

Rapport

Brenselceller i ASKO's distribusjonsbiler

Forprosjekt for å verifisere egnethet

Forfattere

Federico Zenith

Steffen Møller-Holst

Magnus Skinlo Thomassen



SINTEF IKT

Postadresse:
Postboks 4760 Sluppen
7465 Trondheim

Sentralbord: 73593000
Telefaks: 73594399

postmottak.ikt@sintef.no
www.sintef.no

Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Rapport

Brenselceller i ASKO's distribusjonsbiler

Forprosjekt for å verifisere egnethet

EMNEORD:
Brenselcelle
Distribusjonsbil
Diesel
Reformer

VERSJON

1.5

DATO

2014-03-14

FORFATTER(E)

Federico Zenith
Steffen Møller-Holst
Magnus Skinlo Thomassen

OPPDRAGSGIVER(E)

ASKO Midt-Norge AS

OPPDRAGSGIVERS REF.

Jørn Endresen

PROSJEKTNR

102005432

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

12 + 3 (vedlegg)

SAMMENDRAG

Muligheten til å benytte et brenselcellesystem med dieselreforming i distribusjonsbiler ble undersøkt. ASKO Midt-Norge har biler i flere størrelser og to forskjellige typer kjølesystemer, nemlig med dieselaggregat og med flytende CO₂. Brenselcellesystemet som er foreslått av PowerCell, PowerPac, ble studert for egnethet i disse distribusjonsbilene.

Det ble foretatt en statistisk analyse av kjøremønstrene av forskjellige distribusjonsbiler, som viser at disse endrer seg lite med årstidene, men er ganske forskjellige bilene imellom. PowerPac egner seg ikke for å erstatte dieselaggregater, da det ikke har tilstrekkelig effekt, leverer elektrisitet i uegnet form, og er heller ikke testet for bruk under kjøring.

Derimot er PowerPac svært godt egnet til å erstatte 24 V-batteriene og -dynamoene som brukes under tomgang ved varelevering. Endringene i prosedyrene for ASKO-personellet ville være minimale, og det ville alltid være mulig å gå tilbake til tomgang i tilfelle det oppsto problemer med brenselcellesystemet.

Det er betydelig potensiale for utslippsreduksjon med opptil 1400 tonn CO₂ i året, som tilsvarer ca. 800 gjennomsnittlige biler på norske veier.

UTARBEIDET AV

Federico Zenith

SIGNATUR



KONTROLLERT AV

Anders Ødegård

SIGNATUR



GODKJENT AV

Sture Holmstrøm

SIGNATUR



RAPPORTNR

SINTEF A26013

ISBN

978-82-14-05347-0

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
0.1	2013-09-17	Kladdversjon
0.2	2013-09-23	Lagt inn temaer som ble drøftet ved ASKO-kickoff
0.3	2014-01-27	Lagt inn all data fra ASKO og PowerCell, samt kjøremønstreanalyse
0.4	2014-01-30	Utslippsberegning
0.5	2014-02-05	Konklusjoner
0.6	2014-02-10	Korrigert regnefeil og lagt inn CO ₂ -tall som "personbilkvivalent"
0.7	2014-02-10	Pris av PowerPac-systemet
0.8	2014-02-11	Steffens kommentarer
1.0	2014-02-13	Først fullstendig versjon
1.1	2014-02-20	Sammendrag, Rapportnummer
1.2	2014-02-21	Kvalitetssikring av Anders
1.3	2014-02-24	Tilbakemeldinger fra Axel Ofstad (PowerCell)
1.4	2014-02-26	Tilbakemeldinger fra ASKO
1.5	2014-03-13	Rapport klarert til publisering, ISBN tildelt

Innholdsfortegnelse

1	ASKOs distribusjonsbiler	4
1.1	Biler med dieseldrevet kjøleanlegget	4
1.2	Biler med CO ₂ -kjøleanlegg	5
1.3	Løftelem	5
1.4	Kjøreløgg	6
1.5	Vekt og volum	6
2	PowerCells system	7
3	Egnethetsvurdering	8
3.1	Erstatning av diesellaggregat i Thermo King-kjøleanlegg	8
3.2	Løftelem med mer	8
3.3	Alternative brenselcelleteknologier (hydrogen).....	8
3.4	Helse, miljø og sikkerhet.....	9
4	Utslipsreduksjon	9
5	Kostnader	11
6	Konklusjoner og anbefalinger	11
6.1	Erstatning av 275 Ah-batteriene	11
6.2	Erstatning av diesel- og CO ₂ -kjølesystemene	11

1 ASKOs distribusjonsbiler

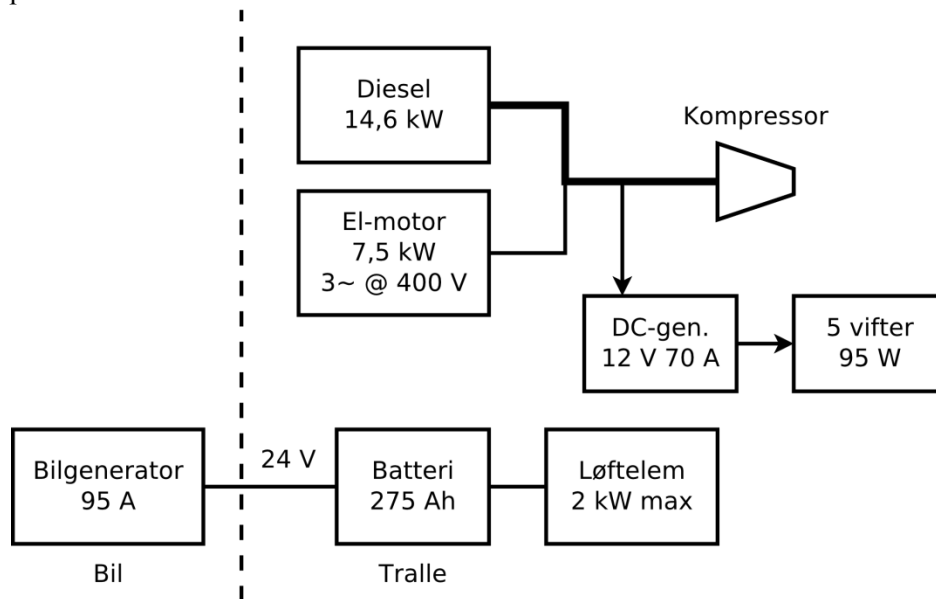
ASKO har på landsbasis en bilpark som består av omtrent 300 distribusjonsbiler i forskjellige størrelser; derav hører 47 enheter til ASKO Midt-Norge. ASKO har vist vilje til å satse på miljøvennlige løsninger, som allerede har ført til at drøye 20 distribusjonsbiler har et CO₂-basert kjøleanlegg istedenfor diesel-baserte generatorer; bioetanol er også tatt i bruk som drivstoff i noen biler.

ASKOs distribusjonsbiler kommer riktignok i mange størrelser, men er strukturelt like. Anleggene som drives på strøm og dermed er relevante for dette prosjektet er først og fremst løftelem og kjøleanlegg. Løftelem er lik på alle bilene, mens kjøleanleggets energibehov avhenger av bilens størrelse (spesielt lengden, da innetemperatur og tverrsnitt varierer lite).

Bilene er utstyrt med to seriekoblede batterier (hvert 12 V, 275 Ah), som lades av to seriekoblede dynamoer med samme spenning og dimensjonert til 95 A, altså en kapasitet på 1,14 kW hver. Disse forsyner løftelemmen og, i bilene med CO₂-anlegg, viftene og styrestrømmen til kjølesystemet.

1.1 Biler med dieseldrevet kjøleanlegget

De fleste distribusjonsbilene kjøles ved hjelp av et dieselaggregat innebygd i Thermo King-enheten; energiflytskjemaet er vist i Figur 1. Dieselaggregatene leverer 14,6 kW i mekanisk effekt til en kompressor som driver kjøleprosessen.



Figur 1: Energiflytskjema i distribusjonsbiler med dieselaggregat.

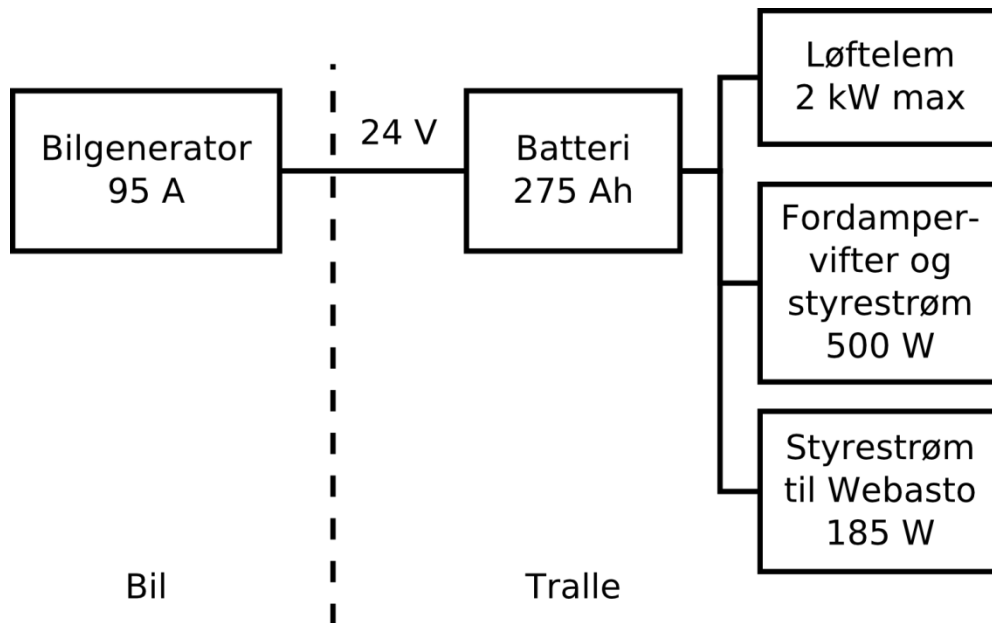
Det mulig å slå av dieselaggregatet og forsyne kompressoren med en el-motor drevet av trefasestrøm. Bruk av elforsyning bidrar til å redusere utslipp, men kan kun anvendes når trefasestrøm er tilgjengelig; dette er typisk når distribusjonsbilen er parkert ved ASKOs distribusjonssentral, f.eks. under av- og pålesing. Elmotoren leverer kun 7,5 kW, men skal etter ASKOs mening være den mest representative størrelsen, da dieselmotoren anses å være overdimensjonert. Ifølge Thermo Kings dokumentasjon gir elforsyning noe mindre kjølekapasitet enn dieselaggregatet (f.eks. 4,2 kW istedenfor 5,2 kW ved -20 °C for modellen T-1000R).

Akselen som driver kompressoren driver også en relativt liten DC-generator (12 V, 70 A) som driver fem sirkulasjonsvifter i distribusjonsbilens tralle.

Kjøleanlegget må foreta en avriming hver 4. time ved at kjøleprosessen reverseres og brukes som varmepumpe. Dette kan også brukes for å varme opp skapet ved ekstremt lave temperaturer om vinteren.

1.2 Biler med CO₂-kjøleanlegg

Distribusjonsbilene som fikk installert CO₂-kjøleanlegg må regelmessig etterfylles med flytende CO₂, gjerne en gang om dagen ved kontinuerlig drift. CO₂ brukes da i fordampere til å kjøle lasten. Systemet krever 0,5 kW elektrisitet for å fungere, til drift av fordampervifter og litt til for styrestrøm, som vist i flytskjemaet i Figur 2. Viftene og styrestrømmen forsynes av 24 V-linjen som også forsyner løftelemmen via batteripakken.



Figur 2: Energiflytskjema i distribusjonsbiler med CO₂-kjøleanlegg.

CO₂-anleggene ble installert hovedsakelig som miljøtiltak og er ikke billigere enn dieselgeneratorer, hverken i investerings- eller driftskostnader. CO₂ må etterfylles ved at hver distribusjonsbil manøvrer inntil CO₂-lagringstanken bak ASKOs bygg på Tiller. I sin tur, etterfylles lagringstanken med leveranser som kjøres fra Herøya i Porsgrunn: den lange transportavstanden bidrar til å øke kostnadene for flytende CO₂ betydelig. Miljøgevinsten er i så fall reduksjonen av utslipp som CO, VOC, svevestøv osv. i bymiljø fra diesellaggregatet, mens det er usikkert hvordan de totale CO₂-utslippene påvirkes når man tar i betraktning den lange transportavstanden og produksjonsprosessen for flytende CO₂.

Avriming og oppvarming av skap kan ikke foregå ved å reversere prosessen som det gjøres på biler med Thermo King-enheter; CO₂-biler er derfor utstyrt med en Webasto-varmer av typen DBW2016. Webasto'en forbruker 185 W elektrisitet og ca. 1,8 kg diesel i timen i drift, og har en varmeeffekt på 16 kW; den aktiviseres i 45 minutter hver 4. time.

1.3 Løftelem

Løftelemmen krever en maksimal effekt på 2 kW. Løftelemmen forsynes av 24 V-strøm fra batteriene og kan operere i flere minutter uten at bilgeneratoren (og dermed bilmotoren) er i drift.

Ved lengre opphold og kontinuerlig bruk av løftelem, f.eks. ved en større leveranse av 20-30 paller, har det skjedd at batteriene ble helt utladet: sjåføren har da måttet starte bilmotoren igjen og vente på at batteriene ble ladet opp til et tilstrekkelig nivå før vareleveransen kan gjenopptas. Dette skaper tidvis forsinkelser i tjenesten og må unngås.

Når motoren holdes i gang for å holde batteriene oppladet, er det antatt et forbruk på 4 liter diesel i timen.

1.4 Kjørelogg

ASKO fører logger av distribusjonsbilene i sanntid over mobilnettet. Det loggføres tid (med minuttoppøsning) og sted når enhver bil starter eller stopper motoren, når den drar fra og ankommer ulike steder. Disse kjøreloggene ble brukt av SINTEF til statistisk analyse av tomgang og kjøretid. Alle resultater er presentert i grafisk form i vedlegg.

Data fra tre forskjellige distribusjonsbiler er analysert:

- **VF97093**, en 27-palls distribusjonsbil med CO₂-kjøleanlegg;
- **VF96829**, en 20-palls distribusjonsbil med CO₂-kjøleanlegg;
- **VH52667**, en 20-palls distribusjonsbil med diesellaggregat;

Følgende informasjon er grafisk fremstilt i vedlegg:

- Fordeling av tomganger (rød) og kjøring (grønn), fordelt per antall minutter de varer;
- Tid (minutter) tilbrakt i tomgang eller kjøring, også fordelt per antall minutter de varer;
- Akkumulert prosent av tomgangs- og kjøretid som funksjon av varigheten av tomgang eller kjøring.

Fra analysene kan det konkluderes at det er små forskjeller årstidene imellom. Derimot er det klare forskjeller mellom distribusjonsbilene:

- VF97093 har størst kapasitet, og det er naturlig at den har lengre tomgangskjøring i forbindelse med av- og pålesing: halvparten av tomgangstiden er i tomganger over en halv time. Kjøretidene er også kortere for denne bilen (70 % tilbringes i reiser under en halvtime), som sannsynligvis betyr at bilen betjener et mindre og tettbefolket område. Denne bilen har i løpet av 2013 faktisk vært lengre tid i tomgang enn kjøring. ASKO bekrefter at bilen brukes i Trondheimsområdet, og kjører normalt ikke lengre enn til Stjørdal.
- VF96829 har mindre lastekapasitet (20 paller), og har følgelig kortere tomganger: halvparten av tomgangstiden skyldes tomganger under 20 minutter. Reisene er også lengre, og 70 % av kjøretiden tilbringes i reiser som varer under 40 minutter. Denne distribusjonsbilen antas å levere varer til mindre butikker og kjøpesentra, og har hatt i 2013 litt mer kjøretid enn tomgangstid. ASKO rapporterte at bilen kjører et blandet opplegg, med to dager i Trondheim og tre i distriktene i løpet av uken.
- VH52667 har samme kapasitet som VF96829, men det er klart at den har mye kortere tomgangs-kjøring: 80 % av tomgangstiden skyldes tomganger under 20 minutter. Samtidig er kjøretidene gjennomsnittlig mye lengre: halvparten av kjøretiden tilbringes i reiser som varer over 70 minutter. Bilen har over dobbel så lang kjøretid som tomgangstid, og kjøremønsteret tyder på at den brukes til å levere varer til mindre tettsteder. ASKO bekreftet at bilen kjører oftest til Nord-Trøndelag og opp til Namsos.

1.5 Vekt og volum

Ifølge ASKO er ikke vekten av et brenselcellesystem et problem i distribusjonsbiler. Volum og plassering er derimot viktigere, ettersom distribusjonsbilens kapasitet (og dermed dens lønnsomhet) ville blitt redusert om systemet tok plass i trallen.

2 PowerCells system

PowerCells PowerPac-system består av en reformer som omdanner diesel til hydrogenrik reformatgass som så kjøres i en brenselcelle for å generere elektrisitet. Systemet er grafisk beskrevet i **Figur 3**.

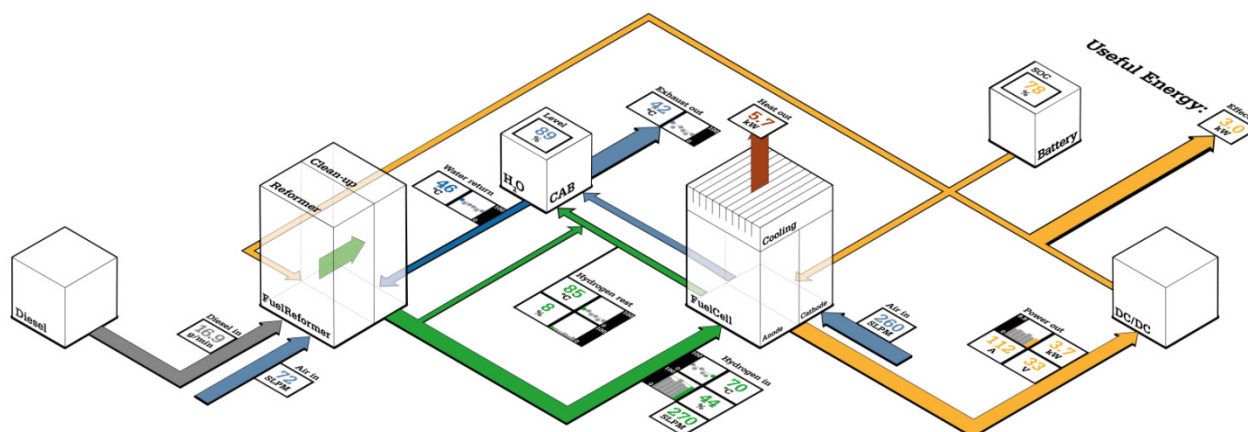
Brenselcellene som PowerCell leverer kan dimensjoneres mellom 1 og 6 kW, og kan kjøre på både hydrogen og reformatgass.

Reformerer er av autotermisk type, hvilket betyr en del av dieselen brukes til å varme opp reformeren og til å promotere reformeringsreaksjonen. Reformerer har en svovelfelle slik at svovel ikke er blant utslippene.

Reformatgassen som fødes i brenselcelles består hovedsakelig av hydrogen, nitrogen, vanddamp og karbondioksid. Utslippene fra systemet er:

- Karbondioksid (CO₂): omtrent 15 % av reformatgassen;
- Metan (CH₄): mellom 200 ppm_{vol} og 700 ppm_{vol} av reformatgassen, øker med lasten, kan etterbrennes i CAB (se **Figur 3**);
- Karbonmonoksid (CO): under 10 ppm_{vol} under vanlig drift; katalysatorgift for brenselcellen.

Andre utslipp som NO_x, partikkelstøv, svovel og andre som typisk forekommer i dieselaggregater er fraværende.



Figur 3: PowerCells PowerPac-system, flytskjema med de forskjellige enkeltkomponentene og masse- og energistrømmer.

Oppstartstid for reformeren er omtrent 45 minutter, det meste brukt for å varme systemet til driftstemperatur (30 minutter) og resten for at CO-konsentrasjonen skal stabilisere seg på et akseptabelt lavt nivå, slik at reformatgassen kan fødes til brenselcellene. Videreutvikling av systemet skal ta denne tiden ned til under 10 minutter.

Systemets totale virkningsgrad (basert på LHV) er opptil 25 %, og neste generasjon skal komme opp i 35 %. Levetiden for systemet er 2000 timer, men det er et mål å øke den til 10 000 timer i fremtidige versjoner. Systemets volum er omtrent 300 liter, som bør reduseres noe i sluttproduktet "P1". Vekten er under 200 kg.

PowerPac-prototypen fungerer ikke i minusgrader; målet er at "P1" skal fungere ned til 25 kuldegrader. Støynivået er for prototypen 60 dB, som bør kunne reduseres ytterligere i videreutviklingen. PowerPac leverer opptil 3 kW ved 24 V DC.

En vesentlig begrensning til PowerPac er at systemet ikke er testet til bruk under kjøring, da det er utviklet for å levere strøm under lengre pauser og overnattinger, som det er aktuelt for langdistansekjøring av lastebiler gjennom USA. I ASKOs distribusjonsbiler er tomgangskjøringene av kortere varighet, men de kan utgjøre over halvparten av tiden motoren er i gang.

Da kun en liten brøkdel av tomgangene varer lengre enn 45 minutter, er det ikke mulig å starte PowerPac-systemet, som krever 45 minutter til oppvarming. En løsning er å forvarme systemet før avreise, siden det da beholder varmen i flere timer, slik at det kan startes mye raskere når vareleveransen starter.

3 Egnethetsvurdering

3.1 Erstatning av dieselaggregat i Thermo King-kjøleanlegg

PowerPac-systemene har en maksimal effekt på 3 kW, mens dieselaggregatet er vesentlig større (14,6 kW). El-motoren i Thermo King-enheten forbruker 7,4 kW, og dette er dessuten trefase 400 V AC, mens PowerPac leverer 24 V DC: det ville altså være nødvendig å installere kraftelektronikk for omforming av strømmen, eller bytte ut el-motoren i Thermo King-enheten.

Det er et krav at kjøleanlegget skal operere kontinuerlig under kjøring, og dette er altså ikke PowerPac designet for (enda). Som diskutert i avsnitt 1.4, benyttes biler med dieselaggregat gjerne til oppdrag med lengre kjøreavstander hvor CO₂-bilene ikke kan benyttes pga. begrenset CO₂-kapasitet: det er ikke tilstrekkelig å holde skapet kaldt ved å aktivere kjøleanlegget kun når bilen står stille.

Erstatning av dieselaggregat er i prinsippet mulig, men PowerPac er altså ikke egnet til dette i sin nåværende form. En videre utvikling av PowerPac vil måtte ta hensyn til drift under kjøring, høyere effektuttak (gjerne ca. 10 kW), og involvering av Thermo King i integreringen av brenselcellesystemet i deres kjølesystem (blant annet må el-motoren erstattes med en variant som bruker 24 V DC).

3.2 Løftelem med mer

Alle distribusjonsbiler har batterier som leverer 24 V DC, som etterfylles av to seriekoblede 12 V-dynamoer koblet til hovedmotoren i bilen. Hovedgrunnen for at fremdriftsmotoren holdes i tomgang er at batteriene kan gå tomme for elektrisitet.

Batteriene leverer energi til løftelem (alle biler), fordampervifter, styrestrøm og Webasto-varmer (kun CO₂-biler). Maksimalt forbruk til disse er under 3 kW, noe som passer PowerPac godt. Dessuten leverer PowerPac elektrisitet ved 24 V DC, det samme som batteriene.

PowerPac krever ca. 80 cm i største retning for installasjon, mens nåværende 275 Ah-batteriene bruker 1 m. Det er derfor mulig å erstatte de store batteriene med PowerPac på 3 kW for å forsyne løftelem, samt fordampervifter, styrestrøm og Webasto på CO₂-bilene. Den gjenværende plassen (20 cm) i batteriskapet kan brukes til et mindre bufferbatteri.

Denne løsningen krever ingen nyutvikling av PowerCell-teknologien, og er robust i forhold til problemer som eventuelt vil kunne oppstå under testing: skulle en PowerPac ikke fungere, kan sjåføren bare la motoren stå i tomgang (som er den samme praksisen man følger i dag) og bruke det mindre bufferbatteriet, da motoren kan forsyne løftelem mm. alene via de to dynamoene (se Figur 1 og Figur 2).

Det er i denne konfigurasjonen ingen begrensning at PowerPac ikke kan brukes under kjøring, fordi da er dynamoene til fremdriftsmotoren alltid tilgjengelig; dessuten brukes den største 24 V-forbrukeren, nemlig løftelemmen, kun når bilen står i ro.

Oppstartstiden til systemet vil kreve litt ekstra oppmerksomhet av ASKO. Man vil da behøve å omlegge prosedyrene slik at brenselcellesystemer blir startet 45 minutter før avgang, slik at de rekker å komme i driftstemperatur. Siden driftstemperaturen holder seg i flere timer når systemet ikke avkjøles aktivt, og siden nesten ingen ASKO-bil har registrert kjøretider over to timer i strekk, vil det være uproblematisk å starte opp systemet igjen når man ankommer reisemålet. Oppstarten vil eventuelt kunne automatiseres når framdriftsmotoren slås av.

3.3 Alternative brenselcelleteknologier (hydrogen)

ASKO har vist interesse for andre brenslere enn diesel til brenselceller, spesielt hydrogen. Bruk av hydrogen representerer en mer radikal endring for ASKO og ligger utenfor denne studiens rammer, men noen vurderinger er likevel gjort. Det er verdt å nevne at bruk av hydrogen ville forandre hydrogen i nærområdet på Tiller. Tiller/Sandmoen-området er blitt pekt ut som et område med flere potensielle sluttbrukere av hydrogen. Den største tidligbrukeren kan bli busselskapet AtB som, med sine nærmere 200 gassbusser, kan få behov for rundt 70 tonn hydrogen/år ved innblanding av inntil 15 % (volum) i naturgassen. En søknad ble innvilget av Transnova for nærmere utredning av denne og andre anvendelser, og

avklaring om tilsagn er nært forstående. Det er også andre initiativer i Tiller-området, så som EU-prosjektet CommOneEnergy, der SINTEF er partner og der City Syd er valgt ut som ett av tre europeiske kjøpesentre for å demonstrere miljøvennlig teknologi (<http://www.commonenergyproject.eu/>). Flere mulige leverandører av hydrogenteknologi er identifisert, og SINTEF vil bistå med å knytte de nødvendige kontakter til disse.

Siden hydrogen ikke er like lett tilgjengelig som diesel, vil man avhenge av enten regelmessig levering av hydrogenflasker av gassleverandører, som er relativt dyrt, eller egen produksjon ved en hydrogenfyllstasjon som ASKO ville anskaffe, som er en større investering men har betydelige stordriftsfordeler.

En egen hydrogenfyllstasjon kunne rettferdiggjøres bedre om hydrogen ble brukt flere steder i bedriften; for eksempel besitter ASKO over 100 batteridrevne gaffeltrucker som vil kunne konverteres til hydrogendrift. Hydrogen i gaffeltrucker er et tidlig marked i utvikling, spesielt i USA men også i Europa, og har fordelen at de kan etterfylles svært raskt (istedenfor å lades i flere timer); dermed har man flere gaffeltrucker tilgjengelig til enhver tid.

Bruk av hydrogen som hovedbrensel i distribusjonsbiler krever en enda større investering i hydrogenproduksjonskapasitet og fornyelse av bilparken, og er ikke aktuelt som første skritt: hydrogendrevne distribusjonsbiler bør innføres gradvis.

Selve PowerPac'en kan lett omvandles til å bruke hydrogen ved at man fjerner reformeren som lager hydrogen av diesel; det ville likevel være noe å hente av å optimere systemet til bruk av rent hydrogen istedenfor reformatgass. Ytelsen blir noe høyere når systemet drives på rent hydrogen.

Ved lange avstander, f.eks. levering til Nordland, er tradisjonelle brenslere som diesel fortsatt uunnværlig frem til et egnet nettverk av hydrogenfyllstasjoner blir opprettet.

3.4 Helse, miljø og sikkerhet

Ved bruk av PowerPac blir diesel omdannet til hydrogenrik reformatgass som i sin tur omdannes til elektrisitet. De lave trykkene og de små mengdene gjør at risikobildet ikke er vesentlig påvirket av brenselcellesystemet. Én faktor er at en eventuell lekkasje av reformatgass kunne utgjøre eksplosjonsfare under visse betingelser: HMS-aspekter bør avklares i samarbeid med PowerCell.

Reformatgassens eneste brennbare komponent er hydrogen, som vil samle seg øverst i hulrom ved en eventuell lekkasje. Dette har ingen sikkerhetsmessige konsekvenser hvis lekkasjen skjer i det frie, da hydrogenet vil naturlig fjerne seg fra mennesker og eiendom. Skulle derimot bilen befinne seg under et tak (f.eks. garasje eller et større varemottak), kunne en lekkasje over tid føre at hydrogen samler seg under taket. Dette kan etterhvert føre til eksplosjonsfare, som forebygges ved at hver PowerPac utstyres med to hydrogensensorer for å detektere lekkasjer.

4 Utslippsreduksjon

Som illustrert i avsnitt 3.1 og 3.2, er den mest aktuelle anvendelsen av PowerPac en erstatning av 275 Ah-batteriene for å fjerne behovet til tomgangskjøring (både i biler med CO₂-anlegg og diesellaggregat). Dette blir utgangspunktet for beregningen av utslippsreduksjonen foretatt i denne forstudien og rapportert nedenfor.

For å beregne utslippsreduksjonen må man altså sammenligne produksjon av drøye 2 kW fra dynamo med produksjon av samme effekt fra brenselceller over tid.

- Ifølge data fra ASKO, forbruker en bilmotor på tomgang omtrent 4 liter diesel per time: med et energiinnhold på 36 MJ/L¹ tilsvarer dette 40 kW. Fra dataene i vedlegg, er tomgangstiden 500 timer i året, noe som gir et årlig forbruk på 20 000 kWh.
- ASKO estimerer at løftelemmen brukes gjennomsnittlig 30 minutter i løpet av en arbeidsdag (den faktiske brukstiden vil være veldig avhengig av vareleveransen). Med antatte 250 arbeidsdager i året og 2 kW effekt blir det et årlig elektrisitetsforbruk på 250 kWh.

¹ Verdien vil sprike litt avhengig av dieselsammensetningen, som ikke er standardisert. Nedre brennverdi er ofte oppgitt selv om den riktige termodynamiske størrelse ville være Gibbs frie energi.

- Webasto-varmeren trenger 185 W styrestrøm og antas alltid koblet på, selv når den ikke er i bruk. Fordampervifter og styrestrøm til CO₂-anlegget forbruker ytterligere 500 W. Med den ovenfor antatte årlige tomgangstiden på 500 timer, er det årlige elektrisitetsforbruket dermed henholdsvis 92,5 kWh og 250 kWh. Disse enhetene forbruker energi også under kjøring, men denne anses å være "gratis" fordi den genereres som biprodukt fra hovedmotoren under kjøring, og tilleggsmotstanden fra dynamoene er marginal og dermed i svært liten grad påvirker dieselforbruket.

Energiforbruk på årsbasis og virkningsgrader for biler med dieselaggregat og CO₂-anlegg ved tomgangskjøring er oppsummert i **Tabell 1**.

Diesel (tomgangskjøring)	20 000 kWh
El-forbruk til løftelem	250 kWh
Webasto (kun CO ₂ -biler)	92,5 kWh
Vifter/styrestrøm (kun CO ₂ -biler)	250 kWh
Virkningsgrad (dieselaggregat)	1,25 %
Virkningsgrad (CO ₂ -anlegg)	2,96 %

Tabell 1: Årlig energiforbruk og virkningsgrader for 24 V-linjen i ASKOs distribusjonsbiler i tomgangskjøring. Tall er for én bil med 500 timer tomgangskjøring i året.

Den beskjedne virkningsgraden viser at det åpenbart er et stort forbedringspotensial. Ifølge PowerCell, kan deres system oppnå en virkningsgrad på 25 % (og sikter mot 35 % i fremtidige versjoner): det skal i så fall være mulig å senke dieselforbruket til 1000 kWh (dieseldrevet kjølesystem) eller 2370 kWh (CO₂-kjølesystem), eller henholdsvis med hele **95 %** og **88 %** i forhold til dagens praksis.

Under forutsetning om 500 timers tomgang i året, er utslippene fra en distribusjonsbil under tomgang som følger² i Tabell 2:

Utslipp	Tomgang	PowerPac
CO ₂	5 000 kg	250 kg (diesel) 592,5 kg (CO ₂)
CO	47 kg	~0
NO _x	27,5 kg	0
VOC – flyktige organiske forbindelser	6,25 kg	0
PM ₁₀ – Svevestøv 10 µm	1,3 kg	0
Støy	Ja	Nei

Tabell 2: Årlige utslipp med tomgang og med PowerPac for en typisk distribusjonsbil.

En utrulling av PowerPac'er på alle av ASKOs 300 distribusjonsbiler vil da gi en årlig utslippsreduksjon på nesten 1400 tonn CO₂ i året, noe som tilsvarer fjerning av over **800 personbiler** fra norske veier³. I tillegg vil brenselcellesystemet redusere andre utslipp i praksis til null.

² Data for alle utslipp unntatt CO₂ er hentet fra *Emission Facts – Idling Vehicle Emissions*, United States Environmental Protection Agency, EPA420-F-98-014, <http://www.epa.gov/otaq/consumer/f98014.pdf>. Data for CO₂ er hentet fra *Documentation for Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2008*, U. S. Energy Information Administration, DOE/EIA-0638 (2008), tabell 6-1, og tilsvarer 73,15 kg CO₂ per million BTU diesel, eller ca. 250 kg CO₂ per MWh diesel; se [http://www.eia.gov/oiaf/1605/ggrpt/documentation/pdf/0638\(2008\).pdf](http://www.eia.gov/oiaf/1605/ggrpt/documentation/pdf/0638(2008).pdf).

³ Ifølge data fra Statens Vegvesen, tilsvarer CO₂-utslippene fra nyregistrerte personbiler 130 g/km, se websiden <http://www.vegvesen.no/Kjoretøy/Fakta+og+statistikk/Kjoretøy+og+drivstoff/Miljoutslipp/Gjennomsnittlige+CO2-utslipp>. Ifølge Statistisk Sentralbyrå, kjører den gjennomsnittlige norske personbilen 12 900 km i året, se websiden <https://www.ssb.no/klreg/>.

5 Kostnader

Ifølge ASKOs estimat, forbruker en distribusjonsbilmotor på tomgang ca. 4 liter diesel per time. Med de antatte 500 tomgangstimer i året og en dieselpriis på 14,5 kroner, er det årlige besparelspotensialet på 29 000 kroner per bil; med en antatt gjennomsnittlig reduksjon på 90 % i brenselkostnadene er gevinsten ca. 26 000 kroner per bil per år, eller 7,8 millioner kroner per år for alle av ASKOs 300 distribusjonsbiler.

PowerCell har meldt at prisen til en egnet prototyp er 950 000 kroner, men sluttproduktet ville koste mye mindre, 12 000 USD (ca. 74 000 kroner): sluttproduktet vil derfor være konkurransedyktig allerede med tanke på spart brensel alene, med en tilbakebetalingstid på knappe tre år.

6 Konklusjoner og anbefalinger

6.1 Erstatning av 275 Ah-batteriene

PowerCells PowerPac-system, dimensjonert for 3 kW, er vurdert egnet til å erstatte 275 Ah-batteriene som ASKO bruker på sine distribusjonsbiler for å forsyne løftelem, fordampervifter og styrestrøm (to sistnevnte kun på biler med CO₂-kjøleanlegg).

Brenselcellesystemet kan fjerne behovet for tomgangskjøring ved leveringsstopp, og potensialet for utslippsreduksjon er oppsummert i Tabell 3 for installasjon på én bil, på ASKO Midt-Norges biler, og på alle ASKO-biler nasjonalt. I tillegg vil det stille brenselcellesystemet redusere støyforurensningen.

Utslipp	Én bil	ASKO Midt-Norge	ASKO nasjonalt
CO ₂	4 500 kg	211,5 tonn	1350 tonn
CO	47 kg	2,2 tonn	14,1 tonn
NO _x	27,5 kg	1,3 tonn	8,25 tonn
VOC – flyktige organiske forbindelser	6,25 kg	294 kg	1,87 tonn
PM ₁₀ – Svevestøv 10 µm	1,3 kg	61 kg	390 kg

Tabell 3: Årlig reduksjonspotensiale for forskjellige utslipp ved utrulling i forskjellige skalaer

Bruk av PowerPac vil kreve noen justeringer i ASKOs prosedyrer: systemet vil måtte varmes opp før man starter dagens leveringsrunde, da det ikke bør opereres under kjøring. Under kjøring leveres strømmen av dynamoen koblet til bilens motor.

Installasjon av PowerPac vil ikke introdusere risikoer for leveringssikkerhet, da det alltid er mulig å reversere til tomgangskjøring om det skulle dukke opp problemer med PowerPac; dette er forøvrig samme praksis som gjelder i dag og krever derfor ingen ytterligere opplæring.

Det anbefales at et pilotprosjekt opprettes med PowerCell, ASKO og SINTEF, med støtte fra Transnova, for å demonstrere en prototyp på et ASKO-distribusjonsbil. Prosjektet vil omfatte tilpassing av PowerPac til installering i tralle, tester og demonstrasjon av teknologien i vanlig drift. Etter dette prosjektet vil PowerCells sluttprodukt være definert: ASKO vil kunne oppgradere sine distribusjonsbiler og PowerCell vil kunne selge teknologien videre i Norge og andre markeder.

6.2 Erstatning av diesel- og CO₂-kjølesystemene

PowerPac egner seg derimot ikke som erstatning for diesel- og CO₂-aggregatene som brukes til kjøling av trallene: disse krever større effekt og må holdes i drift kontinuerlig under kjøring.

Potensialet er ikke vurdert, men det antas at virkningsgraden for dieselaggregatene ikke er så dårlig som for tomgangskjøring (som var 1-3 %). Beregning av de samlede utslippene til CO₂-kjøleanlegg vil være komplisert av hensynet til transport av flytende CO₂ fra Porsgrunn og prosessen CO₂ lages ved hjelp av.

En innføring av brenselceller i kjølesystemer vil kreve et større utviklingsprosjekt med kjølesystemleverandøren Thermo King, samt PowerCell og ASKO. Et slikt prosjekt vil også kunne se på direkte bruk av

hydrogen som brensel istedenfor reformert diesel, og ha større bredde i forhold til bruk av hydrogen i distribusjonsbransjen.

Det er kjent at Thermo King har startet et eget prosjekt i USA for bruk av brenselceller i distribusjonsbiler⁴, og de kunne derfor være interessert i å starte en satsing i Europa. EUs Fuel Cell & Hydrogen Joint Undertaking kunne tenkes å støtte et lignende demonstrasjonsprosjekt. Bruk av PowerCells løsning med dieselreformer kunne være ett innovasjonselement sammenlignet med det amerikanske prosjektet, som bruker direkte hydrogen.

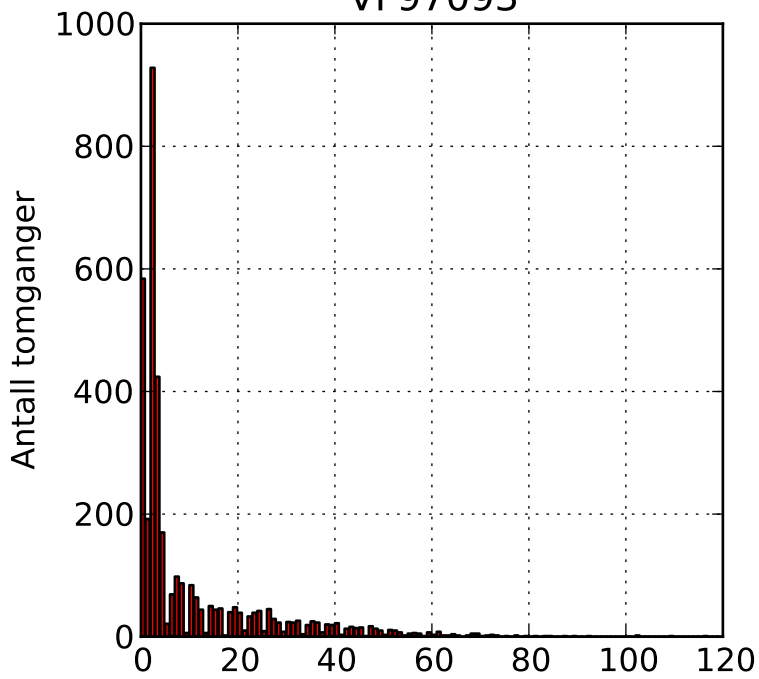
⁴ Fuel Cell Today, *Nuvera and DoE National Laboratory to Demonstrate Fuel Cell Power for Refrigerated Trucks in Grocery Distribution*, 28. august 2013, <http://www.fuelcelltoday.com/news-events/news-archive/2013/august/nuvera-and-doe-national-laboratory-to-demonstrate-fuel-cell-power-for-refrigerated-trucks-in-grocery-distribution>.



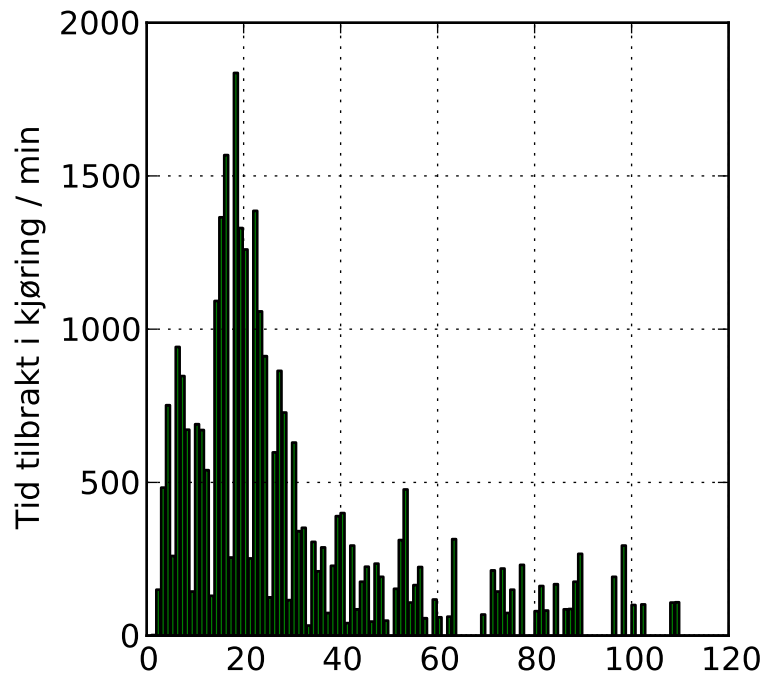
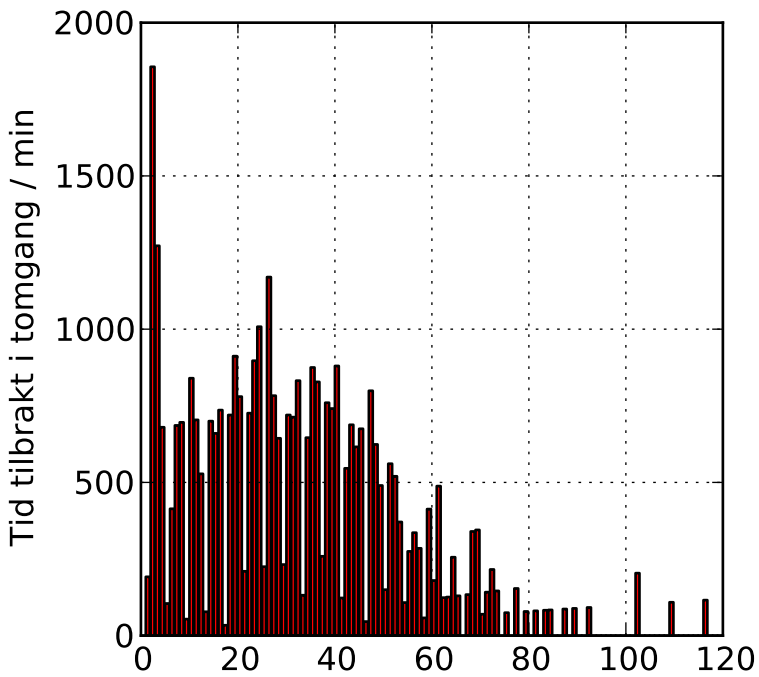
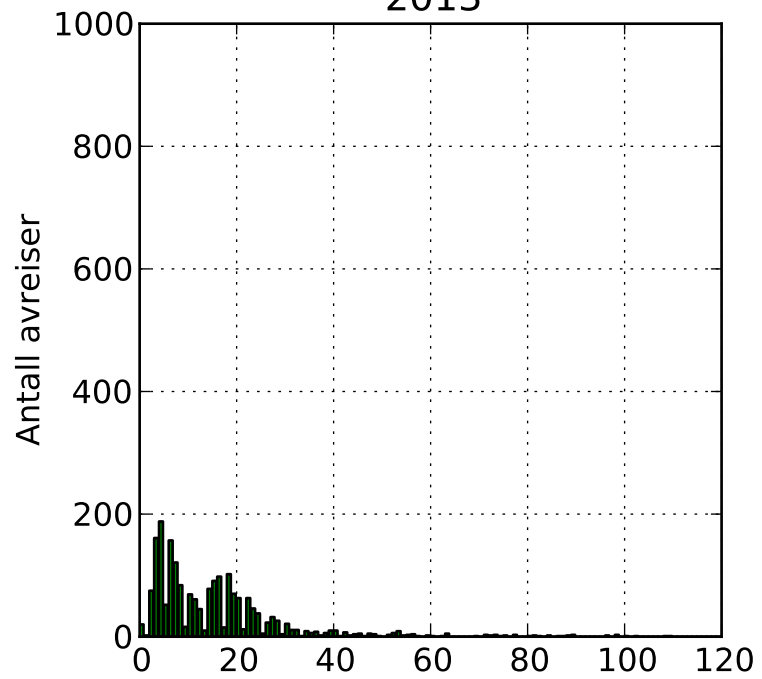
Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no

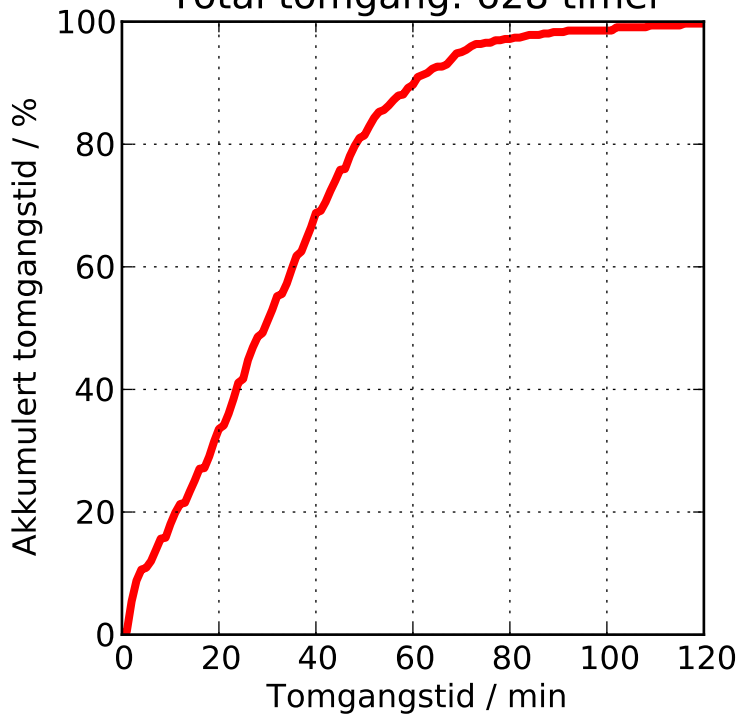
VF97093



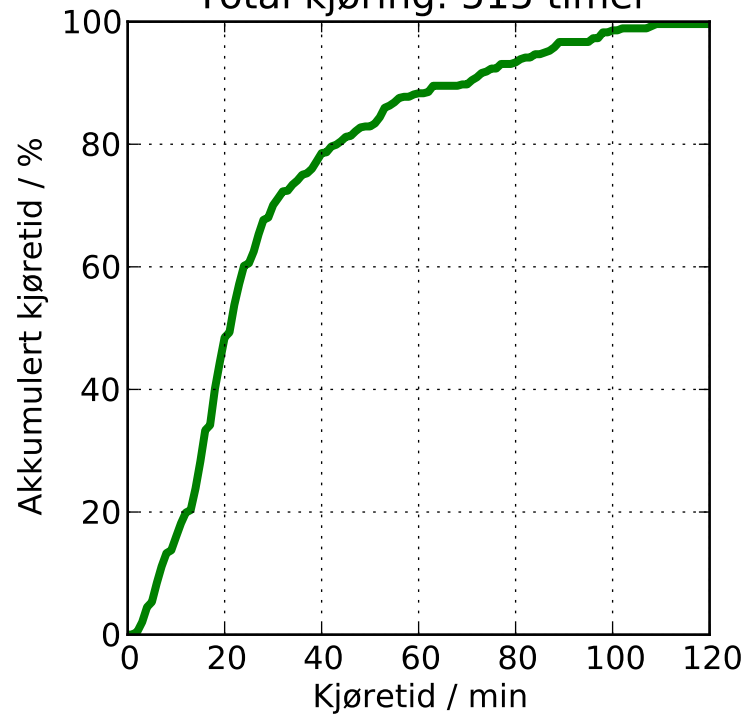
2013



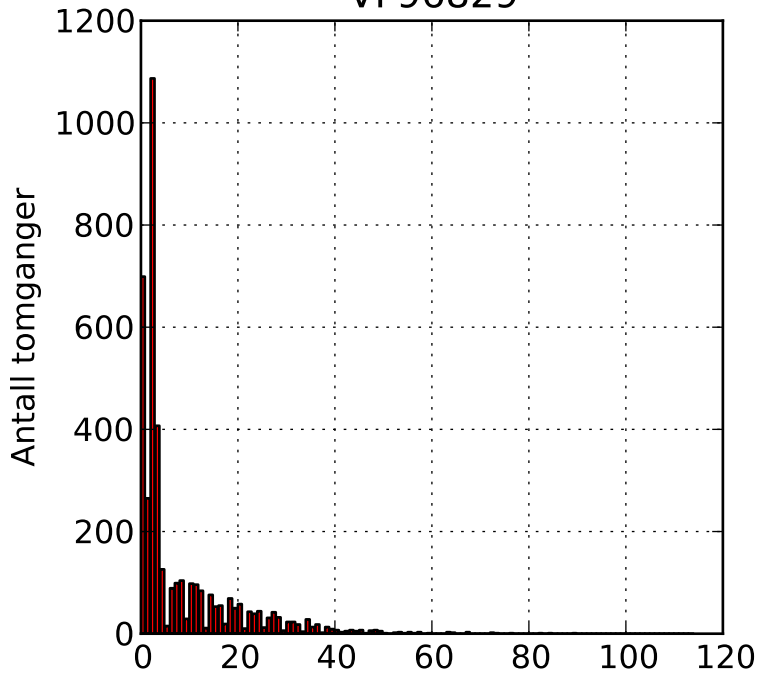
Total tomgang: 628 timer



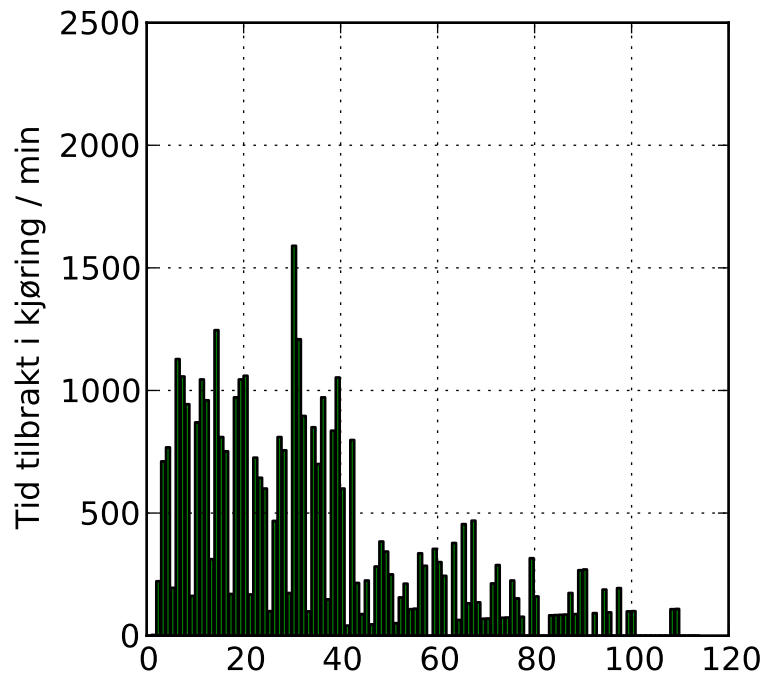
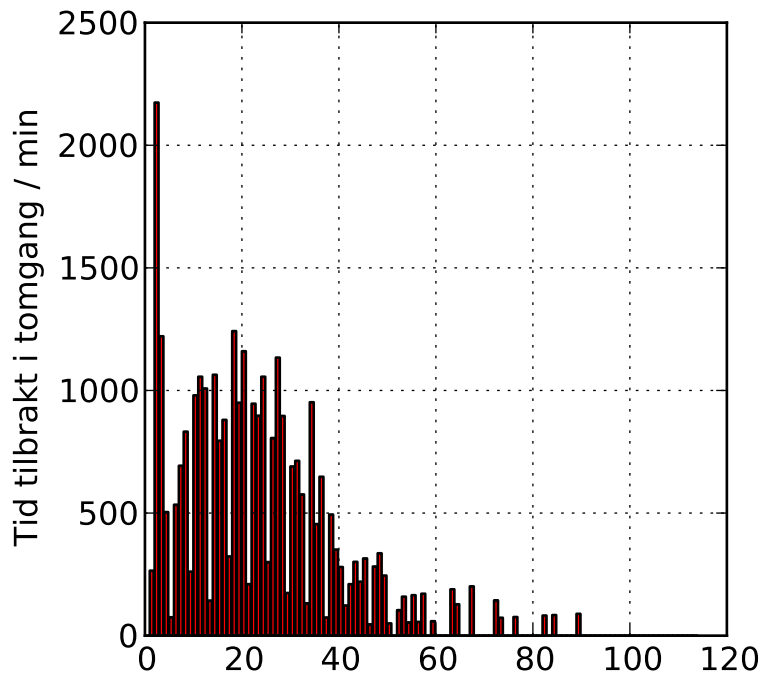
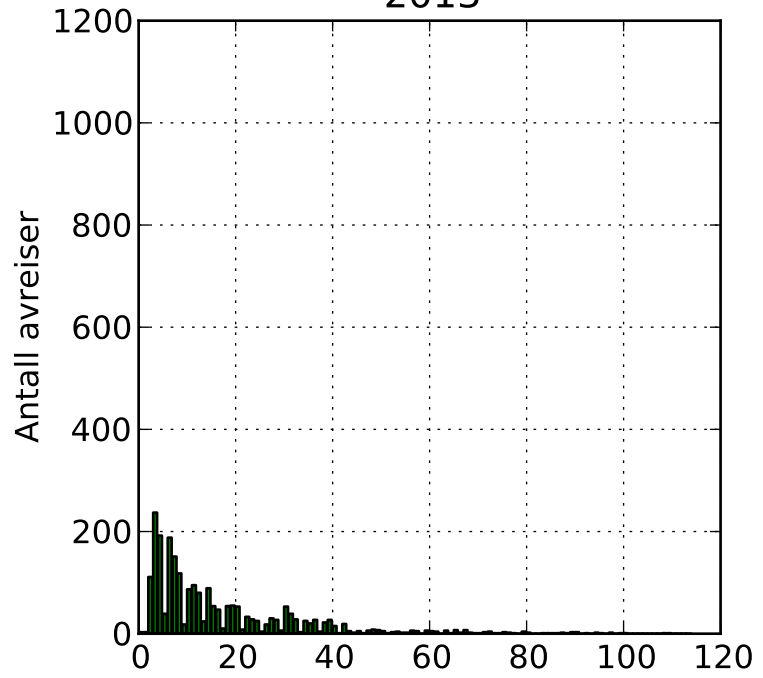
Total kjøring: 515 timer



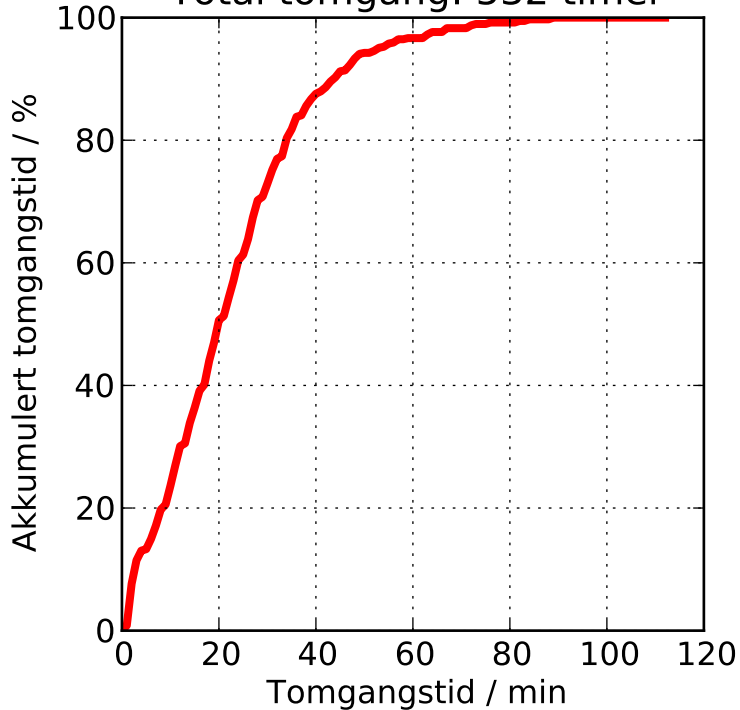
VF96829



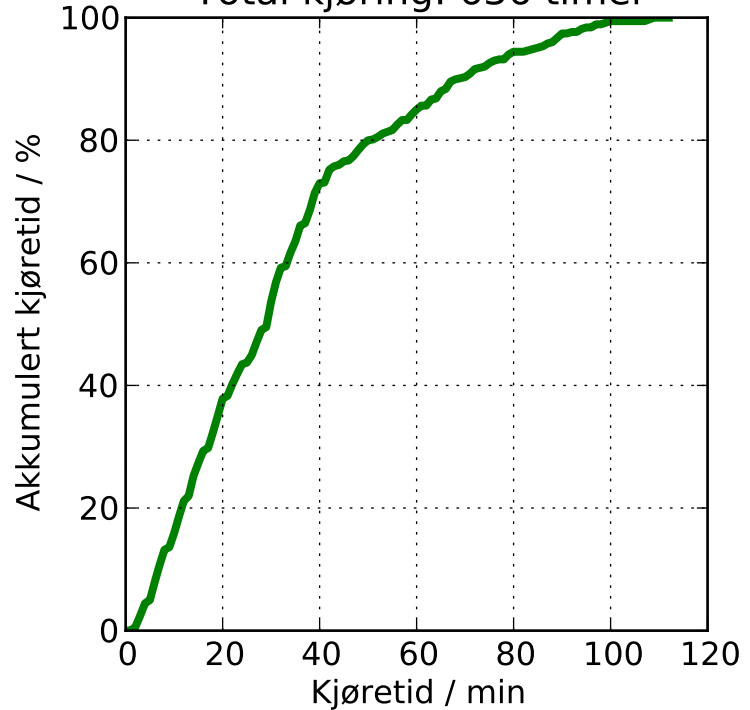
2013



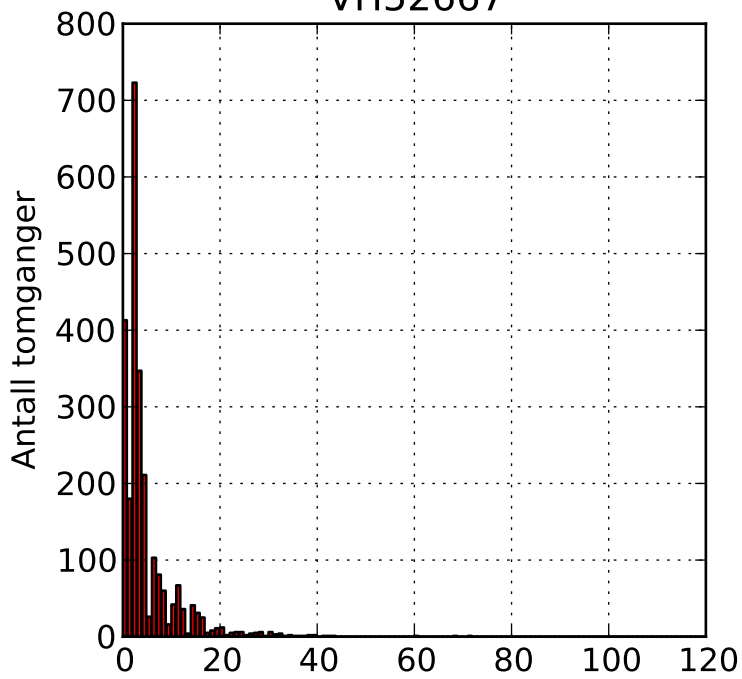
Total tomgang: 532 timer



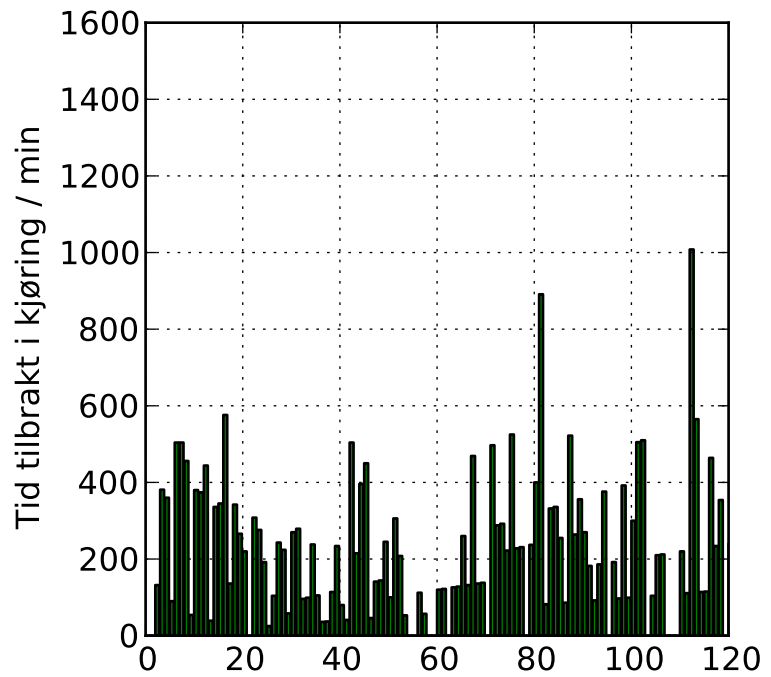
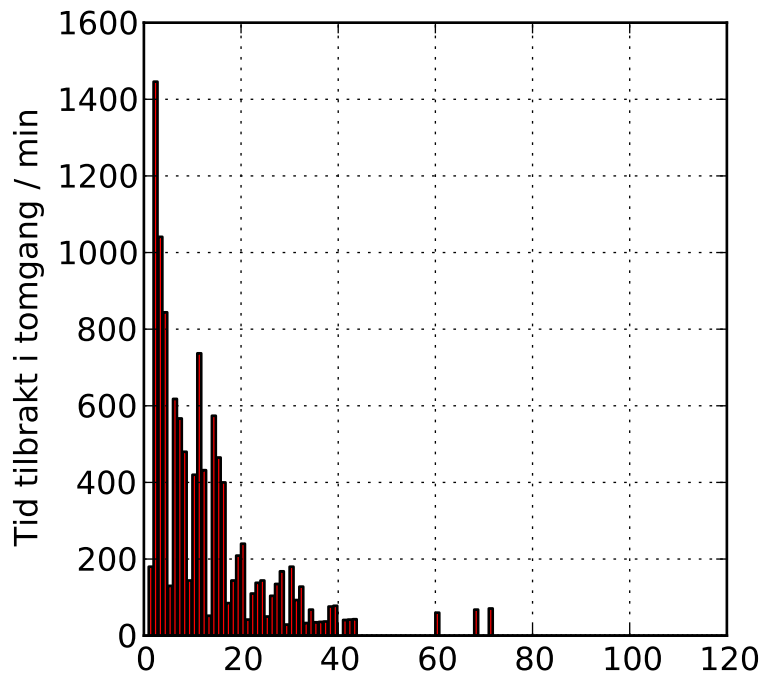
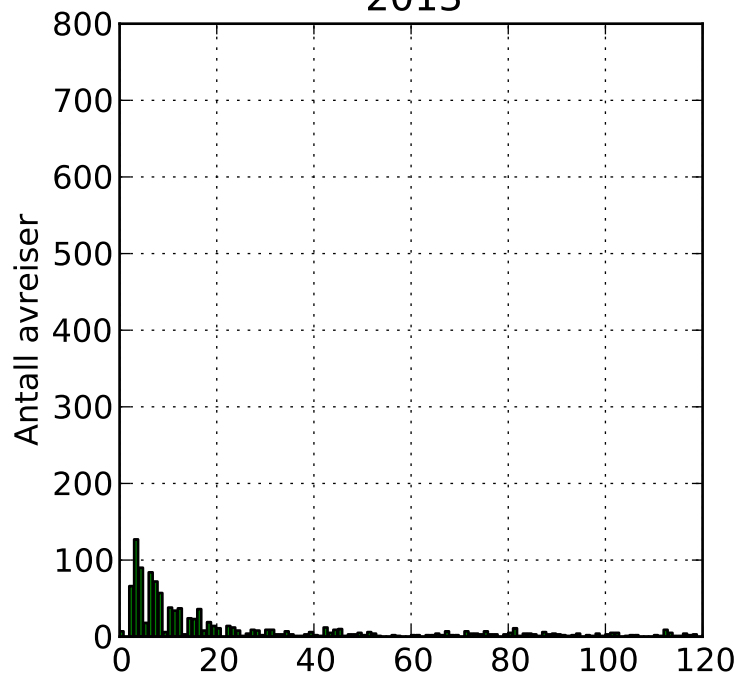
Total kjøring: 636 timer



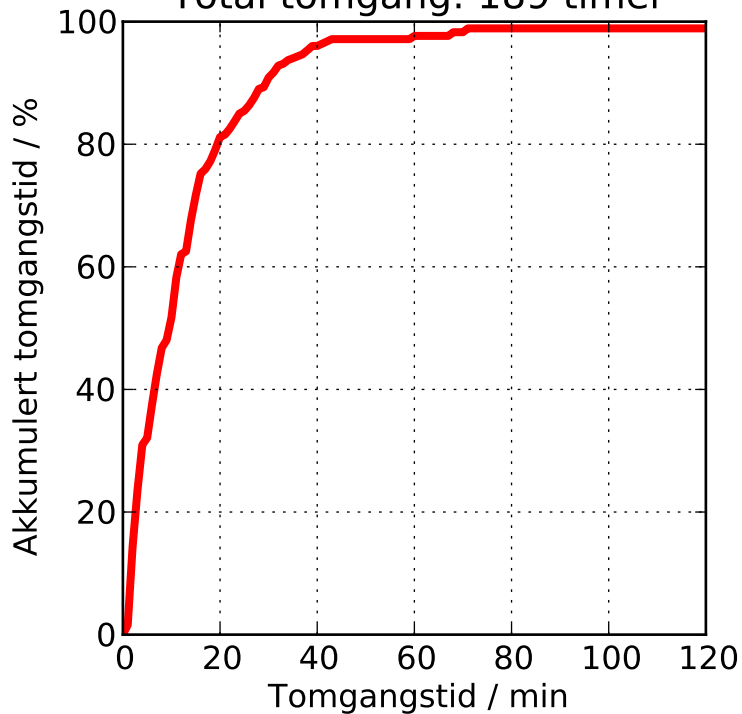
VH52667



2013



Total tomgang: 189 timer



Total kjøring: 455 timer

