

# Grøn regional BRT-løsning på Østbanens tracé

Analyse

Dato 9. juni 2020  
Dokument 20/06066-9



# Indhold

<b>Indledning</b> .....	<b>3</b>
<b>BRT-busløsning på Østbanen</b> .....	<b>5</b>
Den analyserede BRT-løsning.....	5
BRT-betjeningen .....	6
<i>Frekvensalternativer</i> .....	6
Linjeføring .....	6
Standsnings- og krydsningssteder.....	7
Evt. forlængelse af BRT-løsningen i Køge .....	8
BRT-vejen .....	8
BRT-materiel.....	9
<i>Miljøvenlige drivmidler</i> .....	10
<i>Førerløst busmateriel</i> .....	10
Trafikstyring af BRT'en .....	10
<b>Effekter af en BRT-løsning</b> .....	<b>12</b>
Passagereffekter .....	12
Miljømæssige effekter af vejanlægget .....	13
<i>Jord og vand</i> .....	13
<i>Øvrige miljømæssige forhold ved anlægget</i> .....	13
Miljømæssige effekter af BRT-drift .....	13
<b>Økonomiske konsekvenser</b> .....	<b>14</b>
Anlægsøkonomi .....	14
Drifts- og vedligeholdelsesøkonomi .....	15
Samfundsøkonomi .....	16
Øvrige konsekvenser, herunder for Lokaltog A/S mv. ....	17
<b>Perspektiver set i forhold til analysen af Østbanen</b> .....	<b>19</b>

# Indledning

Transport- og Boligministeriet og Region Sjælland har aftalt at gennemføre en indledende analyse af potentialer og muligheder ved omdannelse af Østbanen nuværende jernbane til en grøn regional Bus Rapid Transit-løsning (BRT).

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.

Analysen belyser på et indledende niveau, hvorvidt en omdannelse af Østbanen til en 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 A/S som faglig konsulent.

Analysen supplerer det projektbeslutningsgrundlag for sporrenoveringen af Østbanen, som Region Sjælland i samarbejde med Movia og Lokaltog A/S gennemfører. Der er her - set i forhold til nærværende analyse - tale om en konkret undersøgelse på et meget mere detaljeret niveau, som kan danne grundlag for en evt. beslutning om gennemførelse af et renoveringsprojekt for Østbanens banelegeme. Ved sammenligning af de to undersøgelser er det vigtigt at være opmærksom på, at de to analyser har forskellig detaljeringsgrad og dermed forskelligt usikkerhedsniveau.

Denne analyse har karakter af en foranalyse og kan alene bruges som grundlag for beslutning om, hvorvidt man ønsker at gå videre med en konkret planlægningsundersøgelse for omdannelse af Østbanen til en BRT-løsning. Dette notat er baseret på den tekniske baggrundsrapport, udarbejdet af COWI A/S, hvor tekniske forudsætninger, analyser og resultater er detaljeret beskrevet.

## Hvad er BRT?

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 metro-, letbane- og togtransport, men kombineret med den fleksibilitet bustransporten har.

Det særlige ved en BRT-løsning på Østbanen er, at der ikke er tale om opgradering af en eksisterende busbetjening med fremkommeligheds- og regularitetsproblemer, men om at udnytte de nuværende trafikale fordele fra baneløsningen med en hurtigt og komfortabel BRT-busbetjening med langt mindre driftsudgifter.

## Østbanen

Østbanen er en lokalbane, der betjener en række mindre bysamfund på Stevn med kollektiv trafik. Jernbanen forløber fra Køge St. til Hårlev, hvor banen deles i hhv. en delstrækning til Faxe Ladeplads

og en delstrækning til Rødvig. Toget, der kører fra Køge til Rødvig, vender på Hårlev Station. Jernbanen er 1-sporet, og derfor krydser togene hinanden ved en række stationer. Der er 15 standsningssteder, og de betjener bl.a. kommunecentrene Hårlev og St. Heddinge og udviklingscentrene Rødvig og Faxe samt en række mindre byområder jf. figur 1.

### De rejsende

På en typisk hverdag har Østbanen ca. 3.300 påstigere, ca. 1.500 på en lørdag og ca. 1.200 på en søndag. Årligt svarer det til godt 1 mio. rejser (2019). Begge linjer er karakteriseret af, at der er nogle få standsningssteder med relativt mange påstigere, og en række steder med langt færre påstigere.



Figur 1: Påstigere på Østbanen, der rejser mod nord henholdsvis mod syd. På Egøje St., Vallø St., Grubberholm St. eller ved Himlingøje St. standses kun på udvalgte ture og hvis der er passagerer

# BRT-busløsning på Østbanen

## Den analyserede BRT-løsning

Der er i analysen undersøgt tre alternativer.

Den første er en basisløsning, som vil kunne realiseres indenfor de nuværende i færdselslov mv.. Det betyder, at strækningshastigheder på BRT-vejen er op til 80 km/t, at der etableres almindelige trafiksignalanlæg og at hastigheden lokalt nedsættes til 70 km/t i vejkrydset for trafikken både på BRT-vejen og på den skærende vej.

Den anden løsning er en tilpasset løsning, hvor strækningshastighederne sættes til maksimalt 100 km/t, og hvor den maksimale hastighed i vejkrydsene sænkes til 70 km/t. En sådan løsning vil kræve forbedret mødesigt på strækningerne og ændret lovgivning om Tempo100-kørsel for busser, så den omfatter BRT-materiel med 100 km/t på BRT-veje udformet til denne hastighed. Løsningen forudsætter tilstrækkeligt mødesigt i hele tracéet. Vejkrydsene udformes på samme måde som i basisløsningen

Teknisk set kan løsningen gennemføres, og der er ikke umiddelbart behov for at udvikle helt nye systemløsninger af it- eller signalteknisk karakter. Samlet set er de nødvendige regelændringer forholdsvis afgrænsede, og de vil kunne gennemføres inden for en kort tidshorizont.

Den tredje løsning er en omfattende eller udvidet løsning, hvor strækningshastighederne og hastighederne gennem vejkrydsene sættes til maksimalt 100 km/t. Det vil i forhold til køretider tilnærmelsesvis svare til en situation i togløsningen efter opgraderingen.

En sådan løsning vil kræve mere omfattende lovændringer og en del undersøgende og forberedende arbejde. Det omfatter bl.a. undersøgelse af behov for nyudvikling af teknologi for at minimere risikoen for alvorlige ulykker i vejkrydsene, hvor trafiksignalerne evt. suppleret med bomanlæg ikke længere i sig selv kan udgøre det sikkerhedsbærende element.

Alternativ	Max. strækningshastighed	Forudsætning	Max. hastighed i vejkryds	Forudsætning	Forskel i køretid ift. togløsning
A - Basisløsning	80 km/t	gældende regler	70 km/t	gældende regler	0,5/4,5 min
B - Tilpasset løsning	100 km/t	ændr. færdselslov mv	70 km/t	gældende regler	1,5/3 min
C - Omfattende løsning	100 km/t	ændr. færdselslov mv	100 km/t	omfattende ændringer af færdselslov og udvikling af sikkerhedsbærende systemer	-1,5/1 min

Tabel 1: Undersøgte løsninger, forudsætninger og forskel i sammenlignelig køretid med togløsningen (før køreplanændring i december 2019). Forskel i gennemsnitlig køretid Køge-Rødvig / Køge Faxe Ladeplads.

## BRT-betjeningen

### Frekvensalternativer

I analysen er der undersøgt tre frekvensalternativer og hvilke forudsætninger og konsekvenser, det har for driften.

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.

Tabel 2: Analyserede frekvensalternativer

### Linjeføring

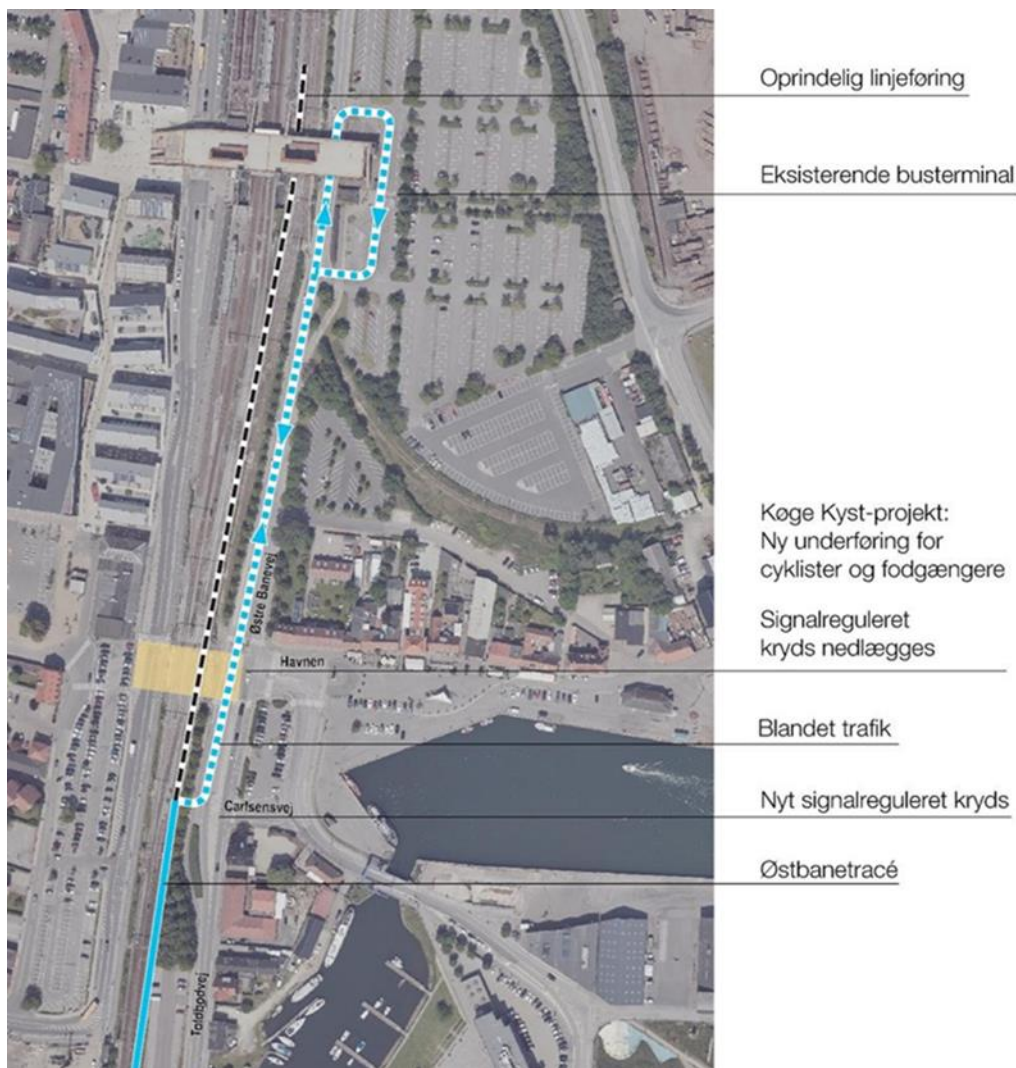
Udgangspunktet for BRT-løsningen er en linjeføring, der stort set er identisk med hele Østbanens eksisterende tracé. Der er dog nogle lokaliteter, hvor det vil være nødvendigt med mindre afvigelser fra det nuværende tracé.

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 Køge Station er forholdene mere komplekse. Togene fra Østbanen ankommer i dag til den østligste perron mellem spor 2 og 3. At føre en BRT-vej helt ind til perronen mellem spor 2 og 3, ligesom toget kører i dag, vil på grund af krav til sikkerhedsmæssig afstand og afskærmning mellem vej og jernbanespor være for dyrt og kompliceret.

BRT-løsning må derfor forlade Østbanens tracé et sted syd for Køge Station, og at der skal findes en terminalløsning udenfor det egentlige stationsområde. BRT'ens endestation kan placeres ved den nuværende busterminal, som i dag benyttes af andre Movia-buslinjer og hvorfra der er adgang til perronerne på Køge St.

Udkørslen fra Østbanens tracé kan gennemføres ved at etablere et vestligt ben i det nye kryds ved Carlsensvej. Der skal gennemføres en tilpasning af krydsets udformning og af signalteknikken, hvor BRT'en skal have prioritering i krydset i begge retninger.



Figur 2: BRT-linjen følger fra syd Østbanens tracé frem til krydset mellem Toldbodvej/Carlsensvej.

## Standnings- og krydsningssteder

De eksisterende stationer og standsningssteder bevares og ombygges, så de kan betjenes af BRT-materiel med dørene i højre side. Ved alle stationer og standsningssteder hæves kørebanen, så der kan opnås niveaufri ind- og udstigning. Det samlede vejforløb hæves og sænkes samtidig over en tilstrækkelig lang strækning, så det stadig vil føles komfortabelt at gennemkøre strækningen i høj fart. Det er aktuelt for nogle af trinbrætterne, hvor BRT'en ikke vil stoppe på alle ture, ligesom toget heller ikke gør i dag.

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. Toget kan benytte dem, fordi der er døre i begge sider. Det er forudsat, at BRT-materiellet kun har døre i højre side, og derfor er det nødvendigt at etablere en ny tilsvarende perron på den modsatte side, så BRT'en kan udveksle passagerer i begge kørselsretninger.

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. Afhængigt af hvordan BRT-driften tilrettelægges ift. hastighed og frekvens, kan der være behov for etablering af supplerende krydsningspunkter. Det vurderes at være 3-5 ny krydsningspunkter.

### Evt. forlængelse af BRT-løsningen i Køge

I analysen er der set på perspektivet ved at forlænge en BRT-løsning til Sjællands Universitetshospital, Campus Køge og erhvervsområdet nord for Køge. Udgangspunktet er, at en BRT-vej ikke kan ligge i Lille Syds jernbanetrace grundet den øvrige togtrafik, men at linjeføringen må ske ad det kommunale vejnet i Køge.

Den mest nærliggende linjeføring vil være, at BRT-løsningen forlænges med samme linjeføring som linje 101A fra Køge St. mod nord til Køge Nord St..

Ca. 75% af Østbanens passagerer, der benytter Køge St., stiger om til andre kollektive transportmidler. Langt de fleste af disse stiger om til S-tog eller regionaltog (85%). Knap 10% (166 passagerer) stiger om til linje 101A. Det nuværende lave antal omstigere fra Østbanen med rejsemål på hospitalet, Ølby St. eller i Campus-området kan på nuværende tidspunkt ikke i sig selv begrunde en forlængelse af BRT-linjen på Østbanen til Køge Nord.

Men vælger man en BRT-løsning i Køge, skønnes det, at en forlængelse ved at lade linjen følge linje 101A mod nord er mest hensigtsmæssig. Skal der være tale om BRT-løsning i egne busbaner, vil der på en række delstrækninger være tale om et forholdsvist omfattende og indgribende projekt i vej- og trafikforholdene i Køge med betydelige anlægsomkostninger.

Ulemperne ved at BRT-linjen videreføres i linje 101A linjeføring, selv om det er skønnes som den mest attraktive linjeføring, vurderes imidlertid at være betydelige i forhold til såvel passagerer som køreplanlægning og regularitet for BRT-løsningen på selve Østbanen.

### BRT-vejen

#### Udformning

Det er i analysen forudsat, at der anlægges en 1-spolet vej i Østbanens jernbanetracé. Den nødvendige bredde af vejen afgøres af, om busserne maksimalt må køre 80 km/t, eller der gives mulighed for at køre op til 100 km/t. ligesom togene gjorde før hastighedsnedsættelsen. Til forskel fra det sporbundne tog, så er BRT-materiellet ikke på samme måde låst fast i kørslen. Det betyder imidlertid også, at vejen af trafikikkerhedsmæssige årsager ud over den egentlige kørebane må være lidt bredere i begge sider, så chaufføren har mulighed for at rette bussen op for ikke at køre af vejen, f.eks. ved undvigemanøvrer.

Maksimal hastighed	Kørebanebredde	Kantbane i hver side	Rabat i hver side	Samlet vej-bredde
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

Tabel 4: BRT-busvejens tværprofil ift. kørselshastighed



### **Øvrige tekniske forhold**

Det vurderes, at der på ca. 30 km af strækningen af trafikikkerhedsmæssige årsager skal opsættes autoværn. Den kommende BRT-vej vil krydse 17 broer og 12 rørlagte åløb. Det er på det foreliggende grundlag forudsat, at bygværkerne er i god vedligeholdelsesmæssig tilstand og vurderet at bæreevnen som udgangspunkt er tilstrækkelig til en BRT-løsning, således at broer og bygværker helt overvejende alene skal sideudvides.

### **Arealerhvervelse**

BRT-sporet er mere pladskrævende, end banesporet er i dag. Samlet er der vurderet behov for ekspropriationer over en delstrækning på ca. 21,8 km, der i hastighedsalternativ A (80 km/t) vurderes at berøre 460 matrikler og 490 matrikler i hastighedsalternativ B (100 km/t). Heri indgår også et antal beboelsesejendomme, der vil skulle eksproprieres i deres helhed for at skabe tilstrækkelige oversigtsforhold for BRT'en og for den øvrige vejtrafik i jernbaneoverskæringerne, der omdannes til signalregulerede vejkryds.

### **Vintervedligehold**

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.

### **BRT-materiel**

I dag betjenes strækningen med LINT-tog, som har ca. 120 siddepladser, et antal ståpladser og plads til cykler, barnevogne og kørestole. Det skønnes nødvendigt, at BRT-materiellet indrettes med plads til et antal cykler/barnevogne ligesom det er et krav, at der er en dedikeret plads til mindst én kørestol. På baggrund af analyser af passagerernes rejsemønstre er det vurderet, at BRT-materiellet bør have en kapacitet på mindst 60 siddepladser, hvis dubleringskørsel i større omfang skal undgås i spidsbelastningsperioderne.

Baseret på den nuværende betjening og det aktuelle rejsemønster er det vurderingen, at ledbusser eller dobbeltledbusser vil være den bedst egnede bustyper til en BRT på Østbanen.

I forhold til passagerkapacitet har det betydning, hvorvidt bussernes tilladte, maksimale hastighed er 80 eller 100 km/t. Hvis den er 80 km/t vil det efter gældende regler for busser være lovligt at stå op under kørslen og dermed i en spidssituation give den kapacitet, som udnyttelse af ståpladser giver. Men det gør rejsetiden 2-3 minutter længere i forhold til en togløsning med 100 km/t.

Alle nye busser kan køre 100 km/t (eller mere), men de er elektronisk begrænset til en lavere max. hastighed med mindre de er "Tempo-100 godkendt. Skal BRT-materiellet kunne køre 100 km/t i tracéet, vil lovgivningen for "Tempo-100 kørsel" skulle ændres. Kravene til Tempo100-busser omhandler primært en række konstruktionsmæssige og sikkerhedsmæssige forhold, herunder siddende passagerer og anvendelse af sikkerhedsseler. Af trafikikkerhedsmæssige hensyn opretholdes dette i BRT-løsningen og busserne bør udstyres med så mange sæder som muligt.

BRT-materiellet vil skulle have gode ind- og udstigningsforhold, herunder mange dobbeltdøre, så passagerudvekslingen ved standsningsstederne kan ske hurtigt og effektivt. I en senere planlægningsfase kan de præcise krav til funktionalitet, passagerkapacitet, siddepladser mv. fastlægges.

### **Miljøvenlige drivmidler**

Bussers miljøvenlighed afhænger helt overvejende af emissionerne under kørsel, og emissionerne har direkte sammenhæng med, hvilken drivmiddelteknologi bussen har. I analysen indgår busser med forbrændingsmotor baseret på enten biogas eller syntetisk diesel (HVO), og eldrevne busser baseret på batteriteknologi.

Biogas produceret på basis af gylle og andet bioaffald betragtes som et fossilfrit (CO<sub>2</sub>-neutralt) drivmiddel, og det kan anvendes på alle busrutetyper. Det har yderligere den fordel, at busserne støjer lidt mindre end almindelige dieselbusser. Syntetisk diesel (HVO) er et fossilfrit drivmiddel, som kan anvendes i almindelige dieselbusser. Det kan ligesom gas anvendes på alle rutetyper, men det reducerer ikke støjledningen fra busserne. Busser med eldrift på batterier sikrer 0-emission direkte fra busserne, dvs. der ikke er udstødning, og den bidrager til en væsentlig støjreduktion fra busserne. Til gengæld kræver det, at driften er optimeret til den etablerede ladeinfrastruktur og til opladningsstrategien. Klimaeffekterne kan betragtes som optimale ved brug af vedvarende strøm til opladningen.

### **Førerløst busmateriel**

Der er gennem de senere år 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. Der er ikke pt. kendskab til erfaringer med førerløse køretøjer, der kan fungere uden restriktioner med hensyn til eksempelvis hastighed, vejtilstand og vejforhold, og som kan køre i almindelig blandet trafik.

Umiddelbart virker Østbanen omdannet til BRT-vej velegnet til førerløs drift, fordi der er tale om et relativt lukket og veldefineret tracé. På nuværende tidspunkt er det imidlertid vurderingen at den grundlæggende køretøjsteknologi fortsat ikke er moden.

Samlet set er det vurderingen, at der i mange år endnu (mere end 5 år) vil blive stillet særlige krav til bl.a. adgangskontrol til det dedikerede BRT-tracé og til den teknologiske modenhed af køretøjsteknikken for at tillade at BRT-materiel kan køre helt uden en fører. Det er derfor på nuværende tidspunkt ikke realistisk at indarbejde konkrete planer om etablering af førerløs BRT-løsning på Østbanen.

Men det er samtidig også vurderingen, at en BRT-vej på Østbanen med en samlet, lukket vejstrækning på ca. 49 km vil kunne udgøre et unikt miljø til afgrænsede udviklingsforsøg med førerløs busteknologi.

### **Trafikstyring af BRT'en**

En BRT-løsning i Østbanens tracé vil være et-sporet, den vil skulle krydse det øvrige vejnet og ved endestationen køre ud på det almindelige vejnet på mindre delstrækninger. Disse forhold nødvendiggør et vist omfang af styring af trafikken.

### **Adgang til BRT-vejen**

I Køge vil det være nødvendigt at etablere ny, almindelige trafiksignalanlæg med busprioritering for at busserne kan komme til og fra BRT-vejen, mens det i Rødvig og Faxe Ladeplads umiddelbart vurderes at de almindelige vigepligtsregler kan regulere trafikken ved disse endestationerne.

Når der er etableret et befæstet BRT-tracé på 3,5 m eller 4,0 m plus rabat på 0,5 m i hver side, er der en vis risiko for at almindelige trafikanter i overkørslerne i udgangspunktet fejlagtigt kan opfatte BRT-

tracéet som en almindelig del af vejnettet og køre ind på BRT-vejen. Det kan både være stærkt forstyrrende for afvikling af BRT-bustrafikken og være farligt.

Det er umiddelbart vurderingen, at fast eller variabel vejafmærkning om adgangsbegrænsningen for den øvrige trafik ikke er tilstrækkelig, og at der af trafikikkerhedsmæssige årsager også bør etableres en fysisk blokering (ex. bom) af adgang til BRT-tracéet for ikke-autoriseret færdsel

En bomløsning vil ikke helt kunne forhindre eks. fodgængere eller brugere af tohjulede transportmidler i bevidst at bevæge sig ind på BRT-tracéet. 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, selv om risikoen er til stede.

### **Styring og overvågning af trafikken i BRT-tracéet**

BRT-busvejen er et-sporet bortset fra ved krydsningspunkterne, og derfor er det nødvendigt at styre bustrafikken, så der kun er én BRT-bus ad gangen på de enkeltsporede delstrækninger. I analysen er det forudsat, at der sker en styring af trafikken, baseres på en kombination af forskellige eksisterende teknologier for at opnå den mest stabile og trafiksikre drift.

### **Styring af trafikken i vejkryds**

De nuværende jernbaneoverskæringer vil i en BRT-løsning skulle ombygges til almindelige vejkryds med almindelige signalanlæg til regulering af trafikken. Trafikken i BRT-tracéet vil i krydsene blive styret på tilsvarende måde som letbanetrafik styres ift. anden vejtrafik. Samtidig sættes en lokal hastighedsbegrænsning på maksimalt 70 km/t omkring krydsningspunktet både på BRT-tracéet og på den krydsende vej.

Ud over opsætning af trafiksignalanlæg vil det også være nødvendigt at ombygge de nuværende overkørsler, så der dels skabes bedre oversigtsforhold, herunder belysning, dels så udformningen i sig selv vanskeliggør, at uautoriserede køretøjer forsøger at køre ind på BRT-vejen.

Det kan overvejes, at der i en BRT-løsning indgår bomanlæg i forbindelse med krydsning af skærende veje. Trafiksignalanlæg suppleret med bomanlæg kan formentligt forbedre sikkerheden, men effekterne kendes ikke. Skal bomanlæg udgøre et egentlig sikkerhedsbærende system, vil der skulle udvikles systemer, der bl.a. sikrer at chaufføren får besked, hvis bommene eller andet svigter.

# Effekter af en BRT-løsning

## Passagereffekter

I en situation, hvor Østbanen erstattes af en BRT-betjening i samme tracé og med samme standsningsmønster, vurderes det overvejende sandsynligt, at linjen vil blive benyttet som Østbanen bliver i dag. Vurdering af passagereffekter er baseret på data og analyse af rejsekortoplysninger om passagerernes rejsemønstre.

. En række af de centrale parametre er i BRT-løsningen de samme. Standsningsmønster, tilgængelighed til stationer og indretning heraf er det samme. Linjeføringen er stort set uændret og komforten i BRT-busserne sammen med vejens udformning søges fastholdt på samme niveau som togløsningen.

Erfaringsmæssigt vil øget rejsetid generelt føre til reduktion i passagertallet og omvendt. Afhængig af valgt hastighedsalternativ bliver rejsetiderne marginalt forøget. Til gengæld vil øget frekvens kunne medføre en stigning i antallet af passagerer.

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 "skinneeften" eller "systemeffekten".

Størrelsen af skinneeften 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 BRT-løsning. Et skønsmæssig bud er, at passagereffekter for en vel fungerende BRT-løsning på Østbanen er minimale og formentligt grænsende til nul.

Passagergrundlag		Hastigheds-alternativ		
		A 80 km/t - 70 km/t	B 100 km/t - 70 km/t	C 100 km/t - 100 km/t
Togløsning	30 min./15 min.	3.300		
BRT -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

Tabel 5: Forventet passagergrundlag for en BRT-løsning på Østbanen opgjort for de 3 hastighedsalternativer og frekvensalternativer.

Vurderingen af passagereffekter er baseret på køreplan 2018/19 og kortlægning af nuværende rejsemønstre. Efter skinnerenoveringen er der lagt op til ændret køreplan som følge af sammenlægningen med Lille Syd. I de foreløbige udkast til køreplaner er der lagt op til halvtimesdrift mellem Køge og Hårlev, hvilket vil være en halvering af frekvensen på denne delstrækning. Der er endvidere lagt op til lidt

øgede køretider. Begge dele må isoleret set kunne forventes at give en mindre reduktion i antallet af de dagligt rejsende.

### Miljømæssige effekter af vejanlægget

Ved omdannelse af jernbanen til en vej erstattes en type infrastruktur til en anden type infrastruktur, men det sker i samme tracé. På det indledende analyseniveau er det umiddelbart vurderingen, at de miljømæssige effekter kan forventes at være begrænsede.

#### Jord og vand

Umiddelbart viser opgørelser, at der bliver jord i overskud ved omdannelse til en BRT-busvej. Baseret på erfaringer, forventes at en del af jorden omkring stationsområderne kan være forurennet og må bortskaffes, den konkrete beskaffenhed af jorden kendes dog ikke nu og skal undersøges nærmere.

Det er vurderingen, at det ikke er muligt at genanvende den nuværende vandafledning, men at etablere en ny enten i form af et nyt afvandingssystem, eller i form af oprensning/renovering af de eksisterende rørledninger.

#### Øvrige miljømæssige forhold ved anlægget

Østbanen ligger ca. 75 m fra Natura 2000 – habitatområde ved Vallø Dyrehave og ca. 40 m fra et tilsvarende habitatområde ved Tryggevælde Ådal. Generelt må der ikke gennemføres projekter, der kan skade de arter og naturtyper, som områderne er udpeget for at beskytte. Området ved Vallø Dyrehave er desuden omfattet af en fredning for Vallø Gods. Beliggenheden af de to habitatområder og fredningen vil skulle vurderes nærmere i en konkret planlægningsundersøgelse. Der vil som minimum skulle udarbejdes en VVM-screening. Det kan umiddelbart vurderes som forventeligt, at en screening kan vise, at et projekt med en BRT-løsning er VVM-pligtigt. En VVM-undersøgelse vil også afdække eks. behov for evt. dispensationer og fredningsnævnets stillingtagen til et projekt indenfor det nuværende jernbaneareal set i forhold til fredningsbestemmelserne.

### Miljømæssige effekter af BRT-drift

Den nuværende togløsning udleder i dag ca. 2.400 ton CO<sub>2</sub> årligt. Med fossilfri eller helt emissionsfri busser elimineres den samlede CO<sub>2</sub>-udledning, og uanset driftsoplæg vil den reducerede mængde CO<sub>2</sub> svare til togets udledninger i dag med mindre der også skiftes drivmiddel på togene. Herudover kan mere end 90 % for både NO<sub>x</sub>- og partikelemission reduceres, selv med dobbelt så høj frekvens, som togløsningen.

Erfaringsmæssigt støjer 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). Gasbusser udleder også mindre støj end dieselbusser. Forskellige kilder indikerer et niveau, der ligger på ca. 3 dB(A) under niveauet for tilsvarende dieselbusser.

# Økonomiske konsekvenser

## Anlægsøkonomi

Der er udarbejdet anlægsoverslag for de skitserede alternativer for en BRT-løsning i Østbanens tracé<sup>1</sup> hhv. for hastighedsalternativ A (max. 80 km/t på strækning og 70 km/t i vejkryds) og for hastighedsalternativ B (max. 100 km/t på strækning og 70 km/t i vejkryds). Der er ikke beregnet indledende anlægsoverslag for hastighedsalternativ C, fordi løsningen ikke umiddelbart kan etableres og priser for en række elementer i alternativet derfor ikke kendes.

Hastighedsalternativ A (80 kmt / 70 km/t)	Frekvensalternativ	Frekvensalternativ	Frekvensalternativ
	1	2	3
Anlægsoverslag	30 min./15 min.	20 min./10 min.	15 min./7,5 min.
Mio. kr.	Mio. kr.	Mio. kr.	Mio. kr.
<b>Basisoverslag</b>	<b>539,0</b>	<b>570,4</b>	<b>574,1</b>
Korrektionstillæg (40 %)	215,6	228,1	229,6
Tilpasning af Køge Station <sup>2</sup>	50,0	50,0	50,0
<b>Indledende anlægsoverslag</b>	<b>804,6</b>	<b>848,5</b>	<b>853,7</b>

Hastighedsalternativ B (100 kmt/ - 70 kmt)	Frekvensalternativ	Frekvensalternativ	Frekvensalternativ
	1	2	3
Anlægsoverslag	30 min./15 min.	20 min./10 min.	15 min./7,5 min.
Mio. kr.	Mio. kr.	Mio. kr.	Mio. kr.
<b>Basisoverslag</b>	<b>586,3</b>	<b>597,3</b>	<b>601,7</b>
Korrektionstillæg (40 %)	234,5	238,9	240,7
Tilpasning af Køge Station <sup>3</sup>	50,0	50,0	50,0
<b>Indledende anlægsoverslag</b>	<b>870,8</b>	<b>886,2</b>	<b>892,4</b>

Tabel 6: Anlægsoverslag for anlæg af BRT-busvej på Østbanens tracé<sup>3</sup>

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.

<sup>1</sup> Anlægsoverslagene er beregnet i Vejdirektoratets overslagssystem (prisniveau 2020) og efter principperne i ny anlægsbudgettering (NAB).

<sup>2</sup> Oplyst af BaneDanmark, incl. korrektionstillæg. Vedrører primært omkostninger til ændringer i spor-, kørestrøms- og signalanlæg på Køge St.. BaneDanmark har oplyst, at vurderingen er forbundet med stor usikkerhed.

<sup>3</sup> Udgifter til tilpasning af sikringsanlægget på Køge St. i forhold til lukning af Østbanen, samt nedlæggelse af skiftespor og køreledninger på en kort delstrækning har det ikke været muligt at få oplyst inden for analysens tidsramme.

## Drifts- og vedligeholdelsesøkonomi

### Driftsøkonomi

De præcise omkostninger ved at drive BRT på Østbanen kendes ikke i dag. Derfor er det i analysen søgt at opgøre de forventelige, gennemsnitlige timepriser til en busoperatør, der skulle udføre kørslen på linjen. Private busoperatører udfører al Movias buskørsel, og priserne fastsættes ved offentlige udbud.

I beregningerne er taget afsæt i de aktuelle, gennemsnitlige bruttotimepriser for kørslen på R-buslinjerne i Region Sjælland, hvor Østbanen i forvejen tilhører R-nettet i regionen.

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

Tabel 7: Beregnede driftsudgifter med en BRT-dobbeltledbus på Østbanen, prisniveau 2020.

Sammenholdt med driftsudgifterne til de nuværende Lint41 tog, vil der kunne opnås besparelser i driften<sup>4</sup>.

### Vedligeholdelsesudgifter

En BRT-vej vil efter den er anlagt skulle vedligeholdes for at opretholde den investerede vejkapital. Det indebærer eks. løbende udbedring af skader, der måtte opstå, og større vedligeholdelsesarbejder

<sup>4</sup> På kort sigt afhænger den konkrete besparelser dog af elementerne i fællesomkostningerne i Lokaltog og fordelingen heraf.

som eks. udskiftning af asfaltslidlag. Det er vurderet til gennemsnitligt at udgøre 4,2 mio. kr. årligt. Til sammenligning er det Lokaltog A/S forventning, at drift- og vedligeholdelsesomkostningerne til baneinfrastrukturen efter skinnerenoveringen forventes at udgøre 6,3 mio. kr. årligt.

### Driftsindtægter

På Østbanen er der i dag driftsindtægter på ca. 18,5 mio. kr. (jf. regnskab 2019), hvilket svarer til ca. 18 kr. pr. påstiger. Forudsættes samme gennemsnitlige billetindtægt pr påstiger i BRT-løsningen vil billetindtægterne kunne forventes at ligge i intervallet 18-21 mio. kr. afhængig af hastigheds- og frekvensalternativ.

### Samfundsøkonomi

Der er gennemført en samfundsøkonomisk beregning af den forventede lønsomhed, hvis den nuværende jernbane og togbetjening på Østbanen erstattes med BRT-betjening, og der anlægges en BRT-busvej i Østbanens tracé i stedet<sup>5</sup>.

Anlægsomkostningerne varierer for de respektive hastigheds- og tilhørende frekvensalternativer. For anlægsomkostningen i reference-situationen med fortsat togløsning er anvendt det foreløbige anlægsskøn fra den igangværende projektundersøgelse for renovering af Østbanen på 510 mio. kr. inkl. 30% korrektionstillæg.

Alternativer	A – 1	B – 1	A – 2	B – 2	A – 3	B – 3
	80/70 km/t 30/15 min.	100/70 km/t 30/15 min.	80/70 km/t 20/10 min	100/70 kmt 20/10 min	80/70 km/t 15/7,5 min.	100/70 km/t 15/7,5
Anlægsomkostninger:	-289	-354	-332	-369	-338	-376
Drifts- og vedligeholdelses effekter:	950	961	631	647	309	331
Brugereffekter:	-112	-91	-71	-47	-123	-99
Eksterne effekter:	334	334	320	320	306	306
Øvrige konsekvenser:	58	52	17	16	-25	-27
I alt nettonutidsværdi (NNV)	<b>940</b>	<b>903</b>	<b>564</b>	<b>566</b>	<b>129</b>	<b>136</b>
Intern rente	<b>13%</b>	<b>11%</b>	<b>9%</b>	<b>9%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>

Tabel 8: Samfundsøkonomisk resultat<sup>6</sup>

De samfundsøkonomiske beregninger er baseret på drift med dobbeltledede elbusser, der er skønnet som den dyreste løsning. Med dette udgangspunkt viser den samfundsøkonomiske analyse, at en BRT-løsning er samfundsøkonomisk rentabelt i alle alternativer.

En følsomhedsanalyse for hovedalternativet B-1 (100/70 km/t, 30/15 min) illustrerer påvirkningen på de samfundsøkonomiske resultater i tilfælde af, at effekterne af projektets gennemførelse måtte blive anderledes end forudsat. Følsomhedsanalysen viser, at resultaterne er robuste over for ændringer.

<sup>5</sup> De gennemførte beregninger følger de gældende vejledninger for samfundsøkonomiske analyser på transportområdet.

<sup>6</sup> Beregnet på grundlag af anlægsinvestering på 660 mio. kr. til renovering af Østbanen.



Følsomhed	NNV
Basis	903
Lave anlægsomkostninger (- 25 %)¹	1.142
Høje anlægsomkostninger (+ 25 %)¹	664
Lave driftsomkostninger (- 50 %)²	314
Høje driftsomkostninger (+ 50 %)²	1.492
HVO	910
Biogas	981

Tabel 9: Samfundsøkonomisk følsomhedsanalyse.

## Øvrige konsekvenser, herunder for Lokaltog A/S mv.

### Konsekvenser for Lokaltog

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. Lokaltog A/S har oplyst, at mulighederne for at finde nye, egnede lokaliteter til disse aktiviteter knyttet til Lille Syds 5 togsæt er begrænsede. Der er umiddelbart peget på, at aktiviteterne kan flyttes til Holbæk.

Anlægsomkostningerne ved at flytte faciliteterne fra Hårlev er forbundet med stor usikkerhed. Flytningen af de 5 togsæt fra Lille Syd til Hårlev koster ca. 12 mio. kr. Her har det været muligt at genanvende eksisterende forhold, hvilket har kunnet holde anlægsomkostningerne nede. Det er ikke nødvendigvis tilfældet på andre lokaliteter.

Tager man ved en flytning af de 5 togsæt fra Lille Syd til Holbæk udgangspunkt i vurderingerne i forbindelse med analysen af muligheden for batteritogsdrift i Nordvestsjælland blev det vurderet, at der skulle etableres helt ny faciliteter og ekstra depotspor mv. for ca. 155 mio. kr. Det er imidlertid afhængigt af konkrete forhold, hvorvidt 6 ekstra togsæt kan serviceres ved mindre udbygninger eller der er behov for at bygge helt nyt. Der vil i en overgangsperiode også skulle findes oplagringsplads til Østbanens 7 togsæt indtil de kan afhændes.

Flyttes aktiviteterne til Holbæk, vil det medføre en øget tomkørsel mellem Roskilde og Holbæk. Et meget foreløbigt skøn indikerer et øget omkostningsniveau på ca. 4 mio. kr. årligt i kontraktudgifter. Samdriften mellem Lille Syd og Østbanen kan heller ikke gennemføres. Det medfører, at den driftsmæssige synergi med samlet set lavere driftsomkostninger for Lille Syd og Østbanen under et, ikke kan opnås. Lokaltog A/S vurderer det i størrelsesorden ca. 7 mio. kr.

Disse særlige forhold har en betydning i forhold til den samfundsøkonomiske vurdering. Forudsættes følgeinvesteringen at udgøre 155 mio. kr. og de øgede driftsomkostninger 11 mio. kr., falder den samfundsøkonomiske forrentning fra 11% til 7% (alternativ B1, 100/70 km/t). Da følgeinvesteringen er usikker, er der lavet en følsomhedsberegning, hvor følgeinvesteringen er skønnet til 75 mio. kr. med de samme, øgede driftsomkostninger. I dette tilfælde bliver samfundsøkonomien lidt større på ca. 9%.

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.

Det har ikke indenfor analysearbejdets tidsmæssige ramme været muligt at afklare de forventede konsekvenser mere detaljeret. En evt. BRT-løsning på Østbanen ændrer ikke på det grundlæggende i aftalen om at Lille Syd overtages af Region Sjælland.

### **Fra jernbane til vej**

Østbanen er etableret på grundlag af Lov om Anlæg af Jernbaner til Tuborg Havn samt til Faxe og Rødvig fra 1875 med tilhørende bekendtgørelse, og jernbanetracéet er i dag et udmatrikuleret jernbaneareal og lovgivningsmæssigt omfattet af jernbanelovens bestemmelser.

Arealet, som Østbanen ligger på, er i dag ejet af selskabskonstruktionen under Lokaltog. Dog er Østbanens tracé ved indkørslen fra Viaduktvej til Køge St. ejet af Banedanmark. Ved matrikulær berigtigelse kan Østbanens tracé samt overtagelse af tracéet på BaneDanmarks areal overgå til privatvej, der kan være ejet af Region Sjælland. Ved en privatvejsløsning vil drift og vedligeholdelsesforpligtelsen på vejen kunne påhvile den samme ejerkreds.

# Perspektiver set i forhold til analysen af Østbanen

Den gennemførte analyse viser, at det er muligt at omdanne et enkeltsporet jernbane-tracé til en BRT-løsning, og at det kan være relevant at overveje, hvis man står overfor omfattende renovering baneløsemet. En BRT-løsning kan helt overvejende benytte det eksisterende banetracé, udnytte bl.a. anlægstekniske fordele og give høj kørekømført på højde med baneløsningen.

Analysen af en BRT-løsning er gennemført på et indledende planlægningsstadiet, hvor der naturligt knytter sig en række usikkerheder i forhold til anlæg, teknik og økonomi, men ikke i et omfang, der gør et projekt uladsiggørligt.

Et projekt for omdannelse af Østbanen til en BRT-løsning vil som minimum skulle screenes i forhold til om det er VVM-pligtigt. Det kan umiddelbart vurderes som forventeligt, at screeningen kan vise, at et projekt er VVM-pligtigt. Det betyder, at der så 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 et sådant projekt.

Fra denne beslutning er taget med tilhørende bevilling kan et anlægsprojektet formentligt gennemføres på ca. 4 år, måske hurtigere, hvilket dog afhænger af de konkrete forhold, herunder også forhold der kan gøre perioden lidt længere. I en anlægsperiode indgår 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, etapeudeling og delvise åbninger. I de vurderinger indgår også, om der kan foretages en etapeopdeling i tre etaper svarende til de to grene og fællesstrækningen.

Betjeningen på hele strækningen behøver derfor ikke nødvendigvis at være nedlagt, mens anlægsarbejdet foregår. Selve anlægsarbejdet skønnes groft til en varighed på ca. 2 år, hvor det vil være nødvendigt at lukke banen, hvor der arbejdes.

Mens banen er lukket, vil der skulle køre erstatningsbusser med mindst samme frekvens som togets. I en model, hvor etape i 1 og 2 er anlægsarbejde i de to grene, vil der, når disse etaper er færdige, kunne indsættes BRT-materiel, der kan køre direkte fra Hårlev til Køge, så passagerer fra de to grene ikke skal skifte. For rejsende på selve fællesstrækningen indsættes erstatningsbusser, mens anlægsarbejdet i etape 3 foregår. Den egentlige fastlæggelse af erstatningsbetjening vil skulle uddybes og fastlægges detaljeret i senere planlægningsfaser.

Ud over at et projekt vil skulle konkretiseres til et egentligt beslutningsgrundlag for anlæg, vil der også skulle ske en konkretisering af de afledte konsekvenser. Det vil bl.a. skulle fastlægges, hvor Østbanens værksteds- og personalefaciliteter skal placeres. Der er derfor en række forhold omkring anlægs- og driftsforhold, økonomi mv. som - hvis man vil gå videre med projektet - skal undersøges nærmere.