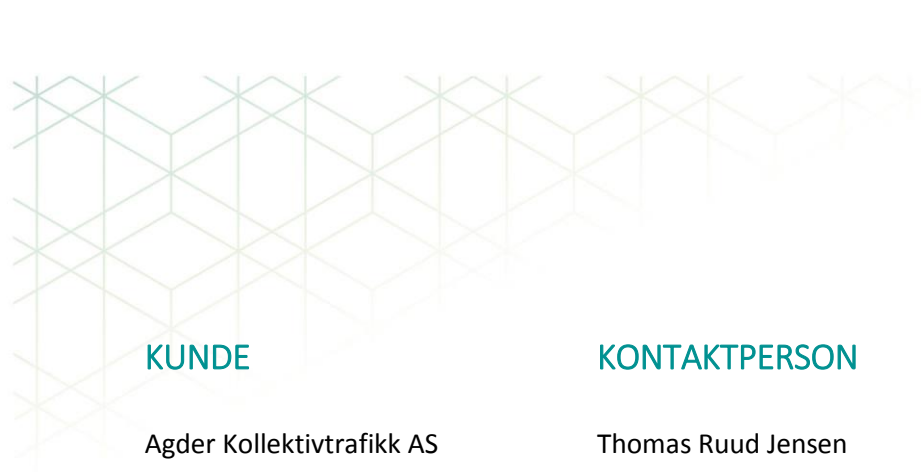




ALTERNATIVE DRIVSTOFFER TIL BUSSENE I AGDER



KUNDE

Agder Kollektivtrafikk AS

KONTAKTPERSON

Thomas Ruud Jensen

TEMA

Analyse av innovasjoner innen bussteknologi og drivstoff, og vurdering av deres egnethet for bussene på Agder.

SELSKAP

Analyse & Strategi AS

FORFATTERE

Espen Martinsen
Julie Amlie
Siri H. Høibo
Kaj Halvorsen

DATO

Desember 2014

INNHOOLD

SAMMENDRAG	1
1 BAKGRUNN FOR OPPDRAGET	1
1.1 Tilnærming.....	1
1.2 Rapportens oppbygging	2
2 BUSSKONSEPTER, TEKNOLOGI OG DRIVSTOFF	3
2.1 Diesalbuss	4
2.2 Gassbuss	5
2.3 Etanolbuss	5
2.4 Hybridbuss	6
2.5 Elektriske busser	7
2.6 Biodrivstoff	10
2.7 Syntetisk drivstoff	10
2.8 Forventet utvikling i drivstoffpriser	10
2.9 Oppsummering busskonsepter	13
3 KRAV OG KRITERIER.....	15
3.1 Absolutte krav til busskonseptet	15
3.2 Økonomiske kriterier	17
3.3 Øvrige kriterier.....	17
3.4 Spesielt om ladbar hybrid og el-buss.....	19
4 GROVSILING	20
4.1 Nullalternativ.....	20
4.2 Diesalbuss	20
4.3 Gassbuss	21
4.4 Etanolbuss	22
4.5 Hybridbuss	22
4.6 Elektriske busser	23
4.7 Hydrogenbuss	24
4.8 Busskonsepter som går videre til analyse eller diskusjon.....	24
5 ANALYSE	25
5.1 Forutsetninger for beregningene.....	25
5.2 Resultater	28
6 EL-BUSS OG LADBAR HYBRID	35
6.1 Kostnadsnivå el-buss	36
6.2 Kostnadsnivå ladbar hybridbuss.....	37
7 ANBEFALING.....	38
7.1 Strategi for busser i byer og tettbygde strøk.....	38

7.2	Strategi for regionbusser	40
8	LITTERATUR.....	41
9	VEDLEGG	41
Figur 1	Prosjektskisse	2
Figur 2	Ulike busskonsepter	3
Figur 3	Volvo Electric Hybrid, 2014.	6
Figur 4	El-busser; Lade i endepunkt og lade via pantograf	7
Figur 5	Pilotprosjekt elektriske busser i Stavanger	9
Figur 6	Pilotprosjekt hydrogenbusser i Oslo/Akershus	9
Figur 7	Prisutvikling på olje og gass (DECC 2014)	11
Figur 8	Prisutvikling på biodiesel og bioetanol (KanEnergi&Insa)	12
Figur 9	Prisutvikling grønn kraft (SKM Market Predictor)	12
Figur 10	Eksterne kostnader kr/km (TØI rapport 1307/2014)	17
Figur 11	Antall passasjerer per år (AKT)	18
Figur 12	Årlige miljøkostnader ved dagens flåte og overgang til Euro VI.	28
Figur 13	Årlige kostnader for en buss som kjører 70.000 km i året.	29
Figur 14	Årlige kostnader for en buss som kjører 30.000 km i året	30
Figur 15	Årlige miljøkostnader for en bybuss som kjører 70.000 km i året	30
Figur 16	Årlige miljøkostnader for en buss som kjører 30 000 km i året	31
Figur 17	Totale årlige kostnader for en buss som kjører 70.000 km	32
Figur 18	Totale årlige kostnader for en buss som kjører 30.000 km i året	32
Figur 19	Økning i totale årlige kostnader per busskonsept ved 10 % avgiftsøkning.....	34
Figur 20	Økning i totale årlige kostnader per busskonsept ved 10 % endring i drivstoffpris, eksklusiv avgift og mva.	34
Figur 21	Nåverdiberegning - gitt en 10 % økning i dieselpris	34
Figur 22	Drivstoffstrategi for busser i byer og tettbygde strøk, AKT.....	39



OM RAPPORTEN

Rapporten er utarbeidet av Analyse & Strategi AS på oppdrag for Agder Kollektivtrafikk AS (AKT). Arbeidet er gjennomført i perioden august til desember 2014.

AKT har bedt om en helhetlig analyse av alternative drivstofftyper og bussteknologier for busser på Agder. Analysen skal vise økonomiske og miljømessige konsekvenser for alternativene, og svare ut hvilke(t) busskonsept som gir AKT mest miljøgevinst per investerte krone.

Arbeidet har vært ledet av en styringsgruppe bestående av Thomas Ruud Jensen, markeds- og utviklingssjef i AKT, Ola Olsbu, samferdselssjef i Aust-Agder fylkeskommune, Jan Otto Hansen, rådgiver samferdsel, Vest-Agder fylkeskommune, og Jan Erik Lindjord i By- og samfunnsenheten i Kristiansand kommune. I tillegg til styringsgruppens medlemmer, har Johnny Liestøl hos AKT vært en viktig bidragsyter, bl a med faktagrunnlag om bussene på Agder og aktuelle innovasjoner.

I arbeidet med strategien har også busselskapene og bussleverandørene blitt spurt til råds, bl a gjennom en dialogkonferanse om bussteknologi og drivstoff som ble avholdt 9. oktober. Referat fra møtet er vedlagt rapporten.

Oslo, desember 2014
Analyse & Strategi AS
Espen Martinsen

SAMMENDRAG

Dagens busser på Agder består utelukkende av dieselbusser. Alder og utslipp varierer helt fra utslippsklasse Euro III, IV, V til nye Euro VI busser.

Hensikten med utredningen er å vurdere alternative drivstofftyper og bussteknologier til tradisjonelle dieselbusser, og vurdere deres egnethet for trafikken på Agder.

Tilgjengelige teknologier og aktuelle innovasjoner har blitt vurdert ut fra følgende kriterier, gitt av oppdragsgiver og bearbeidet av styringsgruppen:

1. Teknologien må være **moden og tilgjengelig** i et 2017-perspektiv
2. Drivstoffet må være **tilgjengelig**
3. Busskonseptet bør gi **best mulig miljøgevinst per investerte krone**
4. Busskonseptet bør være **relevant** for reell driftssituasjon
5. Busskonseptet bør **opprettholde tilfredsstillende miljøegenskaper** gjennom hele anbudsperioden

Underveis i arbeidet har det stått sentralt å etablere god dialog med leverandørindustrien på en konkurransenøytral måte, for å etablere et analysegrunnlag og fremskaffe mest mulig oppdatert informasjon om aktuelle innovasjoner.

Rapporten anbefaler en todelt strategi. For busser som betjener byer og tettbygde strøk, som typisk kjører ca 70.000 kilometer årlig, gir en **Euro VI dieselhybrid** best miljøgevinst pr investerte krone. I slike områder er miljøkonsekvensene størst, som forsvaret en høyere miljøratsing enn i regionene.

Hybridbussen er et robust og fremtidsrettet valg:

- Den utgjør velprøvd teknologi og er tatt i bruk i mange andre fylker.
- Den er gunstig dersom drivstoffprisene skulle øke, fordi forbruket er lavere.
- Den er fleksibel dersom avgiftsnivået endres, ved at den kan kjøre på B100 (100 % biodrivstoff) eventuelt syntetisk diesel dersom dette blir tilgjengelig.
- Den krever få eller ingen investeringer i infrastruktur.
- Den innebærer lav risiko ved å være en investering med restverdi/salgverdi (etterspurt i andre markeder) dersom det av politiske eller andre årsaker skulle være ønskelig å øke miljøstandarden i byene ytterligere.

Hybridbussens fortrinn gjelder spesielt by/tettbygde strøk med kort avstand mellom holdeplassene. Man bør unngå traser med for mye topografi, der vil en Euro VI B7 dieselbuss være et bedre alternativ fordi hybridbussene ikke kommer like mye sin rett. Denne vurderingen forstår AKT foran hvert anbud.

På lengre sikt bør elektriske busser eller ladehybrider vurderes. Denne teknologien er foreløpig umoden, og kan følgelig ikke anbefales på bakgrunn av kriteriene som er satt for arbeidet. AKT bør høste erfaringer fra pågående pilotprosjekter andre steder, og vurdere hva som er riktig tidspunkt for å elektrifisere bytrafikken i Agder. Med *moden teknologi* har vi definert busser i serieproduksjon, dvs produksjon i skala for å redusere enhetskostnadene. Ladbare hybridbusser kan være i

serieproduksjon ca 2016-17 mens elektriske busser i følge industrien selv kan være i serieproduksjon ca 2020.

For et administrasjonsselskap på AKTs størrelse vurderer vi den strategiske posisjonen man har inntatt som fornuftig. Nye Euro VI-busser som i Aust-Agder fra 2015 er et godt miljøvalg, samtidig som det på mange måter er naturgitt at andre (større) administrasjonsselskaper med mer likviditet driver innovasjon og pilotering på dette området.

For regionene i Agder, f eks lokalbusser, skolebusser, mv som kjører ca 30.000 kilometer årlig, svarer en **Euro VI diesalbuss** best ut kriteriene. I distriktene i Agder vil diesalbussen trolig fungere som et godt alternativ i mange år ennå. Vi foreslår dessuten en gradvis innfasing av Euro VI diesalbusser.

Drivstoffstrategien planlegges implementert fra 2017 i f m oppstart bussanbud i Kristiansand.

1 BAKGRUNN FOR OPPDRAGET

Fram til nå har kjøring på miljøvennlig drivstoff kostet mer enn konvensjonell diesel. Innenfor begrensede økonomiske rammer, har administrasjonsselskapene i kollektivtrafikken (AKT, Ruter, Skyss, m fl) stått overfor følgende miljøstrategiske dilemma: *skal kollektivtrafikkens viktigste miljøbidrag være å ta trafikkveksten kollektivt, og lede til en bedre transportfordeling enn alternativet? Eller skal kollektivtrafikken også levere høy miljøstandard, til en høyere enhetskostnad ved at omfanget på rutetilbudet tas noe ned?* Arbeidet med en Bymiljøavtale for Kristiansand aktualiserer denne problemstillingen. F eks er et av prinsippene i avtalen at trafikkveksten skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange.

Administrasjonsselskapene synes å ha landet på en både/og-tilnærming ved at kollektivtrafikken skal ta en andel av veksten, kombinert med en begrenset satsing på miljødrivstoff. Kundene forventer at kollektivtrafikken holder høy miljøstandard. Samtidig er det helt andre tiltak som er de mest virkningsfulle for å rekruttere nye kunder, f eks økt frekvens, enklere linjenett og lavere reisetid. Dette tilsier at innsatsen på miljøområdet må balanseres mot helhetlig virkemiddelbruk.

Et veldig spennende utgangspunkt for strategien, er at det for tiden foregår svært rask utvikling av ny bussteknologi, og det kan forventes endringer i det relative prisforholdet mellom ulike drivstofftyper. I bransjen snakkes det om et «paradigmeskifte», ved at vi de neste fem årene vil se større endringer enn de foregående 50 når det gjelder drivstoff- og teknologi. Dette er i seg selv en utfordring for et administrasjonsselskap som AKT som opererer med kontraktstidsperspektiver på ca 10 år (medregnet tid til utlysning og kontraktstildeling, operatørens tid til forberedelse, samt eventuelle opsjonsår). Det gir derfor mening å utrede alternative drivstofftyper nå.

AKT planlegger å implementere strategien ved anbud med oppstart i 2017, og har derfor lagt vekt på teknologier og infrastruktur som er modne og tilgjengelige i et slikt tidsperspektiv.

Samtidig har vi trukket perspektivene lenger enn som så, for å bidra til at de stegene som tas i 2017 er skritt i retning av den langsiktige løsningen.

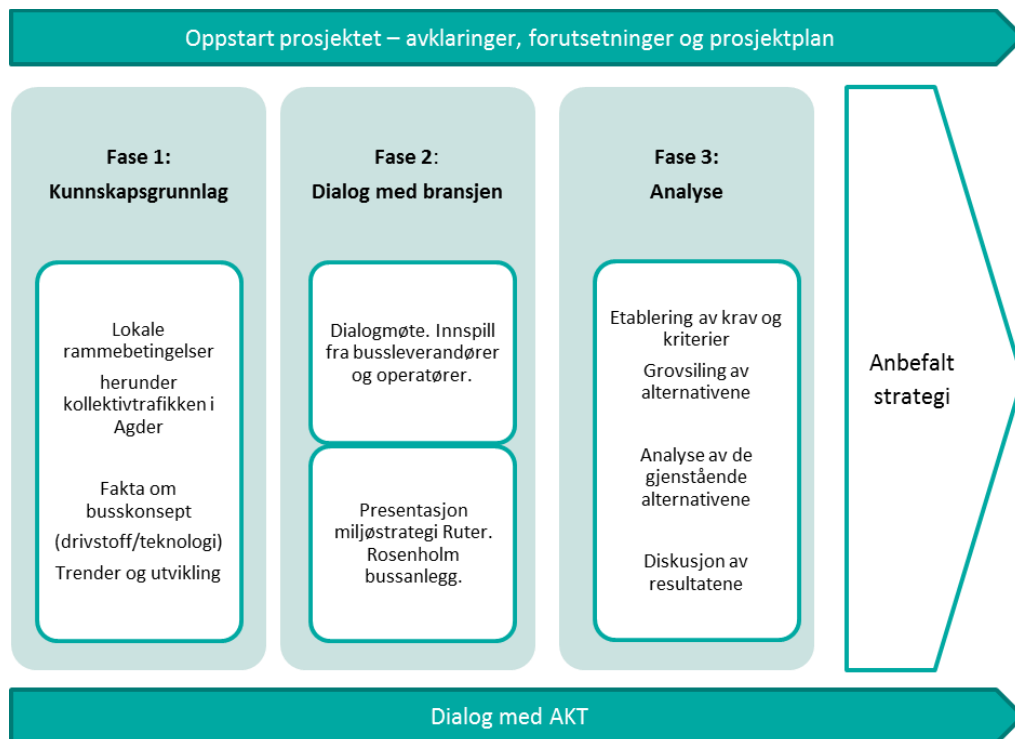
Rapporten gir en oversikt over busskonsepter, og en vurdering av hvilke som vurderes best egnet for Agder. Som grunnlag for sorteringen og videre anbefalt strategi, er busskonseptene vurdert i forhold til modenhet og tilgjengelighet i markedet, økonomiske og miljømessige konsekvenser og andre praktiske forhold, herunder tilgang på drivstoffet i regionen.

1.1 TILNÆRMING

I dette prosjektet har vi jobbet etter en prosjektmodell som vist i Figur 1 Prosjektskisse. Prosjektet har vært delt inn i tre faser: Innhenting av kunnskapsgrunnlag, dialog med bransjen for ytterligere å befeste innhentet kunnskap på ulike busskonsepter (dvs. type drivstoff/teknologi som anvendes til bussens fremdriftssystem) og analyse av busskonseptene. Analysen er delt i to, der første fase innebærer en grovsiling av alternativene basert på noen absolutte krav. De alternativene som

analyseres nærmere, analyseres i forhold til bedriftsøkonomi, miljøkostnader og øvrige kriterier. Teknologiutvikling innen ulike busskonsepter bidrar til noe usikkerhet ift. kostnadsbildet fremover, og dette diskuteres før anbefalt strategi presenteres.

Figur 1 Prosjektskisse



1.2 RAPPORTENS OPPBYGGING

Rapporten er bygget opp etter samme prinsipper som prosjektet. Innledningsvis, i kapittel 2 redegjør vi for ulike busskonsept, teknologier og drivstoff. Anbefalt strategi baserer seg deretter på:

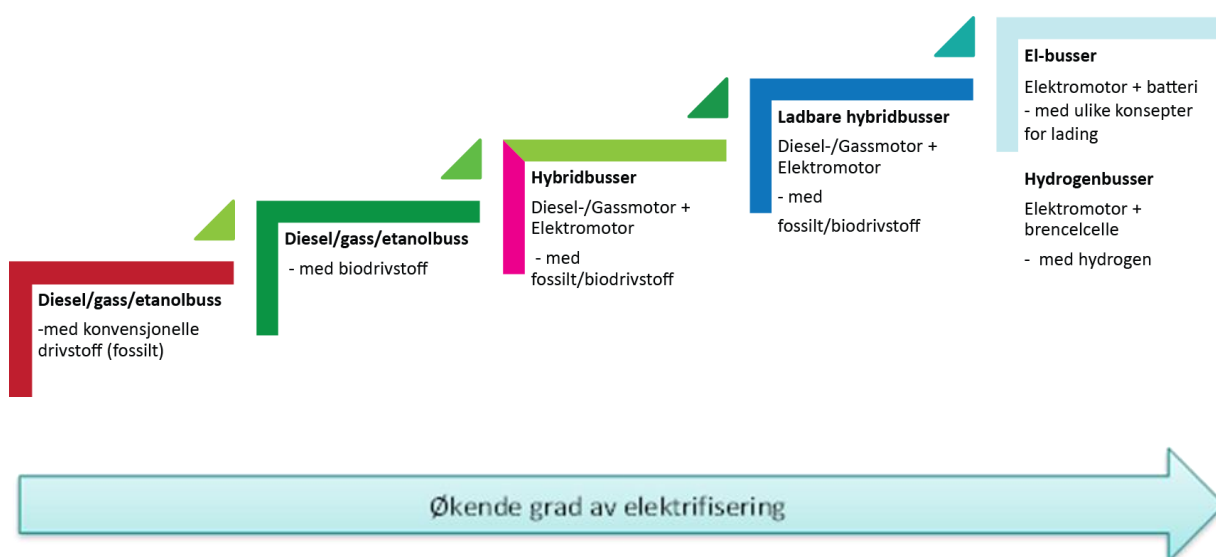
- Etablering av krav og kriterier for å vurdere busskonseptene – beskrives i kap.3.
- Analyse av busskonsepter basert på absolutte krav (grovsiling) – beskrives i kap. 4.
- Analyse av busskonsepter ift. bedriftsøkonomi og miljøeffekter – presenteres kap. 5.
- Resultatene og elektriske busser - diskuteres i kap 6.
- Anbefalt strategi presenteres i kap. 7.

2 BUSSKONSEPTER, TEKNOLOGI OG DRIVSTOFF

Bussleverandørene tilbyr i dag flere ulike busskonsept. Det er en reell teknologiutvikling innenfor bussbransjen, samtidig som utvalget i alternative drivstoff øker. Dette kapittelet gir en oversikt over de ulike teknologiene (pkt. 3.2- 3.6) og drivstoffene (kap. 3.7-kap 3.9) med vekt på dagens status og forventet utvikling.

Figur 2 gir en oversikt over ulike busskonsepter. Konseptene er rangert etter grad av elektrifisering, og økende grad viser på mange måter også synkende grad av modenhet og tilgjengelighet i dagens marked.

Figur 2 Ulike busskonsepter



Når det gjelder teknologi, er det i hovedsak to kategorier motorteknologi:

- Forbrenningsmotor – drivstoff: fossil diesel, -etanol, -gass/biodiesel, -gass, -etanol.
- Elektromotor - drivstoff: el, hydrogen

Hybridbuss er betegnelsen på busser der forbrenningsmotor og elektromotor kombineres i ett system.

2.1 DIESELBUSS

2.1.1 Status

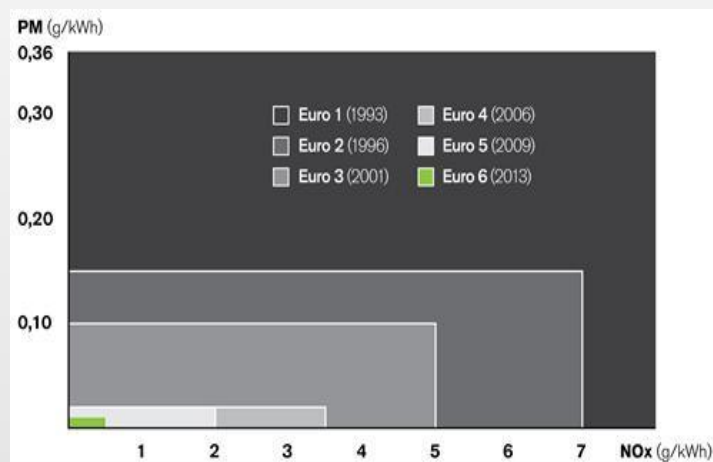
Dieselbussen er i dag utprøvd teknologi og innebærer god driftsstabilitet.

Bussen har lang rekkevidde, mens eksisterende infrastruktur og distribusjon av drivstoff er tilrettelagt for dieselbuss. Som eksemplifisert av bussfarger, kan dieselbussen benytte fossil diesel (rød buss) og/eller biodiesel (grønn buss).



Stadig skjerpede utslippskrav til nye dieselbuss

Dieselbussenes utslipp er vesentlig redusert gjennom felles europeiske standardkrav. Fra 2013 kreves såkalt Euro VI-standard for nye dieselbuss. Figuren nedenfor viser maksimalt avgassutslipp av NOx og PM for ulike busser, hvor det grønne nivået viser utslipp fra Euro VI:



Nye Euro VI-busser eliminerer ulempene ved lokal luftforurensning og støy. Men utslipp av klimagasser vil stadig være et økende globalt problem.

Euro VI-kravene gjør at dieselbussen har blitt noe dyrere, men dette vil stabilisere seg ettersom dette i år (2014) er standard for alle leverandører [1]. De lokale utslippene fra dieselbussen reduseres betraktelig med innføring av Euro VI. Overgangen gir ingen besparelser i CO₂ utslipp.

2.1.2 Forventet utvikling

Forventet utvikling for dieselbussen er overgang til hybridteknologi og/eller økt innblanding av biodiesel. En overgang til hybridteknologi, innebærer lavere dieselforbruk, som både reduserer kostnader og CO₂ utslipp. Når det gjelder biodiesel leverer nå flere leverandører en dieselmotor som kan benytte både fossil diesel og 100 % biodiesel (B100) uten særlig kostnadsøkning [1]. Ettersom de lokale utslippene er så godt som eliminert ved Euro VI-kravene, kan det kanskje tenkes at en eventuell Euro VII-standard vil ta opp i seg flere/andre forhold.

2.2 GASSBUSS



2.2.1 Status

Motoren som benyttes i en gassbuss er ikke like utprøvd teknologi som dieselmotoren, med muligheter for teknologiske forbedringer [2].

Gassmotoren har lavere virkningsgrad enn en dieselmotor som medfører økt drivstofforbruk.

Naturgass er i utgangspunktet et noe rimeligere drivstoff enn diesel i innkjøp, men siden forbruket er høyere så reduseres denne fordelene. Behovet for å frakte gass om bord i kjøretøyet, gjør at nyttelasten, alternativt rekkevidden til bussen reduseres [3]. Sammenlignet med en dieselbuss vil en gassbuss kreve hyppigere serviceintervaller, og den ligger ca 30 % over i innkjøpspris [1]. Den største fordelene med gassbuss er at den kan utnytte eventuelt lokalt tilgjengelig produksjon av gass, f.eks. produsert fra lokalt avfall, hvis dette er tilgjengelig. En gassbuss støyer generelt noe mindre enn en dieselbuss. Euro VI-kravene for nybygg gjelder også gassbuss.

2.2.2 Forventet utvikling

Tilsvarende som for dieselbuss kan man erstatte fossilt drivstoff med biodrivstoff gjennom å bytte ut naturgass med biogass, som vil redusere CO₂ utslippet med ca 50 % [4]. Naturgass og biogass er metangass (CH₄) og forskjellen ligger kun i hvordan gassen er produsert. En overgang til biogass gir altså ikke behov for tilpasninger i motoren/teknologien, men det er erfart at bussen vil ha behov for mer vedlikehold og utskifting av filter etc. når den går på biogass.

Når det gjelder hybridteknologi så eksisterer det nå gasshybrider fra enkelte leverandører. Når det gjelder gasshybrid så er usikkerheten noe større enn for dieselhybrid, fordi vedlikeholdskostnadene er forventet å bli høyere [1]. Dette er bl.a. bakgrunnen for at flere leverandører foreløpig avventer produksjon av gassbuss med hybridteknologi.

2.3 ETANOLBUSS

Etanolmotoren må anses å være utprøvd teknologi, men det er svært få leverandører som tilbyr denne. Etanolbussen benytter en tilpasset dieselmotor. I det europeiske markedet er det kun Scania som tilbyr etanolbusser, og da i hovedsak til bruk i Sverige hvor det finnes etanolproduksjon. I Norge kjører en liten flåte bioetanolbusser på en av Ruters bylinjer som noe som en gang var et pilotprosjekt, men det foreligger ikke ingen planer å videreføre dette. Tilgang på etanol er avgjørende for valg av etanolbussen, og markedet viser få tegn til videre satsing[1].

2.4 HYBRIDBUSS

2.4.1 Status

Første generasjons hybridbusser muliggjør redusert forbruk av drivstoff gjennom å spare bremseenergi i et batteri. Batteriet driver så en elektromotor, som muliggjør elektrisk fremdrift av bussen. Avhengig av batterikapasitet, kan man kjøre på el-motoren opp til 20 km/t i terreng flatere enn 4 % [1]. Andre funksjoner, slik som åpning/lukking av dører kan også utføres med energi fra elektromotoren. De fleste leverandørene anslår en besparelse i drivstoff på 20-25 % og tilsvarende for CO₂ utslippet. Grunnet mulighet for elektrisk fremdrift, gjerne knyttet til oppstart etter stopp, vil hybridbusser generelt ha et lavere støynivå enn dieselbussen.



For å utnytte hybridbussens fortrinn, bør bussen ha et kjøremønster med mye stopp og start slik at batteriet blir ladet. Forbrenningsmotoren vil likevel overta ved kraftig akselerasjon. Det vil si at økonomisk kjøring («eco-driving») ytterligere forsterker hybridens fortrinn. Dagens hybridbusser er i hovedsak dieselhybrider, og blir serieprodusert både som standardbuss og 18 meter leddbuss [1].

2.4.2 Forventet utvikling

Forventet utvikling innenfor hybridbussen er både knyttet til batterikapasitet og kostnader, samt utvikling innen produksjon av ladehybrider. Hybridteknologi kan i prinsippet kombineres med alle typer konvensjonelt drivstoff, men som nevnt i kap. 2.2.2 er utvikling av gasshybrider (gassbusser med elektromotor) usikkert.

Kostnader for batterier som benyttes i el-kjøretøy er på verdensbasis halvert i løpet av de siste årene [4]. Denne utviklingen kan raskt redusere investeringskostnaden knyttet til hybridbussen som i dag er ca. 30-35 % høyere enn konvensjonell dieselbuss [1].

Flere leverandører satser nå på produksjon av *ladbare* hybridbusser. De mest optimistiske anslagene typer på at serieproduksjon kan komme i gang fra 2016. I første omgang vil dette gjelde en standard 12 m buss, men leverandørene ser for seg også å levere ladbare leddbuss. En ladbar hybridbuss har større batteripakker enn en vanlig hybrid, den kan lades via ekstern strømkilde, og har økt rekkevidde på elektrisk drift. Lading kan skje over natten, eller via hurtiglading ute i trafikken.

Volvo sin første ladbare hybrid (12 m) testes nå hos Västtrafik i Göteborg på linje 60 med 3 busser, og hvor bussene lader via pantograf (dvs enheten som fører strøm fra ladepunkt til bussen, se illustrasjon) på endeholdeplassene.

Figur 3 Volvo Electric Hybrid, 2014.



Bussen kjører 17 km per tur og det er satt opp to ladestasjoner. Prosjektet er et 50 % EU-finansiert prosjekt som skal fullføres i 2014, med en kostnadsramme på 32 mill SEK. Foreløpige resultater viser at den ladbare hybridbussen bruker 79 % mindre diesel enn en konvensjonell dieselbuss på samme rute. Dieselmotoren benyttes kun 15 % av kjøretiden, mens resten av tiden kjører bussen hel-

elektrisk [5]. Den ladbare hybriden til Volvo, lades opp i løpet av 6 minutter og kan kjøre 7 km på ren elektrisk fremdrift på hastigheter under 40km/t jf. resultater fra Gøteborg.

Volvo lanserte i 2014 en justert versjon som skal kjøres i pilot for SL i Stockholm.

2.5 ELEKTRISKE BUSSE



2.5.1 Status

Den elektriske motoren er utprøvd og driftssikker teknologi, og benyttes i dag i trikker og trolleybusser. Skal man derimot kjøre uavhengig av kontaktledning, krever det at elektromotor benyttes i kombinasjon med batteri. Det finnes ikke serie-produksjon av elektriske busser i dag, men det er en kontinuerlig utvikling innenfor ulike el-busser.

Batteri-elektriske busser får sin energi fra en strømkilde som lader batteriet. Batteriet driver deretter motoren. En elektromotor kan teoretisk ha virkningsgrad opp mot 100 %, som vil si at en elektromotor utnytter energien i drivstoffet bedre enn en forbrenningsmotor som har en virkningsgrad på ca 40 %.

I en hydrogenbuss er energien lagret i hydrogen (H_2), som ved hjelp av en brenselcelle produserer strøm til å drive elektromotoren. I en el-buss lades batteriet ved tilkobling til en ekstern strømkilde. Det finnes i hovedsak to typer el-busser; én som kan lades underveis i trafikken og én som lader natten over i bussanlegget. Batterienes størrelse er bestemmende for ladehyppighet og rekkevidde. Til lading underveis benyttes enten induksjonslading (trådløs lading via enheter gravd ned i infrastrukturen f eks på utvalgte holdeplasser) eller pantograf (strømførende element som kobler strøm fra ladestasjon til mottaker plassert på bussens tak). Figur 4 illustrerer de to ulike konseptene med lading i endepunkt og lading underveis via pantograf. Rekkevidden varierer fra henholdsvis 110 km og 40 km for en el-buss som lader i endepunkt og en som lader via pantograf¹.



Figur 4 El-busser; Lade i endepunkt og lade via pantograf

¹ Solaris har en hel-elektrisk buss i drift i dag, som i tillegg til el-motor har en gassmotor til å drive klimaanlegget. Rekkevidden på denne bussen mellom hver lading er ca. 110 km. Rekkevidden for el-bussen som lader via pantografer er basert på Sintef sine anslag.

Sammenlignet med en dieselbuss er elektriske busser og hydrogenbusser overlegne i forhold til miljøpåvirkning, gitt at elektrisiteten som benyttes enten til fremdrift eller til produksjon av hydrogenet er fornybar energi. Bussene har også lavere støypåvirkning. Innfasing av elektriske- eller hydrogenbusser krever ny infrastruktur i form av ladestasjoner/lademuligheter. Relativt høye kostnader og manglende infrastruktur er foreløpig barrierer for denne teknologien [4].

2.5.2 Forventet utvikling

Flere leverandører tilbyr elektriske busser for utprøving; Den polske fabrikanten Solaris har f.eks. levert helelektriske leddbuss til et pilotprosjekt i Braunschweig i 2014. Dette prosjektet er basert på induktiv lading. Nederlandske Ebusco leverer Boreal Transport i Stavanger to hel-elektriske busser i løpet av 2014, som skal testes ut på ulike ruter i et pilotprosjekt støttet av Transnova. Disse bussene «saktelader» i bussenlegget natten over (se faktaboks under). Hybricon har levert elektriske busser til flybussen i Umeå, som lader via pantograf på endeholdeplassen ved flyplassen. Flybusser har gjerne romslige «vognløp» (dvs. mye pauser) og er trolig godt egnet elektrisk drift. Bussen er samtidig utstyrt med fullstendig dieselmotor, som reserve og for å utvide bussens rekkevidde.

Prosjektene signaliserer en retning; En rekke bussleverandører presenterer etter vår vurdering spennende løsninger basert på elektrisk drift, og det er ingen tvil om at elektriske busser vil være en viktig del av den framtidige løsningen.

Samtidig understreker eksemplene fra forskningsfront at teknologien per nå ikke kan anses for å være moden. Når det gjelder oppstart av såkalt serieproduksjon (dvs. produksjon i en viss skala for å realisere lavere enhetskostnader) gir leverandørene ingen tidslinje for el-bussen. Det første steget vil være å sette den ladbare hybridbussen i serieproduksjon. Deretter, og basert på erfaringene fra pilotene, kan serieproduksjon av rene el-busser komme i gang et par år senere, dvs. ca. år 2020 [1].

Foreløpig eksisterer ingen felles standard for ladning av el-bussene. Ingen by i verden vil være den første til å investere i det som senere viste seg å være «feil standard», og foreløpig eier bussleverandørene mye av infrastrukturen rundt. Skal lading skje induktivt, ved lading natten over eller via pantograf? Og hvis pantograf, skal denne komme opp fra bussens tak, eller skal noe senkes ned fra ladestasjonen til bussen? Skal det lades på to poler eller på fire poler, osv. Og omtrent når kan batteripakkene bli så gode at behovet for ladeinfrastruktur i gatenettet reduseres? Her trengs en rekke avklaringer. En felles standard for lading av elektriske busser vil trolig fungere som en katalysator for utrulling av elektriske busser i en større skala. For tiden er vi ikke kjent med at noen utvikler slik standard.

Figur 5 Pilotprosjekt elektriske busser i Stavanger

Boreal Transport/Kolumbus

Boreal Transport skal teste to hel-elektriske busser i ordinær drift over 1-3 år. I prosjektet etableres ladestasjoner på bussenlegget og det utarbeides rutiner for drift og vedlikehold av elektriske busser.

Totalt budsjett: 4 mill. kr

Transnova støtte: 1,8 mill. kr

År: 2014-2015

Bussleverandørene ser nå ut til å fokusere mer på ladbare hybrider og elektriske busser, fremfor hydrogenbuss. Ulempene med hydrogenbusser er primært knyttet til krevende drift og høye kostnader. Det forventes ikke at prisen på innkjøp og drift av hydrogenbuss, inkludert infrastrukturen rundt, vil bringe denne ned på et *kommersielt interessant nivå* på lang tid ennå.

Figur 6 Pilotprosjekt hydrogenbusser i Oslo/Akershus

Clean Hydrogen in European Cities

Samarbeidsprosjekt mellom Oslo kommune, Akershus fylkeskommune, Ruter og Zero som skal demonstrere drift av hydrogenbusser i ordinær driftssituasjon i Oslo-regionen.

Fem hydrogenbusser testkjøres i fem år. Belgiske Van Hool leverer bussene og franske Air Liquid leverer hydrogen fra egen stasjon på Rosenholm bussenlegg.

Totalt budsjett: 140 mill. kr

Transnova støtte: 12 mill. kr

År: 2010-2016

2.6 BIODRIVSTOFF

Biodrivstoff er drivstoff som er produsert av biomasse. Oljer fra planter og avfall kan bli til biodiesel, mens sukker og stivelse kan omgjøres til etanol. Biogass kan produseres fra alle typer biomasse.

Første generasjons biodrivstoff er hva man kaller drivstoff som er laget av råstoff som kunne ha blitt brukt til mat. Andre- og tredjegerasjons biodrivstoff er mer avanserte drivstoff som lages på råvarer som ikke er mat (frityller, alger, skogsavfall etc).

Reell klima- og miljøgevinst av biodrivstoff er omdiskutert, da det knyttes en del utslipp til produksjonen. EU har derfor lansert bærekraftskriterier for biodrivstoff for å bte på disse forholdene. Et element i bærekraftskriteriene er å sikre at biodrivstoffet bidrar til minimum 35 % reduserte klimagassutslipp. Kravet økes til 50 % i 2017 og deretter til 60 % i 2018.

Produksjon av første generasjons biodrivstoff er en moden teknologi, og er den mest brukte i dag. 7 % innblanding av biodiesel i fossil diesel er standard (B7) og kan benyttes i forbrenningsmotorer uten spesielle tilpasninger [4]. Når man tanker diesel på bensinstasjoner er det 7 % biodiesel man får på tanken.

Bussleverandører leverer nå motorer tilpasset 100 % biodiesel (B100) som reduserer utslippene ytterligere. Det er mulig å fylle B100 når dette er tilgjengelig, og B7 når tilgangen på B100 er lav, riktignok med noen små tilpasninger av bussen. Bruk av 100 % biodiesel gir imidlertid enkelte utfordringer; B100 har dårligere kuldeegenskaper enn B7, og er dårligere egnet ved temperaturer lavere enn ca 15 grader (C). B100 bidrar også til at bussens behov for service øker noe, og at enkelte slidedeler må byttes oftere. Dette er knyttet til at biodiesel som et organisk drivstoff kan inneholder noe vann, som kan gi driftsstyrrelser i motoren. Videre sliter biodiesel mer enn fossilt diesel på enkelte komponenter i motoren (gummislanger etc).

Biogass og bioetanol gir en mer stabil driftssituasjon, men tilgjengeligheten på drivstoffene er begrenset i Norge i dag. Det kreves eget distribusjonssystem for biogass og bioetanol [1].

2.7 SYNTETISK DRIVSTOFF

Syntetisk drivstoff er drivstoff fremstilt blant annet med utgangspunkt i metangass fra fossile kilder, biogass eller syntetisk metangass produsert via hydrogen. Dette er foreløpig en umoden teknologi, og produksjonsskjeden bidrar til lav utnyttelse av energien i de ulike leddene. Fordelen, forutsatt at teknologien blir moden og effektiv, er at dagens kjøretøy og fyllestasjoner kan benyttes uten tilpasninger. Klimaeffekten av syntetisk drivstoff er usikker, og avhenger av produksjonsmetoden [4].

2.8 FORVENTET UTVIKLING I DRIVSTOFFPRISER

Kostnadsbildet for de enkelte busskonseptene er todelt – det ene er knyttet til teknologien og modenheten i denne, det andre er knyttet til drivstoffpriser inkludert avgifter/avgiftsfritak. Veksten i antall el-biler på veiene, som har overgått alle forventninger, er trolig et resultat av kombinasjonen

teknologiutvikling, relative drivstoffpriser og intensiver fra myndighetene. Det er derfor utfordrende å spå forventet utvikling for de ulike busskonseptene, og spesielt gjelder dette drivstoffprisene.

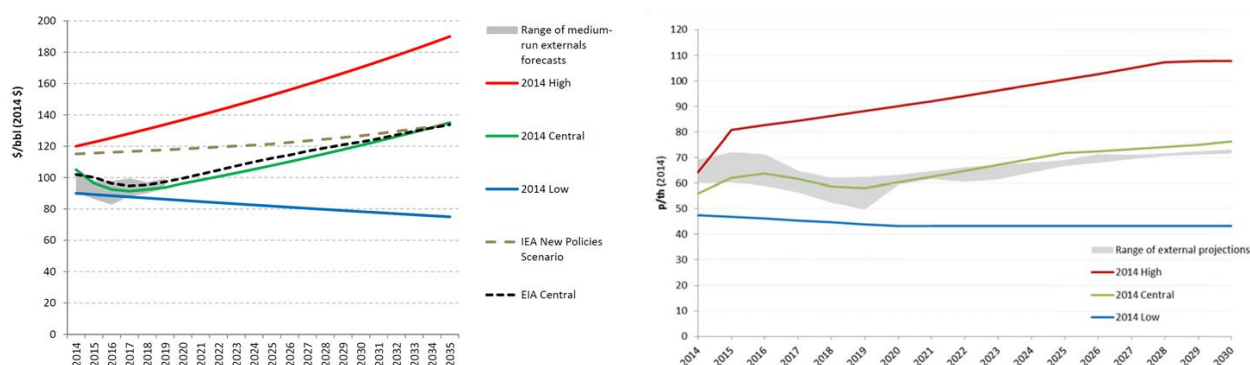
2.8.1 Kostnader for drivstoff

Usikkerheten rundt fremtidig drivstoffkostnad er betydelig. For AKT, som tar beslutninger om drivstofftype som skal stå seg lenge, er dette spesielt utfordrende. Nedenfor kommenteres antatt prisutvikling for fossil diesel og gass, biodrivstoff og elektrisitet. Anslag for utvikling på hydrogen er svært usikkert og er for analyseformål antatt lik som dagens.

Fossil diesel og gass

Et av busselskapene delte i dialogkonferansen for denne strategien antakelser om dobling av dieselprisen om ca ti år. Departement of Energy and Climate Change i Storbritannia har publisert prognoser på fremtidig utvikling av olje- og gasspriser, der det er stor spredning i estimatene. To av tre prognoser (middels og høy) tilsier likevel en nær dobling av dagens priser i 2030 [6]. Prognosene er svært usikre på så lang sikt, men angir en mulig utvikling i råstoffpris. Usikkerhet til tross, så er det mer som tyder på at dieselprisen skal opp enn ned i de kommende årene, og dette til dels betydelig.

Figur 7 Prisutvikling på olje og gass (DECC 2014)

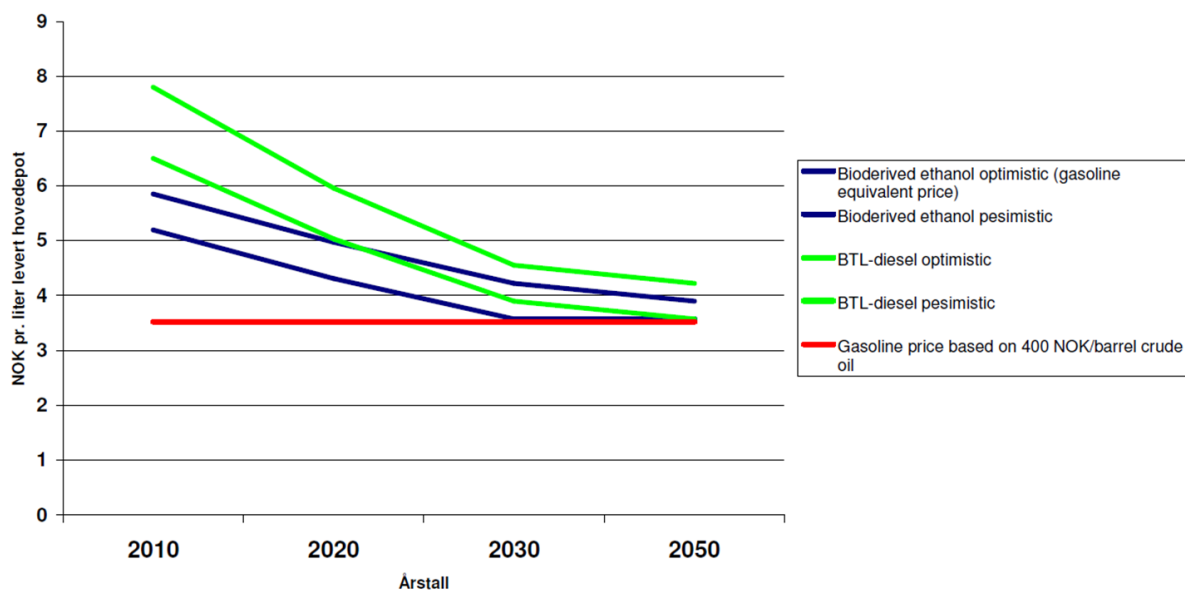


Biodrivstoff

Prisutvikling på biodrivstoff er avhengig av tilgang på råstoff, produksjonsmetode og utvikling innen produksjonsteknologi, om råstoffet/drivstoffet er tilgjengelig nasjonalt eller må importeres osv. International Energy Agency, IEA har utviklet noen prognoser for biodiesel og bioetanol, se Figur 8². Det er spådd fallende prisbilde for biodiesel og bioetanol, men usikkerheten er stor [7].

² Hentet fra rapporten; Vurdering av biodrivstoff i transportsektoren, KanEnergi og INSA

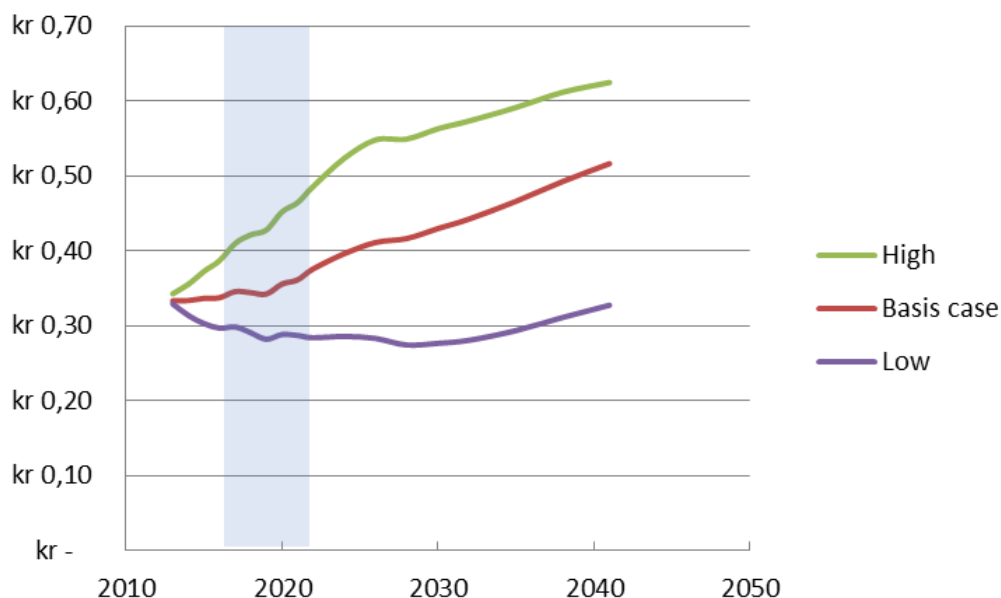
Figur 8 Prisutvikling på biodiesel og bioetanol (KanEnergi&Insa)



Elektrisitet

Grafen nedenfor viser forventet pris per kWh grønn kraft. Middelscenariet viser en begrenset prisvekst mot 2020. Det generelle bildet er at prisnivået skal opp fra dagens nivå.

Figur 9 Prisutvikling grønn kraft (SKM Market Predictor)



2.8.2 Avgiftsnivå

Endringer i avgiftssystemet er av avgjørende betydning for det relative prisforholdet mellom drivstofftypene. I dag er biogass, bioetanol, hydrogen og elektrisitet unntatt CO₂ avgift og veibruksavgift. Biodiesel er ilagt halv veibruksavgift, og ingen CO₂ avgift, mens det for naturgass er omvendt – ikke ilagt veibruksavgift, men har CO₂ avgift. Fossilt drivstoff er ilagt både veibruksavgift og CO₂-avgift etter ulike satser.

Hvilke endringer man kan forvente i skatt- og avgiftspolitikken i årene som kommer er det umulig å si noe helt klart om. Men det er ved ulike anledninger varslet omlegging av avgiftene i retning av prinsippet om at forurensere betaler, dette også som ledd i å innfri Norges internasjonale forpliktelser på miljøområdet. Dette taler kanskje for at noen av dagens faste avgifter blir volumbaserte i framtiden, og man kan forvente at de fossile drivstoffene blir relativt sett dyrere i årene som kommer, sammenlignet med alternativene.

Tabell 1 Dagens avgiftssatser. Kilde: Forslag til Statsbudsjett 2015

Avgifter	Diesel (kr/l)	Biodiesel (kr/l)	Naturgass (kr/Sm ³)	Biogass/ bioetanol	Hydrogen	Elektrisitet
Veibruksavgift	3,82	1,91	-	-	-	-
CO ₂ avgift	0,68	-	0,66	-	-	-

Det er varslet at Regjeringen i løpet av 2015 skal ta en helhetlig gjennomgang av «grønne» skatter, og i nylig fremlagt statsbudsjett skisseres det at resultatet av denne gjennomgangen skal være en politikk som stimulerer til bruk av ny teknologi og mer miljøvennlige valg. Dette vil så fall være i tråd med EU-kommisjonenes forslag til revidert energiskattedirektiv der avgiftssatsene settes etter energiinnhold, som vil gi høyere avgifter for f. eks bensin (32,5MJ/L) og biodiesel (33MJ/L), enn for hydrogen (4 MJ/L³). Endringen er foreslått som ledd i å nå energi- og klimamålene fastsatt i strategiarbeidet «Europe 2020» [8].

2.9 OPPSUMMERING BUSSKONSEPTER

Trender, teknologiutvikling og internasjonale og nasjonale politiske føringer drar alle i retning av en reell satsing på «nye» teknologier og drivstoff:

- **Euro VI** gjeldende fra 2014 reduserer NO_x utslipp med ca 90 % og PM10 med ca 50 %.
- **Ladbare hybridbuss** vil være kommersielt tilgjengelige innen få år.
- Usikkerhet knyttet til fremtidsbildet for **hybride gassbuss**.
- **Hel-elektriske busser** antatt kommersielt tilgjengelig nærmere 2020.
- Usikkerhet rundt fremtidsbildet for **hydrogenbuss**.
- **Kostnadsbilde** på «ny» teknologi reduseres stadig.
- Forventet økning i pris for fossile drivstoff.
- Forventet reduksjon i pris for biodrivstoff.
- **Usikkerhet rundt omlegging av avgifter**, men Regjeringen varsler at omleggingen av politikken fortsatt skal stimulere til bruk av ny teknologi og bedre miljøvalg.

Videre innehar de ulike busskonseptene forskjellige funksjonelle egenskaper:

- **Rekkevidde** – Diesalbuss har lengst rekkevidde, etterfulgt av gassbuss. I praksis har også gassbuss lang nok rekkevidde til å dekke de fleste vognløp, dvs fylle drivstoff kun en gang

³ Hydrogen 700 bar

pr døgn (natten over). Elektriske busser har foreløpig lavere rekkevidde, og kan ikke uten videre gå inn og dekke opp for en vanlig dieselsbuss i bytteforholdet 1:1.

- **Behov for ny infrastruktur** – Bussanleggene er i dag utstyrt med dieseltankanlegg. Gassbuss og hydrogenbuss krever betydelige investeringer i tankanlegg på bussanleggene. En ikke uvanlig modell er at gassleverandøren stiller tankanlegg, men det betales i praksis for dette gjennom gassprisen. Ladbare hybridbusser og el-busser krever ny infrastruktur i distribusjonsleddet for elektrisitet, dette gjelder i bussanlegget evt også underveis. Kapasiteten på strømforsyningen der el-bussene skal kobles til må også sjekkes ut.
- **Miljøegenskaper** – Hydrogen og el-busser er «best practice» både for lokale utslipp (PM10, NO₂) og globale utslipp (CO₂), samt støy. Miljøegenskapene er basert på en forutsetning der strømmen, indirekte i produksjon av hydrogen eller direkte er produsert fra ny-fornybare kilder slik som vann-, vind-, eller bølgekraft.

3 KRAV OG KRITERIER

I det foregående kapitlet er ulike busskonsepter (teknologi/drivstoff) beskrevet ut i fra dagens situasjon og forventet utvikling.

For å velge ut alternativer som egner seg best på Agder, er det i samarbeid med AKT og styringsgruppen formulert krav om at busskonseptene bør tilfredsstille følgende forhold:

1. Teknologien må være **moden og tilgjengelig**
2. Drivstoffet må være **tilgjengelig**
3. Busskonseptet bør gi **best mulig miljøgevinst per investerte krone**
4. Busskonseptet bør være **relevant** for reell driftssituasjon
5. Busskonseptet bør **opprettholde tilfredsstillende miljøegenskaper** gjennom hele anbudsperioden

Noen av disse forholdene vil vi behandle som absolutte. Dette gjelder for eksempel modenhet og tilgjengelighet i teknologi/infrastruktur og lokalt tilgjengelig drivstoff. Andre krav vil ha økonomisk konsekvens, som blir belyst i forhold til best mulig miljøgevinst per investerte krone. Til sist er det forholdet som gjør at et busskonsept passer bedre eller dårligere til AKT driftssituasjon.

I avsnittene som følger, beskrives de viktigste vurderingene knyttet til kriteriene og hvordan de gir føringer for grovsiling og videre analyse av de alternative busskonseptene.

3.1 ABSOLUTE KRAV TIL BUSSKONSEPTET

3.1.1 Modenhet og tilgjengelighet

Modenhet og tilgjengelighet i forhold til drivstoff og teknologi gir gjerne et bilde på kostnadene for investering, drift og vedlikehold. Forutsetningen om at busskonseptet (teknologi og infrastruktur) må være modent og tilgjengelig i 2017 er gitt av oppdragsgiver, og er således et absolutt krav.

Hva som er modent og tilgjengelig i 2017 kan være noe utfordrende å forholde seg til, da man ser store endringer i bussbransjen innenfor standardisering, teknologiutvikling og endringer i det interne prisforholdet mellom drivstofftyper. Vi har derfor valgt å konkretisere denne forutsetningen rundt bransjens tilbakemeldinger på hvilke busskonsepter som vil være i *serieproduksjon* innen 2017 [1].

Når det gjelder drivstoff, vurderes modenhet og tilgjengelighet ut fra *hva som finnes på markedet i dag*, eller *hva som kan være tilgjengelig på markedet* uten at det krever større investeringer i distribusjonsinfrastruktur.

I tillegg vurderes det hvor *mange bussleverandører* som leverer løsningen i dag. AKTs strategi for teknologi/drivstoff bør ikke låse AKT til én bussleverandør, fordi dette kan innebære en finansiell så vel som juridisk risiko, og det kan i ytterste konsekvens redusere innovasjonstakten på lengre sikt. Det er ønskelig at busselskapene selv velger bussmerke, for å utnytte dynamikken i markedet best mulig, og derfor kreves det som et minimum at to leverandører (og gjerne flere) kan tilby den foreslåtte løsningen.

3.1.2 Drivstoffet må være tilgjengelig for å begrense investeringskostnader

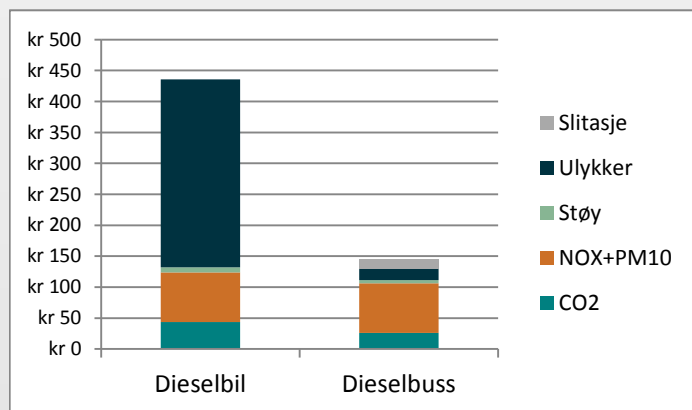
Tilgjengeligheten til ulike typer av drivstoff varierer en del i Agder. En satsing på et drivstoff som i dag ikke er tilgjengelig vil kunne utløse investeringer i produksjons- og distribusjonsløsninger, som i så fall er en relevant kostnad for denne analysen. Dersom man ser bort fra muligheten for ekstern finansiering, så rokker dette det grunnleggende miljøstrategiske dilemmaet om å ta trafikkveksten kollektivt, eller å produsere mest mulig miljøeffektivt. Eksempelet nedenfor viser samfunnsnyttene av å prioritere økt kollektivtilbud. Eksempelet understøtter hvorfor vi anser en satsing på kollektivtilbudet som viktigere enn eventuelle investeringer i produksjons- og distribusjonsløsninger for drivstoff. Dette underbygger hvorfor vi benytter «tilgang på drivstoff» som et absolutt kriterium i analysen.

Eksempel: Samfunnsnyttene av kollektivtrafikk

100 personer skal reise 10 km. De kan velge mellom buss og bil. Bussene er standard lavgulv dieselbuss med 37 sitteplasser og 25 ståplasser. Bilen er en ordinær diesel personbil med 4+1 sitteplasser. Både buss og bil blir gjennomsnittlig fylt opp med 25 % av kjøretøyets kapasitet. Hvilken løsning (bil eller buss) vil være best å velge fra et samfunnsperspektiv?

For å svare ut dette, må vi sette en kostnad på transportarbeidet. Transportøkonomisk institutt har kvantifisert hva transportarbeid koster samfunnet, i form av kr per km for blant annet støypilage, slitasje på vegen, ulykker og utslipp [9]. Vi må altså finne ut hvor mange km som kjøres i de to alternativene. Vi ser at vi trenger 7 busser eller 80 biler for å frakte 100 personer ($100 \text{ personer} / (\text{kapasitet kjøretøy} * 0,25)$). Kjørers de 10 km, må vi kjøre til sammen 70km hvis vi benytter buss mot 800 km hvis vi benytter bil.

Figuren under viser samlede eksterne kostnader ved å frakte 100 personer med henholdsvis bil og buss gitt forutsetningene over. Det er særlig ulykkeskostnader som er utslagsgivende, men også globale og lokale utslipp er samlet ca. 15 % høyere ved å benytte bil vs. buss i dette eksemplet.



Desto bedre bilen blir i sine miljøegenskaper, desto mindre utslipp vil disse generere. Foreløpig kjøres ca 99 % av all biltrafikk (målt i kjøretøykm) med enten diesel- eller bensinbil. Når det gjelder buss, er 540 av totalt 562 kjøretøykm produsert med dieselbuss [9]. Eksempelet vurderes derfor som for dagens situasjon.

De absolutte kriteriene blir benyttet til å gjøre en grovsiling av de alternative busskonseptene. Grovsilingen blir presentert i kapittel 4.

3.2 ØKONOMISKE KRITERIER

3.2.1 Mest mulig miljøgevinst per investerte krone

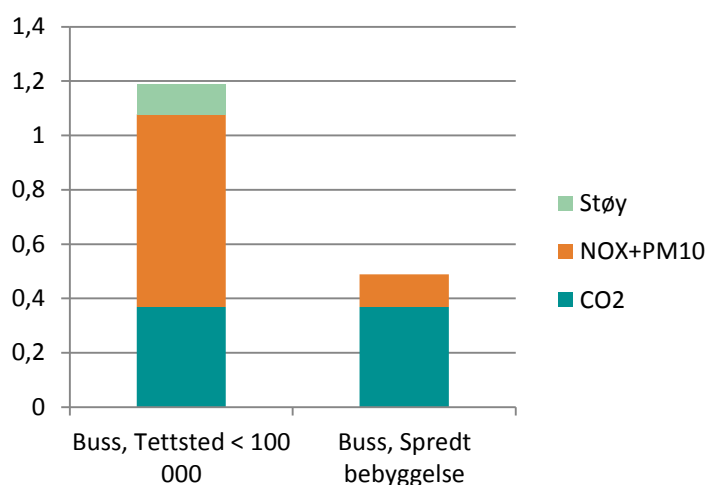
For å vurdere hvilket busskonsept som gir mest mulig miljøgevinst per investerte krone, må vi vurdere både bedriftsøkonomi og miljøkostnader. Det busskonseptet som samlet oppnår lavest kroneverdi vil være det konseptet som gir mest mulig miljøgevinst per investerte krone.

Bedriftsøkonomi vurderes ut fra investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader. I tillegg utføres investeringsanalyser for de ulike busskonseptene. Investeringsanalysene ser på et lengre tidsperspektiv, slik at man belyser nytten av eventuelle lave drifts- og eller vedlikeholdskostnader. Drifts- og vedlikeholdskostnader er oppgitt per km. I analysen vil det derfor gjøres et skille på bybuss og regionbuss, da de ofte kjører et ulikt antall km per år.

Den bedriftsøkonomiske analysen gir et svar på hvilket busskonsept som er mest økonomisk fordelaktig.

Miljøkostnader er del av hva man kaller eksterne kostnader i samfunnsøkonomien, og er et bilde på de skadekostnader som oppstår i forbindelse med, i dette tilfelle, busstransport. I analysen beregnes miljøkostnader knyttet til utslipp av partikler PM10, NO_x (NO₂+NO) og CO₂. Støy er utfordrende å kostnadsfeste, så dette vurderes kvalitativt.

Figur 10 Eksterne kostnader kr/km (TØI rapport 1307/201)4



Kostnader knyttet til kø, ulykker og slitasje er andre eksterne kostnader i samfunnsøkonomiske vurderinger. Siden disse stort sett vil være de samme for alle teknologier ser vi bort fra dette her.

Miljøkostnader vektes ulikt i forhold til hvor miljøeffektene oppstår. Lokale utslipp og støy «koster» samfunnet mer i byer da miljøbelastningen til én buss vil «plage» flere i byen enn i grisevirkende strøk. Dette kan resultere i at f. eks en hybridbuss gir høy miljøgevinst per investerte krone hvis den kjører i byen.

Ulempene med støy og lokale utslipp særlig i tettsteder og byer tilsier også at det er grunnlag for å differensiere strategien i byene og i regionene.

3.3 ØVRIGE KRITERIER

3.3.1 Busskonseptet bør være relevant for reell driftssituasjon

Som nevnt skilles de ulike busskonseptene seg noe i forhold til funksjonalitet. Bussens funksjoner må tilpasses den driftssituasjonen bussen skal operere i.

Det er i dag ca. 450 busser i rutedrift i Agder som leverer ca. 18 millioner rutekilometer, der Kristiansandsområdet, særlig mellom Kristiansand og Arendal står for litt over halvparten av totalt antall rutekilometer. Tilbudet består i skoleskyss, regionalt busstilbud og bybusser samt ferger. Det er store variasjoner i markedet som betjenes, fra høyfrekvente by-linjer til lokale skolebusser i grisgrendte strøk.



Figur 11 Antall passasjerer per år (AKT)

Dette tilsier at det kan være grunnlag for å differensiere strategien for by- og regionbusser.

Videre er det forhold knyttet til drift og vedlikehold som ikke kommer frem i den økonomiske analysen fordi vi analyserer enkeltbusser og ikke den reelle flåten. I en reell driftssituasjon skal en buss kjøres og det utføres vedlikehold på bussene enten som følge av rutinesjekk, eller som følge av skade. Både i forhold til drifts- og vedlikeholdsrutiner, opplæring av personell etc. er det fordelaktig at busskonseptene er så like som mulig. Tilbakemelding fra leverandørene er at optimal materiellstrategi er maksimalt to ulike busskonsepter (teknologi/drivstoff) i bytrafikk og ett busskonsept for regionbusser.

3.3.2 Busskonseptet bør opprettholde tilfredsstillende miljøegenskaper gjennom hele anbudsperioden

En vanlig kontraktsperiode for buss i Agder er åtte år, med opsjon på forlengelse av kontrakten i inntil to år. Med bakgrunn i hvor vi nå står, foran en periode som byr på teknologiskifte og endringer i tilgang på drivstoff, blir det spesielt viktig å vurdere om bussene som leveres for å vare i tiårsperioden er forberedt for mulige utviklingsretninger. Kan f.eks. en dieslbuss som anskaffes nå kjøres på 100 % biodiesel eller syntetisk diesel fra den dagen dette eventuelt blir kommersielt tilgjengelig? Kan en naturgassbuss kjøre på biogass dersom det etableres lokal produksjon? Vil en ladbar hybrid eller el-buss basere seg på ladeinfrastruktur som kan anses som standard?

En vurdering av om busskonseptet har potensial til å opprettholde tilfredsstillende miljøegenskaper gjennom hele anbudsperioden, er derfor et relevant kriterium.

Her kan også nevnes at AKT benytter innovative busskontrakter, og er blant de første i landet som har innarbeidet prinsipper om flåtestyring i kontraktene. Det medfører økte frihetsgrader for busselskapet til å fase busser ut og inn av kontraktene ut fra et helhetsperspektiv. I dette ligger også en type gardering for AKT ved at dersom en annen drivstofftype enn den som er valgt, i løpet av tiårsperioden utvikler seg til å bli både billigst og det beste miljøvalget, så kan denne fases i løpet av kontrakten. Det kan også gjøres vurderinger av bruk av kortere busskontrakter for en periode, men dette vil måtte bety økte enhetskostnader fordi bussoperatørene må avskrive investeringen sin i

busser over færre år. Nå ligger kontraktstrategi utenfor konsulentens prosjekt, men prinsippet om flåtestyring nevnes siden det anses som relevant innenfor dette silingskriteriet.

Økonomiske og øvrige kriterier blir benyttet i den detaljerte analysen av alternativene som går videre fra grovsilingen.

3.4 SPESIELT OM LADBAR HYBRID OG EL-BUSS

Fylkestinget i Aust-Agder gjorde 17.6.2014 vedtak om å søke Transnova om prekvalifisering for pilotprosjekt med el-buss i samarbeid med AKT og Setesdal Bilruter, med sikte på iverksetting senest fra 1.1.2017 [10]. AKT har lagt som premiss for arbeidet at elbuss/hybrid-teknologi skal være med videre til den detaljerte analysefasen, uavhengig av score på må- og bør-krav som følger av kriteriene definert i dette kapitlet. Denne rapporten definerer ikke pilotprosjektets innhold, men i lys av den generelle drivstoffstrategien for AKT diskuteres også hvordan et pilotprosjekt passer inn i denne sammenhengen.

4 GROVSILING

Dette kapittelet representerer en grovsiling av ulike alternativene som ble presentert i kapittel 2. Busskonsepter som oppfyller de absolutte kravene vurderes videre i forhold til de økonomiske kriteriene i kapittel 7. Til sist gjøres en vurdering av de øvrige kriteriene for å se om det er vesentlige fordeler eller ulemper som bør tas med i vurderingen i kapittel 8.

De absolutte kravene til busskonseptene er at de må være **modne og tilgjengelig** når det gjelder teknologi og infrastruktur, det må være **to eller flere leverandører** av busskonseptet [1] og drivstoffet må være **tilgjengelig** i regionen.

4.1 NULLALTERNATIV

EU stiller stadig strengere avgasskrav til nye kjøretøy, og fra 2014 er kravene skjerpet ytterligere på NO_x og partikkelutslipp (PM₁₀) gjennom Euro VI typegodkjenning. Det vil si at alle nye kjøretøy fra og med 2014 må tilfredsstille Euro VI-kravene. Euro VI B7 diesebuss benyttes derfor som referansealternativ i 2017-situasjonen.

4.2 DIESELBUSS

4.2.1 Moden teknologi

Diesebuss anses som svært moden teknologi. Bussen gir en stabil driftssituasjon og har kjente investerings- og vedlikeholdskostnader. Drivstoffkostnadene kan forventes å øke noe, både som følge av drivstoffprisen i seg selv og som følge av eventuelle økte avgifter på fossilt drivstoff. Diesebussen har lang rekkevidde og egner seg godt til kjøring både på korte og lengre avstander. Det er ingen andre fremdriftssystem som pr i dag er konkurransedyktig når det gjelder rekkevidde.

4.2.2 Flere leverandører

Alle bussleverandører leverer i dag busser for kjøring på diesel innblandet med 7 % biodiesel (B7) og syntetisk diesel. Minimum to bussleverandører leverer motorer egnet for 100 % biodiesel (RME) uten større endringer i motoren.

4.2.3 Tilgjengelig drivstoff

En innblanding av 7 % biodiesel er standard innblanding i dagens dieseldistribusjon. Diesel B7 og distribusjonssystemet for diesel B7 er etablert og tilgjengelig i Agder i dag. Overgangen til 100 % biodiesel eller syntetisk diesel kan skje gjennom samme distribusjonssystem via de samme distributørene, og er således kun avhengig av produksjonsvolum. Det betyr at AKT kan benytte 100 % biodiesel på sine busser, eventuelt også syntetisk diesel når/hvis dette blir tilgjengelig i markedet.

4.2.4 Delkonklusjon

Diesebussen oppfyller alle absolutte krav, og blir valgt videre til nærmere analyse.

4.3 GASSBUSS

4.3.1 Relativt moden teknologi

Gassbussen er moden teknologi, og kjøres i dag i en lang rekke byer og steder i Norge. Vi har tidligere vist til utfordringer knyttet til virkningsgrad i motoren, som generelt er lavere sammenlignet med dieslbuss, som medfører noe høyere drivstofforbruk. Gassbussen støyer mindre enn en dieslbuss og har noe lavere CO₂ utslipp.

4.3.2 Flere leverandører

Mer enn to leverandører leverer gassbusser.

4.3.3 Tilgjengelig drivstoff

En gassbuss kan kjøres både på naturgass og biogass. Begge deler er metan (CH₄) og det er således ingen endringer i gassmotoren, avhengig av om den kjører på naturgass eller biogass. Når man vurderer tilgjengelighet kan man derfor vurdere den samlet for begge drivstoffene.

Naturgass. Naturgassbusser kjører på CNG (compressed natural gas). Det er så vidt vi har bragt i erfaring ingen tilgjengelig distribusjon av CNG-gass i Agder pr nå, men det ville ikke være noen umulighet å etablere, samtidig som prisen vil henge sammen med volum. Det vises dessuten til noe svak konkurranse i markedet for levering av naturgass.

Når det gjelder ideen om etablering av naturgassanlegg i Kristiansand havn, har leveranse til AKTs busser vært nevnt i diskusjonen. Anlegget skal levere LNG-gass som er flytende gass (liquid natural gas). Det finnes ingen bussleverandører som leverer eller har planer om å levere busser for LNG. Dersom anlegget i Kristiansand havn skal benyttes av busser i trafikk for AKT, må gassen først omformes fra flytende til komprimert form. Kostnaden for etablering av et anlegg som komprimerer gass er foreløpig anslått til 10-20 millioner kr [11]. I tillegg kommer transportkostnader for å frakte gassen fra havna til bussanleggene. Dette fordi CNG-busser benytter seg av saktefylling (natten over), og at det sannsynligvis ikke er plass eller ønskelig å etablere bussanlegg i havna.

Biogass. Det har vært foretatt utredninger knyttet til lokal biogassproduksjon i Agder. Asplan Viak har utredet muligheten for biogassproduksjon i Aust-Agder, og konkluderer med at et industrielt anlegg *kan gi* konkurransedyktige behandlingspriser sammenliknet med eksport til biogassanlegg i Sverige eller Danmark [12]. Volumet for biogass på Agder er imidlertid vurdert som noe lavt. Ser man på forbrukssiden, og da særlig transport, er biogass forfordelt ved at denne foreløpig er fritatt både veibruksavgift og CO₂-avgift frem til 2015. Det er som nevnt usikkert hvorvidt man kan anta at fritaket opprettholdes, men fordi biogass sannsynligvis fortsatt vil anses som et relevant virkemiddel på veien mot mer miljøvennlig transport, og særlig et virkemiddel for å nå klimamålet, er det sannsynlig at avgiftspolitikken vil opprettholdes.

Selv om det skulle være potensial for biogassproduksjon i Agder, er et slikt anlegg ikke etablert og vil mest sannsynlig ikke kunne levere biogass til bussene før minimum 5-10 år. Det er heller ikke tilgjengelig distribusjonsløsninger for biogass produsert andre steder i landet, og en slik løsning vil også utfordre miljøeffekten ved å benytte biogass, gitt utslipp knyttet til distribusjon.

4.3.4 Delkonklusjon:

Gassbussen oppfyller to av tre absolutte krav, men det er noe usikkerhet knyttet til om det vil være tilgjengelig gassdistribusjon til å betjene bussene i 2017. Dette vil ha en merkostnad. Fordi det er en mulighet for at naturgass kan bli tilgjengelig i regionen, velger vi å ta med gassbussen videre til analysen, slik at den blir vurdert også i forhold til økonomiske og øvrige kriterier.

4.4 ETANOLBUSS

4.4.1 Delkonklusjon:

Det er kun Scania som produserer etanolbusser, og det er ikke tilgjengelig distribusjon av etanol i Agder. Etanolbussen oppfyller det absolutte kravet om moden teknologi, men ikke om antall leverandører eller tilgjengelighet i drivstoff. Etanolbussen vurderes dermed ikke videre.

4.5 HYBRIDBUSS

4.5.1 Moden teknologi

Hybridbusser basert på diesel er moden teknologi. Hybridbusser i kombinasjon med gass er foreløpig under utprøving. Ladbare hybridbusser er forventet i serieproduksjon i 2016, og er foreløpig en umoden teknologi knyttet til pilot-prosjekter og uttesting, blant annet av lade-enhetene.

4.5.2 Flere leverandører

Flere leverandører leverer i dag dieselhybrider. Leverandørene har noe ulike motorkonfigurasjon (parallell eller seriell), men etter samtaler med bransjen er funksjon og ytelse på de to ulike konseptene svært like. Det skilles derfor ikke på den ene eller andre typen.

Det er kun én leverandør, Volvo som har satt et tidsaspekt på serieproduksjon av ladbare hybrider.

4.5.3 Tilgjengelig drivstoff

Tilsvarende som for dieselbussen, vil en dieselhybrid ha tilgjengelig drivstoff i regionen. En innblanding av økt biodiesel eller syntetisk diesel vil også være mulig.

Tilsvarende er det for den ladbare hybriden, med unntak av ladeenhetene som må etableres. Dette vil utgjøre en merkostnad.

4.5.4 Delkonklusjon:

Dieselhybriden oppfyller alle absolutte krav og vil således gå videre til detaljert analyse.

Flere aktører avventer produksjon av gasshybridbuss, og det er usikkerhet knyttet både til teknologi og til tilgjengelig drivstoff i Agder for gass. Gasshybriden anses dermed ikke til å oppfylle de absolutte kravene og vil ikke gå videre til nærmere analysen.

Den ladbare hybriden er forventet å komme relativt raskt inn i markedet. Bussen testes nå både i Gøteborg og i Sverige, og er således interessant også for AKT. Vi anser den ladbare hybriden til å være på grensen av hva som kan defineres som moden teknologi, men flere leverandører har planer om

produksjon av en slik type buss. Den ladbare hybriden går ikke videre til analyse, men blir diskutert som et eget eksempel i kapittel 6.

4.6 ELEKTRISKE BUSSE

I kapittel 2.5 ble både batteri-busser og hydrogenbusser omtalt som elektriske busser. I det følgende omtales kun batteri-busser. Hydrogenbusser omtales i kap. 4.7.

4.6.1 Foreløpig lite moden teknologi

De elektriske bussene, med unntak av trolleybuss, er foreløpig lite moden teknologi for større kjøretøy grunnet batterikapasitet og liten grad av standardisering innenfor lade-enheter. Leverandørene ingen tidslinje for når man kan forvente el-bussen i serieproduksjon, men de fleste anslår noen år etter 2016, da den ladbare hybrid er forventet satt i serieproduksjon [1]. Fordelen med de elektriske bussene, til forskjell fra hydrogenbussene er at det er en utvikling og en satsing på bussen fra leverandørenes side. Man begynner også å se konturer av standardisering innenfor pantograflading, lade-enheten kan benyttes både til ladbare hybrider og til hel-elektriske busser.

Typiske egenskaper for en buss som kan lade om natten/i endepunkt er at den har en rekkevidde på ca. 11 mil i flatt terreng og har en ladetid på 4 timer. Tallene gjelder for en el-buss, som i tillegg har en gassmotor for å drive klimaanlegget. En annen leverandør oppgir en rekkevidde for samme type buss på ca. 30 mil i bytrafikk, der batteriet lades i løpet av 3 timer, men dette er enda ikke testet i nordiske land. El-bussen som lades via pantograf i Umeå, Sverige, har en rekkevidde på ca. 40 km før den må lades

4.6.2 Antall leverandører

Innenfor elektriske busser er leverandørsiden noe mer sammensatt. For det første finnes eksempler på at bussprodusenter i Europa samarbeider på tvers om utvikling av ny teknologi. For det andre er det etablert samarbeid mellom selskaper i Europa og Asia. I Asia, spesielt Kina, finnes flere leverandører og etter hvert mange erfaringer med drift av el-busser. Imidlertid er bussene vurdert som ikke gode nok for trafikk mange steder i Europa. I nordiske vinterforhold er vi blant annet opptatt av klimaanlegg, doble isolerende vinduer, universell utforming og god passasjerkomfort. I følge Boreal er dette blant årsakene til at den tidligere omtalte pilotprosjektet i Stavanger har gått bort fra asiatisk bygd buss til europeisk buss, til tross for at dette reduserte antall busser i pilotprosjektet. For det tredje har det kommet nye aktører på markedsplassen som leverer deler av teknologien i og rundt bussen.

4.6.3 Tilgjengelighet på drivstoff og ladeteknologi

El-busser, uavhengig av type krever ny infrastruktur. Den mest fleksible el-bussen er den som ikke binder bussen til en trasé og er den som kan lade om natten/i endepunkt. Foreløpig er ladeløsninger lite standardisert. Drivstoffet (elektrisitet) er tilgjengelig. I Norge har vi rikelig tilgang på grønn, fornybar strøm, og har med det trolig spesielt gode forutsetninger for å ta i bruk el-busser, sammenlignet med land som produserer elektrisitet fra kullkraftverk. Ladestasjonene krever ofte oppsett av en transformator, og infrastrukturen (transformator + lade-enhet) er foreløpig dyr. Sintef

anslår kostnader mellom 0,5 – 5 mill kr pr enhet avhengig av om det er henholdsvis plug-in lading eller pantograf lading.

4.6.4 Delkonklusjon

El-bussen som den tilbys i markedet i dag, oppfyller ikke absolutte krav til busskonseptet. Det er foreløpig liten moden teknologi, og valg av buss er leverandørvhengig. Stavanger skal teste ut to el-busser i ordinær drift, der usikkerheter særlig knyttet til drift og vedlikehold vil avdekkes. Dette vil være av verdi for eventuell implementering av el-busser i Agder på et senere tidspunkt. Foreløpig, slik som de elektriske bussene leveres i dag, vil de ikke gå videre til nærmere analyse, men diskuteres i kapittel 6.

4.7 HYDROGENBUSS

4.7.1 Delkonklusjon

Hydrogenbussen kjøres i dag kun som pilot. Ruter har fem busser i trafikk. Det er ingen markedsleveranse av hydrogenbusser og det er ikke tilgjengelig eller planlagt distribusjon av hydrogen i Agder. Hydrogenbussen oppfyller ingen av de absolutte kravene og vurderes ikke videre.

4.8 BUSSKONSEPTER SOM GÅR VIDERE TIL ANALYSE ELLER DISKUSJON

Følgende busskonsepter oppfyller alle absolutte krav og går videre til analysen:



Dieselbuss
7 %
biodiesel



Dieselbuss
100 %
biodiesel



Gassbuss
naturgass



Hybridbuss
7 %
biodiesel



Hybridbuss
100 %
biodiesel

Følgende busskonsepter er noe umodne, men går videre til diskusjon på grunn av rask teknologiutvikling og mulig serieproduksjon i nær fremtid:



Hybridbuss
Ladbar



El-buss

5 ANALYSE

For å besvare spørsmålet om hvilket busskonsept som gir mest miljøgevinst per investerte krone, skal busskonseptene skal nå analyseres basert på de økonomiske kriteriene fastsatt i kapittel 3.2.

Deretter vurderes konseptene opp mot øvrige kriterier; hvordan busskonseptet vil opprettholde tilfredsstillende miljøegenskaper gjennom hele anbudsperioden og hvordan de påvirker den reelle driftssituasjonen.

5.1 FORUTSETNINGER FOR BEREKNINGENE

For å analysere busskonseptene, er det behov for å ta noen generelle forutsetninger knyttet til driftssituasjon og forbruk. Forutsetningene vil ha påvirkning på resultatene, og det er forsøkt å etablere så riktige forutsetninger som mulig. Alternativene vurderes opp mot en referansebuss, som er valgt å være en Euro VI diesel B7 buss. Vi tar utgangspunkt i en 12 m normalgulv/laventré buss, med følgende generelle forutsetninger.

Tabell 2 Generelle forutsetninger i analysen

Generelle forutsetninger	
Antall km	Bybussene kjører ca. 70 000 km i året, regionbussene ca. 30 000 km
Drivstofforbruk	Vi baserer oss på gjennomsnittsforbruk: - Dieslbuss på diesel/biodiesel 4liter/mil - Gassbuss bruker 6,5 Sm³/mil⁴[13] - Hybridbuss bruker 25 % mindre drivstoff sammenlignet med en dieslbuss⁵
Spesielt om 100 % biodiesel	Kuldeegenskapene til biodrivstoff er noe dårligere enn vanlig diesel. Man kan derfor ikke forventet at bussen kjører på biodiesel hele året. Det forutsettes at man benytter biodiesel 2/3 av året, og vanlig diesel 1/3 av året.

5.1.1 Forutsetninger for økonomiske beregninger

Økonomiske datagrunnlag for de busskonseptene er i hovedsak basert på rapporten «Busmaterieellstrategi, drøftingsnotat til Ruters videre strategiarbeid» av COWI 2012, som igjen er basert på TØI «Sammenligning for Ruter, miljøegenskaper bybusser 2011» med oppdateringer.

Tabell 3 Generelle økonomiske forutsetninger i analysen

Levetid buss	10 år basert på en anbudsperiode på 8+2 år
Internrente	4,5 %
Restverdi buss	Forutsetter 0,- i restverdi på buss
Drivstoffkostnad	Biodiesel 11 kr/l med avgifter, ekskl mva [14]
	Diesel 10,8 kr/l med avgifter, ekskl mva [14]
	Naturgass 5,5kr/l uten avgifter [2]

⁴ Drivstofforbruket for gassbusser oppgis fra ca 0,5-0,8 Sm³ i ulike kilder. Vi har basert vårt forbruk på reelle forbruksdata fra gassbussene i Trondheim, og benyttet et gjennomsnitt av dette (se vedlegg 4).

⁵ Volvo anslår reduksjon på opptil 39 % med sin hybrid (www.volvo.no). Scania anslår 25 %. MAN anslår 30 %. Vi legger til 25 % reduksjon i drivstoff i analysen.

Tabell 4 Avgifter på drivstoff. Kilde: Statsbudsjettet 2015

Avgifter	Diesel	Biodiesel	Naturgass
Veibruksavgift	3,82 kr/l	1,91kr/l	-
CO ₂ avgift	0,68 kr/l	-	0,66 kr/Sm3

Tabell 5 Kostnadsestimat. Kilde: COWI 2012 [15]. Drivstoffkostnadene utregnet av Analyse & Strategi

Motor	Drivstoff	Investeringskostnad	Drivstoffkostnad** [-/km]	Vedlikeholdskostnader [-/km]
Euro VI	Diesel B7	2 010 000	4,3	2,15
Euro VI	Diesel B100	2 010 000	4,8	2,34
Euro VI	Naturgass*	2 613 000	4,8	2,8
Hybrid	Diesel B7	2 653 200	3,2	2,24
Hybrid	Diesel B100	2 653 200	3,6	2,47

*COWI har kun oppgitt naturgassbuss i EEV standard. Basert på tilbakemeldinger fra bransjen vil en Euro VI gassbuss ligge ca. 30 % over en Euro VI dieselbuss i innkjøpskostnader, og ha 30 % høyere vedlikeholdskostnader og noe høyere drivstofforbruk grunnet lavere virkningsgrad i en gassmotor. Estimater er endret i tråd med dette.

**Drivstoffkostnad eksklusiv skatter (mva) og avgifter (veibruksavgift og CO₂ avgift).

5.1.2 Forutsetninger for miljøkostnader

I tillegg til bedriftsøkonomiske kostnader, oppstår samfunnsmessige kostnader som følge av miljøegenskapene til bussen. Miljøkostnader er skadekostnader som oppstår i forbindelse med forbrenning av drivstoff, her: utslipp av partikler PM₁₀, NO_x og CO₂. I tillegg til miljøkostnadene kommer samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til støy, kø, ulykker, tid osv. Støykostnader kan variere mellom de ulike busstypene, men er utfordrende å kvantifisere da dette krever bl.a. støymålinger. Generelt støyer gassbussen mindre enn dieselbussen, hybridbussen støyer mindre enn konvensjonelle busser da elektromotoren er støysvak, og el-busser er svært støysvake (se Vedlegg 1). Øvrige samfunnskostnader (kø, ulykker, tid) vil stort sett være de samme for busskonseptene, og vi ser derfor bort fra disse.

Vi benytter TØI sine oppdaterte enhetsverdier for skadekostnader knyttet til lokal luftforurensning [9]:

- 695kr/kg PM₁₀ (tettsted)
- 0 kr/kg PM₁₀ (spredt bebyggelse)
- 79kr/kg NO_x (tettsted)
- 0 kr/kg NO_x (spredt bebyggelse)

For CO₂ kostnad, benytter vi TØI sitt estimat [16]:

- 350kr/tonn for CO₂ (uavhengig av bebyggelsestetthet)

Ideelt sett vil busser med Euro VI motorer kun få avgassutslipp på 0,08g NO_x /km og 0,018g PM₁₀/km. Erfaringer fra testing er at utslippene blir noe høyere, men i analysen benyttes dette som et utgangspunkt.

For å beregne effekten av biodrivstoff, må vi legge til en «well to tank» faktor. Denne tar hensyn til klimapåvirkningen som stammer fra produksjonsprosessene til drivstoffet. For biodrivstoff, vil de

direkte utslippene av CO₂ være like som for fossilt drivstoff, men biodiesel er anslått til å ha 50 % lavere klimabelastning i et livsløpsperspektiv, sammenlignet med fossilt [16].

Tabell 6 Avgassutslipp og årlig miljøkostnad. Kilde TØI 2011. Justert for Euro VI krav på gassbuss og hybridbuss med 100 % RME

Motorteknologi	Drivstoff	Utslippsfaktorer [tank-to-wheel]			CO ₂ – factor [well-to-tank]
		NOx g/km	PM10 g/km	CO ₂ g/km	
Euro VI	Diesel + 7 % RME	0,8	0,018	1052	1,1
Euro VI	100 % RME	0,8	0,018	1052	0,5
Euro VI Hybrid	Diesel + 7 % RME	0,5	0,01	700	1,1
Euro VI Hybrid	100 % RME	0,5	0,01	700	0,5
Euro VI	Naturgass	0,8	0,018	700	1,08

Miljøkostnadene knyttet til lokale utslipp er vektet ulikt om miljøutslippene oppstår i by/tettsted eller i områder med spredt bebyggelse. Dette er fordi lokale utslipp vil bli mer konsentrert i byområder og dermed mer plagende for innbyggere.

Tabell 7 Miljøkostnader. Kilde: TØI rapport 1307/2014

Kostnader/km	Tettsteder (under 100 000 innbyggere)		Spredt bebyggelse	
	CO ₂	NO _x +PM10	CO ₂	NO _x +PM10
Dieselbuss (Euro VI)	0,36	1,15	0,36	0,71
Dieselbil	0,05	0,1	0,05	0,01

Tabell 8 Utslippskostnader ved ulike Euroklasser. Kilde: TØI rapport 1307/2014

Kostnader/km					
	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V	Euro VI
Dieselbuss tettsteder	1,02	0,89	0,62	0,5	0,14
Dieselbuss spredt bebyggelse	0,2	0,15	0,10	0,06	0,01

5.2 RESULTATER

Følgende busskonsepter blir analysert nærmere i denne delen:

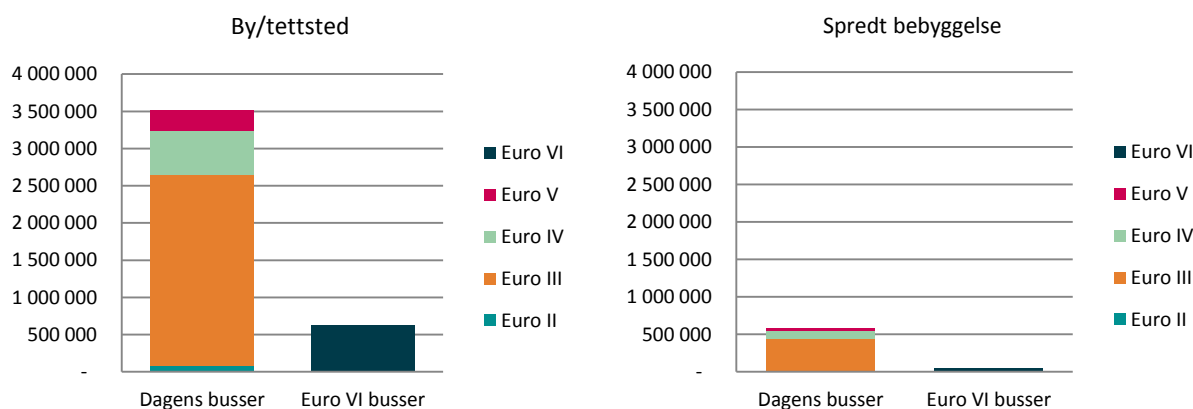
- Euro VI med 7 % biodiesel (Euro VI B7 – standard innblanding)
- Euro VI med 100 % biodiesel (Euro VI B100)
- Euro VI med 7 % biodiesel – Hybrid
- Euro VI med 100 % biodiesel – Hybrid
- Euro VI med naturgass

Busskonseptene analyseres etter ulike driftsforutsetninger om det er en typisk bybuss (70 000 km i året) eller en regionbuss (30 000 km i året).

5.2.1 Hva vil en oppdatering av dagens flåte til Euro VI busser gi av miljøeffekter?

Dagens busspark som kjører for AKT er sammensatt av busser med ulik alder og utslippsklasse. En overgang fra dagens flåte til Euro VI B7 dieselbusser vil derfor gi betydelig lavere lokale utslipp. Vi tar utgangspunkt i at noe i overkant av 100 busser skal fornyes i 2015. Fordelingen av Euroklasser er gitt av AKT, og vi forutsetter at hver buss kjører i gjennomsnitt 40.000 km i året.

Figuren under viser reduksjon i årlige miljøkostnader som følge av overgang til Euro VI. Når bussene betjener byer og tettsteder vil man oppnå en årlig redusert miljøkostnad for de lokale utslippene på 3 mill kr. Hvis bussene trafikkerer regionale strøk er besparelsen lavere, ca 500.000 kr årlig. Dette tilsier at hvis man blir nødt til å velge, så bør fornyelsen av bussparken i byer og tettbygde strøk prioriteres foran spredtbygde strøk, gitt at formålet er å redusere de lokale utslippene.



Figur 12 Årlige miljøkostnader ved dagens flåte og overgang til Euro VI⁶.

⁶ Forutsetninger: 112 busser, kjører 40 000 km i året i enten tettsted eller spredt bebyggelse. Kilde: TØI 2014 Tabell V2.15 Eksterne marginale utslippskostnader

5.2.2 Årlige kostnader

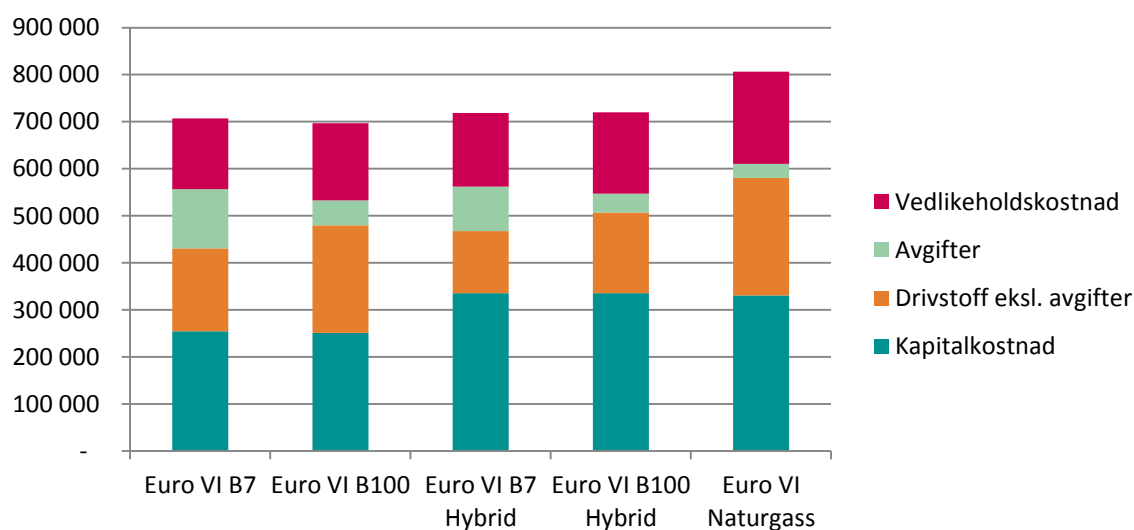
Bedriftsøkonomi

Innenfor den bedriftsøkonomiske analysen er følgende tallstørrelser vurdert som relevante:

- **Kapitalkostnader** uttrykker årlig nedskrivning og renter på investeringen i bussen, og uttrykker dermed forskjeller i innkjøpspris for ulike busstyper.
- **Drivstoffpris og avgifter** er valgt splittet opp i to komponenter.
- **Vedlikeholdskostnader** er et uttrykk for både periodisk og oppstått vedlikehold.

Andre kostnadsstørrelser kommer i tillegg til dette, men er ikke tatt med her da de ikke vurderes som relevante for sammenlikningen. Den største enkeltkostnaden for busselskapet er vanligvis førerkostnaden, som må anses å være upåvirket av alternativene som her vurderes. Det er først dersom et teknologivalg utløser behov for flere busser at førerkostnaden blir relevant (la oss tenke oss f.eks. ladetid på endeholdeplassen til el-bussen som skulle medføre behov for å tilsette 1-2 ekstra busser pr linje/vognløp). Den samlede kostnaden ved å holde en bybuss i trafikk er ordinært ca 1,5 – 2 mill kr pr år.

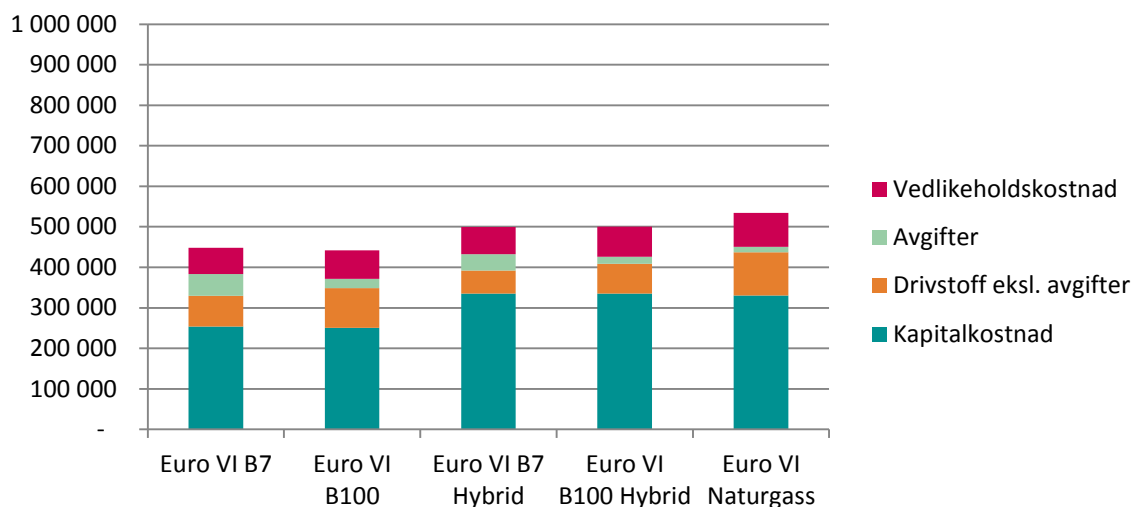
Nedenfor årlige kostnader for en buss som kjører 70.000 km pr år. Busser i by- og tettstedstrafikk for AKT, samt langlinjer, ligger opp mot eller over dette nivået i antall kjørte kilometer pr år.



Figur 13 Årlige kostnader for en buss som kjører 70.000 km i året.

Vi ser at hybridbussen har noe høyere innkjøpskostnad enn nullalternativet. Vi ser dernest at drivstofforbruket er lavere på hybridbussene. B100 er dyrere enn B7 i innkjøp, men kompenseres til en viss grad med lavere avgifter. Ved dagens priser, og gitt forutsetningene i kap. 5.1 vil årlige kostnader for de ulike konseptene variere med mellom 0-20.000 kr årlig pr buss, med unntak av Euro VI Naturgass. Gassbussen er ca 30 % dyrere i investering, har relativt høye vedlikeholdskostnader og selv om drivstoffkostnaden er lav, bruker gassbussene mer drivstoff per km slik at fortrinnet utjevner seg noe.

Nedenfor tar vi for oss en buss som kjører 30.000 km i året. Dette er representativt for en del av AKTs busser i distriktene, skolebusser, lokalbusser, mv.

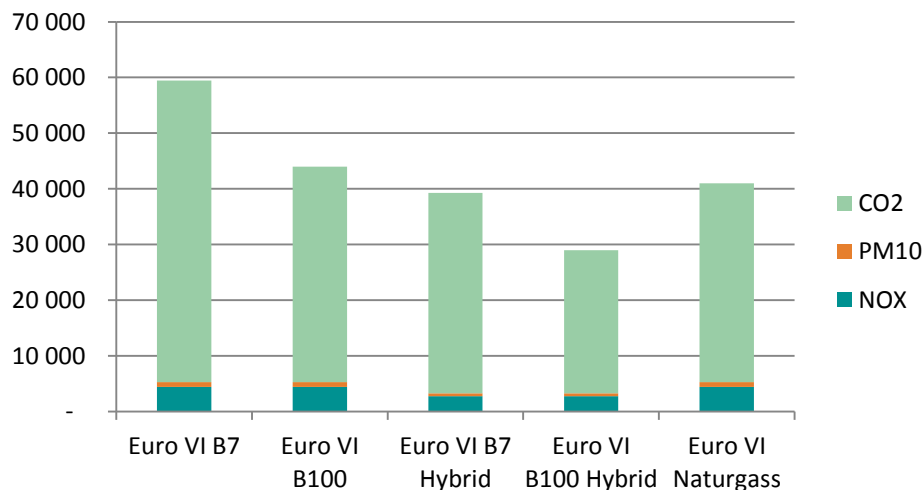


Figur 14 Årlige kostnader for en buss som kjører 30.000 km i året

For busser som kjører 30.000 km i året er kostnadsforskjellene større. Også her står referansealternativet, Euro VI B7 dieselbuss, seg som det økonomisk mest fordelaktige alternativet. Bruk av biodiesel B100, når dette er tilgjengelig vil redusere kostnadene noe, da biodiesel er lavere avgiftsbelagt enn diesel B7.

Miljøkostnader

Det forutsettes at bussen som kjører 70.000 km i året er en bybuss. Dette gir utslippskostnader for lokale utslipp.

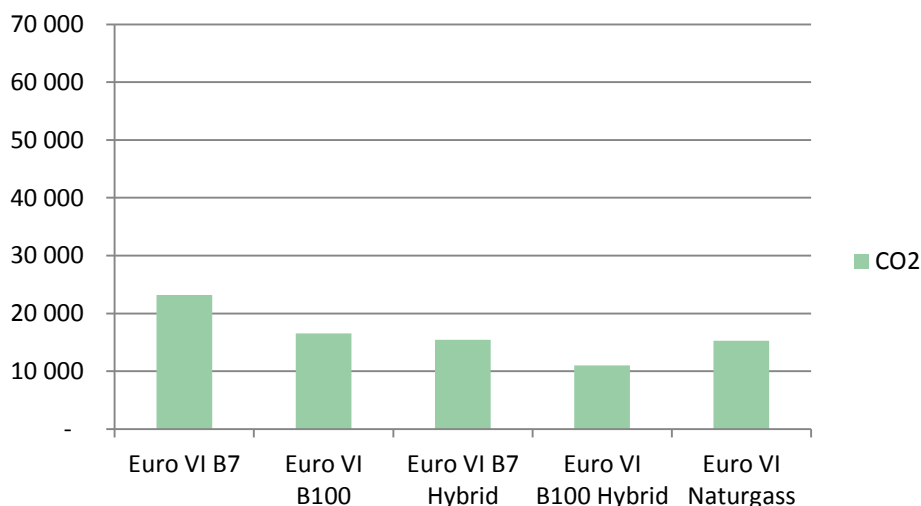


Figur 15 Årlige miljøkostnader for en bybuss som kjører 70.000 km i året

Vi minner om at ikke alle AKTs busser kjører Euro VI-standard, og at overgang fra eldre busser til Euro VI-standard vil innebære en vesentlig utslippsreduksjon i seg selv. Euro VI B7 utgjør et sterkt

nullalternativ i analysen når det kommer til utslipp og miljø. En hybridbuss gir lavere lokale og globale utslipp, fordi den har lavere drivstofforbruk. Hybridbussen og gassbussen støyer dessuten mindre enn en dieslbuss, og er således en positiv effekt for disse alternativene. Støy er ikke kostnadsfestet, og er derfor ikke inkludert i den kvalitative analysen.

En buss som kjører 30.000 km i året derimot, er forutsatt å være en regionbuss. I områder med spredt bebyggelse, er skadekostnaden for NOX og PM10 satt til 0. Derfor vises kun kostnader knyttet til CO₂.



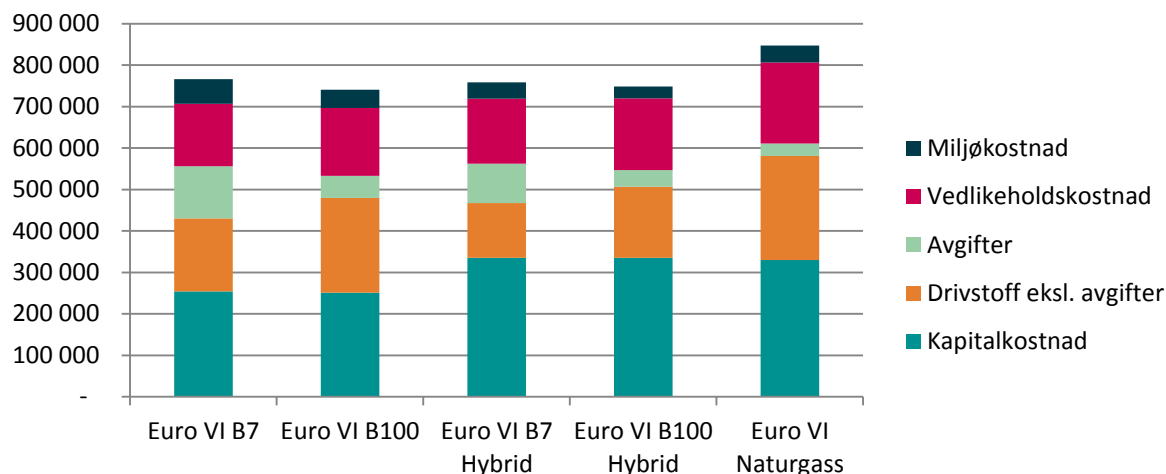
Figur 16 Årlige miljøkostnader for en buss som kjører 30 000 km i året

Sum kostnader

Nedenfor summerer vi utvalgte, relevante bedriftsøkonomiske kostnader og miljøkostnader. Dette gir et bilde på hvilket busskonsept som gir best mulig miljøgevinst per investerte krone.

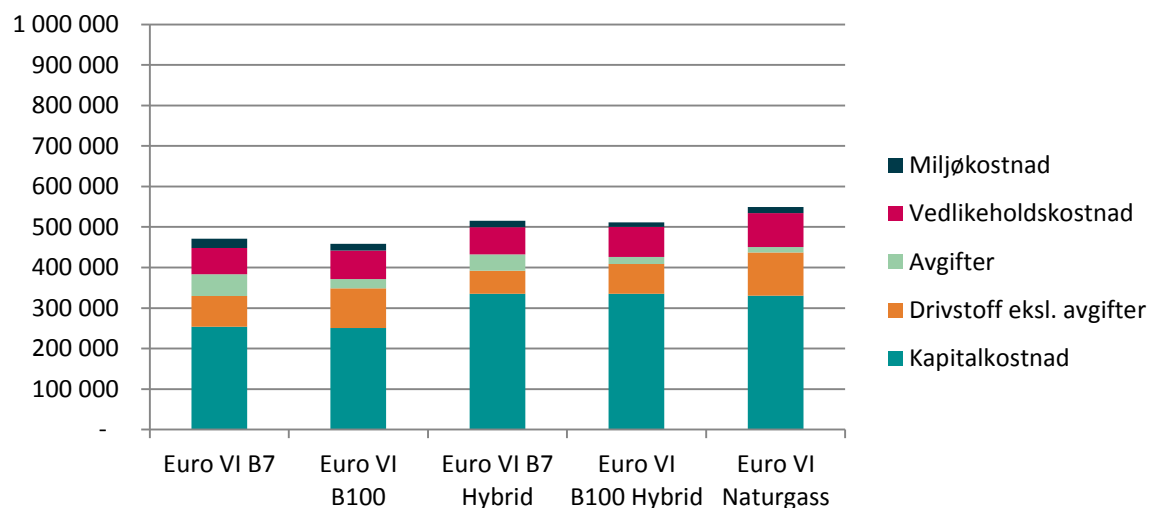
For busser som kjører 70.000 km i året i tettsted/by, så er resultatene nokså jevne for de fire beste konseptene. Det er Euro VI B100-bussen, som kjører på 100 % biodiesel i 2/3 av årets måneder, som gir best miljøgevinst for investeringen, men forskjellene er marginale. Hadde imidlertid støykostnader vært prissatt og tatt med, som er mest relevante for by/tettsted, ville hybridbussen sannsynligvis kommet best ut.

Naturgassbussen gir lavest miljøeffekt av investeringen blant alternativene vi har sett på.



Figur 17 Totale årlige kostnader for en buss som kjører 70.000 km

Nedenfor resultater for en buss som kjører 30.000 km i året i spredtbygde strøk. Den konvensjonelle dieselbussen gir mest miljøgevinst per investerte krone i slike markeder. Bussen som kjører på B100 2/3 av året er marginalt meste miljøvalg.



Figur 18 Totale årlige kostnader for en buss som kjører 30.000 km i året

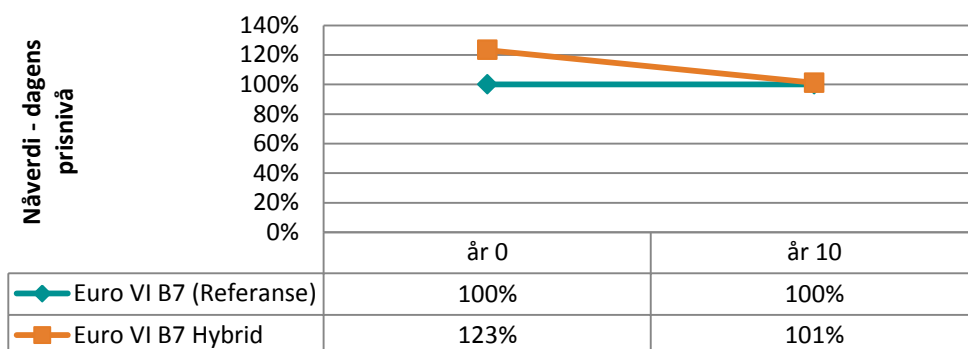
Miljøkostnadenes andel av totale kostnader er små i spredtbygde strøk, men er betydelige og til dels helt avgjørende for valget av busskonsept i by/tettbygde strøk. Dette peker på en differensiert strategi.

5.2.3 Investeringsanalyse

Vi så at hybridbussen kom tilnærmet likt ut som B7 dieselbuss ved å se samlet på miljøkostnader og bedriftsøkonomiske kostnader. Videre lå hybridbussen tett opptil den konvensjonelle dieselbussen rent bedriftsøkonomisk for en buss som kjører 70.000 km i året.

Hybridbussen har lavere driftskostnader enn referansebussen, da det er estimert en drivstoffbesparelse på ca 25 %. For å vurdere hvilket alternativ som er mest økonomisk fordelaktig for AKT, må vi vurdere livsløpskostnader for de to ulike bussene, gitt en anbudsperiode på 10 år.

Vi tar utgangspunkt i bussen som kjører 70.000 km i året. Grafen viser at i løpet av en tiårsperiode, vil hybridbussen være tilnærmet like lønnsom som referansebussen. Kalkulasjonsrenten er satt til 4,5 % og restverdien på bussen er satt til null etter 10 år.



5.2.4 Sensitivitetsvurderinger

Analysen over gir et bilde av investeringskostnader, drift- og vedlikeholdskostnader som er basert på forutsatte kostnads- og forbrukstall. Vi vil se på hva som skjer hvis vi endrer på kostnadstallene, og hvor sensitive de ulike busskonseptene er til prisøkning.

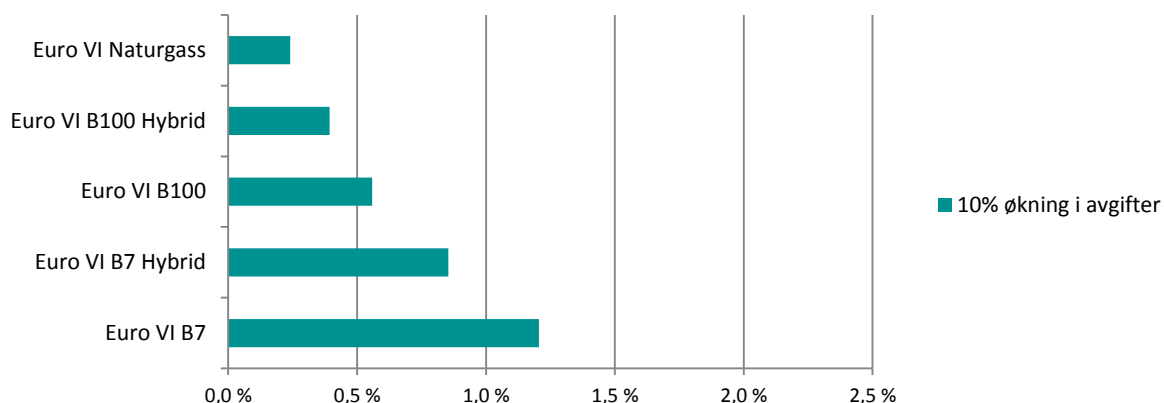
Vi øker først investeringskostnadene med 10 % for å se hvor mye dette slår ut på totalt årlige kostnader. Deretter gjør vi det samme for drivstoffkostnad, avgifter og vedlikeholdskostnad. Tabellen under oppsummerer utslagene.

Tabell 9 Sensitivitet på totale årlige kostnader ved 10 % endring av investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnad

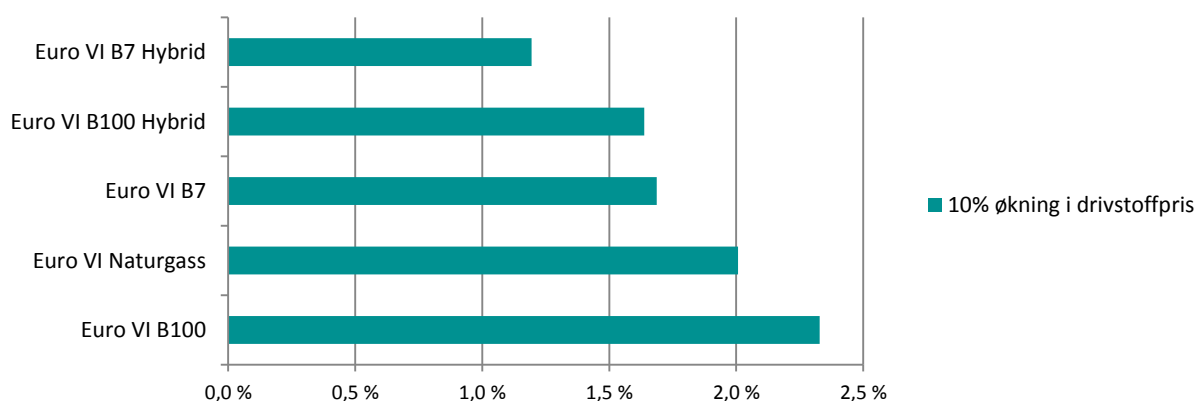
30 000 km	10 % økning			
	Kapitalkostnad	Drivstoffkostnad	Avgifter	Vedlikehold
Euro VI B7	5,6 %	1,7 %	1,2 %	1,4 %
Euro VI B100	6,3 %	1,7 %	0,5 %	1,5 %
Euro VI B7 Hybrid	12,7 %	1,2 %	0,8 %	1,3 %
Euro VI B100 Hybrid	13,7 %	1,2 %	0,4 %	1,4 %
Euro VI Naturgass	14,1 %	2,0 %	0,2 %	3,3 %

Drivstoff- og avgifter anses som de mest usikre kostnadskomponentene. Her ser vi at de busskonseptene som i dag har lave avgifter, kommer best ut. Hybridbusser er generelt mindre sensitive for endringer enn den konvensjonelle dieselbussen, grunnet lavere forbruk av drivstoff.

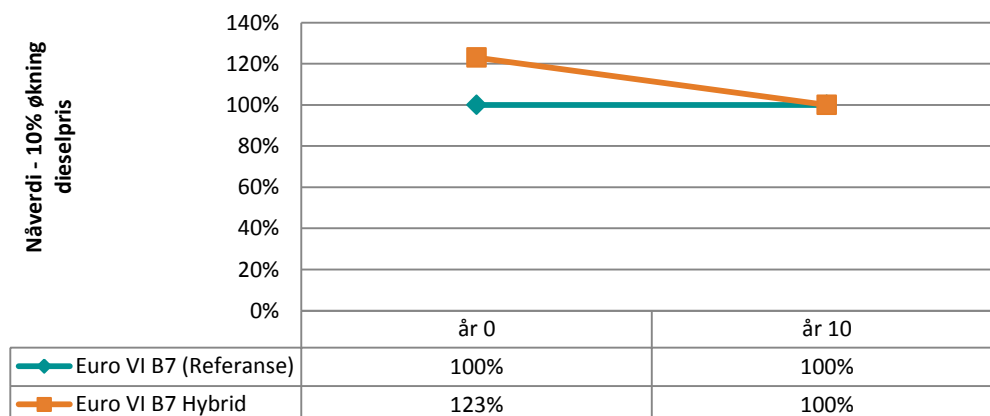
Figur 19 Økning i totale årlige kostnader per busskonsept ved 10 % avgiftsøkning



Figur 20 Økning i totale årlige kostnader per busskonsept ved 10 % endring i drivstoffpris, eksklusiv avgift og mva.



Dagens dieselpriis inklusive avgifter eksklusiv mva er i analysen forutsatt å være 10,8 kr. Gitt en økning av dagens pris med 10 %, får vi en dieselpriis på rundt 12 kr inklusive avgifter eksklusiv mva. Da ser vi at innenfor en anbudsperiode på 10 år, vil hybridbussen vil være like lønnsom som referansebussen, rent bedriftsøkonomisk.



Figur 21 Nåverdiberegning - gitt en 10 % økning i dieselpriis

6 EL-BUSS OG LADBAR HYBRID

Det vises til fylkestingsvedtak i Aust-Agder 17.6.2014 om «å søke Transnova om prekvalifisering for pilotprosjekt med el-buss i samarbeid med AKT og Setesdal Bilruter, med sikte på iverksetting senest fra 1.1.2017. Rammene for et slikt pilotprosjekt vedtas av fylkestinget».

Transnova (oppgavene overføres til Enova fra 2015) gir støtte til prosjekter som ønsker å prøve ut nye løsninger som kan få ned klimagassutslipp fra transport i Norge. Det er krav om at prosjektene er reelle pilotprosjekter og gir en læringseffekt som også andre kan ha nytte av. Det er krav om minimum 50 % egenfinansiering.

Vår erfaring er at Transnova stiller krav om reelle pilotprosjekter, i den forstand at det ikke nytter å være nr 2 med å søke støtte til pilot av en bestemt teknologi. Transnova støtter for tiden bl a elektriske busser med lading natten over (Stavanger), brenselcellebuss (Oslo/Akershus) og et prosjekt med biogasshybridbuss i 24 meters «dobbelledet» utførelse (Bergen).

Det har ikke lagt innenfor dette prosjektets mandat å gi innhold til aktuelt konsept. Det har imidlertid vært ønskelig å se på de økonomiske konsekvensene av el-buss. I dette kapitlet vurderes økonomien ved el-buss opp mot referansealternativet, Euro VI B7 diesalbuss. Vi har tillatt oss å legge til ladbar hybrid i analysen, fordi denne forventes å komme i serieproduksjon en del tidligere enn el-bussen, og innehar en del av de samme fordelene.

Kostnader knyttet til el-bussen er hentet fra Sintef [17]. El-bussens forbruk forutsettes å være 1,7kWh/km for en 12 meters buss, og en strømpris på 0,6 kr/kWh (inklusive nettleie, ekskl avgifter) [18]. Volvo oppgir ikke kostnader for den ladbare hybrid, men gitt at den settes i serieproduksjon fra 2016, anslå vi at den vil ligge noe lavere i innkjøpspris enn el-bussen. Analysene er gjort uten å ta i betraktning eventuell ekstern finansiering.

Tabell: Forutsetninger for analysene.

	Kostnader	Ladetid*	Rekkevidde - km per lading*	Busskapasitet*
Innkjøp el-buss	3,7 mill kr/stk			
Innkjøp ladbar hybrid	3 mill. kr/stk			
Pantograf ladestasjon	4,5 mill. kr	5 minutter	40 km	38 (76)
Etablere transformator	350 000 - 500 000kr/stk			
Vedlikeholdskostnader	4,09kr/km [15]			

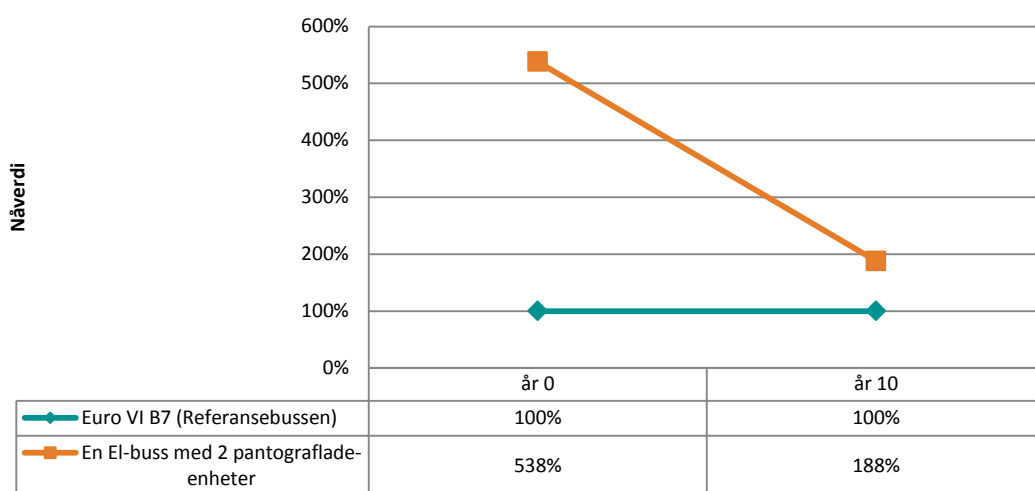
* Basert på reell drift av Solaris sin el-buss som kjører i Tyskland

6.1 KOSTNADSNIVÅ EL-BUSS

Regneeksemplet tar utgangspunkt i en el-buss i drift på en linje som strekker seg ca. 7 km fra endepunkt til endepunkt. Bussen kan kjøre 40 km uten lading, men vi forutsetter to ladepunkter, en i hvert endepunkt.



Etter 10 år i drift, vil investeringene knyttet til el-bussen og ladepunktene være spart inn i stor grad, men el-bussen vil fortsatt være 188 % dyrere.



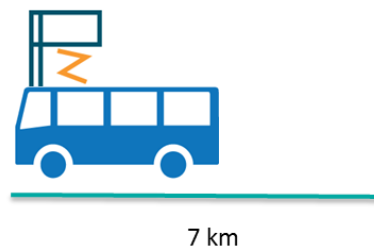
El-bussen vil, gitt dagens beregningsmetoder ikke ha miljøkostnader knyttet til seg. El-bussen slipper ikke ut lokale eller globale utslipp, og den støyer svært lite.

Eksempelet er beregnet ut i fra én buss, som har behov for to ladestasjoner. Avhengig av driftskonsept, og hvor mange busser som kan dele infrastrukturinvesteringen, varierer lønnsomheten på en el-buss fra å koste det dobbelte av en dieselbuss til å koste like mye, sett i et livsløpsperspektiv over 10 år.

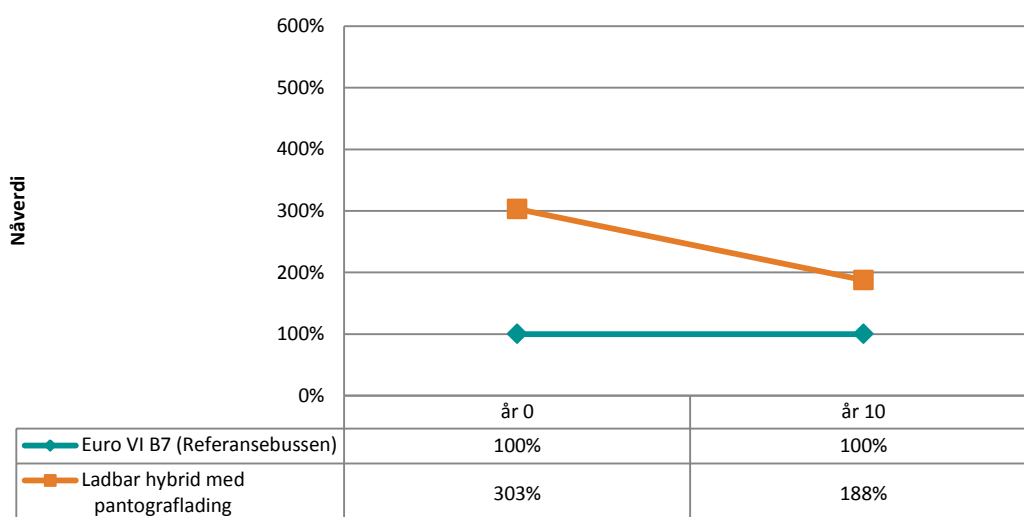
Kostnadene for en el-buss er befestet med usikkerhet. Andre forhold, f eks driftsstabilitet gjennom en norsk vinter, er heller ikke testet ut. Erfaringer fra pilotprosjekter vil kunne avdekke ulike forhold og gi et tryggere beslutningsunderlag.

6.2 KOSTNADSNIVÅ LADBAR HYBRIDBUSS

Vi forutsetter nå en ladbar hybrid, og ellers like forhold som el-busseksempellet. Gitt at den ladbare hybriden også har en forbrenningsmotor, forutsettes det å være nok med én pantograflader i endepunkt. Dette reduserer investeringskostnadene med ca. 4,5 mill kr. På den andre siden, vil drivstoffkostnadene øke, grunnet dieselfremdrift. Vi anslår at denne bussen, med en pantograflading og rekkevidde på 7 km, vil ha elektrisk fremdrift 50 % av tiden.



Etter 10 år i drift, vil den ladbare hybriden ha nærmet seg referansebussen, men vil ligge på tilsvarende nivå som el-bussen. Dette er gitt de forutsetningene vi har tatt, da kostnadsbilde på den ladbare hybriden ikke er kjent.



Den ladbare hybriden vil slippe ut noe lokalt og globalt utslipp, men kostnadene for dette blir marginalt. Den ladbare hybriden vil støye mindre enn referansebussen, men noe mer enn el-bussen.

Tilsvarende som for el-bussen, koster denne miljøsatsingen én dieselbuss driftsatt i 10 år. Her vil kostnadsbildet også variere i forhold til reell driftssituasjon og hvor mange busser som kan dele på en ladestasjon.

7 ANBEFALING

I det følgende presenteres vår faglige anbefaling basert på følgende sett av kriterier, gitt av oppdragsgiver og bearbeidet av styringsgruppen:

- Teknologien må være **moden og tilgjengelig**
- Drivstoffet må være **tilgjengelig**
- Busskonseptet bør gi **best mulig miljøgevinst per investerte krone**
- Busskonseptet bør være **relevant** for reell driftssituasjon
- Busskonseptet bør **opprettholde tilfredsstillende miljøegenskaper** gjennom hele anbudsperioden

Det har vært helt nødvendig å etablere dialog med leverandørindustrien på konkurransenøytral måte for å fremskaffe data til analysene. Anbefalingen er framkommet på bakgrunn av økonomiske beregninger basert på de forutsetninger som det er tidligere er redegjort for.

Dagens busser på Agder består utelukkende av dieselbusser. Alder og utslipp varierer helt fra utslippsklasse Euro III, IV, V til fabrikknye Euro VI busser. Vi understreker at det å fornye dagens flåte av dieselbusser, f eks ved oppstart av nytt anbud i Aust-Agder fra 1.1.2015 med nye Euro VI B7 dieselbusser må anses som et betydelig bidrag i miljøsammenheng.

Agder er to mangfoldige fylker hvor kollektivtrafikken fyller mange roller og behov. Befolkningsgrunnlaget, dermed markedspotensialet er svært ulikt fordelt. Samtidig bidrar ulike egenskaper ved bussene til at disse er bedre eller dårligere egnet i ulike markeder og ved ulik topografi. På bakgrunn av dette presenterer vi en todelt anbefaling for henholdsvis:

- Busser som betjener byer og tettbygde strøk, som typisk kjører ca 70.000 kilometer årlig.
- Busser som betjener regionene, skolebusser, mv som kjører ca 30.000 kilometer årlig.

7.1 STRATEGI FOR BUSSENER I BYER OG TETTBYGDE STRØK

I byer og tettsteder anbefales det gjennomført en høyere miljøstandard enn i distriktene. Det er i byer og tettsteder at miljøpåvirkningen er størst, fordi mange mennesker blir påvirket av lokal luftforurensning og støy.

Alternativet som gir høyest miljøgevinst per investerte krone er **Euro VI dieselhybrid**. Hybridbussen er noe dyrere i innkjøp enn en vanlig Euro VI dieselbuss, men som spares inn via lavere drivstofforbruk i et livsløpsperspektiv tilsvarende kontraktsperioden.

Hybridbussen er et robust og fremtidsrettet valg:

- Den utgjør velprøvd teknologi og er tatt i bruk i mange andre fylker.
- Den er gunstig dersom drivstoffprisene skulle øke, fordi forbruket er lavere.
- Den er fleksibel dersom avgiftsnivået endres, ved at den kan kjøre på B100 (100 % biodrivstoff) eventuelt syntetisk diesel dersom dette blir tilgjengelig.
- Den krever få eller ingen investeringer i infrastruktur.

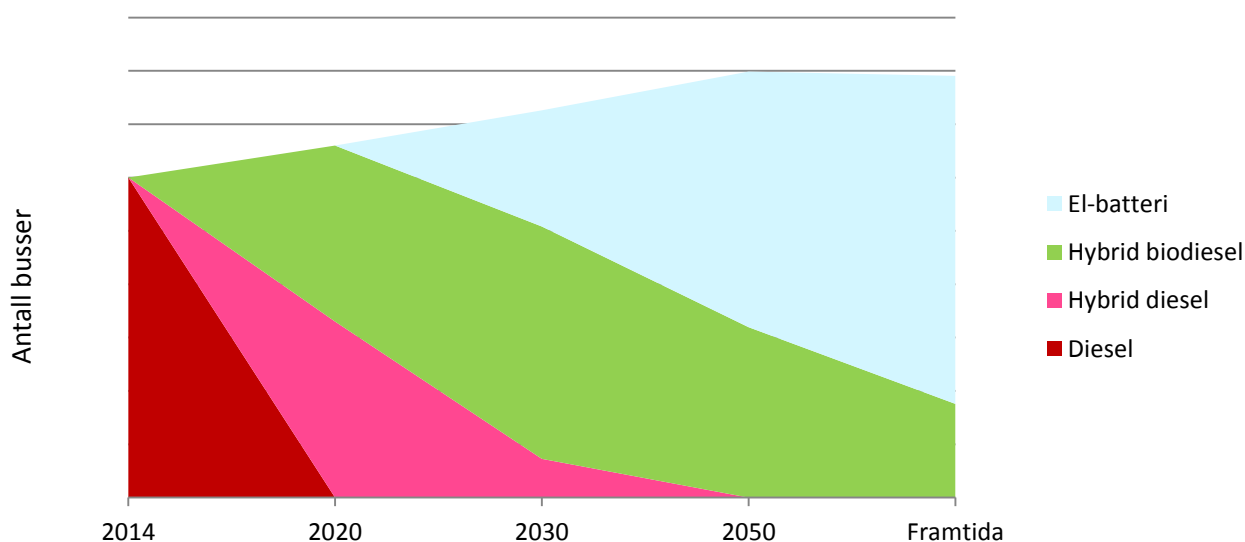
- Den innebærer lav risiko ved å være en investering med restverdi/salgsverdi (etterspurt i andre markeder) dersom det av politiske eller andre årsaker skulle være ønskelig å øke miljøstandarden i byene ytterligere.

Hybridbussens fortrinn gjelder spesielt by/tettbygde strøk med kort avstand mellom holdeplassene. Man bør unngå traser med for mye topografi, der vil en Euro VI B7 dieselbuss være et bedre alternativ fordi hybridbussene ikke kommer like mye sin rett. Ved vurdering av kommende anbud, f.eks. Kristiansand, bør AKT foreta en gjennomgang av trassene som skal betjenes ut fra dette.

Med denne strategien kan AKT forvente en reduksjon i drivstofforbruk og CO₂ utslipp på ca 20 % gjennom anbudsperioden, sammenlignet med ordinære dieselbuss.

På lengre sikt bør elektriske busser eller ladehybrider vurderes. Denne teknologien er foreløpig umoden, og kan følgelig ikke anbefales på bakgrunn av kriteriene som er satt for arbeidet. Vi mener AKT bør høste erfaringer fra pågående pilotprosjekter andre steder, og vurdere hva som er riktig tidspunkt for å elektrifisere bytrafikken i Agder. For et administrasjonsselskap på AKTs størrelse vurderer vi den strategiske posisjonen man har inntatt som helt fornuftig. Nye Euro VI-busser som i Aust-Agder fra 2015 er et godt miljøvalg, samtidig som det på mange måter er naturgitt at andre (større) administrasjonsselskaper med mer likviditet driver er det som driver innovasjon og pilotering på dette området.

Figuren nedenfor viser et mulig utviklingsscenario for sammensetningen av AKTs by/tettstedsbusser framover.



Figur 22 Drivstoffstrategi for busser i byer og tettbygde strøk, AKT

7.2 STRATEGI FOR REGIONBUSSE

I regionene er miljøkostnadene lavere, fordi færre rammes av de lokale utslippene, og dermed gir ikke investeringene i høyere miljøstandard samme avkastning.

Basert på kriteriene som er satt gir en **Euro VI B7 dieselbuss** størst miljøgevinst per investerte krone i regionale strøk.

En typisk regionbuss kjører med høyere hastigheter, har færre stopp og ofte lavere antall avganger om dagen. Det vil være utfordrende å få ut hybridbussens potensial med et slikt driftsmønster, og derfor anbefales ikke hybridbusser her.

Vi foreslår en strategi for AKT sine regionbusser der det satses på en gradvis innfasing av Euro VI dieselbusser. Brukte dieselbusser med gammel utslippsstandard (Euro V) har ikke vært inkludert i analysen, som skyldes at tilgangen på slike busser må anses som usikker i et 2017-perspektiv. Uten å ha regnet på sammenhengene, er det klart at vogner som kun kjører 1-2 avganger pr dag, f.eks. lokalbusser, skolebusser, kanskje ikke trenger å bestilles fabrikknye, dersom det kan bidra til å holde kostnadene nede og frigjøre midler for å styrke kollektivtilbudet for de store reisestrømmene i Agder.

8 LITTERATUR

- [1] – Kunnskapsinnhenting fra bransjen gjennom dialogkonferanse i regi av prosjektet 9.10.2014 og besøk på Persontrafikmässan i Stockholm, november 2014. Dialogkonferansens deltakere: Vest Buss, Iveco, Scania, Volvo, Boreal, Nettbuss, Nobina, Sørlandsruta, Tide Buss. Messen: representanter fra Solaris, MAN, Volvo, Scania, Van Hool, Hybricon.
- [2] – Kostnads- og miljøvurderinger for busskonsepter i Rogaland, 2011
- [3] – Scania.no
- [4] – Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling, Miljødirektoratet 2014
- [5] – Presentasjon av Hanna Bjork, Västtrafikk 26.06.2014/www.hyperbus.se
- [6] – Fossil fuel projections, Departement of Energy and Climate Change UK, 2014
- [7] – Vurdering av biodrivstoff I transportsektoren, KanEnergi og INSA/www.vegvesen.no
- [8] – Statsbudsjettet 2015 – foreløpig versjon
- [9] – TØI rapport 1307/2014 Marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk, 2014
- [10] – Fylkestinget i Aust-Agder, vedtak 17.6.2014
- [11] – Kost-nytteanalyse av naturgass som drivstoff for bussmetroen i Kristiansand, Rambøll Unico/Agder Gassforum
- [12] – Biogass i Aust-Agder, Asplan Viak 2012
- [13] – Gassbuss i Trondheim, Sør-Trøndelag fylkeskommune. Presentasjon gassforum.no 5.11.2014
- [14] – Prisliste fra Statoil
- [15] – Bussmateriellstrategi for Ruter, COWI 2012
- [16] – Sammenlikning for Ruter, miljøegenskaper – bybusser, TØI 2011
- [17] – Informasjon om el-bussteknologier og kostnadstall, Sintef
- [18] – Hafslund.no

9 VEDLEGG

Vedlegg 1

Referat fra dialogkonferanse 9.10.2014

Tid: 9. oktober 2014 kl 09:00-11:45

Sted: Multiconsults lokaler, Nedre Skøyen vei 2, Oslo.

Tilstede:	Glenn Johansen	Boreal Transport Norge AS
	Nils Moldbrekke	Boreal Transport Norge AS
	Dagfinn Heitmann	Iveco Bus
	Petter Kure Torgersen	Nettbuss konsern
	Erik Løvoll	Nobina Norge AS
	John Lauvstad	Norsk Scania AS
	Olav Dårflot	Norsk Scania AS
	Tommy Forseth	Opplandstrafikk (til kl 1100)
	Erik Abramsen	Sørlandsruta AS
	Bjørnar Tveit Bolstad	Tide Buss
	Ard Mikal Kleppe	Vest Buss Norge AS
	Magnus Gulliksen	Volvo Norge AS
	Olav Berge Nesdal	Volvo Norge AS
	Johny Liestøl	AKT (styringsgruppen)
	Thomas Ruud Jensen	AKT (styringsgruppen)
	Ola Olsbu	Aust-Agder fylkeskommune (styringsgruppen)
	Jan Erik Lindjord	Kristiansand kommune (styringsgruppen)
	Jan Otto Hansen	Vest-Agder fylkeskommune (styringsgruppen)
	Espen Martinsen	Analyse & Strategi AS (møteleder)
	Maren Louise Nordhus	Analyse & Strategi AS
	Siri H Høibo	Analyse & Strategi AS (referent)
	Kaj W Halvorsen	Analyse & Strategi AS (referent)

Sak	Ansvar
1. Velkommen. Hensikt med dagen. Espen Martinsen ønsket velkommen. Hensikten med dialogkonferansen er å innhente synspunkter og kunnskap på en konkurransenøytral måte. Aktørene bærer felles ansvar for at vi i dag ikke kommer inn på forhold som er i strid med konkurranselovgivningen.	
2. Presentasjon av prosjektet, foreløpige tanker rundt strategien. Thomas Ruud Jensen innledet om AKT, busstilbudet på Agder og om bakgrunnen for prosjektet. Espen Martinsen orienterte videre prosjektets mål, foreløpige analyser og tidlige løsningsskisser. <i>Materialet var distribuert i forkant og er vedlagt referatet, og innholdet i presentasjonen refereres derfor ikke.</i>	
3. Selskapsvise presentasjoner – bussleverandører <i>De tilstedeværende selskapene var bedt om å gi en kortfattet presentasjon av status for drivstoffvalg og bussteknologi, med fokus på egnede løsninger for bussene i Agder. Leverandørene presenterte i følgende rekkefølge:</i>	

• <i>Volvo Norge AS</i> • <i>Norsk Scania</i> • <i>Iveco/Vest buss</i>	
3A. Volvo Norge AS Magnus Gulliksen presenterte. Stikkord: • Euro VI har eliminert utfordringene knyttet til lokale utslipp. Det «trengs» 200 Euro VI-busser for å forurense like mye som en 1993-modell. • Forventer at det kommer en Euro VII-standard som også setter krav til CO₂ og støy. Ikke mer å hente på NO_x og partikler. • Man må lytte til byen og byens innbyggere ○ Reduksjon av støy i utvalgte soner. Støy er i ferd med å bli byenes hovedproblem. ○ Holdeplasser innendørs der folk ferdes • Ulike behov ○ Byene. Elektrisk hybrid ○ Utenfor byene: (Bio)Diesel Euro VI. Dieselmotoren vil leve lenge i regionene i Agder. • Biodrivstoff ○ Er flott, men bør brukes til å produsere strøm for el-bussene. -> Seriell hybrid • Volvos Electric Hybrid ○ Serieproduksjon fra 2015 (hybridbusser i produksjon fra 2010). Vil være moden teknologi i 2017. ○ Kjørers nå på linje 60 i Gøteborg. 70 % El-andel. Oppnår 81 % (!?) reduksjon i dieselforbruk og CO₂. ○ Parallell hybrid ○ 6 min full-lading – Pantograf. 7 km på ren el. 55 km/t på el. ○ GPS-styrt hvor det kjøres elektrisk og hvor det kjøres konvensjonelt. Introduserte «Zone management», f eks følere i fartsdumper ved skole. ○ Diesel slår inn på stigning over 4 % • Ladestasjoner ○ Benytter Pantograf. Oppfatter induksjon som litt mer umodent ○ Volvo leverer ladestasjonene, men i samarbeid med kommune og strømleverandør ○ Viktig for skalafordel at ladeanlegg kan benyttes for alle bussoperatører • Leverer også nøkkelklare løsninger hvor bussprodusenten leverer driftsklar infrastruktur (ladeinfrastruktur) og tar risikoen for dette. <i>Presentasjonen er vedlagt referatet.</i>	
3B. Norsk Scania <i>John Lauvstad presenterte. Stikkord:</i> • Gjennomgang av CO₂ utslipp pr drivstofftype ○ Etanol kommer fra f eks Borregård (trevirkebasert). Produserer de	

beste varene i verden, leverer langt bedre enn EU-normen. ○ Innen etanol skjer det mye for tiden, volumet vokser raskt. ○ Norge har gode forutsetninger/mye skog/trevirke. ○ Bio fra avfall. Uenig med Volvo – bio kan godt benyttes effektivt til forbrenningsmotor ● Biodiesel ○ Kjører på B30 hos en kunde (bekreftet at dette er en relevant/sammenliknbar case for Agder). ▪ Bytter katalysator på Euro V-bussene for å få det til. ○ Skal være mulig å kjøre på B100, men da må man være oppmerksom på noen mindre utfordringer med filteret ○ Mener Statoil leverer biodiesel med god kvalitet ○ Skogn i Nord-Trøndelag skal lage syntetisk diesel fra biomasse/trevirke. ● Naturgass ○ Konkurransesituasjonen i gassmarkedet oppleves som en begrensning mot ytterligere vekst. ○ Scania hadde satt kryss over naturgass. Men har nå laget en gassmotor med virkningsgrad på 40 % på naturgass (og biogass). Leverer samme dreiemoment som diesel. Testes i Stavanger (Euro VI) ○ LNG-gass (flytende, Kristiansand havn) kan enkelt konverteres til CNG (gassform). Men saktefylling gjør at havna kanskje ikke er riktig sted, gassen må fraktes på bil. ● Biogass ○ Utfordringen er å få opp produksjonen og sikre leveransene. ○ Dobbel effekt, og svært godt miljøregnskap, biogass må vurderes i et større perspektiv enn kroner pr kilometer. ○ Nye krav om behandling av våtavfall skaper trolig nye muligheter/øker produksjonen. ○ Rent energieffektivt er det muligens riktig å produsere elektrisitet av biogassen, men dårlig salgspris. ○ Årsvariasjon. Kjører på naturgass deler av året. ● Hybrid ○ = en løsning som skal ta ned CO2-utslippet. ○ Glem ikke at bussen skal fungere i den omgivelsen den kjører i. Parallell-hybrid. Diesel og El jobber sammen hele tiden ○ Toppfart på 90-100 km/t ○ Leverer 5 hybridbusser til Elverum snart ● Standarder og Euro VI ○ Euro VI leverer veldig bra ift kravene ○ Busser på Euro VI sertifiseres på alle drivstoffene de skal gå på. Forskjellige teknologier for forskjellige drivstofftyper ○ Slipper ut betydelig mindre enn Trondheims gassdrevne Euro V busser. ○ «Friskmelder» diesel ift lokale utslipp ● Ladeteknologi ○ Jobber med induksjon ● Syntetisk diesel. ○ Man har knekt CO2-problematikken. Kan ta biomasse som	
--	--

◦ utgangspunkt. På vei inn i markedet. ◦ Kuldestabil, ingen væske. • Hydrogen ◦ Personbiler på markedet neste år. • Trolleybuss ◦ På vei tilbake? • Oppsummert: Scania mener at framtiden består av etanol, biodiesel og biogass. <i>Presentasjonen er vedlagt referatet.</i>	
3C Iveco og Vest buss <i>Dagfinn Heitmann presenterte. Stikkord:</i> • Leverer alle busstyper, på lik linje med Volvo og Scania • Trekker fem HVO (2.generasjons biodiesel) som et drivstoff for fremtiden, mer enn RME (1. gen) ◦ RME: Raps, diesel Bio30. ◦ HVO: parafinolje. ◦ Mindre etiske betenkeligheter med HVO ◦ Gode tekniske egenskaper ◦ Sikker tilgang ◦ Kan blandes med annet drivstoff ◦ Tilgjengelig i dag • Iveco ser også for seg at en Euro VII-standard vil komme. • FIAT powertrain. Konsernet satser hardt i HVO-retningen. <i>Presentasjonen er vedlagt referatet.</i>	
4. Selskapsvise presentasjoner – bussoperatører <i>Kortfattede presentasjoner og innspill fra operatørene i alfabetisk rekkefølge:</i> • Boreal • Nettbuss • Nobina • Sørlandsruta • Tide Buss	
4A. Boreal Transport Norge AS <i>Nils Moldbrekke presenterte. Stikkord:</i> • Pilotprosjekt i Stavanger fra i høst: teste ut elektriske busser på ulike ruter, med ulik kjøremønster, belegg og årstider. • Opptatt av kvaliteten på el-bussen som må være like god eller bedre enn dieselbussen. • Fokus på batterityper og ladesystemer. ◦ Opprinnelig kinesiske bygg, endre til europeisk (Iris/Ebusco). Tettere opp til europeisk standard, doble vinduer, støy. Utfordringer med AC og varme, da dette er veldig energikrevende • Dyrere, med bedre løsning.	

○ Ladning på depot over natt. 2 ladestasjoner i Stavanger og Sandnes. Siden det er pilotprosjekt bygges det ikke mye ny infrastruktur. 125 ampere i ladekapasitet, kan lades raskt. ○ Initiativet fra Boreal, konsernet ønsket å utvikle erfaring med elektriske busser. Prosjektet er støttet av Transnova <i>Presentasjonen er vedlagt referatet.</i>	
4B. NETTBUSS <i>Petter Kure Torgersen presenterte. Stikkord:</i> Gass • Veldig stabil drift, og innfrir på AKTs krav om velutprøvde løsninger. • Utfordringen nå er leveransesituasjonen på gass, leveransemonopolet gjelder også infrastrukturen (AGA på Østlandet). • For lav biogassproduksjon til nå. • Store saktefyllingsanlegg koster mye. Kanskje mer enn det smaker..? • Trondheim valgte i 2010 Euro V gass i påvente av biogassanlegg. Status 2014: biogassanlegg fortsatt ikke bygget. I ettetid enkelt å konkludere med at man hadde fått vesentlig bedre miljøeffekt for sammen penger ved å avvente Euro VI og kjøre biodiesel. Hybrid: • Opererer ca 100 stk, siden 2010. Hamar, Oslo, Drammen. • Ingen støy ved fortauskanten, få driftsproblemer, populær hos sjåførene Biodiesel: • Har ikke B100 gjennom vinteren ennå noe sted, kjører B30 nov-mars. • Kuldeegenskaper: noen steder i Sverige kjøres B100 gjennom hele vinteren. • Hvor kaldt (mildt) er det på Sørlandet? Hvis noe sted er egnet, kanskje nettopp her? • Utfordringer når biodieselen ikke er ren nok. Må kjøres gjennom renseanlegg. Lokale variasjoner i kvaliteten på biodiesel. El busser • Vasttrafikk kjørte opsjon på el-buss ifm et av de siste anbudene, måtte trekkes. • • Innkjøp av elektriske busser er helt uproblematisk. Men serviceavtaler/ kompetanse eksisterer ikke, eller er helt ubeskrevet. Så selv om bussen er leveransedyktig er ikke systemet rundt klart. Derfor skepsis til elektriske busser foreløpig. Pedagogikk og realiteter er viktig overfor politikerne. Euro VI må beskrives som en fullgod løsning, ikke som nullalternativet. Bruk av funksjonelle krav i anbudsgrunnlagene, ikke tekniske. Nettbuss ønsker ikke flere 1. generasjons drivstoffløsninger nå. Bestillerne vil gjerne ha det nye, og leverandørene vil gjerne levere litt mer enn de kan love. Operatørene sitter igjen med driftsproblemene. <i>Presentasjonen er vedlagt referatet.</i>	

4C. Nobina Norge AS <i>Erik Løvull presenterte. Stikkord:</i> 400 busser, 20 mill rutekilometer. Var en av tilbyderne i konkurransen om Arendal. Etterlyser et større perspektiv enn drivstoff alene. Foreslår å sette emisjonskrav i stedet for krav til drivstofftype, bruke miljø som et av flere tildelingskriterier. Da snakker man om miljø og ikke Euro-standarder, og man setter operatørene på prøve. Funksjonelle krav framfor tekniske krav; la noe være opp til operatørene. De har mer kontakt med bussleverandører og bussoperatører enn bestillere vil ha Kommentarer til Tromsø på møteleders oppfordring: mange årsaker til at hybrid fungerte dårlig, f eks topografi, brøytstandard. <i>Presentasjonen er vedlagt referatet.</i>	
4D. SØRLANDSRUTA <i>Erik Abramsen presenterte. Stikkord:</i> • Sørlandsruta del av Torghattenkonsernet som også omfatter TTS, Trønderbilene, Norgesbuss. • Hvilken rolle har egentlig AKT? Utvidet fokus i miljøsammenheng. Etterlyste mer fokus på samfunnsøkonomi. • Politikere ønsker innflytelse på detaljert nivå. Advarte mot dette fordi det kan gå ut over operatørenes evne til å gi tilbud med lave kostnader og effektive løsninger. • Stille krav i form av funksjonalitet i stedet for teknikk. • Diesebussen Euro VI fungerer godt for de fleste formål. • Støy er et problem i Agder, mens lokal forurensning er ikke et problem, eventuelt bare innenfor veldig små områder i Kristiansand. • Det eksisterer knapt nok bybusser unntatt i Kristiansand. Hvor godt egnet er elektriske busser på langruter i fylkene? • En ladbar diesel hybrid har store fortrinn; kan gå på el gjennom byen, diesel utenfor byen. En fleksibel løsning med ulike materiellkrav i by og region vil være å foretrekke. • El bussene har foreløpig veldig store batteripakker, og bruker mye energi på å frakte disse rundt. Vil komme bedre løsninger. <i>Presentasjonen er vedlagt referatet.</i>	
4E. TIDE BUSS <i>Bjørnar Tveit Bolstad presenterte. Stikkord:</i> • Tide Buss jobber aktivt med drivstoffreduserende tiltak. Loggfører kjørestil, drivstoffbruk osv. for å analysere hvor man kan gjennomføre reduserende tiltak for miljø. Benytter el-biler ved mannsskifter.	

• Bussene står kun for 5 % av CO2-utslippene – men de er et viktig utstillingsvindu for miljøvennlige løsninger. • Tide Buss har erfaring med de fleste teknologier/drivstoff. • Ser flere veier (teknologier og drivstoff) til målet mot null utslipp. Kommentarer til den innledende presentasjonen: • Topografi og hybrid: bakker er ugunstig. Viktig å gjøre en analyse av topografi på linjer hvor hybrid vurderes. • LNG-gass. Lastebiler kjører på dette, litt uklart hva som er planene for bussmotorer. Men som tidligere innledere har vært inne på er det enkelt å konvertere LNG til CNG (som dagens gassbusser kjører på). • Samme mengde CO2-utslipp fra biodiesel og diesel. Biodiesels miljøregnskap er knyttet til produksjonen/rops, som gjør at denne er mer miljøvennlig. Merk at NOx og partikler er større i biodiesel. <i>Presentasjonen er vedlagt referatet.</i>	
5. AVSLUTNING OG OPPSUMMERING Thomas Ruud Jensen takket for frammøte og for innspill via forberedte innlegg. Informerte om den videreprosessen: Styringsgruppemøte 7.11 med anbefaling. Ferdig rapport i november, trolig presentasjon for begge fylkesting. Neste anbudsutlysning Flekkefjord/Kvinesdal. Men trolig Kristiansandsanbudet som blir det første store hvor drivstoffstrategien implementeres. <i>Møtet ble avsluttet med lunsj kl 11:45.</i>	

Vedlegg 2 – ulike busskonsept

Vilje
gir vekst

Fordons- konsept	Støy	Lokale utslipp	Utslipp av væxthus- gaser	Utveck- lingsnivå	Drivline- enheter med osåker livslängd	Förnybart/ Icke förnybart bränsle
Diesel	Hög	Hög	Hög	Serie	Inga	Icke- förnybar
Biogas*	Mellan-hög	Hög	Låg	Serie	Inga	Förnybar
Naturgas*	Mellan-hög	Hög	Hög	Serie	Inga	Icke- förnybar
Trådbuss	Låg	Låg	Låg	Serie	Inga	Förnybar
Batteribuss ar, tillägg- laddning	Låg	Låg	Låg	Små flottor	Batteri	Förnybar
Batteribuss, nattladd- ning	Låg	Låg	Låg	Små flottor	Batteri	Förnybar
Etanolbuss	Hög	Hög	Låg	Enstaka flottor	Inga	Förnybar
Bränsle- cellsbus	Låg	Låg	Låg	Små flottor	Bränslecell er, batteri	Förnybar
Hydrogen, direkt	Hög	Låg	Låg	Inga fordon	Okänt	Förnybar
Seriehybrid **	Mellan	Mellan-låg	Mellan	Medelstora flottor	Batteri	Delvis/helt förnybar
Parallell- hybrid**	Mellan-hög	Mellan	Mellan-hög	Medelstora	Batteri	Delvis/helt förnybar
Laddhybrid **	Mellan	Mellan-låg	Mellan	Små flottor	Batteri	Delvis/helt förnybar

19.06.2014

Mer informasjon om oss? Se rogfk.no



Vedlegg 3 - MAN presentasjon el-busser

El busser i Norge – en utfordring



Utfordringer for en ren elektrisk drift

- Lading av batterier
 - ❖ Over tak, endestopp, i bakken
- Utskifting av batterier
 - ❖ Miljøutfordringer knyttet til brukte batterier
- AC forbruker strøm
- Varme i bussene forbruker mye strøm
 - ❖ Oppvarming på diesel eller CNG kan nyttes, men miljøeffekten forringes
- Dagens batterikapasitet og levetid er ikke løst
 - ❖ Flere batterier gir en vektutfordring som igjen krever økt energi og færre passasjerer (nyttelast)
- Når ren el. drift kan lanseres er for MAN ikke klart, spesielt for klimatiske forhold med mye kulde
 - ❖ Trolley buss har fungert godt, men her er en bundet til et linjenett med strømtilførsel



Resultat Hyperbus

- 79% lägre dieselkonsumtion jämfört med en konventionell buss
- 62% lägre energi åtgång
- 15 % av körtiden går bussen med dieselmotorn
- El drift 14,3 km (83% av den totala sträckan på 17,3 km)

 SØR-TRØNDELAG FYLKESKOMMUNE

Forbruk av drivstoff



KREATIVE TRØNDELAG

	CNG	Biodiesel	Autodiesel
Total rutekm og posisjonkjøring	11 143 000	3 996 000	4 552 000
Forbruk drivstoff	7 233 000	1 317 000	1713 000

