælland udarbejdet et kommissorium for analysens indhold.

Kommissorium

Ifølge kommissoriet skal analysen omhandle følgende:

- > Anlægsoverslag og samfundsøkonomisk analyse, herunder også en analyse af klima- og miljøeffekter
- > Beregninger af den samlede driftsøkonomi, herunder tilbagebetaling af anlægsudgifter til stationsombygning og opsætning af eventuelle ladestandere, på Køge-Faxe Ladeplads/Rødvig
- > Driftsmæssig vurdering, herunder modenhed af førerløs teknologi

¹ Oplyst af Movia den 2. juni 2020 med forbehold for ændringer

- > Kvalitetsmæssige forudsætninger, herunder sikkerhed, frekvens og busdesign
- > Funktionalitet og kapacitetsmæssige forudsætninger
- > Prismæssige forudsætninger såsom prisindeks og kobling til ERTMS og andre projekter
- > De økonomiske og driftsmæssige konsekvenser i forhold til aftalen om overtagelse af strækningen Roskilde-Køge
- > Øvrige forhold, herunder kobling til Roskilde-Køge (Lille syd) og dertilhørende værksted i Hårlev, samt allerede indgåede kontrakter for togmateriel
- > Undersøgelse af mulighed for at videreføre linjen fra Køge St. via Campus Køge og Universitetshospitalet til Køge Nord St.
- > Beregning af rejsetider
- > Regulatoriske og organisatoriske forhold, herunder vejmyndighedsrollen, regionsøkonomi mv.
- > Risici og usikkerheder, herunder vurdering af vejrets (fx. sne og is) betydning for driftstabilitet.

Af det tilhørende forståelsespapir fremgår desuden, at *"Analysen skal afdække de økonomiske og driftsmæssige konsekvenser af at vælge en grøn regional BRT-løsning, herunder muligheder for større fleksibilitet, lavere driftsomkostninger og et service- og kvalitetsniveau, som samlet set er bedre eller på samme niveau som det nuværende."*

Den gennemførte analyse har karakter af en foranalyse. Den gennemføres som en screening, der skal vurdere, om et BRT-projekt er relevant og rentabelt at gå videre med i forhold til en renovering af Østbanen. I givet fald vil der i en efterfølgende proces skulle udarbejdes et egentligt planlægningsmæssigt beslutningsgrundlag (det vil formentlig kræve en VVM-undersøgelse), inden der kan træffes beslutning om gennemførelse.

Detailanalyse om skinnerenovering

Sideløbende med nærværende foranalyse gennemfører Region Sjælland i samarbejde med Movia og Lokaltog A/S en detailanalyse for renoveringen af Østbanen, der kan danne grundlag for en beslutning om gennemførelse af renoveringsprojektet. Detailanalysen forventes afsluttet i juni 2020, hvorefter resultaterne af de to undersøgelser kan sammenholdes.

Ved sammenligning af de to undersøgelser er det vigtigt at være opmærksom på, at de har forskellig detaljeringsgrad og dermed usikkerhedsniveau.

Denne rapport er udarbejdet af COWI for Vejdirektoratet og Movia, og den indeholder resultaterne af de gennemførte faglige analyser.

1.1 Tilgang

Eksisterende viden

I tråd med opgavens kommissorium gennemføres en forundersøgelse, hvor allerede eksisterende viden om banen, dens vedligeholdelsesmæssige tilstand, broer, geotekniske forhold og andre fysiske forhold lægges til grund for en

beskrivelse og vurdering af den omdannelse, der er nødvendig for at kunne køre bus på tracéet.

Grundlaget findes beskrevet i "*Infrastrukturanalyse, Østbanen, Definitions-rapport*" af 15. december 2017, rev. 24. maj 2018. Endvidere er der oplysninger om eksisterende bygningsværker i "*Infrastrukturanalyse af Østbanen, Teknisk Rapport*", inkl. bilag fra januar 2017 samt i løbende generaleftersynsrapporter af broer og bygningsværker på banen². Endelig anvendes udleverede videooptagelser af hele banestrækningen³.

Der er ikke indhentet supplerede viden fra inspektioner eller opfølgende undersøgelser af de fysiske og anlægstekniske forhold. I forbindelse med gennemgang af de eksisterende kilder har vi noteret forhold, der træder frem i materialet som muligt problematiske/usikre. Efterfølgende har vi søgt at vurdere og skønsmæssigt prissætte de observerede usikkerheder i forhold til de anlæg, som BRT-løsningen kræver.

Tekstinput

Vejdirektoratet har leveret tekstmateriale til afsnit 12. Transport- og Boligministeriet har leveret tekstmateriale til afsnit 11.10.

Inddragelse af myndigheder

Arbejdsgruppen har været i dialog med Færdselsstyrelsen om regler for busser vedr. hastigheder og selekrav samt om relevante bustyper og modeller. Arbejdsgruppen har desuden drøftet indkørslen til Køge St. med Banedanmark og med Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, særligt vedr. spørgsmål om forholdsregler i forhold til etablering af vejanlæg tæt på spordrift.

Analysearbejdet, og herunder overvejelser om de foreslåede linjeføringer, er gennemført uden direkte dialog med de berørte kommuner (Køge, Faxe og Stevns), men på det foreliggende, offentligt kendte plangrundlag.

1.2 Udgangspunkt for analysen

Udgangspunktet for analysen er, at rammerne for den skitserede BRT-løsning så vidt muligt er identiske med den eksisterende togløsning. Det betyder bl.a., at det er perspektiverne ved en enkeltsporet løsning, der beskrives, at de nuværende standsningssteder bibeholdes, at stationer og trinbrætter bevares og tilpasses, og at linjeføringen er identisk med det eksisterende banespor.

Ved endestationerne i Rødvig og Faxe Ladeplads vil der være mindre afvigelser fra sporet for at vende busserne, og i Køge er der afvigelser fra sporet af hensyn til trafikafvikling og -sikkerhed i forhold til den øvrige banedrift på selve stationen og i området syd for stationen. Det medfører, at BRT-linjen får endestation på den eksisterende busterminal øst for stationen, som andre Movia-buslinjer.

² Udtræk fra Danbro 16. marts 2020 ang. generaleftersynsrapporter og tegner af eksisterende bygværker

³ Videooptagelser fra Østbanen, udleveret af Lokaltog A/S

Det komparative udgangspunkt for den gennemførte analyse er desuden, at betjeningen med BRT-løsningen så vidt muligt skal være 'lige så god som den nuværende togbetjening' (dvs. før hastighedsnedsættelsen fra 100 til 75 km/t i december 2019). Hermed sigtes til et mål om at kunne opretholde de samme rejsetider, som kendes fra Østbanen før december 2019, og at BRT-løsningen skal kunne tilbyde god komfort til de rejsende, som toget gør i dag. Det omfatter ligeledes en køreplan, der på hverdage giver forskudt halvtimedrift på hver af de to grene fra Faxe Ladeplads og Rødvig st. til Hårlev st. og kvarterdrift drift i begge retninger på fællesstrækningen mellem Hårlev st. og Køge st.

Herudover belyses de miljømæssige aspekter af at udskifte Lint41-togene med mere miljøvenlige busser. Med udgangspunkt i de definitioner, Movia anvender for fossilfri og emissionsfri busser, beskrives de driftsøkonomiske konsekvenser med forskellige, relevante løsninger.

Udbygning af vidensgrundlag

Udover konkret at belyse en evt. omdannelse af Østbanen til en BRT-strækning, har analysen også til formål at bidrage til at udbygge det generelle vidensgrundlag om løsninger, udfordringer og perspektiver ved at indføre BRT-løsninger på tidligere bane-tracéer. Med afsæt i den konkrete case om Østbanen udpeges særlige forhold, der vurderes at være vigtige bl.a. for det samlede omkostningsbillede, samt evt. andre betjeningsmæssige forhold, der er kritiske for at opnå en succesfuld omstilling.

Som del af perspektiveringen vurderes mulighederne for førerløs BRT-betjening på Østbanen, herunder om BRT'en kan indgå i forbindelse med forsøg og udvikling af autonom teknologi, og om særlige fysiske eller andre tiltag med fordel kan implementeres fra starten for at sikre muligheden for førerløs drift på sigt.

1.3 BRT som koncept

BRT står for Bus Rapid Transit og er en højklasset busløsning, hvor bussen kører i eget tracé, prioriteres i de lysregulerede kryds og tilbyder udbyggede og komfortable stationer. En BRT-løsning er typisk kendetegnet ved hurtig, behagelig, pålidelig og omkostningseffektiv transport, der kvalitetsmæssigt kan sammenlignes med letbane- og togtransport, men kombineret med den fleksibilitet bustransporten har.

Løsningen ses helt overvejende i tætbefolkede områder, hvor gevinsten ved at investere i særskilte busbaner kommer mange rejsende til gode hver dag. Ofte ses systemer, hvor antallet af passagerer pr. time svarer til antallet af påstigere på Østbanen over en hel dag. BRT-systemer kan dog se meget forskellige ud fra sted til sted, og parametre som omfang af eget tracé, prioritet i kryds og kvalitet i indretningen af stationer har stor betydning for det endelige produkt.

Typisk vil investering i BRT være begrundet i flere forhold, udover de rent trafikale. Det kan eksempelvis være ønsker om at skabe ny byudvikling i udvalgte områder, løfte betjeningen i eksisterende, tætbefolkede områder eller fastholde en moderne, kollektiv trafik mere generelt betragtet.



Figur 1 *Eksempel på BRT i Rouen, hvor der i 2001 blev etableret et BRT-system bestående af tre linjer. Nettet er ca. 32 km langt og har ca. 42.000 daglige påstignere. Kilde: <https://brtdata.org/location/europe/france/rouen>*

De bagvedliggende trafikale begrundelser handler i før-situationen typisk om, at den kollektive busstrafik er negativt påvirket af tæt bytrafik og som følge deraf er kendetegnet af lav rejsehastighed og dårlig regularitet og derfor reelt tilbyder begrænset mobilitet.



Figur 2 *I BRT-systemet i Nantes er der etableret niveaufri ind- og udstigning fra perronerne. Det er praktisk for alle rejsende og reducerer ekspeditions-tiden ved stoppesteder, hvor der er stor passagerudveksling. Foto: Karl Fjellstrom*

1.4 BRT på Østbanen

BRT på Østbanen vil med de skitserede rammer kunne betragtes som et absolut høj kvalitetsprodukt, bl.a. målt på omfanget af eget tracé, fuld prioritering i vejkrydsninger, høj komfort i busserne, niveaufri ind- og udstigning og (fortsat) billettering på perronerne. Tracéet får bløde kørekurver og et længdeprofil, der også vil bidrage til en meget høj kørekomfort. Rejsehastigheden vil blive høj, regulariteten god og der vil blive let adgang for kørestolsbrugere, gangbesværede og passagerer med cykler, barnevogne m.fl.

Til gengæld 'genbruges' standsningsstederne, dvs. stationer og trinbrætter, i den skitserede løsning uden videre kvalitetsmæssige forbedringer af perroner eller udstyr.

Det helt særlige ved BRT på Østbanen er desuden, at der fra en før-situation til en efter-situation ikke vil blive tale om den samme opgradering af den kollektive bustrafik, som ofte er målet med og effekten af BRT. På Østbanen er før-situationen i forvejen en baneløsning, hvor mange af de positive aspekter af BRT allerede findes; høj rejsehastighed, høj regularitet, høj komfort, gode ind- og udstigningsforhold og dedikeret plads til at kunne medbringe cykler.

I baneløsningen kører togene i kraft af sikkerhedsbærende signalsystemer desuden op til 100 km/t på visse delstrækninger. Noget tilsvarende vil for BRT-busser kræve lovgivnings- eller andre forskriftsmæssige ændringer, evt. udvikling af nye sikkerhedssystemer og evt. ny teknologi.

Driftsudgifterne til en BRT-bus er lavere end til et tog. Afgangsfrekvensen med en BRT kan derfor øges inden for de samme driftsmidler, hvilket kan betyde flere afgange og derved lavere ventetid for passagererne. Det kan bl.a. være en fordel i forbindelse med skift til/fra S-tog, Re-tog og busser på Køge St.

Lidt forenklet er hovedspørgsmålene derfor: Hvilke og hvor omfattende ulemper må de rejsende forventes påført ved at omdanne banen til en BRT? Hvilke fordele kan evt. opveje disse ulemper? Kan øvelsen i det hele taget betale sig – driftsøkonomisk og samfundsøkonomisk set? Og kan analysens resultater give ny viden til brug for overvejelser om fremtiden for andre lokalbaner?

Region Sjælland skal om kort tid træffe valg om, hvorvidt der skal gennemføres en skinnerenovering på Østbanen, så banen også fremover kan betjenes med tog. Denne analyse er udarbejdet på foranledning af Region Sjælland og af Transport- og Boligministeriet for at perspektivere BRT som en alternativ mulighed forud for dette valg.

2 Østbanens trafikale rolle i dag

Østbanens trafikale rolle

Østbanen medvirker sammen med regionaltoogsstrækningen Roskilde-Køge-Næstved (Lille Syd) til at sikre sammenhæng i trafikken mellem boliger, arbejdspladser og uddannelsessteder på tværs af Region Sjælland og Region Hovedstaden. Banen binder Faxe, Stevns og Køge Kommuner sammen og udgør en vigtig del af betjeningen fra disse kommuner mod hovedstaden.

Østbanen betjener en samlet befolkning på godt 50.000 i sognene omkring banen i Køge, Stevns og Faxe Kommuner (2020-tal). Banen har 15 standsningssteder og betjener bl.a. kommunecentrene Hårlev og St. Heddinge og udviklingscentre Rødvig og Faxe samt en række mindre byområder, se Figur 3.

Østbanen spiller også en rolle i forhold til sæson- og weekendtrafik til de rekreative strand- og sommerhusområder på Stevns.



Figur 3 Østbanens standsningssteder. På Egoje St., Vallo St., Grubberholm St. eller ved Himlingøje St. standses kun på udvalgte ture og hvis der er passagerer

Driften er normalt⁴ bygget op omkring 30 minutters drift på hver af de to grene fra Faxe Ladeplads og Rødvig st. til Hårlev st. og videre mod Køge st. Det betyder, at der i alle dagtimer på hverdage er 15 minutters drift i begge retninger på fællesstrækningen mellem Hårlev st. og Køge st. Om aftenen og i weekenden er der timedrift på grenene og dermed 30 minutters drift på fællesstrækningen.

De trafikale knudepunkter for skift til og fra anden kollektiv trafik findes på Køge St., Faxe Syd St., Hårlev St. og St. Heddinge St. På Køge St. er der bl.a. forbin-

⁴ Driften før december 2019

delse til S-tog, Re-tog og byens A-buslinjer. På Faxe Syd St. og Faxe Ladeplads St. er der R-buslinje til Næstved. De øvrige skiftsteder på Østbanen giver primært forbindelse til og fra lokallinjer. I Tabel 1 er samlet en række nøgletal for banen.

Tabel 1 Nøgletal for Østbanen. Kilde: Oplysninger fra Movia

Nøgletal for Østbanen	2019
Længder:	
Køge St. – Faxe Ladeplads St.	30,4 km
Køge St. - Rødvig St.	31,2 km
Delstrækning: Køge St. – Hårlev St.	12,7 km
Samlet strækning:	48,9 km
Antal vejkrydsninger	31
Antal bygværker (broer, rørføringer til åer mv.)	30
Antal underføringer	17
Antal overføringer	1
Gennemsnitlige rejsetider:	
Køge St. – Faxe Ladeplads St.	31-33 min.
Køge St. - Rødvig St.	33-34 min.
Køge St. – Hårlev St.	11-12 min.
Frekvens: (myldretid og dagtimer/andre perioder)	
Køge St. – Hårlev St., begge retninger	15/30 min.
Hårlev St. – Faxe Ladeplads St.	30/60 min.
Hårlev St. – Rødvig St.	30/60 min.
Køreplantimer, årligt	23.100 timer
Køreplankm, årligt	1,26 mio. km
Driftsudgifter, brutto, årligt	67,1 mio. kr.
Indtægter fra billet salg, årligt	18,5 mio. kr.
Driftsudgifter, netto, årligt	48,6 mio. kr.
Vedligeholdelsesudgifter til bane og tilhørende anlæg, årligt ⁵	9,0 mio. kr.

2.1 Rejsende

Brugen af Østbanen i dag

Opgørelser viser, at Østbanen har ca. 3.300 påstigere på en typisk hverdag, ca. 1.500 på en lørdag og 1.200 på en søndag. Årligt svarer det til godt 1 mio. rejser, opgjort for 2019.

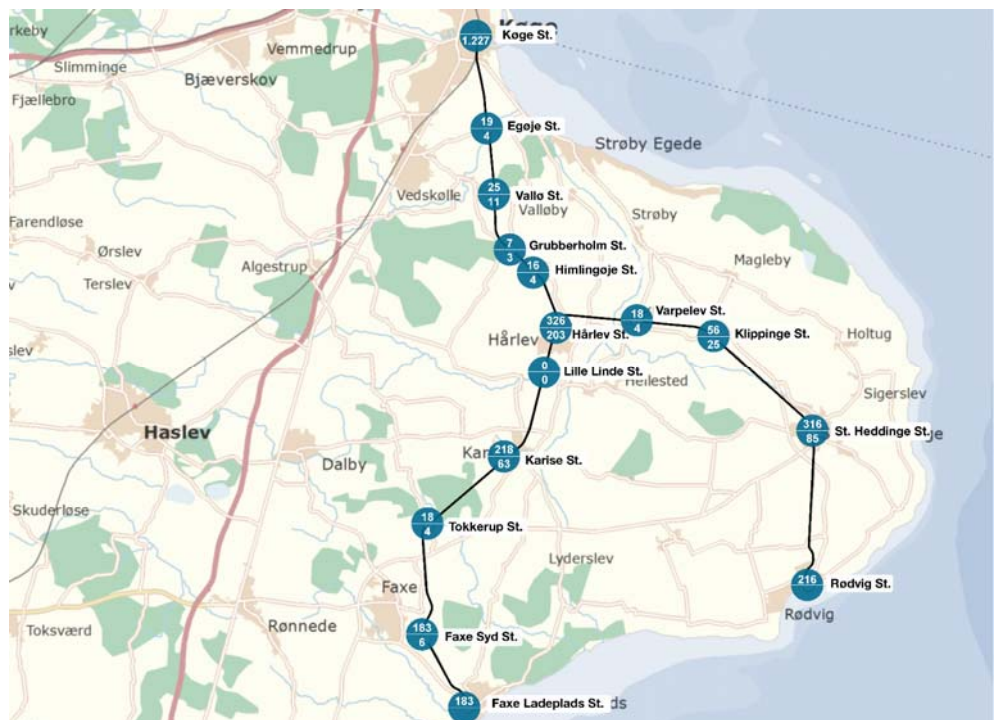
Tal for en typisk hverdag i november 2019 viser, at antallet af rejser er jævnt fordelt på de to linjer 210R og 110R; der er godt 1.600 påstigere på begge linjer. Begge linjer er karakteriseret af nogle få standsningssteder med mange påstigere, og en række steder med langt færre påstigere.

⁵ Vedligeholdelsesudgifterne er ikke indeholdt i de anførte driftsudgifter

Figur 4 viser det daglige antal påstigere, der benytter linjen til at rejse mod nord (det øverste tal i cirklerne) henholdsvis mod syd (det nederste tal i cirklerne).

På Hårlev St. er der ca. 200 rejsende, der dagligt benytter Østbanen mod syd mod enten Faxe Ladeplads St. eller Rødvig St. Og på Karise St. rejser ca. 60 dagligt mod syd, primært mod Faxe Syd St., hvor der er forbindelse til 630R mod Næstved. Godt 80 rejser dagligt med Østbanen til Rødvig. Rejsende fra alle øvrige standsningssteder ude på strækningen rejser overvejende mod nord.

Værd at bemærke er i øvrigt, at der ikke registreres hverken på- eller afstigere på Lille Linde St.



Figur 4 *Dagligt antal påstigere på Østbanen, der rejser mod nord (det øverste tal i cirklerne) henholdsvis mod syd (det nederste tal i cirklerne). Eksempel: På St. Heddinge St. rejser 316 dagligt mod nord, mens 85 rejser mod syd til Rødvig St. Kilde: Data fra november 2019 fra Movia*

Samlet starter eller slutter ca. 75 % af alle rejser med Østbanen på Køge St. Det svarer til ca. 2.445 rejser dagligt. En stor andel heraf er rejsende til/fra Hårlev St., St. Heddinge St., Karise St., Faxe Ladeplads St. og Rødvig St.

Korrespondancer i Køge

På Køge St. skifter en stor andel af passagererne fra Østbanen til eller fra andre busser eller tog. Det drejer sig om ca. 70 %, svarende til ca. 1.750 rejsende. Ca. 1.250 (godt 50 %) skifter til/fra S-tog mod København, og ca. 260 (godt 10 %) skifter til/fra regionaltoget mod Roskilde eller Næstved. Ca. 170 (ca. 7 %) skifter til/fra linje 101A, enten mod Universitetshospitalet og Campus Køge eller mod Hastrup. Rejsende kan også benytte S-tog og regionaltoget Køge Nord St. og Ølby St. hvis de skal til/fra Campus Køge og Universitetshospitalet fra Køge St.

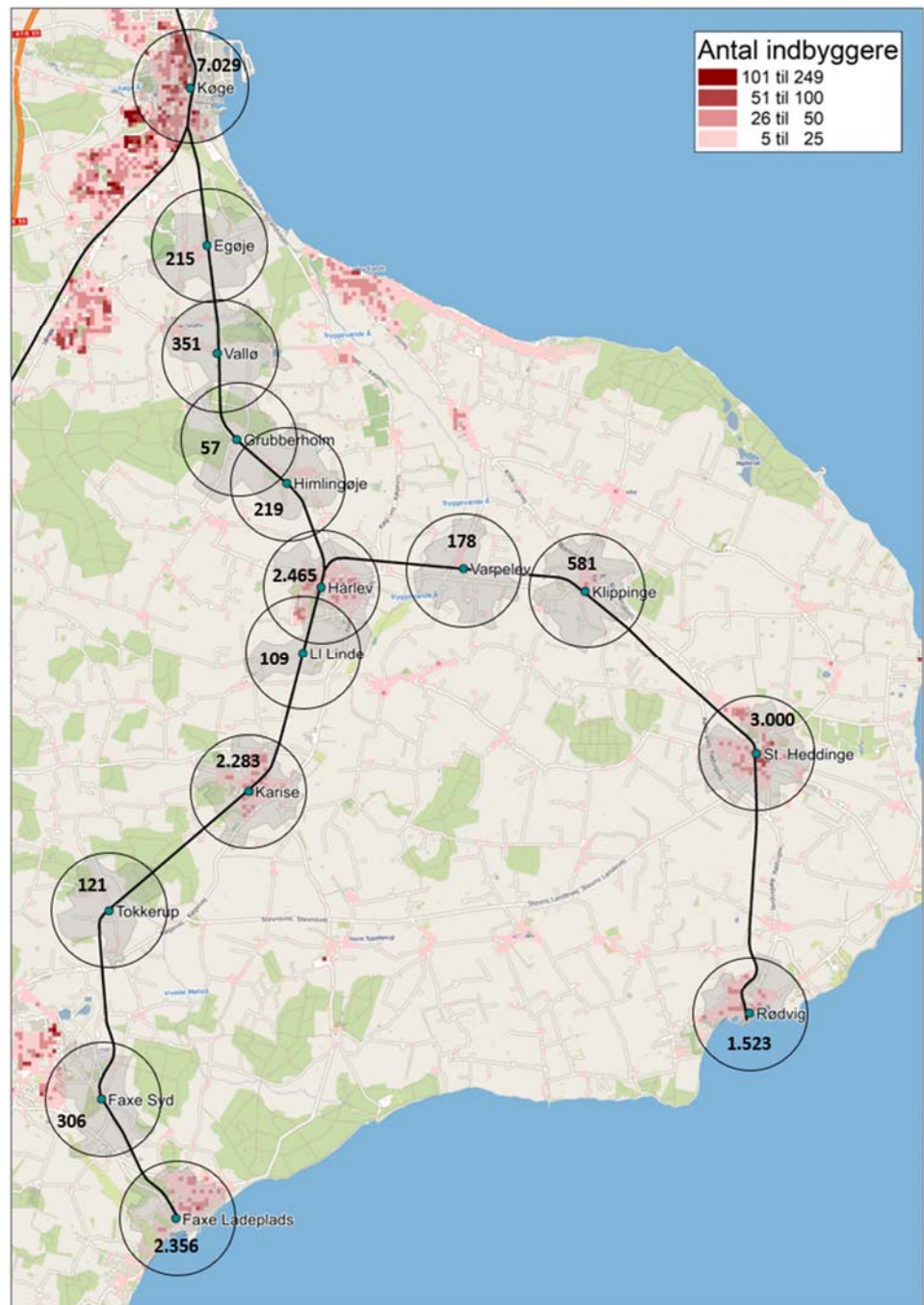
2.2 Østbanens opland

Indbyggere

Syd for Køge betjener Østbanen en række mindre stationsbyer med mellem 1.800 - 4.200 indbyggere; Hårlev, Karise, Faxe, Faxe Ladeplads, Store Heddinge og Rødvig. Herudover betjener linjen en række helt små stationsbyer som Klippinge og Varpelev med under 500 indbyggere. De øvrige dele af banens opland er langt overvejende landzone med kun få indbyggere.

I en situation, hvor Østbanen erstattes af en BRT-linje i samme tracé og med samme standsningsmønster, vurderes det overvejende sandsynligt, at linjen vil blive benyttet som Østbanen bliver i dag. Ofte antages, at togpassagerer skal findes i et opland inden for 1.500 m fra en station. Brugere vil typisk komme til fods, på cykel og enkelte vil skifte fra bil til toget, hvis der findes passende parkeringsmuligheder. Tilsvarende forventes at gøre sig gældende, hvis toget erstattes af en BRT.

Figur 5 illustrerer befolkningstætheden i Østbanens opland i et kvadratnetkort (100x100m). Herudover er indbyggertallet opgjort i et opland på 1.500 m omkring de nuværende standsningssteder langs Østbanen. Samlet er der ca. 20.800 indbyggere i de viste oplande, heraf ca. 7.000 i oplandet til Køge St. Til sammenligning er der ca. 58.000 indbyggere i Stevns og Faxe Kommune tilsammen (januar 2019).



Figur 5 Lokalisering af indbyggere pr. ha. i området omkring Østbanen med angivelse af indbyggere i oplande til standsningsstederne. Oplandsstørrelsen svarer til et areal med radius 1.500 m. Kilde: Danmarks statistik, 2019

Pendling

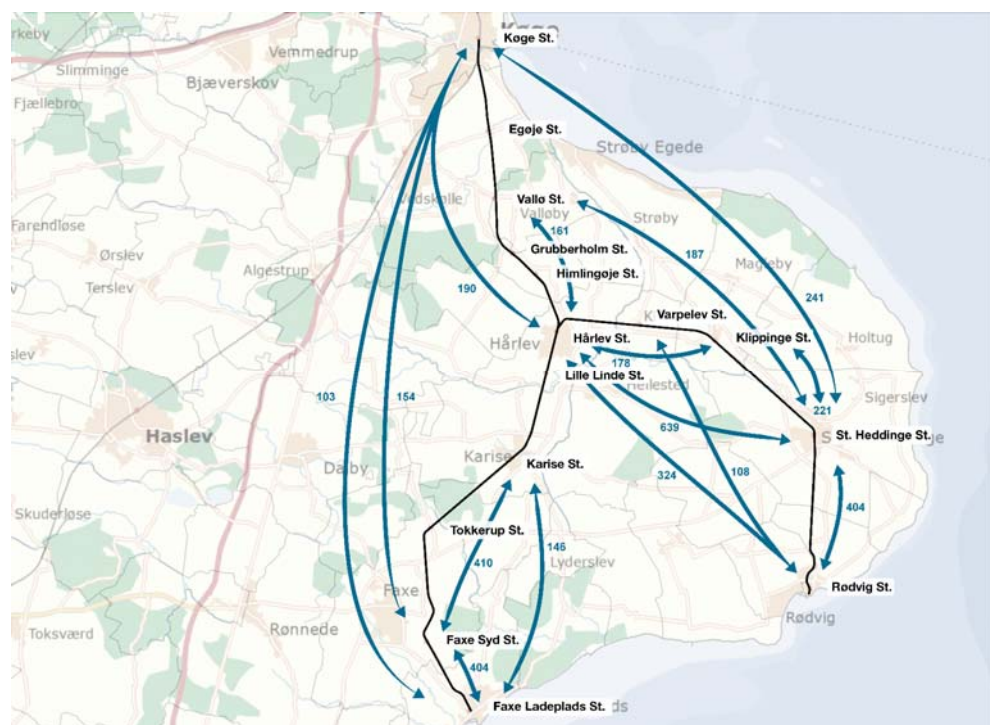
Tal fra Danmarks Statistik viser, at ca. 5.600 dagligt pendler mellem sogne, hvor Østbanens standsningssteder er beliggende. Pendlingsrelationer med flere end 100 daglige pendlere er vist i Figur 6. Næsten alle pendler mellem sogne, som Østbanen kører direkte til eller fra uden skift. Og kun ca. 230 pendler dagligt til og fra sogne, der ligger på hver sin gren af banen.

Driften på Østbanen understøtter således den aktuelle pendling, forstået på den måde, at den tilbyder direkte forbindelse mellem de sogne, hvor der pendles

mest intenst. I hvor høj grad Østbanens standsningssteder gør det praktisk muligt og attraktivt for pendlerne at benytte banen til deres rejse, er uvist.

Østbanen kan ikke benyttes til den interne pendling i de respektive sogne. Til gengæld benyttes banen på rejser, hvor forskellige kollektive forbindelser kombineres, bl.a. mod Hovedstadsområdet, Roskilde og vestlige destinationer. Hvis vi hér ser bort fra Herfølge, som demografisk og trafikalt har tyngdepunkt uden for oplandet til Østbanen, er der ca. 3.300 pendlere, der dagligt rejser fra Østbanens opland til destinationer nord for Køge. Særligt mange fra St. Heddinge, Faxe, Hårlev og Faxe ladeplads.

Indpendlingen til området er langt mindre. Ca. 700 pendler dagligt ind til især Faxe, Hårlev og St. Heddinge fra området nord for Køge.



Figur 6 Pendlere internt mellem sognene omkring Østbanen. Fra sognene omkring Østbanen er der ca. 3.300, der herudover pendler til destinationer, der ligger nord for Køge, mens der er ca. 700, der dagligt pendler den modsatte vej. De er ikke vist på figuren. Kilde: Danmarks Statistik 2019

Øget markedsandel

Samlet vurderes, at Østbanen i dag har en vis markedsandel af den samlede pendling, der finder sted i banens opland og til og fra de områder, hvor banen reelt er et alternativ. Øget frekvens eller kortere rejsetid vil kunne tiltrække flere rejsende og/eller medvirke til, at nogle af de nuværende kunder vil rejse mere, end de gør i dag, men numerisk store stigninger (trafikspring) i passagertallet forventes ikke i det befolkningstynede opland, som banen betjener.

3 Trafiksikkerhed for BRT på Østbanen

Som det fremgår af kommissoriet, ønskes en analyse af muligheder og perspektiver med en BRT, der så vidt muligt tilbyder samme kvalitet, betjening og service som toget. Maksimale hastigheder, trafiksikkerhed og gældende regler for en BRT-løsning bliver dermed centrale emner, der har indvirkning på de gennemførte analyser og på valg af alternative driftsoplæg.

En screening har ikke givet brugbar viden fra erfaringer med BRT-kørsel med høj fart på et enkeltsporet tracé, som på Østbanen. Tilgangen i denne opgave vil derfor bære præg af, at en sådan løsning endnu er uprøvet og ureguleret, og at vurdering af hastigheder og trafiksikkerhed er betragtet med de briller, der traditionelt anvendes i vejtrafikken. Det betyder videre, at de kendte greb er anvendt for at skabe høj trafiksikkerhed, herunder tilstrækkelig vejbredde, oversigt, autoværn og trafiksignaler.

Ansvar

Den skitserede BRT vil grundlæggende være en busløsning omfattet af færdselslovens regler om agtpågivende kørsel. Uanset evt. hjælpesystemer har føreren det fulde ansvar for at kørslen gennemføres efter forholdene og med en hastighed, der gør det muligt at holde bussen på BRT-vejen. Det er ligeledes førerens ansvar, at køretøjet til enhver tid kan bringes til standsning uden at kolliderer med andre trafikanter.

Sikkerhedsbærende systemer for tog

Spørgsmålet om ansvar er en helt central præmis, der indebærer, at BRT-løsningen vil adskille sig markant fra en togløsning. Togkørsel i Danmark er baseret på godkendte sikkerhedssystemer, og kørslen afvikles på sikkerhedsbærende signalsystemer med eller uden automatisk togstop⁶.

Bl.a. med baggrund heri, har myndigheder og samfund som helhed accepteret, at sikkerheden dermed er meget høj i togsystemerne, og at tog må køre med hastigheder på mere end 100 km/t på strækninger og gennem vej- og stikrydsninger, afhængigt af krydsenes udformning og udstyr. Tog har desuden en fysisk fordel i form af størrelse og vægt, der bl.a. betyder, at passagererne sjældent kommer alvorligt til skade ved kollisioner med andre køretøjer.

Systemer for busser

Strækningshastigheder og hastigheder gennem vejkryds på 100 km/t kan ikke umiddelbart praktiseres med en BRT med det regelsæt, der gælder for buskørsel på veje, og med den teknologi, der findes i øjeblikket. Ifølge færdselsloven kan en BRT-bus i åbent land køres med op til 80 km/t, hvis forholdene gør det forsvarligt, og med op til 70 km/t i vejkrydsninger.

Vejtrafikken styres grundlæggende på basis af adfærdsregulerende regler og understøttes bl.a. af trafiksignaler. Der er endnu ikke udviklet særlige sikkerhedssystemer til busser, der tilfører et højere sikkerhedsniveau. Et sådant system kan formentlig udvikles, men baseret på erfaringer fra baneområdet kan det være en tidskrævende og kompleks opgave. På togområdet er opgaven løst i

⁶ Der er dog ikke automatisk togstop på Østbanen

europæisk sammenhæng – det kan ikke udelukkes, at noget tilsvarende også kunne blive tilfældet for busser (BRT-busser).

3.1 Strækninger

Mødesigt på strækninger

I forhold til en BRT-løsning på Østbanen vil et sikkerhedssystem være relevant i forhold til kørslen på delstrækningerne mellem krydsningsstederne for at sikre, at to busser ikke vil kunne møde hinanden på den samme delstrækning på det enkeltsporede tracé. Hvis der er sikkerhed for, at to køretøjer aldrig vil kunne møde hinanden, så behøver chaufføren kun stopsigt på strækningen, hvilket betyder, at chaufføren skal kunne se så langt frem, at det er muligt at standse køretøjet inden kollision med en genstand, der står stille på kørebanen (f.eks. et dyr).

I dag kan etableres løsninger, hvor særligt udstyr detekterer busserne på alle delstrækninger mellem krydsningspunkterne, og hvor trafiksignaler åbner og lukker for adgangen til delstrækningerne, så der i princippet kun vil være ét køretøj på hver delstrækning ad gangen.

Systemet kan opbygges på basis af kendte teknologier fra trafiksignaler i dag, hvor evt. fejl vil medføre, at signalerne slukkes, hvorefter chaufførerne kan være instrueret i at standse trafikken. Men et sådant system er endnu ikke udviklet som et sikkerhedsbærende system, hvor risikoen for fejl er analyseret og vurderet, og hvor myndighederne på baggrund af på forhånd kendte acceptkriterier for sikkerhed, har vedtaget, at det kan anvendes til en BRT-løsning – i dette tilfælde på Østbanen.

Vi kender således endnu ikke kravene, der ønskes stillet til udstyret i forhold til sikkerhed mod fejl, og det vil derfor heller ikke være muligt for myndigheder at godkende et givent system. Endnu.

I konsekvens af ovenstående er valgt, at BRT-chaufføren – som mulighederne er nu – er nødt til at have såkaldt mødesigt på hele strækningen, hvor det er muligt at se så langt frem på BRT-tracéet, at et møde mellem to busser i fart kan håndteres uden en kollision. Der skal med andre ord være plads nok til at begge parter kan nå at reagere og standse deres køretøjer, inden de rammer hinanden.

Vejreglernes bestemmelser om mødesigt er derfor indarbejdet som en forudsætning for BRT'en på Østbanen.

Andre tiltag

Til forskel fra kørsel med tog på en jernbanestrækning vil buskørsel på en vejstrækning altid indebære en risiko for, at føreren mister herredømmet og kører af vejen, også selvom denne risiko generelt er lille og på en separat BRT-vej formentlig mindre end på en almindelig vej, hvor der færdes andre trafikanter.

Som på almindelige veje kan ulykkesrisikoen minimeres ved etablering af længdefarmærkning og valg af en tværprofilbredde, der tillader et vist

bevægelsesspillerum og giver mulighed for at genvinde herredømmet over køretøjet. Hvis bussen kører af vejen, kan risikoen for alvorlige personskader desuden reduceres ved at sikre sideområderne, først og fremmest ved opsætning af autoværn. En mere indgående beskrivelse af det foreslåede tværprofil findes i det senere afsnit om BRT-vejen.

3.2 Krydsninger

Trafiksignaler i
vejkrydsninger

Sikkerhedsbærende systemer er også relevante i situationer, hvor BRT-vejen krydser veje på strækningen. Her kan trafiksignaler med prioritering for BRT-busserne til en vis grad fungere som et sikkerhedssystem, men kun op til 70 km/t. Det kræver ifølge gældende regler, at der samtidig skabes oversigtsforhold, så BRT-chaufføren i en bestemt afstand fra krydsningen er i stand til at se biler, der holder før stoplinjen på tværvejene.

I en situation som på Østbanen, hvor der allerede eksisterer bomanlæg ved alle overkrydsninger, synes det oplagt at overveje, om bommene kan bevares og anvendes som supplerende tiltag, der kan øge trafikikkerheden. Teknisk set vil bommene kunne ombygges, så de kan fungere sammen med BRT-busserne, og der vil endvidere kunne etableres systemer, der kan give chaufføren besked, hvis bommene måtte svigte.

Sådanne systemer kan dog ikke lige nu kan udgøre et egentligt sikkerhedssystem, der kan fritage chaufføren for ansvar for agtpågivende kørsel. De kan derfor heller ikke umiddelbart træde i stedet for trafiksignalerne i krydsene eller legitimere, at hastigheden for BRT-bussen gennem krydsningerne kan øges i forhold til maksimalt 70 km/t.

Så tilgangen er derfor, at der som forudsætning etableres trafiksignaler i alle vejkrydsninger for at regulere trafikken. Trafiksignalerne vil dermed udgøre det sikkerhedsbærende element i løsningen.

Herudover anbefales som et supplement, at de eksisterende bomanlæg ombygges, så de også kan fungere sammen med BRT-busserne. Baggrunden herfor er, at der generelt er mere respekt om bomanlæg end trafiksignaler, og at den fysiske barriere i kraft af en bom vil have en præventiv virkning i forhold til at køre over for rødt i disse krydsninger.

Bommene kan dermed udgøre et ekstra sikkerhedsskabende element i BRT-løsningen. Det er dog ikke en løsning, der er mulig inden for gældende regler, men det skønnes, at en evt. regelændring, der gør det muligt, kan gennemføres i forbindelse med planlægning af en konkret BRT-løsning på Østbanen eller et andet sted.

En løsning med bombe er ikke forudsat i beregninger af anlægsoverslag, men de forventede ekstra omkostninger hertil er anført.

3.3 Tre løsninger

Ud fra den overordnede ambition om korte rejsetider, der er sammenlignelige med togets, er der gennemført analyser for tre løsninger. Løsningerne kan sidestilles med de tre hastighedsalternativer A, B og C, som uddybes senere.

Basisløsning

En basisløsning, hvor færdselsloven som udgangspunkt gælder for BRT-løsningen på Østbanen, også selvom der er tale om et forholdsvis lukket tracé.

Det betyder strækningshastigheder på BRT-vejen på op til 80 km/t og hastighedsnedsættelse til 70 km/t i vejkrydsninger med signalanlæg for at sikre, at BRT-chaufføren når at standse, hvis en tværgående bilist vælger at krydse tracéet, selvom signalet viser rødt.

Det betyder videre, at der skal skabes oversigtsforhold, så BRT-chaufføren i en afstand af 90 m fra en krydsning er i stand til at se en bil, der holder 3 m før stoplinjen. Løsningen kombineres med relevant afmærkning og nedskiltning af hastigheden for bilister i passende afstand inden krydsningerne – alt sammen efter gældende regler om vejtrafik.

Det er en løsning, der fuldt ud kan gennemføres med drift fra åbningsdagen.

Tilpasset løsning

Dernæst beskrives en tilpasset løsning, hvor strækningshastighederne øges til maksimalt 100 km/t, og hvor den maksimale hastighed i vejkrydsninger fortsat er 70 km/t.

En sådan løsning vil kræve ændret lovgivning om Tempo100-kørsel for busser andre steder end på motorveje. Men løsningen kan trafikikkerhedsmæssigt forsvares, hvis BRT-vejen indrettes til kørsel med en bus med op til 100 km/t og når der samtidig sikres mødesigt overalt på hele tracéet. I krydsningerne skabes oversigt og sikkerheden vil være den samme som i basisløsningen.

Teknisk set kan løsningen gennemføres, og der er ikke umiddelbart behov for at udvikle nye systemløsninger af it-eller signalteknisk karakter. Gældende lovgivning vil betyde, at der kun kan befordres siddende passagerer, hvilket vil reducere den samlede passagerkapacitet i busserne. Der vil også blive krav om at benytte sele under kørslen.

Samlet set er de nødvendige ændringer forholdsvis afgrænsede, og de bør kunne gennemføres inden for en ret kort tidshorisont (5 år).

Omfattende løsning

Og endelig er der undersøgt en omfattende løsning, hvor strækningshastighederne og hastighederne gennem vejkrydsene øges til maksimalt 100 km/t. Det vil svare til en situation med tog efter skinnerenoveringen.

En sådan løsning vil kræve mere omfattende lovændringer og forud for dette en del undersøgende og forberedende arbejde om, hvad der teknisk skal til, herunder om der er behov for nyudvikling af teknologi i forhold til minimere risikoen for alvorlige ulykker i vejkrydsninger. Den umiddelbare forventning er,

at det ikke kan afklares inden for en kort tidshorisont, men må afklares på lidt længere sigt.

I denne foranalyse er løsningen regnet igennem, bl.a. i forhold til skitse køreplaner og vurdering af trafikale effekter, med da det er uvist, hvilken teknologi, hvilke anlæg og investeringer et passende sikkerhedssystem vil kræve, så er det ikke muligt at prissætte en realiserbar løsning. Og følgelig deraf heller ikke muligt at gennemføre en samfundsøkonomisk analyse af dette alternativ.

4 Linjeføring for BRT

Stort set identisk linjeføring

Udgangspunktet for BRT-løsningen er en linjeføring, der stort set er identisk med hele Østbanens eksisterende tracé. Målet er at fastholde de nuværende køretider, og selv små linjeføringsmæssige afvigelser fra det eksisterende tracé vil medføre øget køretid og forringe rejsetiden for passagererne. Linjeføringsmæssige afvigelser er derfor søgt undgået.

Det nuværende stoppestedsmønster fastholdes også; BRT'en vil betjene alle de eksisterende standsningssteder, og der er ikke forudsat nye standsningssteder på linjen.

Vendepladser

I Hårlev vil busserne fra Køge mod Rødvig og omvendt rent praktisk være nødt til at vende, og der etableres en vendeplads til formålet syd for stationsbygningen. Tilsvarende er der på Faxe Ladeplads St. og på Rødvig St. et lignende behov for at kunne vende busserne. Begge steder vil BRT-busserne kortvarigt forlade tracéet og køre rundt om stationsbygningerne.

Ved indkørslen til Køge St. vil BRT-linjen afvige fra Østbanens tracé på den sidste delstrækning ind mod stationen.

Indkørslen til Køge St.

Fra omkring Søndre Viaduktvej i Køge og frem til Køge St. er Banedanmark ejer af Østbanens spor. Ved stationen ankommer Østbanen til perronen mellem spor 2 og 3, og til begge sider herfor er der flere spor, som benyttes til at afvikle den øvrige togtrafik både på og gennem stationen.

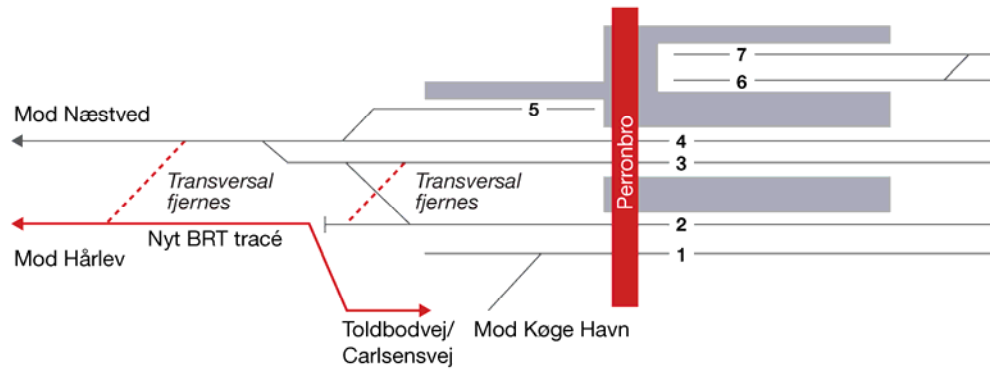
Gældende sikkerhedsmæssige afstandskrav (mellem togspor og vej) medfører, at hvis BRT-vejen tænkes ført helt ind til perronen mellem spor 2 og 3, så vil en sådan løsning enten få omfattende konsekvenser for togdriften eller kræve, at store dele af stationen skal ombygges og udvides, hvis de øvrige, eksisterende spor skal bevares. Hertil kommer, at busserne i givet fald ikke umiddelbart vil kunne vende på Køge St.

Som minimum vurderes, at spor 1 og 2 vil komme i spil, hvis en BRT-løsning tænkes helt frem til de nuværende perroner på Køge St. En skematisk sporplan er vist i Figur 7.

Banedanmark oplyser, at spor 1 bl.a. fungerer som ankomst- og afgangsspor for godstog til Køge St. og at sporet desuden udgør forbindelsen videre til Køge Havn. Aktuelt omfatter godstrafikken både transport af kommercielt drevne godstogsprodukter samt transport af forsyninger til Banedanmarks anlægs-, sporfornyelses- og vedligeholdelsesprojekter på Sjælland. Nedlæggelse af spor 1 vil derfor i praksis betyde nedlukning af al jernbanegodstrafik til/fra Køge.

Banedanmark oplyser videre, at evt. inddragelse af spor 2 og tilhørende perron-afsnit vil forhindre afvikling af den tiltænkte betjening af Køge med direkte tog mellem København og Næstved via Køge Nord St. Det vil samtidig hindre en robust afvikling af driften på strækningen Køge-Roskilde, som uanset samdrift med Østbanen (hvis den strækning omdannes til BRT) vil kræve min. 3 perronspor på Køge St, da togene Køge-Roskilde skal have et perronspor at vende på.

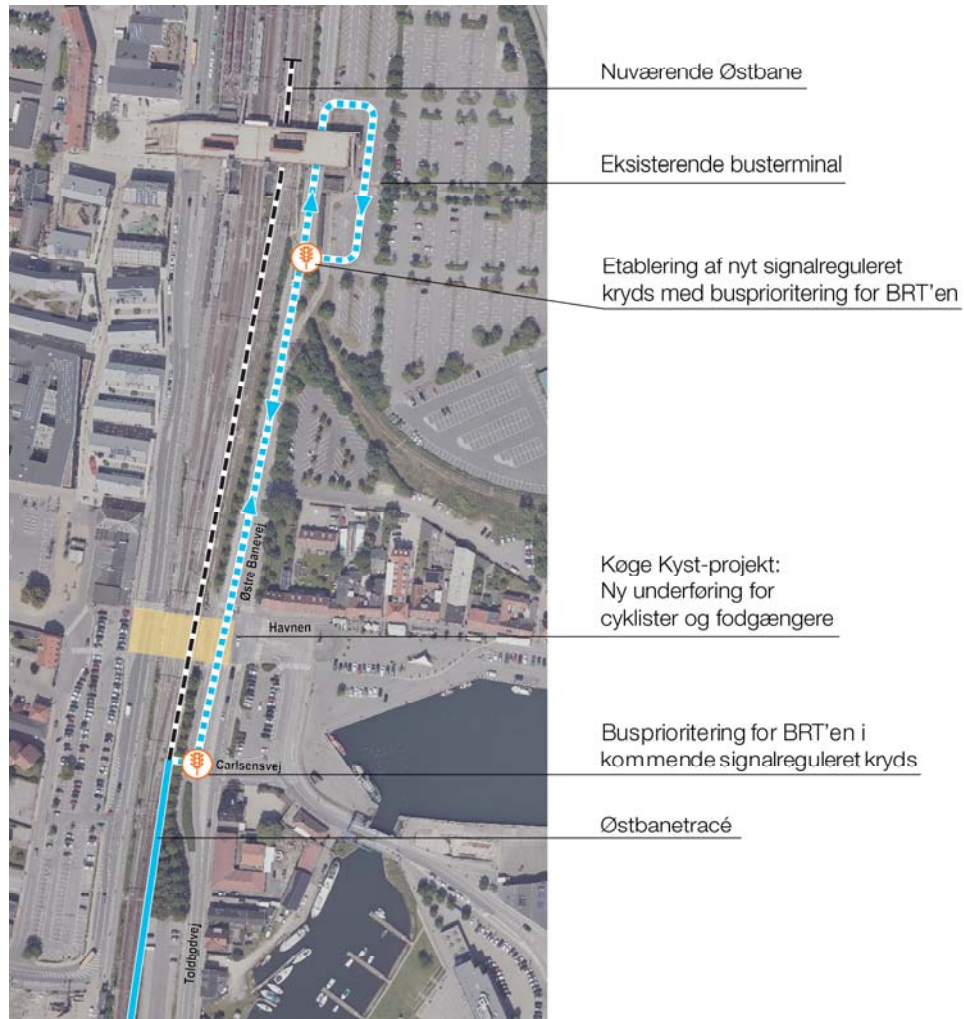
Skematisk sporplan for del af Køge Station



Figur 7 Skematisk sporplan for den sydlige del af Køge St. Forelagt forslaget om BRT-tracé på Østbanen peger Banedanmark på, at det er vigtigt for opretholdelse af den øvrige trafik på Køge St., at sporforbindelsen mellem spor 2 og 3 opretholdes. BRT-linjen forlader derfor banetracéet umiddelbart syd herfor. Med BRT-løsningen bortfalder to transversaler som angivet med stiplede linje. Tegnet på baggrund af forlæg fra Banedanmark

Carlsensvej

På baggrund af ovenstående vurderes, at en BRT-løsning senest må forlade Østbanens tracé ud for krydset mellem Toldbodvej og Havnen. En løsning, hvor BRT-linjen får udkørsel fra Østbanetracéet til Toldbodvej i krydset ved Carlsensvej synes mest oplagt, se Figur 8.



Figur 8 BRT-linjen følger fra syd Østbanens tracé frem til krydset mellem Toldbodvej/Carlsensvej. Linjen får her udkørsel til Toldbodvej, som den herfra følger via Østre Banevej frem til den nuværende indkørsel til busterminalen

Ifølge umiddelbart foreliggende planer for Køge Kyst projektet, etableres en cykel/gangtunnel under krydset Toldbodvej/Havnen ca. 70 m nord for krydset ved Carlsensvej. Forberedelserne er i gang, og der er etableret brodæk under togsporene vest for krydset. I tilknytning til dette projekt omdannes krydset ved Carlsensvej til et signalreguleret kryds, mens signalreguleringen i krydset ved Havnen fjernes.

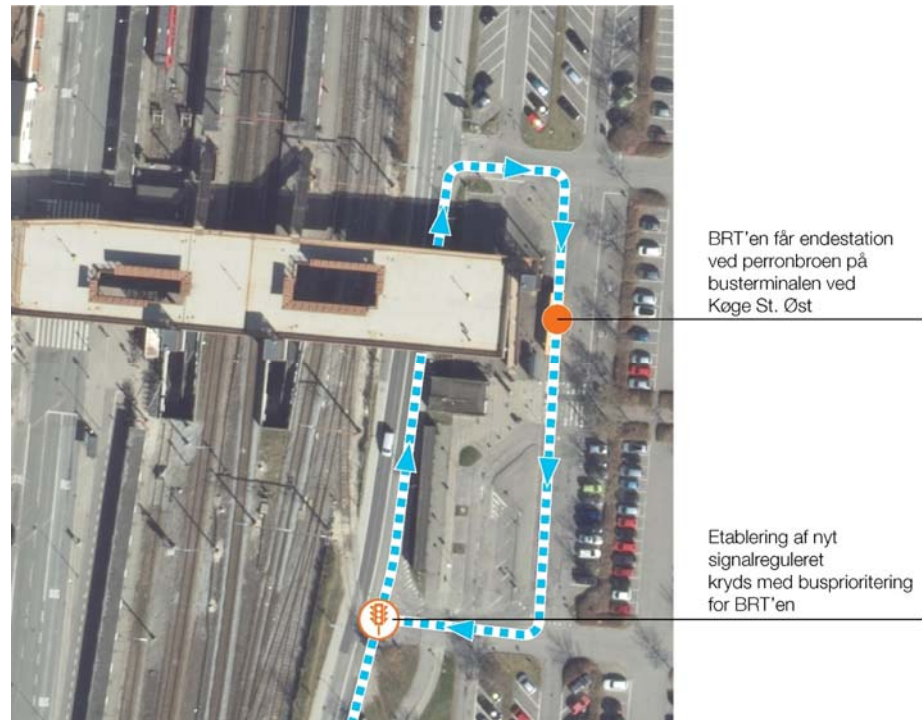
Tanken er at lade udkørslen af BRT-sporet udgøre et vestligt ben i det nye kryds ved Carlsensvej. Her er afstanden mellem Østbanens tracé og Toldbodvej tilstrækkelig stor til, at busserne uden køretekniske problemer kan svinge ind og ud fra sporet til Toldbodvej.

Der skal gennemføres en tilpasning af krydssets udformning og af signalteknikken. Busserne skal have prioritering i krydset i begge retninger, og signalteknisk sikres, at busserne kan køre uhindret fra Toldbodvej/Carlsensvej og videre ad Østre Banevej frem til den eksisterende busterminal, øst for Køge St. Fra krydset ved Carlsensvej er afstanden til indkørslen til terminalen ca. 350 m, og rundt til stoppestedet er afstanden yderligere ca. 50 m, se Figur 9.

Ved busterminalen etableres desuden signalegulering ved udkørslen med prioritering af busserne, så den fornødne timing kan sikres i forhold til krydsninger med andre busser undervejs på Østbanetracéet i retning mod Hårlev.

Rejsetidstillæg

På den måde vil der primært blive behov for ekstra køretid til at vende busserne på terminalen. I køreplanskitserne er der for at være på den sikre side tillagt 1 minut ekstra køretid på strækningen fra Carlsensvej til busterminalen.



Figur 9 Eksisterende busterminal øst for Køge St., hvor BRT-linjen naturligt vil få endestation. Der etableres nyt signalreguleret kryds, hvor busserne får prioritet, så de kan time indkørslen til BRT-sporet ved Carlsensvej

Regularitet

Det er nødvendigt, at der gennemføres en vidtgående prioritering af busserne på strækningen mellem Carlsensvej og busterminalen, så busserne kan køre uhindret på hele strækningen i begge retninger. Formålet er at sikre regulariteten på det enkeltsporede tracé fra Carlsensvej og videre mod syd. Hvis prioriteringen ikke sikres, vil det kunne være kritisk for regulariteten i den samlede BRT-løsning.

Gener for den øvrige trafik

Den skitserede busprioritering kan i begrænset omfang reducere kapaciteten for den øvrige trafik på strækningen. Om det vil medføre genevirkninger er ikke undersøgt, men vil bl.a. afhænge af bussernes frekvens og intensiteten af den øvrige trafik på strækningen. Toldbodvej er den eneste vejadgang fra syd til Køge Havn og erhvervsområdet hér, men syd for krydset ved Carlsensvej, hvor busserne forlader Østbanens tracé, er der flere alternative afkørsler fra vejen. Der forventes derfor ikke umiddelbart trafikale problemer for den øvrige trafik som følge af de ekstra BRT-busser.

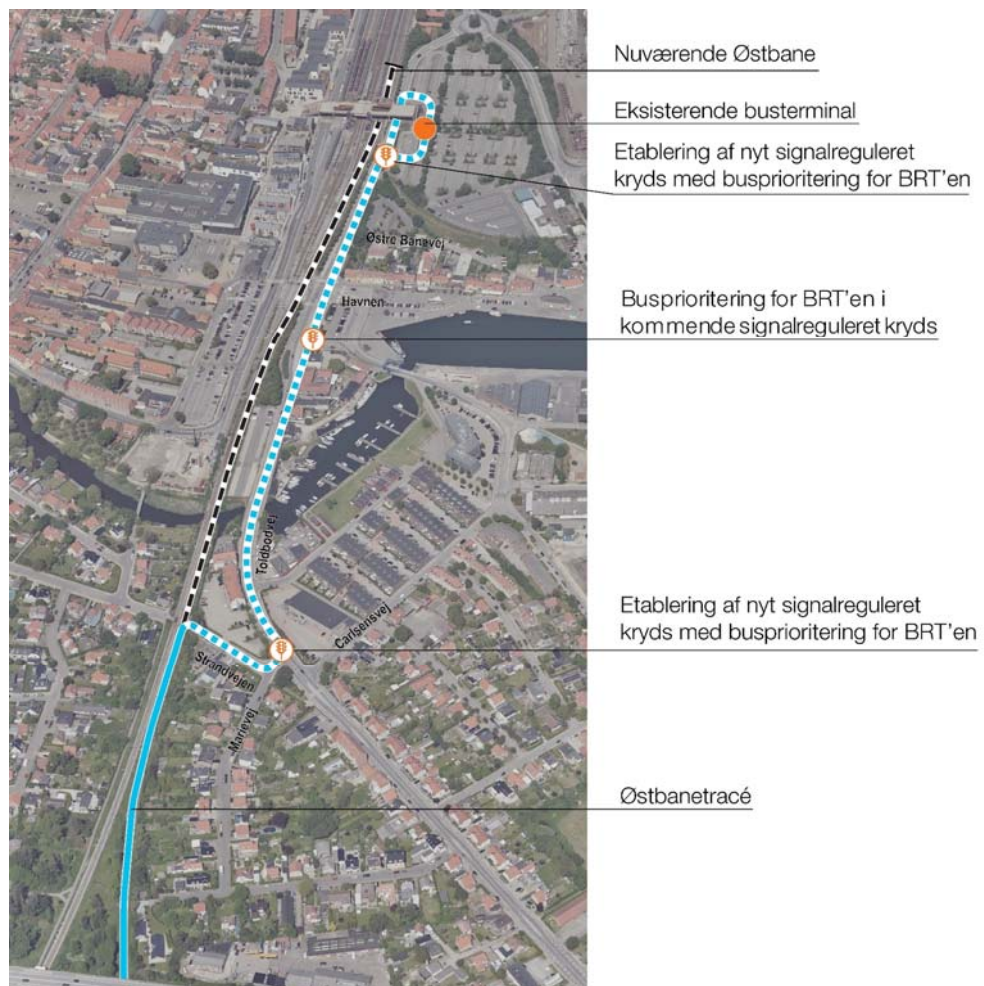
4.1 Forkastede alternativer

Linjeføring via Strandvejen

En linjeføring, hvor BRT-tracéet føres via Strandvejen og videre til Toldbodvej er overvejet som alternativ til forslaget, hvor der er udkørsel fra Østbanetracéet ved Carlsensvej. Det var oprindeligt forventet, at en sådan linjeføring ville indebære markante anlægsøkonomiske fordele, men beregninger har vist, at de forventede meromkostninger stort set er identiske med de forventede besparelser.

Forslaget forkastes derfor, idet det medfører køretidsmæssige ulemper for BRT-løsningen i form af længere køretid, og fordi det samtidig reducerer kapaciteten for den øvrige trafik, herunder særligt på Strandvejen og på Toldbodvej på delstrækningen mellem Strandvejen og Carlsensvej, hvor busserne skulle sikres uhindret kørsel frem til busterminalen.

Løsningen er skitseret i Figur 10.



Figur 10

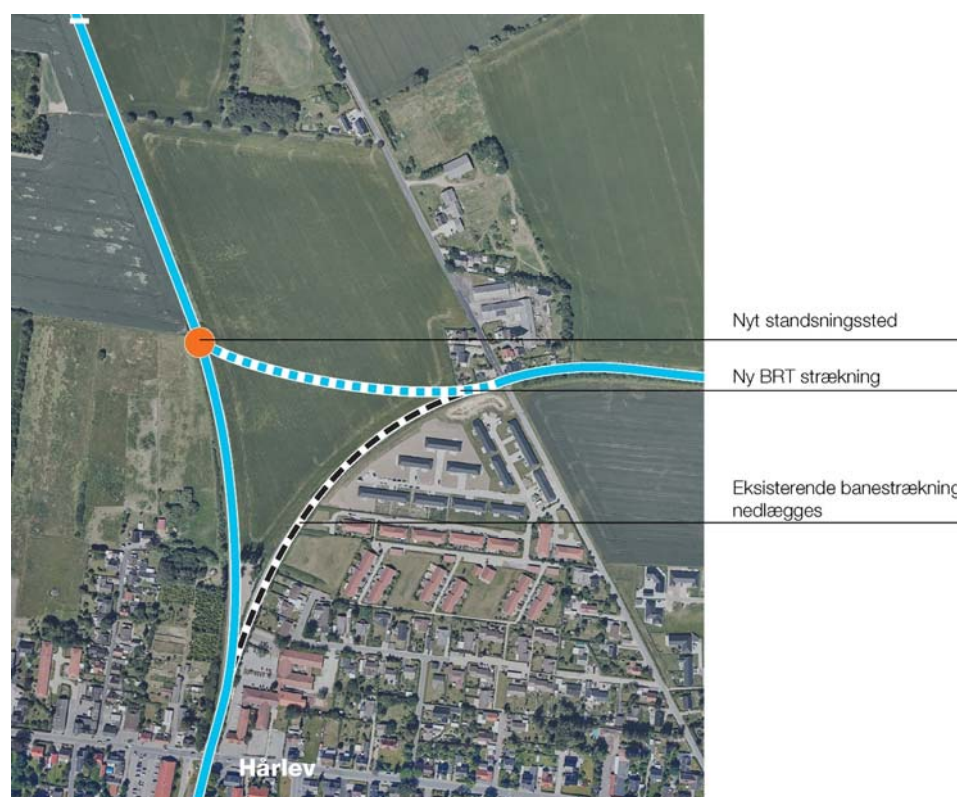
En forkastet alternativ linjeføring, hvor BRT-linjen følger Østbanens tracé frem til strandvejen, lige syd for Køge Å. Linjen kører dernæst via Strandvejen til Toldbodvej, som den herfra følger videre ad Østre Banevej og frem til busterminalen. I forhold til forslaget med udkørsel fra tracéet ved Carlsensvej vil løsningen bl.a. kræve et nyt signalreguleret kryds med busprioritering ved Strandvejen, samt busprioritering i krydset ved Carlsensvej

Anlægsomkostningerne i løsningen er bl.a. bundet op på en udvidelse og forstærkning af den nuværende bro over Køge Å ved Strandvejen, så den er egnet til buskørsel. Strandvejen fungerer primært som tilkørselsvej til Hotel Niels Juel og de tre ejendomme, der ligger på vejens sydside på den pågældende delstrækning.

Omkostningerne knytter sig også til et nyt signalreguleret kryds, der skal etableres mellem Strandvejen, Toldbodvej og Carlsensvej, hvor busserne gives prioritering i begge retninger, og hvor svingbaner og vejføring generelt skal tilrettes bussernes behov for plads ind og ud af Strandvejen.

Genvej i Hårlev

Fordele og ulemper ved at etablere en genvej for BRT-linjen i den nordlige del af Hårlev har også været undersøgt, se skitsen i Figur 11.



Figur 11 En forkastet alternativ linjeføring, hvor BRT-linjen ikke kører til og fra Hårlev St. på Rødvig-grenen. Løsningen vil kræve et nyt standsningssted ca. 600 m nord for Hårlev St. i dag, og etablering af en ny BRT-strækning tværs over en mark nord for byen.

Den nuværende linjeføring på Østbanen medfører, at rejsende mod Køge fra Rødvig-grenen er nødt til bruge tid på at køre omkring Hårlev St. og vise verca i den anden retning. En genvej fra Rødvig-grenen til fællesstrækningen og etablering af et nyt standsningssted syntes som en oplagt idé, der kunne spare tid for en del rejsende.

En opgørelse viser dog, at en sådan løsning bl.a. vil halvere antallet af afgang mellem Hårlev St. og Køge St. i begge retninger, eller påføre de rejsende til og fra Hårlev en ekstra gåtur på godt 600 m på hver anden afgang. Herudover vil et stort antal rejsende få et ekstra stop på deres rejse og derved længere

rejsetid. Samlet er vurderet, at ulemperne overstiger fordelene, og løsningen er derfor fravalgt.

4.2 Roskilde – Køge (Lille Syd-banen)

Med den skitserede BRT-løsning vil det ikke være muligt at udnytte de betjeningsmæssige fordele i at Østbanen efter en sammenlægning med Lille Syd-banen kan køre uden skift fra Stevns/Faxe til Roskilde.

For at kunne opretholde den øvrige togdrift på Køge St. føres BRT-vejen væk fra Østbanens tracé i krydset ved Carlsensvej. Som følge heraf vil BRT-linjen ikke kunne forlænges til Roskilde via sporene fra Køge St.

Det betyder, at rejsende med en BRT vil skulle skifte på Køge St. som i dag, hvis de rejser mellem Stevns/Faxe og Roskilde.

5 Driftsoplæg

Som led i foranalysen er undersøgt en række driftsoplæg, dels med alternative hastighedsprofiler som beskrevet tidligere, dels med alternative afgangsfrekvenser. Formålet med at analysere forskellige alternativer er helt overordnet at belyse potentialerne med en BRT-løsning og afdække, hvor BRT'en har fordele og ulemper i forhold til togløsningen på Østbanen umiddelbart før december 2019.

Udfaldet af de respektive analyser af driftsoplæggene skal herudover afdække, om og i givet fald i hvor høj grad der er behov for ændringer af gældende regler for at kunne tilbyde en sammenlignelig og tilfredsstillende betjening med BRT.

Rejsetiden er i den sammenhæng den centrale målestok, særligt i de store rejserelationer. Afgangsfrekvensen spiller også ind på oplevelsen af rejsetid, om end mere indirekte, idet en øget frekvens reducerer ventetiden i forhold til den næste afgang.

5.1 Kørehastigheder

Hastigheder i alternativ A, B og C

De valgte driftsoplæg er bygget op omkring forskellige, maksimale strækningshastigheder og hastigheder i vejkrydsninger. Følgende er undersøgt:

Tabel 2 *Hastighedsalternativer*

Alternativ	Max. strækningshastighed	Max. hastighed i vejkryds
A – Basisløsning	80 km/t	70 km/t
B – Tilpasset løsning	100 km/t	70 km/t
C – Omfattende løsning	100 km/t	100 km/t

Anvendte hastighedsprincipper

Al kørsel med en BRT-bus må foregå under hensyntagen til trafiksikkerhed, og de maksimale hastigheder er tilpasset særlige forhold på strækningen. Følgende principper er anvendt:

- > Den maksimale hastighed reduceres i kurver med lille kurveradius, dels af hensyn til mødesigt for chaufføren, dels af hensyn til komforten under kørslen samt det forhold, at chaufføren ikke må kunne miste herredømmet over bussen. Flere steder er forudsat fældning af træer/beplantning og afgravning af jord for at sikre tilstrækkelige oversigtsforhold i kurver og i forbindelse med vej- og stikrydsninger
- > I alternativerne A og B sættes hastighedsgrænsen ned til 70 km/t 100 m før krydsninger af veje
- > Hastighedsgrænsen sættes generelt ned til 50 km/t 150 m før hver station for at sikre at bussen er nede i fart inden selve stationen

- > I byzone reduceres hastighedsgrænsen til 50 km/t af hensyn til trafiksikkerheden for især fodgængere og cyklister, der måtte forville sig ind på BRT-vejen. Det bagvedliggende argument er, at et område med skinner typisk ikke indbyder til leg eller ophold, mens en fin asfalteret vej antages at virke knap så afskrækkende i sig selv, også selvom al uvedkommende færdsel forbydes. I dag er hastighederne allerede nedsat på flere disse delstrækninger i forbindelse med indkørsler til stationer.

Kurver med
reduceret hastighed

De anbefalede hastighedsgrænser i kurver med en BRT på Østbanen er illustreret i Figur 12. I alt på 21 kortere og længere delstrækninger anbefales reduceret hastighed. Fem af disse delstrækninger er kun relevante i hastighedsalternativerne B og C, hvor der køres med mere end 80 km/t.



Figur 12 Anbefalede hastighedsgrænser i kurver med en BRT på Østbanen

Krydsninger

Der er registreret i alt 31 krydsninger mellem BRT'en og offentlige veje og stier; seks krydsninger på delstrækningen mellem Køge St. – Hårlev St., 12 på grenen fra Hårlev St. – Faxe Ladeplads St. samt 13 på grenen fra Hårlev St. – Rødvig St.

Alle krydsninger er gennemgået og vurderet med hensyn til tilstrækkelig oversigt i forhold til mødesigt. Til den del er reglerne i vejregelhåndbogen

"Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land" anvendt⁷. På baggrund af gennemgangen og med udgangspunkt i de tre hastighedsalternativer anbefales en række tiltag af hensyn til nødvendig trafiksikkerhed, se Tabel 3.

Tabel 3 Tiltag ved krydsninger og i kurver af hensyn til trafiksikkerhed

Delstrækning	Køge St – Hårlev St.	Hårlev St. – Faxe Ladeplads St.	Hårlev St. – Rødvig St.	Samlet
Rydning af træer i kurver	5.800 m ²	7.800 m ²	6.200 m ²	19.800 m ²
Areal der skal afgraves i kurver	6.600 m ³	900 m ³	300 m ³	7.800 m ³
Fjernelse af ejendomme	1 stk.	5 stk.	11 stk.	17 stk.
Rydning af træer ved krydsninger (mødesigt) 80km/t-70 km/t hhv. 100 km/t-70 km/t	2.000 m ² / 2.600 m ²	6.300 m ² / 8.300 m ²	2.700 m ² / 3.100 m ²	11.000 m ² / 14.000 m ²
Nedlæggelse af fodgængerkrydsning	1 stk.	-	-	1 stk.
Flytning/fjernelse af hegn	20 m	20 m	20 m	60 m
Flytning/fjernelse af carport/lysthus/læskur	2 stk.	1 stk.	3 stk.	6 stk.
Opsætning af yderligere tavler med lokal hastighedsnedsættelse	-	4 tavler	4 tavler	8 tavler

I Figur 13 er vist et eksempel på en vejkrydsning med utilstrækkelig oversigt.



Figur 13 Eks. på krydsning med utilstrækkelig oversigt. Vemmetoftevej mod syd. BRT-chaufføren i retning mod Rødvig har dårlig oversigt mod vestre. Kilde: Video fra banestrækningen

5.2 Frekvensalternativer

Afgangsfrekvens i alternativ 1, 2 og 3

Udover maksimale hastigheder på strækninger og i vejkryds har afgangsfrekvensen også indflydelse på den oplevede service i en BRT. Hyppigere drift er lig

⁷ Det er samtidig forudsat, at 85 %-fraktilen er 10 km/t højere end hastighedsgrænsen for at være på den sikre side

med mindre ventetid, og det kan samtidig påvirke den samlede rejsetid inkl. evt. skift, positivt.

For hver af de tre hastighedsalternativer A, B og C er der opstillet udkast til skitse-køreplaner for tre alternative afgangsfrekvenser:

Tabel 4 Frekvensalternativer

Alternativ	Afgangsfrekvens på fællesstrækningen mellem Køge St. – Hårlev St.	Afgangsfrekvens på delstrækningen mellem Hårlev St. – Faxe Ladeplads St. og Hårlev St. – Rødvig St.
1	15 min.	30 min.
2	10 min.	20 min.
3	7,5 min.	15 min.

I alle alternativer er forudsat, at frekvensen er ens for alle dagtimer, herunder i myldretiderne morgen og eftermiddag. I aftentimerne halveres frekvensen. Samlet er forudsat, at der på hverdage er 14,5 timer med høj frekvens og 4 timers drift med halveret frekvens. I weekenden køres med lav drift i store dele af det samlede betjeningstidsrum. Det svarer principielt til driften på banen før december 2019.

Regularitet

Alternativerne 2 og 3 med øget frekvens i forhold til toget er bl.a. undersøgt for at vurdere, om højere frekvens kan realiseres i tilknytning til etablering af en enkeltsporet BRT på Østbanen. På et enkeltsporet tracé vil lokaliseringen af standsningssteder være afgørende for, om krydsninger kan ske uden at busser skal vente på hinanden. Standsningsstederne skal helst ligge med samme indbyrdes afstand for at forsinkelser kan minimeres.

Standsningsstederne på Østbanen er ikke helt optimalt lokaliseret i dag. Det medfører, at toget af og til er nødt til at afvente et krydsende tog, før kørslen kan genoptages. På Østbanen betyder det, at kadencen mellem togafgang fra endestationerne ikke er helt ensartet og jævn, f.eks. hvert 15. minut fra Køge St. Hver anden gang er der 13 minutter mellem to afgang, hver anden gang 17 minutter.

Udfordringen øges, når frekvensen går op. Flere køretøjer på strækningen medfører flere krydsninger fra endestation til endestation. Øges frekvensen som i alternativ 2 og 3 er ekstra krydsningssteder nødvendige. Enten ved eksisterende stationer, som skal omdannes til krydsningssteder eller som nyanlæg på åbne strækninger.

5.3 Beregning af køretider

For hver kombination af hastighed og afgangsfrekvens er der opstillet en skitse-køreplan. Køreplanerne er opstillet ved hjælp af UITPs model til køretidsberegning for nyanlæg og ombygning af veje. I den anvendte model indgår hastighe-

der, accelerations- og decelerationskoefficienter samt opholdstider ved standsnings- og krydsningssteder.

Tilpasset model

Modellen er konkret opbygget ud fra den såkaldte TIB⁸ for Østbanen, og indeholder i udgangspunktet bl.a. strækningssinformationer og lokalisering af standsningssteder, signaludstyr mv. I det konkrete tilfælde er informationerne herudover tilrettet BRT-løsningen, og der er taget hensyn til bussernes maksimale hastigheder i kurver (mødesigt) og vejkrydsninger som beskrevet tidligere. Ved beregningerne i modellen er anvendt følgende parameterverdier:

Tabel 5 Parametre anvendt i UITP-modellen til beregning af køretider med BRT

Østbanen	BRT-betjening
Acceleration	0,9 m/s ²
Deceleration	1,0 m/s ²
Opholdstider ved standsningssteder	30-180 s (afhængig af standsningsstedets størrelse og krydsninger)
Hastighed på strækninger	Op til 80 km/t eller 100 km/t (afhængigt af alternativ)
Hastighed i kurver	Afhængigt af skønnet visuel mødesigt og kurveradier
Hastighed ved krydsninger	Op til 100 km/t (afhængigt af alternativ)

Vendetid/udligningstid mm.

Der er i skitsekøreplanerne indregnet tre minutter til at vende busserne i Hårlev til/fra Rødvig. Der er desuden taget hensyn til nødvendig tid til udligning ved endestationerne i Køge, Faxe Ladeplads og Rødvig.

Som udgangspunkt bør der være mindst fire-fem minutters ophold eller mere inden busserne skal køre retur igen. I enkelte af skitseplanerne er opholdstiden lige nu lavere – andre steder er der mere end 15 minutters ophold - dette skal optimeres i en evt. detailfase, når den ønskede frekvens og hastighed ligger fast. Ventetider ved stationer og krydsningssteder kan optimeres, og der kan evt. frigøres opholdstid ved endestationerne ved at krydse vognløbene på de to grene. Ender man i en situation, hvor den nødvendige opholdstid ikke kan tilvejebringes, kan det udløse en eller flere ekstra driftsbusser.

I køretiderne er desuden indregnet et minuts tillæg for kørsel ad Toldbodvej fra Carlsensvej til busterminalen i blandet (reguleret) trafik i begge retninger.

Nye krydsningssteder

Ved øget frekvens i alternativerne 2 og 3 og i situationer med nye krydsningssteder mellem eksisterende stationer, er der ikke indlagt en systematisk, specifik krydsningstid i skitsekøreplanerne – baggrunden er, at en krydsning af busser mellem to stationer typisk erstatter en krydsning på stationerne umiddelbart forud for krydsningen i det åbne land. En del af opholdstiden ved stationerne kan derfor flyttes ud til krydsningsstedet. Behovet for yderligere beregningsmæssig tid til at gennemføre evt. krydsninger i det åbne land varierer, og skal

⁸ TIB: Tjenestekøreplanens Indledende Bemærkninger

verificeres og optimeres i en detailfase, hvor en mere præcis lokalisering af nye krydsningssteder også skal fastlægges.

Køretider

Køretidsestimater fremgår af Tabel 6. Som tabellen indikerer, varierer køretiderne i forhold til kørehastighederne på strækningerne og mulighederne for krydsninger i de forskellige driftsoplæg. Den indbyrdes lokalisering af krydsningssteder (uens afstand) betyder ofte, at køretiderne ikke kan være ens i begge retninger.

Tabel 6 Køretider i publikumskøreplanen for Østbanen sammenholdt med beregnede køretider i UITP-modellen for en BRT. Bag tallene for BRT ligger beregninger for frekvensalternativer 1, 2 og 3, og der vises således et spænd over min.- og max.-køretider. I køretiderne er indregnet 1 minuts tillæg for kørsel ad Toldbodvej fra Carlsensvej til busterminalen i blandet (reguleret) trafik.

Hastighedsalternativ	Tog	BRT		
	Publikumskøreplan 2018/2019	A 80 km/t – 70 km/t	B 100 km/t – 70 km/t	C 100 km/t – 100 km/t
Køge St. – Faxe Ladeplads St.	31-33 min.*	35-37 min.*	34-37 min.*	32-34 min.*
Køge St. – Rødvig St.	33-34 min.*	33-37 min.*	34-36 min.*	31-36 min.*
Køge St. – Hårlev St.	11-12 min.*	13-17 min.*	13-16 min.*	12-15 min.*
Forbrug af togsæt/busser (Ekskl. dublering)	5	6-11**	6-11**	5-10**

* Afhængigt af frekvensalternativ og retning, ** Afhængigt af frekvensalternativ

På tværs af hastighedsalternativerne er køretiderne med BRT lidt længere end med toget. Fra Faxe Ladeplads St. til Køge St. er den samlede køretid i gennemsnit 4 minutter længere end med toget for hastighedsalternativ A (36 min. i gennemsnit mod 32 minutter i gennemsnit), 3,5 minut længere for hastighedsalternativ B (35,5 minutter mod 32 minutter) og 1 minut længere for hastighedsalternativ C (33 minutter mod 32 minutter). De tilsvarende tal for turen mellem Rødvig St. og Køge St. er 1,5 minuts længere køretid i gennemsnit for alternativ A, 1,5 minuts længere køretid i gennemsnit for alternativ B og gennemsnitligt identisk køretid for alternativ C.

Mellem Hårlev St. og Køge St. er køretiden med BRT-bussen ca. 3,5 minutter længere i gennemsnit for alternativ A, 3 minutter længere i gennemsnit for alternativ B og 2 minutter længere i gennemsnit for alternativ C.

Når bussen ikke helt kan levere samme køretider som toget, skyldes det primært hensynet til mødesigt, og at der er flere delstrækninger, hvor hastigheden som følge heraf er reduceret. Det skyldes også, at BRT'en køres med højst 50 km/t i bymæssig bebyggelse.

Forbehold

UITP-modellen er en teoretisk tilgang til fastlæggelsen af køretiden, som i en praktisk virkelighed skal raffineres nærmere. I tilfælde som hér, hvor BRT'en

stort set kører i eget tracé på hele linjeføringen vurderes dog, at modellen er et godt værktøj til at beregne retvisende køretider med en BRT til brug for skitse-køreplaner. Overholdes afgangstider, planlagte hastigheder og krydsninger vil køreplanen også kunne holde i praksis.

Detailfase

De udarbejdede skitse-køreplaner skal dog verificeres og ikke mindst optimeres ved hjælp af et professionelt køreplanprogram i en evt. detailfase. I den forbindelse vil det også være naturligt at undersøge og vurdere perspektiver ved at optimere driften i forhold til betjening af standsningssteder.

5.4 Driftsoplæg i togløsning efter december 2020

I det foreløbige driftsoplæg for en togløsning efter en sammenlægning af Østbanen og Lille Syd fra december 2020, er der ændret på de nuværende betjeningsprincipper på Østbanen, så frekvensen på delstrækningen Hårlev – Køge halveres fra fire til to afgang i timen hver vej. Det skyldes primært en begrænset infrastrukturkapacitet på delstrækningen mellem Køge – Ølby, hvor både Lokaltog og DSB skal køre to tog i timen i begge retninger.

Tog fra Rødvig og Faxe Ladeplads vil således fremover køre sammenkoblet fra Hårlev til Roskilde og omvendt i modsætning til i dag, hvor togene fra Rødvig og Faxe Ladeplads kører "solo" til og fra Køge. Betjeningen på de to grene på Østbanen vil dermed følge principperne i den eksisterende køreplan, mens betjeningen på fællesstrækningen reduceres.

Der er udarbejdet skitse-køreplaner for den fremtidige drift. Køretiden mellem Køge St. – Faxe Ladeplads St. forventes at blive 33/35 min. mod 31/33 min. i dag. Tilsvarende forventes køretiden mellem Køge St. og Rødvig St. at blive 31/35 min. mod 33/34 min. i dag. På fællesstrækningen mellem Køge St. – Hårlev St. vil køretiden blive 12/13 min. mod 11/12 min. i dag.

I oplægget forringes køretiderne svagt i forhold til i dag. Minuttallene kan dog fortsat ændres i forbindelse med tilrettelæggelsen af den endelige køreplan, som forventes at ske i løbet af sommeren 2020.

6 Omdannelse til BRT-vej

Det er forudsat, at BRT-vejen anlægges som en enkeltsporet vej, der følger centerlinjen i det eksisterende banespor på Østbanen. Givet at analysen er på et indledende planlægningsniveau, betjener den sig af en række forenkede og standardiserede forudsætninger, bl.a. i forhold til vejteknik, geoteknik samt øvrige konstruktions-, miljø- og afvandingsmæssige forhold.

6.1 BRT-sporet

Tværfiler

Vejdirektoratet har konkret i forhold til Østbanen vurderet behovet for kørebanebredde og tværprofil for et BRT-spor, der betjenes med en bus, der enten kører med hastigheder op til 80 km/t eller 100 km/t. De to tværprofiler er defineret som følger:

Tabel 7 Tværprofiler for BRT-sporet i foranalysen

Maksimal hastighed	Kørebanebredde	Kantbane i hver side	Rabat i hver side	Samlet vejbredde
80 km/t	3,5 m	0,5 m	0,3 m	5,1 m
100 km/t	4,0 m	0,5 m	0,3 m	5,6 m

Til sammenligning er bredden af et typisk ballastprofil til en jernbane ca. 3,3 m, svarende til en svellebredde på 2,5 m og 0,4 m ballastskulder i hver side. Profilet vil dog ofte variere langs et længere tracé.

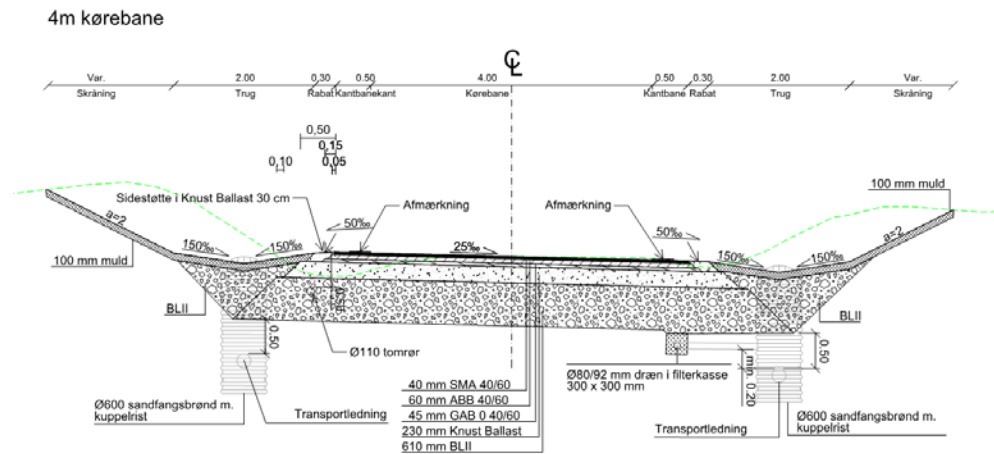
De to tværprofiler er valgt ud fra en målsætning om at sikre tilstrækkelig kørebanebredde til bussen og samtidig minimere den nødvendige udvidelse af eksisterende dæmninger og planum, som erfaringsmæssigt vil medføre øget jordarbejde og risiko for øget behov for ekspropriation.

Den dimensionerede rabat på 0,3 m er forholdsvis smal og betyder, at overbredden i laget med stabilgrus i skulderen bliver lidt mindre end normalt anbefalet. Det gør sig alene gældende på delstrækninger med dæmninger. I en evt. detailfase bør evt. konsekvenser for stabiliteten verificeres.

Kabelautoværn

Der er i beregningerne forudsat skråningsanlæg $a=2^9$ i afgravning og $a=2$ eller $a=1,5$ på delstrækninger, hvor der sker påfyldning. Se Figur 14. På delstrækninger, hvor der i dag er vurderet at være mere end 1 m i påfyldning er forudsat, at der etableres et kabelautoværn.

⁹ Skråningsanlæg $a=2$ svarer til en skråning på en 1 m for hver 2 m i vandret plan



Figur 14 Illustration af et principtværprofil for 4 m kørebane i afgravning

Autoværnet placeres i bagkanten af rabatten, og gør det muligt at anlægge stejle skråninger disse steder med Anlæg = 1,5. Det er forventningen, at det bidrager til at minimere den nødvendige udvidelse af eksisterende dæmninger og ligeledes behovet for ekspropriation. Strækningsslængder med autoværn er vist i Tabel 8.

Tabel 8 Strækninger med kabelautoværn (autoværn med 4 kabler)

Kabelautoværn	Vest-/sydsiden af vejen	Øst-/nordsiden af vejen	Samlet
Køge St. – Hårlev St.	8.665 m	9.210 m	17.875 m
Hårlev St. – Faxe Ladeplads St.	12.840 m	12.000 m	24.840 m
Hårlev St. – Rødvig St.	8.740 m	7.490 m	16.230 m
Samlet	30.245 m	28.700 m	58.945 m

Længdeprofil

For længdeprofilet er valgt et forenklet, beregningsteknisk udgangspunkt, hvor profilet følger den nuværende bane, hvilket i praksis vil sige koten for toppen af den nuværende ballast. Det svarer til, at vejen generelt sænkes med en skinnes højde, men ellers følger det nuværende længdeprofil.

BRT-vejen får undervejs på strækningen en del krydsningspunkter med eksisterende veje, stier, konstruktioner, anlæg til afvanding mv. At følge det nuværende længdeprofil kan derfor være en både praktisk og økonomisk fornuftig indgangsvinkel, når profilet har effekt på både jordarbejde, afvanding, arealbehov mv.

En evt. detailfase vil mere grundigt kunne undersøge fordele og ulemper ved at hæve eller sænke profilet på dele af strækningen og sikre, at profilet i øvrigt tilpasses eksisterende overkørsler, andre krydsende elementer mv.

En positiv effekt af så vidt muligt at bevare det eksisterende længdeprofil er, at kørekomforten for en BRT i givet fald vil blive rigtig høj og langt bedre end komforten på typiske, danske veje.

Belægninger

Belægningsopbygningerne er dimensioneret på baggrund af følgende forudsætninger¹⁰:

- > Varierende kørebanebredde – 3,5 m og 4 m
- > Varierende trafikintensiteter iht. de tre frekvensalternativer 1, 2 og 3 samt nedsat intensitet i weekender. Det resulterer i dimensionering efter trafikklasse T3 og T4
- > Der er i beregningerne forudsat 3 forskellige E-moduler 5 MPa, 15 MPa og 40 MPa, hvor belægningen varierer
- > Der er i dimensioneringen taget højde for en lav hastighed (2-3 km/t) ved perronstrækninger for at sikre holdbarhed af belægningen
- > Der er anvendt standard Æ10 faktor
- > Udgangspunktet er frostfarlig underbund
- > Ingen nedløbsriste, kantsten eller belagt skulder
Der er ikke taget højde for evt. opskrivning af trafikintensiteten.

De forskellige kørebanebredder og maksimale hastigheder resulterer i seks forskellige belægningsdimensioner i alt. Et eksempel er vist i Tabel 9.

Tabel 9 Eksempel på dimensionering af BRT-vej for fællesstrækningen Køge St. – Hårlev St. med frekvensalternativ 2 (10 minutters drift)

BRT, 4,0 m				
Trafikbelastning [Æ10/år]:		47.867	47.867	47.867
Frostkategori:		Frostfarlig	Frostfarlig	Frostfarlig
E-værdi af underbund [MPa]:		40	15	5
Lag	Materiale	Tykkelse [mm]	Tykkelse [mm]	Tykkelse [mm]
Semi-fleksibelt slidlag	SFB 70/100	-	-	-
Asfaltslidlag	SMA 40/60	40	40	40
Asfaltbindelag	ABB 40/60	-	-	-
Asfaltbærelag	GAB 0 40/60	-	-	-
Asfaltbærelag	GAB I 40/60	95	95	95
Asfaltbærelag	GAB II 40/60	-	-	-
Ubundet bærelag	SG II	230	230	230
Bundsikringslag	BL II, U≤3	535	580	900
Koblingshøjde [mm]:		900	945	1.265

Afvanding

Østbanen er i dag typisk afvandet til grøft eller trug. Det eksisterende afvandingssystem er generelt ikke vedligeholdt, og dermed ikke muligt at genanvende

¹⁰ Ved hjælp af MMOPP2017, som er et dansk computerprogram til dimensionering af vejbelægninger i overensstemmelse med vejreglerne for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger

i en fremtidig BRT-løsning. Enkelte rørledninger, underføringer eller recipienter vil kunne genanvendes, men grundlæggende skal der etableres ny afvanding enten i form af et helt nyt afvandingssystem, eller i form af oprensning/renovering af de eksisterende rørledninger.

Banens lavpunkter er identificeret gennem en screening af kort fra COWI. Det er forudsat, at fremtidig afvanding fortsat skal ske til de recipienter, som forventes at være lokaliseret i disse lavpunkter.

Regnbetingede udledninger fra vejarealer kan indeholde olie og andre miljøskadelige stoffer, og de kommunale myndigheder kan derfor stille krav til håndtering og opsamling af overfladevand.

På baggrund af en overordnet gennemgang af gældende retningslinjer i Køge, Faxe og Stevns Kommuner er forudsat, at regnvand så vidt muligt ledes til nærmeste recipient gennem trug, grøft og dræn. På delstrækninger med påfyldning er beregningsmæssigt forudsat, at der etableres grøfter i bunden af dæmningsfoden, og i terræn og på delstrækninger med afgravning etableres en trugløsning.

Overfladevandet føres som udgangspunkt til et forsinkelsesbassin med vandbremse (1 l/s/ha og overløb hvert 5. år, svarende til gældende krav i Køge og Faxe Kommuner¹¹) ved udløb til recipient. I byområder, hvor dette ikke er muligt, er forudsat afvanding til eksisterende ledninger. Det vil kræve tilslutningstil-ladelse og imødekommelse af evt. krav for at levere vand til det pågældende forsyningsselskab.

Fra strækninger på dæmninger i åbent land, hvor det ikke har været muligt at identificere en recipient, er forudsat diffus nedsivning. Der er umiddelbart ikke identificeret blødbund disse steder. Ca. 2 km nord for Rødvig St. forudsættes etableret et supplerende bassin til nødvendig afvanding.

Der forligger ikke oplysninger om afvanding på eksisterende perroner og det formodes at disse afvander til jernbanesporet i dag. Eksisterende afvandingssystemer forudsættes genanvendt hér, men forholdene bør generelt undersøges nærmere i en eventuel detailfase. Nye perroner vil blive etableret med ensidig hældning væk fra busbanen og med separat opsamling ved brug af linjedræn og tilhørende brønd- og rørsystem. Tilsvarende vil kunne ske på eksisterende perron, hvor der ikke findes afvandingssystemer, men er ikke medtaget i overslagsberegningerne.

Muligheder for etablering af grøftebassiner vil kunne reducere de skønnede anlægsudgifter. Omvendt kan evt. behov for pumpestationer og/eller supplerende bassiner og tilhørende adgangsveje medføre meromkostninger. Ingen af delene er vurderet i forbindelse med foranalysen, men vil skulle konkretiseres i en eventuel detailfase.

¹¹ Køge og Faxe Kommuner regler fremgår af deres hjemmesider. Det har ikke været muligt at afdække reglerne i Stevns Kommune

Herudover anbefales en reel oplandsanalyse i detailfasen for at verificere de nødvendige bassinvolumener langs strækningen, samt en scalgo-analyse for at verificere, hvorvidt der er risiko for beskadigelse af tracéet ved kraftig regn, bl.a. i forbindelse med evt. sænkning af længdeprofilen på udvalgte delstrækninger.

Omdannelse af ballast De foreliggende boreprøver er vurderet med henblik på at afklare, i hvor høj grad der kan ske en genanvendelse af dele af den eksisterende ballast. Vurderingen lyder, at den øvre del af den eksisterende ballast kan afgraves og nedknuses og efterfølgende opnå en kvalitet, der gør det egnet til at indgå som et element (stabilgrus SGII) i den nye vejkasse.

Det vurderes på baggrund af erfaringer fra andre baneprojekter, at den eksisterende underballast må afgraves og bortskaffes – den kan ikke genanvendes¹².

For i øvrigt at undgå et mængdeoverskud af nedknuste skærver, kan det i en detailfase overvejes, om lagtykkelsen af stabilgrus i vejkasseopbygningen med fordel kan øges ved dimensioneringen. Herved vil mængden af underliggende bundsikring kunne minimeres, hvilket vil være en fordel. Nedknusning af skærverne vil dog kræve depotpladser, som kan placeres hensigtsmæssigt i forhold til, hvor materialerne ønskes genanvendt. Det er for nuværende uklart, hvorvidt en sådan løsning samlet set vil være en fordel, og den er derfor ikke inddraget i analysens beregninger.

Tilsvarende kan i en detailfase undersøges, hvorvidt det er hensigtsmæssigt og fordelagtigt at anvende en kalkstabilisering af underbunden til at reducere koblingshøjden. Det vil i givet fald kunne medføre reduktioner i jordarbejdet og de samlede omkostninger, men vil bl.a. afhænge af de konkrete jordbundsforhold.

Geoteknik På baggrund af foreliggende jordartskort og tilgængelige, supplerende geotekniske undersøgelser er der identificeret forventede blødbundsstrækninger, som udgør i alt ca. 8.000 m.

På påfyldningsstrækninger med dæmningsudvidelser vil der generelt være behov for jordudskiftning under dæmningsfoden. I blødbundsområder kan der være behov for omfattende udskiftning eller andre stabiliserende tiltag, da der vil ske en merbelastning af de sætningsgivende jordlag. Omfanget heraf er indtil videre ukendt.

Beregningsteknisk er forudsat, at der sker jordudskiftning under dæmningen ved alle dæmningsudvidelser på hele strækningen. For vejprofilen svarende til maksimalt 80 km/t udgør den samlede jordudskiftning ca. 173.000 m³. For profilet til

¹² Det finstofholdige lag af ballastskærver i underballasten vurderes ikke at kunne efterleve kravene efter nedknusning. Det er muligt, at finstoffet kan bortsolde i tilstrækkelig grad til at de intakte skærver kan nedknuses til SGII kvalitet. I en evt. detailfase kan der foretages en konkret vurdering af, hvorvidt dette er muligt og rentabelt

100 km/t er skønsmæssigt forudsat, at den samlede mængde vil være ca. 15 % højere, hvilket svarer til udskiftning af ca. 199.000 m³ jord.

Herudover er der generelt konstateret en begrænset tilgængelig viden om de geotekniske forhold på Østbanen. Vurderingen af de aktuelle forhold og overslaget over relevante tiltag er derfor behæftet med stor usikkerhed.

Hvis projektet skal detaljeres i en senere fase, anbefales kraftigt, at der gennemføres supplerende geotekniske undersøgelser for at kortlægge blødbundsområderne mere præcist, og for på den måde at gøre det muligt at fastlægge dimensioneringsgrundlaget og vælge passende anlægstekniske løsninger. Et groft overslag indikerer, at der kan være behov for at gennemføre omkring 200 supplerende borer for at få det fornødne grundlag.

Jordhåndtering

Der er ikke i forbindelse med nærværende foranalyse udarbejdet en jordhåndteringsplan, der gør rede for håndtering af overskudsjord, og hvordan jorden i videst muligt omfang kan genindbygges i det nye vejanlæg. En sådan plan skal udarbejdes i en evt. detailfase i samarbejde med de berørte kommuners miljøansvarlige.

Indtil videre viser opgørelser, at der bliver jord i overskud ved omdannelse til en BRT. Baseret på erfaringer, forventes at en del af jorden omkring stationsområderne kan være forurenet og må bortskaffes. Men der foreligger ingen konkret viden, der kan afdække, i hvilket omfang der rent faktisk er forurenet jord, eller i hvilket omfang, det evt. må genindbygges relevante steder i vejen.

Beregningsmæssigt er i anlægsoverslaget forudsat et tillæg til bortskaffelse af halvdelen af jorden fra stationsområderne i gennemsnit.

Optimering i detailfase

I en evt. detailfase kan længdeprofilen søges optimeret i forhold til omfanget af dæmningsudvidelser, som bl.a. påvirker råjordsarbejde og ekspropriationsbehov.

En screening af tværprofilerne for hver 200 m indikerer, at der kan være anlægseconomiske fordele i at sænke tracéet 0,5-1,0 m på delstrækninger, hvor dæmningshøjden over et længere forløb er højere end ca. 1,2 m over omkringliggende terræn. Baseret på screeningen viser et groft mængdeoverslag, at besparelsespotentialer i råjordsarbejde og dæmningsudvidelse kan ligge på omkring 30 mio. kr. i forhold til det opgjorte anlægsoverslag.

En sænkning af dæmningshøjderne vil endvidere kunne reducere udgifterne til afvanding, i det omfang eksisterende grøfter i så fald kan genanvendes.

På afgravningsstrækninger kan der omvendt også være et besparelsespotentialer i at hæve tracéet, hvorved den bredere vejkasse kan søges blivende inden for den eksisterende afgravning. Ligeledes vil en evt. parallelforskydning af tværprofilen på visse delstrækninger kunne reducere eventuelle udgifter til ekspropriationer. Og endelig kan der i tilknytning til optimering af længdeprofilen ligge yderligere besparelser i forhold til eksisterende langs- og tværgående afvanding,

som evt. kan undgå flytning, som tidligere omtalt. Disse optimeringsmuligheder er ikke skønnet for nuværende, men må afdækkes i en evt. detailfase.

Konstruktioner

Den kommende BRT vil krydse 17 broer og 12 rørlagte åløb. Tilgængelig dokumentation om broerne og deres aktuelle tilstand er meget sparsom, og udgøres af nogle få tegninger for enkelte broer samt fotos fra generalsynsrapporterne. Lokaltog AS vurderer, at alle bygværker er i god vedligeholdelsesmæssig tilstand, undtagen underføringen af Møllestien i Hårlev, som påtænkes udskiftet, jf. Teknisk Rapport fra 2017, Infrastrukturanalyse.

Der er gennemført en indledende analyse af de forventede laster fra en bus sammenholdt med lasterne fra de nuværende Lint41-tog. Den viser overordnet, at moment og forskydning i brodæk må antages at være på samme niveau eller lavere, hvis brodæk på spændvidder på mellem 2-11 m belastes af en bus frem for et tog. Det vurderes derfor, at de eksisterende bygværkers bæreevne som udgangspunkt er tilstrækkelig til en BRT-løsning.

Der er på baggrund af ovenstående alene vurderet behov for sideudvidelser, udskiftning af kantbjælker mv.

På baggrund af de begrænsede data og tilstandsoplysninger er herudover vurderet, at ingen af bygværkernes kantbjælker med sikkerhed vil kunne optage kræfterne fra en normfastlagt påkørselslast på et nyt broautoværn. Følgelig er forudsat, at alle bygværker skal have udskiftet/forstærket eksisterende kantbjælker. Kantbjælkerne forlænges 0,75 m i begge ender ift. brodækslængden.

Det er ligeledes forudsat, at to broer udskiftes. Dels underføringen af Møllestien i Hårlev som omtalt, dels broen ved Køge Å nord for Strandvejen, der må udskiftes som følge af, at BRT-vejen sideforskydes med mere end 2 m på en delstrækning, hvor den løber parallelt med Lille Syd-banen. Det nuværende brodæk og vederlag hér vurderes ikke at give mulighed for en simpel sideudvidelse. Det eksisterende stålbrodæk udskiftes derfor, og der etableres et nyt vederlag i kanten af åen.

Broen ved Møllestien kan udskiftes med en simpel præfabrikeret tunnel eller bro, der indskubbes, hvis anlægsperioden er begrænset. For alle underføringer er forudsat, at der opsættes broautoværn på broerne med tilhørende overgangsstykke (før og efter). Herudover er i anlægsoverslaget forudsat, at der etableres ny belægning og fugtisolering over alle bygværker inkl. sætningskile op mod bygværk.

I Tabel 10 er vist en oversigt over forventede tiltag i forhold til bygningsværkerne.

Langs det eksisterende banetracé er identificeret ti lave støttevægge i udstrækninger på mellem 10 m – 100 m. Det er forudsat, at disse støttevægge udgår i et BRT-tracé, hvor en tilpasning af længdeprofilen vil kunne udligne de eksisterende niveauspring, så støttevæggene ikke længere har nogen funktion.

Tabel 10 Tiltag i forhold til bygningsværker på BRT-strækningen

Bygningsværker	80 km/t (3,5 m vej)	100 km/t (4 m vej)
Rørføringer: 12 stk.		
Antal udskiftninger	12 stk.	12 stk.
Totallængde udskiftninger	108 m	114 m
Gennemsnitlig længde af udskiftning	9 m	10 m
Nye udløbsbygværker	24 stk.	24 stk.
Overføring ved Søndre Viaduktvej	Ingen justering	Ingen justering
Underføringer: 17 stk.		
Antal sideudvidelser	5	5
Totalt areal af sideudvidelser	37,5 m ²	50,0 m ²
Gennemsnitligt areal pr. udvidelse	7,5 m ²	10,0 m ²
Udskiftning af bro over Køge Å		
Totalt areal der udskiftes	41 m ²	46 m ²
Udskiftning af bro over Møllestien		
Totalt areal der udskiftes	28,5 m ²	31,5 m ²
Rene kantbjælkeudskiftninger/forstærkninger		
Totalt areal af rene kantbjælkeudskiftninger	62 m ²	62 m ²
Gennemsnitligt areal pr. kantbjælke udskiftning/forstærkninger	8	8
Total længde af broautoværn		
Gennemsnitlig længde af autoværn pr. bygværk	36 m	36 m
Totalt areal af ny belægning		
Gennemsnitligt areal pr. bygværk	26 m ²	29 m ²
Nye støttevægge: 2 stk.		
Længde af ny støttevægge i alt	120 m	120 m

Ved Søndre Viaduktvej syd for Køge vil BRT'en køre under en bro. Broen overholder minimumsfrihøjden på 4,63 m i hele BRT-vejens bredde med begge tværprofiler.

På strækningen er der identificeret 12 rørgennemføringer, spredt over den samlede strækning. Rørgennemføringerne er typisk vandløb eller åer, som er rørlagt for at kunne passere under jernbanen. Inden for rammerne af foranalysen har det ikke været muligt at finde dokumentation om disse bygværker og deres tilstand. Da det samtidig forventes, at alle underføringer vil skulle forlænges i forbindelse med en BRT-vej, er vurderet, at det er mest rentabelt at udskifte alle rør til nye betonrør med tilhørende udløbsbygværker.

Det er endvidere forudsat, at alle rør vil blive placeret med overkant mere end en meter under den færdige vej, og der skal således ikke tages særligt hensyn til trafiklaster.

De nye rør er i anlægsoverslaget beregningsmæssigt angivet med en gennemsnitlig diameter på 1,5 m; det vil formentlig dække over, at der konkret bliver behov for rør med lidt mindre og lidt større diameter, afhængigt af vandmængden.

Miljø

Ved at fastholde BRT-linjeføringen i Østbanens nuværende tracé og som udgangspunkt anvende det nuværende længdeprofil, forventes de miljømæssige udfordringer at være begrænsede.

Der skal søges dispensation i henhold til vandløbsloven i forbindelse med opsætning af to spunsvægge i bredden af Køge Å. De to spunsvægge skal opføres i forbindelse med siderykning af centerlinjen for BRT-vejen ved indkørslen til Køge, dels på en delstrækning på ca. 100 m lige nord for Strandvejen, dels på en delstrækning på ca. 25 m nord for Søndre Viaduktvej. Køge Å er ikke § 3 naturbeskyttet de pågældende steder.

Ligeledes skal der søges om dispensation i henhold til vandløbsloven i forbindelse med udskiftning af de 12 tidligere omtalte rørgennemføringer.

Herudover skal der søges om dispensation efter naturbeskyttelsesloven i forhold til BRT-vejens passage af en række overdrev, eng- og moseområder, søer og vandløb. Det er ikke afdækket, om vejen passerer § 3 områder, hvor der skal eksproprieres og som følge deraf findes erstatningsnatur.

Endelig skal der søges om dispensation efter naturbeskyttelsesloven i forhold til terrænreguleringer inden for åbenskyttelseslinjer og skovbyggelinjer samt fra museumsloven til påvirkning af sten- og jorddiger. Det er ikke garanteret, at der kan eksproprieres i disse områder, men som udgangspunkt gives dispensation til udvidelse af vejarealer, og der forventes derfor ikke umiddelbart problemer.

Østbanen ligger ca. 75 m fra Natura 2000 – habitatområde ved Vallø Dyrehave og ca. 40 m fra et tilsvarende habitatområde ved Trykkevælde Ådal. Generelt må der ikke gennemføres projekter, der kan skade de arter og naturtyper, som områderne er udpeget for at beskytte. Etablering af en BRT-vej vurderes ikke umiddelbart at kunne påvirke de arter eller naturtyper, der er på udpegningsgrundlaget for de to habitatområder, dog skal der gennemføres en VVM-screening (væsentlighedsvurdering) når omfanget af projektet kendes nærmere for at afdække dette endeligt.

Området ved Vallø Dyrehave er desuden omfattet af en fredning for Vallø Gods. Af fredningsbestemmelserne fremgår det (§ 2) at det fredede område skal bevares i dets nuværende tilstand og (§ 7) at der ikke må anlægges nye veje i området. Når omfanget af projektet kendes nærmere skal det afklares ved fredningsnævnet om projektets gennemførelse forudsætter at der skal indhentes en dispensation fra fredningen.

Påvirkningen på udpegningsgrundlaget af de to habitatområder samt behovet for en dispensation fra fredningen og behov for øvrige dispensationer og tilladelser skal vurderes nærmere i en konkret planlægningsundersøgelse. Der skal ligeledes laves en vurdering af om projektet er miljøvurderingspligtigt (VVM-screening) og i forlængelse heraf en eventuel miljøkonsekvensvurdering (VVM). evt. opfulgt af en VVM-undersøgelse.

Samlet vurderes, at anlægget af en BRT-vej i det eksisterende tracé for banen for de fleste miljøemner kan gennemføres uden større udfordringer. BRT-vejen kan dog kræve en dispensation fra fredningsnævnet i forhold til fredningen for Vallø Gods.

Arealerhvervelse

BRT-sporet er mere pladskrævende end banesporet i dag. Der er foretaget en overordnet vurdering af ekspropriationsbehovet på baggrund af de to undersøgte profiler. Som led i vurderingen er BRT-vejens ydre grænser inkl. afvanding sammenholdt med det eksisterende banearreal, og herefter er opgjort, hvor mange kvadratmeter, der skal eksproprieres permanent.

Samlet er der behov for ekspropriationer over en delstrækning på ca. 21,8 km. Der er beregnet en gennemsnitlig kvadratmeterpris for jord i landzone og en tilsvarende pris for jord i byzone i området omkring Østbanen, som anvendes til at prissætte den eksproprierede jord. Der er i den forbindelse ikke taget hensyn til arealer, der måtte have særlig status.

På baggrund af en gennemgang af videooptagelser af strækningen, er der herudover udpeget et antal beboelsesejendomme, der vil skulle eksproprieres i deres helhed, når der etableres signaler i alle vejkrydsninger. Formålet er at sikre nødvendige oversigtsforhold for BRT-busserne og for den øvrige vejtrafik. Der er ligeledes medtaget udgifter til flytning af en række carporte og udhuse af samme årsag.

Den offentlige vurdering i OIS er anvendt til at opgøre en forenklet, beregningsmæssig erstatningspris for ejendommene til anlægsoverslaget. Det giver en begrænset usikkerhed i det samlede overslag, og må verificeret mere nøjagtigt i en evt. detailfase.

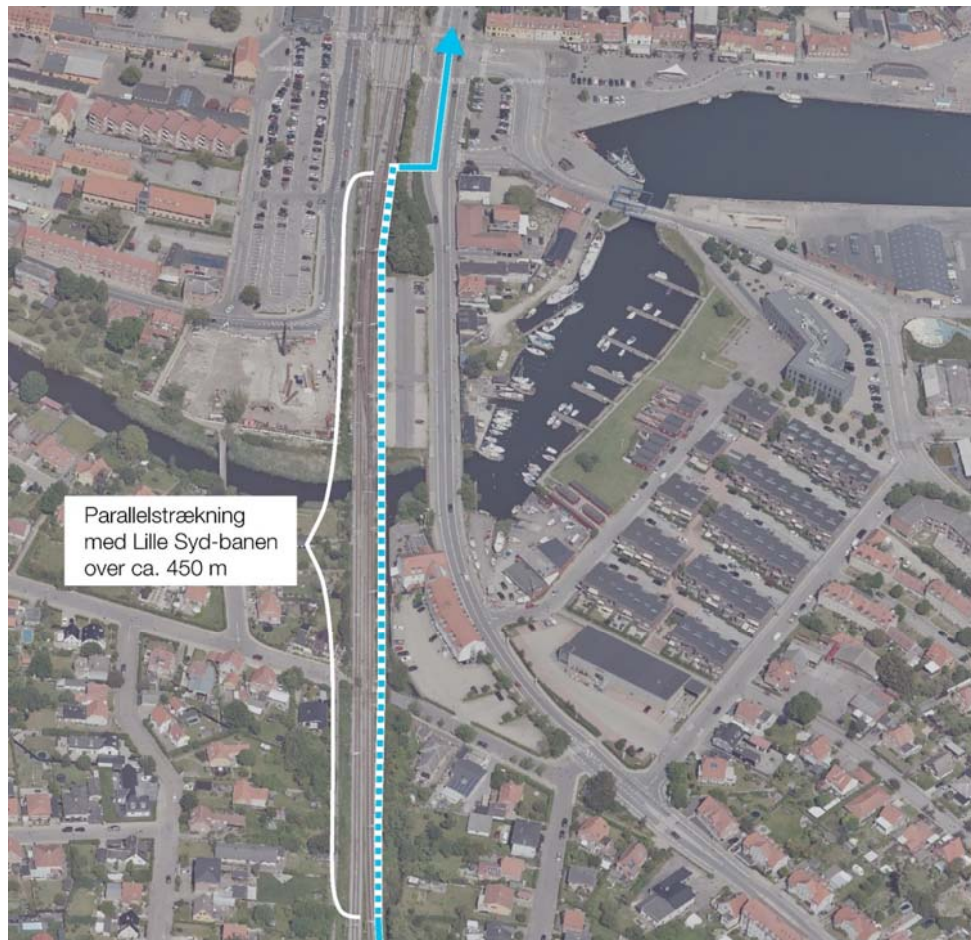
Resultaterne er samlet i Tabel 11. I opgørelserne er ikke medtaget arealer til regnvandsbassiner, erstatningsskovarealer og evt. erstatningsnatur. Der er ligeledes ikke medtaget udgifter til matrikulær berigtigelse af de fremtidige skel.

Tabel 11 *Oversigt over forventet ekspropriation*

Køge St – Hårlev St.	3,5 m tracé	4,0 m tracé
Ejendomme til totalekspropriation	1	1
Permanent areal i byzone	16 matr.nre / 3.124 m ²	17 matr.nre / 3.269 m ²
Permanent areal i landzone	75 matr.nre / 34.485 m ²	86 matr.nre / 37.324 m ²
Hårlev St. – Faxe Ladeplads St.		
Ejendomme til totalekspropriation	5	5
Permanent areal i byzone	58 matr.nre / 5.213 m ²	62 matr.nre / 6.247 m ²
Permanent areal i landzone	107 matr.nre / 34.485 m ²	112 matr.nre / 52.705 m ²
Hårlev St. – Rødvig St.		
Ejendomme til totalekspropriation	11	11
Permanent areal i byzone	79 matr.nre / 8.053 m ²	81 matr.nre / 9.943 m ²
Permanent areal i landzone	125 matr.nre / 47.573 m ²	132 matr.nre / 53.679 m ²

Siderykning af
BRT-trace

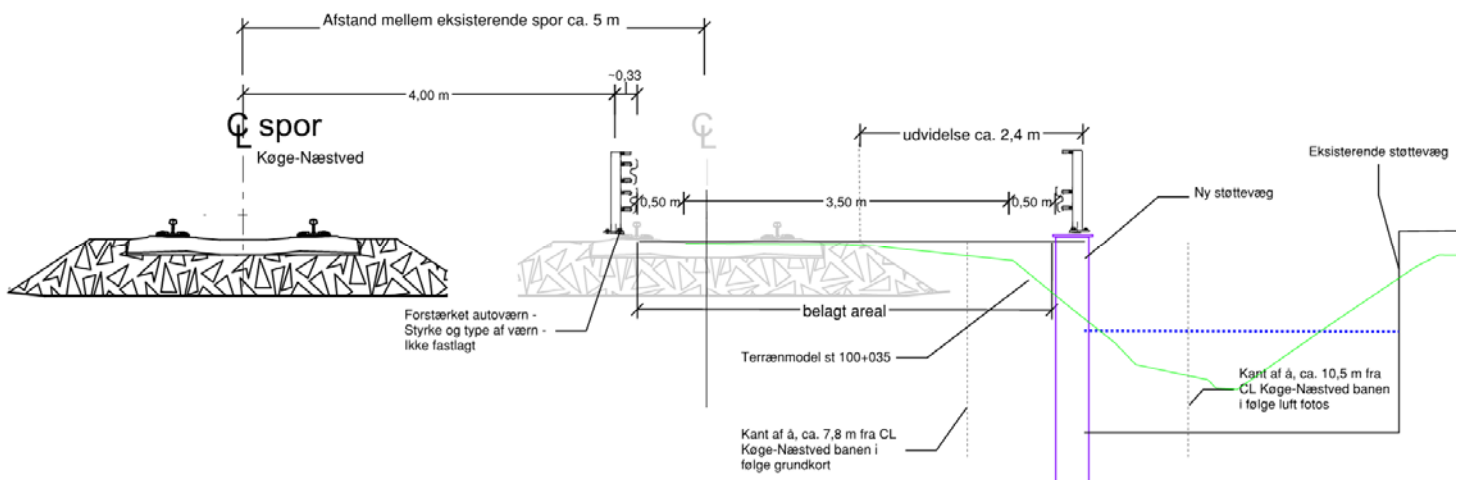
På en delstrækning nord for Søndre Viaduktvej og frem til Køge St. løber Østbanens tracé parallelt med tracéet for Lille Syd. Afstanden mellem de to spor er ca. 3,0 m fra centerlinje til centerlinje, se Figur 15.



Figur 15 *På delstrækningen umiddelbart nord for Søndre Viaduktvej møder Østbanetracéet Lille Syd-sporet. Derfra følges de to spor ind mod Køge St. i en afstand af ca. 3,00 m. BRT-vejen føres ind på Toldbodvej efter ca. 450 m.*

For at sikre tilstrækkelig sikkerhedsafstand mellem togspor og BRT-vej vurderer Banedanmark, at BRT-vejen skal ligge mindst 4,0 m fra Lille Syds centerlinje, se skitsen i Figur 16. Det indebærer, at BRT-vejens centerlinje rykkes ca. 2,4 m mod øst i forhold til Østbanens centerlinje i dag.

Der etableres autoværn på parallelstrækningen for at skabe sikker adskillelse af vej og bane. Typen af autoværnet er endnu ikke fastlagt. Det skal være tilstrækkeligt stærkt til at kunne modstå påkørsel af en bus, og det anbefales, at emnet undersøges nærmere i en evt. detailfase, hvor der desuden skal gennemføres en risikovurdering af hele løsningen. I anlægsoverslaget er foreløbig forudsat, at der anvendes autoværn med styrke som broautoværn på parallelstrækningen.



Figur 16 Skitse af siderykning af BRT-vejen på parallelstrækningen med Lille Syd og langs Køge Å. Der er skitseret et forstærket autoværn mellem banen og BRT-vejen. Typen er ikke endeligt fastlagt. I anlægsoverslaget er forudsat udgifter, der svarer til et broautoværn

Løsningen med at føre BRT-tracéet frem via Østbanens tracé til Carlsensvej vil kræve, at et Banedanmark-ejet areal udmatrikuleres og overdrages. Som løsningen er tænkt, står BRT-løsningen i en driftssituation for nødvendig vedligeholdelse af BRT-vejen og for vedligeholdelse af de tilhørende anlæg, herunder autoværn, der måtte opsættes mellem Lille Syd-banen og BRT-vejen.

Vintervedligeholdelse Snerydning og saltning/grusning af BRT-vejen er vigtigt for at kunne opretholde den planlagte køreplan. Der skal derfor etableres et beredskab, der kan rykke ud, så snart der er behov for vintervedligeholdelse af tracéet. Der kan f.eks. indgås aftaler med lokale vognmænd om opgaven, og det vil være en fordel, at der kan sættes beredskab ind flere steder på strækningen samtidigt, f.eks. i Faxe Ladeplads, Rødvig, Hårlev og Køge.

Glatførebekæmpelsen skal generelt koordineres i forhold til den aktuelle køreplan, så busser og snerydningsmateriel ikke mødes på de enkeltsporede strækninger. Der kan med fordel opstilles en selvstændig plan for kørslen med snerydningsmateriel, som er afstemt med bussernes køreplaner. Ved at påbegynde snerydningen fra flere lokaliteter på strækningerne bliver det enklere at tilrettelægge køreplaner for delstrækningerne.

Vejdirektoratets erfaringsbaserede nøgletal for udgifter vedr. vintervedligeholdelse af BRT-vejen er anvendt i de samfundsøkonomiske beregninger.

Vejrets indvirkning

Toget og en alternativ BRT-løsning kan påvirkes af vejr, som medfører, at driften ikke kan opretholdes eller opretholdes som planlagt. Sne og is på en BRT-vej skal ryddes på samme måde som skinnerne ryddes i dag, og det er vanskeligt at vurdere, om konsekvenserne af en kold vinter vil medføre flere forsinkelser eller aflyste ture med en bus end et tog.

Der findes ikke et særskilt bustracé på så lang en strækning som Østbanen, hvor erfaringer kan belyse problemstillingen. Evt. indmeldinger om forsinkelser og udgåede ture for bustrafik i dag er influeret af, at busserne typisk indgår i blandet trafik, som så også påvirkes af vejret og derfor kan påvirke bussernes fremdrift.

Erfaringsmæssigt påvirkes toget desuden i perioder af nedfaldne blade i løvtiden, hvilket ikke må forventes at påvirke busdrift i samme grad.

Storme, der medfører væltede træer, vil kunne påvirke både et tog og en bus. Med den skitserede løsning for BRT'en vil en stor del af træerne tæt på banen være fældet for at skabe oversigt og vil derfor ikke kunne skabe problemer for bussen, og herudover vil busserne generelt i en evt. situation med blokeringer af tracéet kunne forlade BRT-vejen midlertidigt og benytte de almindelige veje for omgå forhindringen¹³. Det vil toget ikke kunne gøre.

Samlet vurderes, at vejrets indvirkning på drift med tog eller BRT-bus på Østbanen er forholdsvis marginal, og at perioder med kritisk vejr kan falde ud til fordel for begge transportmidler.

6.2 Tilpasning til stationer og standsningssteder

De eksisterende stationer og standsningssteder bevares og ombygges, så de kan betjenes af busser med dørene i højre side og med en anden indstigningshøjde end toget har i dag.

Tilrettet længdeprofil

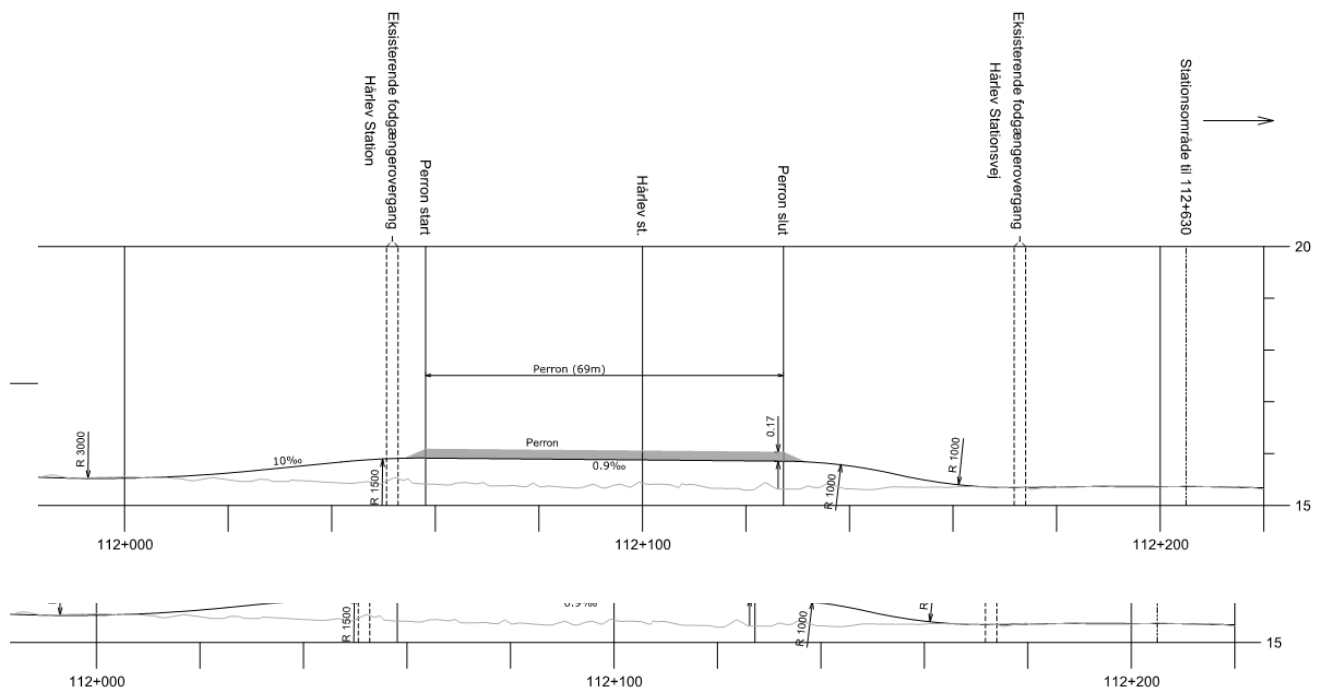
I dag er afstanden mellem overkant af skinne og perron ca. 55 cm og passer til direkte ind- og udstigning fra toget til perronen. Med en BRT skal denne kvalitet bevares. Uden at kende til specifikationerne på de valgte BRT-køretøjer er beregningsmæssigt derfor forudsat, at kørebanen ved alle perroner hæves, så afstanden fra overkant af asfalt til toppen af kantstenen ved perronerne reduceres til 17 cm, som anbefalet i "*Bussen holder*" af Movia¹⁴.

¹³ Der kan med fordel udarbejdes en plan for alternativ betjening på det almindelige vejnet i situationer, hvor BRT-driften på tracéet ikke kan opretholdes

¹⁴ Viser det sig, at den valgte bustype har en anden indstigningshøjde tilpasses vejens opspring til perronen i projekteringsfasen

Samtidig hæves kørebanen op til dette niveau over en delstrækning umiddelbart før perronen og sænkes igen over en delstrækning efter perronen. Dette er illustreret i skitsen på Figur 17.

Det samlede vejforløb hæves og sænkes over en tilstrækkelig lang strækning, så det også vil føres komfortabelt at gennemkøre strækningen i høj fart. Det er aktuelt for nogle af trinbrætterne, hvor BRT-bussen ikke vil stoppe på alle ture. I en evt. detailfase skal længdeprofilen for hvert enkelt standsningssted vurderes og projekteres, så der også tages højde for koten i eksisterende vejoverskæringer. En screening indikerer ikke umiddelbart, at det skulle medføre problemer.



Figur 17 Princippet i at hæve længdeprofilen ved en perron, så afstanden mellem vej og perron bliver ca. 17 cm. Afstanden er anbefalet i "Bussen holder", og vil gøre det muligt med niveaufri ind- og udstigning af BRT-busserne. Eksemplet er skitseret for Hårlev St.

Perronkanter

Langs de eksisterende perroner skal der ske udgravning til en vejkasse, der får lavere opspring til perronen end i dag. BRT-busserne vil komme til at køre ret tæt op mod perronen, og det er forudsat, at de eksisterende perronkanter udskiftes. De eksisterende perronkanter antages at være mindre støttevægge, som i den fremtidige løsning udskiftes til granitkantsten med fas.

Ved udgravninger ved de eksisterende perroner er forudsat, at der bygges op mod eksisterende materialer, der kan sikre den nødvendige stabilitet af vejkassen. I en eventuel detailfase vil dette skulle verificeres.

Mindre standsningssteder

På en række mindre standsningssteder (Himlingøje St., Lille Linde St., Tokkerup St., Faxe Syd St. og Varpelev St.) er der i dag kun perron/trinbræt på den ene side af sporet. I Figur 18 er vist et eksempel fra Tokkerup St.



Figur 18 Eksempel på standsningssted med Tokkerup St. til højre efter vejkrydsningen. Kilde: Video fra banestrækningen

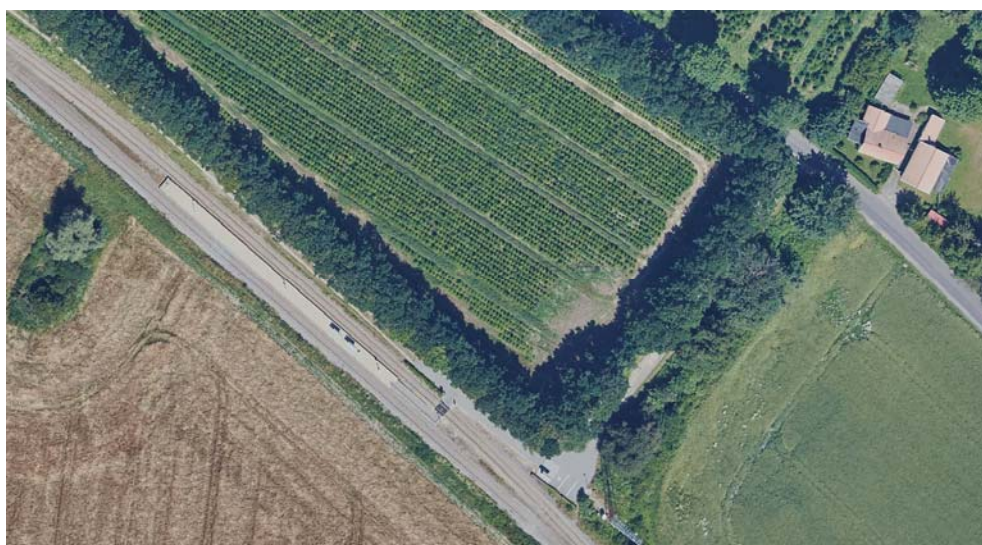
Det er i løsningen forudsat, at der etableres en ny tilsvarende perron på den modsatte side, så BRT-busserne kan holde og udveksle passagerer i begge retninger. Den ny perron kan evt. etableres lidt forskudt i forhold til vejkrydsningen, hvis det er til fordel for den samlede trafikafvikling.

De nye perroner etableres med belægningssten og med en kantbegrænsning af granitkantsten med fas ud mod busbanen. Kantbegrænsningen etableres med en lysning på 17 cm, og opbygningen er forudsat med en koblingshøjde på 0,5 m. I anlægsoverslaget er desuden indregnet, at der etableres belysning ved nye perroner. Der etableres master på 4 m, svarende til stimaster, som placeres med 15 meters afstand. Der forventes etableret ét tændskab på hver ny perron.

I anlægsoverslaget er der generelt ikke indregnet omkostninger til renovering-/opgradering af eksisterende standsningssteder, perroner, faciliteter eller udstyr.

Krydsningsstationer

Der er i dag krydsningsmulighed på banen på seks stationer. På disse stationer er perronerne i dag placeret som en ø mellem de to spor. Her kan busserne køre venstre om perronen i begge retninger, så perronen fortsat kan anvendes i en BRT-løsning, se eksempel i Figur 19.



Figur 19 Eksempel på en krydsningsstation: Trinbrættet ved Grubberholm St. BRT-busserne vil kunne køre venstre om perronen og afsætte og opsamle passagerer i begge retninger. Kilde: Skråfoto fra Kortforsyningen

Nye krydsningspunkter I nogle af driftoplæggene vil der være behov for etablering af supplerende krydsningspunkter, se Tabel 12. Den mest optimale lokalisering af disse nye krydsningspunkter er endnu ikke fastlagt. Nogle vil kunne anlægges ved eksisterende standsningssteder som udvides med et krydsningsspor, mens andre må anlægges på frie strækninger.

På en fri strækning mellem to standsningssteder, og hvor der ikke skal være passagerudveksling, kan en krydsningsmulighed etableres ved at udvide bredden af køresporet til dobbelt bredde og undlade at etablere perroner.

Beregningsmæssigt er der i anlægsoverslaget medtaget mængder for etablering af det nødvendige antal ekstra krydsningspunkter med en længde på 80 m i fuld bredde på 4 m og med tilhørende kilestrækninger på 2 x 20 m.

Det er endvidere forudsat, at krydsningspunkterne kan anlægges på steder, hvor vejen ligger i terræn. Der anvendes samme belægningsopbygning som ved en station med E-modul på 15 MPa.

I beregningerne er forenklet forudsat, at trafikbelastningen med BRT-busser ved alle standsningssteder er fordelt på to spor. Ved de standsningssteder, hvor der i fremtiden kun vil være ét spor, skal der i en detailfase tages højde for dette i belægningsdimensioneringen. Det vil primært være en mulighed enkelte steder, hvis afgangsfrekvensen fastholdes på det nuværende niveau.

Tabel 12 Nye krydsningssteder i de respektive alternativer A, B, C, 1, 2 og 3

Nye krydsningssteder		Hastighedsalternativ		
		A 80 km/t – 70 km/t	B 100 km/t – 70 km/t	C 100 km/t – 100 km/t
Frekvensalternativ	1 30 min. / 15 min.	-	-	-
	2 20 min. / 10 min.	5	4	4
	3 15 min. / 7,5 min.	3	5	4

Vendepladser Ved Hårlev St. Faxe Ladeplads St. og ved Rødvig St. skal BRT-busserne kunne vendes. I Køge anvendes den eksisterende busterminal øst for stationen til formålet. En screening af stationsområderne viser, at det alle tre steder vil være muligt at etablere nye busvendepladser. Der er anvendt kørekurver for 15 m busser og for 25 m dobbeltledbusser for at kontrollere, at der er fornøden plads.

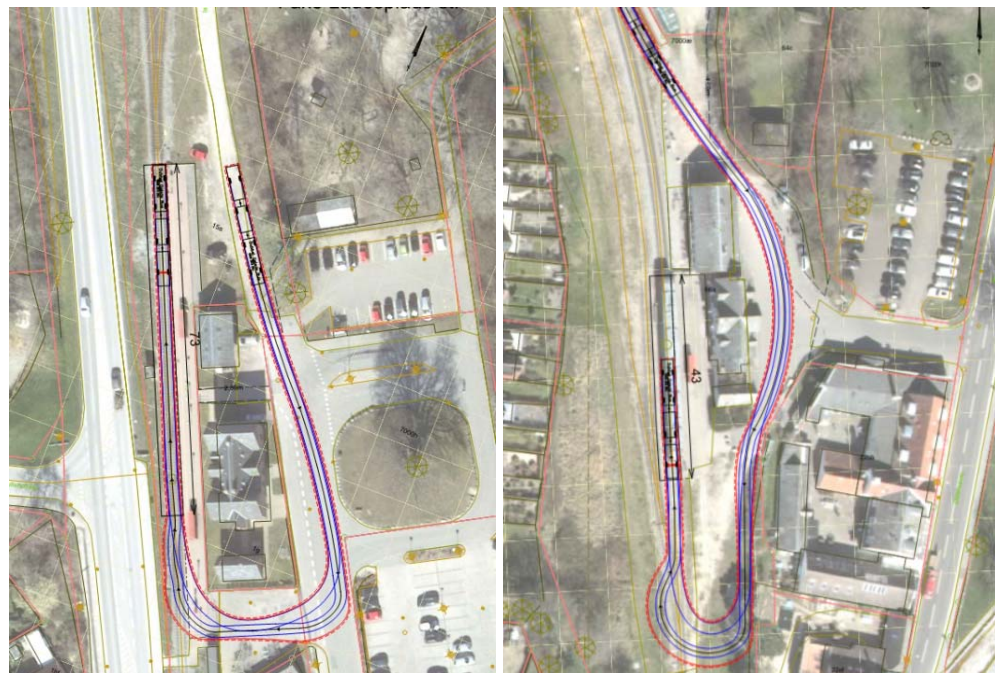
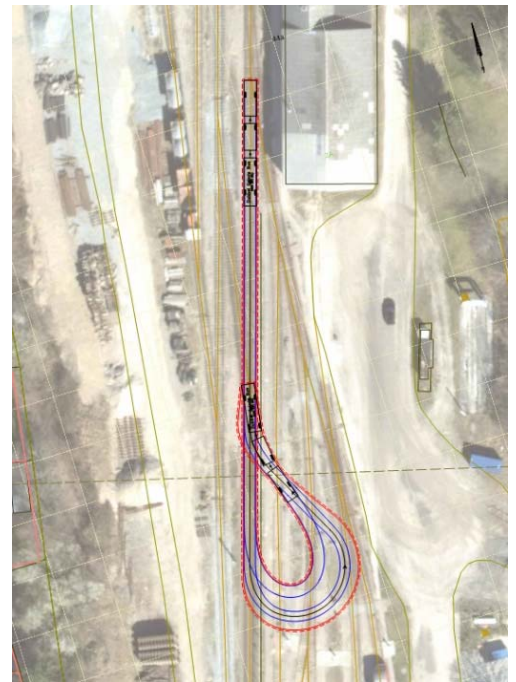
Hårlev På Hårlev St. kan der etableres en vendeplads på et areal i tilknytning til de nuværende spor umiddelbart syd for den nuværende stationsbygning.

Her kan BRT-busserne mellem Køge St. og Rødvig St. vende for at fortsætte turen i begge retninger. Tilsvarende gælder også for evt. dubleringsbusser, der indsættes på delstrækningen mellem Hårlev St. og Køge St. Det er vist på illustrationen til højre.

Ved Fakse Ladeplads St. og ved Rødvig St. er pladsen på selve baneområdet ikke stor nok til en vendeplads for busserne, men det er praktisk muligt at vende busserne ved at tage eksisterende vejarealer i brug foran stationsbygningerne, se Figur 20.

Begge steder køres bussen væk fra banetracéet umiddelbart nord for stationen, øst om stationsbygningen via en eksisterende vej og retur til perronen syd for stationsbygningen. En sådan løsning betyder, at de eksisterende perroner fortsat tænkes anvendt i en BRT-løsning.

I beregningerne er indregnet skønsmæssige mængder til de løsninger, der er skitseret på figurene.



Figur 20

BRT-busserne kan på Fakse Ladeplads St. og Rødvig St. vendes ved at benytte eksisterende vejarealer ved stationsbygningerne. Begge steder er vist kurveradier for en 3-ledet bus på ca. 25 m

7 Trafikstyring

I det følgende beskrives forslag til trafikstyringstiltag, som beregningsmæssigt er anvendt i anlægsoverslagene for de to hastighedsalternativer A og B. De foreslåede tiltag er identiske for de forskellige frekvensalternativer 1, 2 og 3, og beskrives ikke yderligere i forhold hertil.

I forhold til den skitserede BRT-løsning på Østbanen skal der implementeres trafikstyringstiltag i følgende situationer:

- > Hvor busser fra BRT-tracéet kører ud på det almindelige vejnet
- > Hvor der umiddelbart findes fysisk mulighed for at uvedkommende trafik/færdsel kan køre ind på BRT-tracéet
- > På hver side af enkeltsporede BRT-strækninger
- > Hvor almindelig vejtrafik skal krydse BRT-tracéet.

7.1 Overgang fra tracé til vejnet

På steder, hvor BRT-trafikken overgår fra at køre på det dedikerede BRT-tracé til at køre på det almindelig vejnet, vil trafikafviklingen ske gennem et normalt trafiksignalanlæg, hvor grønt for BRT-køretøjer prioriteres over grønt for anden trafik.

En sådan løsning er forudsat i krydset mellem Toldbodvej/Carlsensvej, hvor BRT'en får udkørsel i et signalreguleret kryds, der ombygges fysisk og signalteknisk, så busserne prioriteres frem for den øvrige trafik i begge retninger. Krydset skal indrettes, så det sikres at anden vejtrafik ikke umiddelbart kan køre ind på BRT-sporet.

Ved endestationerne i Faxe Ladeplads St. og Rødvig St. er forudsat, at BRT'en forlader banetracéet umiddelbart nord for de nuværende stationsbygninger og følger eksisterende veje rundt om bygningerne. Begge steder vil der ikke være behov for trafiksignaler, men der vil behov for at sikre, at anden vejtrafik ikke umiddelbart kan køre ind på BRT-sporet.

7.2 Adgang til BRT-vejen

Etableres et befæstet BRT-tracé på 3,5 m eller 4,0 m plus rabat på 0,5 m i hver side, vil almindelige trafikanter i overkørslerne fejlagtigt kunne opfatte BRT-tracéet som en almindelig del af vejnettet.

En del af problematikken med uønskede trafikanter på BRT-tracéet kan til en vis grad sammenlignes med, at man med forskellige midler forsøger at undgå, at trafikanter -bevidst eller ubevidst - benytter de forkerte motorvejsramper for at komme ind på motorvejen, hvorefter de bliver spøgelsesbilister til fare for både sig selv og andre trafikanter.

Det vil være stærkt forstyrrende for afvikling af trafikken - og i værste tilfælde meget farligt, hvis et uautoriseret køretøj forvilder sig ind på BRT-tracéet. Her

vil det kunne møde hurtigkørende BRT-busser på en enkeltsporet strækning uden vigemulighed, bortset fra krydsningsstederne. Bussen fylder i sig selv ca. 2,55 m i bredden, og der vil derfor ikke være plads til, at en bil i en nødsituation kan undvige bussen eller vende, som tilfældet er på en motorvej.

Fast eller variabel vejafmærkning kan bruges til at oplyse almindelige trafikanter om adgangsbegrænsningen til BRT-tracéet, men det garanterer ikke at en trafikant ikke kan bevæge sig ind på BRT-tracéet – med eller uden forsæt.

Bomanlæg på BRT-tracéet

I den konkrete case foreslås derfor af trafiksikkerhedsmæssige grunde, at der i alle alternativer etableres en fysisk blokering af ikke-autoriserede køretøjs adgang til BRT-tracéet. Der anbefales en løsning med bomanlæg, som i perioder uden lokal BRT-trafik både visuelt og fysisk vil blokere indkørslen til BRT-tracéet.

En bomløsning vil ikke helt kunne forhindre fodgængere eller brugere af tohjulede transportmidler i bevidst at bevæge sig ind på BRT-tracéet i krydsningspunkterne. Det vurderes dog, at fodgængere og cyklister, der måtte forville sig ind på strækningen, vil kunne trække ud i rabatten og derved undgå kollisioner med en BRT-bus.

Omfang og udformning af de foreslåede bomanlæg må afdækkes i en evt. senere planlægningsfase. I anlægsoverslaget er indregnet bomanlæg ved alle indkørsler til BRT-tracéet.

I forbindelse med busnedbrud, vintervedligeholdelse og anden vedligeholdelse, der kræver driftskøretøjer på sporet, gives adgang gennem bomanlæggene.

7.3 Trafikovervågning

På selve BRT-tracéet skal der - omkring hver af de enkeltsporede delstrækninger - etableres lokale BRT-trafikstyringsanlæg, så der kun tillades ét køretøj på hver enkeltsporet delstrækning ad gangen. Det er i alle alternativer forudsat, at overvågningen baseres på en kombination af forskellige teknologier:

- > Radarovervågning af trafik på strækninger / i områder
- > RFID-baseret (**R**adio **F**requency **I**Dentification) registrering af BRT-køretøjs tilstedeværelse/passage
- > Rejseplansbaseret baggrundsverifikation af de to øvrige systemers oplysninger.

Radarovervågning

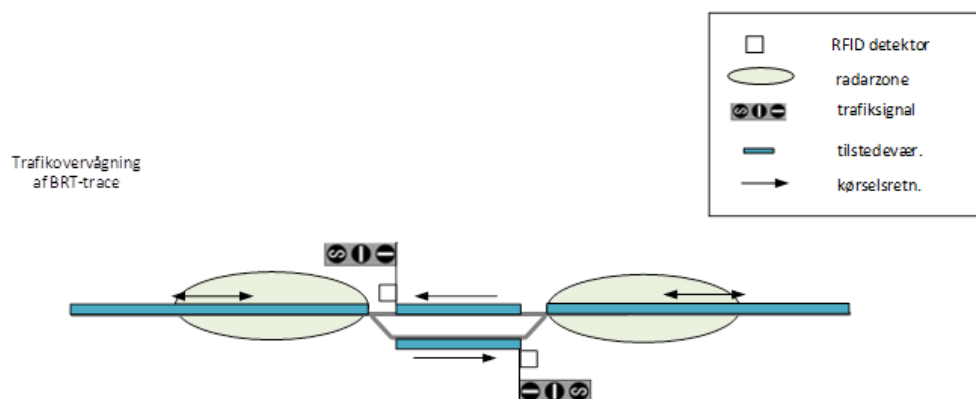
Radarovervågningen, som er af typen AGD – **A**bove **G**round **D**etection, tænkes etableret i form af en række radarinstallationer langs BRT-tracéet. Via en fælles datanetforbindelse skal hver detektor indrapportere oplysninger (relativ position (ift. observationspunkt), hastighed, kørselsretning (mod/væk fra observationspunkt, kørespor (hvor flere sådanne ligger parallelt) til en central databehandling, der så beregner absolutte positioner for al detekteret trafik på BRT-tracéet og for hvert køretøj beregner en ETA (**E**stimated **T**ime of **A**rrival) for køretøjets

ankomst til næste koordineringsposition. Koordineringspositioner er typisk steder hvor et køretøj skal afvente anden trafiks afvikling, før kørslen kan fortsætte.

Radartechnologi har i dag mange steder erstattet anvendelsen af detektorspoler, da teknologien gør det billigere at anlægge trafikovervågning og detektoren kan overvåge store arealer/relativt lange stræk ret finmasket i tid og rum. En anden AGD-teknologi, der sommetider bringes i anvendelse, er kamerateknologi baseret på enten synligt eller infrarødt lys. Til den aktuelle anvendelse vurderes radartechnologien dog at være mere attraktiv grundet længere rækkevidde og større immunitet over for dårligt vejr og skiftende belysningsforhold.

Der findes forskellige egnede radardetektorprodukter på markedet. Ud over radarenheden vil hvert installationssted kræve opstilling af en mast, diverse beslag, tilslutning til elforsyning og til datakommunikation samt konfigurering i det centrale databehandlingsystem. Der er ikke umiddelbart regnet med overlappende (redundant) dækning med radardetektorer, hvilket betyder, at fejl på en given detektorinstallation vil medføre et hul i overvågningen og derfor forudsættes udbedret inden for kort tid. Alt udstyr vil være tilkoblet det centrale overvågningssystem, hvorfra der kan udsendes alarm til den driftsansvarshavende.

Princippet for anvendelse af de forskellige teknologier fremgår af Figur 21.



Figur 21 Skitse af trafikdetekteringssystemer på BRT-strækninger. Med systemerne overvåges belægningen med køretøjer på alle delstrækninger mellem krydsningspunkter, og der gives signal til de respektive busser om at vente eller køre ved indgangen til nye delstrækninger

RFID-detektering

I forhold til at styre trafikafviklingen på de enkeltsporede strækninger foreslås det af etablere et RFID-baseret (**R**adio **F**requency **I**Dentification) detekterings-system.

Teknologien, der fx kendes fra det BroBizz system, der er installeret i A/S Storebælts betalingsanlæg vil til den aktuelle anvendelse medføre, at der etableres en række punktinstallationer, som aflæser BRT-køretøjernes 'tags' trådløst på udvalgte lokationer på traceet.

Den løbende stedfæstelse af køretøjspositioner benyttes til at styre trafiksignalerne, der regulerer BRT-busserne ind og ud af stationer og enkeltsporede dele af tracéet.

Alternativer

I hastighedsalternativ A (80 km/t – 70 km/t) er forudsat, at der alene etableres detektering til brug for styring af signalerne til BRT-busserne.

I hastighedsalternativ B er forudsat, at der på udsatte dele af tracéet herudover detekteres for uønskede objekter på sporet, og at denne detektering kombineres med variable C55-skilte, hvor chaufføren så vidt muligt kan advares på forhånd og få besked på at sætte hastigheden ned.

I forbindelse med anlæggelse af BRT-vejen er i begge alternativer forudsat, at der etableres føringsveje langs tracéet til hhv. elforsyningskabler og signalkabler/fiberkabler.

7.4 Styring af trafik i vejkrydsninger



Trafiksignalanlæg

Det centrale element i styring af trafik gennem vejkrydsninger bliver almindelige trafiksignalanlæg. Trafiksignalanlæg kendes fra det almindelige danske vejnet, og trafikken i BRT-tracéet vil blive styret på tilsvarende måde som letbanetrafik styres ift. anden vejtrafik, dvs. med aktiv prioritering af BRT-køretøjerne i de trafiksignalregulerede kryds, men i øvrigt under de regler om vigepligt, som er fastlagt i samspillet mellem færdselsloven og afmærkningsbekendtgørelserne.


Opstilling af trafiksignalanlæg forudsætter lokal hastighedsbegrænsning på maksimalt 70 km/t omkring krydsningspunktet. Der skiltes ned ca. 100 m før krydsene. Den konkrete hastighedsgrænse fastsættes under hensyntagen til bl.a. oversigtsforholdene, og hastighedsbegrænsningen gælder både på BRT-tracéet og på den krydsende vej.



Passive tiltag

Der foreslås desuden en række passive trafikstyringstiltag, der dels omfatter faste vejafmærkninger, dels fysiske udformninger af traceet. Målgrupperne for denne form for tiltag er både de almindelige trafikanter og førere af BRT-busser, og tiltagene skal gøres af hensyn til den generelle trafikikkerhed og/eller af hensyn til fremkommeligheden på BRT-traceet. Det omfatter:

- > Overkørslerne ombygges, så der skabes meget bedre oversigtsforhold for trafikanter på såvel vej som på BRT-trace
- > Alle steder, hvor det umiddelbart er fysisk mulig for almindelig vejtrafik at køre fra vejen ind på BRT-traceet, skal adgangen til BRT-traceet tydeligt skiltes som værende reserveret BRT-køretøjer og køretøjer med specialtilladelse, fx med  C 19 (Indkørsel forbudt) med en undertavle der undtager BRT-køretøjer og køretøjer med speciel tilladelse, og  C 26,2 (Fodgængere forbudt)

delse, fx med  C 19 (Indkørsel forbudt) med en undertavle der undtager

BRT-køretøjer og køretøjer med speciel tilladelse, og  C 26,2 (Fodgængere forbudt)

- > Overkørslerne udstyres med vejbelysning, der dækker ca. 75 m ud fra krydsningspunktet
- > Krydsende veje skiltes med  B11 (ubetinget vigepligt), det træder i kraft når/hvis trafiksignalanlægget går ud af drift
- > På BRT-traceet opsættes  A 11 (farligt vejkryds, hvor den krydsende trafik har ubetinget vigepligt)
- > På BRT-strækningen opsættes efter behov C55 tavler med relevante lokale hastighedsbegrænsninger på delstrækninger.

I anlægsoverslaget er afsat midler til ovenstående tiltag.

Trafikspærring

For at øge trafikikkerheden udover den sikkerhed, som trafiksignaler vil kunne yde, anbefales at overveje videreførelse af konceptet med trafikspærring med vippebomsanlæg fra det nuværende jernbanetracé.

Østbanens eksisterende varslingsanlæg, dvs. de bom- og blinkanlæg, der i dag sikrer trafikafviklingen på og omkring Østbanen, tilhører Østbanen og ejerne bag, Region Sjælland¹⁵. Foreløbige sonderinger indikerer, at disse anlæg kan forventes stillet vederlagsfrit til rådighed for et projekt, hvor Østbanens tracé omdannes til et BRT-tracé. Det betyder, at bømmene for en relativ lav omkostning kan bevares og ombygges, så de kan fungere sammen med BRT-busserne.

De eksisterende varslingsanlæg er hovedsageligt udstyret med almindelige halv-bomsanlæg, som eksemplet vist i Figur 22.



Figur 22 Eksisterende bomanlæg på Østbanen (Tokkerup) – typisk udformning med halvbomme

I den udstrækning dele af eksisterende overkørselsanlæg kan genanvendes i en BRT-løsning drejer det sig hovedsageligt om bømmene med tilhørende

¹⁵ Dette gælder frem til et punkt omkring Søndre Viaduktvej i Køge, hvorfra Banedanmark ejer og administrerer anlæggene frem til Køge st.

lokalstyring. De øvrige dele af den eksisterende afmærkning på vejen er jernbanespecifikke, og vil ikke kunne anvendes i en BRT-løsning.

De detekteringsinstallationer, der findes på det nuværende jernbanetrace, er ligeledes indrettet til jernbanetrafik og forventes enten at skulle undergå meget store ombygninger for at kunne genanvendes eller gå til grunde ved ombygningen af traceet til BRT-løsning. Det anses derfor ikke for at have nogen værdi i et BRT-projekt.

I anlægsoverslaget er ikke indregnet ombygning af de eksisterende bomanlæg.

Køge St.

Uanset om bomanlæggene genanvendes i en BRT-løsning er det foreløbig forudsætningen, at trafiksignaler bliver det sikkerhedsbærende element i trafikstyringen.

På Køge St. er Banedanmark ved at forberede implementering af det nye signalsystem ERTMS¹⁶, som er udviklet til at håndtere datakommunikation mellem forskellige sikkerhedssystemer og tog. Da linjeføringen for den skitserede BRT forlader banetracéet ca. 350 m før stationen, vil busserne ikke umiddelbart komme i interaktion med systemet.

¹⁶ European Railway Traffic Management System (ERTMS), er en fælles europæisk standard for signalsystemer til jernbaner, der består af togkontrollsystemet ETCS og radiosystemet GSM-R

8 Materiel

BRT-køretøjerne har direkte indflydelse på kapacitet, hastighed, miljøvenlighed og komfort. Køretøjerne er samtidig det element i den samlede BRT-løsning, som de fleste – både passagerer og ikke-kunder – associerer med BRT-systemets identitet. For kunderne vil kvalitetsindtrykket af køretøjet i høj grad være lig med opfattelsen af kvaliteten i hele løsningen, og det vil formentlig også gælde på Østbanen, hvor rejserne er forholdsvis lange, og hvor en stor del af den øvrige infrastruktur omkring BRT'en ikke ændres i forhold til i dag. For ikke-kunder vil køretøjet typisk blive det systemelement, der er mest synligt.

Nødvendig kapacitet

Typisk indsættes BRT'er på linjer eller i korridorer, hvor der er behov for at kunne flytte mange passagerer i løbet af kort tid. Derfor er materiellet som regel kendetegnet ved stor passagerkapacitet, ofte i form af mange ståpladser og færre siddepladser. På Østbanen er det samlede transportbehov ikke højt, men det er alligevel relevant at kunne tilbyde en vis kapacitet, særligt i myldretidene. En del af turene er forholdsvis lange, og det vil derfor være særligt fordelagtigt med siddepladser. Busserne til Østbanen bør derfor indrettes med så mange siddepladser som muligt.

Lokaltogs tællesystem giver indblik i antallet af påstigere på Østbanen i udvalgte tidsbånd¹⁷. Kombineres disse data med rejsekortdata om passagerernes rejsemønstre, kan antallet af rejsende opgøres mod nord henholdsvis mod syd i de respektive tidsbånd. Tabel 13 viser antallet af påstigere i hver retning, idet det opgjorte påstigertal er fordelt jævnt over antallet af afgang i tidsbåndene. Det giver ikke et helt retvisende billede af spidsbelastningen, da der kan være ret stor variation mellem passagertallet på to på hinanden følgende afgang. Men det giver dog en indikation af, hvor stort antallet af rejsende kan være pr. afgang.

Tabel 13 Antal påstigere på afgang mod nord og syd på Østbanen. Kilde: Data fra Lokaltogs tællesystem og Movias rejsekortdata

Påstigere pr. afgang	210R	210R	110R	110R
Retning	Mod Nord	Mod syd	Mod Nord	Mod syd
Kl. 05.00 - 06.59	45	41	43	49
kl. 07.00 - 08.59	48	43	34	38
kl. 09.00 - 11.59	18	16	18	21
Kl. 12.00 -14.59	36	32	33	38
Kl. 15.00 - 18.59	34	31	30	34
Kl. 19.00 - 23.59	7	7	7	7

Det skønnes, at materiellet til Østbanen bør have en kapacitet på mindst 60 siddepladser, hvis dubleringskørsel skal undgås i større stil i spidsbelastningsperioderne. I dag betjenes strækningen med LINT-tog, som har ca. 120

¹⁷ Der findes ikke tilgængelige tælledata for enkeltafgangene på Østbanen

siddepladser, et antal ståpladser og plads til cykler, barnevogne og kørestole. Det skønnes nødvendigt, at busserne indrettes med plads til et antal cykler-/barnevogne ligesom det er et krav, at der være dedikeret plads til mindst én kørestol.

Max. hastighed

En anden faktor, der kan blive afgørende for indretningen, er bussernes maksimale hastighed på strækningen. Hvis den maksimale hastighed på strækningen fastlægges til 80 km/t, vil det efter gældende regler for busser være lovligt at stå op under kørslen og dermed udnytte evt. ståpladser. Det kan medføre fordele i form af højere kapacitet og bedre fleksibilitet – og ulemper, hvis det går ud over antallet af sæder, så flere må stå op under kørslen.

Tempo100-kørsel

Gældende detailforskrifter for indregistrering af køretøjer gør det muligt at indregistrere busser, der må køre op til 100 km/t, men kun på motorveje. Mange busser er i dag elektronisk begrænset til en lav max hastighed, men alle busser kan teknisk set køre 100 km/t eller mere. Nye, EU-godkendte køretøjer af Klasse III eller B opfylder automatisk reglerne for at blive godkendt til Tempo100 kørsel, mens andre bustyper kan godkendes i forbindelse med køretøjssyn.

Kravene til at blive godkendt til tempo100-kørsel omhandler primært en række konstruktionsmæssige og sikkerhedsmæssige detaljer, herunder at bussen skal være forsynet med godkendte sikkerhedsseler og seleforankringer ved alle siddepladser og kørestolspladser¹⁸. Herudover gælder for tempo100-kørsel, at der alene må befordres siddende passagerer.

Vælges en løsning, hvor busserne skal køre op til 100 km/t vil det betyde, at kapaciteten ifølge gældende regler kun kan udgøres af siddepladser, og at materiellet bør apteres med så mange sæder som muligt. Gældende lovgivning på offentlig vej vil tillade, at der i en sådan situation indsættes busmateriel, der udover et antal sæder har overskydende plads – teknisk set – til stående i brede gangarealer og i arealer ved dørene, men hvor denne plads ikke udnyttes af passagerer under kørslen.

Det vil i givet fald kunne håndteres gennem tydelig og markant skiltning inde i busserne, at passagerer skal sidde ned under kørslen.

Spørgsmålet er derfor lidt forenklet, hvorvidt BRT-strækningen kan klassificeres på en måde, hvor kørsel op til 100 km/t er muligt på delstrækninger, hvor det i øvrigt er trafiksikkerhedsmæssigt er forsvarligt. I to af projektets alternativer er regnet på, at busserne kører op til 100 km/t på visse delstrækninger.

Perronhøjde og indstigningshøjde

I BRT-systemer vil der ofte indsættes lavgulvsbusser og, hvis det skal være endnu bedre kvalitet, busser, hvor gulvhøjden er tilpasset højden på stoppesteder eller som i dette tilfælde perroner. Det vigtige er, at busserne har

¹⁸ Der er i BEK 200 af 12. marts 2018 også krav til, at bagagehylderne er udformet, så de kan modstå de kræfter, der kan opstå ved kraftige opbremsninger, så bagagen ikke ryger fremad

gode ind- og udstigningsforhold, dobbeltdøre og så mange som muligt så passagerudvekslingen ved standsningsstederne kan ske hurtigt og effektivt.

Busserne skal kunne køre tæt til perroner, så gabet mellem bussens gulv og perronen bliver så smalt som muligt. God tilkørsel til perron kan sikres ved at have et længere lige stykke kørebane før perronen.

Ved de nuværende standsningssteder på Østbanen kan dette forholdsvis enkelt sikres, da de nuværende perroner er dimensioneret til tog med 2 togsæt og dermed er mindst 85 meter lange og for de flestes vedkommende anlagt på lige strækning.

Egnede busser

Baseret på den nuværende betjening og det aktuelle rejsemønster vurderes, at ledbusser eller dobbeltledbusser vil være mest relevante og egnede bustyper til en BRT på Østbanen.

Doppeltdækkere har også været overvejet som en mulighed. Doppeltdækkere kan have forholdsvis stor sædekapacitet, høj kørekømført, og de er generelt velegnede til lange ture. Med få døre er ind- og udstigningsforholdene dog ikke optimale på en strækning med stop hvert 3-4 minut, og da det samtidig tager tid for passagererne at bevæge sig op og ned ad trapperne, vil det resultere i lange ophold ved standsningsstederne. Bustypen vurderes derfor ikke velegnet til opgaven.

Ledbus

Den traditionelle ledbus består af to faste led og anvendes i store dele af verden. Ledbussen har næsten altid to aksler på det forreste led og en enkelt aksel på det bagerste led. Der er som regel træk på den bagerste aksel. Et eksempel er ledbusserne på linje 5C i København, der kører på biogas.



Figur 23

Ledbus på linje 5C i København med 4 dobbeltdøre og en enkelt fordør. Busserne er indregistreret til 147 passagerer, men det er med 8 passagerer pr. m² Kilde: Wikipedia og Movia. Foto: Leif Jørgensen

En af fordelene ved ledbussen er en forholdsvis høj passagerkapacitet. Ofte ap- teres busserne, så der er mange ståpladser, og der ses busser med en samlet kapacitet på op til ca. 110-120 passagerer. Skal bussen primært indrettes til sid- dende passagerer, vil der formentlig kunne være plads til ca. 50 knap passage- rer. Herudover vil der så være arealer til et par cykler, barnevogn mm.

En standard 12 m bybus har til sammenligning en samlet kapacitet på op til 60- 80 passagerer, heraf 37-42 siddepladser.

En anden fordel ved ledbussen er de brede dobbeltdøre, ofte 3-4 i alt, der gør ind- og udstigning let. Gulvet har samme lave niveau i hele midtergangen, og det er nemt for bl.a. ældre eller gangbesværede at bevæge sig rundt. Desværre er mange af sæderne placeret på podestre i bussen på grund af hjulkasser, så trin undgås ikke helt for alle. På grund af de to led, er ledbussen generelt for- holdsvis manøvreedygtig i modsætning til f.eks. 13-15 m busser, der har større vendediameter end en ledbus.

Bussen har samme frontareal som en almindelig 12 m bus, og den vil være for- holdsvis brændstoføkonomisk. Bustypen er desuden en kendt hyldevare hos en lang række busproducenter, og der er ikke umiddelbart usikkerhed omkring priser, holdbarhed, adgang til reservedele osv.

Dobbeltledbus

Den dobbelte ledbus består af tre faste led og er bl.a. sat i drift i Bergen, Malmö, Metz, Utrecht og Hamburg på BRT-lignende linjer. Når bussen er indrettet til både siddende og stående passagerer, har den kapacitet til typisk 140-150 passagerer, men der findes eksempler på busser med plads til langt flere.



Figur 24 Dobbeltledbus i Metz i Frankrig. Kilde: Wikipedia. Foto: Occitandu34

Skal bussen primært indrettes til siddende passagerer, vil der formentlig kun være plads til 60-65 passagerer. Herudover vil der så være rimelige arealer til cykler, barnevogne mm.

Generelt har den dobbelte ledbus samme fordele som ledbussen, bl.a. hvad an- går opbygning, manøvreedygtighed, gode adgangsforhold og plant gulv. Den har blot et ekstra led.

I Danmark blev der i 2019 vedtaget særlige regler for denne bustype, som bl.a. omhandler krav til bussernes indretning, udstyr og skiltning, herunder kamera/monitor-løsninger, så føreren fra førerpladsen kan se omgivelserne ved ledbussens bageste sektioner.

I Danmark gælder desuden, at ledbusser generelt skal have tilladelse til at køre på en given rute. Tilladelsen udstedes af den pågældende vejmyndighed, og skal bl.a. sikre, at infrastrukturen på ruten er indrettet til bussens længde og køretekniske egenskaber. Da vejen bygges som en BRT-løsning, tillægges dette ikke betydning for et BRT-projekts gennemførlighed.

Samlet

Ledbusser og dobbeltledbusser vil kunne tilbyde en fornuftig, men ikke overdådig siddepladskapacitet til en BRT på Østbanen. Øget frekvens kan også resultere i mere kapacitet, og på Østbanen kan dette være et godt alternativ, hvor en frekvensforbedring vil være en fordel i sig selv.

8.1 Alternative drivmidler

Som nævnt i kommissoriet, ønskes BRT-linjen betjent med klimavenlige busser, enten fossilfri eller emissionsfri. I øjeblikket virker det, som om de mest relevante og realistiske alternativer til fossil diesel omhandler syntetisk diesel (HVO), biogas (CBG) og batteridrevne elbusser med forskellige opladningsteknikker. Disse alternativer er belyst i foranalysen. Referencen er de aktuelle emissioner fra toget på Østbanen, som Movia har oplyst.

Beregningsmæssigt er der taget udgangspunkt i den europæiske standard for beregning og deklareret af klimagasser fra transport (DS/EN 16258), som blandt andre Movia anvender som i de løbende miljøregnskaber. Her betragtes busser, der kører på certificeret biogas baseret på husdyrgødning og syntetisk biodiesel (HVO) som fossilfri busser, mens elbussen hører til i kategorien af emissionsfri busser.

Movia anbefaler endvidere, at emissioner i form af NO_x og partikler fra busser på biogas og HVO beregningsmæssigt sættes lig med emissionerne fra en tilsvarende dieselbus.

Biogas

Biogas produceret på basis af gylle og andet bioaffald fra landbruget betragtes som et fossilfrit (CO₂-neutralt) drivmiddel, der kan anvendes på alle rutetyper og som yderligere har den fordel, at busserne støjer lidt mindre end dieselbusser. Det er erfaringsmæssigt og beregningsmæssigt lidt dyrere end diesel, dels fordi materiellet er lidt dyrere, dels fordi udgifter til service og vedligeholdelse er lidt højere. Bl.a. linje 5C i København kører på biogas.

Syntetisk diesel

Syntetisk diesel (HVO) er et andet fossilfrit drivmiddel, der er let at implementere og kan iblandes diesel i alle koncentrationer og anvendes i den eksisterende flåde af dieselbusser. Det kan ligesom gas anvendes på alle rutetyper, men er typisk et dyrere alternativ end biogas (merprisen knytter sig til drivmidlet), og det reducerer ikke støjledningen fra busserne.

Linje 600S og linje 390R, begge på Sjælland, har siden december 2016 kørt på HVO 2G.

Eldrevne busser

Eldrevne BRT-busser er også et relevant alternativ. I Danmark har Movia gennemført forsøg med eldrevne busser over en årrække. Det har bl.a. ført til, at bybusserne i Roskilde Kommune fra foråret 2019 nu udelukkende betjenes af eldrevne busser, der lades op på operatørens garageanlæg (depotopladning). Siden december 2019 kører der også eldrevne busser på linje 2A i København (pantografløsning med opladning ved endestationerne), samt på linje 18 og et par mindre buslinjer i Ballerup og Egedal Kommuner (linjerne 147, 156 og 157), hvor busser alle er depotopladede.

Elbusserne sikrer 0-emission fra bussernes udstødning og bidrager til en væsentlig støjreduktion fra busserne. Til gengæld kræver det en række forberedelser, så det sikres, at driften er optimeret til opladningsstrategien og den etablerede ladeinfrastruktur. Klimaeffekterne kan betragtes som optimale ved brug af vedvarende strøm til opladningen.

Emissioner

I emissionsberegningerne er anvendt en række erfaringstal samt fagligt baserede skønstal. For opgørelse af NO_x og partikelemission er TEMA-modellen anvendt. I Tabel 14 er resultaterne for forskellige bustyper og forskellige driftsoplæg samlet.

Med fossilfri eller helt emissionsfri busser elimineres den samlede CO₂-udledning, og uanset driftsoplæg vil den sparede mængde CO₂, svare til togets udledninger i dag; ca. 2.400 ton årligt.

Herudover kan der opnås væsentlige reduktioner i udledningen af NO_x og partikler, hvis driften omstilles fra tog til fossilfri eller emissionsfri busser. Mere end 90 % for både NO_x- og partikelemission vil kunne spares, selv med dobbelt så høj frekvens, som toget vil køre med.

Erfaringsmæssigt stjer eldrevne busser markant mindre end dieselbusser, når de alene anvender elmotorer. En dieseldrevet bus udleder typisk ca. 7 dB(A) mere støj end en eldrevet bus – 74 dB(A) mod 67 dB(A). Til sammenligning svarer den almindelige trafikstøj fra en gade til ca. 65 dB(A)¹⁹. Gasbusser udleder også mindre støj end dieselbusser. Forskellige kilder indikerer et niveau, der ligger på ca. 3 dB(A) under niveauet for tilsvarende dieselbusser²⁰.

Til sammenligning udleder Lint41 ifølge konkrete målinger godt 80 dB(A).

¹⁹ En ændring af lydstyrken på 1-2 dB er den mindste ændring, det menneskelige øre kan opfatte, 3 dB er en hørbar ændring, og 5-6 dB er en tydelig ændring. En ændring på ca. 10 dB opleves som en fordobling eller halvering af lydstyrken

²⁰ <https://www.eurotransport.de/artikel/praxis-studie-zu-erdgas-bussen-9914604.html>

Tabel 14 Emissioner fra ledbusser og dobbeltledbusser på diesel B7, HVO, biogas og el. Baseret på DS/EN 16258 for CO₂-emissioner og TEMA-modellen for NO_x og partikler. Kilde: Movia for Lint41 tog og støj

Emissioner	Køreplankm, årligt km	CO ₂ Ton	NO _x Ton	Partikler (PM) Kg	Støj dB(A)
Lint41 tog	1.263.000	2.426	19,9	200	80
Frekvensalternativ 1 (30 min / 15 min.)					
Ledbus <18,75 m					
Diesel		1.422	0,6	6	74
HVO	1.263.000	0	0,6	6	74
Biogas		0	0,6	6	71
El		0	0	0	67
DobbeltLedbus 25 m					
Diesel		1.982	0,8	9	74
HVO	1.263.000	0	0,8	9	74
Biogas		0	0,8	9	71
El		0	0	0	67
Frekvensalternativ 2 (20 min / 10 min.)					
Ledbus <18,75 m					
Diesel		2.133	0,9	10	74
HVO	1.894.000	0	0,9	10	74
Biogas		0	0,9	10	71
El		0	0	0	67
DobbeltLedbus 25 m					
Diesel		2.973	1,2	13	74
HVO	1.894.000	0	1,2	13	74
Biogas		0	1,2	13	71
El		0	0	0	67
Frekvensalternativ 3 (15 min / 7,5 min.)					
Ledbus <18,75 m					
Diesel		2.844	1,2	13	74
HVO	2.526.000	0	1,2	13	74
Biogas		0	1,2	13	71
El		0	0	0	67
DobbeltLedbus 25 m					
Diesel		3.965	1,6	18	74
HVO	2.526.000	0	1,6	18	74
Biogas		0	1,6	18	71
El		0	0	0	67

8.2 Driftsøkonomi

For at kunne sammenligne de driftsøkonomiske effekter af at indsætte BRT-busser på Østbanen, er søgt at opgøre de forventelige, gennemsnitlige timepriser til en operatør, der skulle udføre kørslen på linjen. Private operatører udfører al Movias buskørsel, og priserne fastsættes ved offentlige udbud. Det er forudsat, at kørslen med BRT-busser på Østbanen vil blive organiseret på tilsvarende vis.

Afsæt i R-busser i regionen

I beregningerne er taget afsæt i de aktuelle, gennemsnitlige bruttotimepriser for kørslen på R-buslinjerne i Region Sjælland. Østbanen tilhører i forvejen R-nettet i regionen, så det er oplagt at skele til økonomien for disse linjer. Regnskaberne viser, at Region Sjælland i gennemsnit betalte ca. 770 kr. brutto til operatørerne pr. køreplantage på disse linjer i 2019.

Timepris nedbrudt i omkostningselementer

Bruttotimepriserne modsvarer reelt operatørens omkostningsstruktur, og dækker bl.a. omkostninger til drift af busserne, herunder bl.a. udgifter til brændstof, afskrivning af materiellet samt udgifter til service, vedligeholdelse og reparationer af busserne. Herudover dækker timeprisen operatørens udgifter til lønninger og andre kapitalomkostninger til bl.a. garage- og værkstedsfaciliteter, forsikringer samt overhead mv.

Erfaringsmæssigt udgør lønninger i omegnen af 50 % af en samlet bruttotimepris. Forenklet er forudsat i beregningerne, at andelen netop er 50 % for den kørsel, der blev udført i 2019. I Tabel 15 er vist en beregningsmæssig nedbrydning af timeprisen på omkostningselementer.

Tabel 15 R-bus bruttotimepris, som beregningsmæssigt er nedbrudt på omkostningselementer hos operatøren. Kilde: Movia, regnskab 2019 for R-busser i Region Sjælland. De markerede elementer er køretøjsafhængige og vedrører de busser, der er anvendt til kørslen

Beregningsmæssig omkostningsfordeling for R-busserne i Region Sjælland	%	Kr./time
Løn (chauf., mek., adm. personale), andel af de samlede udgifter for al R-buskørsel i Region Sjælland	50,0 %	385,11
Kapitalomkostninger (bygninger), forsikr., overhead mv. Beløbet fremkommer som en residual af de øvrige omkostninger	16,8 %	129,66
Service/vedligehold. Det er forudsat, at udgifterne udgør 1,9 kr./kørt km i gennemsnit	12,6 %	97,04
Diesel. Det er forudsat, at en bus i gennemsnit kører 3,15-3,30 km/liter	15,4 %	118,78
Kapitalomkostninger (busmateriel). Det er forudsat, at en gennemsnitlig R-bus koster 2 mio. kr. og afskrives over 12 år med en skrapværdi på 5 %. Kørslen på R-buslinjerne blev udført med et miks af 12-14 m busser	5,1 %	39,62
Gennemsnitlig timepris for en køreplantage R-busser i Region Sjælland 2019	100,0 %	770,22

Tanken er, at de køretøjsafhængige omkostninger, markeret i tabellen, vil variere i takt med at der indsættes andre bustyper, f.eks. ledbusser eller dobbeltledbusser og/eller hvis der skiftes brændstofteknologi. De øvrige udgifter vist i tabellen til løn og kapitalomkostninger til bygninger mv. holdes uændret, rent beregningsmæssigt.

På den måde kan de forventelige, samlede bruttotimepriser med ændrede busmateriel og brændstofteknologi lidt forenklet estimeres.

I beregningerne er anvendt aktuelle drivmiddelpriser fra foråret 2020. Der er herudover anvendt en række erfaringstal samt fagligt baseret skønstal i beregningerne. Resultatet er vist i Tabel 16.

Tabel 16 Beregnede bruttotimepriser for ledbusser og dobbeltledbusser med forskellige drivmiddelteknologi. Kilde: Movia for bruttotimepriser for R-busser

Bruttotimepriser Inkl. evt. udgifter til tankfaciliteter og ladeudstyr	Kr. pr. køreplantime i gennemsnit
R-busser i dag, diesel 12-14 m busser	770
Ledbus <18,75 m	
Diesel	840
HVO	939
Biogas	867
El	1.018
Dobbeltledbus 25 m	
Diesel	985
HVO	1.124
Biogas	1.019
El	1.181

Eldrevne busser

På Østbanen er de daglige vognløb forholdsvis lange, godt 800 km i gennemsnit. Med et sådant kørselsomfang vil det være mest rentabelt at elbusser lades løbende op ved endestationerne. Det er forudsat, at opladningen sker på endestationerne på Faxe Ladeplads St. og på Rødvig St., hvor der udpeges arealer til etablering af ladefaciliteter til busserne.

Der er ikke gennemført detaljerede beregninger af opladningsbehovet for busserne hen over driftsdøgnet, men baseret på en vurdering af køreplanen og det samlede, forventede strømforbrug til en ledbus eller en dobbeltledbus er der behov for ekstra busser, som kan indsættes i driften, mens andre busser lades op.

For hvert omløb (f.eks. fra Rødvig St. – Køge St. og retur) forventes, at bussen skal oplades. Opladningen vil vare omkring 30 minutter – lidt kortere tid for en ledbus, lidt længere for en dobbeltledbus. I den periode, er en anden bus nødt til at overtage driften i køreplanen, og for elbusser er derfor forudsat, at antallet af driftsbusser er dobbelt så højt, som vognløbsplanen rent teknisk kræver.

Gasbusser Gasbusserne kan også få problemer med for små tanke til de forholdsvis lange vognløb på Østbanen. Fast-fill tankfaciliteter kan dog genopfylde busserne på 10-20 min. på et tidspunkt i løbet af dagen, og derfor vurderes det ikke at udgøre et større problem. En enkelt ekstra bus vil kunne indsættes over nogle timer og derved sikre tid til at genopfyldning af busserne. Beregningsmæssigt er afsat 15 % ekstra gasbusser.

Udbud I et konkret udbud af BRT-busser, vil det ikke være muligt at forudsige priserne, da de afgøres af markedssituationen på tidspunktet for udbuddet. De anførte timepriser i Tabel 16 er priser, der beregningsmæssigt er opgjort for at kunne estimere de driftsøkonomiske konsekvenser af en BRT.

Særligt for elbusser må i øvrigt forventes, at priserne vil være faldende i de kommende år på grund af stigende efterspørgsel og flere producenter. Tilsvarende gælder ikke umiddelbart for de andre, nævnte teknologier.

8.3 Autonome/førerløse køretøjer

I forlængelse af kommissoriet er perspektiverne med autonom/førerløs drift vurderet. Det helt overvejende driftsøkonomiske perspektiv på sigt handler om at kunne spare chaufførudgifterne, hvorved de samlede driftsudgifter vil reduceres markant. Den autonome teknologi vil øge indkøbsprisen for køretøjet, men samlet set forventes reduktioner i de samlede driftsudgifter på i omegnen af 40 %.

Status Der har gennem de seneste 10 år fra mange sider været arbejdet for at fremme anvendelsen af selvkørende køretøjer. Det gælder ikke mindst i relation til offentlig transport. Der er gjort store teknologiske fremskridt og gennemført forsøg med køretøjer med forskellige niveauer af autonomi forskellige steder i verden – herunder også i Danmark.

Indtil videre er der tale om forsøg med restriktioner på ruter og hastigheder, og der er ofte krav om, at der altid skal være en person ombord, som kan gribe ind når teknologien kommer til kort over for den trafikale virkelighed på det almindelige vejnet. Der er p.t. ikke kendskab til førerløse køretøjer, der kan fungere uden restriktioner med hensyn til eksempelvis hastighed, vejtilstand og vejforhold og som kan køre i almindelig blandet trafik – dét, der også kendes som SAE-niveau 5²¹ inden for autonome køretøjer.

Dansk forsøg Aktuelt er der i Danmark givet tilladelse til tre forsøgsprojekter, hvor transport af personer på offentlig vej sker ved anvendelse af førerløs teknologi. Af disse er kun et enkelt forsøg igangsat. Det drejer sig om et forsøgsprojekt med en

²¹ SAE International standard J3016. Standarden definerer seks niveauer for autonom kørsel fra SAE niveau 0 (ingen automation) til SAE niveau 5 (fuldt selvkørende). Niveau 4 kan også være førerløse køretøjer, men kun under visse nærmere definerede driftsforhold. Driften kan fx. være belagt med restriktioner på rute, trafikforhold, vejforhold o.a.

eldrevet 11 personers minibus i Aalborg²². Her betjenes en ca. 2 km lang strækning på et lukket stisystem i Aalborg Øst, se Figur 25.



Figur 25 Forsøgsstrækning med autonom bus i Aalborg – maks. 18 km/t. (foto: ITS Teknik)

Minibussen har en maksimal tilladt hastighed på 18 km/t, og er programmeret til at køre den præcise strækning med de præcise omgivelser og stoppesteder der nu engang findes på strækningen. Bussen kan autonomt køre sine programmerede ture på strækningen, så længe den ikke møder 'ukendte forhold' (dvs. ikke indprogrammerede) objekter/situationer) inden for en sikkerhedszone på 3 m omkring køretøjet.

Hvis/når afstanden mellem køretøjet og et fremmed objekt bliver mindre end 3 m er køretøjet programmeret til at standse, hvorefter en person evt. kan overtage føreransvaret fra/for køretøjet.

Bussen må i øjeblikket kun køre autonomt på selve strækningen. Ved kørsel til/fra strækningen skal en 'human driver' have fuld kontrol over køretøjet. Der er således et stykke vej før autonomi på niveau 5 (reelt førerløst køretøj) kan sættes i almindelig kommerciel drift i almindeligt forekommende trafikscenarier.

I de godkendte projekter er det indtil videre en betingelse, at der er en operatør i køretøjet under kørslen.

Forsøg i nabolandene

I nabolandene Sverige og Norge eksperimenteres også med autonome busser på stort set samme teknologiske niveau som i Danmark, men i Sverige er der konkrete planer²³ om at afprøve niveau 4 busser med hastigheder på op til 100

²² Herudover er der inden for de seneste to måneder givet tilladelse til et forsøg på Slagelse Sygehus samt et forsøg i Nordhavn i København. Trafikselskabet Movia gennemførte herudover i 2018 et indendørs forsøg med en lignende minibus på Køge Sygehus

²³ <https://ing.dk/artikel/selvkørende-busser-koerer-100-kmt-linkoping-232995>

km/t inden for de næste 4 år. Formålet med projektet er at lære nyt om teknologiens muligheder og begrænsninger. Også dér vurderes fuldt selvkørende teknologi (niveau 5) reelt at ligge et stykke ude i fremtiden. Generelt er opfattelsen, at implementering af niveau 5 vil kunne ske tidligere i lukkede trafikssystemer end i åbne – det kunne eksempelvis være ifm. BRT-løsninger i eget tracé.

For tidligt med autonom drift

Umiddelbart betragtet virker det foreliggende BRT-projekt på Østbanen velegnet til førerløs drift, da der er lange stræk uden forventet interaktion med øvrig trafik og et meget veldefineret BRT-tracé, som køretøjet skal følge. Det er forhold, der ikke forventes at vanskeliggøre en autonom løsning på sigt. Men udover at den grundlæggende køretøjsteknologi fortsat ikke er moden, vil der på Østbanen være to udfordringer, der ikke vurderes at være afklaret tilfredsstillende på kort sigt (5 år):

- > BRT-kørslen skal kunne gennemføres både på et dedikeret BRT-tracé og i almindelig blandet vejtrafik. Sidstnævnte dels på en delstrækning på Toldbodvej og Østre Banevej i Køge, dels ved endestationerne på Faxe Ladeplads St. og Rødvig St., hvor køretøjet også kortvarigt skal ud på offentlige veje
- > BRT-kørslen skal ske med hastigheder på op til 80 – 100 km/t fra første driftsdag. I øjeblikket planlægges de første niveau 4-forsøg med så høje hastigheder gennemført i løbet af de kommende 3-4 år, og der må derfor forventes at gå yderligere en del år inden der kan køres autonomt med så høje hastigheder under alle trafikale forhold (niveau 5).

Samlet forventes, at de godkendende myndigheder i mange (>5)²⁴ år endnu vil stille særlige krav til bl.a. adgangskontrol til det dedikerede BRT-tracé og til den teknologiske modenhed af køretøjsteknikken for at tillade at køretøjet opererer førerløst. I konsekvens af det aktuelle teknologiske og lovgivningsmæssige stade og i erkendelse af samfundets alment accepterede krav til person- og trafikikkerhed, som en BRT-løsning vil skulle indplacere i, vurderes det for nuværende ikke realistisk at arbejde med planer om at etablere en BRT-løsning baseret på anvendelse af førerløse køretøjer.

Afgrænsede forsøg

Indtil førerløs drift kan blive en realitet kan BRT-vejen evt. indgå i afgrænsede udviklingsforsøg med autonom teknologi. BRT'en vil blive en linje med regulær drift i alle dag- og aften timer, og det må antages, at evt. forsøg som udgangspunkt vil skulle gennemføres i tidsrum, hvor der ikke er kommerciel drift, der kan forstyrres.

Indledende overvejelser om mulige forsøg kan eksempelvis omfatte test med autonom kørsel ved høje hastigheder, som i øjeblikket planlægges i Sverige. Test af køretøjers reaktionsmønstre i forhold til forskellige typer af hændelser med dyr eller andre objekter på kørebanen, test med nødopbremsninger i kurver

²⁴ Se bl.a.: <https://www.dr.dk/nyheder/regionale/nordjylland/danmarks-foerste-foerer-loese-busser-koerer-nu-i-aalborg>

med høj fart og test af køretøjers redundante systemer (hvad sker der i praksis, hvis et eller flere systemer pludselig svigter) er andre muligheder.

Testkørsler for at undersøge, hvor smal vejbanen kan tåle at blive før det bliver farligt med autonom kørsel, kan også være interessante (smalle veje er billigere at anlægge end brede veje). Og ligeledes vil forskellige test med køretøjer i overgangen mellem lukkede tracéer og blandet trafik kunne øge vidensniveauet, hvis det kan praktiseres.

Det vurderes, at den skitserede BRT-vej med en samlet, lukket vejstrækning på ca. 49 km vil kunne udgøre et unikt miljø for test med forskellige typer af autonome køretøjer i perioder, hvor der ikke er BRT-drift.

9 Trafikale effekter

Erstatning af tog på Østbanen med en BRT vil medføre en række effekter for de rejsende i form af ændrede køretider, vente- og skiftetider. Samlet set er forventningen, at en BRT ikke vil foranledige et skift (modal shift) mellem transportmidler i banens opland. De opgjorte effekter er i denne foranalyse foreløbige og behæftet med væsentlige usikkerheder. Effekterne er søgt estimeret ud fra så objektive og gennemsigtige kriterier som muligt.

I foranalysen er de tre hastighedsalternativer A, B og C beskrevet samt frekvensalternativerne 1, 2 og 3. I det følgende opgøres effekterne for disse alternativer.

Skitsekøreplaner

De bagvedliggende skitsekøreplaner er foreløbige udkast, som ved en bearbejdning må forventes at kunne optimeres yderligere. I alle skitser er taget udgangspunkt i det nuværende standsningsmønster på strækningerne, dvs. at nogle af standsningsstederne mellem Køge og Hårlev overspringes på nogle afgange.

Der er indlagt et ekstra minuts køretid for at kompensere for kørslen ud fra Østbanetracéet ved Carlsensvej og kørslen i blandet (men reguleret) trafik mellem Carlsensvej og busterminalen. Det betragtes som et forsigtigt bud på nødvendig, ekstra køretid.

Dubleringskørsel

Omfanget af dubleringskørsel for at sikre tilstrækkelig kapacitet på de mest benyttede afgange er skønnet på baggrund af rejsekortdata om det nuværende rejsemønster samt passagertællinger på Østbanen. Behovet er også afhængigt af den fremtidige, maksimale hastighed for BRT-busser, herunder særligt muligheden for stående passagerer, og af afgangsfrekvensen. Jo flere afgange, des større tidsmæssig spredning af de rejsende.

I Tabel 17 er vist et oplæg til dubleringskørsel. Det er forudsat, at dubleringskørsel udføres med busmateriel, der svarer til BRT-busserne. Videre er skønsmæssigt forudsat, at prisen pr. time for dubleringskørsel indeholder et tillæg til den beregnede timepris for driftsbusserne på 250 kr. Det anbefales, at behovet for dublering undersøges nærmere i en detailfase.

Hastighedsalternativ A 80 km/t – 70 km/

Nøgletal for de respektive frekvensalternativer med udgangspunkt i hastighedsalternativ A er vist i Tabel 18. For frekvensalternativ 1 (samme drift som toget), er der ikke behov for nye krydsningssteder. I frekvensalternativerne 2 og 3 kræves etablering af nye krydsningsstationer på Faxe Syd St. og Himlingøje St. Herudover er der behov for at etablere to henholdsvis fire nye krydsningssteder mellem eksisterende standsningssteder.

I frekvensalternativ 2 og 3 er der herudover behov for en krydsning på Toldbodvej umiddelbart syd for busterminalen.

Tabel 17 Oplæg til dubleringskørsel opgjort som timer med en dubleringsbus. Det forventes, at der primært er behov for dublering på fællesstrækningen mellem Hårlev St. og Køge St.

Forventet dubleringskørsel Hverdage	Hastighedsalternativ		
	A 80 km/t - 70 km/t	B 100 km/t - 70 km/t	C 100 km/t - 100 km/t
Ledbus			
1 30 min./15 min.	4 timer	4 timer	4 timer
Frekvens- alternativ 2 20 min./10 min.	2 timer	2 timer	2 timer
3 15 min./7,5 min.	-	-	-
Dobbeltledbus			
1 30 min./15 min.	2 timer	2 timer	2 timer
Frekvens- alternativ 2 20 min./10 min.	1 timer	1 timer	1 timer
3 15 min./7,5 min.	-	-	-

Tabel 18: Nøgletal for hastighedsalternativ A (80 km/t – 70 km/t). Der er angivet et interval for min. og maks. køretid for de to retninger

Frekvensalternativ	1 30 min./15 min.	2 20 min./10 min.	3 15 min./7,5 min.
Interval ml. afgang fra Køge	11-14 min	7-13 min	6-9 min
Køretidsestimat Køge St. – Hårlev St.	13-15 min	14-17 min	13-16 min
Køretidsestimat Køge St. – Faxe Ladeplads St.	36-37 min.	35-37 min	36-37 min
Køretidsestimat Køge St. – Rødvig St.	33-35 min	35-37 min	35-36 min
Antal busser i alm. drift	6	9	11
Antal busser til dublering*	2	2	-
Nye stationer med krydsning	Ingen	Faxe Syd St.	Himlingøje St.
Nye krydsninger mellem:		Køge St. – Egøje St.	Køge St. – Egøje St.
		St. Heddinge St. – Rødvig St.	Grubberholm St. – Himlingøje St.
			Tokkerup St. – Faxe Syd St.
			Varpelev St. – Klipinge St.

* Antallet af dubleringsbusser er skønnet ud fra den nuværende belastning af togene på Østbanen

Hastighedsalternativ B Nøgletal for de respektive frekvensalternativer med udgangspunkt i 100 km/t – 70 km/t hastighedsalternativ A er vist i Tabel 19.

I frekvensalternativerne 2 og 3 kræves etablering af nye fire eller fem nye krydsningssteder mellem eksisterende standsningssteder. I disse to alternativer er der herudover behov for en krydsning på Toldbodvej umiddelbart syd for busterminalen.

Tabel 19: Nøgletal for hastighedsalternativ B (100 km/t – 70 km/t). Der er angivet et interval for min. og maks. køretid for de to retninger

Frekvensalternativ	1 30 min./15 min.	2 20 min./10 min.	3 15 min./7,5 min.
Interval ml. afgang fra Køge	15-15 min	8-12 min	6-9 min
Køretidsestimat Køge St. – Hårlev St.	13-15 min	13-16 min	14-16 min
Køretidsestimat Køge St. – Faxe Ladeplads St.	34-36 min.	34-36 min	35-37 min
Køretidsestimat Køge St. – Rødvig St.	34-36 min	34-35 min	34-36 min
Antal busser i alm. drift	6	10	11
Antal busser til dublering*	2	2	-
Nye stationer med krydsning	Ingen	Ingen	Ingen
Nye krydsninger mellem:		Køge St. – Egøje St.	Køge St. og Egøje St.
		Egøje St. – Vallø St.	Grubberholm St. – Himlingøje St.
		Hårlev St. – Lille Linde St.	Himlingøje St. – Hårlev St.
		Vallø St. – Grubberholm St.	Tokkerup St. – Faxe Syd St.
			St. Heddinge St. – Rødvig St.

* Antallet af dubleringbusser er skønnet ud fra den nuværende belastning af togene på Østbanen

Hastighedsalternativ C Nøgletal for de respektive frekvensalternativer i hastighedsalternativ C er vist i Tabel 20. Igen kræver frekvensalternativerne 2 og 3 etablering af nye krydsningssteder. I det ene alternativ tre helt nye krydsningssteder mellem nuværende standsningssteder og i det andet ligeledes tre nye krydsningssteder samt et nyt ved en eksisterende station.

I frekvensalternativ 2 og 3 er der herudover behov for en krydsning på Toldbodvej umiddelbart syd for busterminalen.

Tabel 20: Nøgletal for hastighedsalternativ C (100 km/t – 100 km/t). Der er angivet et interval for min. og maks. køretid for de to retninger

Frekvensalternativ	1 30 min./15 min.	2 20 min./10 min.	3 15 min./7,5 min.
Interval ml. afgang fra Køge	8-17 min	9-11 min	6-9 min
Køretidsestimat Køge St. – Hårlev St.	12-15 min	12-15 min	12-15 min
Køretidsestimat Køge St. – Faxe Ladeplads St.	32-34 min	32-34 min	32-34 min
Køretidsestimat Køge St. – Rødvig St.	31-33 min	32-36 min	31-33 min
Antal busser i alm. drift	5	8	10
Antal busser til dublering*	2	2	-
Nye stationer med krydsning	Ingen	Himlingøje	Ingen
Nye krydsninger mellem:		Køge St. – Egøje St.	Køge St. – Egøje St.
		Himlingøje St. – Hårlev St.	Himlingøje St. – Hårlev St.
		Hårlev St. – Varpelev St.	Vallø St. – Grubberholm St.
			Karise St. – Tokkerup St.

* Antallet af dubleringbusser er skønnet ud fra den nuværende belastning af togene på Østbanen

Samlet For alle tre hastighedsalternativer kan frekvensalternativ 1 (samme drift som toget) gennemføres uden supplerende krydsningssteder. Øges frekvensen på strækningerne bliver der derimod behov for at etablere nye krydsningssteder, dels ved eksisterende stationer, dels helt nye steder på strækningerne mellem standsningsstederne i dag. Specielt i frekvensalternativ 3 er det samlede behov for nye krydsningssteder stort.

Køretider Køretiderne er ret identiske for alle tre frekvensalternativer. Herudover ses ganske logisk, at køretiderne er lavest for hastighedsalternativ C, mens køretiderne øges med alternativerne B og A.

Regularitet Det vurderes, at mulighederne for at opretholde god regularitet er uændrede i frekvensalternativ 1 med uændret frekvens i forhold til toget. I frekvensalternativerne 2 og 3 med øget drift vil regulariteten blive udfordret af et større antal krydsninger på strækningerne. På fællesstrækningen kan det blive særligt vanskeligt at opretholde regularitet. Her er driften dobbelt så høj som på grenene, og der skal ske krydsninger ved næsten alle standsningssteder. Små forsinkelser vil ret hurtigt sprede sig til resten af driften på hele banen og potentielt ramme alle eller de fleste rejsende.

Det vurderes dog, at en beslutning om at øge driften i forhold til i dag må overvejes meget nøje. De foreløbige skitseplaner indikerer, at både frekvensalternativ 2 og 3 teoretisk set kan lade sig gøre, men det anbefales, at der i en evt. detailfase arbejdes detaljeret med køreplanerne for at sikre, at der

er tilstrækkelige muligheder undervejs på strækningerne til at neutralisere forsinkelser, der løbende vil opstå.

I praksis vil etablering af supplerende krydsningssteder på fællesstrækningen alt andet lige kunne afbøde effekterne af forsinkede busser, så ventetiden på en krydsning bliver minimal. Det nødvendige omfang af ekstra krydsningssteder og udgifterne hertil bør også indgå i overvejslerne om øget drift.

En yderligere faktor, der kan påvirke regulariteten er anvendelse af dubleringskørsel, hvor to busser følges ad umiddelbart efter hinanden. En forsinkelse af den forreste bus vil påvirke begge busser, da busserne overhaling ikke er muligt. En evt. forsinkelse af den bagerste bus vil påvirke afgangstiden for den modkørende bus, da denne skal afvente begge busser inden den kan køre ud på strækningen.

9.1 Passagereffekter

Der er ikke anvendt trafikmodelberegninger til at estimere de passagermæssige effekter af at erstatte lokaltoget på Østbanen med en BRT. Vurderingen er, at tilgængelige modelværktøjer i øjeblikket har svært ved at vurdere effekterne af en BRT som koncept. Samtidig vurderes, at når ændringer af det trafikale tilbud til passagererne bevidst søges minimeret, så vil resultaterne af trafikmodelkørsler med stor sandsynlighed ikke udvise brugbare resultater (=forskelle).

I stedet er brugen af banen i dag analyseret på baggrund af rejsekortdata, som beskrevet i afsnit 2. Herudover er der gennemført afgrænsede pendlings- og oplandsanalyser for at belyse det samlede potentiale for nye rejsende, hvis driften forbedres i form af øget frekvens. Resultaterne heraf er inddraget i en skønsmæssig, faglig vurdering af de forventede passagereffekter.

Følgende fem aspekter indgår i vurderingen:

- > Effekter af ændret betjening
- > Køretidseffekter
- > Frekvenseffekter
- > Regularitetseffekter
- > Systemeffekter.

Ændret betjening

Med det skitserede BRT-oplæg fastholdes en lang række af de centrale parametre for det kollektive trafiktilbud til passagererne. Linjeføringen er stort set uændret; standsningsmønstret fastholdes; tilgængeligheden til stationer er uændret; indretning af stationer og standsningssteder er uændret; komforten søges fastholdt på et højt niveau svarende til toget, og i det hele taget er forholdene omkring kørslen stort set uændrede. Ingen målbare effekter.

Køretidseffekter

Erfaringsmæssigt vil øget rejsetid generelt føre til reduktion i passagertallet. Og omvendt. Linjeføringen fra krydset ved Toldbodvej/Carlsensvej, hvor linjen følger Toldbodvej videre ad Østre banevej til busterminalen øst for Køge St. medfører skønsmæssigt en forlænget køretid på 1 minut i alle driftsalternativer. Herudover er BRT'en i modsætning til toget nødt til at køre med nedsat hastig-

hed i udvalgte kurver af hensyn til mødesigt. Samlet set gør det alt andet lige BRT-løsningen lidt mindre attraktiv end toget.

Den erfaringsbaserede elasticitetskoefficient for øget rejsetid er -0,5. Det betyder, at en samlet forøgelse af rejsetiden på eksempelvis 5 % medfører et passagerfrafald på 2,5 %. De opgjorte køretider med BRT og tog er vist i Tabel 21.

I hastighedsalternativ A øges køretiderne gennemsnitligt med ca. 5,5 %, hvis den øgede køretid holdes op mod den gennemsnitlige rejsetid for rejser på Østbanen, som på baggrund af rejsekortdata kan opgøres til ca. 45 min²⁵. Hvis det samtidig forudsættes, at elasticitetskoefficienten på -0,5 er repræsentativ for effekterne på Østbanen, vil den højere køretid beregningsmæssigt medføre et fald i passagertallet på 2,8 %. Med ca. 3.300 passagerer pr. hverdag i gennemsnit i udgangspunktet, svarer det til ca. 90 passagerer.

Tabel 21 Køretider med BRT og tog. Opgjort for de tre hastighedsalternativer A, B og C. Opgjort for frekvensalternativ 1 (svarende til drift med toget)

Køretider	Tog	BRT	Forskel
	Min.	Min.	Min.
Alternativ A (80 km/t - 70 km/t)			
Køge St. – Hårlev St.	11-12	13-15	2,5
Køge St. – Faxe Ladeplads St.	31-33	36-37	4,5
Køge St. – Rødvig St.	33-34	33-35	0,5
Alternativ B (100 km/t - 70 km/t)			
Køge St. – Hårlev St.	11-12	13-15	1,5
Køge St. – Faxe Ladeplads St.	31-33	34-36	3
Køge St. – Rødvig St.	33-34	34-36	1,5
Alternativ C (100 km/t - 100 km/t)			
Køge St. – Hårlev St.	11-12	12-15	2
Køge St. – Faxe Ladeplads St.	31-33	32-34	1
Køge St. – Rødvig St.	33-34	31-33	-1,5

Tilsvarende øges køretiderne i alternativ B med gennemsnitligt ca. 4,4 %, og 2,2 % af passagererne må forventes at falde fra. Det svarer til ca. 75 passagerer pr. hverdag. I hastighedsalternativ C øges køretiderne med gennemsnitligt ca. 1,1 %. Beregningsmæssigt vil det føre til 0,6 % færre rejsende (ca. 20) end i dag.

²⁵ Ifølge rejsekortstatistik. En meget stor andel af passagerne på Østbanen skifter og rejser med S-tog mod København. Andelen af skift for alle rejsende på Østbanen er gennemsnitligt 1,03. En forsinkelse på Østbanen medfører dermed ikke automatisk forsinkelser, omvendt kan selv en lille forsinkelse gøre, at man mister sin korrespondance

Frekvens effekter

I frekvensalternativerne 2 og 3 øges den gennemsnitlige afgangsfrekvens på hele strækningen med 50 % henholdsvis 100 % i forhold til situationen med toget, der ligesom frekvensalternativ 1 vil tilbyde 30 min. drift på grenene og 15 min. drift på fællesstrækningen.

I frekvensalternativ 2, hvor antallet af afgange på grenene øges fra 2 til 3 afgange pr. time, vil påstigertallet med udgangspunkt i erfaringsbaserede elasticitetskoefficienter stige med 25 %. På fællesstrækningen øges antallet af afgange fra 4 til 6 afgange, og det vil beregningsmæssigt medføre 16 % flere rejsende. De tilsvarende tal for frekvensalternativ 3 er en stigning i passagertallet på 44 % på grenene, og en stigning på 24 % på fællesstrækningen.

Det anbefales dog, at disse beregningsmæssige effekter vurderes med forsigtighed. Det samlede antal indbyggere i oplandene til standsningsstederne og pendlingen til og fra området virker ikke stort nok til at skabe et regulært trafikspring, hvor antallet af rejsende med en BRT stiger så markant.

I mangel af yderligere konkret dokumentation kunne et forsigtigt skøn lyde, at øget frekvens kan resultere i gennemsnitligt 10 % henholdsvis 20 % flere rejsende i alternativ 2 og 3. Det svarer beregningsmæssigt til 330/660 passagerer pr. hverdag.

Regularitetseffekter

Regularitet og især svigtende regularitet er en vigtig kvalitetsparameter for de rejsende. For mange er forventningen formentlig i udgangspunktet, at tingene kører som planlagt. Men en forbedring af regulariteten vil alt andet lige blive opfattet positivt og vil ultimativt kunne medføre øgede rejsetal. En reduktion i regulariteten vil omvendt opfattes negativt og medføre frafald af passagerer.

De forventede udfordringer for frekvensalternativerne 2 og 3 er beskrevet tidligere. Hvis det skønsmæssigt antages, at regulariteten vil forringes med 1 minut i gennemsnit på alle ture med frekvensalternativ 2, vil det svare til, at rejsetiden øges med 2,2 % i gennemsnit for alle rejsende på strækningen.

Der er ikke fastlagt erfaringsbaserede elasticitetskoefficienter for ændret regularitet. Men transportøkonomiske nøgletal viser at forsinkelsestid vægtes ca. tre gange så højt for passagererne som almindelig køretid, hvilket blandt andet skyldes den usikkerhed, forsinkelsen giver omkring den samlede rejsetid. Hvis det antages som en forudsætning, vil effekterne af en forsinkelse på 1 minut svare til effekterne af 6,6 % øget rejsetid. Med en elasticitetskoefficient på -0,5 slår det igennem med passagerfald på 3,3 %. Det svarer til ca. 110 passagerer.

Tilsvarende vil der beregningsmæssigt mistes ca. 220 passagerer pr. hverdag med frekvensalternativ 3, hvis det her antages, at regulariteten vil blive forringet med 2 minutter i gennemsnit på alle ture.

Der er tale om effekter, som er vanskelige at estimere. De anførte effekter skal derfor betragtes som umiddelbare skøn.

Systemeffekter

Opgradering af en almindelig buslinje til en meget højklasset og gennemført BRT-løsning giver erfaringsmæssigt passagereffekter, der kan tåle

sammenligning med effekterne ved indførelse af skinnebårne systemer. Det er den effekt, der ofte omtales som "*skinneeffekten*" eller "*systemeffekten*".

Størrelsen af skinneeffekten er vanskelig at finde dokumentation om, og ligeledes vil det være vanskeligt at vurdere de passagermæssige effekter af at gå den anden vej; fra tog til BRT.

De passagermæssige effekter vil formentlig i høj grad afhænge af den samlede opfattelse af kvalitet i den tidligere togbetjening holdt op mod den nye busløsning. Erstattes gamle tog af nye, moderne og højklassede busser? Gennemføres andre opgraderinger som de rejsende sætter pris på? I forhold til Østbanen kan tilgængelige, alternative transportmuligheder også spille en rolle for effekterne.

I forbindelse med indsættelse af togbusser ved sporarbejder over længere perioder viser erfaringer, at 10 % af de rejsende eller mere kan falde fra, mens arbejdet står på. Togbusserne følger så vidt muligt det overordnede vejnet, og vil ofte have omvejskørsel i forbindelse med betjening af stationer. Det medfører længere rejsetider end vanligt, og måske endda ekstra skift.

Forventningen er derfor, at de registrerede passagertab ved sporarbejder næppe vil være retvisende for en situation, hvor BRT-busser erstatter et tog i det samme tracé og med en køreplan, der kun medfører få minutters ekstra køretid.

Set i lyset af ovenstående er et skønsmæssig bud, at de systemmæssige passagereffekter af en velfungerende BRT på Østbanen er minimale og grænsende til nul.

Passagereffekter og -grundlag

Med udgangspunkt i et passagertal på Østbanen på ca. 3.320 på en typisk hverdag er de forventede effekter opgjort for en BRT på strækningen, se Tabel 22. I Tabel 23 er vist det forventede passagergrundlag.

Tabel 22 Forventede passagereffekter af BRT for de tre hastighedsalternativer A, B og C og de tre frekvensalternativer 1, 2 og 3

Passagereffekter		Hastighedsalternativ		
		A 80 km/t - 70 km/t	B 100 km/t - 70 km/t	C 100 km/t - 100 km/t
Effekter af ændret betjening		Ikke målbare	Ikke målbare	Ikke målbare
Køretidseffekter		- 2,8 %	- 2,2 %	- 0,6 %
Frekvens-effekter				
Frekvens- alternativ	1 30 min./15 min.	Uændret	Uændret	Uændret
	2 20 min./10 min.	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %
	3 15 min./7,5 min.	+ 20 %	+ 20 %	+ 20 %
Regularitetseffekter				
Frekvens- alternativ	1 30 min./15 min.	Uændret	Uændret	Uændret
	2 20 min./10 min.	- 3,3 %	-3,3 %	- 3,3 %
	3 15 min./7,5 min.	- 6,6 %	- 6,6 %	- 6,6 %
Systemeffekter		Ikke målbare	Ikke målbare	Ikke målbare

Tabel 23 Forventet passagergrundlag for en BRT på Østbanen, omregnet på baggrund af Tabel 22. Opgjort for hastighedsalternativer A, B og C samt frekvensalternativerne 1, 2 og 3

Passagergrundlag		Hastighedsalternativ		
		A 80 km/t - 70 km/t	B 100 km/t - 70 km/t	C 100 km/t - 100 km/t
Frekvens- alternativ	1 30 min./15 min.	3.230	3.248	3.304
	2 20 min./10 min.	3.452	3.470	3.526
	3 15 min./7,5 min.	3.674	3.692	3.747

Køge St.

Der er i ovenstående beregninger ikke taget højde for rejsetidsforlængelser og skift på Køge St. som følge af, at der med en BRT-løsning ikke etableres direkte forbindelse med toget mellem Stevns/Faxe og Lille Syd til og fra Roskilde som planlagt fra december 2020.

Rejsekortdata indikerer, at der daglige antal rejsende, der i dag skifter på Køge St. fra Østbanen mod Roskilde eller retur er under 100.

Fremtidig togkøreplan

Opgørelsen af trafikale effekter (ovenstående) er baseret på en sammenligning med køreplanen på Østbanen i 2018/2019, inden hastigheden på banen blev reduceret i december 2019.

I det foreløbige driftsoplæg for en togløsning efter en sammenlægning af Østbanen og Lille Syd fra december 2020, vil afgangsfrekvensen på fællesstrækningen mellem Hårlev og Køge bl.a. blive halveret, mens køretiderne øges svagt på banen. Begge ændringer vil isoleret set forringe servicen for de rejsende i forhold til betjeningen i 2018/2019 køreplanen på Østbanen, som denne undersøgelse har taget udgangspunkt i.

10 Anlægsøkonomi

Alternative anlægsoverslag

Der er udarbejdet anlægsoverslag for de skitserede alternativer for en BRT i Østbanens tracé. Resultaterne er opgjort for hastighedsalternativ A, hvor der køres med maksimale strækningshastigheder på op til 80 km/t og op til 70 km/t i vejkrydsninger. Her er BRT-vejen 3,5 m bred. Tilsvarende er opgjort for hastighedsalternativ B, hvor den maksimale strækningshastighed er op til 100 km/t og hvor der fortsat køres med op til 70 km/t i vejkrydsningerne. Her er BRT-vejen dimensioneret til 4,0 m i bredden.

Resultaterne er vist for de tre frekvensalternativer 1, 2 og 3. Alternativ 1 svarer til driftsoplægget med toget, 30 minutters frekvens på grenene og 15 minutters drift på fællesstrækningen.

For den fravalgte, alternative linjeføring i Køge via Strandvejen er de anlægsøkonomiske forskelle opgjort i forhold til linjeføringen med udkørsel ved Carl-sensvej. Der vises ingen opgørelser for hastighedsalternativ C, da løsningen ikke umiddelbart vil kunne implementeres.

Anlægsoverslaget tager udgangspunkt i Transport- og Boligministeriets "Ny Anlægsbudgettering for forundersøgelser". Der er udarbejdet basisoverslag, som er "det bedste realistiske estimat ud fra den tilgængelige viden" for projektets udgifter, givet at der er tale om et overslag.

Proces

COWI har estimeret og leveret mængdeopgørelser til Vejdirektoratet, som efterfølgende har prissat de forskellige omkostningsposter. I forhold til budgettering af et indledende anlægsoverslag er anvendt gældende principper for Ny AnlægsBudgettering (NAB) og fastlagt relevant korrektionstillæg på 40 % gældende for forundersøgelser.

De anvendte enhedspriser (2020-priser) er baseret på Vejdirektoratets erfaringstal fra realiserede projekter samt anlægsoverslag på mere detaljeret niveau. Derved er de indledende anlægsoverslag fremkommet. COWI har derefter opgjort nøgletallene for de forskellige løsningsalternativer.

10.1 Anlægsbudgettets bestanddele

Anlægsbudgettet er nedbrudt og opgjort på følgende hovedposter:

- > Nedtagning af banen. Denne post dækker alle omkostninger til nedtagning, bortskaffelse og bortsalg af skinner, sveller, optagning og knusning af skærver til genbrug ifm. med ny vejopbygning
- > Jordarbejder. Posten dækker alle jordarbejder, herunder de forventede omkostninger til blødbundsudskiftning og fældning af træer for at sikre mødesigt for BRT-busserne
- > BRT-vejen. Denne post dækker alle omkostninger til etablering af selve BRT-vejen, tilpasninger til tilstødende veje og stier og tilpasning/udbygning

ved standsnings- krydsningssteder samt vendepladser. Arbejdet omfatter bl.a. håndtering af særlige bund- og miljøforhold, opbygning af vejkasse, belægnings- og brobelægningsarbejder, etablering af supplerende perroner, nye krydsningssteder og vendepladser

- > Ny afvanding. Denne post dækker alle omkostninger til etablering af ny komplet afvanding af selve BRT-vejen samt på nye perroner. Det omhandler bl.a. anskaffelse og lægning af dræn og rør samt jordarbejde i forbindelse med etablering af tørbassiner
- > Konstruktioner. Denne post dækker udvidelser, forstærkninger og udskiftninger af bygningsværker på strækningen, herunder bro- og rørføringer, som skønnes relevante og nødvendige i de respektive alternativer
- > Trafikstyring. Denne post dækker anlægsomkostninger til trafikstyring, herunder etablering af signalanlæg, skiltning, anskaffelse af supplerende bomanlæg, detektorer, IT-udstyr til styring af driften og tilhørende kabling
- > Arealerhvervelse. Arealerhvervelsen dækker udgifter til erhvervelse af areal i land- og byzone samt totalekspropriation af ejendomme. Omkostninger for areal er fastlagt med generiske enhedspriser for landzone og byzone, mens der for erhvervelse af ejendomme er foretaget særskilt prissætning ud fra de offentlige ejendomsvurderinger
- > Diverse arbejder. Posten dækker bl.a. over skønnede arbejdspladsomkostninger, etablering af belysning ved nye trinbrætter, kabelautoværn og ombygning af eksisterende kryds ved Toldbodvej/Carlsensvej samt etablering af nyt signalreguleret kryds ved busterminalen.

Arbejdspladsomkostningerne svarer ifølge Vejdirektoratets erfaringer til ca. 7 % af de samlede anlægsomkostninger.

Tillæg	Til ovenstående er efterfølgende lagt forventede udgifter til PTA (projektering, tilsyn og intern administration). Omkostningerne er opgjort ved hjælp af erfaringstal hos Vejdirektoratet. Og endelig er der tilføjet et korrektionstillæg på 40 % jævnfør principperne i Ny Anlægsbudgettering for forundersøgelser.
Køretøjsmateriel	Anlægsbudgettet indeholder ikke driftsrelaterede omkostninger, herunder busmateriel, depot og værkstedsfaciliteter til busserne samt evt. tankfaciliteter til gasbusser eller ladeinfrastruktur til elbusser. Disse omkostninger er indeholdt i de opgjorte driftsomkostninger og indgår i stedet som en del af driftsbudgettet, som operatørleverance.
Køge St.	Banedanmark oplyser, at de banevendte aktiviteter som forberedelse for en BRT-løsning på Køge St. vurderes til i størrelsesordenen 50 mio. kr. Prissætningen bygger på erfaringspriser fra lignende projekter og dækker over skønsmæssige vurderinger af omkostninger ved ændringer i spor-, kørestrøms- og signalanlæg. I forhold til tværgående omkostninger til bl.a. projektering

og udførelse bygger vurderingen på en antagelse om, at de prissatte ændringer udføres som et særskilt projekt. Prissætningen er forbundet med stor usikkerhed, hvorfor Banedanmark i dette tilfælde har anvendt et korrektionstillæg på 100 %.

Det er desuden forudsat, at rammekonstruktioner til kørestrøm nord for overkørsel 115 bibeholdes, samt at sporgeometrien for blivende spor ikke ændres.

10.2 Anlægsoverslaget

Tabel 24 indeholder anlægsbudgettet brudt ned på de otte omtalte hovedposter for hastighedsalternativerne A og B, og opgjort for frekvensalternativerne 1, 2 og 3.

Tabel 24 Anlægsoverslag for BRT på Østbanen, opgjort for hastighedsalternativerne A (denne side) og B (næste side). Opgjort for frekvensalternativerne 1, 2 og 3

BRT på Østbanen		Frekvensalternativ 1	Frekvensalternativ 2	Frekvensalternativ 3
Anlægsoverslag	Mio. kr.	30 min./15 min.	20 min./10 min.	15 min./7,5 min.
Hastighedsalternativ A (80 km/t - 70 km/t)				
Nedtagning af banen, nedknusning af skærver til genanvendelse		60,5	61,1	61,1
Jordarbejder		88,0	91,0	91,9
Vej, stationer, krydsningssteder, perroner og brolægning		93,7	116,1	118,3
Afvanding		47,3	47,3	47,3
Konstruktioner		12,8	12,8	12,8
Trafikstyring		62,6	62,6	62,6
Arealerhvervelse		22,4	22,4	22,4
Diverse arbejder og arbejdspladsomkostninger		60,2	60,2	60,2
Anlægssum		447,4	473,4	476,5
Projektering, tilsyn og administration		91,6	97,0	97,6
Basisoverslag		539,0	570,4	574,1
Korrektionstillæg (40 %)		215,6	228,1	229,6
Tilpasning af Køge St.		50,0	50,0	50,0
Indledende anlægsoverslag		804,6	848,5	853,7

BRT på Østbanen		Frekvensalternativ 1	Frekvensalternativ 2	Frekvensalternativ 3
Anlægsoverslag	Mio. kr.	30 min./15 min.	20 min./10 min.	15 min./7,5 min.
Hastighedsalternativ B (100 km/t - 70 km/t)				
Nedtagning af banen, nedknusning af skærver til genanvendelse		61,6	62,4	62,7
Jordarbejder		91,0	93,8	94,3
Vej, stationer, krydsningssteder, perroner og brolægning		119,9	125,4	128,2
Afvanding		47,5	47,5	47,5
Konstruktioner		12,9	12,9	12,9
Trafikstyring		70,4	70,4	70,4
Arealerhvervelse		23,1	23,1	23,1
Diverse arbejder og arbejdspladsomkostninger		60,2	60,2	60,2
Anlægssum		486,6	495,7	499,4
Projektering, tilsyn og administration		99,7	101,5	102,3
Basisoverslag		586,3	597,3	601,7
Korrektionstillæg (40 %)		234,5	238,9	240,7
Tilpasning af Køge St.		50,0	50,0	50,0
Indledende anlægsoverslag		870,8	886,2	892,4

Hovedresultater

En løsning med hastighedsalternativ A skønnes at koste ca. 805-854 mio. kr. inkl. korrektionstillæg afhængigt af frekvensalternativet. Med hastighedsalternativ B er de tilsvarende omkostninger inkl. korrektionstillæg ca. 871-892 mio. kr. Det svarer til ca. 16,5-18,2 mio. kr. pr. km.

Som det fremgår af tabellen forventes det at koste ca. 60-63 mio. kr. at nedtage banen, og nedknuse brugbare skærver til genanvendelse²⁶.

Den største udgiftspost herefter vedrører opbygning af BRT-vejen og tilpasningen til standsningssteder mv. som forventes at koste mellem ca. 94 og 128 mio. kr., afhængigt af hastigheds- og frekvensalternativ. Det tilhørende jordarbejde med bl.a. udskiftning af blødbundsområder forventes at koste mellem ca. 88-94 mio. kr. En meget stor post i den sammenhæng er de forventede omkostninger til at fælde træer for at sikre mødesigt for BRT-busserne. Udgifterne hertil udgør alene ca. 28-36 mio. kr. afhængigt af, om strækningshastigheden er maksimalt 80 km/t eller 100 km/t.

Ny afvanding vil koste knap 48 mio. kr. på tværs af alternativerne og udgifter til udvidelse og forstærkning af konstruktioner tilsvarende knap 13 mio. kr.

Trafikstyring forventes i hastighedsalternativ A at koste ca. 63 mio. kr. og godt 70 mio. kr. med alternativ B. Heraf vil udgifterne til at etablere nye trafiksignaler i alle 29 vejkrydsninger og tilhørende vejbelysning og skiltning udgøre ca. 32

²⁶ Opgjort ekskl. PTA og korrektionstillæg ligesom de øvrige beløb i resten af afsnittet

mio. kr. Udgifter til etablering af signaler til at styre BRT-bussernes indbyrdes krydsninger forventes at udgøre ca. 4 mio. kr., og endelig kan nævnes, at udgifterne til nye bomanlæg ved indkørslerne til BRT-sporet er opgjort til ca. 10 mio. kr.

Når udgifterne til trafikstyring er dyrere i hastighedsalternativ B end i A skyldes det primært, at der i alternativ B er afsat midler til at opsætte dynamiske skilte, som kan advare chaufføren om uvedkommende objekter på vejen gennem data fra detektering ved vejkrydsningerne.

De samlede omkostninger til arealerhvervelse forventes at udgøre ca. 22-23 mio. kr. for de forskellige alternativer, mens omkostningerne til diverse arbejder, herunder særligt autoværn og arbejdspladssomkostninger skønnes at udgøre ca. 60 mio. kr.

Risikovurdering

Der er i forbindelse med projektet gennemført en overordnet risikovurdering af anlægsoverslaget.

Vurderingen indikerer, at risikoen helt overvejende knytter sig til vurderingen af mængder i forbindelse med anlægsarbejder (jordarbejde mv.) og tillægsarbejder, der kan vise sig i en senere planlægnings- eller detailfase.

Risikovurderingen indikerer imidlertid også, at budgetsikkerheden med rimelighed kan antages at være forholdsvis høj (ca. 85 %). Det vil sige, at det er rimeligt at antage, at et projekt kan gennemføres med begrænset anvendelse af budgetreserver og en totalbevilling svarende til de indledende anlægsoverslag.

10.3 Fravalgt linjeføring via Strandvejen

For en alternativ linjeføring via Strandvejen er de anlægskonomiske forskelle i forhold til forslaget med udkørsel ved Carlsensvej forenklet opgjort. En række omkostninger i forslaget med udkørsel ved Carlsensvej kan udgå eller reduceres, mens nye kommer til.

Ved at forlade banetracéet allerede ved Strandvejen udgår en støttevæg på ca. 95 m og en bro over Køge Å. Ligeledes reduceres asfaltarbejdet på den afkortede kørebane, og de beregningsmæssige udgifter til autoværn. Og endelig udgås hele ombygningen af det signalregulerede kryds ved Toldbodvej/Classensvej (fysisk og signalteknisk).

Omvendt skal broen over Køge Å ved Strandvejen udvides og forstærkes, hvis BRT-busserne skal kunne forlade tracéet og fortsætte via Strandvejen. Det eksisterende kryds Strandvejen/Marievej skal ombygges, og der skal samtidig ske en ombygning til signalreguleret kryds med busprioritering i begge retninger ved Strandvejen/Toldbodvej/Carlsensvej for at sikre udkørsel til Toldbodvej fra Strandvejen. Endvidere skal der sikres busprioritering i krydset Toldbodvej/Classensvej længere mod nord, så busserne kan køre lige igennem i begge retninger uden ophold.

Mer- og mindreomkostningerne vil stort set være uafhængige af hastigheds- og frekvensalternativ. Ved at vælge den alternative linjeføring viser beregningerne, at der samlet udgår omkostninger for ca. 6,8 mio. kr., mens der vil blive meromkostninger, der svarer til ca. 6,6 mio. kr. Alternativet er således beregningsmæssigt kun knap 0,2 mio. kr. billigere end forslaget med udkørsel ved Carlsensvej. Da den alternative linjeføring medfører trafikale ulemper, blev den fravalgt.

11 Samfundsøkonomi

Den samfundsøkonomiske beregning tjener til at sammenligne omkostninger og gevinster for trafikanter og samfundet bredt set. I samfundsøkonomien opgøres nettonutidsværdien og projektets interne rente, hvilket gør det muligt at sammenligne og prioritere mellem forskellige projekter og løsninger for det enkelte projekt.

Beregningsmæssigt udgangspunkt

Til brug for den samfundsøkonomiske analyse er beregningsmæssigt taget udgangspunkt i en løsning, hvor der anvendes eldrevne dobbeltledbusser. Der er gennemført beregninger for hastighedsalternativ A (80 km/t – 70 km/t) og B (100 km/t – 70 km/t) samt for frekvensalternativ 1 (30 min. / 15 min. drift) samt drift med eldrevne dobbeltledbusser. Der er til sammenligning herudover regnet på hastighedsalternativ A (80 km/t – 70 km/t) samt for frekvensalternativerne 2 og 3 (20 min./10 min. drift) henholdsvis (15 min./7,5 min. drift).

Anvendte forudsætninger

De samfundsøkonomiske beregninger er gennemført ved hjælp af TERESA 5.08 – modellen, og følger de gældende vejledninger for samfundsøkonomiske analyser på transportområdet. Der anvendes enhedsomkostninger fra *Transportøkonomiske enhedspriser version 1.91*.

Tabel 25 viser de grundlæggende forudsætninger for den samfundsøkonomiske analyse.

Tabel 25 Grundlæggende forudsætninger

Parameter	Forudsætning
Grundlæggende metode	Markedsprismetode
Beregningsperiode (år)	50
Kalkulationsrente (periode)	4 % (år 0 – 35) 3 % (år 36 – 70)
Arbejdsudbudsforvridning	10 %
Nettoafgiftsfaktor (NAF)	1,280
Ibrugtagningsår	2025
År for nettonutidsværdi	2020
Prisniveau	2020
Geografisk afgrænsning	National
EU-tilskud	0 %

11.1 Anlægsomkostninger

Østbanen

Anlægsomkostningerne til skinnerenovering af Østbanen er opgjort til 510 mio. kr. inkl. 30 % korrektionstillæg. Det er forudsat, at der er tale om 2020-priser.

BRT-løsning

De forskellige hastighedsalternativer og frekvenser for BRT-løsningen giver anledning til forskellige anlægsoverslag, der er angivet i Tabel 26. I

beregningerne er antaget, at anlægsudgifterne spredes ud lineært over anlægsperioden 2021-2024. Derudover er forudsat, at restværdien i slutningen af perioden er lig værdien af den samlede anlægsinvestering, da det forudsættes, at løbende vedligeholdelse medfører, at anlægget ikke taber værdi. Dette svarer til almindelig praksis for analyser af denne art.

Tabel 26 Anlægsoverslag inkl. korrektionstillæg på 40 %. Opgjort for hastighedsalternativerne A og B samt frekvensalternativerne 1, 2 og 3

Mio. kr.		Hastighedsalternativ	
		A 80 km/t - 70 km/t	B 100 km/t - 70 km/t
Frekvensalternativ	1 30 min./15 min.	804,6	870,8
	2 20 min./10 min.	848,5	886,2
	3 15 min./7,5 min.	853,7	892,4

Der er i beregningerne ikke taget højde for gener i anlægsperioden. Disse er behandlet kvalitativt i afsnit 11.9.

11.2 Driftsomkostninger til operatører

Lokaltog A/S

Med udgangspunkt i den køreplan, som var gældende før december 2019, og som udgjorde en årlig togkilometerproduktion på ca. 1.263.000 km, har Movia oplyst, at driftsudgifterne til Lokaltog A/S for Østbanen udgjorde ca. 67,1 mio. kr. Beløbet udgøres overordnet set af følgende:

Tabel 27 Opgørelse af driftsomkostninger til Østbanen i 2019. Kilde: Movia

Driftsomkostninger	Mio. kr. i 2019
Kilometerafhængigt vederlag	28,5
Drift af værksted i Hårlev	5,5
Kapitalomkostninger 7 togsæt	9,0
Andel af faste omkostninger Opgjort efter en fordelingsmodel for alle lokalbaner	24,1
Sum	67,1

Driftsudgifterne på ca. 67,1 mio. kr. modsvarer en drift med BRT som beskrevet i frekvensalternativ 1. Fremskrevet til 2020-priser udgør driftsudgifterne ca. 68,3 mio. kr.

BRT-operatør

På baggrund af de beregnede bruttotimepriser for dobbeltledbusser med forskellige drivmiddelteknologi (Tabel 16), er de forventede driftsomkostninger til BRT'en opgjort. Resultaterne er vist i Tabel 28.

Tabel 28 Forventede driftsudgifter med en BRT-dobbeltledbus på Østbanen. Opgjort for hastighedsalternativerne A og B samt frekvensalternativerne 1, 2 og 3. Desuden opgjort for alternative drivmidler; HVO, biogas og el

Dobbeltledbus Forventede driftsudgifter Mio. kr./år		Hastighedsalternativ	
		A 80 km/t - 70 km/t	B 100 km/t - 70 km/t
Lint41 tog		68,3	
HVO			
Frekvens- alternativ	1 30 min./15 min.	29,4	29,0
	2 20 min./10 min.	43,3	42,7
	3 15 min./7,5 min.	57,1	56,4
Biogas			
Frekvens- alternativ	1 30 min./15 min.	26,7	26,3
	2 20 min./10 min.	39,2	38,7
	3 15 min./7,5 min.	51,8	51,1
EL			
Frekvens- alternativ	1 30 min./15 min.	30,9	30,5
	2 20 min./10 min.	45,4	44,8
	3 15 min./7,5 min.	60,0	59,2

I hastighedsalternativ A, hvor der kun køres med en strækningshastighed på op til 80 km/t, vil den samlede køretid være længere end i de to øvrige hastighedsalternativer; køreplanen kan simpelthen ikke gennemføres lige hurtigt. I beregningerne er forsigtigt forudsat, at timeprisen vil være ens i begge situationer. Derved fremkommer alternativerne B lidt billigere end alternativ A.

Samtidig ses, at det driftsøkonomisk billigste alternativ vil være biogasbusser. Det gælder for alle alternativer. For dobbeltledbusser er HVO ca. 10 % dyrere end biogas, mens elbusser beregningsmæssigt er ca. 16 % dyrere.

Sammenholdt med driftsudgifterne til de nuværende Lint41 tog, vil der være markante besparelser. Med fremskrevne bruttoudgifter til toget på ca. 68,3 mio. modsvare driften frekvensalternativ 1 med BRT'en. Holdt op mod en ledbus i hastighedsalternativ B, vil der beregningsmæssigt være årlige besparelser på

mellem 41,2-45,2 mio. kr., mens de tilsvarende besparelser med en dobbeltled-bus vil være mellem ca. 37,8-42,0 mio. kr. årligt. De anførte besparelser vil på kort sigt afhænge af elementerne i fællesomkostningerne i Lokaltog A/S og fordelingen heraf samt det forhold, at det eksisterende togmateriel skal afhændes inden udgifterne hertil kan reduceres fuldt ud.

11.3 Vedligeholdelsesudgifter

Østbanen

Movia oplyser, at de samlede vedligeholdelsesudgifter til Østbanens infrastruktur udgjorde ca. 9,0 mio. kr. i 2019. Efter skinnerenoveringen forventer Movia, at vedligeholdelsesudgifterne vil udgøre 6,3 mio. kr. årligt. Det svarer til en reduktion på 30 % i forhold til i dag. Det er her forudsat, at det svarer til 2020-priser.

BRT-vejen

Der er forudsat almindeligt løbende, kapitalbevarende vedligehold af vejen, herunder reparation af opståede skader. Heri indgår en forventet levetid på 16 år for slidlag, som herefter er forudsat udskiftet. Det er også indregnet udgifter til forventelig udskiftning/reparation af andre asfaltlag, ligesom der er indregnet udgifter til ny isolering af bygværker mm. hvert 50. år, vedligeholdelse af øvrige vejassets (herunder striber hvert 8. år, belysningsarmaturer og signalanlæg hvert 25. år samt autoværn, master mv. hvert 50. år).

VD har på baggrund af erfaringstal skønnet, at de forventede udgifter til løbende drift og vedligeholdelse af BRT-vejen (herunder vintervedligeholdelse) vil udgøre gennemsnitligt 4,2 mio. kr. årligt (2020-priser).

11.4 Trafikale effekter og driftsindtægter

Den samfundsøkonomiske analyse bygger på de trafikale effekter, der er beskrevet i afsnit 9. Det er forsigtigt antaget, at frekvensændringerne medfører en passagermæssig effekt svarende til 10 % og 20 % ved ændring til frekvensalternativ 2 henholdsvis til alternativ 3.

I de samfundsøkonomiske beregninger er anvendt en simpel antagelse om, at gevinsten ved øget frekvens svarer til halvdelen af frekvensforbedringen, hvilket medfører, at en halvering af ventetiden mellem afgang fra hvert 30. minut til hvert 15. minut svarer til en rejsetidsgevinst på 7,5 minut i reduceret skjult ventetid (frekvensalternativ 3 i forhold til toget). Den tilsvarende gevinst i reduceret skjult ventetid for frekvensalternativ 2 er på 5 minutter.

Der regnes desuden med forringet regularitet ved højere frekvens end den nuværende; et minuts forsinkelsestid ved frekvensalternativ 2 og 2 minutters forsinkelsestid ved frekvensalternativ 3. Endelig er der opgjort en øget rejsetid svarende til 5,5 % (ca. 2,5 min.) og 4,4 % (ca. 2 min.) med BRT i forhold af den gennemsnitlige køretid med toget ved hhv. hastighedsalternativ A og B.

Årlige antal rejser

Ifølge Movia er det årlige antal rejser på Østbanen for 2019 1.029.800. Det anvendes som basis i beregningerne. Indregnes de forventede, trafikale effekter opnås følgende antal årlige rejser i de respektive alternativer:

Tabel 29 Forventede årligt antal rejsende ved en BRT på Østbanen. Opgjort for hastighedsalternativerne A og B samt frekvensalternativerne 1, 2 og 3

Forventede årligt antal rejser		Hastighedsalternativ	
		A 80 km/t - 70 km/t	B 100 km/t - 70 km/t
Frekvensalternativ	1 30 min./15 min.	1.001.300	1.007.000
	2 20 min./10 min.	1.070.100	1.075.800
	3 15 min./7,5 min.	1.138.900	1.144.600

Det årlige antal eksisterende samt nye/overflyttede rejser tildeles en økonomisk værdi baseret på fordelingen af ture på forskellige turformål i TERESA-modellen:

Tabel 30 Fordeling på turformål fra TERESA-modellen

Kollektiv transport	Enhed	Værdi
Bolig-arbejde	Andel (%)	44,19 %
Erhverv	Andel (%)	9,48 %
Andet	Andel (%)	46,33 %
I alt (100 %)	%	100 %

Billetindtægter

På Østbanen er der driftsindtægter i form af indtægter fra billet salg. Movia oplyser, at indtægterne i regnskab 2019 svarede til ca. 18,5 mio. kr. Opgjort som gennemsnit pr. påstiger svarer det ifølge Movias billetstatistik til ca. 18,0 kr.

Med en forudsætning om, at den gennemsnitlige billetindtægt pr. påstiger ikke ændres med en BRT, er de forventede indtægter opgjort for hastighedsalternativerne A og B samt frekvensalternativerne 1, 2 og 3.

I beregningerne indgår de forventede passagereffekter ved de respektive driftsalternativer. Resultaterne er vist i Tabel 31.

Tabel 31 Forventede driftsindtægter i en BRT på Østbanen. Opgjort for hastighedsalternativer A og B samt frekvensalternativerne 1, 2 og 3.

Forventede driftsindtægter		Hastighedsalternativ	
		A 80 km/t - 70 km/t	B 100 km/t - 70 km/t
Mio. kr. årligt			
Frekvensalternativ	1 30 min./15 min.	18,0	18,1
	2 20 min./10 min.	19,2	19,3
	3 15 min./7,5 min.	20,5	20,6

Trafikarbejde

Tabel 32 viser det samlede trafikarbejde for alternativerne. Som det ses, stiger trafikarbejdet i takt med øget afgangsfrekvens, hvor en fordobling i frekvensen medfører en fordobling af trafikarbejdet.

Tabel 32 Tog/bus-km. Opgjort for hastighedsalternativerne A og B samt frekvensalternativerne 1, 2 og 3

Kørte kilometer		Hastighedsalternativ	
		A 80 km/t - 70 km/t	B 100 km/t - 70 km/t
Tog/bus-km. årligt			
Lint41 tog		1.262.850	
Frekvensalternativ	1 30 min./15 min.	1.262.850	1.262.850
	2 20 min./10 min.	1.894.300	1.894.300
	3 15 min./7,5 min.	2.525.700	2.525.700

Øvrigt

Den forventede trafikvækst er sat til 0 og der regnes med fuldt indsving fra første år.

11.5 Eksterne omkostninger

De eksterne omkostninger ved tog- og BRT-drift beregnes alle i TERESA-modellen og baseres på det opgjorte trafikarbejde og enhedspriser fra Transportøkonomiske Enhedspriser 1.91. Modellen følger *Manual for samfundsøkonomisk analyse på transportområdet* (Transportministeriet, Marts 2015).

Korrektion til enhedspriserne

Enhedsomkostninger for busser er i de transportøkonomiske enhedspriser alene opgjort for et dieseldrevet alternativ. Der er derfor foretaget følgende grove korrektioner for at omregne enhedspriserne til de øvrige alternative drivmidler. De foretagne korrektioner er angivet i Tabel 33.

Tabel 33 *Korrektion af eksterne enhedsomkostninger for busser med alternative drivmidler*

	Luftforurening	Klimaforandringer	Støj	Uheld
HVO	Uændret	Sættes til 0	Uændret	Uændret
Biogas	Uændret	Sættes til 0	Uændret	Uændret
EL	Nedskales med den tilsvarende andel for personbiler (el) og (diesel)	Sættes til 0	Nedskales med den tilsvarende andel for personbiler (el) og (diesel)	Uændret

11.6 Samfundsøkonomisk vurdering

For alternativ B-1, som er det alternativ, der er mest sammenligneligt med togdriften fra før hastighedsnedsættelsen i december 2019, beregnes en positiv nettonutidsværdi på ca. 903 mio. kr. og en intern rente på ca. 11 %.

Den samfundsøkonomiske analyse viser videre, at projektforslaget er samfundsøkonomisk rentabelt i alle alternativer. Der beregnes en positiv nettonutidsværdi i intervallet ca. 130 mio. kr. til ca. 940 mio. kr. og en intern rente på mindst 5 %. Beregningerne er foretaget med udgangspunkt i dobbeltledede elbusser. Driftsomkostningerne til busserne fremgår som en negativ effekt, der stiger med øget frekvens. Driftsomkostningerne mere end opvejes af de sparede driftsomkostninger til toget.

Da anlægsomkostningerne og en del af driftsomkostningerne er finansieret med offentlige midler, vil projektforslaget medføre en positiv samfundsøkonomisk effekt kaldet arbejdsudbudsforvridning. Effekten udtrykker den forventede gevinst for samfundet, der er forbundet med at skulle opkræve færre skatter til finansiering af de reducerede offentlige udgifter.

De samfundsøkonomiske resultater fremgår af Tabel 34.

Tabel 34 Nettonutidsværdi, år 2020 i prisniveau 2020

Alternativer	A-1 80 km/t – 70 km/t 30 min/15 min.	B-1 100 km/t – 70 km/t 30 min/15 min.	A-2 80 km/t – 70 km/t 20 min/10 min.	B-2 100 km/t – 70 km/t 20 min/10 min.	A-3 80 km/t – 70 km/t 15 min/7,5 min.	B-3 100 km/t – 70 km/t 15 min/7,5 min.
Anlægsomkostninger:	-289	-354	-332	-369	-338	-376
Anlægsomkostninger	-342	-419	-393	-437	-399	-444
Restværdi	53	65	61	68	62	69
Drifts- og vedligeholdelseeffekter:	950	961	631	647	309	331
Driftsomkostninger, vejinfrastruktur	-100	-100	-100	-100	-100	-100
Fornyelse- og vedligeholdelsesomkostninger, bane	168	168	168	168	168	168
Infrastrukturafgift, bane	-155	-155	-155	-155	-155	-155
Driftsomkostninger, passagertog	1.787	1.787	1.787	1.787	1.787	1.787
Driftsudgifter busser	-738	-729	-1.085	-1.070	-1.433	-1.414
Billetindtægter, kollektiv transport	-11	-9	16	18	43	46
Brugereffekter:	-112	-91	-71	-47	-123	-99
Tidsgevinster, kollektiv transport	-112	-91	-71	-47	-123	-99
Eksterne effekter:	334	334	320	320	306	306
Uheld	114	114	104	104	93	93
Støj	11	11	10	10	8	8
Luftforurening	167	167	165	165	164	164
Klima (CO ₂)	41	41	41	41	41	41
Øvrige konsekvenser:	58	52	17	16	-25	-27
Afgiftskonsekvenser	4	4	-2	-2	-7	-8
Arbejdsudbudsforvridning	61	55	24	21	-10	-12
Arbejdsudbudsgevinst	-7	-6	-5	-3	-8	-7
I alt nettonutidsværdi (NNV)	940	903	564	566	129	136
Intern rente	13 %	11 %	9 %	9 %	5 %	5 %

Note: Alternativ B-1 er fremhævet som det alternativ, der er mest sammenligneligt med togdriften fra før hastighedsnedsættelsen i december 2019

Følsomhed

Der er gennemført en følsomhedsanalyse for alternativet B-1 på baggrund af de samfundsøkonomiske beregninger for at illustrere påvirkningen på de samfundsøkonomiske resultater i tilfælde af, at effekterne af projektets gennemførelse er anderledes end forudsat. Resultaterne heraf er vist i Tabel 35.

Følsomhedsanalysen viser, at resultaterne er robuste over for ændringer i de primære positive og negative effekter. Ændringer i anlægsomkostninger eller scrapværdien bevirker ikke, at projektet ikke bliver samfundsøkonomisk rentabelt.

Tabel 35 Resultater af samfundsøkonomisk følsomhedsanalyse. Udgangspunktet er forventede anlægsudgifter for skinnerenoveringen svarende til 510 mio. inkl. 30 % korrektionstillæg. Beregningerne er baseret på B-1 (100 km/t – 70 km/t og 30 min./15. min.)

Følsomhed	NNV	IRR
Basis	903	11,4 %
Lave anlægsomkostninger (- 25 %) ¹	1.142	23,9 %
Høje anlægsomkostninger (+ 25 %) ¹	664	7,5 %
Lave driftsomkostninger (- 50 %) ²	314	6,6 %
Høje driftsomkostninger (+ 50 %) ²	1.492	15,6 %
HVO	910	11,5 %
Biogas	981	12,0 %

Note 1: Der er regnet med 25 % lavere/højere anlægsomkostninger for BRT-løsningen

Note 2: Der er regnet med 50 % lavere/højere driftsomkostninger for både tog og BRT-løsningen. Eftersom tog-løsningen er relativt mere omkostningstung end BRT-løsningen, så vil lavere driftsomkostninger have en negativ effekt på det samlede resultat, mens højere driftsomkostninger vil have en positiv betydning

11.7 Afledte effekter

Værksted i Hårlev

Ved etablering af en BRT på Østbanen vil det ikke længere være muligt at køre tog fra Lille Syd til klargøring og reparation på værkstedet i Hårlev eller at benytte de nuværende depot- og personalefaciliteter på stedet. En indledende forespørgsel hos Movia indikerer, at aktiviteterne evt. kan flyttes til Holbæk, og at det kan blive nødvendigt at udvide de nuværende faciliteter dér som følge heraf.

Udvidelsen kan evt. omfatte flere opstillingsspor med adgang til strøm og evt. tilpasning af sikringsanlægget på Holbæk St. i den forbindelse. Det vil dreje sig om syv tog fra Østbanen (midlertidigt, indtil de kan afhændes) og seks tog fra Lille Syd - i alt 13 tog.

Ombygning

Movia vurderer, at en flytning af de 13 tog til Holbæk vil nødvendiggøre en fuldstændig ombygning af værkstedet i Holbæk. Samlet set vil det medføre, at der overgangsvist vil være 25 tog i værkstedet i Holbæk. En sådan ombygning af værkstedet til 25 togsæt har for nylig været undersøgt i forbindelse med

overvejelser om at introducere batteritog på en række af Lokaltogs strækninger. I den forbindelse blev værkstedet estimeret til at koste ca. 140 mio. kr. plus ca. 15 mio. kr. til supplerende opstillingsspor. Da der på sigt (når togene fra Østbanen er afhændet) kun vil være behov for kapacitet til ca. 18 tog er der tale om et særdeles konservativt skøn.

Øget tomkørsel

Flyttes aktiviteterne til Holbæk forventes, at det vil medføre en øget tomkørsel mellem Roskilde og Holbæk, og at det bl.a. også kan få betydning for personaleforbrug m.v. Et meget foreløbigt skøn indikerer ifølge Movia et niveau på ca. 4 mio. kr. årligt i yderligere kontraktudgifter.

I Tabel 36 er vist en følsomhedsberegning, hvor der er taget højde for øgede anlægsomkostninger svarende til 155 mio. kr. samt øgede driftsudgifter (ca. 4 mio. kr. for øget tomkørsel) / tab af synergieffekter (skønnet af Movia til ca. 7 mio. kr.) svarende til i alt ca. 11 mio. kr. årligt.

En tilsvarende beregning er gennemført for en situation, hvor de samlede udgifter til ombygning af værkstedsfaciliteterne i Holbæk kun udgør 75 mio. kr.

Tabel 36 Resultater af samfundsøkonomisk følsomhedsanalyse. Udgangspunktet er forventede anlægsudgifter for skinnerenoveringen svarende til 510 mio. inkl. 30 % korrektionstillæg. Beregningerne er baseret på B-1 (100 km/t – 70 km/t og 30 min./15. min.)

Følsomhed	NNV (IRR)	NNV (IRR)
Øgede anlægsudgifter til ombygning af værksted i Holbæk, inkl. nye opstillingsspor	155	75
Øgede driftsudgifter (øget tomkørsel og tab af synergieffekter)	11	11
Basis	443 (6,6 %)	531 (7,7 %)
Lave anlægsomkostninger (- 25 %) ¹	725 (12,1 %)	791 (15,1 %)
Høje anlægsomkostninger (+ 25 %) ¹	162 (4,5 %)	272 (5,2 %)
Lave driftsomkostninger (- 50 %) ²	-1 (3,8 %)	87 (4,5 %)
Høje driftsomkostninger (+ 50 %) ²	888 (9,2 %)	976 (10,7 %)
HVO	450 (6,7 %)	538 (7,8 %)
Biogas	521 (7,1 %)	609 (8,3 %)

Note 1: Der er regnet med 25 % lavere/højere anlægsomkostninger for BRT-løsningen

Note 2: Der er regnet med 50 % lavere/højere driftsomkostninger for både tog og BRT-løsningen. Eftersom tog-løsningen er relativt mere omkostningstung end BRT-løsningen, så vil lavere driftsomkostninger have en negativ effekt på det samlede resultat, mens højere driftsomkostninger vil have en positiv betydning

Som det ses af ovenstående tabel, belastes de samfundsøkonomiske resultater med de øgede anlægs- og driftsomkostninger forbundet med flytning fra Hårlev til Holbæk. Følsomhedsberegningen med den høje omkostning til anlæg resulterer fortsat i en positiv nettonutidsværdi på ca. 440 mio. kr. og en intern rente på

7 %. Finansministeriet har fastlagt, at investeringer er samfundsøkonomisk rentable, hvis det årlige afkast er større end 4 %. Er driftsomkostningerne ved tog- og BRT-løsningen 50 % lavere end i basis, så vil der ikke være et samfundsøkonomisk afkast ved følsomhedsberegningen for den høje omkostning til anlæg (-1). Alle øvrige følsomhedsberegninger viser et positivt afkast ved BRT-løsningen.

Lille Syd overgår til
Region Sjælland

Movia vurderer umiddelbart, at de økonomiske konsekvenser af at lukke Østbanen må forhandles med Lokaltog A/S, og at allerede indgående kontrakter, herunder også aftalen mellem Staten og Region Sjælland om overtagelse af togdriften på Roskilde – Køge strækningen, må inddrages i en sådan forhandling.

Samdrift mellem Lille Syd og Østbanen er en forudsætning for det aftalte statslige tilskud i aftalen om Lille Syd, og i forbindelse med forhandlingerne med Lokaltog A/S må afdækkes, i hvilket omfang de forventede effekter af at sammenlægge Lille Syd med Østbanen, fortsat vil kunne opnås, hvis Østbanen erstattes af en BRT. En afklaring af de samlede, forventede konsekvenser kan kræve en indgående analyse, som ikke kan gennemføres inden for de tidsmæssige rammer af denne foranalyse.

En evt. BRT-løsning på Østbanen ændrer ikke på det grundlæggende i aftalen om at Lille Syd-banen overtages af Region Sjælland.

11.8 Tidshorisont

Det vurderes som udgangspunkt, at projektet er VVM-pligtigt. Det betyder, at der skal gennemføres en VVM-undersøgelse og udarbejdes en tilhørende redegørelse for omdannelse af Østbanens tracé til en BRT-vej. Et sådant forløb må forventes at tage 1,5-2 år.

VVM-undersøgelsen danner typisk beslutningsgrundlag for en politisk stillingtagen til gennemførelse af projektet. Fra denne beslutning er taget med tilhørende bevilling kan et anlægsprojekt formentlig gennemføres inden for ca. 4 år, måske hurtigere, afhængigt af de konkrete forhold. I anlægsprojektet vil indgå detailprojektering, gennemførelse af ekspropriationer og det egentlige anlægsarbejde. Som en del af planlægningsfaserne vil det være naturligt at vurdere, i hvilket omfang et anlægsprojekt kan optimeres ift. tidsplan for gennemførelse, delvise åbninger mv.

11.9 Anlægsfasen

Omdannelse af Østbanen til BRT vil medføre en periode med anlægsarbejde, hvor banen bliver lukket. Denne del af anlægsprojektet skønnes groft til at vare 1-2 år. Det betyder ikke, at betjeningen på hele strækningen vil være nedlagt i denne periode. Der vil blive udarbejdet en detaljeret plan for opretholdelse af drift på delstrækninger og for supplerende midlertidig betjening, hvor der tages hensyn til at minimere de samlede gener for de rejsende samt for andre trafikanter.

Midlertidig busdrift I anlægsperioden vil der blive indsat midlertidig busdrift, så betjeningen så vidt muligt opretholdes. Der er ikke i forbindelse med foranalysen udarbejdet en plan for midlertidig betjening. Den betjening, som Movia skønner er relevant under anlægsarbejdet med en sporrenovering, vil formentlig være et godt udgangspunkt for fastlæggelse af et fornuftigt betjeningsomfang også under arbejdet med en BRT.

Movias tilgang Indtil videre arbejder Movia med en opdeling af sporrenoveringen i tre etaper, nemlig Køge St. – Hårlev St., Hårlev St. – Faxe Ladeplads St. og Hårlev – Rødvig St. Når en etape er spærret for togdrift, indsættes busser på den pågældende etape i mindst samme frekvens som togets. På de to øvrige strækninger vil der fortsat køre tog.

Lignende model for BRT Det er muligt at anvende en lignende model ved ombygning til en BRT. Et indledende oplæg kunne være at gennemføre en ombygning af den ene af grenene først, enten Hårlev St. – Faxe Ladeplads St. eller Hårlev St. – Rødvig St. Dernæst ombygges den anden gren, og til slut ombygges fællesstrækningen mellem Køge St. og Hårlev St. Der indsættes så midlertidige busser på de tre etaper med samme frekvens som tidligere.

På den måde vil de rejsende kun opleve at skulle skifte mellem bus og tog, mens ombygningen af de to grene står på. I perioden, hvor fællesstrækningen ombygges, vil BRT-busserne kunne fortsætte turen ad landevejene, og det vil ikke være nødvendigt at skifte på Hårlev St.

En opgraderet model kunne være at lade busserne i etape 1 og 2 fortsætte og køre uden stop mellem Hårlev St. og Køge St. På den måde vil passagererne helt undgå skift, og rejsetiden vil også blive reduceret i forhold til den førstnævnte model.

En egnet model må uddybes i en evt. detailfase.

11.10 Regionsøkonomi

Staten yder tilskud til Region Sjælland for drift og vedligehold af Østbanen, dels i form af et investeringstilskud dels som en andel af bloktilskuddet til regionens udvikling, som delvist beregnes på baggrund af antal privatbanekilometer.

Investeringstilskud Ved de tidligere amtskommuners overtagelse af privatbanedriften i Danmark i 2000 fastsatte Jernbanetilsynet et tilskud til de enkelte privatbaner på baggrund af en vurdering af investeringsbehovet på daværende tidspunkt. I forbindelse med kommunalreformen overgik investeringstilskuddet til regionerne.

Af loven om amtskommunernes overtagelse af privatbanerne fremgik, at dette investeringstilskud skulle overgå til bloktilskuddet i 2015. I 2016 besluttede den daværende regering, at investeringstilskuddet skulle fortsætte uændret for at sikre finansieringen af regionernes baner. Regionerne modtager således fortsat investeringstilskud til banerne efter fordelingen, der blev fastlagt i 2000.

Det samlede investeringstilskud til danske privatbaner udgør i 2020 113,5 mio. kr., jf. finanslovens § 28.52.14. Heraf modtager Region Sjælland 35,7 mio. kr., og heraf 14 mio. kr. til Østbanen efter den fortsat gældende fordeling af investeringstilskud til de enkelte baner.

Bloktilskud

Bloktilskuddet til regionale udviklingsopgaver fordeles til regionerne på baggrund af indbyggertal og en række strukturelle kriterier, jf. Lov om regionernes finansiering. Antallet af kilometer privatbane indgår som et sådant strukturelt kriterie med en vægt på 27,5 pct., jf. § 5, stk. 5. Region Sjællands privatbaner indgår med en længde på 201 kilometer i bloktilskuddet til de regionale udviklingsopgaver, heraf er 50 kilometer Østbanen.

Regionerne kan disponere bloktilskuddet til de regionale udviklingsopgaver frit på tværs af regionale udviklingsopgaver.

Låneadgang

Regionerne har fri låneadgang til investeringer i privatbanernes infrastruktur. Denne ret blev fastslået ved politisk beslutning ved amtskommunernes overtagelse af privatbanerne, og retten blev i forbindelse med amternes nedlæggelse overdraget til regionerne.

I medfør af regionslovens §§ 26 og 27 kan indenrigsministeren fastsætte regler om regioners låntagning. Med denne hjemmel, er det fastslået i bekendtgørelse om regioners låntagning og meddelelse af garantier m.v. § 1, stk. 2, nr. 2, at regionerne kan optage lån til udgiften til investeringer i rullende materiel til passagertrafik på jernbane (privatbaner) samt til infrastruktur i jernbaneinfrastruktur. I bekendtgørelsens § 9 er fastslået, at løbetiden for sådanne lån ikke må overstige 25 år.

Østbanen nedlægges

Et ophør af Østbanen som jernbane og anlæggelse af en BRT-løsning vurderes at indebære behov for ny lovgivning for så vidt angår håndteringen af eksisterende tilskud til Østbanen, jf. ovenstående, mv.

Ved etablering af Aarhus Letbane på den tidligere privatbane Odderbanen blev i loven om letbanen vedtaget, at transportministeren kan indgå aftaler med Region Midtjylland om Odderbanens overgang til letbane. Det fremgår af bemærkningerne til paragraffen, at dette indebærer, at transportministeren og regionen kan indgå aftale om, at det statslige tilskud til banen bevares ved at overgangen til letbane ikke ændrer på opgørelsen over regionens privatbanekilometer. En sådan aftale blev efterfølgende indgået.

En tilsvarende aftale kan være en mulig løsning i forhold til Østbanens omdannelse til BRT og bevarelse af de nuværende tilskud.

Transport- og Boligministeriet vurderer endvidere, at omdannelsen til BRT-drift forudsætter en ændring af lov om trafikkselskaber, som giver trafikkselskabet (Mo-via) mulighed for at drive BRT-anlægget, eventuelt gennem Lokaltog A/S, der i dag driver Østbanen.

11.11 Andre effekter

Der vil være forskel på den leverede ydelse fra en togoperatør og en busoperatør. I dag leverer Lokaltog A/S, som en del af kontrakten, en række ydelser, som fortsat vil være relevante i en BRT-løsning, men som en busoperatør ikke vil udføre, hvis indholdet af de eksisterende kontrakter på busområdet følges. Det omfatter bl.a.:

- > Trafikstyring og driftsovervågning
- > Trafikinformation på stationer og standsningssteder
- > Drift, rengøring og vedligehold af stationer, perroner
- > Billetkontrol, administration af kontrolafgifter
- > Tilsyn og vedligehold af billetautomater og rejsekortudstyr på stationer
- > Markedsføring (i samarbejde med DOT).

Det vil være nødvendigt at få busoperatøren eller en tredje part til at etablere en trafikstyring og driftsovervågning. En hensigtsmæssig løsning er ikke udtænkt for nuværende, og udgifter hertil er derfor ikke indeholdt i overslaget.

Trafikinformation på stationer og standsningssteder vil trække på de centrale data fra rejseplanen, som operatørerne selv indmelder, men skærmene vil skulle overtages af regionen i det omfang, regionen vil eje BRT-vejen. Det vil svare til lignende arrangementer ved busstoppesteder og større terminaler i dag, hvor Movias informationer vises. Det vil medføre en begrænset driftsudgift løbende, der ikke er opgjort for nuværende.

Regionen vil desuden skulle overtage renholdelse og vedligehold af stationer og perroner i en situation, hvor regionen ejer BRT-vejen. Udgifter hertil er ikke skønnet for nuværende.

De øvrige elementer er typisk indeholdt i Movias såkaldte fællesudgifter, der faktureres kommuner og regioner som et særligt tillæg, opgjort pr. køreplantage. Fællesudgifterne dækker trafikbestilling, planlægning, billetkontrol, marketing, trafikdrift og kundehåndtering samt en række støttefunktioner i HR, IT og økonomi. I dag betales dette tillæg for køreplantimerne på Østbanen, i en fremtidig BRT-løsning vil de skulle betales for køreplantimerne med BRT-busserne.

12 Regulatoriske forhold

Østbanens jernbanetracé er i dag et udmatrikuleret jernbaneareal ejet af Østbanen/Lokaltog A/S og lovgivningsmæssigt omfattet af jernbanelovens bestemmelser. Ved omdannelse af jernbaneinfrastrukturen til en BRT-vej rejser der sig en række reguleringsmæssige og administrative konsekvenser, som skal håndteres. I dette afsnit belyses nogle af disse konsekvenser på et indledende niveau uden at der er tale om endelige løsninger – disse forudsættes yderligere analyseret og konkretiseret i en efterfølgende proces, hvis det besluttes at gå videre med et BRT-bus-koncept på Østbanen.

12.1 Fra jernbane til vej

For at en BRT-bus kan køre i Østbanens tracé, skal jernbanen fjernes, og i stedet anlægges en vej. Der vil således være behov for, at arealet i konsekvens af, at der anlægges en BRT-busvej, berigtiges i matriklen som vejareal. Arealet, som Østbanen ligger på, er i dag ejet Østbanen/Lokaltog og i sidste ende af Region Sjælland. Dog er indkørslen til Køge St. fra Viaduktvej ejet af Banedanmark. På nær overkørslerne er der tale om et areal i eget trace, som ved matrikulær berigtigelse til privatvej fortsat kan være ejet af Region Sjælland. Ved en privat vej vil drift og vedligeholdelsesforpligtelsen på vejen påhvile Region Sjælland som ejer af vejarealet.

Arealet kan også ændres til offentligt vejareal, enten som statsvej eller kommunevej, men ikke som regional vej, idet vejloven ved kommunalreformen i 2007 blev ændret, så det regionale vejniveau i administrativ sammenhæng blev udfaset og delt mellem staten og kommunerne. En række administrative forhold tæller imidlertid for at det er mest oplagt at BRT-busvejen skal have status som privat vej.

12.2 Fra jernbaneloven til færdselsloven

Afviklingen af togtrafikken på Østbanen er i dag reguleret efter jernbanelovens regler, herunder også, hvor jernbanen overskærer veje. Når Østbanens jernbanetracé ændres til en vej, vil det ikke længere være jernbaneloven, der regulerer trafikafviklingen, men i udgangspunktet færdselsloven, fordi der nu er tale om vej. Det afgørende for, om færdselsloven gælder på arealet er, om der sker almindelig færdsel, eller om der er tale om et lukket, eget tracé. Da det er vanskeligt ikke at konkludere, at busser i fast rute på vejen må betragtes som almindelig færdsel er det oplagt at konkludere, at en BRT-busvej på Østbanens nedlagte jernbaneareal uanset, om det er en privat eller en offentlig vej og uanset dens udformning, i udgangspunktet vil være omfattet af færdselslovens regler.

12.3 Hastighedsgrænser

Veje

Det ligger i konceptet for BRT-busbetjening på Østbanen, at den skal kunne køre med høj hastighed og prioritet i tracéet for at sikre driftsmæssig regularitet.

Toget kører med en hastighed op til 100 km/t mellem standsningsstederne og det vil BRT-busserne også skulle gøre for at være tidsmæssigt konkurrencedygtig.

Rent køretøjsteknisk kan busser godt køre 100 km/t, men det kan de umiddelbart ikke set i forhold til Færdselslovens hastighedsbestemmelser.

Det forekommer umiddelbart vanskeligt at kunne betragte en et-sporet busvej, selv om den er beregnet til højklasset rutebus-kørsel, som hverken motortrafikvej eller motorvej, så der ses i denne sammenhæng bort fra hastighedsgrænser for disse. Fastsættelsen af en hastighed på 100 km i timen kommer derfor til at kræve en ændring på bekendtgørelsesniveau, da det på nuværende tidspunkt ikke er muligt i bekendtgørelse om lokale hastighedsgrænser at fastsætte en hastighedsgrænse på 100 km i timen i tættere bebygget område eller uden for tættere bebygget område.

Busser

Af færdselslovens § 43, stk. 1, fremgår det, at hastigheden for busser, hvis tilladte totalvægt overstiger 3.500 kg, uanset hastighedsgrænsen fastsat med hjemmel i § 42, ikke må overstige 80 km i timen. BRT-busser har totalvægt over 3.500 kg og kan have et eller to led (påhæng). For busser, der opfylder betingelserne fastsat efter stk. 10 (tempo-100 godkendte busser), er hastighedsgrænsen på motorvej 100 km/t. BRT-busvejen er imidlertid ikke en motorvej og en sådan godkendelse kan derfor ikke umiddelbart anvendes.

Efter færdselslovens § 43, stk. 8, kan transportministeren, hvor forholdene taler herfor, fastsætte en højere hastighedsgrænse, gældende for særlige køretøjstyper, såfremt færdselssikkerhedsmæssige eller køretøjstekniske grunde ikke taler derimod. Transportministeren har dermed en hjemmel, men anvendelse af denne i forhold til BRT-busser på Østbanen (eller andre BRT-busveje af tilsvarende karakter) vil kræve forudgående færdselssikkerheds og køretøjstekniske vurderinger inden det fastlægges i en bekendtgørelse.

Der er dog en række forhold der taler for at hastigheden for BRT-busser jf. nedenfor indarbejdes direkte i færdselsloven. Dette vil kræve ændring af færdselsloven.

12.4 BRT-busvejens krydsning med øvrige veje

BRT-busvejens krydsning med de øvrige veje udgør en særlig udfordring, idet jernbanelovens særlige prioritet til tog på jernbaner ikke i udgangspunktet vil gøre sig gældende for en BRT-busvej i forhold til færdselsloven. Her vil færdselslovens grundregel jf. § 3 om at trafikanter skal optræde hensynsfuldt og udvise agtpågivenhed, så der ikke opstår fare, forvoldes skade eller ulempe for andre, være gældende. Konsekvensen for BRT-buschaufføren vil være sænkning af hastigheden eller opbremsning set i forhold til udsyn og standselængder.

I vejkryds sænkes hastigheden til 70 km/t og der etableres trafiksignalanlæg, ligesom det er forudsat i anlægsoverslaget, at oversigtsforholdene forbedres i overensstemmelse hermed. Da en BRT-løsning i eget tracé med prioritet i

signalregulerede vejkryds på et omdannet baneareal er en ny løsning, der ikke er erfaringer med i Danmark, er det en mulighed at bibeholde bomanlæg (ombyggede eller nye) for at supplere det trafiksikkerhedsmæssige element, der ligger i selve signalanlægget. Hastigheden vil fortsat skulle sænkes til 70 km/t, og det vil kræve ændringer i afmærkningsreglerne.

Hvis BRT-busser skal kunne køre med højere hastighed igennem det signalregulerede vejkryds, vil der skulle etableres en sikkerhedsbærende teknologi, der kan sikre, at passagen af de skærende veje kan ske med tilstrækkelig høj sikkerhed.

12.5 Indarbejdelse af BRT-bus-konceptet i færdselsloven

En BRT-bus kan i sit koncept på mange måde sammenlignes med en letbane, bortset fra, at den ikke er sporbunden. Men de trafikale udfordringer er på mange måder de samme. Men der, hvor BRT-bussen kører i sit eget tracé kan der være god grund til at overveje, at foretage en tilsvarende ændring af færdselsloven, som skete i forbindelse med L30 i 2014.

Det giver herved mulighed for i færdselsloven af fastlægge de regler, som kan gælde for BRT-busvejen, eks. at det kun er BRT-busser, der lovligt kan færdes i det lukkede vejtracé, og at hastighedsgrænser fastlægges af transportministeren.

En yderligere – og mere radikal mulighed - er at ændre færdselsloven således at der foretages en regulering af sikkerhedsaspekterne ved buskørsel på enkeltsporet bane og krydsning af skærende veje, således at driften af BRT-strækninger kan tilnærmes mere til en jernbanelignende drift. At dette er en mere radikal mulighed skyldes at det vil bryde med et grundlæggende princip i færdselsloven, hvor ansvaret for at køre forsvarligt altid påhviler føreren. Såfremt man – i lighed med jernbanen – vil indføre sikkerhedsbærende teknologier – vil det være logisk at opstille risikoacceptkriterier og regler for certificering og assessering af sådanne teknologier.

13 Linjeforlængelse

Universitets-
hospitalet, Campus
og Køge Nord St.

Hvis der etableres en BRT-løsning på Østbanen, er det nærliggende at undersøge, om en forlængelse af linjen vil være en fordel, f.eks. for de mange nuværende omstignere til anden kollektiv trafik på Køge St. En forlængelse til Køge Universitetshospital, Campus og Køge Nord St. omtales i kommissoriet for analysen, og vi har samlet nogle indledende overvejelser om muligheder og perspektiver.

Omstignere på Køge St.

Movias Rejsedatamodel opgør bl.a. omstigningsmønstret på baggrund af tjek-ind og tjek-ud oplysninger fra rejsekortbrugere samt oplysninger fra tællesystemer i busser og tog. Modellen viser, at ca. 2.450 passagerer benytter Østbanen til eller fra Køge St. på en typisk hverdag, og omkring 1.800 heraf foretager en omstigning til/fra andre kollektive transportmidler, se Tabel 37. Hovedparten af omstigningerne sker til/fra DSBs S-tog mod København og til/fra regionaltog (Lille Syd), primært mod Roskilde.

Tabel 37 Omstigning i Køge til og fra andre tog og busser. Kilde: Movia

	Omstignere til	Omstignere fra	Omstignere i alt
A – DSB	45	56	101
E – DSB	526	624	1.150
RE – DSB	152	110	262
101A – Movia	89	77	166
102A - Movia	27	20	47
260R - Movia	20	16	35
Samlet	859	902	1.761

Linjeføring som 101A

Udover omstigning til S-tog og regionaltog sker der omstigning til/fra linje 101A, der bl.a. forbinder Køge St. med netop Sjællands Universitetshospital, Campus Køge og erhvervsområdet nord for Køge. Fra busterminalen på østsiden af Køge St. er det vanskeligt at finde en alternativ linjeføring, der vil kunne betjene disse lokaliteter og samtidig efterleve best practice, når det gælder tilrettelæggelse af linjeføring for en BRT-linje. Det er derfor nærliggende, at Østbanens BRT-linje i givet fald forlænges med samme linjeføring som Linje 101A fra Køge St. mod nord til Køge Nord St.

Fra Busterminalen øst for Køge St. køres ad Østre Banevej via Værftsvej til Ivar Huitfeldtsvej og videre under jernbanen til Niels Juelsgade. Det vurderes ikke realistisk at krydse sporene på Køge St. fra Østbanens nuværende østlige placering på stationen, da det både vil kræve en krydsning af Lille Syds spor samt S-banens spor, der begge har høj frekvens (12 henholdsvis 8 tog i timen).

Fra Niels Juelsgade følges linje 101As linjeføring videre ad Nørre Blvd. og Stensbjergvej til Køge Sygehus/Sjællands Universitetshospital, se Figur 26 og Figur 27.



Figur 26 *Forlængelse af BRT-linje fra busterminalen via Værftsvej, Ivar Huitfeldtsvej, Niels Juelsgade og Nørre Blvd. Med rødt er markeret delstrækninger, hvor der ikke umiddelbart er plads til særskilte BRT-spor. Med grønt er markeret, hvor pladsen vurderes at være tilstrækkelig*



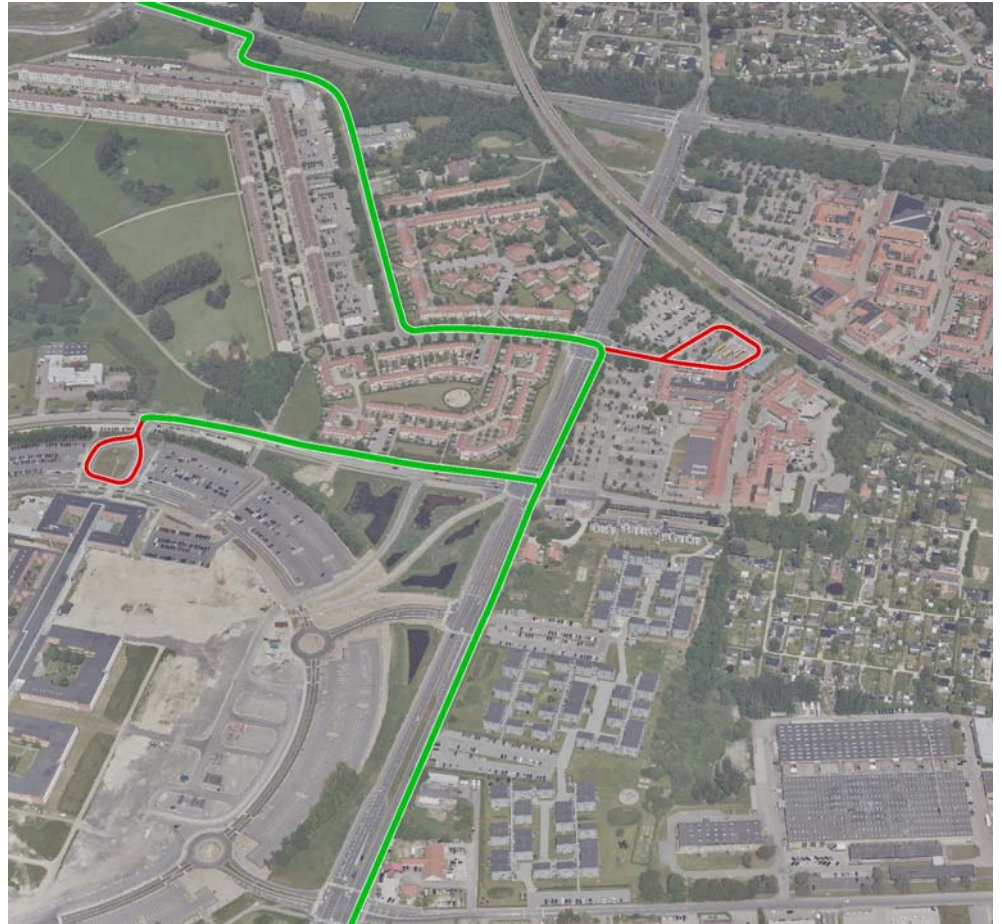
Figur 27 *Fra Nørre Blvd. krydser linjen Ringvejen og fortsætter ad Stensbjergvej*

Etablering af et egentlig BRT-tracé vil være forbundet med vanskeligheder på visse dele af denne delstrækning, hvor det ikke alle steder er muligt at tilvejebringe et tilstrækkeligt bredt tværprofil på ca. 22 meter.

Det drejer sig om Ivar Huitfeldtsvej, hvor en udvidelse med to busspor vil kræve udvidelse af tunnelen under banen fra de nuværende to til fire spor. Det er markeret på Figur 24-28 med rød linjeføring. Det gælder også Niels Juelsgade og det inderste stykke af Nørre Blvd. har tilsvarende bredder mellem eksisterende bygninger på henholdsvis ca. 17 m og 12-18 meter. Etablering af et BRT-tværsnit med to selvstændige busbaner vil hér kræve ekspropriation af en række bygninger langs gaderne.

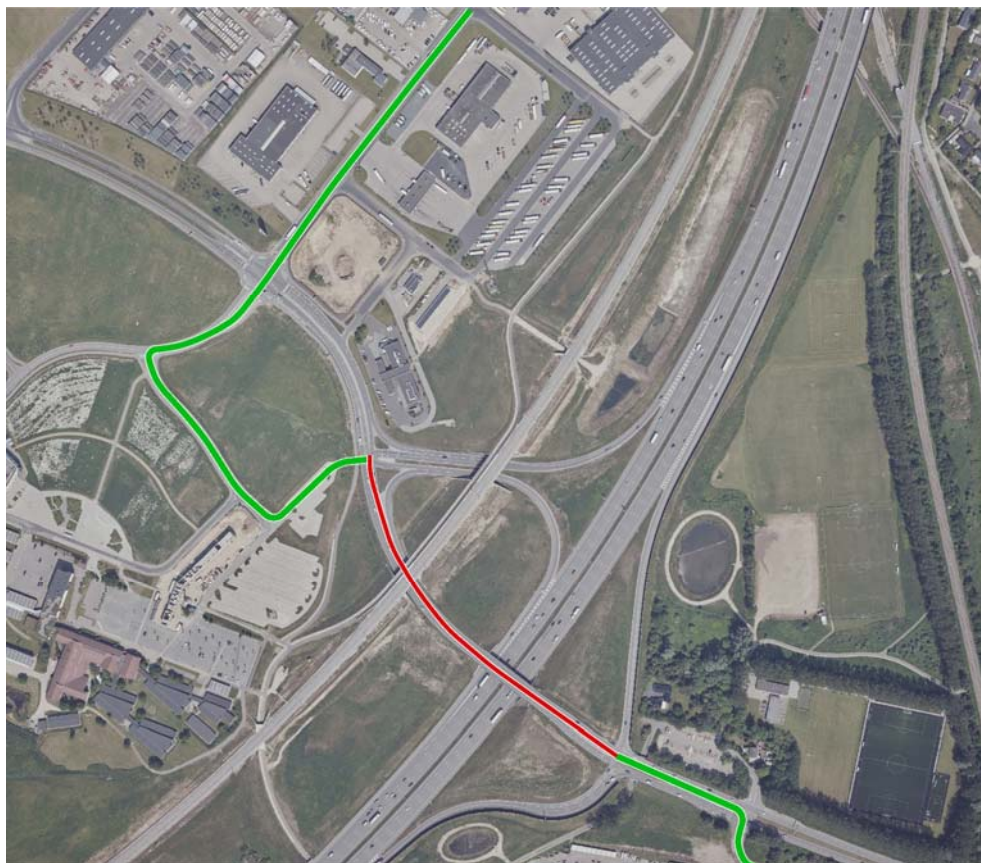
Nord for Ny Sct. Nikolai Kirkegård og Zoffmannsvej skønnes der at være tilstrækkelig plads på det meste af strækningen til at etablere tilstrækkelig vejbredde. Dette er markeret på Figur 24-28 med en grøn linjeføring. Tilsvarende gælder for det meste af strækningen på Stensbjergvej. Her er tværprofilet i dag omkring 19 m bredt, og en sideudvidelse på ca. 3 m skønnes umiddelbart mulig.

Fra sygehuset fortsætter linjen til Ølby St., videre ad Karlemosevej og Lyngvej, se Figur 28. I forhold til spørgsmålet om eget tracé, vil Karlemosevej skulle udvides med omkring 8 m for at skabe plads til to selvstændige busspor. Det kan gøres ved at inddrage nogle af parkeringspladserne i Karlemoseparken.



Figur 28 Fra Køge Universitetshospital fortsætter linjen til Ølby St. og videre ad Karlemosevej til Lyngvej

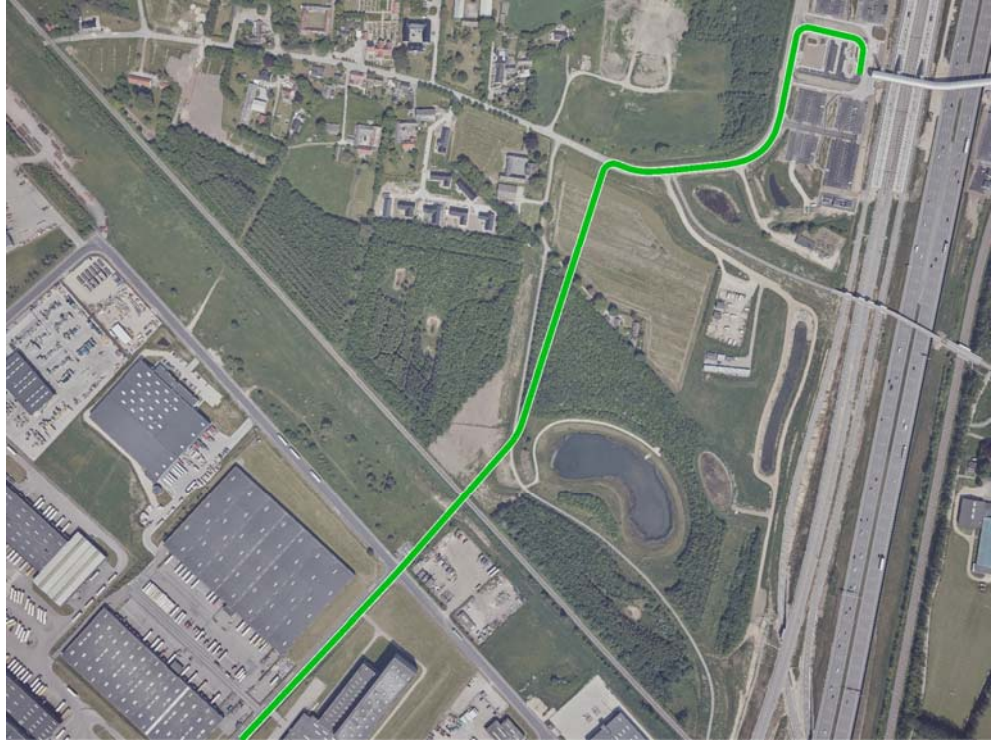
Fra Lyngvej fortsætter linjen ad Nordhøj til Campus og videre gennem erhvervsområdet og den kommende bro over Lille Syd til Køge Nord St., se Figur 29.



Figur 29 Fra Lyngvej går linjeføringen videre ad Nordhøj over motorvejen og under jernbanetunnelen. Herefter kan der etableres en ny busvej til Campusbuen, og derfra videre til Mimersvej

Det anses ikke for realistisk at etablere to selvstændige busspor på Nordhøj på broen (ca. 15 m bred) over Motorvejen eller i tunnelen under den nye Ringstedbane (ca. 17 m bred). Derimod vil det være muligt at etablere en selvstændig busvej mellem Nordhøj og Campusbuen.

Tilsvarende kan der etableres busbaner langs Mimersvej gennem inddragelse af parkeringspladser og mindre udenomsarealer ved virksomhederne langs vejen. Mellem Mimersvej og Ølsemagle Kirkevej er en ny busvej med bro over Østbanen under etablering. Langs Ølsemagle Kirkevej vil det være muligt at etablere selvstændig busvej frem til busterminalen på vestsiden af Køge Nord St.



Figur 30 Den sidste delstrækning går fra Mimersvej videre via den kommende bro over Lille Syd til Ølsemagle Kirkevej, og videre herfra til busterminalen på vestsiden af Køge Nord St.

Samkørsel med linje 101A

Forlænges BRT'en på Østbanen til Køge Universitetshospital, Campus og Køge Nord ad samme linjeføring som linje 101A, vil der blive parallelkørsel med denne linje. Det vil medføre, at udbuddet på denne strækning bliver større, end efterspørgslen kræver. Linje 101A kører i dag med 10 minutters drift, mens Østbanens BRT-busser vil få tilnærmelsesvis 15 min. 10 min. eller 7½ min. interval.

Udbuddet af kørsel på linje 101A vil derfor skulle tilpasses køreplanen for BRT-busserne på Østbanen. Det vil medføre, at passagerer, der i dag benytter linjen på Hastrup-strækningen syd for Køge St. vil få lavere frekvens og/eller blive påtvunget en omstigning på stationen. Rejsende med BRT-linjen vil ligeledes opleve ekstra køretid på strækningen mellem Køge St. og Niels Juelsgade pga. linjeføringen via Værftsvej og Ivar Huitfeldtsvej. Linje 101A har omkring 6.000 passagerer på hele linjen på hverdage.

Pause på Køge St.

Køreplanen for BRT-busserne må desuden tilpasses, så busserne ankommer i så god tid til Køge St., at de med sikkerhed kan afgå til de planlagte afgangstider, når de kører ud på Østbanestrækningen. Stram overholdelse af køreplanen vil være nødvendig af hensyn til regulariteten på den enkeltsporede strækning, herunder af hensyn til de indlagte krydsninger med modkørende busserne undervejs. For at sikre dette, vil der skulle indarbejdes en pause i køreplanen for alle busser ved Køge St. Unødige ophold vil til en vis grad eliminere gevinsten for passagererne ved at forlænge linjen fra Køge St.

Samlet vurdering

En forlængelse af en BRT på Østbanen ved at lade linjen følge linje 101A mod nord skønnes at være den mest attraktive linjeføring for passagerne, både

rejsende, der i dag stiger om fra Østbanen på Køge St. og rejsende, der måtte stige på i Køge Bymidte. Den vil give betjening fra busterminalen til hospitalet og Campus-området med mindst mulig omvejskørsel, og betjene et opland med forholdsvis stor befolkningsmæssig tæthed.

Til gengæld vil linjeføringen kræve betydelige anlægsomkostninger til etablering af særskilte busbaner på strækningen, og ikke alle steder vil det endda være muligt. For at opnå høj BRT-effekt vil det sandsynligvis kræve udvidelse af broen over motorvejen og tunnellen under jernbanen på Nordhøj. Alternativt skal der etableres trafikstyring på strækningen, så trafikken holdes tilbage, når en bus skal passere strækningen, for at opnå fuld BRT-effekt.

Det lave antal omstigere fra Østbanen med rejsemål på hospitalet, Ølby St. eller i Campus-området i dag kan ikke begrunde en forlængelse af BRT-linjen på Østbanen som skitseret. Og ulemperne ved at BRT-linjen i givet fald overtager en del af betjeningen på linje 101A vurderes at være betydelige for mange rejsende på linjen i dag. En forlængelse af linjen virker derfor ikke umiddelbart hensigtsmæssig.

14 Konklusion og perspektivering

14.1 Konklusion

Denne rapport belyser, hvordan Østbanen kan omdannes til en BRT-løsning, og hvilke trafikale, passagermæssige, anlægs- og driftsøkonomiske konsekvenser, det kan medføre.

Omdannelse af bane til BRT er en gevinst

Den gennemførte analyse viser, at det forventes at koste 60-63 mio. kr. til fjernelse af banelegemet og forberedelse af tracéet til etablering af en BRT-vej. Det svarer til i størrelsesordenen 10 % af de samlede anlægsomkostninger. Beløbet virker som en overkommelig økonomisk ulempe, særligt i lyset af at banen automatisk sikrer et godt udgangspunkt for at etablere en ny vej, dels i forhold til længde- og tværprofiler, dels i forhold til arealerhvervelse, hvor store dele af det nødvendige areal allerede er dedikeret til den kollektive trafik, og hvor behovet for yderligere ekspropriation må betragtes som værende ret begrænset.

Tilsvarende betragtning kan som udgangspunkt også lægges i forhold til miljømæssige effekter, herunder naturmæssige, hvis det tidligere banetracé følges nøje. Men det afhænger af, hvilket ambitionsniveau for natur- og miljøtilstand, der ønskes efter en omdannelse af jernbane til BRT-vej. Samlet vurderes, at anlægget af en BRT-vej kan gennemføres uden større udfordringer for de fleste miljøemner. I udgangspunktet vil der være behov for at søge og få fornyede tilladelser og dispensationer, hvilket kan kræve procestid. Når omfanget af projektet kendes nærmere, skal det desuden afklares ved fredningsnævnet, om projektets gennemførelse forudsætter at der indhentes en dispensation fra fredningen for Vallø Gods. Dette vil kunne blive afklaret ifm. gennemførelse af en VVM-undersøgelse.

Den tidligere bane tilfører aktiver til BRT'en i form af standsningssteder, perroner og udstyr. En typisk højklasset BRT-station kan koste mellem 5-10 mio. kr. afhængigt af kvalitet, størrelse og udstyr, så genbrug af eksisterende stationer og standsningssteder udgør en betydelig økonomisk gevinst.

Samlet set koster BRT'en i overslaget mellem 16,5-18,2 mio. kr. pr. km. inkl. korrektionstillæg på 40 %. Et sådant prisniveau ligger en del lavere end andre (dog dobbeltsporede) BRT-projekter de senere år er realiseret for eller estimeret til. Det gælder bl.a.:

- > **Aalborg BRT** (Vesterbro-Grønlandstorvet) er estimeret til 39,4 mio. kr. pr. km. Her køres på enkelte strækninger i blandet trafik, hvilket er med til at reducere anlægsoverslaget. Omvendt har Aalborgs BRT 22 stationer fordelt på de 12 km tracé, ligesom en stor del af strækningen føres gennem centrale byområder. Disse parametre er med til at trække prisen op
- > **Den kvikke vej** blev realiseret til 52 mio. kr. pr. km (2012-priser) for anlæg i det centrale København. Prisen er opgjort til 130 mio. kr. i alt for den 5 km lange strækning, hvoraf de 2,5 km er decideret BRT. De 52 mio. kr.

pr. km svarer her til fordeling af hele anlægssummen på 2,5 km, mens den reelle km-pris for BRT-anlægget nok reelt er lavere, da der også er brugt penge på de resterende 2,5 km

- > **BRT på Ringvejen i Aarhus** er estimeret til 55-60 mio. kr. pr. km. Forprojektet undersøger muligheden for at indpasse hhv. sidelagte busbaner og midterlagt BRT på ca. 7 km af Ringvejen i Aarhus ved at udvide vejprofilen. Projektet fører bl.a. til væsentlig arealerhvervelse undervejs, da mange ejendomme og private matrikler ligger nær Ringvejen.

Det er tydeligvis mindre komplekst og billigere at anlægge en BRT-vej på Østbanens tracé frem for i et tætbyområde, som de anførte eksempler.

Trafikale effekter

Opgørelserne viser begrænsede passagermæssige effekter af at erstatte tog med BRT-busser på Østbanen. Implementeres løsning A med strækningshastigheder på max. 80 km/t og max. 70 km/t i vejkrydsninger, øges køretiden i forhold til toget, men der mistes beregningsmæssigt kun godt 90 passagerer dagligt.

Øges afgangsfrekvensen samtidig fra alternativ 1 (30 min./15 min. på grenene hhv. på fællesstrækningen) til alternativ 2 (20 min./10 min.) øges antallet af rejsende i stedet med ca. 130 dagligt, og de rejsende vil samtidig opleve, at deres samlede rejsetid stort set ikke forringes i forhold til en situation med toget. Den øgede frekvens kompenserer så at sige for den øgede køretid²⁷. Øget frekvens vil dog samtidig medføre øgede anlægsudgifter og øgede driftsudgifter.

Disse løsninger kan gennemføres inden for gældende lovgivning.

Herudover vil det en fordel for disse løsninger, at BRT-busserne kan transportere stående passagerer. Det øger kapaciteten i hele nettet i forhold til en løsning, hvor der køres hurtigere, og det gør løsningen mere fleksibel og reducerer behovet for dubleringskørsel. Øges hastighederne må BRT-busserne kun befordre siddende passagerer, der desuden benytter sele.

På en strækning som Østbanen virker det fornuftigt at udstyre BRT-busserne med seler ved alle sæder, uanset hvilket hastighedsalternativ, der vælges.

Ændres reglerne, så det bliver muligt at køre med strækningshastigheder på op til 100 km/t (alternativ B), vil de passagermæssige effekter stort set svare til situationen med den lavere hastighed. Køretiderne øges lidt mindre i forhold til toget, og sættes frekvensen op til alternativ 2 vil der beregningsmæssigt komme ca. 150 flere passagerer om dagen. Men forskellene og fordelene er beregningsmæssigt marginale.

²⁷ Det bemærkes, at køretiderne i det foreløbige driftsoplæg for en togløsning efter en sammenlægning af Østbanen og Lille Syd fra december 2020 vil øges svagt, uden at det samtidig forventes at give færre rejsende

Til gengæld vil kravet om siddende passagerer begrænse den samlede kapacitet og fleksibilitet ved en sådan løsning.

Driftsøkonomi

De aktuelle bruttoudgifter til drift af toget udgør ca. 68,3 mio. kr. årligt (2020-priser) for en betjening, der svarer til frekvensalternativ 1 (30 min./15 min.). Holdt op mod en ledbus i hastighedsalternativ B, vil der beregningsmæssigt være årlige besparelser på mellem 41,2-45,2 mio. kr., mens de tilsvarende besparelser med en dobbeltledbus vil være mellem ca. 37,8-42,0 mio. kr. årligt. Besparelserne varierer afhængigt af drivmiddelvalg, hvor biogas vil være det billigste alternativ, og el det dyreste.

Hertil kommer, at vedligeholdelsesudgifter til Østbanens infrastruktur forventes at udgøre ca. 6,3 mio. kr. årligt, når banen er renoveret. 4,2 mio. kr. årligt (2020-priser).

Samfundsøkonomisk resultat

For alternativ B-1, som er det alternativ, der er mest sammenligneligt med togdriften fra før hastighedsnedsættelsen i december 2019, beregnes en positiv nettonutidsværdi på ca. 903 mio. kr. og en intern rente på ca. 11 %. Anlægsomkostningerne for skinnerenoveringerne er oplyst til 510 mio. kr. inkl. 30 % korrektionstillæg.

Den samfundsøkonomiske analyse viser videre, at projektforslaget er samfundsøkonomisk rentabelt i alle alternativer. Der beregnes en positiv nettonutidsværdi i intervallet ca. 130 mio. kr. til ca. 940 mio. kr. og en intern rente på mindst 5 %. Beregningerne er foretaget med udgangspunkt i dobbeltledede elbusser.

Emissioner

Med fossilfri eller helt emissionsfri busser elimineres den samlede CO₂-udledning fra toget i dag på 2.400 ton årligt, uanset driftsoplæg. Herudover kan der opnås reduktioner på mere end 90 % i udledningen af NO_x og partikler, hvis driften omstilles fra dieseltog til fossilfri eller emissionsfri busser, selv med dobbelt så høj frekvens, som toget vil køre med.

Og endelig vil støjen kunne reduceres. Størst reduktion vil opnås med eldrevne busser, men der vil være mærkbare forbedringer med alle de undersøgte alternativer.

Lignende miljø- og klimamæssige effekter vil kunne opnås ved at anvende fossilfri eller emissionsfri tog.

Regulatoriske forhold

Indledende overvejelser om omdannelse af en lokalbane til BRT-strækning indikerer, at banen i første omgang må berigtiges som et vejareal. Det mest oplagte synes at være, at vejen får status som privat vej, som fortsat kan ejes af regionen, i dette tilfælde Region Sjælland. Det vil medføre, at drifts- og vedligeholdelsesforpligtelsen påhviler regionen, som tilfældet er med banen i dag.

Videre synes det oplagt at konkludere, at færdselslovens regler må gælde på den nye BRT-strækning. Hvis der er behov for at øge hastigheden over 80 km/t, kan det med fordel ske ved at BRT-busserne indarbejdes direkte i færdselsloven, som det tidligere er sket med letbaner. Er der ønske om at regulere sikkerhedsaspekterne for BRT-kørsel ved vejkrydsninger, så BRT-strækninger kan

tilnærmes en jernbanelignende drift, vil det dog kræve mere omfattende ændringer af færdselsloven, da der så skal arbejdes med det grundlæggende princip, at ansvaret for forsvarlig kørsel altid påhviler føreren, samt fastlæggelse af sikkerhedsniveauer for, hvornår det ikke er tilfældet.

Samlet

Analysen viser, at BRT kan erstatte tog på Østbanen uden væsentlige, service-mæssige forringelser og dermed uden forventede negative passagermæssige konsekvenser. Afhængigt af hastighedsalternativ vil køretiderne øges svagt i forhold til toget, mens øget frekvens helt eller delvist vil kompensere herfor, så rejsetiderne samlet set ikke forringes nævneværdigt. Der kan etableres en løsning inden for gældende regler, der medfører markante besparelser på de årlige driftsudgifter, udviser en betydelig nettonutidsværdi og en høj intern rente.

Aktuelle sikkerhedsbærende systemer til trafikafvikling i vejkrydsninger medfører, at en række ejendomme må eksproprieres, og at en del træer må fældes for at skabe fornøden oversigt for trafikanter i disse kryds. Det kan evt. undgås, hvis der udvikles og godkendes ændrede sikkerhedssystemer, der kan gøre det muligt for BRT-busserne at køre gennem vejkrydsningerne uden at kunne se trafikken fra sidevejene.

Uddybning i en senere fase

Analysen har afdækket en række forhold, hvor der i dag er større eller mindre usikkerhed omkring de økonomiske konsekvenser af at etablere en BRT på Østbanen.

Det omfatter bl.a. en værkstedsløsning for de tilbageværende tog på Lille Sydbanen, hvor udgifterne til udvidelse af eksisterende faciliteter i Holbæk rummer en løsning, der er overdimensioneret, når Østbane-materiellet afhændes. Tilsvarende er de forventede økonomiske konsekvenser ved at nedlægge Østbanen på Køge St. skønnet meget konservativt i anlægsoverslaget.

Tabet af synergieffekter ved ikke at kunne sammenkoble Østbanen og Lille Syd er ikke afdækket detaljeret og præcist, og der er behov for en forhandling med Lokaltog A/S om de detaljerede økonomiske konsekvenser af at nedlægge Østbanen.

Endelig vil det i en konkret situation med BRT på Østbanens tracé være nødvendigt at få busoperatøren eller en tredje part til at etablere trafikstyring og driftsovervågning for BRT-løsningen. En hensigtsmæssig løsning er ikke udtænkt for nuværende, og udgifter hertil er derfor ikke indeholdt i overslaget.

14.2 Perspektivering

Udover konkret at belyse en evt. omdannelse af Østbanen til BRT-løsning, er der resultater fra analysen, der kan anvendes i forhold til overvejelser om omdannelse af lokalbaner til BRT-løsninger mere generelt. Det omhandler:

Eksisterende perroner

I forhold til typiske BRT-projekter er det en fordel, at der i forvejen er lange perroner ved alle eksisterende stationer og standsningssteder, der kan gen-

anvendes. Perronerne vil typisk være indrettet med billetteringsudstyr, og det vil være forholdsvis enkelt at tilpasse bussernes indstigningshøjde til niveaufri ind- og udstigning i forbindelse med anlægsarbejdet. På den måde opnås effektive forhold for en BRT, uden at det reelt belaster projekterne med væsentlige omkostninger.

Betjening

Betjeningsmæssigt vil en BRT kunne levere næsten samme service til passagererne, når det handler om rejsetider, særligt hvis øget frekvens indgår som et element i løsningen. Baseret på tallene for Østbanen må forventes, at øget drift med BRT-busser vil kunne gennemføres inden for rammerne af de aktuelle driftsudgifter og uden at projektets samlede økonomi bliver uattraktivt.

Beregningerne indikerer, at de passagermæssige konsekvenser ved at erstatte tog med BRT-busser formentlig vil være begrænsede, i det omfang centrale eksisterende forhold bevares, herunder linjeføring og standsningssteder. Mange lokalbaner betjener tyndt befolkede områder, og mulighederne for at tiltrække mange nye passagerer er følgelig ikke udtalte.

Max 80 km/t

Det lader til, at ulemperne ved øget køretid i forhold til toget har marginal betydning for passagertallet. Videre virker det oplagt, at det er en klar fordel at kunne medbringe stående passagerer i BRT-busser og opnå den bedre fleksibilitet og udnyttelse af køretøjerne, der ligger heri. Der ligger også en procesmæssig gevinst i at kunne gennemføre løsningen inden for gældende regler.

Bomme til trafikstyring

De samlede anlægsomkostninger vil kunne reduceres (på Østbanen i størrelsesordenen mere end 10 %), hvis de eksisterende bomanlæg kunne bevares og benyttes til trafikstyring i vejkrydsningerne, frem for at etablere nye signalregulerede krydsninger. Udover at undgå indkøb og etablering af signalanlæg og belysning, vil en sådan løsning også reducere behovet for ekspropriationer og for fældning af træer på større arealer.

Det er dog ikke muligt med gældende regler. En indsats for at udvikle nye sikkerhedssystemer, der kan gøre det muligt for BRT-chaufførerne at køre gennem vejkrydsninger uden at kunne se trafikken fra sidevejene, men f.eks. i kraft af bomanlæggene som sikkerhedsbærende system, kan derfor være relevant.

Bomme som supplement til trafiksignaler

Undersøgelser i forbindelse med projektet indikerer, at det ikke er anlægskononomisk dyrt (skønnet 1-2 mio. kr.) at bevare de eksisterende bomanlæg for vejtrafikken og ombygge anlæggene, så de kan fungere sammen med BRT-busser. Herudover vil det i høj grad eliminere den helt grundlæggende usikkerhed, der ligger i at trafikken alene reguleres ved hjælp af traditionelle signaler og uden de fysiske forhindringer, som bomme trods alt udgør.

Ombygningen er ikke indarbejdet i anglægsoverslagene, da en løsning med både trafiksignaler og bomme ikke er mulig med gældende regler.

Procestid

Projekterne om omdannelse af lokalbaner til BRT-strækninger vil med stor sandsynlighed skulle undergå en VVM-undersøgelse, som erfaringsmæssigt er tidskrævende. Der kan med fordel tages højde herfor i planlægningen.

Ny teknologi

I øjeblikket overvejes muligheder og perspektiver ved at erstatte det nuværende dieselmateriel på lokalbanerne med batterielektriske tog. På Østbanen er materiellet forholdsvis nyt, og det er ikke umiddelbart oplagt, at eldrevne tog implementeres på dén strækning inden for de kommende år. Eldrevne tog vil ligesom de eldrevne BRT-busser medføre miljø- og klimamæssige gevinster, men da de driftsmæssige konsekvenser endnu ikke er kendt, har beregningerne i rapporten alene haft afsæt i den nuværende teknologi.