

MIDTTRAFIK

Scenarier for grøn omstilling af de regionale busser

NOTAT

ADRESSE COWI A/S
 Parallevej 2
 2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

INDHOLD

1	Indledning	2
2	Overordnede rammer for miljøforbedringer i den kollektive bustrafik	3
3	Findings fra Del I	4
4	Scenarier	6
5	Scenarie 1 – Uændret tilskud	7
5.1	Kontraktforlængelser	7
5.2	Omstilling til biogas	12
5.3	Realisering	15
6	Scenarie 2 – Fokus på mål	16
7	Scenarie 3 – Emissionsfri fremtid	18
7.1	Depotopladning	19
7.2	Lejlighedsvis opladning	24
7.3	En synlig indsats	30
8	Sammenfatning	33
8.1	Puljemidler	38

PROJEKTNR.

A132227

DOKUMENTNR.

2

VERSION

04

UDGIVELSESDATO

10. juli 2020

BESKRIVELSE

Rapport

UDARBEJDET

JGL/CANG

KONTROLLERET

JGL

GODKENDT

CANG

1 Indledning

Midttrafik og Region Midtjylland har bedt COWI om at tilvejebringe et faktabaseret grundlag for at kunne træffe strategiske og politiske beslutninger om, hvordan indfasning af miljøvenlige teknologier ved de kommende udbud af regional buskørsel kan ske på en hensigtsmæssig måde. Opgaven har været disponeret i to dele:

- Del I Dels en screening af væsentlige fordele og ulemper ved alternative drivmidler og teknologier, der med udgangspunkt i regionalbustrafikken i Midttrafik må forventes at være relevante. Denne del er afrapporteret særskilt i *"Analyse af grøn omstilling for de regionale busser"*, af 4. marts 2020, rev. 20. april 2020.
- Del II Dels en opstilling og beregning af scenarier, som beskrives i nærværende notat. Ambitionen er hér, at scenarierne og resultaterne skal danne et strategisk grundlag, som regionen kan bruge til efterfølgende at fastlægge en omkostningseffektiv og fleksibel strategi i forhold til den specifikke, regionale bustrafik.
- Herudover vil scenarieberegningerne også give input til en perspektivering af mulighederne for, hvordan omstilling af den regionale buskørsel kan bidrage til opfyldelse af de nationale målsætninger for grøn omstilling, og hvilke følgevirkninger det evt. kan medføre i forhold til passagerbetjening og ændret driftsøkonomi.
- Grundlaget Grundlaget for scenarieberegningerne er de generiske karakteristika og nøgledata om alternative drivmidler, der blev afdækket og beskrevet i opgavens første del, samt aktuelle data om kontraktmæssige forhold, som Midttrafik har leveret.
- Forbehold I scenarieberegningerne har COWI ikke haft mulighed for at vurdere/indarbejde følgende på et detaljeret niveau:
- > Krav om busovertagelse i udvalgte kontrakter:
Kravet medfører, at det afgående busselskab har ret til at overdrage brugte (diesel)busser til et nyt busselskab i forbindelse med et udbud. Dette sker til en kunstig fastsat markedspris. I 2025 anslår Midttrafik, at op mod 100 busser er omfattet af busovertagelse, når regionalkørsel i Østjylland skal udbydes.
 - > Betydningen af den aktuelle busstationering for de foreslåede tiltag:
Det er busselskaberne, der bestemmer, hvor de geografisk stationerer/parkerer sine busser, når busserne ikke kører rutekørsel. Stationeringer sker typisk ud fra en målsætning om at minimere tomkørsel i forbindelse med opstart og afslutning på rutekørsel.
 - > Midttrafiks strategi om koordinering af kørsel i bestemte udbudspakker (større samlede pakker):
Midttrafiks bestyrelse har i december 2019 vedtaget en strategi om at slå mindre kontrakter sammen for at opnå en større kørselsvolumen, og derved blandt andet at optimere planlægningen. Dette bevirker til gengæld, at nogle kontrakter ikke kan forlænges i samme omfang som fremstillet i afsnit 5.1.
 - > Midttrafiks ambitioner om udfasning af udvalgte højgulvsbusser i de kommende år.

- > En del af den regionale buskørsel udføres i dag vognløbsteknisk i blandede vognløb, hvor en andel af den daglige kørsel finansieres af Region Midtjylland (ofte en meget betydelig andel), mens andre dele finansieres af kommuner eller af naboregioner. Dette er med henblik på at opnå en effektiv kørsel og dermed reducere udgiftsniveauet. Disse øvrige parter skal derfor på passende vis inddrages i planlægnings- og beslutningsprocesser om evt. ændret teknologi.

Disse elementer er underliggende krav og mål for det løbende arbejde med udbud i Midttrafik, som efterfølgende må indarbejdes/tilpasses en overordnet løsningsstrategi. Mange ambitioner og målsætninger på samme tid vil alt andet lige øge kompleksiteten i udbudsarbejdet for Midttrafik, og kan også ende med at påvirke handlemulighederne og effekterne.

2 Overordnede rammer for miljøforbedringer i den kollektive bustrafik

Trafikselskabernes rolle i den grønne omstilling

De danske trafikselskaber arbejder løbende med at reducere den kollektive trafiks klima- og miljøbelastning. Trafikselskaberne støtter kommuner og regioner med aktuel viden og analyser om alternative drivmidler og teknologier, og yder konkret rådgivning om en omstilling, der stemmer overens med aktuelle ambitioner og mål hos deres respektive ejere.

Trafikselskaberne bistår også med at ansøge om puljemidler og andre støtteordninger til at gennemføre forsøg med fremtidens grønne løsninger i den kollektive trafik. Selskaberne deler og formidler best practice fra nationale erfaringer, bl.a. når det gælder forventelige effekter og økonomiske konsekvenser.

Udover denne indsats, har trafikselskaberne løbende fokus på at målrette køreplaner og drift efter kundernes rejsevaner. Overflytning af bilister til den kollektive trafik har stor klima- og miljømæssig effekt i sig selv, og jo flere rejsende, der benytter busser eller tog, des mere miljøvenligt fungerer den kollektive trafik som alternativ til biltrafikken.

I alt dette arbejde agerer trafikselskaberne på vegne af ejerne i kommuner og regioner, som fuldt ud finansierer den del af driftsudgifterne, der ikke dækkes af det løbende provenu fra salg af billetter mv. Trafikselskaberne råder som sådan ikke over midler til at foretage miljømæssige satsninger, og selskaberne kan ikke selv investere i materiel, heller ikke blot til forsøg.

Arbejdet med bussernes miljøprofil

I en længere årrække har omdrejningspunktet i arbejdet for at sikre lavere miljøbelastning været europæiske krav til bussernes miljøegenskaber, defineret ud fra de såkaldte EURO-normer (EURO I-VI), der blev indført i 1992. De faktiske reduktioner i bussernes udledninger har således hovedsageligt skyldtes den tekniske udvikling af materiellet, som automatisk er fulgt med den løbende indførelse af nye EURO-normer.

Fælles for EURO-normerne er, at de har haft særlig fokus på at begrænse udledningerne af sundhedsskadelige stoffer fra busserne, herunder NO_x og partikler, som kan være kræftfremkaldende. Den aktuelle EURO VI-standard medfører, at udledningerne næsten er elimineret. Til gengæld har standarderne ikke

beskæftiget sig med at forbedre energieffektiviteten og dermed reducere udslip af klimagasser.

Kommende klimakrav Fremadrettet vil aftaler og krav på lokalt, regionalt, nationalt og EU-niveau om reduktion af bussernes klimabelastning i stigende grad blive rammesættende for bustrafikken. Eksempler er et flertal af folketingets partiers klimamålsætning om en samlet 70 % CO₂-reduktion i Danmark inden 2030 og Region Midtjyllands udkast til bæredygtighedsstrategi med målsætning om 100 % fossilfri buskørsel fra 2030. Senest er der indgået klimaaftaler mellem staten og de seks største danske byer om emissionsfri buskørsel i 2030, se senere.

Operatørerne eksekverer Trafikselskaberne udliciterer buskørslen til private operatører. Operatørerne anskaffer og ejer busserne og er ansvarlige for, at busserne løbende overholder lovkrav og andre miljømål, som måtte være aftalt i kontrakterne.

Emissionerne fra operatørernes busser afhænger i høj grad af bussens teknologi, dens motor og efterbehandlingsystem, men de trafikale forhold og chaufførens kørselsstil spiller også ind. Særligt i de seneste år har operatørerne selv arbejdet systematisk med at forbedre chaufførernes kørselsstil, fordi energiforbruget er et vigtigt element i deres omkostningsbillede.

Samlet Men overordnet vurderet, er de helt grundlæggende forbedringer af bussernes emissioner hidtil sket i forbindelse med udbud, hvor busmateriellet er blevet udskiftet. Men spørgsmålet er, om og hvordan der også opnås forbedringer i perioden mellem to udbud.

Interesse for miljø Inden for de seneste fem år, er interessen for alternative drivmidler og nye teknologier øget markant. Men at dømme efter udbudsresultaterne frem til i dag, er det mange steder en udfordring at finde en balance mellem driftsøkonomi og miljø, som gør det muligt at prioritere den grønne omstilling.

3 Findings fra Del I

Baseline I Del I etablerede COWI sammen med Midttrafik en *baseline* for emissioner fra den regionale bustrafik i dag. Emissionerne kan opgøres for hver enkelt kontraktbus, og det gør det muligt at opgøre de forventede, miljømæssige effekter ved at indføre nye teknologier ret detaljeret.

I dag udleder busserne samlet set årligt ca.:

- > 17.840 ton CO₂
- > 30,4 ton NO_x
- > 202 kg partikler (PPM).

Det er særligt udledningen af CO₂, der er udfordringen. Udledningen af NO_x og partikler er på et lavt niveau og vil yderligere reduceres automatisk, når alle busser udskiftes med EURO VI busser.

Økonomisk referencemodel Herudover blev beskrevet en økonomisk referencemodel for beregningsmæssigt at kunne opgøre og sammenligne de overordnede, økonomiske effekter af at implementere alternative teknologier til fossil diesel, der anvendes i alle regionens busser i dag. I den økonomiske referencemodel blev den gældende køreplan og

det nuværende driftsomfang brugt som udgangspunkt¹. Modellen anvendes i det følgende.

Karakteristika

I Del I blev desuden afdækket følgende væsentlige karakteristika om den regionale buskørsel:

- > Kørslen udføres med i alt 258 kontraktbusser. 141 af disse busser kører udelukkende på regionale ruter, og betjener alene vognløb og ture, hvor regionen finansierer det samlede driftsunderskud. De øvrige 117 busser betjener både regionale vognløb og vognløb, som finansieres af andre end Region Midtjylland – dvs. kommuner og naboregionerne. Der er kørsel på 85 regionale ruter i alt.
- > Kørslen udføres med 222 højgulvsbusser (blandede busser, både hvad angår størrelse, alder, indretning mv.), 18 laventrébusser, hvoraf 14 er led-busser samt 18 X-busser (13 m busser).
- > Det gennemsnitlige kørselsomfang opgjort pr. bus er ca. 103.000 køreplankm årligt, hvoraf ca. 89.700 km er kørsel, som regionen finansierer. Det betyder, at materiellet udnyttes ret effektivt. Busserne kører ca. 2.200 timer i gennemsnit pr. år, og den gennemsnitlige køreplanhastighed er beregningsmæssigt ca. 40,8 km/t.
- > I øjeblikket er busserne gennemsnitligt knap 5 år gamle, og der er en høj andel af ret nye busser. Der er kun ganske få busser over 8 år. Det betyder videre, at den gennemsnitlige miljøstandard er høj; 180 busser opfylder den nyeste EURO VI-norm og 68 busser EEV-normen². Kun ti busser har lavere miljøstandard; fire busser opfylder EURO V-normen, fem EURO IV og én bus EURO III-normen. Disse ti busser udfases efter planen i år eller i 2021.

Løsninger

Screeningen i Del I viste desuden, at flere teknologier og brændstoffer kan være attraktive og fordelagtige at bringe i spil. Med udledningen af klimagasser som den primære udfordring, er certificeret biogas et oplagt alternativ til diesel, bl.a. af følgende grunde:

- > Det er pålideligt, praktisk anvendeligt og forholdsvist udbredt og kendt i Danmark.

¹ Data vedrørende køreplantimer og køreplankm er generelt opgjort for perioden 1. juli 2019 og frem til 30. juni 2020. Det betyder, at opgørelserne dels indeholder data for den faktisk, udførte kørsel med driftsbusser, reservebusser og dubleringsbusser for perioden fra 1. juli 2019 til udgangen af 2019, dels indeholder data for den planlagte kørsel i foråret 2020 frem til 30. juni. Tomkørsel og garagekørsel er ikke medregnet i opgørelserne

² De såkaldte EEV-busser (Enhanced Environmentally Friendly Vehicle) opfylder en emissionsnorm, der ligger mellem EURO V og VI-normerne. EEV-normen svarer til EURO V hvad angår værdier for CO₂ og NO_x, mens udledningen af partikler (PM) er ca. 1/3-del lavere, end for en EURO V bus

- > Miljøgevinsterne er væsentlige, særligt i forhold til udledning af klimagasser, hvor en **reduktion på 100 %** kan opnås med biogas produceret på afgasning af gylle.
- > Gasbusser medfører lavere udvendig støj end dieselbusser.
- > Der er adgang til tilstrækkelige mængder i en kommende udbudsperiode.
- > Indekstal for de totale omkostninger til operatører opgøres til **103,1** (hvor diesel er 100,0).

Syntetisk diesel Syntetisk diesel, HVO, er et andet fornuftigt alternativ, som også indebærer væsentlige fordele i forhold til almindelig diesel. Det omhandler især:

- > Flexibiliteten – det er helt ukompliceret at tage i brug.
- > Miljøgevinsterne er meget markante, ikke mindst i forhold til udledning af klimagasser (**CO₂-reduktion på ca. 87 %**).
- > Omkostningerne er højere end de nuværende omkostninger
- > Adgangen til tilstrækkelige eller i hvert fald visse mængder i en kommende udbudsperiode.
- > Indekstal for de totale omkostninger til operatører opgøres til **107,5** (hvor diesel er 100,0).

Eldrift Batterielektriske busser er naturligvis også et aktuelt alternativ, omend det er vanskeligere at implementere på de regionale ruter. Det uddybes senere.

Udbud Det vil ikke være muligt at forudsige priserne ved et konkret udbud; de afgøres bl.a. af markedssituationen på det pågældende tidspunkt. De beregnede indekstal er derfor opgjort på baggrund af generaliserede data og med afsæt i best practice og erfaringsbaserede nøgletal.

4 Scenarier

Opgavens første del blev afsluttet med en drøftelse, hvor Region Midtjylland sammen med Midttrafik og COWI formulerede, hvilke scenarier, der må forventes at være mest interessante for regionen at få belyst og kvantificeret.

Regionens udfordringer I forhold til en indsats for mere miljøvenlig kollektiv trafik er regionens primære udfordring, at det evt. vil kræve øgede driftsomkostninger.

De forskellige scenarieberegninger sætter derfor helt enkelt fokus på to forhold: De miljømæssige effekter, der kan opnås, og de tilhørende driftsøkonomiske ændringer for regionen.

Tre scenarier Der er defineret tre overordnede scenarier, som kan illustrere de vigtigste konsekvenser af at vælge en bestemt strategi for miljøindsatsen i perioden frem mod 2030. Hensigten er samlet set at gøre det lettere at forberede og rammesætte de kommende udbud af regional buskørsel, men det er også vigtigt at overveje mulighederne for at afbøde de klimamæssige negative effekter af buskørslen i igangværende kontrakter.

Endelig forventes, at beregningerne vil forbedre regionens grundlag forud for evt. forhandlinger om støtte fra staten til den grønne omstilling.

Scenarierne er:

1 **Uændret tilskud til den kollektive trafik**

Hvordan kan regionen sikre klimamæssige forbedringer uden at det må forventes at få negative konsekvenser for regionens bruttodriftsomkostninger?

2 **Fokus på mål**

Hvordan opnås billigst muligt en CO₂-reduktion på 25 %, 50 %, 70 % eller 100 %?

3 **Emissionsfri fremtid**

Hvilke nuværende regionale linjer vil kunne overgå til eldrift uden væsentlige ændringer?

De tre scenarier er nærmere beskrevet i de efterfølgende afsnit.

5 Scenarie 1 – Uændret tilskud

Målet med dette scenarie er at belyse, hvor store CO₂-reduktioner der kan opnås i perioden indtil 2030, uden at regionens tilskud øges.

At tilskuddet ikke øges, svarer i praksis til, at bruttoomkostningerne til busoperatørerne – den gennemsnitlige timepris – ikke må stige.

Så hvad kan gøres? Svar: Dels vil det være muligt at indfase syntetisk diesel i de aktuelle dieselbusser. Det vil sikre gode klimaeffekter. Ulempen er at udgifterne til køb af HVO umiddelbart kommer oveni den nuværende betaling for kørslen – altså som en merudgift. Det kan dog muligvis undgås/afbødes ved at forlænge kontrakterne. Vi ser nærmere på perspektiverne neden for.

Dels kan der indfases gasbusser i de kommende udbud. Biogas er beregningsmæssigt det billigste alternativ til diesel i øjeblikket, og det vil sikre gode klimaeffekter. Igen vil vi se på, hvilke muligheder der kan ligge i kontraktforholdene for at reducere meromkostningerne.

Handlerum

For begge alternativer gælder, at der skal skabes et rum for at kunne bede operatørerne om at bruge ressourcer på at købe dyrere brændstof (HVO) og/eller investere i mere miljøvenlig teknologi i form af gasbusser. Uden at operatørens samlede udgifter øges.

Efter vores vurdering er mulighederne herfor forholdsvist gode i Midttrafik aktuelt.

5.1 Kontraktforlængelser

Afskrivningsperioden er central

I Del I blev operatørens omkostningsstruktur for de centrale grundelementer beskrevet. Det skete på en måde, hvor omkostningerne blev nedbrudt og opgjort i procentandele i en illustration, så de svarer til betalingen for en gennemsnitlig

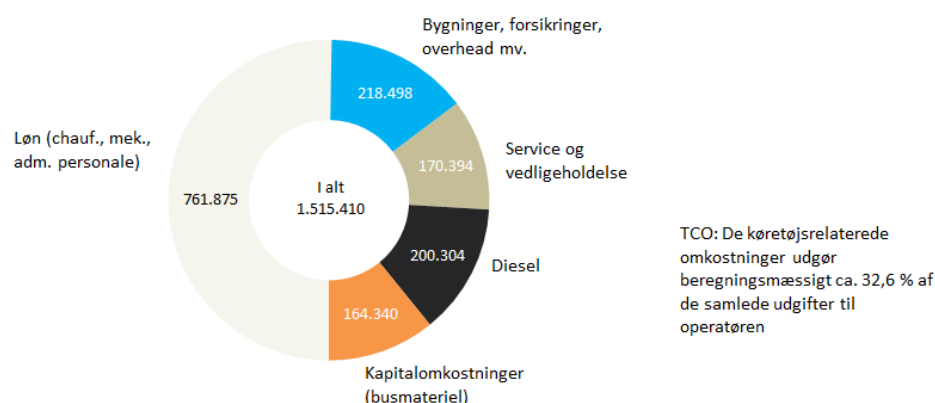
operatørtime (vist i Figur 4 i Del I). Den samme illustration kan også anvendes til at vise de samlede, årlige udgifter for en bus (gennemsnit), se Figur 5.1.

De bagvedliggende beregninger har hér som forudsætning, at bussens indkøbspris afskrives over en kontraktperiode på 9 år. Som det fremgår, udgør den årlige afskrivning beregningsmæssigt ca. 164.000 DKK³.

Aktuelle kontraktlængder

For de aktuelle kontrakter er kontraktlængden inkl. aftalte forlængelser vist i Tabel 5.1.

Årlige operatørudgifter opgjort for en regional bus 9 års kontrakt



Figur 5.1 Fordelingen af de årlige operatørudgifter på hovedelementer for en gennemsnitlig, regional bus. Beregnet på baggrund af kørslen beskrevet i opgavens Del I og med udgangspunkt i regionens samlede nettoomkostninger. Kilde: Midttrafik

En del af de aktuelle kontrakter er indgået med en garanteret kontraktperiode på 6-6½ år + mulighed for forlængelse i op til 3 år. Der er herudover nogle få kontrakter med en kortere garanteret kontraktperiode (4, 5 og 5½ år), samt et større antal kontrakter, hvor operatøren er garanteret mindst 8 års kørsel. Af de 258 kontraktbusser indgår 140 busser i en kontrakt med en varighed inkl. aftalte forlængelser på 8 eller 9 år.

Tabel 5.1 Kontraktlængde inkl. aftalte forlængelser (afrundet). Opgjort i forhold til kontraktstart. Kilde: Data fra Midttrafik.

Kontraktstart	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	Antal busser
Kontraktlængde	6 år					8	4		12
	8 år		1	15	6	4	43	9	82
	9 år		37	21					58
	10 år	7	4						11
	12 år			95					95
Antal busser	7	42	131	6	4	12	47	9	258

³ Beregningsmæssigt vil udestå en lille scrapværdi for bussen

Baseret på interview med operatører samt andre erfaringer, er det realistisk at forudsætte, at indkøbsprisen for disse busser vil være afskrevet over en sådan periode, og at den kontraktbetaling, som Region Midtjylland har ydet vil betyde, at operatøren – når de 8-9 år er gået – har fået dækket sin afskrivning af busserne.

Forhandlingsrum
kan benyttes til at
købe HVO

Det betyder videre, at hvis Midttrafik forlænger disse kontrakter, så vil der ligge et forhandlingsrum på 164.000 DKK årligt pr. bus, som operatøren ikke længere har reelle udgifter for, men som er indeholdt i den kontraktbetaling, som Midttrafik og operatøren oprindeligt har aftalt.

Dette forhandlingsrum vil kunne benyttes til en forhandling om indførelse af HVO.

I Tabel 5.2 er vist de forventede, årlige merudgifter til indkøb af HVO, hvis al regional kørsel med én bus skal ske med syntetisk diesel frem for den traditionelle slags. De årlige merudgifter udgør beregningsmæssigt ca. 120.100 DKK pr. bus.

Tabel 5.2 Forventede merudgifter pr. bus til indkøb af HVO i stedet for diesel B7

HVO, merudgifter til indkøb	Opgjort pr. år
Antal km årligt, som regionen finansierer:	89.681 km
Merudgift pr. km:	1,34 DKK
Merudgift pr. år pr. bus	120.076 DKK

Hvis det forsigtigt antages, at afskrivningen af busserne sker over 9 år, vil en forlængelse af kontrakterne fra 8 år – 12 år betyde, at det ud fra en driftsøkonomisk betragtning vil være muligt at erstatte diesel med HVO fuldt ud i perioden. Opgørelsen er vist i Tabel 5.3.

Det afsluttende års afskrivning op til 9 år kan ske på tværs af perioden – det er helt op til operatøren. Her er det blot forudsat til at ske i det 9. kontraktår.

Tilsvarende beregning for en forlængelse af kontrakten fra 9 år til 12 år vil vise, at det også her er muligt at erstatte diesel med HVO fuldt ud uden af det koster operatøren penge og uden merudgifter for regionen.

Højere busalder

De fleste af kontrakterne gør det umiddelbart muligt at fortsætte driften med de eksisterende busser, da den maksimal busalder for de fleste busser i forvejen er 12 år.

Miljømæssigt vil en forlængelse ikke umiddelbart udgøre et problem, da næsten alle de regionale busser i dag er EEV eller EURO VI busser. Kravene til sundhedsskadelige emissioner forventes i øvrigt at være uændrede i de kommende år. Der er netop igangsat et arbejde i EU med evaluering af EURO VI standarden for at afdække, om den fungerer efter hensigten og om der er behov for

strengere krav til emissioner. Rammerne for en evaluering ventes at ligge klar i 4. kvartal 2021⁴.

Tabel 5.3 Forventede merudgifter pr. bus til indkøb af HVO i stedet for diesel B7 ved forlængelse af kontrakt fra 8 år til 12 år og brug af HVO i hele perioden

Operatørens forventede udgifter og indtægter ved en kontraktforlængelse fra 8 til 12 år	Opgjort pr. år pr. bus
Kontraktens 9. år	
Udgifter til indkøb af HVO	120.100 DKK
Udgifter til afskrivning	164.300 DKK
Kontraktbetaling	164.300 DKK
Samlet	- 120.100 DKK
Kontraktens 10. år	
Udgifter til indkøb af HVO	120.100 DKK
Kontraktbetaling	164.300 DKK
Samlet	+ 44.200 DKK
Kontraktens 11. år	
Udgifter til indkøb af HVO	120.100 DKK
Kontraktbetaling	164.300 DKK
Samlet	+ 44.200 DKK
Kontraktens 12. år	
Udgifter til indkøb af HVO	120.100 DKK
Kontraktbetaling	164.300 DKK
Samlet	+ 44.200 DKK
I alt	+ 12.600 DKK

Klimamæssige effekter

Ud fra et miljøhensyn vil det give mening ikke at forlænge kontrakterne for de ti busser, der kun opfylder EURO III, IV eller V. Én af dem har udløb i 2020 i en kontrakt med 8 års kontraktlængde, syv har udløb i 2021 i kontrakter, der har været 9 år og to i 2022. Disse to har til den tid været i kontrakt i 10 år.

Herudover er der 95 busser, som i forbindelse med regionale besparelser er blevet forlænget med udløb i 2025 efter kontrakter på 12 år. De er ligeledes ikke umiddelbart relevante for kontraktforlængelser.

Og endelig er der herudover 45 busser med kontraktophør i 2021, der i øjeblikket indgår i et udbud. Disse er derfor heller ikke relevante for kontraktforlængelser.

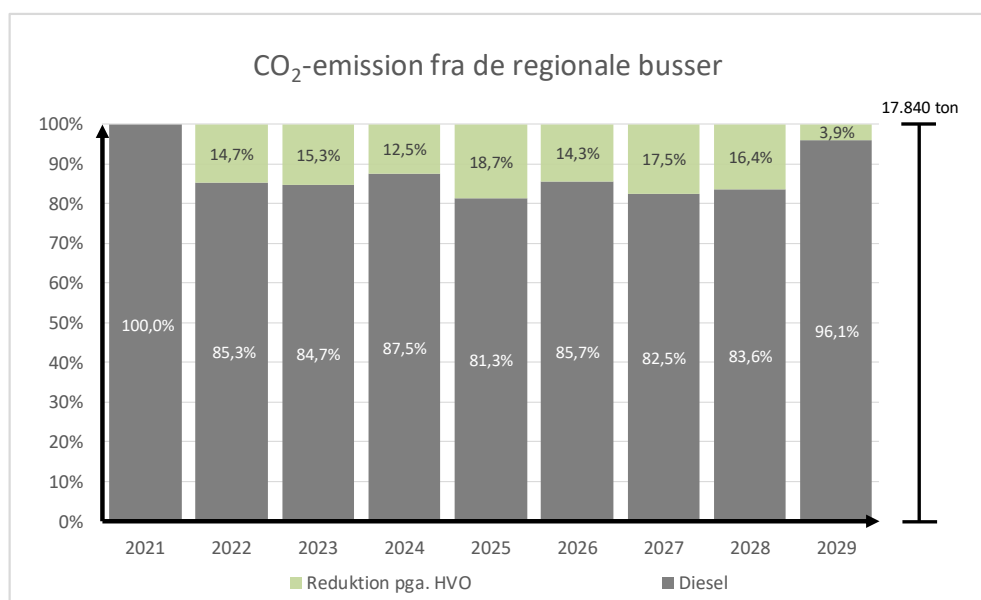
Tilbage er i Tabel 5.4 samlet en række busser, hvor det giver god mening af forhandle en kontraktforlængelse.

⁴ <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12313-Development-of-Euro-7-emission-standards-for-cars-vans-lorries-and-buses>

Tabel 5.4 Busser, hvor kontraktforlængelse og HVO umiddelbart kan være relevant

Kontraktophør	2022	2023	2024	2025	2027	Antal busser
Kontraktlængde	6 år	8	4			12
	8 år	6	4	4	43	66
	9 år	21				21
	10 år	9				9
Antal busser	44	8	4	43	9	108

I alt kan en kontraktforlængelse således være relevant for 108 busser. De klimamæssige effekter heraf er opgjort og vist i Figur 5.2. Det er forudsat, at kontrakten beregningsmæssigt er forlænget med fire år for 78 busser (de busser, der i dag har en kontraktlængde på 6 eller 8 år), med tre år for 21 busser (de busser, der i dag har en kontraktlængde på 9 år) og med to år for 9 busser (de busser, der i dag har en kontraktlængde på 10 år).



Figur 5.2 Emission af CO₂ fra de regionale busser. Diesel er anvendt som reference med 100 % (svarende til 17.840 ton/år) til HVO, som kan indføres i forbindelse med kontraktforlængelser på 2, 3 eller 4 år

I 2022 udløber kontrakterne for 44 busser, jf. Tabel 5.4. Hvis kontrakterne forlænges for disse busser, sikres ved brug af HVO en effekt på de samlede CO₂-emissioner; som illustreret i Figur 5.2 vil effekterne svare til ca. 14,7 %. I 2023 kan yderligere 8 busser begynde at køre på HVO, og de samlede effekter øges svagt til ca. 15,3 %. Som det ses, er effekterne størst frem til 2028. I denne periode reduceres den samlede CO₂-emission med ca. 15-20 %.

Vurdering

Samlet vurderes, at Midttrafik har mulighed for at gennemføre reduktioner på ca. 15-20 % i udledningen af klimagasser sammenlignet med i dag ved at forlænge en række kontrakter og forhandle med operatørerne om at 'konvertere' en fremtidig besparelse i udgifter til afskrivning til indkøb af syntetisk diesel. Teoretisk betragtet bør det netop være muligt at skifte til HVO fuldt ud for den

enkelte bus og inden for det økonomiske handlerum, der tegner sig. Men i praksis vil det samlede resultat bero på udfaldet af konkrete forhandlinger, da også andre emner kan være genstand for forhandling i forbindelse med forlængelser.

De beregningsmæssige effekter er mest markante i perioden fra 2022 til 2028. Beregninger viser, at nye kontrakter med HVO ikke umiddelbart kan gøres omkostningsneutrale for regionen.

5.2 Omstilling til biogas

Udbud med krav om biogas er en anden mulighed, hvis målet er klimavenlig busdrift. I det følgende belyses mulighederne for at opnå effekter uden øgede omkostninger, og de geografiske aspekter vurderes ligeledes.

I en udbudssituation vil tilbudspriserne afhænge af en lang række forhold, bl.a. af den garanterede varighed af kontrakten, se Tabel 5.5. For ca. 1/3 af busserne er der garanti for kørsel i seks år, mens ingen af kontrakterne garanterer mere end otte års kørsel.

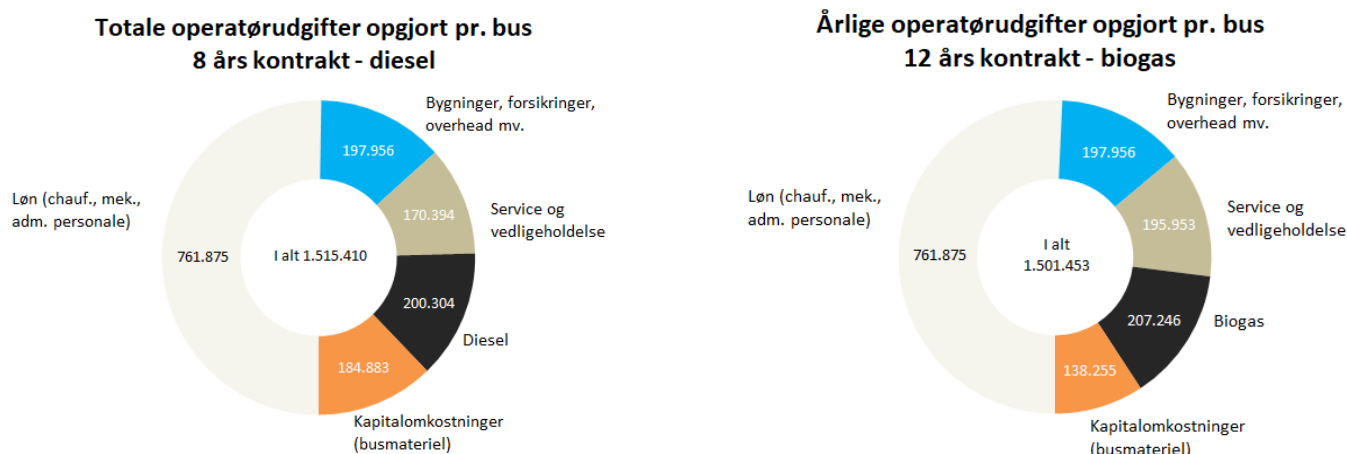
Tabel 5.5 Garanteret varighed af de aktuelle kontrakter for den regionale bustrafik, ekskl. aftalte forlængelser. Kilde: Data fra Midttrafik

Garanteret varighed af kontrakt, oprindeligt (afrundet)	Antal
4 år	4 busser
5 år	6 busser
6 år	60 busser
7 år	25 busser
8 år	163 busser
I alt	258 busser

Lang kontrakt = lavere årlig udgift

Er udgangspunktet en kontrakt på mere end otte år, hvor operatøren er garanteret at kunne afskrive sit materiel over en længere periode, vil det alt andet lige medføre fald i den gennemsnitlige timepris. Videre vil det give et økonomisk rum for at indfase f.eks. gasbusser i driften.

Dette er illustreret i Figur 5.3. Her er gennemført en komparativ beregning, hvor der dels udbydes kørsel med en dieselbus i en kontrakt, der garanterer kørsel i otte år (som er det maksimale i dag), dels udbydes kørsel med en gasbus (og certificeret biogas) i en kontrakt, der garanterer kørsel i 12 år.



Figur 5.3 Fordelingen af de årlige operatørudgifter på hovedelementer for en gennemsnitlig, regional bus. Beregnet for en dieselbus med en 8 års kontrakt (som i dag) og for en bus på biogas i en kontrakt med en garanteret løbetid på 12 år. Beregnet på baggrund af kørslen beskrevet i opgavens Del I og med udgangspunkt i regionens samlede nettoomkostninger

På baggrund af de opstillede forudsætninger i Del I, viser resultaterne, at fire års længere garanteret køretid (fra 8 år til 12 år) netop giver tilstrækkeligt økonomisk rum til at indføre gasbusser, uden at de årlige driftsomkostninger for regionen øges; som det ses af figuren, vil de samlede årlige operatørudgifter til en gasbus i en 12 års kontrakt være ca. 14.000 billigere end de tilsvarende udgifter til en dieselbus i en 8 års kontrakt (1.501.453 DKK mod 1.515.410 DKK).

På den måde vil det blive muligt at sikre en 100 % reduktion i udledningen af CO₂ for de dieselbusser, der kan skifte til gas.

Den aktuelle buspark dokumenterer, at operatørerne ikke i ret stort omfang har udnyttet muligheden for at indsætte brugte busser ved starten af de aktuelle kontrakter. For mange af kontrakterne gælder, at bussens maksimale alder må være højere end den garanterede varighed af kontrakten. Men det er hidtil ikke udnyttet i særligt omfang. Det betyder, at operatørernes udgifter til afskrivning i dag svarer til beregningerne, og de beregnede besparelser ved at forlænge kontrakterne må forventes at være reelle.

Busser der kan udbydes med gas

I princippet kan alle regionale busser udbydes med krav om biogas, men 29 busser betjener ruter på Djursland, hvor naturgasnettet ikke er særligt udbygget. Som udgangspunkt er disse busser derfor ikke indeholdt i gruppen af busser, der med fordel kan udskiftes til gasbusser ved et kommende udbud.

Der er tale om 29 busser i udbud 34, hvor kontrakten er forlænget til sommeren 2025. Kontrakterne har derfor en varighed på 12 år. De kan udbydes med brug af HVO eller et evt. andet drivmiddel, der i perioden frem til 2025 måtte vise sig at være et godt alternativ til HVO.

Ligeledes er der herudover 53 busser, der har kontraktophør i 2020 og 2021, og som i øjeblikket indgår i en udbudsproces uden biogas som et muligt alternativ. Disse er derfor heller ikke relevante.

I Tabel 5.6 er opgjort antallet af busser, der med fordel kan udbydes som gasbusser på en 12-årig kontrakt. I alt drejer det sig om 176 busser frem til 2030.

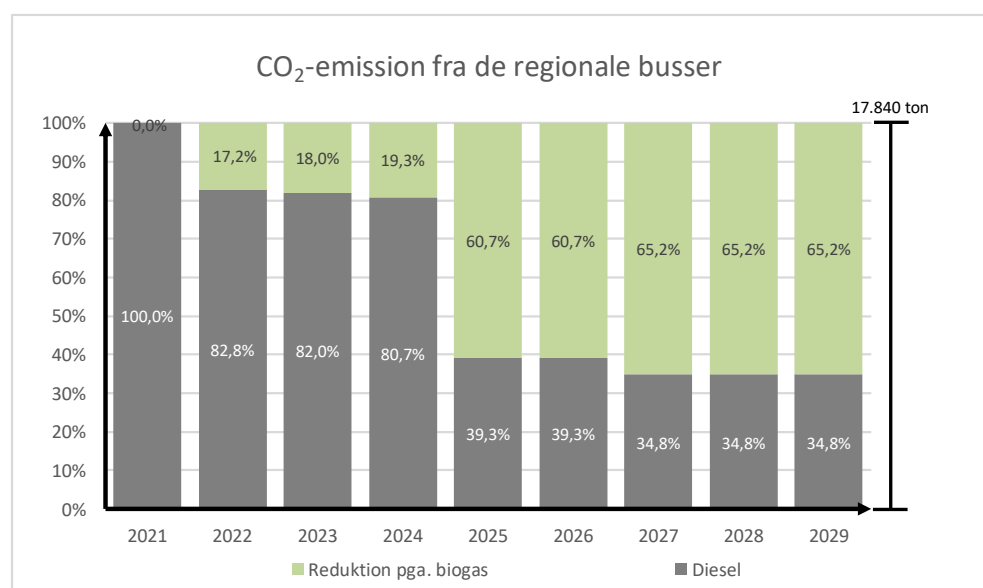
Tabel 5.6 Busser, der med fordel kan udbydes med gasbusser og kontraktlængde på 12 år

Kontraktophør	2022	2023	2024	2025	2027	Antal busser
Antal busser	46	8	4	109	9	176

Klimamæssige effekter

De klimamæssige effekter af at udskifte busserne vist i Tabel 5.6 er vist i Figur 5.4.

Som det ses, er effekterne markante med en reduktion af CO₂-emissionen på knap 20 % allerede fra 2022. Derfra øges reduktionerne langsomt i perioden fra 2022 til 2024, hvorefter et nyt udbud af 109 busser i 2025 medfører en yderligere potentiel reduktion til et niveau, der svarer til ca. 40 % af de aktuelle udledninger. Et udbud af yderligere 9 busser i 2027 vil gøre det muligt at nedbringe emissionerne i perioden frem mod 2030 til et niveau svarende til ca. 35 % af dagens udledninger.



Figur 5.4 Emission af CO₂ fra de regionale busser. Diesel er anvendt som reference med 100 % (svarer til 17.840 ton/år) til biogas, som kan indføres i forbindelse med udbud fra nu og frem mod 2030

Vurdering

Midttrafik er gunstigt stillet i forhold til at kunne reducere udledningen af klimagasser fra den regionale bustrafik uden at bruttoudgifterne til operatører øges.

Udbud med krav om biogas er et godt alternativ/supplement til forlængede kontrakter kombineret med indfasning af HVO i en periode. Fordelen ved at omstille til gas er, at de klimamæssige fordele bus-for-bus er større end med HVO, dels at effekterne vil vare hele perioden ud og videre efter 2030.

For ca. 30 busser er gas formentligt ikke et reelt alternativt, primært fordi gasinfrastrukturen ikke findes i nærområdet. Det vil derfor ikke være rentabelt for en

gasleverandør at etablere tankfaciliteter mv. til brug for disse busser, og der må evt. findes en anden løsning til at nedbringe deres emissioner.

Beregningerne viser desuden, at det største klimamæssige potentiale ligger i at indfase så mange gasbusser så tidligt i forløbet som muligt (altså begyndende med udbuddene i 2022).

En forlængelse af kontrakterne med HVO i en periode giver alt andet lige lavere miljømæssige effekter. Udfordringen ved en forlængelsesstrategi ligger i, at de positive effekter kun varer i den periode på 2-4 år, hvor kontrakterne kan forlænges. Skal der opnås længerevarende effekter uden væsentlige meromkostninger, må biogas i spil.

I 2022 vil op til 46 dieselbusser i teorien kunne erstattes af gasbusser. I 2023 kan yderligere 8 dieselbusser erstattes af gasbusser jf. Tabel 5.6 og frem mod 2030 kan i alt 176 gasbusser indfasnes. Det vil sikre meget betydelige miljøeffekter.

5.3 Realisering

Der er oven for argumenteret for to mulige veje for regionen til at nedsætte CO₂-udledningen fra den regionale bustrafik. I forhold til en realisering, vil der være forholdsvis god tid til både at:

- 1 Planlægge og gennemføre udbud af de kontrakter, der i første omgang udløber i 2022 og i den forbindelse indfase biogas i de busser, der ikke har Djursland som primært betjeningsområde. I 2022 drejer det sig om op til 46 busser
- 2 Alternativt gennemføre en forhandlingsrunde i forhold til kontrakter, der umiddelbart har udløb i løbet af 2022. Formålet er at afdække, hvorvidt der kan indgås aftaler med indfasning af HVO i forbindelse med forlængelse på 2-4 år, uden af regionens tilskud øges. I den forbindelse skal verificeres, om det vil være lovligt at forlænge disse kontrakter.

Forhandlingerne kan omfatte op til 44 busser, hvor kontrakterne udløber i 2022. To kontraktbusser med udløb i 2022 er EURO IV busser og anbefales ikke forlænget.

Nærværende rapport vil kunne anvendes dels til forberedelserne til forhandlinger med operatørerne dels til at underbygge argumenterne for mulighederne for en kontraktforlængelse med anvendelse af HVO.

I tilfælde, hvor en forlængelse af kontrakterne ikke kan betragtes som lovlig, kan der alternativt gennemføres korte (3-4-årige udbud) med nuværende krav til busserne men med anvendelse af HVO. Kravene til busserne betyder, at operatørerne kan byde ind med det hidtidige eller tilsvarende busmateriel og dermed burde priserne ikke stige.

6 Scenarie 2 – Fokus på mål

Dette scenarie sætter fokus på tiltag, der kan bidrage til at opfylde politisk beslutede mål for CO₂-reduktioner inden for en given tidsperiode.

Baggrunden for scenariet er, at regeringen forfølger en overordnet ambition om at nedbringe udledningen af klimagasser med 70 % inden 2030⁵.

Regeringens klimaudspil

I forhold til den kollektive trafik har regeringen netop indgået en række klimasamarbejdsaftaler om grøn omstilling af den kollektive busstrafik i de seks største byer i Danmark⁶. Med aftalerne forpligter disse kommuner sig bl.a. til at indføre:

- > 0-emissionsbusser i alle nye udbud af bybusser fra 2021. Målsætningen gælder allerede fra 2020 i København, Aarhus og Frederiksberg kommuner
- > Fossilfri eller 0-emissionsbusser i alle nye udbud af busser på lokale, åbne ruter (ikke skoleruter) fra 2020. Målsætningen er ikke relevant for Odense Kommune. For Aalborg og Vejle kommuner gælder målsætningen tidligst fra 2021 hhv. 2022
- > Fossilfri eller 0-emissionsbusser i alle nye udbud af busser på tværkommunale ruter fra 2020. Målsætningen er ikke relevant for Aarhus og Aalborg kommuner. Odense Kommune vil arbejde for en omlægning af tværkommunale ruter. For Vejle Kommune gælder denne målsætning tidligst fra 2022.

Forventningen er, at regeringen vil fortsætte arbejdet med at indgå yderligere klimasamarbejder om grøn omstilling af den kollektive trafik i den kommende tid.

EU-direktiv fra 2021

Sideløbende hermed er der vedtaget et EU-direktiv (Clean Vehicle Directive), der stiller nye bindende mål for nul- og lavemissionskøretøjer i offentlige udbud i hvert EU-land⁷. Ved udgangen af 2025 skal 45 % af alle busser være såkaldt 'rene' – heraf 22,5 % som skal have nulemission. "Rene" er defineret som køretøjer med en CO₂-emissionsgrænseværdi på nul fra og med 2026.

Ved udgangen af 2030 er målet desuden, at 65 % af alle busser skal være såkaldt 'rene' – og heraf skal 32,5 % have nulemission.

Direktivet er vedtaget i Rådet i 2019, hvorefter de enkelte lande har to år til at ratificere og udmønte de nationale bestemmelser i forhold til implementeringen af direktivet.

Der er tale om målsætninger på et aggregeret niveau, hvor de enkelte medlemslande selv kan fastlægge, hvor og hvordan målene samlet set kan opfyldes.

⁵ Målet gælder officielt i forhold til niveauet i 1990. Da EURO-standarden siden 1992 i høj grad har reguleret udledningerne fra busser og standarden ikke har haft fokus på energiforbrug eller udledningen af klimagasser, så vil målet om 70 % reduktion naturligt tage afsæt i aktuelle udledninger

⁶ <https://www.trm.dk/publikationer/2020/klimasamarbejdsaftaler-om-groen-kollektiv-trafik/>

⁷ https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/clean-vehicles-directive_en

Det er således endnu usikkert, hvordan kravene til regional buskørsel vil ende med at se ud i perioden frem mod 2030.

De danske mål om at opnå 70 % CO₂ neutralitet ligger på linje med retningslinjerne udstukket af EU, og implementeringen af direktivet vil derfor understøtte de danske krav, men ikke tilsidesætte dem.

Hvorvidt de fremtidige aftaler om klimasamarbejde om grøn omstilling udover krav til 70 % CO₂ neutralitet også vil stramme krav om emissionsfri kørsel i den regionale bustrafik, vides ikke.

Det er overvejende forventeligt, at kravene alene kommer til at omfatte indsættelse af fossilfri busser på de regionale ruter, mens emissionsfri busser i højere grad vil blive indsat i bybusdrift i tætbyområder på tværs af Danmark. I så fald vil HVO og biogas være gode alternativer til diesel på regionens ruter.

Hvordan kan målene opfyldes?

I forhold til de aktuelle politiske målsætninger er virkemidlerne beskrevet under scenarie 1 både virksomme og fuldt gyldige for de regionale busser i perioden frem mod 2030.

Forlænges kontrakterne og der anvendes HVO ved en sådan forlængelse, lever tiltaget op til målet om fossilfri busser i alle nye udbud fra 2020. Miljøkravet til busserne er EURO V, hvilket alle busser, der foreslås forlænget, kan efterleve; de er i dag enten EEV- (EURO 5,5) eller EURO VI-busser.

Hvis der alternativt indføres biogas enten så hurtigt som muligt og/eller efter en periode med HVO, vil målene også opfyldes. I så fald vil der blive tale om EURO VI-busser, der er CO₂-neutrale. Fra 2025 er miljøkravene øget så der skal køres med EURO VI-busser ved nye udbud, og det vil kunne honoreres med nye gasbusser allerede fra de førstkomende udbud i 2022.

Målopfyldelse

Den skitserede løsning i scenarie 1 vil opfylde kravene til regional buskørsel helt frem til 2030, og beregningsmæssigt vil det for knap 90 % af alle busser kunne ske uden (væsentlige) meromkostninger for regionen i forhold til i dag.

For de ca. 30 busser, der må forventes at være stationeret på Djursland, vil gas ikke være en option, der kan sikre opfyldelse af målene. Her vil HVO være en oplagt mulighed med de teknologier, vi kender i dag. HVO vil på den ene side sikre målopfyldelse for de resterende regionale busser, men på den anden side må det forventes at medføre meromkostninger for regionen i forhold til i dag.

Midttrafik gennemfører i øjeblikket en udbudsproces for 52 kontraktbusser, der udløber i 2021⁸. I det omfang, det ikke er praktisk muligt at tilpasse udbuddet, så der kan indsættes gasbusser allerede fra 2021 anbefales, at udbuddet indrettes, så der indgås kontrakter med en varighed på højst 8 år fra 2021. I så fald vil også disse busser kunne erstattes af gasbusser inden 2030.

⁸ Samt én bus, der netop er genudbudt i 2020. Varigheden af den nye kontrakt kender COWI ikke

På den måde vil de nationale mål kunne opfyldes og sikre 100 % fossilfri kørsel med de regionale busser fra 2030.

I Tabel 6.1 er vist, hvor mange busser der skal køre på enten HVO eller biogas for at kunne reducere de samlede CO₂-emissioner med 25 %, 50 %, 70 % eller 100 %.

Tabel 6.1 Billigste tiltag, der kan sikre reduktion af klimagasser med 25 %, 50 %, 70 % og 100 % fra de regionale busser. De aktuelle udledninger svarer til 17.840 ton CO₂

Mål for reduktion i forhold til aktuelle emissioner af CO ₂	Billigste tiltag	Antal busser	Meromkostninger Årligt	Bemærkninger
25 %	Biogas	64	0 DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år
50 %	Biogas	129	0 DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år
70 %	Biogas	181	0 DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år
100 %	HVO	29	Ca. 2,4 mio. DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år
	Biogas	229	0 DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år

Hvad vil det koste?

Baseret på beregningerne i Del I kan opgøres, at den aktuelle kørsel med busserne på Djursland vil koste ca. 4,1 mio. DKK ekstra om året i øgede udgifter til drivmidler. Hvis kørslen udbydes på en kontrakt med en garanteret varighed på 12 år frem for de maksimalt 8 år i dag, vil det beregningsmæssigt kunne medføre en årlig besparelse på ca. 1,8 mio. DKK. Samlet vil meromkostningerne i så fald udgøre ca. 2,4 mio. DKK årligt.

Busserne på Djursland er netop forlænget fra 2021 til kontraktudløb i 2025. Herefter anbefales, at busserne udbydes på en 12 års kontrakt med HVO. Det vil give klimagevinster fra 2025 og holde omkostninger nede på et minimum, svarende til ekstra ca. 2,4 mio. DKK årligt fra 2025 og frem.

Pris pr. sparet ton CO₂

De 29 busser på Djursland udleder i dag ca. 2.230 ton CO₂ årligt. At fjerne udledningen vil koste ca. 1.075 DKK/ton CO₂. De resterende reduktioner på 15.610 ton CO₂ kan gennemføres uden væsentlige omkostninger for regionen.

7 Scenarie 3 – Emissionsfri fremtid

Scenarie 3 har overskriften "Emissionsfri fremtid". Vi har her gennemført en screening af vognløb for at belyse, i hvor høj grad det er muligt at erstatte de nuværende dieselbusser med eldrevne busser. En underliggende målsætning har desuden været at kunne udpege en eller flere ruter, hvor forsøg med eldrevne busser kan skabe opmærksomhed og interesse bredt i Midttrafiks betjeningsområde, og hvor forsøg evt. kan skabe ny viden til brug for implementering af emissionsfri teknologi andre steder.

Præmissen for vurderingen er, at den aktuelle drift som udgangspunkt opretholdes, eller at der kun gennemføres meget begrænsede tilpasninger af den aktuelle drift for at opnå emissionsfri kørsel.

Aktuelle vognløb

Udgangspunktet for den gennemførte screening er de aktuelle vognløbsplaner dækkende perioden fra juli 2019 til og med juni 2020. I perioden er der ca. 840 vognløbsplaner, der i detaljer beskriver, hvordan regionens i alt 258 busser og ca. 40 reservebusser kører i forskellige perioder af året. Der er vognløbsplaner for hverdage, lørdage, søn- og helligdage, og der er vognløbsplaner, der gælder hele køreplanperioden og andre, der kun gælder i begrænsede delperioder.

Vognløbene er i gennemsnit ca. 350 km lange; det længste er ca. 850 km og det korteste ca. 20 km. Ca. 4 % af vognløbene er kortere end 100 km, mens ca. 14 % er længere end 500 km. Kun 4 vognløb er længere end 800 km. Der er således nogle busser, der kører rigtigt langt hver dag, og andre en hel del mindre. De helt korte vognløb er primært dubleringskørsel.

Ved den detaljerede gennemgang af de enkelte vognløb springer det i øjnene, at kørslen er meget nøje tilrettelagt og optimeret i forhold til at få mest muligt ud af det enkelte køretøj. Det ses derfor også i vognløbene, at mange busser har en primærrute, men også har kørsel på andre ruter for dels at udnytte eventuelle pauser i driften, dels udnytte materiellet bedst muligt. Således er det næsten 40 % af busserne, der kører på mere end én rute.

Eldrevne busser

De åbenlyse fordele med eldrevne busser omhandler 0-emission fra bussen og mindre støjgener end fra traditionelle busser med forbrændingsmotorer. Herudover lover en del af producenterne, at udgifterne til drift og vedligeholdelse er langt lavere end til dieselbusser. De største udfordringer handler om at sikre tilstrækkelig rækkevidde for bussen, og for at holde vægten af busser inkl. batteripakke nede, har de eldrevne busser typisk lavere samlet passagerkapacitet.

Størrelsen og antallet af bussernes batterier afhænger af opladningsmetoden. Der findes grundlæggende to metoder – depotopladning og lejlighedsvis opladning.

Overvejelser om indførelse af eldrevne busser kræver nøje vurdering af vognløb med hensyn til køreplankm og ophold mellem ture for at sikre, at der løbende er strøm nok til at bussen kan gennemføre det fulde vognløb. Det uddybes i det følgende.

7.1 Depotopladning

Opladning af bussen sker uden for ruten ved et anlæg etableret på den enkelte operatørs garageanlæg.

Kapacitet, der kan bruges til kørsel

Når depotopladede busser planlægges indsat i driften på en rute, er det vigtigt, at bussen med den valgte batteripakke skal kunne gennemkøre den planlagte rute/vognløb – også i en worst case situation. Det betyder bl.a., at bussen skal kunne klare den samlede planlagte kørsel i vintermånederne, hvor forbruget af energi typisk vil være størst, da der også kræves opvarmning af bussen.

Herudover skal der tages højde for, at kørslen skal kunne afvikles både når batterierne i bussen er nye, og når de nærmer sig tidspunktet for udskiftning. Batterierne vil typisk nå at miste op til 20 % af den samlede kapacitet, inden de må udskiftes. Så kørslen skal kunne gennemføres med op til 20 % lavere batterikapacitet end fra start.

Herudover skal også være tilstrækkelig kapacitet i batteripakken til at håndtere de midlertidige driftsomlægninger, der løbende kan opstå, og til at kunne gennemføre forventede eller endnu ikke overvejede køreplanjusteringer i løbet af kontraktperioden. Strækker kontraktperioden sig over mere end 10 år, er det ikke ualmindeligt, at der opstår behov for at kunne omlægge/forlænge en rute med måske 10 %.

Og slutteligt, skal der også være kapacitet til at bussen kan køre fra garageanlægget ved driftsstart og retur ved driftsslut.

På den anden side skal batterierne ikke være for store, dels fordi det fordyrer den samlede pris for bussen, dels fordi det på grund af vægten begrænser busens passagerkapacitet.

Så hvor langt vil det være rimeligt at antage, at en depotopladet bus kan køre før genoplading, er påkrævet? En bus med et 375 kWh batteri (nominel kapacitet) vil beregningsmæssigt i en worst case betragtning have en rækkevidde til planlægningsformål (dvs. rutekørsel) svarende til ca. 160 km før den skal oplades igen.

Heri er indregnet en forventet degenerering af batterierne på 20 % i løbet af kontraktperioden, og at det ikke vil være muligt at udnytte 20 % af batteriets nominelle kapacitet (der skal være en restkapacitet i batterierne på mindst 20 % ved maksimal afladning). Endelig indgår der kørsel til/fra garageanlæg på op til 20 km. hver vej.

Udviklingen af batterier går stærkt og der er flere indikationer på, at batterierne snart vil have en kapacitet på op til 440 kWh eller mere. I forhold til screeningen i scenarie 3 har vi derfor valgt at operere med en rækkevidde på **175 km** alt inkl.

Udnyttelse af lange pauser

Ved screeningen kigges også efter lange pauser i vognløbet. En fuld genoplading af et afladet batteri på 375 kWh kan med den rette lader gøres på ca. 1 time, så ved placering af ladestander på garageanlægget samt tid til transport fra/til driftssted, vil pauser af en varighed af minimum 90 minutter være interessante og mulige at udnytte til at genoplade bussen før videre drift. Den maksimale daglige rækkevidde vil med en pause på minimum 90 minutter kunne øges til ca. det dobbelte, vel at mærke hvis pausen ligger passende på et givent vognløb.

Screeningskriterier

I screeningen af vognløb, der er egnede for en depotopladet bus, er anvendt følgende kriterier:

- > Den maksimale længde på vognløbet må ikke overstige 175 km

- > Overstiger vognløbet 175 km, skal der være én eller flere pauser af mindst 90 minutters varighed, så bussen kan returnere til garageanlægget og genoplade inden køreplankørslen genoptages
- > Alle vognløb på ruten kan erstattes af depotopladede elbusser.

Samlet set er der ca. 14 % af vognløbene, der opfylder kriteriet om en maksimal samlet vognløbslængde på 175 km. Screeningen viser desuden, at der i lidt flere end halvdelen (ca. 55 %) af alle vognløbene optræder ophold med en længere varighed end 90 minutter.

Desværre er langt de fleste af de vognløb, der opfylder de to første kriterier koblet sammen i ruter med andre vognløb, der ikke matcher de to kriterier. Det betyder, at det er vanskeligt at opfylde kriterie nr. 3.

Relevante ruter

Screeningen i forhold til erstatning med depotopladet elbus ender derfor med kun at udpege følgende syv ruter, der er interessante at kigge nærmere på:

Tabel 7.1 Ruter, hvor kørslen opfylder de tre omtalte kriterier, og som derfor umiddelbart kan være interessante for depotopladede busser

Rute	Betjeningsområde	Planlagt udbud år / Driftsstart år
21/29	Holstebro-Vildbjerg og Holstebro-Feldborg	2022 / 2023
55	Bjerringbro-Hammel	2025 / 2026
221	Randers-Søby	2024 / 2025
400	Ryomgård-Djurs Sommerland	2024 / 2025
513/523	Vejle-Tørring/Tørring-Brædstrup	2025 / 2026

Rute 21/29

Rute 21 betjenes med én bus og der er kørsel på skoledage mellem Holstebro og Vildbjerg. Der er én morgentur og to eftermiddagsture i hver retning. Rute 29 betjenes med én bus på hverdage og betjener på sin rute Tvis, Hodsager og Feldborg skoler. Rute 29 har tilsvarende én morgentur og to eftermiddagsture i hver retning. Ingen af de to ruter har kørsel på lørdage og søndage.

Der er samlet fem forskellige vognløb i den aktuelle køreplansperiode, og det fremgår, at begge ruter også har enkelte ture på en anden rute. Der er ingen af de fem vognløb, der har en samlet længde på mere end 165 km og de opfylder derfor kriteriet om maksimal vognløbslængde på 175 km.

Ruterne vil kunne udføres med en depotopladet elbus.

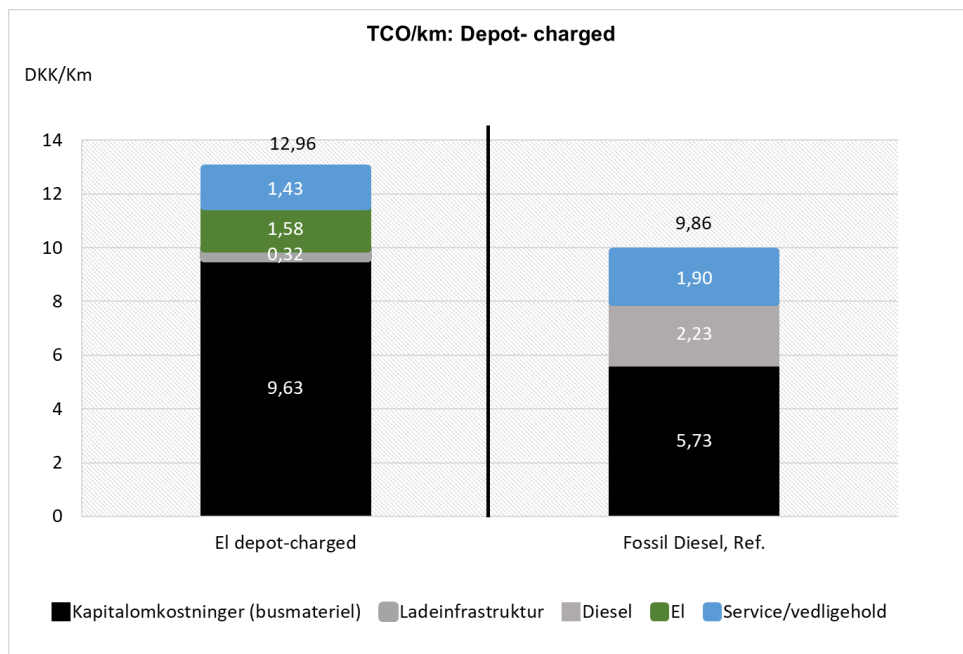
Rute 55

Rute 55 betjenes med to busser og betjener bl.a. Bjerringbro Gymnasium og Tungelundskolen. Der er 4-6 morgenture (de to seneste kører kun skoledage) og 10 eftermiddagsture med en pause på mellem 4-6 timer. Begge vognløb har hver en samlet længde på 215 km, men da der på begge vognløb er en pause på mellem 4-6 timer, er der rigelig tid til at returnere til garageanlægget og genoplade batteriet inden rutekørslen genoptages om eftermiddagen. Ruten kan derfor udføres med depotopladede elbusser.

- Rute 221** Rute 221 betjenes med én bus på en rute mellem Randers og Hornslet, med afkortelse i Søby. Der køres to morgenture og fem eftermiddagsture på alle hverdage. Vognløbet er på samlet set 205 km, men da der er en pause mellem morgenturene og eftermiddagsturene på knap 6 timer, er der rigelig tid til at returnere til garageanlægget og genoplade. Ruten kan derfor udføres med en depotopladet elbus.
- Rute 400** Rute 400 betjenes med én bus, der kører mellem Ryomgård og Djurs Sommerland med op til 8 daglige ture på alle åbningsdage (ca. 191 dage). Den samlede længde på vognløbet vil ikke overstige kriteriet om maksimalt 175 km. Ruten kan derfor udføres med en depotopladet elbus.
- Rute 513/523** De to ruter 513/523 betjenes med to busser med blandede vognløb. Der er fem morgenture og ni eftermiddagsture på de to ruter tilsammen. Herudover betjener den ene bus en enkelt tur på rute 215. Der er kun kørsel på skoledage.
- Vognløbene for de to driftsbusser er ca. 200 km lange, men der er på alle vognløb en pause efter morgenturene på ca. 4 timer eller mere, hvilket er tilstrækkeligt til at returnere til garageanlægget og genoplade. Ruterne kan derfor udføres med depotopladede elbusser.
- Opsamling** Den nærmere gennemgang af de screenede syv ruter, viser, at de alle må forventes at kunne udføres med depotopladede busser som erstatning for de nuværende dieselbusser.
- Alle de udpegede ruter har begrænset kørselsomfang og højest to busser tilknyttet. De er kendetegnet ved morgen- og eftermiddagskørsel med en lang pause imellem. Bortset fra rute 400 til Djurs Sommerland er der tale om udprægede skoleruter, hvoraf nogle af dem dog har kørsel på alle hverdage og derfor også har en funktion for andre end skoleelever.
- Der er heller ikke tale om særligt passagertunge ruter, og geografisk er de spredt i hele Midttrafikens område. Den geografiske spredning betyder, at busserne er udbudt som en del af forskellige aftaler i dag; samlet optræder de 10 busser i fire forskellige aftaler.
- På grund af ruternes geografiske spredning og den manglende passagermæssige tyngde, forventer vi ikke, at en omstilling til elbusser vil tiltrække sig offentlighedens interesse i større stil. Der ligger heller ikke umiddelbart et potentiale i flere passagerer grundet en sådan omstilling. Rute 400 til Djurs Sommerland kan dog give en vis form for offentlig eksponering, hvor det for alle gæster i parken vil kunne gøres synligt, at ruten betjenes med en elbus.
- Hvad vil det koste?** Til beregning af meromkostningerne benytter vi samme omkostningsmodel som beskrevet i afsnit 5 og i opgavens Del I. Vi har samtidig tilpasset de beregningsmæssige forudsætninger, så de modsvarer kørslen på de syv ruter, der er udpeget i screeningen.
- Samlet er der tale om 8 driftsbusser på de udpegede ruter, og de kører i gennemsnit ca. 32.000 km/år hver. I det følgende er de køretøjsrelaterede omkostninger (også kaldet TCO) sammenholdt for en dieselbus og en depotopladet bus.

Den prismæssige forskel afspejler den forventede ændring i regionens omkostninger til at drive ruterne.

En beregning af TCO for de 8 driftsbusser ved brug af diesel som drivmiddel, giver en gennemsnitlig pris pr. km. på DKK 9,86, se også Figur 7.1. Det svarer til at hver bus i gennemsnit koster ca. DKK 318.000 om året.



Figur 7.1 TCO/km for en depot-charged bus til sammenligning med en bus på fossil diesel. Gennemsnitlige km-priser for en 12 m bus beregnet for en kontraktlængde på 8 år for dieselbuser og 12 år for depot-charged elbus.

Den tilsvarende beregning, hvor der i stedet indsætte depotopladede elbusser giver en TCO på DKK 12,96 pr. km., se Figur 7.1. De centrale forudsætninger for den beregning er:

- > Indkøbsprisen er ca. 3,7 mio. DKK for en bus inkl. batteri (375 kWh)
- > Depotoplader (slow charge) ca. DKK 125.000
- > Energiforbrug ca. 1,5 kWh pr. km som et forsigtigt bud inkl. forbrug til opvarmning, ventilation og aircondition (en worst case betragtning).
- > Nuværende kontraktlængde for dieselbuserne er 8 år, mens fremtidig kontraktlængde for depotopladede elbusser er 12 år.

Samlet giver det en gennemsnitlig pris pr. bus ved 32.000 km/år på ca. DKK 418.000.

For de 8 busser samlet giver det en meromkostning for regionen ved erstatning af dieselbuser med depotopladede busser på **798.000 DKK pr. år.**

Miljøeffekter Miljømæssigt erstattes dieselbusserne med emissionsfrie busser, og da de 8 driftsbusser årligt i perioden juli 2019 til og med juni 2020 samlet kører ca. 323.000 km, spares der årligt 249 ton CO₂.

Samlet koster ét sparet ton CO₂ således 3.205 DKK

7.2 Lejlighedsvis opladning

Lejlighedsvis opladning (opportunity-charging) er en metode, hvor bussens batterier oplades undervejs på ruten i forbindelse med stop ved udvalgte stoppesteder (hurtig opladning), hvilket i praksis vil være ved endestationer.

Fordele og ulemper Sammenholdt med depotopladede busser er de umiddelbare fordele ved lejlighedsvis opladning øget (i teorien ubegrænset) rækkevidde. Samtidigt betyder den hyppige opladning, at der kan nøjes med mindre batterikapacitet og deraf lavere vægt af batterierne. Den lavere vægt medfører dels, at antallet af passagerer ikke begrænses så meget som i en depotopladede bus, dels at energiforbruget til kørsel er 10-15 % lavere.

Til gengæld medfører brug af lejlighedsvist opladede busser investering og placering af dyrere ladestanderer rundt i geografien – oftest i de større bysamfund ved busterminalerne, hvor de forskellige busruter har endestation og ophold af lidt længere varighed end blot tid til opsamling eller afsætning af passagerer.

Lejlighedsvist opladede busser er derfor mest velegnede til relativt højfrekvente linjer med forholdsvis korte ruteforløb, og hvor behovet for opladning undervejs på ruten kan begrænses til endestationer. Det betyder nemlig lavere investeringer i løsninger til opladning, og det sikrer også, at passagerer ikke risikerer at skulle vente unødigt på opladning ved busstoppesteder midt på ruten.

Standermonterede pantografløsninger (top-down) i byrummet har været mest i fokus indtil nu hos de største systemleverandører. De forventede fordele omhandler bl.a.:

- > At minimere mængden af udstyr samlet set og derved reducere de samlede udgifter
- > At minimere bussens højde
- > At minimere det nødvendige udstyr på bussen (fordele for vægt, service & vedligeholdelse)
- > At sikre 'renere' snitflader mellem systemleverandører og busoperatører, hvorved konfliktpunkter minimeres.

Ulempen er særligt, at når størstedelen af den følsomme teknologi er monteret i standeren, så vil evt. nedbrud ramme alle busser, hvorimod den modsatte løsning (down-up) kun vil ramme den enkelte bus. Det betyder i praksis, at der ofte opstilles to ladestanderer hvert sted for at undgå driftsudfald.

Screeningskriterier Men hvor langt kan en lejlighedsvist opladet bus så køre, før den skal genoplades og hvor lang tids pause skal den have for at kunne genoplade tilstrækkeligt til videre drift?

Det optimale ved lejlighedsvist opladede busser er, at de aldrig kommer i en situation, hvor de skal genoplade helt fra scratch, da det vil kræve en meget lang pause. Det optimale er således, at de kører et relativt kort stræk, genoplader en lille smule og kører videre for senere at genoplade lidt igen og så fremdeles.

Afstanden mellem mulighederne for genopladning og ikke mindst tiden (pausen i vognløbet) til at gennemføre genopladningen i, bliver derfor afgørende for om løsningen kan fungere i praksis. Udover kapaciteten i bussens batterier er det også vigtigt, at ladeudstyret har kapacitet til at oplade bussen hurtigt. Af hensyn til driften vil der typisk selv på helt korte linjer være behov for fast-charge opladere med en høj kapacitet på omkring 350-450 kW.

Ved gennemførelsen af screeningen er der derfor anvendt følgende kriterier:

- > Der skal være pauser i vognløbet på minimum 15 minutter
- > Kørslen mellem pauserne på minimum 15 minutter må ikke overstige 75-85 km
- > Alle vognløb på en rute skal kunne konverteres til drift med lejlighedsvist opladede busser.

I stort set alle de aktuelle ca. 850 vognløb er der indlagt en eller flere pauser på minimum 15 minutter, men det er kun i ca. 245 (29 %) vognløb, at kørslen mellem pauserne ikke overstiger 85 km. Desværre er der ikke ret mange af disse 245 vognløb, som betjener den samme rute, og som samtidigt udgør samtlige vognløb på den pågældende rute.

Screeningen har afdækket følgende syv ruter, hvor lejlighedsvist opladede el-busser kan være relevante:

Tabel 7.2 Ruter, hvor kørslen opfylder de tre omtalte kriterier, og som derfor umiddelbart kan være interessante for lejlighedsvist opladede busser

Rute	Betjeningsområde
29	Holstebro-Feldborg
214	Randers-Auning-Ryomgård-Grenaa
217	Randers-Hornslet-Mørke-Rønde
235	Randers-Spentrup-Mariager
306	Odder-Hundslund-Horsens
319	Hornslet-Auning-Allingåbro-Ørsted
400	Ryomgård-Djurs Sommerland

Rute 29

Rute 29 mellem Holstebro og Feldborg er allerede beskrevet under depotopladede busser. Ruten opfylder kriterierne for at kunne betjenes med en depotopladed bus, og vil derfor ikke være relevant i forhold til en vurdering af potentialerne for at benytte lejlighedsvist opladede busser.

Rute 214

Rute 214 kører mellem Randers og Grenaa via Auning og Ryomgård. Ruten køres af fire driftsbusser med timesdrift fra hhv. Randers og Grenaa i tiden kl. ca. 06.00 til 20.00 på hverdage og to-timesdrift på lørdage og søndage fra kl. 07.00 med sidste afgang fra Randers kl. 21.00 på lørdage og kl. 22.37 på søndage.

Der vil skulle placeres ladestander ved både Randers Busterminal og Grenaa Trafikterminal. Den maksimale afstand mellem Randers og Grenaa er 67 km, så busserne vil skulle lade op hver gang de har kørt én tur. Dette er også muligt, da der ikke forekommer terminalophold på de to lokaliteter på under 16 minutter. Der er to morgenture, der starter i Ryomgård og kører til hhv. Randers eller Grenaa. Herudover er der enkelte ture i løbet af dagen, hvor der køres til Ryomgård og returneres til hhv. Randers eller Grenaa. Ryomgård ligger ca. midtvejs mellem Randers og Grenaa med ca. 34 km til hver af de to byer. Bussen vil derfor kunne foretage turen til Ryomgård og retur uden ekstra opladning i Ryomgård.

Det vurderes, at kørslen på rute 214 vil kunne gennemføres med lejlighedsvist opladede busser med placering af én ladestander ved Randers Busterminal og én ladestander ved Grenaa Trafikterminal.

Rute 217

Rute 217 kører mellem Randers og Rønne via Hornslet og Mørke. Ruten betjenes med tre driftsbusser med første afgang kl. 5.55 fra Randers og sidste afgang kl. 22.00 ligeledes fra Randers. På lørdage og søndage er der kørsel med to busser med afgang ca. hver anden time mellem kl. 8.00-16.00 på lørdage og kl. 8.30-21.30 på søndage.

Der skal placeres en ladestander ved Randers Busterminal og en ved Rønne Busterminal. Den maksimale afstand mellem Randers og Rønne er i vognløbene opgjort til ca. 44,8 km, men varierer ellers mellem ca. 41,9 - 44,8 km. Der er acceptable terminalophold efter hver tur på nær enkelte gange, hvor bussen returnerer efter et meget kort ophold og den samlede længde mellem to pauser med mulighed for genopladning bliver i de tilfælde ca. 87 km. I disse tilfælde er det efterfølgende terminalophold minimum 39 minutter og der er således god tid til genopladning.

Det vurderes, at kørslen på rute 217 vil kunne gennemføres med lejlighedsvist opladede busser med placering af én ladestander ved Randers Busterminal og én ladestander ved Rønne Busterminal.

Rute 235

Ruten samkøres med rute 231 (Randers-Langå). Rute 235 mellem Randers og Mariager har 21 ture i retningen mod Randers på hverdage, mens der er 19 ture mod Mariager. På lørdage og søndage er der hhv. 5 og 3 ture i hver retning.

Rute 231 har 17 ture i retningen mod Randers på hverdage, mens der er 16 ture mod Langå. Første tur afgår kl. 6.00 og sidste tur kl. 22.30. På lørdage og søndage er der hhv. 7 og 5 ture i hver retning.

Der vil skulle etableres ladeinfrastruktur i både Randers og Mariager, mens det ikke er nødvendigt i Langå (rute 231).

Afstanden mellem Randers og Mariager er ca. 30 km og mellem Randers og Langå er der ca. 16 km.

Kørslen udføres med fem driftsbusser og vognløbene har passende pauser på både Randers Busterminal og Mariager Busterminal til at genoplade. Der er enkelte vognløb, hvor der er helt op til 128 km's kørsel mellem pauser af en tilstrækkelig varighed til genoplading, men hvis der anvendes busser med lidt større batterier (kWh >200) er det ikke en uoverstigelig udfordring, da pausen lige inden er 105 minutter, så bussen inden afgang vil være 100 % genopladet.

Kørslen på rute 231 og 235 vil kunne gennemføres med lejlighedsvist opladede busser med placering af én ladestander ved Randers Busterminal og én ladestander ved Mariager Busterminal.

Rute 306

Rute 306 kører mellem Odder og Horsens med 15 afgang i hver retning på hverdage med start ca. kl. 06.00 og sidste afgang kl. 22.40 fra Horsens. På lørdage og søndage er der 7 ture i hver retning.

Ruten køres af to busser og der skal placeres ladeudstyr både på Horsens Trafikterminal og Odder Busterminal. Afstanden mellem Horsens og Odder er maksimalt 28,5 km. i dagtimerne og 37 km. i aftentimerne. Efter langt de fleste ture er der tilstrækkeligt terminalophold til at gennemføre genoplading, men der er også ture i dagtimerne, hvor terminalopholdet er for kort. For alle disse tilfælde gælder, at der efter den følgende tur er et terminalophold af tilstrækkelig længde til at genoplade. Bussen vil derfor maksimalt komme til at køre ca. 60 km før der er mulighed for genoplading.

Kørslen på rute 306 vil kunne gennemføres med lejlighedsvist opladede busser med placering af én ladestander ved Odder Busterminal og én ladestander ved Horsens Trafikterminal.

Rute 319

Rute 319 kører mellem Hornslet og Ørsted via Auning og Allingåbro. Der er 12 ture i hver retning på hverdage med start kl. 5.40 og sidste tur fra Hornslet kl. 19.30. På lørdage og søndage er der 6 ture i hver retning.

Ruten køres af to busser og det vil kun være nødvendigt at etablere ladeinfrastruktur ved Hornslet St. Der er ca. 27 km mellem Hornslet og Ørsted og de forskellige vognløb er alle planlagt med langt terminalophold i Hornslet og meget korte i Ørsted. Der er få enkelte meget lange ophold i Ørsted, men de efterfølges af langt terminalophold i Hornslet umiddelbart efter næste tur. Bussen vil således skulle køre 54 km imellem hver genoplading.

Endelig er der på det ene vognløb 3 sammenhængende ture (3 sidste afgang i køreplanen) hvor der ikke er tilstrækkelige terminalophold til genoplading. Bussen vil således skulle køre 81 km før genoplading er mulig. Det er lige på kanten, men da det er de 3 sidste ture, vil bussen ikke skulle køre i drift efterfølgende. Der kunne også lægges blot 7 minutters yderligere terminalophold ind i køreplan før sidste tur fra Hornslet kl. 19.25, så der etableres et ophold på 15 minutter i stedet for de nuværende 8 minutter.

Samlet er vurderingen, at kørslen på rute 319 vil kunne gennemføres med lejlighedsvist opladede busser med placering af én ladestander ved Hornslet St.

Rute 400

Rute 400, der kører til Djurs Sommerland er også beskrevet under depotopladede busser. Ruten betjenes af én bus, der kører mellem Ryomgård og Djurs Sommerland med op til 8 daglige ture på alle åbningsdage. Den samlede længde på vognløbet vil ikke overstige kriteriet om maksimalt 175 km for drift med en depotopladede bus. Det vil derfor ikke være nødvendigt at drive ruten med lejlighedsvist opladede busser.

Opsamling

Den samlede gennemgang af mulighederne for at erstatte nuværende dieselbusser med lejlighedsvist opladede elbusser viser, at det er muligt på alle de udpegede ruter. To af ruterne blev også udpeget ved screening af muligheden for erstatning med depotopladede elbus, så de blev taget ud af screeningen for lejlighedsvist opladede elbusser, da de vurderes mere egnede til depotopladede busser.

Tilbage er fem ruter, eller rettere seks, da rute 235 samkøres med rute 231. De seks tilbageværende ruter er alle karakteriseret ved at være ruter, der har en nytte for mere end blot skoleelever. Der er relativt mange ture på ruterne, og alle har weekendkørsel. Tilsammen har ruterne 16 driftsbusser med et samlet årligt kørselsomfang på 1,8 mio. km. Det svarer til at de 16 busser i gennemsnit kører ca. 112.000 km. pr. år.

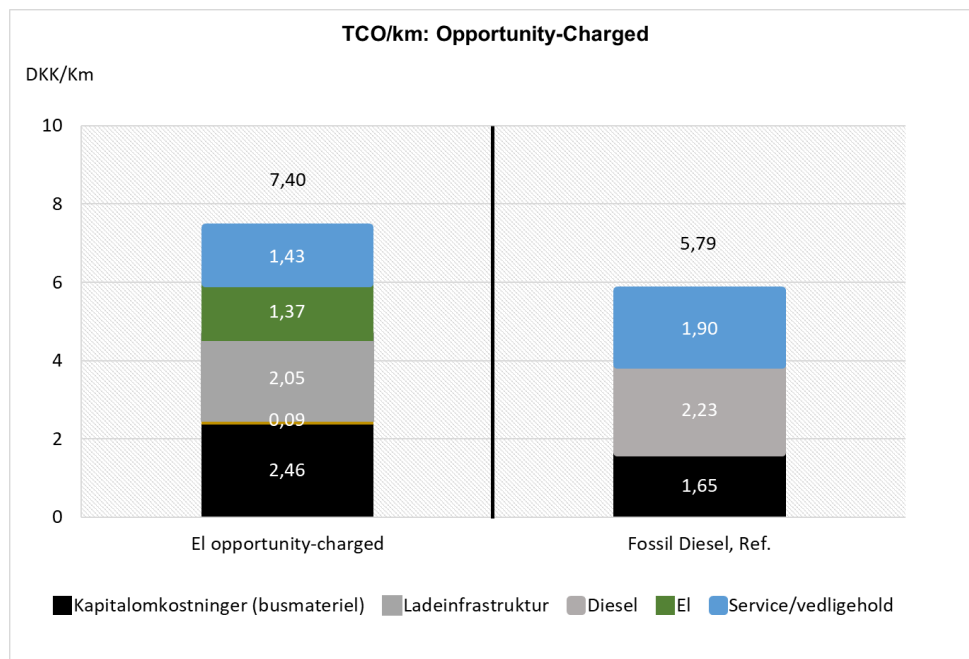
En erstatning med lejlighedsvist opladede elbusser vil være synligt for omverdenen, dels grundet ruterne beskaffenhed dels fordi, der skal etableres ladeinfrastruktur på flere større busterminaler. Samlet vil der skulle etableres ladeinfrastruktur i Randers, Grenaa, Mariager, Hornslet, Horsens og Odder. Specielt omkring Randers kan der blive forholdsvis stor synlighed omkring elbusserne, da fire af de seks ruter benytter Randers Busterminal. Det vil således være muligt for regionen at skabe fokus på grøn transport ved udskiftning til lejlighedsvist opladede elbusser.

Hvad vil det koste?

Til beregning af meromkostningerne benytter vi samme forudsætninger som beskrevet tidligere, men genberegner dem, så det kun er busserne på de specifikke ruter i screeningen for lejlighedsvist opladede busser, der indgår.

Samlet er der tale om 16 driftsbusser på de udpegede ruter og de kører i gennemsnit ca. 112.000 km/år hver. I det følgende er de køretøjsrelaterede omkostninger (også kaldet TCO) sammenholdt for en dieselbus og en lejlighedsvist opladede bus. Den prismæssige forskel afspejler den forventede ændring i regionens omkostninger til at drive ruterne.

En beregning af TCO for de 16 driftsbusser ved brug af diesel som drivmiddel, giver en gennemsnitlig pris pr. km. på DKK 5,79, se også Figur 7.2. Det svarer til at hver bus i gennemsnit koster ca. DKK 647.000 om året.



Figur 7.2 TCO/km for en opportunity-charged bus til sammenligning med en bus på fossil diesel. Gennemsnitlige km-priser for en 12 m bus beregnet for en kontraktlængde på 8 år for dieselbuser og 12 år for opportunity-charged elbus.

Den tilsvarende beregning, hvor der i stedet indsættes lejlighedsvist opladede elbusser giver en TCO på DKK 7,40 pr. km., se Figur 7.2. Forudsætningerne for den beregning er:

- > Indkøbsprisen er ca. 3,3 mio. DKK for en bus inkl. batteri (150 kWh)
- > Fast charge ladestation med kapacitet på 400 kW. Der skal samlet opstilles 16 ladestanderer inkl. reservekapacitet. Der skal opstilles standere i Randers, Grenaa, Mariager, Rønede, Hornslet, Odder og Horsens. Der placeres reservekapacitet ved alle terminaler, men i Randers, hvor 3 af de undersøgte ruter har genopladingsterminal, placeres dog kun 2 ekstra ladere.
- > Depotoplader (slow charge) ca. DKK 125.000 til placering i garageanlæg til natoplading
- > Fast charge ladestation med kapacitet på 400 kW. Der skal samlet opstilles 16 ladestanderer inkl. reservekapacitet. Der skal opstilles standere i Randers, Grenaa, Rønede, Mariager, Odder, Horsens og Hornslet.
- > Udgifter til ladestanderer ved endestationerne er skønnet til 2,75 mio. DKK pr. stk.
- > Energiforbrug ca. 1,3 kWh pr. km som et forsigtigt bud inkl. forbrug til opvarmning, ventilation og aircondition (en worst case betragtning).
- > Nuværende kontraktlængde for dieselbuserne er 8 år, mens fremtidig kontraktlængde for lejlighedsvist opladede elbusser er 12 år.

Samlet giver det en gennemsnitlig pris pr. bus ved 112.000 km/år på ca. DKK 827.000.

For de 16 busser samlet giver det en meromkostning for regionen ved erstatning af dieselbusser med lejlighedsvist opladede busser på **2.9 mio. DKK pr. år.**

Miljøeffekter

Miljømæssigt erstattes dieselbusserne med emissionsfrie busser, og da de 16 driftsbusser årligt i perioden juli 2019 til og med juni 2020 samlet kører ca. 1,8 mio. km., spares der årligt 1.380 ton CO₂.

Samlet koster ét sparet ton CO₂ således 2.101 DKK.

7.3 En synlig indsats

Potentiale for stor synlighed ved erstatning af dieselbusser med emissionsfrie busser er til stede på de meget store regionale ruter. Her er der endog potentiel mulighed for et øget passagertal begrundet i den grønne omstilling, der i flere sammenhænge beskrives som en grund til, at nye passagerer har valgt bussen.

De anvendte kriterier for den gennemførte screening om muligheden for at gennemføre en 1:1 erstatning mellem en dieselbus og en elbus (depotopladet eller lejlighedsvis opladet) betyder, at ingen af de store regionale ruter er udtaget til nærmere gennemgang. Det skyldes primært et stort kørselsomfang på den enkelte rute, der indebærer ret lange og komplekse vognløb.

Vi har dog valgt at kigge på, hvad der helt præcist skal til for at de nuværende busser på f.eks. rute 100, der kører mellem Odder og Hornslet via Aarhus, kan erstattes af emissionsfrie busser.

Den længste afstand mellem Odder og Hornslet er ifølge de nuværende vognløb ca. 48 km og der bruges i dag 18 driftsbusser. Samlet set køres der ca. 1,67 mio. km. om året.

Depotopladning

Ved valg af en depotopladet elbus vil det være muligt at gennemføre 3,5 omløb på ruten, hvorefter bussen må returnere til garagen for at genoplade. Med mere end 150 ture i løbet af en hverdag, vil det i så fald kræve en del flere busser end der anvendes i dag, også selvom nogle af dem kan nå at genoplade og tage en runde mere.

Lejlighedsvis opladning

Vi har derfor valgt at gennemgå ruten og dens vognløb med henblik på erstatning med lejlighedsvist opladede busser.

Der er ved gennemgangen af vognløbene ikke taget højde for den præcise busstype (12-meter, 13,7 meter busser mv.) i vurderingen af muligheden for erstatning med en emissionsfri bus, men forudsat at det er almindelige 12-meter busser.

Da rute 100 er en stor regionalrute med mange passagerer, er det også vigtigt at fastholde brugen af små batterier (150 kWh), så muligheden for medtagning af det nuværende antal passagerer fastholdes. Vælges et større batteri, vil den samlede vægt på bussen øges og sammen med behovet for yderligere plads,

som det større batteri kræver, vil der ikke kunne medtages så mange passagerer som i de nuværende dieselbusser.

Som ladestander forudsættes anvendt en type med en kapacitet på 400 kW og mindste terminalophold anvendeligt for genoplading er sat til 10 minutter. Endelig forudsættes, at bussen ankommer til driftsstart fuldt opladet og ikke skal begynde driftsperioden med at lade.

Kørslen på rute 100 er beskrevet gennem 75 forskellige vognløb. Vi har fokuseret på vognløbene, der anvendes på hverdage, da det er dem, der beskriver det maksimale behov for busser og dermed dimensionsgivende for antallet af busser, der skal betales for.

Ved placering af ladeinfrastruktur i Odder, Hornslet, Aarhus og Malling, vil 9 af de 18 vognløb på hverdage umiddelbart kunne erstattes med lejlighedsvist opladede elbusser. Yderligere 4 af de 18 vognløb vil kunne erstattes, hvis der justeres på enkelte terminalophold, så der samlet etableres 2-5 minutters længere terminalophold på hvert af vognløbene og dermed sikres en tilstrækkelig genoplading af bussen. Umiddelbart ser det muligt ud, da det er i slutningen af vognløbene at kapaciteten mangler, og der derfor i de foregående terminalophold blot skal øges med 1-2 minutter på hver.

Tilbage er 5 vognløb, hvor der vil være behov for indsættelse af ekstra busser, for at kunne etablere mulighed for anvendelse af lejlighedsvist opladede elbusser. Årsagen er både behovet for længere terminalophold, men også gennem etableringen af længere terminalophold at reducere den samlede kørsel mellem to terminalophold med tilstrækkelig varighed til at gennemføre den nødvendige genoplading. Busserne skal i de nuværende vognløb simpelthen køre længere end det er muligt med den anvendte batterikapacitet.

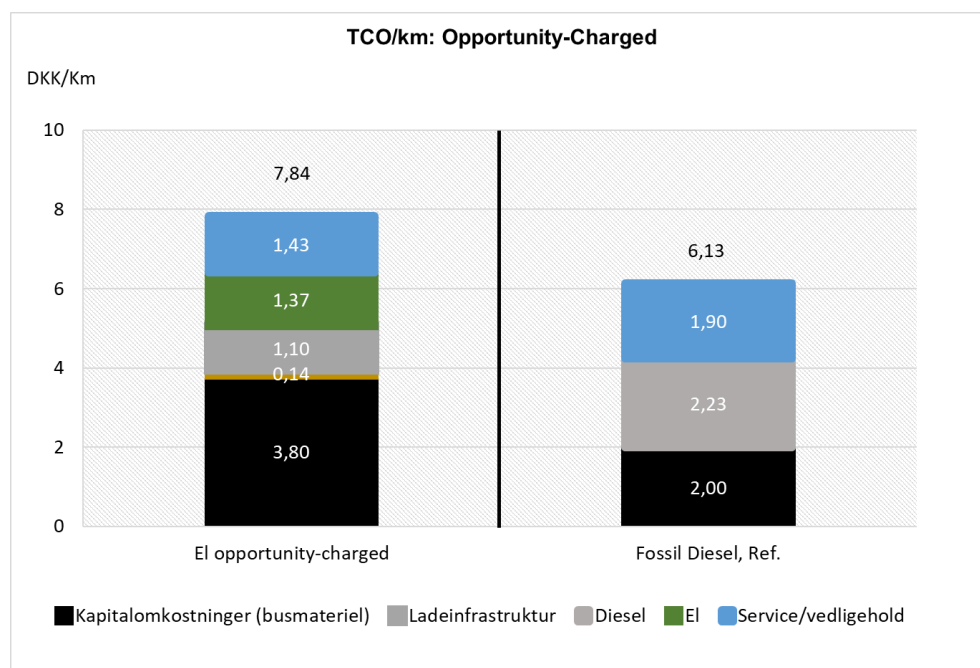
Samlet betyder det, at for at kunne erstatte de nuværende 18 dieselbusser, skal der i stedet benyttes 23 driftsbusser samt etableres ladeinfrastruktur på 4 lokaliteter. Der vil på hver lokalitet skulle opstilles 2 fast charge ladestationer, da det af driftssikkerhedsmæssige årsager er nødvendigt at have reservekapacitet på alle lokaliteterne. Endelig skal der medregnes omkostninger til en slow charger pr. driftsbus, så bussen kan oplade om natten og være fuldt genopladet ved driftsstart.

Hvad koster det?

Til beregning af meromkostningerne benytter vi samme forudsætninger som beskrevet tidligere, men genberegner dem, så det passer til rute 100 og forudsætningerne beskrevet oven for.

Samlet benyttes i dag 18 driftsbusser, som i gennemsnit kører ca. 112.000 km/år hver. I en fremtidig situation skal der anvendes 23 elbusser til opgaven. I det følgende er de køretøjsrelaterede omkostninger (også kaldet TCO) sammenholdt for en dieselbus og en lejlighedsvist opladet bus. Der tages efterfølgende højde for flere elbusser i den fremtidige situation, så den prismæssige forskel for regionen kan opgøres.

En beregning af TCO for de 18 driftsbusser ved brug af diesel som drivmiddel, giver en gennemsnitlig pris pr. km. på DKK 6,13, se også Figur 7.3. Det svarer til at hver bus i gennemsnit koster ca. DKK 567.500 om året.



Figur 7.3 TCO/km for en opportunity-charged bus på rute 100 til sammenligning med en bus på fossil diesel. Gennemsnitlige km-priser for en 12 m bus beregnet for en kontraktlængde på 8 år for dieselbusser og 12 år for opportunity-charged elbus.

Den tilsvarende beregning, hvor der i stedet indsættes lejlighedsvist opladede elbusser giver en TCO på DKK 7,84 pr. km., se Figur 7.2. Forudsætningerne for den beregning er:

- > Indkøbsprisen er ca. 3,3 mio. DKK for en bus inkl. batteri (150 kWh)
- > Fast charge ladestation med kapacitet på 400 kW. Der skal samlet opstilles 8 ladestander inkl. reservekapacitet. Der skal opstilles standere i Odder, Hornslet, Malling og Aarhus.
- > Anvendelse af 23 driftsbusser i stedet for oprindeligt 18 driftsbusser.
- > Kørselsbehovet på 1,67 mio. km. pr. år er det samme, men da der er flere busser, ændres det gennemsnitlige antal km pr. bus.
- > Kontraktlængde for de nye elbusser på 12 år mod den nuværende længde på 8 år for dieselbusserne.
- > Depotoplader (slow charge) ca. DKK 125.000 pr. styk til placering i garage-anlæg til natopladning
- > Energiforbrug ca. 1,3 kWh pr. km som et forsigtigt bud inkl. forbrug til opvarmning, ventilation og aircondition (en worst case betragtning).

Samlet giver det en gennemsnitlig pris pr. bus ved 72.400 km/år på ca. DKK 568.000, hvilket er stort set den samme pris, som for nuværende betales pr. bus, men forskellen er, at der nu er 23 driftsbusser mod tidligere 18. Den samlede meromkostning ved etablering af lejlighedsvist opladede elbusser på rute 100 er således beregnet til at koste regionen ca. **2.8 mio. DKK pr. år.**

Miljøeffekter

Miljømæssigt erstattes dieselbusserne med emissionsfrie busser, og da de 18 driftsbusser årligt i perioden juli 2019 til og med juni 2020 samlet kører ca. 1,67 mio. km, spares der årligt ca. 1.285 ton CO₂.

Samlet koster ét sparet ton CO₂ således 2.312 DKK.

8 Sammenfatning

Formålet med scenarierne og resultaterne fra disse er at skabe et strategisk grundlag, som Region Midtjylland i forhold til målene for grøn omstilling kan bruge til at fastlægge en fremtidig strategi for den regionale busstrafik. En strategi, der skal være både omkostningseffektiv og fleksibel i forhold til den specifikke, regionale busstrafik og som kan medføre ændrede forhold i passagerbetjening og driftsøkonomi.

Regionen opstillede sammen med Midttrafik og COWI tre scenarier:

- > **Uændret tilskud til den kollektive trafik** - hvordan kan regionen sikre klimamæssige forbedringer uden at det må forventes at få negative konsekvenser for regionens bruttodriftsomkostninger?
- > **Fokus på mål** - Hvordan opnås billigst muligt en CO₂-reduktion på 25 %, 50 %, 70 % eller 100 %?
- > **Emissionsfri fremtid** - Hvilke nuværende regionale linjer vil kunne overgå til eldrift uden væsentlige ændringer?

Uændret tilskud

Målet med det første scenarie er at belyse, hvor store CO₂-reduktioner der kan opnås i perioden indtil 2030, uden at regionens tilskud øges. At tilskuddet ikke øges, svarer i praksis til, at bruttoomkostningerne til busoperatørerne – den gennemsnitlige timepris – ikke må stige.

Beregninger viser, at Midttrafik på grund af en gunstig udgangsposition har mulighed for at gennemføre markante reduktioner i udledningen af klimagasser i den kommende periode, også uden af at regionens samlede tilskud må forventes at stige. En strategi med hurtig indfasning af biogas vil give de største miljømæssige effekter.

I perioden frem mod 2030, kan der isoleret set opnås mindre CO₂-reduktioner ved at forlænge de kontrakter, der udløber i 2022 og årene frem, og kræve brug af HVO i den forlængede periode. Udfordringen ved den strategi ligger i, at de positive effekter kun varer i den periode på 2-4 år, hvor kontrakterne kan forlænges.

Skal der opnås markante og længerevarende effekter må biogas i spil. Beregninger viser, at det største klimamæssige potentiale ligger i at indfase så mange gasbusser så tidligt i forløbet som muligt (altså begyndende med udbuddene i 2021). I perioden fra 2022 og frem mod 2030 vil i alt 176 gasbusser kunne indfases i driften. Det vil sikre meget betydelige miljøeffekter i hele perioden (godt 65 % reduktion af den samlede udledning af CO₂ fra 2027 og frem). Uden forventede meromkostninger.

Det anbefales desuden, at det aktuelle udbud for 52 busser fra 2021 indrettes med en maksimal kontraktlængde på 8 år, så det vil være muligt også at erstatte disse dieselbusser med gasbusser inden 2030⁹.

En kombination af gasbusser og brug af HVO for ca. 30 busser på Djursland vil samlet set give maksimale, miljømæssige effekter.

Det er COWIs anbefaling at gå med den strategi, der er beskrevet ovenfor.

Fokus på mål

Dette scenarie sætter fokus på tiltag, der kan bidrage til at opfylde politisk besluttede mål for CO₂-reduktioner inden for en given tidsperiode. Som argumenteret for under scenarie 1, er det vores opfattelse, at for at opnå vedvarende reduktioner i emissionen af CO₂, skal kørslen udbydes med krav om brug af biogas.

Den skitserede løsning i scenarie 1 vil opfylde kravene til regional buskørsel helt frem til 2030, og beregningsmæssigt vil det for knap 90 % af alle busser kunne ske uden (væsentlige) meromkostninger for regionen i forhold til i dag.

For de ca. 30 busser, der må forventes at være stationeret på Djursland, vil gas ikke være en option, der kan sikre opfyldelse af målene. Her vil HVO være en oplagt mulighed med de teknologier, vi kender i dag. HVO vil på den ene side sikre høj målopfyldelse for de resterende regionale busser, men på den anden side må det forventes at medføre meromkostninger for regionen i forhold til i dag. En omkostning vi har beregnet til ca. 2,4 mio. DKK årligt ved garanteret kontraktvarighed i 12 år.

Samlet for forskellige mål for reduktionen af CO₂-emissioner, ser billedet derfor ud som vist i tabellen nedenfor. Ved at udbyde 229 busser med biogas og de resterende 29 busser med HVO vil der opnås en reduktion i den samlede CO₂-emission fra de regionale busser på tæt på 100 %. Busserne på HVO vil i alt udlede ca. 290 ton CO₂, hvilket svarer til ca. 1,6 % af den nuværende samlede udledning på 17.840 ton CO₂. Med biogas og HVO kan der således opnås en reduktion i CO₂-emissionen på ca. 98,4 %.

⁹ I det omfang det ikke er muligt at justere udbuddet, så der kan indsættes gasbusser allerede fra 2021

Mål for reduktion i forhold til aktuelle emissioner af CO ₂	Billigste tiltag	Antal busser	Meromkostninger Årligt	Bemærkninger
25 %	Biogas	64	0 DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år
50 %	Biogas	129	0 DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år
70 %	Biogas	181	0 DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år
100 %*	HVO	29	Ca. 2,4 mio. DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år
	Biogas	229	0 DKK	Kontrakt med kørsel i mindst 12 år

* Beregningsmæssigt vil der kun opnås en CO₂-reduktion svarende til ca. 98,4 %, da der fortsat vil være en mindre udledning ved brug af HVO i de 29 busser på Djursland

Emissionsfri fremtid

I dette scenarie har vi gennemført en screening af samtlige vognløb for at belyse, i hvor høj grad det er muligt at erstatte de nuværende dieselbusser med eldrevne busser. En underliggende målsætning har desuden været at kunne udpege en eller flere ruter, hvor forsøg med eldrevne busser kan skabe opmærksomhed og interesse bredt i Midttrafiks betjeningsområde, og hvor forsøg evt. kan skabe ny viden til brug for implementering af emissionsfri teknologi andre steder.

Screeningen er opdelt i dels muligheden for at erstatte nuværende dieselbusser med depotopladede elbusser dels med lejlighedsvist (opportunity) opladede elbusser.

Depotopladede busser

Screeningen viser samlet, at der på 11 ruter er mulighed for at erstatte de nuværende dieselbusser med elbusser. På 5 ruter er det muligt at anvende depotopladede elbusser, mens der på de resterende 6 ruter skal anvendes lejlighedsvis opladede elbusser.

Alle ruter, hvor der kan erstattes med depot opladede elbusser, har begrænset kørselsomfang og højest to busser tilknyttet. De er kendetegnet ved morgen- og eftermiddagskørsel med en lang pause imellem. I disse ruter indgår rute 400 til Djurs Sommerland, men ellers er der tale om udprægede skoleruter, hvoraf nogle af dem dog har kørsel på alle hverdage og derfor også har en funktion for andre end skoleelever.

Der er heller ikke tale om særligt passagertunge ruter, og geografisk er de spredt i hele Midttrafiks område. Den geografiske spredning betyder, at busserne er udbudt som en del af forskellige aftaler i dag; samlet optræder de 10 busser i fire forskellige aftaler.

På grund af ruternes geografiske spredning og den manglende passagermæssige tyngde, forventer vi ikke, at en omstilling til elbusser vil tiltrække sig offentlighedens interesse i større stil. Der ligger heller ikke umiddelbart et potentiale i flere passagerer grundet en sådan omstilling. Rute 400 til Djurs Sommerland kan dog give en vis form for offentlig eksponering, hvor det for alle gæster i parken vil kunne gøres synligt, at ruten betjenes med en elbus.

Type	Antal ruter	Antal busser	Meromkostninger Årligt	CO ₂ -besparelse ton pr. år	Pris pr. ton sparet CO ₂
Depotopladede	5	8	0,8 mio. DKK	249	3.205 DKK
Lejlighedsvist opladede	6	16	2,9 mio. DKK	1.380	2.101 DKK
I alt	13	26	3,7 mio. DKK	1.629	2.270 DKK

De samlede beregninger viser, at meromkostningen ved erstatning med elbusser er ca. 3,7 mio. DKK. Der spares 1.629 ton CO₂ pr. år, hvilket betyder at prisen pr. ton sparet CO₂ i gennemsnit kan beregnes til ca. 2.270 DKK.

Værdisætningen af CO₂

Værdisætningen af 1 ton CO₂ varierer i forskellige kilder, bl.a. afhængigt af, hvorvidt værdisætningen opgøres ud fra en forventet skadevirkning eller som en pris for emissionsreducerende tiltag. I officielle samfundsøkonomiske analyser herhjemme anvendes i øjeblikket CO₂ kvoteprisen på ca. 150 DKK/ton, selvom der samtidig blandt miljøøkonomer er bred enighed om, at kvoteprisen er et meget lavt udtryk for den forventede skadevirkning.

I Sverige er besluttet, at der i samfundsøkonomiske analyser, hvor der bl.a. sammenlignes forskellige projekter, skal benyttes en CO₂-pris på ca. 650 euro per ton CO₂, svarende til ca. 4.800 DKK. I disse år øges værdisætningen af CO₂ internationalt i takt med klimaambitioner og øget fokus.

Lejlighedsvist opladede busser

Alle de ruter, hvor lejlighedsvist opladede elbusser kan erstatte de nuværende dieselbusser er karakteriseret ved at være ruter, der har en nytte for mere end blot skoleelever. Der er relativt mange ture på ruterne, og alle har weekendkørsel.

En erstatning med lejlighedsvist opladede elbusser vil være synligt for omverdenen, dels grundet ruternes beskaffenhed dels fordi, der skal etableres ladeinfrastruktur på flere større busterminaler. Samlet vil der skulle etableres ladeinfrastruktur i Randers, Grenaa, Mariager, Hornslet, Horsens og Odder. Specielt omkring Randers kan der blive forholdsvis stor synlighed omkring elbusserne, da fire af de seks ruter benytter Randers Busterminal. Det vil således være muligt for regionen at skabe fokus på grøn transport ved udskiftning til lejlighedsvist opladede elbusser.

Slutteligt har vi kigget på hvad der helt præcist skal til for at de nuværende busser på f.eks. rute 100, der kører mellem Odder og Hornslet via Aarhus, kan erstattes af emissionsfri busser. Der benyttes i dag 18 driftsbusser, der samlet set kører ca. 1,67 mio. km. om året. Rutens længde og driftsomfang betyder, at erstatning med lejlighedsvist opladede elbusser er det mest optimale.

Gennemgangen af de enkelte vognløb på ruten, viser, at det er nødvendigt at placere ladeinfrastruktur i Odder, Hornslet, Aarhus og Malling. Af de 18 hverdagsvognløb vil 9 umiddelbart kunne erstattes af lejlighedsvist opladede elbusser. Yderligere 4 vil kunne erstattes ved mindre justeringer af enkelte terminalophold. For at de resterende 5 vognløb kan håndteres af lejlighedsvist opladede elbusser er der nødvendigt at indsætte 5 ekstra busser, da busserne i de

nuværende vognløb simpelthen skal køre længere end det er muligt med den anvendte batterikapacitet.

Type	Antal busser	Meromkostninger Årligt	CO ₂ -besparelse ton pr. år	Pris pr. ton sparet CO ₂
Lejlighedsvist opladede	23	2,8 mio. DKK	1.285	2.312 DKK

Samlet betyder det, at for at kunne erstatte de nuværende 18 dieselbusser, skal der i stedet benyttes 23 driftsbusser samt etableres ladeinfrastruktur på 4 lokaliteter. En erstatning med lejlighedsvist opladede elbusser på rute 100 vil koste yderligere 2,8 mio. DKK pr. år og der vil opnås en besparelse på 1.285 ton CO₂ pr. år.

Andre effekter

Indfasning af fossilfri eller emissionsfri busser vil udover klimamæssige effekter også medføre positive effekter i forhold til udledningen af NO_x, partikler og støj.

I rapporten for Del I er redegjort både for de miljømæssige udfordringer af den aktuelle buspark, de forventede effekter af at der i de kommende år vil blive indsat flere EURO VI-busser og for de forventede effekter af at omstille dieselbusserne til andre teknologier. Denne rapport har alene fokuseret på mulighederne for at håndtere de klimamæssige udfordringer.

Håndtering af økonomisk usikkerhed

Overgangen til nye og alternative drivmidler ved kommende udbud kan medføre, at usikkerheden om det økonomiske resultat af et udbud bliver større end ved gængse dieseludbud. Konsekvensen kan være, at der efter behandling af indkomne tilbud viser sig en finansieringsmæssig udfordring, som nødvendiggør ekstra politisk behandling i regionsrådet. Midttrafik og regionen kan derfor med fordel afstemme behovet for at indarbejde den nødvendige, yderligere procestid i de kommende udbudstidsplaner.

Håndtering af forbehold

Indledningsvis blev nævnt en række forbehold, som vi ikke har haft mulighed for at vurdere/indarbejde på et detaljeret niveau. Det drejer sig om:

- > Krav om busovertagelse i udvalgte kontrakter.
- > Betydningen af den aktuelle busstationering i forhold til etablering af gasstationer.
- > Midttrafiks strategi om koordinering af kørsel i bestemte udbudspakker (større samlede pakker).
- > Midttrafiks ambitioner om udfasning af udvalgte højgulvsbusser i de kommende år.
- > Vognløbstekniker kører den regionale buskørsel i blandede vognløb med en række lokale ruter.

Disse elementer er underliggende krav og mål for det løbende arbejde med udbud i Midttrafik, som efterfølgende må indarbejdes/tilpasses en overordnet løsningsstrategi. Mange ambitioner og målsætninger på samme tid vil alt andet lige øge kompleksiteten i udbudsarbejdet for Midttrafik, og kan også ende med at påvirke handlemulighederne og effekterne.

8.1 Puljemidler

Statslig pulje

I april 2020 har regeringen sammen med Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten og Alternativet aftalt "*Grøn buspulje til regionale busser og øer*". Puljen skal bidrage til at gøre den regionale, kollektive bustrafik og den kollektive bustrafik på ikke-landfaste ø-kommuner (Samsø, Ærø, Fanø og Bornholm) grønnere.

Det fremgår af vejledningen af 5. maj 2020, at der er afsat 75 mio. DKK i 2020 og at der kan søges om tilskud til busser, der udskiftes (indgås kontrakt om) i både 2020 og første halvår 2021. Der prioriteres:

- > Nedbringelse af CO₂ pr. tilskudskrone
- > Nedbringelse af øvrige emissioner
- > Acceleration af grøn omstilling
- > Geografisk spredning af puljemidlerne.

Tilskuddet kan dække op til 75 pct. af merudgiften ved den grønne omstilling. Det er således forudsat, at regionen som ansøger skal bidrage med en medfinansiering af projekterne på mindst 25 %.

Hvis Region Midtjylland ønsker at indsætte eldrevne busser, evt. som skitseret oven for, anbefales at en ansøgning om midler fra den nye pulje overvejes. Det vil i givet fald kunne reducere meromkostningerne.