

September 2014

MULIGHETSSTUDIE: UTVIKLING AV ELEKTRISKE BUSSENER I BERGEN

Rapporten er utarbeidet av Norconsult på oppdrag fra Skyss





Mulighetsstudie

Utvikling av elektriske busser i Bergen

Blank

Innhold

Forord	1
Sammendrag	3
1 Introduksjon og bakgrunn	9
1.1 Historikk	9
1.2 Milepæler for trolleybussdrift i Bergen	9
1.3 Dagens trolleybussanlegg i Bergen	10
1.4 Samarbeid med Rogaland fylkeskommune	12
1.5 Elektriske busser – innhenting av europeiske erfaringer	14
2 Elektriske busser - teknologi og egenskaper	15
2.1 Teknologisk utvikling av elektriske busser	15
2.2 Beskrivelse av ulike elektriske bussteknologi	16
2.3 Fordeler med elektriske busser	21
2.4 Ulemper	23
2.5 Hastighet og kapasitet	25
2.6 Oppsummering	26
3 Trolleybuss i Bergen	27
3.1 For lite nettverk	27
3.2 Dårlig utnyttelse av infrastruktur	28
3.3 E-buss etterspørres – e-mobilitet er slagord og trend	29
3.4 Synergi og stordriftsfordeler med Bybanen AS	29
3.5 Usikkerhet ved E-buss uten kontaktledning	30
3.6 Fremtidige energikostnader	30
3.7 Skyss overordnet kollektiv- og miljøstrategi	31
4 Premisser for videre satsing på elektriske busser	33
4.1 Linje 2 som startpunkt for elektriske busser	33
4.2 E-buss som stamlinjer – kapasitetsbehov for leddbuss	33
4.3 Riktig utnyttelse	33
4.4 Holdeplass standard og universell utforming	34
4.5 Fremkommelighetstiltak	35
4.6 Rullende materiell	35

4.7	Infrastrukturkostnad	35
4.8	Driftskostnader	36
5	Forlengelse av e-bussnett: Vurdering av alternativer	37
5.1	Beskrivelse av linje 2	37
5.2	Beskrivelse av trafikk på dagens linje 2	37
5.3	Mulige forlengelser	38
5.4	Vurdering av forlengelsesalternativene - anbefalinger	39
5.5	Undersøkelse av Sydnestunnelen for trolleybussdrift	40
6	Nullalternativ: Nedleggelse av trolleybuss på linje2	41
6.1	Midlertidig avtale mellom Hordaland fylkeskommune og Tide	41
6.2	Ny anbudsrunde uten trolleybussdrift	41
7	Satsing på elektriske busser etter 2017	43
7.1	Fase 1: Overtakelse av infrastruktur for trolleybuss	43
7.2	Fase 2: Innkjøp av nye trolleybusser.....	45
7.3	Mulige forlengelser av elektrisk bussnett i Bergen	46
7.4	Internasjonalt samarbeid.....	51
7.5	FoU prosjekt for videre utvidelse av nettverk	51
7.6	Kostnadsanslag: investering i infrastruktur og nye busser.....	52
7.7	Konklusjoner og anbefalinger	54

Figurer

Figur 1. Trolleybusser på Linje 2 i Strømgaten ved Jernbanestasjonen i 1957.	9
Figur 2. En MAN/Neoplan trolleybuss levert i 2003 på linje 2 fra Strandkaaien terminal.	10
Figur 3. Fra Rogaland fylkeskommune – Teknologi valg for busser på Nord-Jæren.	12
Figur 4. Fra Rogaland fylkeskommune – Sammenligning av utslipp for ulike busstype.	13
Figur 5. Forbikjøringsmulighet ved endestopp I Arnhem, Nederland.	14
Figur 6. Moderne trolleybuss i Esslingen, Tyskland.	16
Figur 7. Eksempel fra USA med batteribuss med hurtiglading på holdeplass.	18
Figur 8. Induktiv lading av busser underveis – konsept fra Bombardier (Primove).	19
Figur 9. Nyere trolleybusser med moderne og attraktiv utforming.	22
Figur 10. Trolleybussystemer trenger mye infrastruktur i luften, spesielt ved terminaler.	23
Figur 11. En av seks trolleybusser, levert i 2003, med branding som “Landåslinjen”	24
Figur 12. Dobbelleddbuss med kapasitet opp mot 200 passasjerer.	25
Figur 13. Det er for få trolleybusser i Bergen til å dekke rutetilbudet på linje 2.	27
Figur 14. Mange av bussene som kjører under kontaktledning er diesel- eller gassbusser.	28
Figur 15. Bybanen AS har kompetanse og utstyr til vedlikehold av trolleybuss infrastruktur.	29
Figur 16. Høystandard holdeplass til trolleybuss i Arnhem, Nederland.	34
Figur 17. Mulige forlengelser (blå linjer) av dagens trolleybusslinje 2 (sort).	38
Figur 18. Sydnestunnelen er til dels trang og høyden er på minimumsnivå.	40
Figur 19. Tverrprofilen i Sydnestunnelen varierer.	40
Figur 20. Fase 0: Overtakelse av infrastruktur, Sentrum - Birkelundstoppen.	43
Figur 21. Kontaktledningsanlegg kan være dyrt å kjøpe.	44
Figur 22. Fase 1: Linje 2 Sentrum - Sædalen.	47
Figur 23. Fase 2: Linje 2 Laksevåg - Sædalen.	48
Figur 24. Fase 3: Linje 2 Laksevåg – Nesttun.	49
Figur 25. Trolleyemotion.com er en internasjonal gruppe med fokus på elektriske busser.	51

Blank

Forord

Hordaland fylkeskommune har hovedansvaret for drift av kollektivtransport i fylket. Forvaltningen av dette ansvaret er plassert hos Skyss.

Som ledd i vurderingen av framtidig trolleybusdrift, ønsker Skyss å få utarbeidet en strategi for utvikling av elektriske busser i Bergen inklusive trolleybusser. Dette skal inngå som del av bakgrunnen for vurdering av framtidige løsninger.

Denne mulighetsstudien er skrevet av sivilingeniør Thomas J. Potter, Norconsult AS. Den bygger på tidligere rapporter til Hordaland fylkeskommune om trolleybuss, gassbuss og utvikling av ny teknologi for busstransport.

Prosjektet er støttet og delvis finansiert av Transnova.

Som en del av arbeidet med studien har COWI, med Henrik Vestergaard Petersen som prosjektleder, utarbeidet et notat om utvidelse av linjenett. Dette arbeidet er oppsummert i denne rapporten.

Per Gunnar Andersson fra Trivector har bidratt med erfaring fra introduksjon av trolleybuss i Landskrona og oversikt over teknologisk utvikling av elektriske busser.

Karl Inge Nygård, Matti Torgersen og John Martin Jacobsen hos Skyss har vært oppdragsgivers representanter.

I arbeidet med studien har det vært arrangert en studietur til Nederland og Tyskland, samt to workshoper med deltakere fra Bergen kommune, Skyss, Bybanen AS, Rogaland fylkeskommune og Hordaland fylkeskommune.

Konklusjonene står for konsulentens regning.

Bergen

August 2014



Prosjektnavn	Mulighetsstudie: Utvikling av elektriske busser i Bergen
Prosjektnummer	5136160
Dokumentnavn	rapport_endelig_20140829
Dokument status	Utkast
Sist lagret	2014.08.29 - 10:42
Skrevet av	TJP
Kontrollert av	HPD

Sammendrag

Dagens situasjon og problemstilling

Trolleybusser ble først introdusert i Bergen i 1950 og består i dag av en linje mellom Bergen sentrum (Strandkaien) og Birkelundstoppen. Linjen er ca. 7 km lang. Den er driftet av seks leddtrolleybusser levert i 2003. Rutetabellen for Linje 2 er basert på et intervall i rushtiden på 10 minutter, og krever 9 busser for å dekke driftsbehovet.

Trolleybussen er i dag drevet av Tide Buss AS, og får et spesielt tilskudd fra Bergen kommune basert på en avtale fra 2002. Avtalen går ut i årsskiftet 2014/2015. Fremtidig drift av trolleybuss må derfor avklares.

Elektriske busser – teknologisk utvikling

Elektrisk fremdrift av rullende materiell i kollektivtransporten er i dag et mål for mange aktører i bransjen. Såkalt e-mobilitet er et viktig miljøtiltak for å redusere utslipp i byområder, redusere støy og etablere bærekraftige systemer som kan basere seg på fornybare energikilder. Elektriske busser har mye bedre akselerasjon enn andre busstyper, og er derfor spesielt relevant i områder med kupert terreng.

Trolleybuss er en type elektrisk buss som krever bl.a. kontaktledningsanlegg i normale driftsituasjoner for overføring av energi.

I de siste årene er det utviklet busser basert på batteriteknologi som primær energikilde. Slike batteribusser er under utvikling, men de har ikke nok kapasitet til å bruke på leddtrolleybusser og slike batteribusser med høy kapasitet er følgelig ikke kommersielt tilgjengelig i dag.

Trolleybussteknologi er fremdeles det mest robuste og effektive systemet for drift av elektriske busser. Trolleybusser med batteripakker kan brukes til å forlenge eksisterende trolleybusslinje uten montering av kontaktledningsanlegg.

Trolleybuss i Bergen – status

- **For lite nettverk / dårlig utnyttelse**

Trolleybussen i Bergen er relativt dyr i drift fordi nettverket er lite og infrastrukturen er dårlig utnyttet. Kostnaden knyttet til drift og vedlikehold av både infrastruktur og busser er høye i forhold til antall buss-km som kjøres med elektrisk drift.

- **Elektriske busser etterspurt**

De positive egenskapene til elektriske busser er etterspurt både av publikum og politikere. Transportsektoren går i retning av elektrisk drift, såkalt e-mobilitet.

- **Etablering av Bybanen gir synergi og storbedriftsfordeler**

Trolleybussnett og Bybanen bruker tilsvarende strømforsyningsystemer basert på likeretterstasjoner og kontaktledningsanlegg for overføring av strøm til rullende materiell. Overføring av infrastruktur fra Tide Buss AS til Bybanen AS vil gjøre det mer effektivt enn driften av to separate organisasjoner.

- **Fremtidige energikostnader**

Energi-kostnader for elektriske busser inklusiv trolleybusser, er vesentlig lavere enn for diesel- eller gassbusser. På grunn av effektiviteten til elektriske motorer og muligheten for regenerativ bremsing, bruker elektriske busser ca. 40% av energimengde som en diesel- eller gassbuss. Elektrisitet er også billigere enn diesel eller gass, slik at energikostnader pr. km for elektriske busser er ca. 20% av kostnaden for diesel- eller gassbusser.

Prognosen for energikostnader gjør at elektriske busser inklusiv trolleybusser blir relativt sett billigere å drifte i fremtiden sammenlignet med andre energikilder som diesel eller gass slik at denne driftsfordelen over tid blir større.

Overordnet kollektiv- og miljøstrategi for Skyss

I rapportene «Miljøstrategi for Skyss» datert februar 2014, og «Kollektivstrategi for Hordaland, Utvikling fram mot 2030» datert mai 2014, er følgende relevante punkter beskrevet:

- Skyss vil ha lave utslipp fra busstrafikk
- Skyss vil bruke de mest støysvake bussene i støyutsatte områder
- Skyss har et langsiktig mål om utslippsfri busstrafikk
- Skyss ser at elektrisk drift har store miljøfordeler, og vil videreutvikle bruk av elektrisitet som fremdriftsteknologi
- Skyss vil være pådriver for forskning og faglig utvikling

Premisser for videre satsing på elektriske busser i Bergen

Fremtidig drift på linje 2 er utgangspunktet for satsing på elektriske busser i Bergen. Elektriske busser bør settes inn på stamlinjer og brukes på strekninger hvor de får best utnyttet sine fordeler, som er knyttet til støy, stigning og lokal forurensning.

Etablering av nye eller forlengete stamlinjer vil kreve oppgradering av holdeplasser til en høyere standard enn dagens holdeplasser. Alle holdeplasser må ta hensyn til krav om universell utforming. Tetthet på holdeplassene inklusiv eksisterende stoppemønster på linje 2, må vurderes for å finne en god balanse mellom kjøretid og tilgjengelighet.

Stamlinjer bør driftes mer eller mindre uavhengig av øvrige trafikk. Det bør være mulig å oppnå en kommersiell hastighet mellom 20-25 km/t hvis nødvendig fremkommelighetstiltak inklusiv prioritering i lyskryss etableres.

Null-alternativet: nedleggelse av trolleybuss på linje 2

Videre drift av trolleybuss i Bergen etter 1. januar 2015 krever en ny avtale mellom Hordaland fylkeskommune og Tide Buss AS. Hvis det ikke inngås ny avtale med myndighetene og Tide Buss AS, er det sannsynlig at driften av trolleybuss vil innstilles i 2015.

- **Fordeler**

Det vil være mulig å endre traseen til linje 2 slik at det inngår bedre i det overordnede systemet for stamlinjer i Bergensområdet. Det vil ikke være nødvendig å overta infrastrukturen fra Tide Buss AS.

- **Ulemper**

Nedleggelse av linje 2 vil bety nedleggelse av den mest miljøvennlige busslinjen i Bergen. Erstatning av trolleybuss på linje 2 med diesel- eller gassbusser vil gi mer støy og øke forurensningen i Bergen sentrum og langs traseen til trolleybussen. Linje 2 med diesel- eller gassbusser vil bruke mer energi enn trolleybuss, og vil kjøre saktere. Det vil også være en utvikling som ikke er i tråd med dagens trender i kollektivtransporten med økt bruk av elektriske busser.

- **Driftskostnader**

Det er usikkert om det kan oppnås besparelse i driftskostnadene med nedleggelse av trolleybussdrift på linje 2.

Satsing på elektriske busser etter 2018

Videre satsning på elektriske busser etter 2018 vil medføre:

- Overtakelse av infrastruktur for trolleybuss
 - Kontroll / vurdering av dagens infrastruktur (verdisetting og behov for forbedringer), verksted og vognparken, etablering av eierskap til KL-anlegg, master og veggfestepunkt.
 - Integrering i virksomheten til Bybanen AS
 - Nødvendige oppgraderinger / forbedringer gjennomføres
- Innkjøp av nye trolleybusser med opsjon
- Utarbeidelse av anbudsstrategi – med eller uten busser
- Innkjøp av busser med vedlikeholdsavtale
- Utvidelse: Forlengelse av nettverk for elektrisk busser Bergen

Videre utvidelse av elektriske bussnett i Bergen

Videre utvidelse av elektrisk bussnett i Bergen kan gjennomføres i flere faser med forlengelse av eksisterende liner og konvertering av busslinjer med dieseldrift til el-drift:

- Etablering av forlenget linje 2: Nesttun – Nipedalen /Gravdal
 - Fase 1: Forlengelse til Sædalen fra Birkelundstoppen
 - Fase 2: Forlengelse fra Sentrum til Laksevåg med forbindelse til rv. 555 og Gravdal/Nipedalen (enten via Nøstet eller via Sydnestunnelen)
 - Fase 3: Forlengelse fra Sædalen til Nesttun
 - Fase 4: Forlengelse fra Birkelundstoppen til Paradis
- Etablering av linje 3 som e-buss line: Slettebakken – Fyllingsdalen
- Linje 10 som e-buss linje: Mulen – Sletten
- Sandviken betjenes av e-buss linjer
 - Linje 18: Fyllingsdalen – Formanns vei
 - Linje 6: Lønborglien

Konklusjoner og oppsummering

Elektriske busser og trolleybusser er gode tiltak for å redusere bruk av fossile energikilder til bruk i offentlig transport. Slike busser er spesielt egnet i byer og i tettbygde strøk. Bruk av slike busser er forankret i Skyss sin «Kollektivstrategi» og «Miljøstrategi».

Elektriske løsninger er miljømessig best, men er ofte dyrere enn andre alternativer på grunn av behov for investeringer og vedlikehold av omfattende infrastruktur. Lavere driftskostnader kan balansere driftsøkonomi hvis driftsopplegg er effektiv og frekvensen er høy.

Elektriske busser basert på batteri har ikke rekkevidde til å betjene dagens stamlinjer i Bergen, og de er heller ikke tilgjengelig som leddbusser. Trolleybuss med batteri eller eventuelt superkondensatorer kan være aktuelt til forlengelse av en trase med kontaktledningsanlegg.

Trolleybuss er «state of the art» samtidig som teknologien er utprøvd og driftssikker.

Det kan derfor konkluderes med at Hordaland fylkeskommune bør sørge for følgende:

- Opprettholde drift av trolleybuss på linje 2.
- Overta ansvaret for infrastruktur for trolleybuss.
- Integre forvaltning, drift og vedlikehold av infrastruktur i Bybanen AS.
- Kjøp inn nok trolleybusser for effektiv drift av linje 2 med opsjoner for flere busser som kan brukes på eventuelle forlengelser eller økning av frekvens.
- Bussene kjøpes med vedlikeholdsavtale fra leverandør.
- Vurdere alternativ elektrisk batteri-basert teknologi og trolleybuss for videre utvidelse av trolleybuss-nettverk i følgende rekkefølge:

Linje 2:

1. Birkelundstoppen – Sædalen
2. Sædalen – Nesttun
3. Bergen sentrum – Laksevåg
4. Birkelundstoppen – Nesttun

Linje 3:

5. Nattlandsveien – Sletten terminal
 6. Gyldenpris - Oasen
- Rekkefølgen kan endres underveis avhengig av resultater og erfaringer med ulike elektriske bussteknologier.

Blank

1 Introduksjon og bakgrunn

1.1 Historikk

Trolleybusser opererer i dag i over 300 byer i 43 land. De første systemene i verden var bygget rundt 1900. Det første systemet i Norge var etablert i Drammen i 1909 og nedlagt i 1967. Trolleybusser ble først introdusert i Bergen i 1950. Det var en del av en langsiktig plan om å erstatte trikkene med trolleybusser.

Dagens linje 2 mellom Bergen sentrum og Birkelundstoppen begynte som en linje i 1957 som erstatning for trikken mellom Engen og Fridalen. Linjen ble forlenget i årene frem til 1983 med forlengelse først til Mannsverk, deretter til Bolstad og endelig til dagens terminal ved Birkelundstoppen. Traseen i sentrum har vært endret flere ganger, ofte på grunn av byggeaktiviteter i Bergen sentrum, og nå har linje 2 endestopp ved Strandkaaien terminal.

Verkstedet for trolleybuss er etablert på Mannsverk.



Figur 1. Trolleybusser på Linje 2 i Strømgaten ved Jernbanestasjonen i 1957.

1.2 Milepæler for trolleybusdrift i Bergen

Februar 1950	Oppstart av trolleybusdrift i Bergen: Mulen – Møhlenpris Delvis erstatning av sporveisdrift på linje 3, Møhlenpris – Sentrum.
Desember 1957	Oppstart av trolleybusdrift: Engen – Fridalen Erstatning av sporveisdrift på linje 2
1959 - 1968	Forlengelse fra Fridalen til Bolstad i forbindelse med etablering av nytt verkstedsområde på Mannsverk
August 1983	Forlengelse fra Bolstad til Birkelundstoppen
Mars 2002	Avtale mellom Bergen kommune og Gaia Trafikk AS om investering i og drift av trolleybusser i Bergen

2003	Introduksjon av seks nye trolleybusser levert av MAN / Kiepe, og traseen ble markedsført under navnet «Landåslinjen».
2010	Etablering av Bybanen – elektrisk drevet sporveissystem – 1. byggetrinn Bergen sentrum – Nesttun
Desember 2014	Avtalen mellom Bergen kommune og Tide ASA (tidl. Gaia Trafikk) avsluttes.

Planlagte aktiviteter hvis trolleybusdrift skal fortsette:

2015 – 2017	Videre drift av trolleybuss er avhengig av ny driftsavtale mellom Hordaland fylkeskommune og Tide Buss.
2017 - 2018	Ny anbudsrunde og driftsstart for område Bergen sentrum med eller uten trolleybusdrift.

1.3 Dagens trolleybussanlegg i Bergen

1.3.1 Trolleybusser

Tide Buss AS opererer seks lavgulv-leddbusser av type MAN/Neoplan. Disse bussene ble levert i 2003. Det kan forventes at bussene kan brukes i alle fall frem til 2020. Bussene er nå eid av Tide Buss AS. Bussene er skiltet med EL-skilt.



Figur 2. En MAN/Neoplan trolleybuss levert i 2003 på linje 2 fra Strandkaien terminal.

1.3.2 Infrastruktur

Dagens infrastruktur dedikerte til trolleybussdrift består av:

- Dobbeltsporet kontaktledning på strekningen Strandkai terminalen – Birkelundstoppen med vendesløyfer begge steder. Ledningen er delvis fornyet i løpet av de siste ti årene, og må forventes å kunne brukes i alle fall frem til 2030 uten større arbeider. KL-anlegget vil kreve kontinuerlig vedlikehold.
- Master for kontaktledning. De fleste mastene er i god stand. Et mindre antall eldre master må skiftes ut de nærmeste årene.
- Fire likeretterstasjoner for omforming av 11 kV vekselstrøm fra BKK til 600 V likestrøm for drift av bussene. Likeretterstasjonene er i god stand, og må forventes å kunne brukes i alle fall frem til 2030 uten større arbeider. Utvidelse av dagens nettverk eller økning av frekvensen på dagens nettverk vil kreve investering i nye likeretterstasjoner eller oppgradering av eksisterende likeretterstasjoner.
- Infrastrukturen er eid av Tide Buss AS.

1.3.3 Verkstedanlegg

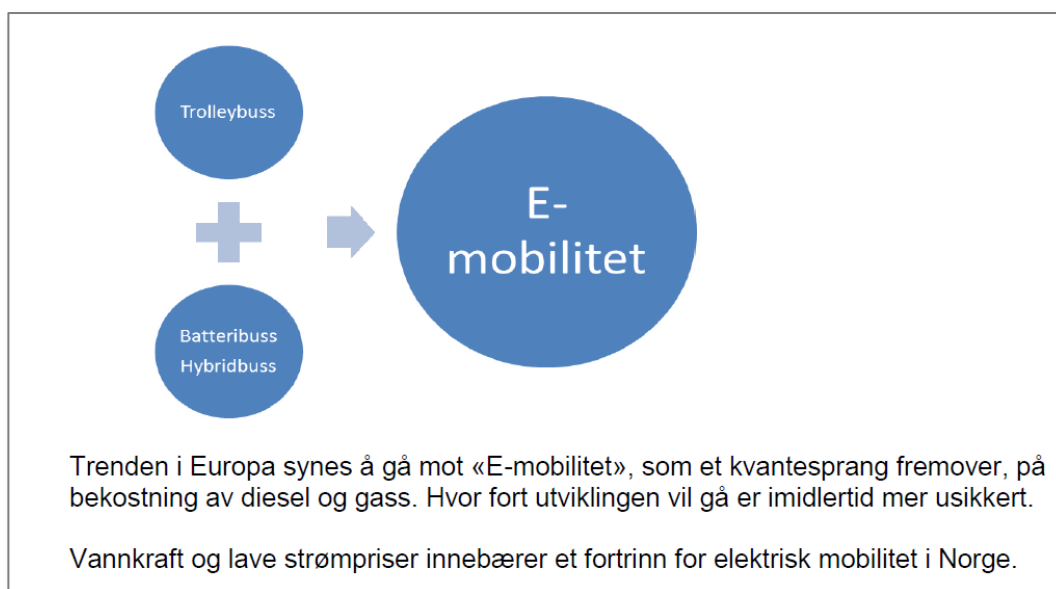
Trolleybussene er stablet og vedlikeholdt på Mannsverk.

- Verksted for trolleybussparken er på Mannsverk med tilhørende kontaktledning og verkstedutstyr. Anlegget vil være tjenlig i mange år fremover og har kapasitet for en eventuell økning av antall trolleybusser. Nytt spesialutstyr må anskaffes sammen med eventuelle nye busser.
- Verkstedet på Mannsverk er eid av Hordaland fylkeskommune.

1.4 Samarbeid med Rogaland fylkeskommune

Prosjektet har etablert et godt samarbeid med Rogaland fylkeskommune (Rfk) og deres arbeid med prosjekt Bussvei 2020. Rfk har sammen med Trivector Trafik AB gjennomført analyser av ulike busstyper og har anbefalt en satsing på trolleybusser eller trolley-batterihybrid. Km-kostnad for trolleybuss er regnet til kr. 35,67 kontra kr. 34,15 for dieselbuss hvis infrastrukturen allerede er på plass, dvs. trolleybusdrift er beregnet å koste mindre enn 4,5% mer enn dieselbuss, og mindre enn biogass eller hybridbusser. Hvis ny infrastruktur må etableres, er driftskostnader for trolleybuss ca. 18% mer enn diesel, 10% mer enn biogass og ca. 2% mer enn hybridbusser.

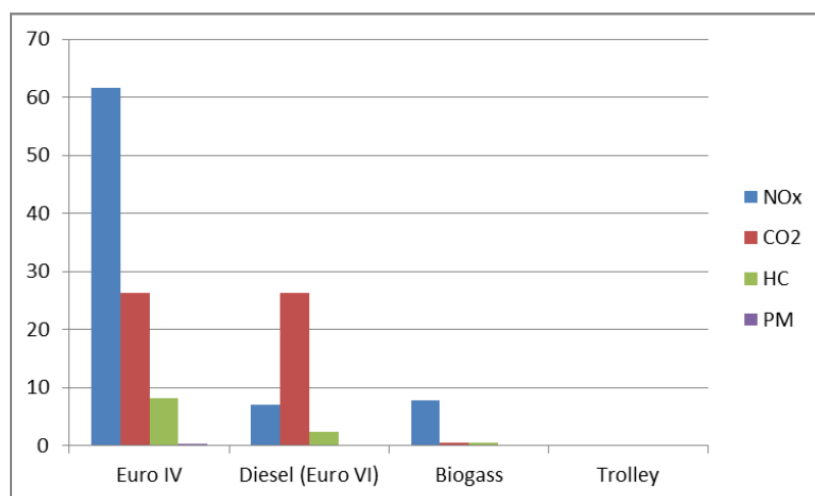
Disse tallene kommer fra saksdokument for «Teknologivalg for busser på Nord Jæren», arkivsaksnr. 14/8201-1, datert 21.05.2014.



Figur 3. Fra Rogaland fylkeskommune – Teknologi valg for busser på Nord-Jæren.

Arkivsaksnr. 14/8201

3.1.4 Miljøeffekt av ulikt teknologivalg for buss på Nord-Jæren



Utslippsnivå (tonn pr. år) fra Bussvei2020 med ulik fremdriftsteknologi, samt for Euro IV (som tilsvarer majoriteten av de bussene som trafikkerer Fv44 og Rv509 i dag.)

Figuren viser at innføring av nye dieselbusser etter Euro6-krav medfører en kraftig reduksjon i lokale utslipp av NOx. Også utslipp av HC (Hydrokarboner) reduseres kraftig. Biogass medfører ytterligere reduksjon i HC. Den største forskjellen i forhold til diesel er imidlertid en stor reduksjon i CO2-utslipp. Trolleybuss drevet av elektrisitet fra en fornybar kilde vil redusere alle typene utslipp til tilnærmet null.

Figur 4. Fra Rogaland fylkeskommune – Sammenligning av utslipp for ulike busstype.

Arkivsaksnr. 14/8201

1.5 Elektriske busser – innhenting av europeiske erfaringer

Det er en klar trend i internasjonal kollektivtransport i retning av å utnytte fordeler med elektrisk drift i forbindelse med offentlig transport, og spesielt offentlig transport i byer. Mange byer og planleggingsinstanser snakker om «E-mobility». Det betyr utvidet bruk av transportmidler som er drevet av elektrisitet.

Over 300 byer i verden har trolleybusser, og mange byer vurderer andre typer elektriske busser.

I forbindelse med prosjektet har vi besøkt følgende byer:

- Arnhem, Nederland
- Solingen, Tyskland
- Esslingen, Tyskland

Alle disse tre byene har kollektivsystem med trolleybusdrift, og alle har gitt Bergen samme råd under besøkene: «hvis dere har trolleybuss, er det ikke riktig tidspunkt å legge ned systemet». Nyere teknologi for elektrisk busdrift uten kontaktledning er på vei inn i markedet, men er ennå ikke modent for kommersiell drift. Batteriteknologi og ulike ladingsmetoder er under vurdering.

I arbeid med utredningen har vi vært i kontakt med ulike internasjonale organisasjoner som arbeider med offentlig transport, og spesielt elektriske busser.

Vi har også hentet ekspertise fra Sverige. Per Gunnar Andersson hos Trivector AB har vært konsulent hos Landskrona i forbindelse med introduksjon av trolleybuss. Han presenterte dagens situasjon i forbindelse med teknologisk utvikling i en workshop i Bergen den 4. april 2014.



Figur 5. Forbikjøringsmulighet ved endestopp i Arnhem, Nederland.

2 Elektriske busser - teknologi og egenskaper

Denne rapporten handler om «elektriske busser». Det betyr busser som kan få EL-skilt i Norge. Slike busser må være 100% elektrisk drevet. Både fremdrift og andre tekniske systemer (belysning, oppvarming, kjøling, m.m.) på busser er drevet av elektrisitet.

2.1 Teknologisk utvikling av elektriske busser

Trolleybuss ble introdusert rundt forrige århundreskiftet. Elektriske motorer hadde den gang mange fordeler framfor både bensin- og dieselmotorer. Elektriske motorer gir maksimal utnyttelse allerede ved oppstart. Det betyr at akselerasjon og egenskaper i bakker var betydelig bedre med elektriske motorer enn forbrenningsmotorer. Det er grunnen til at trolleybusser fremdeles er foretrukket i områder med kupert terreng som f.eks. i Sveits.

Over tid har det vært en teknologisk utvikling av forbrenningsmotorer slik at de er blitt både kraftigere (spesielt i stigning) og mer miljøvennlig enn tidligere. Introduksjon av andre alternative drivstoff som naturgass og biogass har også redusert trolleybussenes relative fordeler. Men strengere krav til utslipp har satt begrensninger på utvikling av spesielt større diesel- og gassmotorer for bruk i busser. Samtidig ble trolleybussene relativt dyre fordi det ble solgt så få busser at de måtte "håndlages" i relativt små serier i motsetning til serieproduserte dieselbusser. Kostnadsutviklingen er moderert av nye leverandører fra andre land med lavere pris, for eksempel Solaris fra Polen og Stadler Minsk med sin Vitovt Max Duo. Busser fra Van Hool (NL) og Hess (CH) må konkurrere med disse nye aktører.

2.2 Beskrivelse av ulike elektriske bussteknologi

2.2.1 Trolleybuss

Trolleybusser er elektriske busser som får energi overført via kontaktledningsanlegg. Et slikt anlegg består av to ledninger i luften som overfører likestrøm fra en likeretterstasjon til bussene. Moderne trolleybusser bruker elektriske bremsere som genererer strøm under bremsing. Energien kan da sendes tilbake via kontaktledninger, og kan brukes av andre busser på nettverket.

Trolleybuss er «state of the art» samtidig som teknologien er utprøvd og driftssikker.

Trolleybusser er ofte utstyrt med et hjelpesystem (APU = Auxiliary Power Unit) for å kunne kjøre busser uten forbindelse til kontaktledningsanlegg. Hjelpesystemet kan være en dieselmotor som er koblet til en generator som deretter fører elektrisitet til den elektriske motoren på bussen. Et annet alternativ av nyere dato er bruk av batteripakke til erstatning for dieselmotor. Størrelsen og vekt av slike batteripakker er avhengig av krav fra kunde om ønsket rekkevidde og stigningsforhold langs aktuelle kjørestrekninger.



Figur 6. Moderne trolleybuss i Esslingen, Tyskland.

2.2.2 Batteribusser

Det finnes to hovedkategorier av batteribusser, dvs. busser som bruker batteri som primær energikilde under kjøring. Den første er busser med nok kapasitet for en hel driftsdag (dvs ca. 300 km), hvor lading av batteriene gjøres om natten i depotet.

Den andre er busser med batterier som ikke har nok kapasitet for en hel driftsdag, men som kan lades underveis eller ved planlagt opphold i løpet av dagen. Den kalles for «opportunity charging».

Batterier har begrenset levetid som er mye kortere enn bussens levetid (mellom 3 og 7 år). Det betyr at det er nødvendig å skifte ut batterier etter noe år. Batterienes reduserte ytelse i perioden før utskifting må tas hensyn til i forbindelse med planlegging av ruter og servicenivå.

Det er også mulig med et system hvor en utladet batteripakke kan byttes ut og erstattes med en som er fulladet. Denne løsningen er imidlertid ikke kommersiell tilgjengelig.

Nedenfor gjennomgås disse tre kategoriene.

2.2.2.1 Batteribusser med lading om natten

Batteribusser med lading i løpet av natten må ha nok kapasitet til å kjøre en hel driftsdag uten lading. I Bergen betyr det at bussene må kunne kjøre minst 300 km langs aktuell trase justert for stigningsforhold og driftsmønster (holdeplassavstand).

Det finnes slike busser kun i mini-størrelse (ca. 8 meter buss) og 12-meter buss. Det finnes ingen batteribusser med en lengde over 12 meter som er aktuelle for Bergen. Vekten på batteripakken er den viktigste hindringen for at slike busser kan brukes i kommersiell trafikk i dag. Det er ofte slik at bussens lovlige kapasitet (antall passasjerer) må reduseres for å kompensere for batterivekten. Vekten på batterier også betyr at energiforbruk er høyere for slike batteribusser kontra trolleybusser på grunn av den ekstra vekten.

2.2.2.2 Batteribusser med lading underveis

Den andre type batteribuss er en som kan lades i løpet av driftsdagen. Ladingen kan skje ved endeholdeplass eller ved holdeplassene underveis. Batterier som skal lades ofte og rask er av en annen type enn batterier som lades overnatt.

2.2.2.3 Batteribusser med utskiftbar batteripakke

Det er ofte stilt spørsmål om det er mulig å kjøpe batteribusser hvor utladet batteripakken kan rask og effektivt byttes ut med en fulladet batteripakke. Vekten og størrelse på batteripakken er en utfordring, og det er ingen eksempler i Europa på dette i praksis.

2.2.2.4 Elektriske busser med superkondensatorer

Superkondensatorer (såkalt «supercaps») er en spesiell type batteri som kan lades og tomnes fort. De er egnet til å ta opp energi under bremsing eller hurtiglading. Energien kan deretter brukes over kortere perioder for akselerasjon. Superkondensator har normalt en lenger levetid enn batterier (6 – 10 år).

2.2.3 Ladingsteknologi

Det finnes ulike type ladingsmetode for batteribusser. Den første er direkte fysisk kobling av bussene til en energikilde, såkalt konduktiv lading. Den andre er kontaktløs overføring av energi som er ofte er kalt induktiv lading.

2.2.3.1 Konduktiv lading

Batteribusser må fysisk kobles opp til en strømkilde enten underveis, ved holdeplass eller ved endestopp. Det betyr hurtiglading som stiller spesielle krav til batteritype og som kan påvirke batterienes levetid.



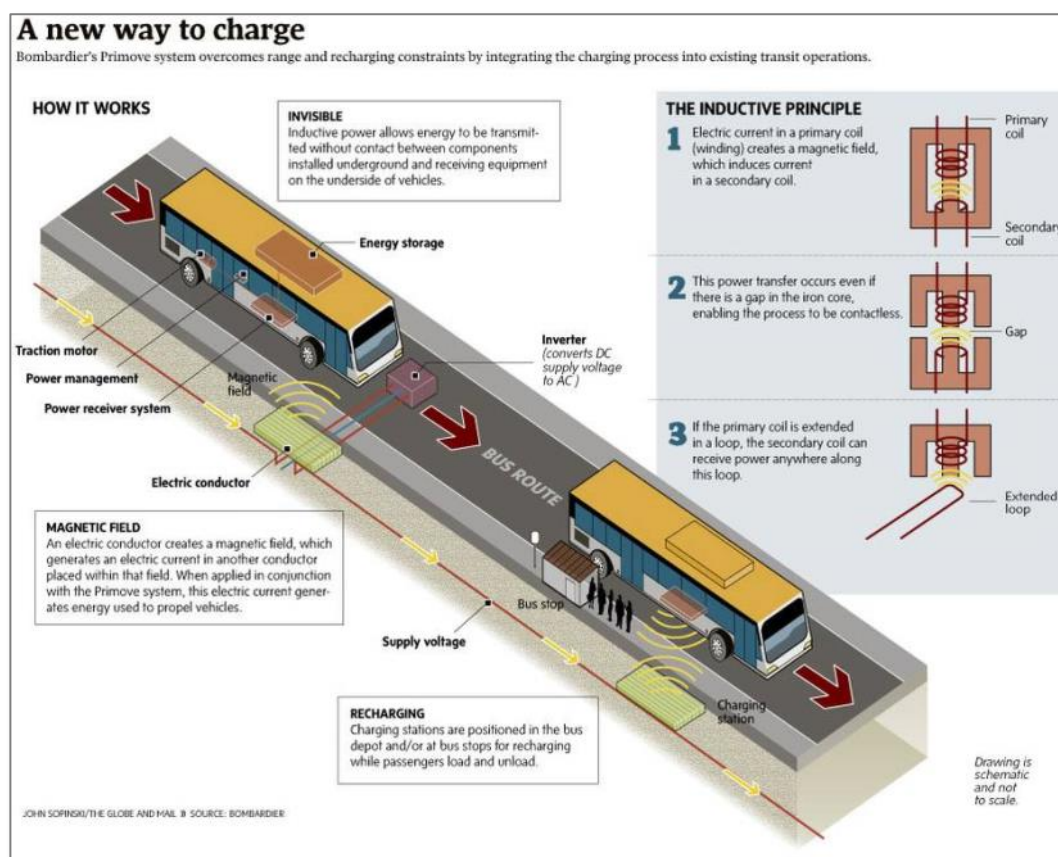
Figur 7. Eksempel fra USA med batteribuss med hurtiglading på holdeplass.

2.2.3.2 Induktiv lading

Det er flere leverandører av systemer for induktiv («kontaktløs») lading av busser. Utstyr må installeres i bakken under bussen i områder egnet til lading (flat og rett strekning). Energi kan overføres både når bussen står i ro eller er i bevegelse.

Avstanden mellom bakken og til en plate under bussen varierer fra under 20 centimeter til helt ned mot 7 cm. Utstyr under buss kan lett skades eller ødelegges under kjøring på ujevne veier. Omfang av stråling fra slike systemer er ukjent, og kan representere en hindring for aksept av teknologien.

Installasjon av kompliserte elektroniske elementer kan være problematisk i Bergen både på grunn av nedbørsmengden og topografien.



Figur 8. Induktiv lading av busser underveis – konsept fra Bombardier (Primove).

2.2.4 Kombinasjon av trolleybuss med utvidet batteri hjelpesystem

Som nevnt tidligere, er det mulig å kjøpe trolleybuss med batteripakke som reserve-løsning (APU eller Auxiliary Power Unit). Normalt er batteripakken dimensjonert for nøddrift med lav hastighet og bevegelser i depotområder. Men batteripakken kan dimensjoneres slik at bussen kan kjøre en utvidet, men likevel begrenset strekning uten kobling til kontaktledningsanlegg.

Slike busser kan brukes til forlengelse av en eksisterende linje eller for å fjerne kontaktledningsanlegg på en sårbar strekning – for eksempel gjennom et historisk område hvor kontaktledningsanlegg er ikke ønsket på grunn av estetikk.

Utfordringen er å dimensjonere batterisystemet slik at det er robust nok for de driftsutfordringene som man ønsker, men ikke så stor at det reduserer passasjer-kapasiteten på bussen og/eller øke driftskostnaden på grunn av mye ekstra vekt.

2.2.5 Oppsummering

Trolleybuss med direkte overføring av strøm er en robust og ferdigutviklet teknologi. Det er den mest energi-effektive og pålitelige systemet for fremdrift av elektriske busser.

Batteribaserte busser med høy kapasitet (leddbusser) og ulike ladingsmetoder er under utvikling, men bortsett fra bruk i Kina, er den ikke kommet i kommersiell drift.

Trolleybusser med batteripakker som APU (Auxiliary Power Unit) kan være aktuell for begrenset forlengelse av trolleybusslinjer. Det er også mulig å redusere omfanget av kontaktledningsanlegg i verkstedsområdet ved at bussen kan kjøre på kortere strekninger uavhengig av kontaktledningsanlegg.

2.3 Fordeler med elektriske busser

2.3.1 Ingen utslipp

Drift av elektriske busser gir null utslipp ved kjøring. Overordnede sammenligninger mellom elektrisk energi og andre drivstoffkilder avhenger derfor i stor grad av hvordan elektrisiteten produseres. Slik sett kan Norge sammenlignes med Sveits og Østerrike som også har mye vannkraft.

2.3.2 Støysvak

På grunn av elektrisk drift har elektriske busser relativt lavt støynivå i forhold til busser med forbrenningsmotorer, spesielt når hastigheten er lav. Når hastigheten overstiger 40-50 km/t, vil støy fra dekk være dominerende slik at fordelene av elektrisk drift med hensyn til støy forsvinner. Elektriske busser er derfor spesielt egnet der linjen opererer med lave hastigheter. Her kan støynivå fra elektriske busser være ca. 10 desibel mindre enn fra busser med diesel- og gassmotorer, dvs. en halvering av opplevd støynivå.

2.3.3 Energi-effektiv

Elektriske busser bruker **ca. 40 prosent** av energimengden som trengs for dieselbusser for fremdrift (1,8 kWh / km kontra 4,5 kWh / km). Elektriske motorer vil alltid være mer effektive enn forbrenningsmotorer på grunn av forbrenningsmotorenes høye varmetap. I tillegg bruker ikke elektriske motorer energi når bussen står stille, og kan regenerere strøm under bremsing.

Basert på dagens prisnivå for diesel og elektrisitet er energikostnaden for trolleybuss ca. en femtedel (**ca. 20 prosent**) av energikostnaden for dieselbusser.

- Beregning for elektriske busser / trolleybuss er basert på markedspris for strøm levert via 11 Kv-nett: ca. 0,5 - 0,6 /kWh og forbruk pr. kjørte kilometer for trolleybusser på 1,8 kWh / km.
- Beregning for dieselbusser er basert på en diesel pris på ca. 10 - 12 kr. / liter og forbruk på 0,45 liter / km.

Basert på disse forutsetningene og beregningene ovenfor blir energikostnader for disse to busstyper:

Elektrisk buss	ca. 1 kroner / km	1,8 kWh / km
Dieselbuss	ca. 5 kroner / km	0,45 l / km (4,5 kWh / km)

2.3.4 Akselerasjon

Elektriske busser har vesentlig bedre akselerasjon og motorkraft i motbakker enn diesel- eller gassdrevne busser. Det er viktig at operatøren utnytter denne egenskap slik at kjøretiden er på et minimum, og antall busser i drift kan holdes til et minimumsnivå slik at driftskostnaden kan reduseres. Kjøring av trolleybuss er annerledes enn med andre busstyper.

2.3.5 Attraktivitet

Det er ofte vist til en såkalt «skinne-effekt» i forbindelse med skinnebaserte systemer. Den samme effekten er også ofte nevnt for trolleybusser, og er forklart med «skinner i luften». Trolleybussens fysiske elementer, spesielt kontaktledningsanlegg hevdes å gi en signaleffekt til publikum, og gir et mer lesbart og forutsigbart rutetilbud.

De fysiske attributtene ved elektriske busser eller trolleybussene er imidlertid ikke tilstrekkelig til å trekke et forsvarlig passasjergrunnlag i forhold til økte driftskostnader. For å forsvare elektriske busser eller trolleybusdrift er det nødvendig at den tilbyr attraktiv frekvens, god regularitet, god kvalitet på holdeplasser og inngår i et samlet attraktivt kollektivtilbud.



Figur 9. Nyere trolleybusser med moderne og attraktiv utforming

2.4 Ulemper

2.4.1 Kostnader

Det er hovedsakelig investeringskostnader ved innkjøp av trolleybusser og infrastruktur (kontaktledningsanlegg og likeretterstasjon) sammen med drift og vedlikehold av infrastruktur som gjør trolleybuss-systemer dyrere i drift.

I de senere årene er kostnadsforholdet til dieselbussdrift igjen blitt bedret fordi produsenter i østeuropeiske land nå leverer busser og utstyr med god kvalitet til lavere priser enn det man har hatt tilgang til før.

Det påløper også driftskostnader ved trolleybussdriften på grunn av behov for kontinuerlig vaktteneste. Systemet må betjenes døgnet rundt, spesielt i forbindelse med nødsituasjoner eller skader på infrastrukturen.

Disse høye faste kostnadene kan delvis kompenseres om trolleybusser brukes på trafikkunge linjer med høy frekvens. Det er derfor sjelden at trolleybuslinjer kjører på linjer med lav trafikk som ikke har hyppige avganger.

2.4.2 Estetikk

Kontaktledningsanlegg er et visuelt element som er kan betraktes som forstyrrende og ikke ønskelig. Nye teknologier som batterier og superkondensator («supercaps») gir mulighet for drift uten kontaktledningsanlegg over en del(er) av linjen. Disse enhetene kan da lades på strekninger med kontaktledningsanlegg eller ved et ladepunkt ved terminal / endestopp.



Figur 10. Trolleybussystemer trenger mye infrastruktur i luften, spesielt ved terminaler.

Design er ofte en viktig del av et trolleybuss-system. Gaia Trafikk prøvd å etablere «Landåslinjen» som et varemerke i forbindelse med introduksjon av de nye trolleybussene i 2003.



Figur 11. En av seks trolleybusser, levert i 2003, med branding som “Landåslinjen”.

2.4.3 Fleksibilitet

Trolleybusser er normalt bundet til et kontaktledningsanlegg. Det er dermed nødvendig med investeringer hvis en trolleybusslinje skal endres eller forlenges. Elektriske busser basert på batteridrift er ikke bundet i samme måte og det er kun bussens størrelse og rekkevidde som begrenser bruk.

Trolleybusser er som nevnt normalt utstyrt med APU (Auxiliary Power Unit) løsning, enten diesel generator eller batteripakker, slik at bussen kan kjøre uten forbindelse med kontaktledningsanlegg. Da kan eventuelle driftsforstyrrelser i forbindelse med byggearbeid langs linjen, stenging av veier, trafikkulykker eller teknisk problemer med strømforsyning unngås.

2.5 Hastighet og kapasitet

2.5.1 Hastighet

Elektriske busser og trolleybusser kan kjøre like fort som andre busser i urbane situasjoner. Driftshastighet på noen trolleybuslinjer i Zürich er opptil 70 km/t. Som tidligere nevnt har elektriske busser bedre akselerasjon og kan takle stigning bedre enn andre busser. Det betyr at en linje med elektriske busser kan ha en høyere kommersiell hastighet enn andre busstyper.

2.5.2 Kapasitet

Busser bygges nå med to ledd og en lengde opp mot 30 meter. Det vil gi en kapasitet opp mot 200 passasjerer. Størrelse på buss og kapasitet er imidlertid uavhengig av drivstoff, men slike lange busser er mer aktuelle som trolleybuss enn batteribusser på grunn av nødvendig kapasitet og vekt på batteripakker.



Figur 12. Dobbelleddbuss med kapasitet opp mot 200 passasjerer.

2.6 Oppsummering

Elektriske busser har noen klare driftsfordeler i forhold til andre typer teknologi: ingen lokale utslipp, lavt støynivå og meget bra akselerasjon. Disse fordelene har imidlertid over tid blitt svekket med utvikling av bedre og renere forbrenningsmotorer og bruk av alternativt drivstoff som gir mindre utslipp. Utslippskrav til nyere motorer (Euro VI) begrenser motorstørrelse og motorkraft for større busser (leddbusser og dobbelleddbusser) slik at disse fordelene er på veg inn igjen

Den største ulempen for trolleybuss er at slike systemer krever større ressurser å drive og vedlikeholde (faste kostnader).

Elektrisk bussdrift inklusiv trolleybussdrift er like stabilt som linjer basert på annen teknologi, for eksempel diesel eller gass.

Det er mulig å redusere kostnadsforskjellen hvis bruk av trolleybuss blir begrenset til linjer med stor trafikk, siden de variable kostnadene pr. km for trolleybuss er lavere enn for andre type busser.

3 Trolleybuss i Bergen

3.1 For lite nettverk

Bergen har i dag en trolleybusslinje - linje 2 mellom Bergen sentrum (Strandkaaien terminal) og Birkelundstoppen.

Linjen har en rutelengde på 7 km, og består av kontaktledningsanlegg i begge retning langs hele traseen.

Systemet er betjent av 4 likeretterstasjoner.

Dagens trolleybusspark består av 6 busser levert av MAN/NEOPLAN i 2003.

Disse bussene er nå over 10 år gammel, men er foreløpig vurdert å ha ca. 10 års levetid igjen. For å sikre forlenget levetid må det gjennomføres en grundig kontroll og oppgradering av alle seks busser i de nærmeste årene.

Linje 2 har en rutetid mellom Strandkaaien og Birkelundstoppen mellom 30 og 35 minutter. Det betyr en kommersiell hastighet på mellom 12 og 15 km /t.

En omløpstid på 80 minutter og et intervall på 10 minutter betyr at linje 2 trenger 8 busser i drift i rushtiden pluss 2 busser som reserve for vedlikehold for å drifte linje 2 med kun trolleybuss, dvs. 10 busser. Med kun 6 busser i dag betyr det at Tide ofte må sette inn andre type busser (diesel eller gass) for å oppfylle rutetilbudet. Det er svært dårlig ressursutnyttelse å kjøre diesel- eller gassbusser under et kontaktledningsanlegg.



Figur 13. Det er for få trolleybusser i Bergen til å dekke rutetilbudet på linje 2.

3.2 Dårlig utnyttelse av infrastruktur

Hovedulempen med trolleybuss er som nevnt kostnader knyttet til etablering og vedlikehold av kontaktledningsanlegget. Hele 60-70 prosent av bussene som kjører under kontaktledningsanlegget på store deler av den samme traseen som linje 2 er ikke knyttet til anlegget.

Linje 2 har ikke nok trolleybusser til å dekke rutetabellen i rushtiden. Ca. 60 av 200 daglige avganger må kjøres med diesel- eller gassbusser. Hvis ikke alle trolleybussene er tilgjengelige, er det enda flere avganger som må kjøres med diesel- eller gassbusser.

Her er oversikt over andre linjer som kjører under dagens kontaktledningsanlegget.

- Linje 3 kjører under kontaktledning på store deler av ruten mellom Bergen sentrum og Hagerupsvei - ca 200 avganger på hverdagen.
- Linje 12 kjører under kontaktledning mellom Landås og Møllendalsveien.
- Linje 80 kjører fra Sædalen under kontaktledning mellom Birkelundstoppen og Bergen sentrum – ca. 80 avganger på hverdager.



Figur 14. Mange av bussene som kjører under kontaktledning er diesel- eller gassbusser.

3.3 E-buss etterspørres – e-mobilitet er slagord og trend

De positive egenskapene til elektriske busser (støysvak, ingen lokal forurensing, bra kjøreegenskaper spesielt med stigning) er egenskaper som oppleves som positive, og etterspørres både av publikum og politikere.

Transportsektoren går i retning av elektrisk drift, såkalt e-mobilitet. Fornybare energikilder genererer oftest elektrisitet, og har klare fordeler fremfor andre typer av energikilder. Det er derfor ønskelig å etablere systemer som kan bruke elektrisitet direkte.

3.4 Synergi og stordriftsfordeler med Bybanen AS

Strømforsyningsanlegg for trolleybuss og sporvei (som Bybanen) er meget likt. Hovedforskjellen er at trolleybusser må ha to ledninger i luften, men sporvogner bruker kun en ledning for strømforsyning og skinnegangen for retur. Begge systemene bruker lavspenning og likestrøm. I Bergen er spenning i området 700 – 800 volt. Energi mates til anlegget via likeretterstasjoner og transformatorer som er plassert strategisk langs traseene. Disse konverterer 11 kv vekselstrøm til 700 volt likestrøm.

Etablering av Bybanen og tilhørende infrastruktur med egen driftsorganisasjon (Bybanen AS), har kanskje redusert tilgang til kompetanse innenfor strømforsyning for trolleybussene. Usikkerhet knyttet til trolleybussens fremtid vil kunne dempe Tides motivasjon til å investere tid og penger i oppbygging av egen kompetanse.

Hvis Hordaland fylkeskommune overtar strømforsyningsanlegget til trolleybussdrift (kontaktledningsanlegg og likeretterstasjoner), vil det være naturlig at Bybanen AS får ansvar for forvaltning, drift og vedlikehold av anlegget. Bybanen AS har kompetanse og kapasitet til å ta dette ansvaret (spesielt etter åpning av byggetrinn 3 mellom Lagunen og Bergen



Figur 15. Bybanen AS har kompetanse og utstyr til vedlikehold av trolleybuss infrastruktur.

lufthavn Flesland). Bybanen AS har allerede en vaktordning som kan utvides til å dekke behovet for trolleybussanlegg uten store ekstra kostnader. Det vil kreve kun ekstra ressurser for materiell i forbindelse med vedlikehold og reparasjonsarbeid.

3.5 Usikkerhet ved E-buss uten kontaktledning

Det foreligger ikke batteriteknologi for 100 prosent batteridrift for busser, spesielt ikke for leddbusser. Det er mange FoU-prosjekter (forskning- og utviklingsprosjekter) som tar opp dette, og det er ventet at bedre batteriteknologi og alternative metoder for lading er underveis.

En av utfordringene for batteridrift er at strøm til belysning, oppvarming eller avkjøring av passasjerområder, og til drift av tekniske system om bord kan kreve inntil 50 prosent av det totale energibehovet for bussdriften. Terreng er også en meget viktig faktor for batteridrift. Ruter med lange bakker er lite egnet for batteridrift. Busser med batteri må utformes med hensyn til en bestemt type trase.

Tradisjonell trolleybussdrift med kontaktledningsnett er fremdeles best med hensyn til energieffektivitet og pålitelighet, sammenlignet med batteridrift.

3.6 Fremtidige energikostnader

Ved vurdering av ulike drivstoffteknologier, er det også viktig å vurdere fremtidige energipriser. Følgende årlige endringer i energipriser er anslått av Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) i sin rapport *Urban buses: Alternative Powertrains for Europe, 2012*:

- Olje / diesel + 2,8 / år
- Gass + 0,6 / år
- Elektrisitet + 0,3 / år

Med disse prognosene vil elektriske busser inklusiv trolleybusser bli relativt sett billigere å drifte i fremtiden sammenlignet med andre energikilder som diesel eller gass.

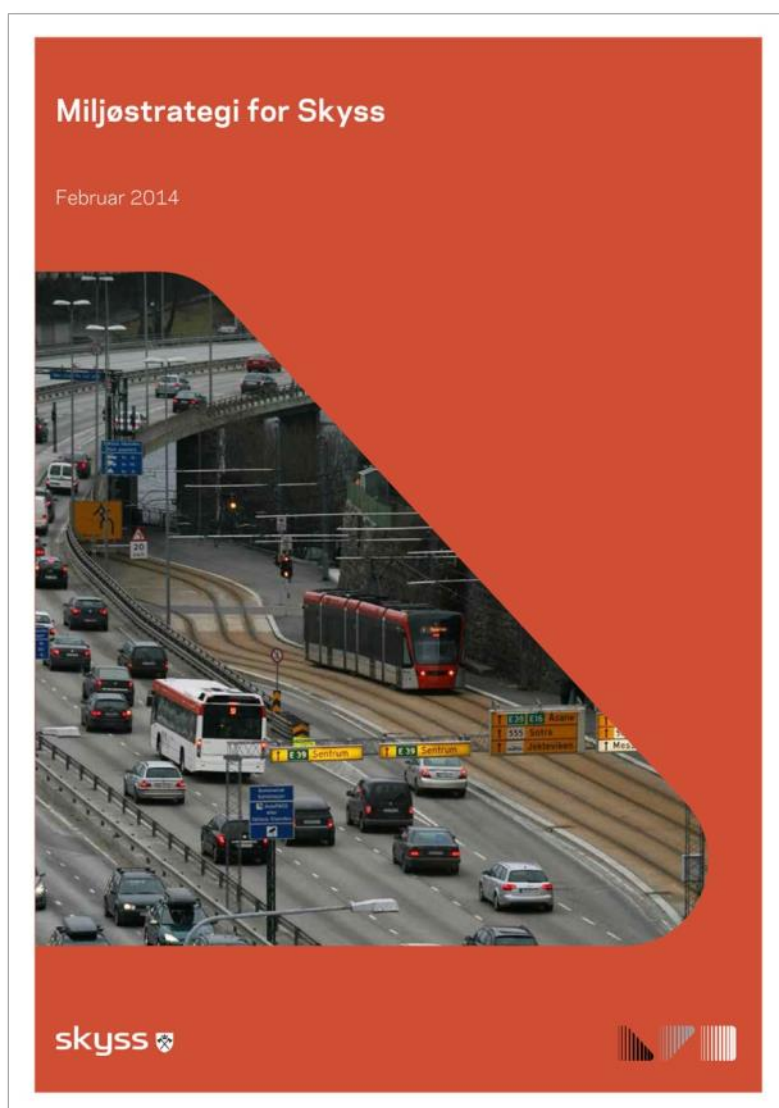
3.7 Skyss overordnet kollektiv- og miljøstrategi

Skyss har laget to rapporter som har betydning for denne studien.

Den første er «Miljøstrategi for Skyss» datert februar 2014, og den andre er «Kollektivstrategi for Hordaland, Utvikling fram mot 2030» datert mai 2014.

I disse rapportene er følgende relevante punkter beskrevet:

- Skyss vil ha lave utslipp fra busstrafikk
- Skyss vil bruke de mest støysvake bussene i støyutsatte områder
- Skyss har et langsiktig mål om utslippsfri busstrafikk
- Skyss ser at elektrisk drift har store miljøfordeler og vil videreutvikle bruk av elektrisitet som fremdriftsteknologi
- Skyss vil være pådriver for forskning og faglig utvikling



Blank

4 Premisser for videre satsing på elektriske busser

Skyss har definert noen premisser for videre satsing på elektriske busser i fremtiden. Nedenfor gjennomgås disse.

4.1 Linje 2 som startpunkt for elektriske busser

Fremtidig drift på linje 2 er utgangspunktet for denne mulighetsstudien for utredning av elektrisk busser i Bergen. Det er ikke fornuftig å introdusere elektriske busser i Bergen, og samtidig legge ned trolleybusdrift på linje 2. Det er bedre å bygge på eksisterende fundament med den erfaring og kompetanse innenfor elektrisk drift som trolleybusdrift i Bergen representerer.

4.2 E-buss som stamlinjer – kapasitetsbehov for leddbuss

Det er en forutsetning for elektriske busslinjer at de skal være stamlinjer. Det betyr at bussene skal brukes på linjer med høy frekvens og behov for høy kapasitet gjennom hele døgnet.

Bussene må derfor kunne leveres som leddbuss (18 meter) for å tilby kapasitet for slike stamlinjer. Trolleybusser kan også leveres med en lengde på 25 meter.

Stamlinjene med elektriske busser gir også en mulighet for markedsføres dette som et eget produkt – en form for «branding».

4.3 Riktig utnyttelse

Elektriske busser bør brukes på strekninger hvor de får best utnyttet sine fordeler, som er knyttet til støy, stigning og lokal forurensning.

Busser som er støysvake og har ingen lokal forurensing, bør brukes i byen eller i tettbygget strøk. Ruter med stor stigning og hyppige stopp hvor akselerasjon er viktig, bør prioriteres kontra ruter med få stopp og i flatt terreng. Trolleybusser må kjøres på en måte som utnytter deres fordeler, spesielt med hensyn til akselerasjon. Da kan driftskostnadene holdes til et minimumsnivå.

4.4 Holdeplass standard og universell utforming

Etablering av nye eller forlengete stamlinjer vil kreve oppgradering av holdeplasser til en høyere standard enn dagens holdeplasser.

Disse forbedrede holdeplassene må inkludere leskur med informasjon, plattform, sanntidsinformasjon og belysning. De mest trafikkerte holdeplassen bør også utstyres med billettautomater.

Alle holdeplasser må ta hensyn til krav til universell utforming.

Det er også viktig at tetthet på holdeplassene vurderes for å finne en god balanse mellom kjøretid (som er meget avhengig av antall stopp underveis) og tilgjengelighet (gangavstand til nærmeste holdeplass).

Kostnader knyttet til oppgradering av holdeplassene er ikke avhengig av teknologisk løsning for busser, og er ikke inkludert i denne rapporten.



Figur 16. Høystandard holdeplass til trolleybuss i Arnhem, Nederland.

4.5 Fremkommelighetstiltak

Det er også viktig at stamlinjer driftes mer eller mindre uavhengig av øvrige trafikk.

Det bør være mulig å oppnå en kommersiell hastighet mellom 20-25 km/t hvis nødvendige fremkommelighetstiltak inklusiv prioritering i lyskryss etableres.

Kostnader knyttet til fremkommelighetstiltak er ikke avhengig av teknologisk løsning for busser, og er ikke inkludert i denne rapporten.

4.6 Rullende materiell

Prisene for trolleybusser med batteripakke som hjelpeenhet står nedenfor og er hentet fra aktuelle leverandør. Prisene kan variere avhengig av hvor stor kapasitet batteripakken må ha. Batteripakken kan være som nødhjelp eller kan dimensjoneres for normal drift på delstrekninger uten kontaktledningsanlegg.

Hvis batteriene skal brukes kun til nødhjelp, vil vekten være omtrent det samme som en diesel hjelpemotor. Hvis kravet til kjøreevstand (som tar hensyn til stigningsforhold) betyr en større batteripakke, må bussens lovlige kapasitet (antall passasjerer) reduseres med ca. 12 passasjerer pr. tonn batterier.

18 meter leddbusser	7 million NOK
25 meter dobbelleddbusser	10 million NOK

Det er også tatt høyde for overtakelse av dagens trolleybusser fra Tide pluss kontroll og oppgradering av disse bussene for å sikre fortsatt bruk i minst 10 år. Prisen for en slik oppgradering er satt til 3 MNOK pr. buss.

4.7 Infrastrukturkostnad

Basert på informasjon fra leverandører av kontaktledningsanlegg, og erfaringspriser fra Bybanen, framkommer følgende infrastrukturkostnader:

Kontaktledningsanlegg	3 – 4 mill NOK / km
Master for kontaktledninger	3 – 8 mill NOK / km
Likeretterstasjoner	5 mill NOK / stk.
	(normalt 1 stk. pr. 2-3 km avhengig av terreng)

I tillegg kommer prosjekteringskostnader, byggherrekostnader og grunnerverv hvis nødvendig.

4.8 Driftskostnader

Hordaland fylkeskommune samarbeider med Rogaland fylkeskommune i forbindelse med utveksling av informasjon om ulike teknologi og driftskostnader for ulike busstyper. En representant fra Rogaland fylkeskommune deltok på studieturen til Nederland og Tyskland.

Rogaland fylkeskommune vurderer bruk av elektriske busser eller trolleybuss på sitt planlagt bussvei-system.

Et veldrevet system med elektriske busser kan ha lavere total driftskostnader enn systemer basert på diesel- eller gassbusser.

5 Forlengelse av e-bussnett: Vurdering av alternativer

Skyss har bedt konsulentfirmaet COWI om å gi innspill til aktuelle forlengelsesmuligheter for trolleybussen i Bergen. COWI har levert en rapport om dette, og den er lagt ved som vedlegg til denne rapporten. En oppsummering er gitt i dette kapitlet.

5.1 Beskrivelse av linje 2

Linje 2 og drift av trolleybuss i Bergen er beskrevet tidligere i denne rapporten. COWIs rapport peker på et par forhold som har ikke vært presentert tidligere.

Linje 2 er 7 km lang og har 23 stopp. Det betyr en gjennomsnittsavstand mellom holdeplasser på ca. 300 meter.

Kjøretiden for linje 2 er 30-34 minutter som gir ca. 13 km/t som kommersiell hastighet.

Linje 80 kjører samme strekningen med en rutetid på 25 minutter med ca. 17 km/t.

Forskjellen kan forklares med at linje 80 har vært gjennom anbud med stipulert kjøretid, men rutetiden for linje 2 er bestemt av operatøren.

Et viktig tiltak for å øke hastigheten på linje 2 og andre linjer som kjører i samme trase, vil være en reduksjon i antall holdeplasser. Holdeplassavstanden kan variere avhengig av reisemål og passasjermengde, men gjennomsnittsavstanden bør være 500-600 meter. Det betyr en reduksjon fra dagens 23 stopp til 12-15 for dagens 7-km lange linje (Bergen sentrum – Birkelundstoppen).

5.2 Beskrivelse av trafikk på dagens linje 2

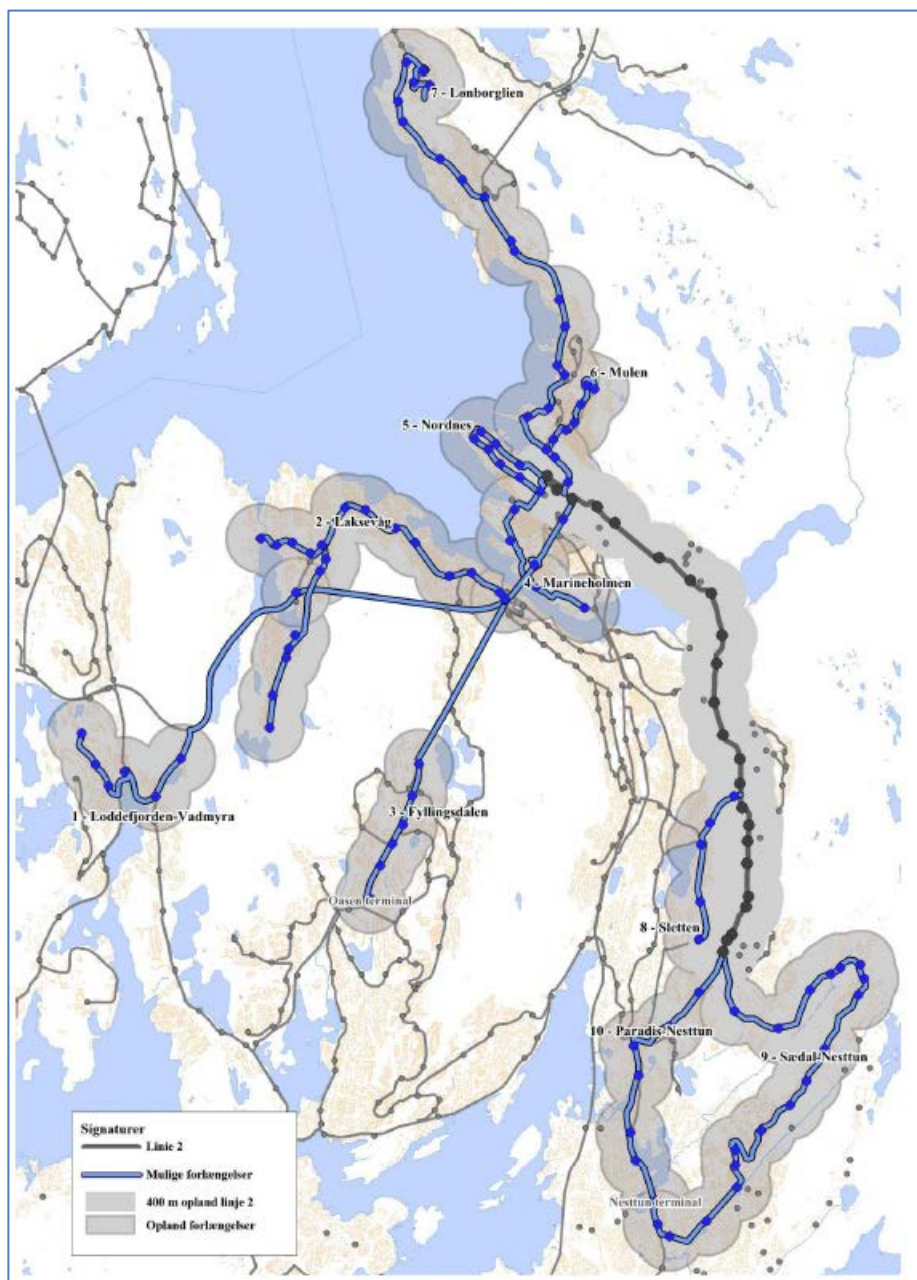
Linje 2 har i dag ca. 6000 daglige påstigende passasjerer. Halvpartene av passasjerene reiser til og fra Bergen sentrum, og ca. 1/3 av passasjerer har Haukeland sjukehus som start- eller målpunkt for sin reise.

5.3 Mulige forlengelser

Basert på gjennomgang av mulige utviklingsretninger for trolleybussen, er det laget et kart som viser mulige forlengelser av linje 2.

Det betyr både forlengelse mot nord og vest med utgangspunkt i Bergen sentrum og forlengelse mot sør fra dagens terminal ved Birkelundstoppen.

Figuren nedenfor viser kart med de mulige forlengelsene.



Figur 17. Mulige forlengelser (blå linjer) av dagens trolleybusslinje 2 (sort).

5.4 Vurdering av forlængelsesalternativene - anbefalinger

Basert på en vurdering av passasjertall, byutviklingspotensial og driftsmessige betraktninger for de ulike alternativene, har COWI anbefalt følgende¹:

- Blandt de 10 forlængelsesmuligheter, der innledningsvist blev udpeget er mulighederne til **Lønborglien, Marineholmen, Loddefjord og Paradis-Nesttun fravalgt** da der ikke kunne identificeres klare fordele. Loddefjord kunne dog komme i spill, hvis trolleybusteknologien fravælges.
- Blandt forlængelsesmulighederne videre fra sentrum **anbefales forlængelse** til enten **Gravdal/Nipedal eller til Oasen-Varden**. Gravdal/Nipedal vil umiddelbart være den bedste løsning af de to, da den er uafhængig af fremtidige Bybaneplaner.
- Det anbefales, at **forlængelser til Bergen Vest kører via Sydnes-tunellen for at bevare den nuværende korte køretid**. Tunellen egner sig dog dårligt til trolleybusinfrastruktur og en teknisk løsning med batteri eller andet drivmiddel må derfor findes for at muliggøre disse forlængelser.
- Som **alternativ** kunne linje 2 forlænges til **Mulen**. De **servicemæssige fordele** her er dog **begrænsede**, da Mulen allerede betjenes af en dobbeltracial forbindelse til Bergensdalen, så fordele skal primært komme fra el-driftens lavere støjniveau og forurening samt bedre acceleration.
- Forlængelse til **Nordnes anbefales ikke** grundet lavt transportbehov.
- En 2 km lang **grendeling i linje 2's sydlige ende til Sletten kan være relevant**, særligt med tanke på, at hele **linje 3's sydlige gren** dermed kunne **køres som trolleybus**. **Servicemæssigt ændrer det ikke noget** sammenholdt med i dag, men betyder, at flere busser kunne drives med el.
- Konverteringen af linje 3s sydlige gren til trolleybus bør tidligst ske ved etablering af Bybane til Åsane, hvorved linjens nordlige gren falder bort. Hvorvidt det servicemæssigt er en god ide afhænger af muligheden for forlængelse fra sentrum mod Bergen Vest.
- **Forlængelse af linje 2 mod syd til Sædal eller Nesttun**, kunne være en fornuftig løsning, da den dækker byudvikling og en vigtig pendlingsrelation. En **kort forlængelse til Paradis** kunne også komme på tale for at skabe byttemulighed til Bybanen som kan bliver mere værdifuld når denne forlænges til Flesland. Om det kan anbefales må afhænge af en samlet vurdering af drifts- og anlægsomkostninger.

¹ COWI (Mai 2014): Forlængelsesmuligheder for Trolleybussen i Bergen, versjon 5, 2014-05-19

5.5 Undersøkelse av Sydnestunnelen for trolleybusdrift

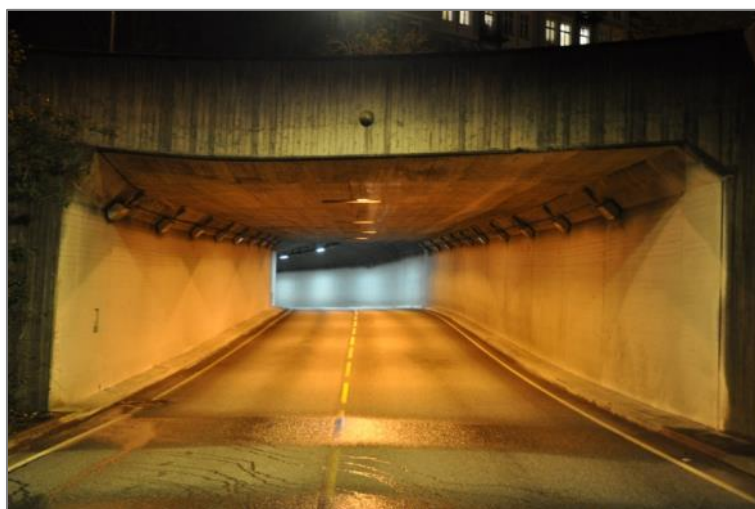
I forbindelse med prosjektet er det gjennomført en undersøkelse av tverrsnittet i Sydnestunnelen med bruk av laserscanning. Tunnelen er ca. 400 meter lang, er trang, har flere svinger og ulike tverrprofiler mellom Bergen sentrum og Møhlenpris.

Undersøkelsen viser at det er fysisk mulig å etablere et kontaktledningsanlegg for dagens trolleybusser i tunnelen, men det vil være komplisert, spesielt i forbindelse med porter til tilfluktsrom og tekniske installasjoner.

Situasjonen vil være enklere med bestilling av nye busser hvor bestillingen kan ta hensyn til geometrisk krav, spesielt høyde, gjennom Sydnestunnelen.



Figur 18. Sydnestunnelen er til dels trang og høyden er på minimumsnivå



Figur 19. Tverrprofilen i Sydnestunnelen varierer.

6 Nullalternativ: Nedleggelse av trolleybuss på linje 2

Normalt er null-alternativet en fortsettelse av dagens situasjon. I dette tilfelle vil det bety at trolleybusser skal fortsatt brukes på linje 2 med en vognpark som består av 6 leddtrolleybusser.

Det er flere grunner for at det er ikke aktuelt å fortsette med dagens situasjon. Det krever en aktiv handling fra Hordaland fylkeskommune. Trolleybusdrift er basert på en avtale om tilskudd fra Bergen kommune, undertegnet den 22. mars 2002. Avtalen dekker en tretten års periode fra 1.1.2002 og som går ut ved årsskiftet 2014/2015 (31.12.2014).

Hvis det ikke inngås ny avtale mellom myndighetene og Tide Buss AS, er det sannsynlig at driften av trolleybuss vil innstilles i 2015.

6.1 Midlertidig avtale mellom Hordaland fylkeskommune og Tide

Hordaland fylkeskommune skal forhandle med Tide Buss AS om å forlenge trolleybusdrift i perioden 2015-2017, dvs frem til neste anbudsrunde for området Bergen sentrum (som linje 2 er en naturlig del av). Det er politisk ønskelig å fortsette med trolleybusdrift hvis kostnadene knyttet til en slik avtale er forsvarlig.

Anbudsrunderen for Bergen sentrum som dekker områdene betjent av linje 2, er planlagt gjennomført i 2017 for anbudsperioden som starter i 2018.

6.2 Ny anbudsrunde uten trolleybusdrift

Det er mulig å legge ut tilbud for busstrafikk i Bergen sentrum uten trolleybusdrift på linje 2.

6.2.1 Fordeler

Det vil være mulig å endre traseen til linje 2 slik at det inngår bedre i det overordnede systemet for stamlinjer i Bergensområdet. Konvertering av linje 2 til diesel- eller gassbuss vil gi anledning til å forlenge linjen både i sør (til Sædalen eller Nesttun) og i nord (gjennom sentrum) uten behov for investering i kontaktledningsanlegg.

Det vil ikke være nødvendig å overta infrastruktur fra Tide Buss AS.

6.2.2 Ulemper

Nedleggelse av linje 2 vil bety nedleggelse av den mest miljøvennlige busslinjen i Bergen. Erstatning av trolleybuss på linje 2 med diesel- eller gassbusser vil øke støy og forurensing i Bergen sentrum og langs traseen til trolleybussen.

Linje 2 med diesel- eller gassbusser vil bruke vesentlig mer energi enn trolleybuss, og vil kjøre saktere.

Det vil ikke være en avgjørelse i tråd med dagens trender i kollektivtransporten med økt bruk av elektriske busser.

6.2.3 Driftskostnader – besparelsen er usikker

Det sterkeste argumentet mot trolleybusdrift har tidligere vært økt behov for driftstilskudd. Det er ikke sikkert at driftskostnadene for fortsatt trolleybusdrift vil kreve økt driftstilskudd. Kostnadsnivå for trolleybusdrift i Bergen er høy på grunn av dårlig utnyttelse av dagens infrastruktur og manglende forlengelse av systemet i takt med utbyggingsmønster. Det har derfor vært nødvendig å etablere parallelle busslinjer til trolleybuss for å gi kollektivtilbud til nye boligområder.

Hvis infrastrukturen blir overtatt av Hordaland fylkeskommune og forvaltning plasseres hos Bybanen AS, vil kostnadene knyttet til vedlikehold av infrastruktur være vesentlig lavere enn dagens situasjon. Erfaring fra andre byer og analysen gjennomført for Stavanger, viser at trolleybusdrift ikke nødvendigvis er mye dyrere enn diesel- eller gassdrift. Flere byer med trolleybusdrift rapporterer kostnadsnivå som er lavere enn diesel- eller gassbusser.

Ved kjøp av nye trolleybusser slik at alle busser på trolleybusslinjen faktisk er trolleybusser, vil kostnadsbildet bedres ytterligere.

Det er viktig å understreke at den største delen av driftskostnadene ved bussdrift, uansett teknologi, er personalkostnader til føreren.

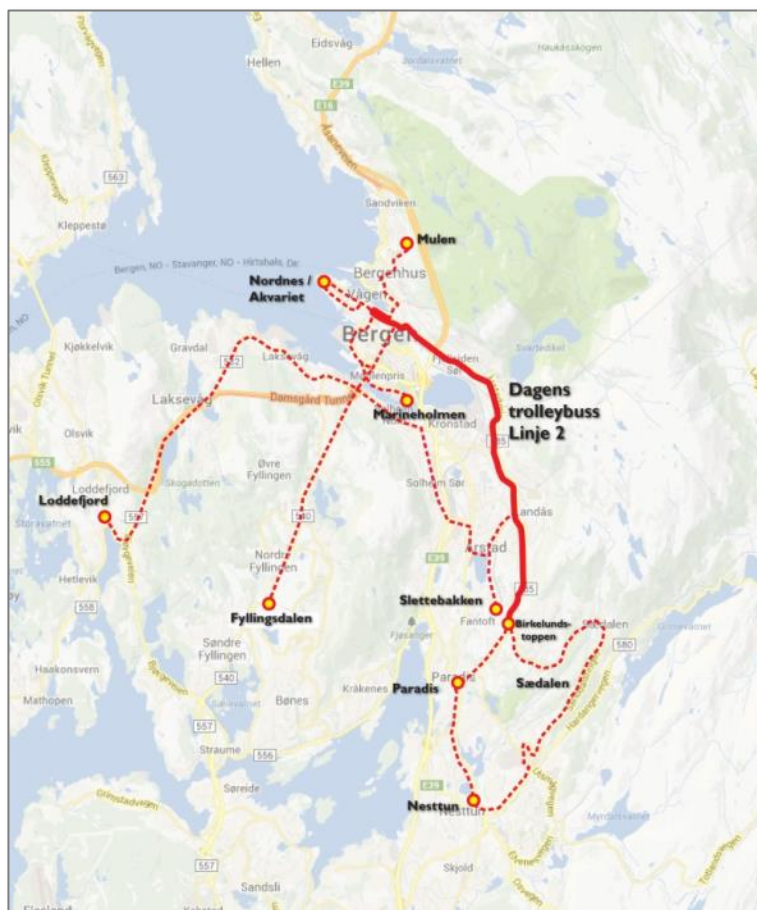
7 Satsing på elektriske busser etter 2017

Hvis Hordaland fylkeskommune vil fortsette med trolley- eller elektrisk busdrift etter 2017, er det nødvendig med aktiv handling og gjennomføring av noen tiltak. Målsettingen er at eventuell trolleybusdrift kan inkluderes i anbudsrunder for Bergen sentrum som skal gjennomføres i 2017.

7.1 Fase 1: Overtakelse av infrastruktur for trolleybuss

For å legge ut linje 2 på anbud, er det nødvendig for Hordaland fylkeskommune å overta infrastrukturen til drift av trolleybuss. Det betyr overtakelse kontaktledningsanlegg mellom Bergen sentrum (Strandkaaien terminal) og Birkelundstoppen, likeretterstasjoner og verkstedsområdet på Mannsværk som er dedikert til vedlikehold av trolleybuss.

Hordaland fylkeskommune bør starte prosessen for overtakelse av infrastruktur.



Figur 20. Fase 0: Overtakelse av infrastruktur, Sentrum - Birkelundstoppen

En slik prosess bør bestå av følgende aktiviteter:

- Forberedelse for overtakelse av infrastruktur
- Selskapsgjennomgang og kontroll / teknisk vurdering av dagens infrastruktur (verdisetting og behov for forbedringer), verksted og vognparken, etablering av eierskap til KL-anlegg, master og veggfestepunkt.
- Kartlegging av offentlige investeringer i KL-anlegg, blant annet sløyfen via Strandkaien og Strandgaten finansiert av Bergensprogrammet.
- Avtale med Tide og overtakelse på avtalt dato
- Integrering i virksomheten til Bybanen AS
- Nødvendige oppgraderinger / forbedringer gjennomføres



Figur 21. Kontaktledningsanlegg kan være dyrt å kjøpe.

7.2 Fase 2: Innkjøp av nye trolleybusser

7.2.1 Alternativ for kjøp av busser

Tide Buss AS eier 6 trolleybusser levert i 2003. Disse bussene har kommet til tidspunktet for en midtlivsoppgradering. Usikkerhet knyttet til videre drift av trolleybuss gjør det uforsvarlig for Tide å begynne med en slik investering. Det er derfor viktig at en beslutning om videre drift tas snarest for å sikre at disse bussene kan brukes videre. De bør ha muligheter for å kjøre i trafikk i ytterligere 10-15 år.

Drift av dagens linje 2 krever minst 10 busser for at alle avgangene skal kjøres med trolleybusser.

En forlengelse til Sædalen vil kreve 2 busser i tillegg.

Det er dermed to muligheter:

- **Alternativ 1:** Kjøp av nye busser og beholde dagens busser:
 - Behov for 6 nye busser
 - Beholde dagens 6 trolleybusser (eller noen av disse) hvis det er minst 10 års levetid igjen
 - Basert på verdivurdering / trinnvis investering i nye materiell
 - Revisjon (halv-levetids oppgradering) for å sikre levetid og oppdatering av innredning.
 - Kjøpe nok nye busser for drift av linje 2 til Sædalen med kun trolleybusser, til sammen 12 busser (+6 busser)
 - Nye busser bør utstyres med batteripakker for autonom drift (hjelpesystem) stor nok for drift til Sædalen / Slettebakken. Slike batteripakker bør ta hensyn til kapasitetseffekt på bussen på grunn av vekt av batteriene.

- **Alternativ 2:** Kjøp av kun nye busser, og ikke kjøp dagens busser fra Tide:
 - Kjøpe nok nye busser for drift av linje 2 til Sædalen med kun trolleybusser:
Behov for 12 nye busser
 - Alle nye busser bør utstyres med batteripakker for autonom drift (hjelpesystem) stort nok for drift til Sædalen / Slettebakken

7.2.2 Opsjoner

Innkjøp av nye busser bør også inneholde opsjoner for flere busser:

- Forlengelse til Nesttun + 3 – 4 busser
- Forlengelse til Nipedalen / Gravdal + 6 – 8 busser
- Forlengelse til Slettebakken – Fyllingsdalen + 10 – 12 busser

Til sammen vil det være behov for 31 – 36 busser, 250 – 300 million NOK i investering avhengig av busstype og leveringsplan.

7.2.3 Anbudsstrategi – Med eller uten busser

Hordaland fylkeskommune må ta en beslutning om e-buss linjer skal ut på tilbud med eller uten busser. Dette er busser som man må investere i uansett i forbindelse med nytt tilbud. Enten kommer investeringen indirekte via operatør for rutepakken, eller direkte via Hordaland fylkeskommune om eierskapet til bussene skal være der.

Bussenes levetid betyr at de vil ha en lengre levetid enn driftsavtalen.

Alternativet er at operatøren må overføre bussene til vinneren av neste tilbudsrunde.

7.2.4 Innkjøp av busser med vedlikeholdsavtale

Hvis Hordaland fylkeskommune kjøper inn busser direkte, kan det være ønskelig og effektivt å kjøpe bussene med en langtids vedlikeholdsavtale med leverandøren.

7.3 Mulige forlengelser av elektrisk bussnett i Bergen

7.3.1 Fase 3: Etablering av forlenget linje 2: Nesttun – Nipedalen / Gravdal

Det er foreslått å etablere en forlenget linje 2 fra Nesttun via Sædalen, Birkelundstoppen, Haukeland sykehus, Bergen sentrum, Gyldenpris, Laksevåg til Nipedalen / Gravdal. Linjen vil ha en total lengde på 23 km og en kjøretid på ca. 60 minutter.

Linjen kan etableres i 3 faser hvor den første fasen er å vurdere bruk av batteriteknologi, og det er derfor ikke nødvendigvis behov for kontaktledningsanlegg over hele strekningen. Rekkefølgen av fase 2 og fase 3 kan diskuteres nærmere etter resultater fra fase 1.

7.3.1.1 Fase 3-1: Forlengelse av linje 2 til Sædalen med KL-anlegg

Etablering av elektrisk bussdrift mellom Birkelundstoppen – Sædalen (2,5 km) som en forlengelse av linje 2 til og fra Bergen sentrum (Strandkaaien). Selv om det blir drift med batteri mellom Birkelundstoppen og Sædalen, bør det etableres KL-anlegg på strekningen med en ny likeretterstasjon ved Sædalen. Det er nødvendig for sammenligning av trolleybussdrift kontra batteridrift.

Det er også anbefalt for å sikre pålitelig drift av linjen, og å ikke utsette passasjerer for driftsstans og forsinkelser. Den nye likeretterstasjonen på Sædalen bør utstyres som en ladestasjon for batteripakken i bussene.

Forlengelsen starter fra 130 meters høyde ved Birkelundstoppen, går ned til 100 meter etter de to tunnelene og opp til 150 meter ved Sædalen snuplass. Det er derfor en god strekning med hensyn til vurdering av batteridrift og energiforbruk langs en strekning med stor stigning. Det vil også være interessant å se på energiforbruk for husholdningssystemer på busser (varming/kjøling, belysning, m.m.).



Figur 22. **Fase 1: Linje 2 Sentrum - Sædalen**

7.3.1.2 Fase 3-2: Forlengelse av linje 2 fra Sædalen til Nesttun (5,6 km)

Den neste forlengelsen av linje 2 er drift helt ned til Nesttun og nedleggelse av linje 80. Passasjerene vil da slippe dagens korrespondansen i Sædalen. Denne strekningen er også meget godt egnet for trolleybusdrift.

Beslutning om bygging av KL-anlegg på strekningen vil være basert på erfaringer og resultater fra 1. fase.



Figur 23. **Fase 2:** Linje 2 Laksevåg - Sædalen

7.3.1.3 Fase 3-3: Forlengelse av linje 2 fra Strandkaien til Nipedalen/Gravdal (8 km)

Som 3. fase er det foreslått videre forlengelse av linje 2 fra Sentrum til Laksevåg og betjening av både Gravdal/Nipedalen (ca. 8 km).

Det kan være trangt for leddbusser å kjøre inn i disse to områdene spesielt i vinterstid med snø. Det kan derfor aktuelt å etablere en pendellinje mellom Nipedalen og Gravdal med korrespondanse med den forlenget linje 2, helst i forbindelse med en holdeplass lang fv. 555. En god overgangsmulighet mellom bussene fra vest (Sotra, Askøy, Loddefjord) og linje 2 langs fv 555 er viktig.

7.3.1.4 Alternativer traser gjennom Bergen sentrum

Forlengelsen fra Strandkaaien / Sentrum har to varianter: enten via Nøstet eller via Sydnestunnelen.

Hvis en linje via Nøstet blir valgt, bør traseen i sentrum justeres slik at linje 2 kjører rett fram ved Torgalmenningen inn i Strandgaten og deretter til Engen via Statsminister Michelsens gate. Sløyfen via Strandkaaien og Strandgaten bør beholdes for å sikre fleksibel drift og gi mulighet for alternativt driftsopplegg.

Nøstet er i dag dårlig betjent med kollektivtrafikk. Etablering av en stamlinje som betjener området vil være en fordel for de som reiser til og fra området inklusiv lenger ut på Nordnes. Men en slik trase vil kreve lenger kjøretid og derfor høyere driftskostnader enn en direktelinje med trase gjennom Sydnestunnelen.

Traseen via Sydnestunnelen er utfordrende på mange måter. Kollektivtrafikken i Olav Kyrres gate og Christies gate er allerede på et høyt nivå. Utformingen av Sydnes-tunnelen er ikke spesiell egnet til installering av KL-anlegg til trolleybuss. Det er mulig å bygge et slikt anlegg, men det vil være en teknisk utfordring. Alternativet er batteridrift gjennom tunnelen.



Figur 24. **Fase 3:** Linje 2 Laksevåg – Nesttun

Kapasiteten og utformingen av holdeplass ved Industrihuset ved Møhlenpris er problematisk uansett. Hvis trolleybussen trenger ekstra tid for påkobling til KL-anlegg, vil det øke presset på holdeplassens kapasitet. Et bedre alternativ er å flytte

koblingspunkt til Gyldenpris. Her er holdeplassen stor, mindre trafikkert og i rett linje for lett påkobling til KL-anlegg.

7.3.1.5 Fase 3-4: Forlengelse av linje 2 fra Birkelundstoppen til Paradis

Under planleggingen av Bybanen fra Bergen sentrum til Nesttun ble det planlagt en forlengelse av linje 2 fra Birkelundstoppen til Paradis. En sløyfe ved Paradis er ferdig regulert, og høydeforskjellen på 100 meter mellom Paradis og Birkelundstoppen er meget godt egnet for e-buss drift. Stigningen i Birkelundsbakken er på over 12 prosent og er spesielt egnet for trolleybusdrift.

Men etablering av et korrespondansepunkt ved den nye planlagte Sletten terminalen vil være en bedre løsning for overgang mellom Bybanen og kollektivtrafikk til/fra Haukeland sjukehus/ Landås. Derfor er det ikke anbefalt å forlenge trolleybusdrift fra Birkelundstoppen til Paradis før resten av linje 2 er etablerte.

7.3.2 Fase 4: Etablering av linje 3 som e-buss line: Slettebakken – Fyllingsdalen

Når Bybanen åpnes til Åsane er det behov for omstrukturering av linje 3 og 4. Det åpner for å konvertere linje 3 til e-buss drift, og etablere en justert linje mellom Slettebakken via Haukeland sykehus, Bergen sentrum, Gyldenpris til Oasen terminal i Fyllingsdalen. Linjen vil ha en total lengde på ca. 16 km hvor kun 8 km har behov for installering av kontaktledningsanlegg. Kjøretid for strekningen vil være ca. 50 minutter. Det kan være aktuelt med en videre forlengelse til Varden / Hesjaholtet.

7.3.3 Linje 10 som e-buss linje: Mulen – Sletten

En annen linje som vil utnytte egenskapene til elektriske busser, er linje 10 mellom Mulen og Søre Skogsvei /Wergeland. Linjen går gjennom tett bebygget strøk hvor reduksjon av støynivå er viktig. Traseen er meget kupert med stor stigning opp til Mulen og opp fjellsiden mellom Gyldenpris og Søre Skogsvei. En forlengelse av linjen til planlagt terminal ved Sletten vil være driftsmessig gunstig.

7.3.4 Sandviken betjenes av e-buss linjer

Etter konvertering av linje 10 kan det være aktuelt med konvertering av både linje 18 (Formanns vei) og linje 6 (Lønborglien) til elektrisk drift. Disse busslinjer vil fortsette i fremtiden selv om Bybanen bygges i retning Åsane gjennom Sandviken.

- Linje 18 har endepunkt i sør i Fyllingsdalen (Barliveien) og kan benytte infrastruktur både i Sandviken (linje 10) og til/fra Fyllingsdalen (linje 3)
- Linje 6 til Lønborglien har endepunkt i sør i Vadmyra og kan benytte infrastruktur i Sandviken og muligens gjennom Laksevåg.

7.4 Internasjonalt samarbeid

Hordaland fylkeskommune og Skyss bør etablere et tett samarbeid med internasjonale aktører innenfor e-mobilitet. Det bør vurderes å delta EU-prosjekter innenfor området.

Medlemskap og aktiv deltakelse i faglige organisasjoner som UITP / VDV / TrolleyMotion kan også anbefales. Det er viktig å ha kontakt med aktuelle involverte driftsselskaper og byer som har eller vurderer nye elektriske linjer.



Figur 25. Trolleymotion.com er en internasjonal gruppe med fokus på elektriske busser.

7.5 FoU prosjekt for videre utvidelse av nettverk

Utvidelse av trolleybusdrift kan og bør defineres som et eller flere forskningsprosjekter for å få finansiering gjennom for eksempel Transnova.

Hordaland fylkeskommune kan søke om penger for sammenligning av trolleybusdrift og batteridrift for nye strekninger som mellom Birkelundstoppen og Sædalen eller mellom Nattlandsveien og Sletten. Slike prosjekter vil også være interessant for Rogaland fylkeskommune og et eventuelt samarbeid vil være aktuelt og effektivt.

7.6 Kostnadsanslag: investering i infrastruktur og nye busser

Følgende anslag er basert på etablering av trolleybussanlegg for alle linjer og forlengelser beskrevet tidligere. Hvis batteriteknologi er vurdert som godt nok, kan man unngå etablering av kontaktledningsanlegg på ulike strekninger. Det vil fremdeles være behov for noen likeretterstasjoner slik at hurtiglading av batteriene er mulig.

Kostnadsanslag inkluderer ikke kostnader for oppgradering av holdeplasser (universell utforming) eller nødvendige fremkommelighetstiltak. Budsjett for aktivitetene 6.5 (Konvertering av linje 10: Mula – Sletten) og 6.6 (Sandvikslinjer) er ikke beregnet.

Deltakelse i internasjonalt samarbeid har minimale økonomiske konsekvenser og bør dekkes av normalt driftsbudsjett.

<i>Fase</i>	<i>Aktivitet</i>	<i>Anslag Infra MNOK</i>	<i>Anslag Busser MNOK</i>	<i>Kommentar</i>
1	Overtakelse av infrastruktur			
	Kontaktledningsanlegg (7 km) og likeretterstasjoner (4 stk.)	Usikkert		Grundig teknisk undersøkelse og selskapsgjennomgang er nødvendig i forbindelse med forhandling med Tide.
2	Innkjøp av nye busser			
<i>Alt. 1</i>	6 nye busser 6 MAN/Neoplan fra Tide		60	7 MNOK pr nye busser, 2 MNOK for kjøp / kontroll / oppgradering på eks. busser pluss prosjektkostnader
<i>Alt. 2</i>	12 nye busser		90	7 MNOK pr buss pluss prosjektkostnader
3	Etablering av forlenget linje 2			
3-1	Birkelundstoppen – Sædalen (2,5 km)	25		2,5 km á 6 MNOK/km 1 likeretterstasjon á 5 MNOK Prosjektkostnader (ca. 10 %)
3-2	Sædalen – Nesttun (5,6 km)	45	30	5,6 km á 6 MNOK/km 1 likeretterstasjon á 5 MNOK 4 nye busser á 7 MNOK Prosjektkostnader (ca. 10%)
3-3	Bergen sentrum – Laksevåg (8 km)	65	45	8 km á 6 MNOK/km 2 likeretterstasjon á 5 MNOK 6 nye busser á 7 MNOK Prosjektkostnader (ca. 10%)
3-4	Birkelundstoppen – Paradis (1,6 km)	10	15	1,6 km á 6 MNOK/km 2 nye busser á 7 MNOK Prosjektkostnader (ca. 10%)
	Sum, Infrastruktur	145		17,7 km + 3 likeretterstasjon
	Sum, Nye busser		90	12 nye busser
4	Etablering av linje 3			
4-1	Nattlandveien – Sletten terminal (1 km)	10	60	1 km á 6 MNOK/km 8 nye busser á 7 MNOK Prosjektkostnader (ca. 10%)
4-2	Gyldenpris – Oasen (4,2 km)	30	30	4,2 km á 5 MNOK / km 1 likeretterstasjon á 5 MNOK 4 nye busser á 7 MNOK Prosjektkostnader (ca. 10%)
	Sum, Infrastruktur	40		5,2 km + 1 likeretterstasjon
	Sum, Nye busser		90	12 nye busser

7.7 Konklusjoner og anbefalinger

Elektriske busser og trolleybusser er gode tiltak for å redusere bruk av fossile energikilder til bruk i offentlig transport. Slike busser er spesielt egnet i byer og i tettbygde strøk på grunn av lav støynivå og ingen lokal forurensing. Bruk av slike busser er forankret i Skyss sin «Kollektivstrategi» og «Miljøstrategi».

Transportsektoren går i retning av elektrisk drift, såkalt e-mobilitet. Fornybare energikilder genererer oftest elektrisitet, og har klare fordeler fremfor andre typer av energikilder. Det er derfor ønskelig å opprettholde og utvide systemer som kan bruke elektrisitet direkte.

Elektriske løsninger er miljømessig best, men er ofte dyrere enn andre alternativer på grunn av behov for investeringer og vedlikehold av omfattende infrastruktur. Lavere driftskostnader kan balansere driftsøkonomi hvis driftsopplegg er effektiv og frekvensen er høy.

Elektriske busser basert på batteri har ikke rekkevidde til å betjene dagens stamlinjer i Bergen, og de er heller ikke tilgjengelig som leddbuss. Trolleybusser med batteri eller eventuelt superkondensatorer kan være aktuelt til forlengelse av traseer med kontaktledningsanlegg.

Trolleybuss er «state of the art» samtidig som teknologien er utprøvd og driftssikker.

Det kan derfor konkluderes med at Hordaland fylkeskommune bør sørge for følgende:

- Opprettholde drift av trolleybuss på linje 2.
- Overta ansvaret for infrastruktur for trolleybuss.
- Integre forvaltning, drift og vedlikehold av infrastruktur i Bybanen AS.
- Kjøp inn nok trolleybusser for effektiv drift av linje 2 med opsjoner for flere busser som kan brukes på eventuelle forlengelser eller økning av frekvens.
- Bussene kjøpes med vedlikeholdsavtale fra leverandør.
- Vurdere alternativ elektrisk batteri-basert teknologi og trolleybuss for videre utvidelse av trolleybuss-nettverk i følgende rekkefølge:
 7. Birkelundstoppen – Sædalen
 8. Sædalen – Nesttun
 9. Bergen sentrum – Laksevåg
 10. Birkelundstoppen – Nesttun
 11. Nattlandsveien – Sletten terminal
 12. Gyldenpris - Oasen
- Rekkefølgen kan endres underveis avhengig av resultater og erfaring med ulike elektriske bussteknologier.

HORDALAND FYLKESKOMMUNE V/ SKYSS

Besøksadresse Vestre Strømkaien 9, 5008 Bergen **Postadresse** Postboks 7900, 5020 Bergen

T +47 55 23 95 50 **F** +47 55 23 95 20 **E** skyss@skyss.no

skyss.no