

Datum
2024-08-20Dnr
2021-037066Projekt nr
52709

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Framtagande av modulär elektrifierad drivlina validerad i en flygplatsbrandbil	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Development of modular electrified powertrain validated in an airport fire engine	
Universitet/högskola/företag RISE	Avdelning/institution Mobilitet och system
Adress Lindholmspiren 7A	
Namn på projektledare Johan Östling	
Namn på ev övriga projektdeltagare Thomas Nyström, Lukas Hallquist, Derek Diener, Ellen Scott, Pavithra Gopalakrishnan, Johan Östling, Peter Sundqvist	
Nyckelord: 5-7 st Elektrisk drivlina, Hybrid, Framtidsadaptiv design,	

Förord

Projektet vill tacka Energimyndigheten som finansierat huvuddelen av arbetet men även delfinansierarna och parterna Scania CV, WinGurad, Räddningstjänsten Väst, Räddningstjänsten Syd, Räddningstjänsten StorGöteborg, Södertörn Brandförsvarsförbund och Brandkåren Attunda. Vi vill även tack tacka representanterna för AG-BAS, AB Volvo, Floby Rescue och Sala Brand i arbetet med Upphandlingsunderlaget för utsläppsfri BAS-Bil till Adda¹. Vi vill även tacka övriga representanter för företag som deltagit under intervjuer, gemensamma projektmöten och delat information och sina erfarenheter som tex. Keolis, Västtrafik, Sjöbohem, Epiroc, Sweden-China Bridge, H2x Global mfl.

¹ <https://www.adda.se/om-oss/>

Innehållsförteckning

Förord.....	1
Innehållsförteckning	2
Sammanfattning	2
Summary	3
Inledning/Bakgrund	4
Genomförande	5
Arbetspaket 1 Projektledning.....	6
Arbetspaket 2 Fordons- och drivlinedesign	6
Arbetspaket 3 Elmaskinsdesign inklusive kraftelektronik och styrsystem.....	6
Arbetspaket 4 Drivlineintegration	7
AP 5 Avlusning och verifiering samt AP 6 Fordons- och drivlinevalidering.....	9
Arbetspaket 7 Kravställning framtidens räddningstjänstfordon	9
Arbetspaket 8 Varianter av konceptet.....	10
Arbetspaket 9 Disseminering.....	12
Resultat	12
Bilagor	12

Sammanfattning

Forsknings- och valideringsprojektet ARFF har utvecklat och validerat en modulär och skalbar elektrifierad drivlina i en ARFF – Airport Rescue Fire Fighter, dvs. en brandbil anpassad för flygplatsmiljö till en TRL nivå 5. Denna eldrivlina kan också kombineras med en dieselmotor och bildar då en mycket flexibel hybriddrivlina som antingen enbart drivs med el eller enbart diesel och i en tredje kombination där diesel och el samverkar. Andra tunga fordon tex. Lastbilar kan givetvis använda den framtagna drivlinan på det för applikationen lämpligaste sättet. Andra exempel är Pistmaskiner och hjullastare.

Dessutom har ett upphandlingsunderlag som utgör en kravspecifikation att nyttjas för upphandling av fossilfria räddningstjänstfordon i Sverige och satt att förvaltas av SKR och dess enhet för upphandlingsstöd, Adda. Den ger också möjlighet och stöd att i upphandlingen ställa högre krav på Cirkularitet.

Med dessa resultat har projektet bidragit till att möjliggöra minskade utsläpp från tunga fordon på fordons- och en svensk fordonsflottanivå, i linje med satta nationella målen².

Projektets resultat, har förutom leveransen av de ovan nämnda, även gjorts i en så kallad ”Projekt&Designbrief”, se bilaga, vilken kan ses som en guideline. I denna ”Projekt&Designbrief” har dokumenterats på ett strukturerat sätt den process och

² 70% minskning av växthusgasutsläpp från transport flottan till 2030 (jämfört med 2010), [Sveriges miljömål-transport](#)

alla de detaljer som ligger bakom förverkligandet och införandet av fossilfria räddningstjänstfordon.

Projektresultaten pekar på att den i projektet framtagna eldrivlina för sig eller i kombination med en dieselmotor sk elhybrid möjliggör en stor mängd kombinationer av framdrivningslösningar för tunga fordon. Marknaden visar att ladd infrastrukturen för tunga fordon i Sverige ännu inte kan möta det effektbehov samt geografiska utbredning men då kan elhybrid för vissa fordon vara en lämplig och för i detta fallet gällande räddningstjänstfordon där körsträckorna inte är allt för utmanande kan klara körupdragen enbart med en eldrivlina.

Sammanfattningsvis finns det nu ett koncept med en elhybriddrivlina som ligger väl i linje för att underlätta minskade utsläpp från tunga fordon. Det finns också en kravspec till ett upphandlingsunderlag för inköp av fossilfria räddningstjänstfordon med stöd för Cirkularitet. Och slutligen en ”Projekt&Design brief” som kan ses som en guideline för att införskaffa och införandet räddningstjänstfordon.

Summary

The ARFF research and validation project has developed and validated a modular and scalable electrified powertrain in an ARFF - Airport Rescue Fire Fighter, i.e. a fire rescue vehicle adapted for the airport environment on a TRL 5. This electric powertrain can also be combined with a diesel engine to form a very flexible hybrid powertrain that can be powered by electricity only or diesel only and in a third combination where diesel and electricity work together. Other heavy vehicles such as trucks can use the developed powertrain in the most suitable way for the application. Other examples are piste machines and wheel loaders.

In addition, a procurement document that constitutes a requirement specification can be used for the procurement of fossil-free emergency service vehicles in Sweden and is managed by SKR and its procurement support unit, Adda. It also provides the opportunity and support to set higher requirements for Circularity in the procurement.

With these results, the project has contributed to enabling reduced emissions from heavy vehicles at vehicle- and Swedish fleet level, in line with set national targets³.

The project's results, in addition to the delivery of the above-mentioned, have also been made in a so-called “Project & Design Brief”, see appendix, which can be seen as a guideline. In this “Project & Design Brief”, the process and all the details behind the realization and introduction of fossil-free emergency service vehicles have been documented in a structured way.

³ 70% minskning av växthusgasutsläpp från transport flottan till 2030 (jämfört med 2010), [Sverigesmiljömål-transport](#)

The project results indicate that the electric powertrain developed in the project alone or in combination with a diesel engine or electric hybrid enables a large number of combinations of propulsion solutions for heavy vehicles. The market shows that the charging infrastructure for heavy vehicles in Sweden cannot yet meet the power needs and geographical spread, but then electric hybrid for some vehicles can be a suitable and, in this case, applicable emergency service vehicles where the mileage is not too challenging can cope with the driving assignments only with an electric driveline.

In conclusion, there is now a concept of an electric hybrid powertrain that is well in line to facilitate reduced emissions from heavy vehicles.

There is also a requirement specification for a procurement document for the purchase of fossil-free emergency vehicles with support for Circularity.

And finally, a “Project & Design Brief” which can be seen as a guideline for the procurement and introduction of emergency service vehicles.

Inledning/Bakgrund

ARFF projektets teoretiska utgångspunkt har bland annat varit:

Elektrifiering av tunga arbetsmaskiner kräver elektrifierade drivlinor som kan hantera moment- och effektnivåer, uppfyller responskrav och dessutom visar på en tydlig besparing av bränsle och CO₂. En fullt elektrisk drivlina ska dessutom kunna vara den enda framdrivningskällan för fordonet. De elektrifierade drivlinor med elmaskiner som idag finns i Scantias fordon uppfyller inte de krav som önskas på att kunna köras i ren eldrift eller med högt effektuttag och därför finns det behov av att utveckla en ny elektrifierad drivlina optimerad för hantering och krav enligt ovan, vilket kommer att göras inom projektets ramar. Den elektriska drivlinan skall vara modulär, dvs. möjliggöra att den med enkelhet fungerar tillsammans med andra komponenter i fordonet som exempelvis en förbränningsmotor eller bränslecell, och skalbar, dvs. att den skall gå att få i olika moment- och effektnivåer för att passa olika applikationer. Modularitet och skalbarhet är nödvändiga egenskaper för att kostnadseffektivt kunna erbjuda fordon som passar kunders behov; det finns knappt ett tungt fordon som är det andra likt utan alla anpassas för sitt specifika ändamål. Scantias unika modulära produktsystem, som utvecklats under årtionden, är en av deras viktigaste framgångsfaktorer.

Den elektrifierade drivlinan som utvecklas i projektet skall kunna fungera i diverse olika fordon och i detta projekt har vi valt att validera elmotor med drivlina i ett tungt fordon som används på flygplatser för att släcka bland annat flygplansbränder, så kallade ARFF – Airport Rescue Fire Fighter (som idag har en dieseldrivlina). Denna fordonstyp kommer i detta projekt att vara en plugin-hybrid med en förbränningsmotor och elmotor på samma axel (parallellhybrid). Det finns ett behov och en efterfrågan från räddningstjänsterna att komma så nära

noll-emissionsfordon som möjligt i alla sina fordon och plugin-hybridbilar kan vara ett viktigt steg på vägen. För att vidga förståelsen för räddningstjänstfordon generellt så kommer vi även titta på lite olika användarfall och genom beräkningar och simuleringar skapa en bättre förståelse för framtida behov på fordonen och rimliga kostnader för dess realisering. Idag behövs fortfarande en backup i form av förbränningsmotor i räddningstjänstfordon för att inte riskera stillestånd i stället för brandsläckning, men förbränningsmotorn kan förhoppningsvis tas bort helt framöver alternativt ersättas med vätgas/bränslecell.

Det kan vara väl värt att poängtera att projektet inte är en demonstration av ett fordonskoncept utan ett forskning- och innovationsprojekt för att validera ett nytt drivlinekoncept i ett fordonssegment där behov finns av mer miljövänliga fordon men där det idag saknas lösningar som passar svenska förhållanden. Implementation i valideringssyfte är ett nödvändigt steg för att nå TRL 5 nivåer som innebär att teknologin är validerad i en relevant omgivning. På övergripande nivå så startar projektet på TRL-nivå 4 och kommer att nå nivå 5 och möjligen 6.

Genomförande

ARFF projektet har i allt väsentligt kunnat drivas framåt med gott samarbete och god samverkan mellan parterna. Respektive arbetspaketledare har upplevt en tydlighet i vad som förväntas och därmed har resurser och energi kunnat fokusera på innehåll och resultat. Efter en lite trevande start under Covid periodens slutskede så kunde ARFF projektet ta fart och utföra de ålagda aktiviteterna.



Bild 1: En majoritet av ARFF projektets parter i samband med en Workshop i Södertälje på Scania i oktober 2022.

Nedan beskrivs relevanta detaljer från de olika arbetspaketen.

Arbetspaket 1 Projektledning

Syftet med detta arbetspaket har främst varit att koordinera de olika arbetspaketen, så att vi tillsammans jobbar mot ett gemensamt mål, hantera uppkomna situationer samt sammanställa och genomföra rapporteringen. Att leda projektet och dess olika arbetspaket har inte varit utmanande då samarbetet har fungerat väldigt bra mellan parterna och när olika personer byter jobb eller befattning så har nya projektmedlemmar kommit in i arbetet väldigt smidigt.

Arbetspaket 2 Fordons- och drivlinedesign

I gemensamma workshopar har alla projektets parter bidragit med såväl tekniska som användarerfarenheter samt önskemål om framtida dito. Den kravspecifikation som fanns när projektet startade var först och främst aktuell för drivlinan men blev med tiden större och tydligare för resterande, särskilt när styrsystemsarkitekturen från komponenter gränsande till Scantias, så som växellåda och HMI m.fl, inte visade sig kunna hantera ett hybridsystem utan omfattande justering/omprogrammering. En mycket lärorik resa där det visat sig att man ofta antar ny teknologi ska fungera med gammal då man istället borde anta det motsatta. I den bifogade ”projekt&designbrief” framgår fler detaljer avseende detta arbete.

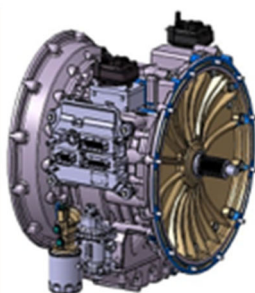
Arbetspaket 3 Elmaskinsdesign inklusive kraftelektronik och styrsystem

Prototyper från konseptfas via funktionsfas till verifieringsfas har framgångsrikt tagit oss till en kontrollerad och uppstyrd marknadsintroduktion där funktionalitet och effektivitet bekräftats uppnå våra mål. Effektivitet på upp till 96% med integrerad in- och urkoppling(elmaskin/diesel) som i 99,5% av fallen görs inom 0,2s och 99,99% inom 0,8s. Vilket får anses klart godkänt.

Konceptgeneration



Funktionsgeneration



Verifieringsgeneration



Bild 2: Elmotorns olika generationer och dess tillväxt

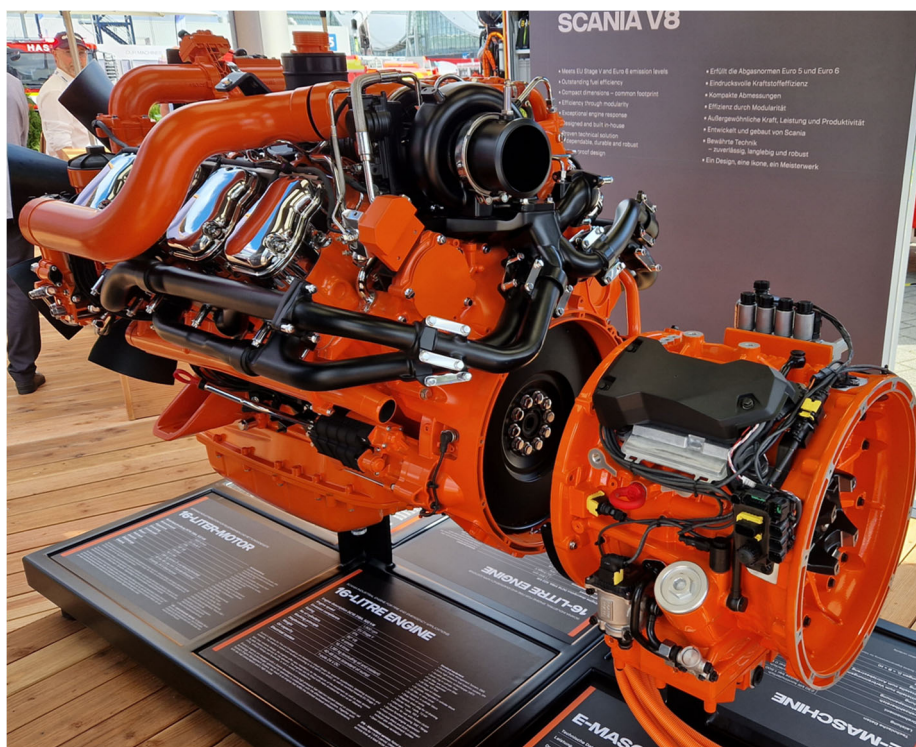


Bild 3: Scantias Elhybrid drivlina där det tydligt framgår hur den modulära elmotorn ansluts till dieselmotorn

Arbetspaket 4 Drivlineintegration

Projektets mål med integration i nedan ARFF kunde genomföras med relativt små utmaningar. Installation av elmotorn, batteri, kylsystem samt kraftelektronik gjordes enligt plan med mindre avvikelser. En av de större utmaningarna var att få kundens befintliga HMI att kommunicera och fungera i ny miljö. Justering och ett antal omprogrammeringar krävdes från deras sida för att komma i mål, vilket visar på hur viktigt det är att få fram korrekt information om helheten och förväntningar, inte bara utifrån kundens perspektiv utan även från kundens kund och slutanvändaren.

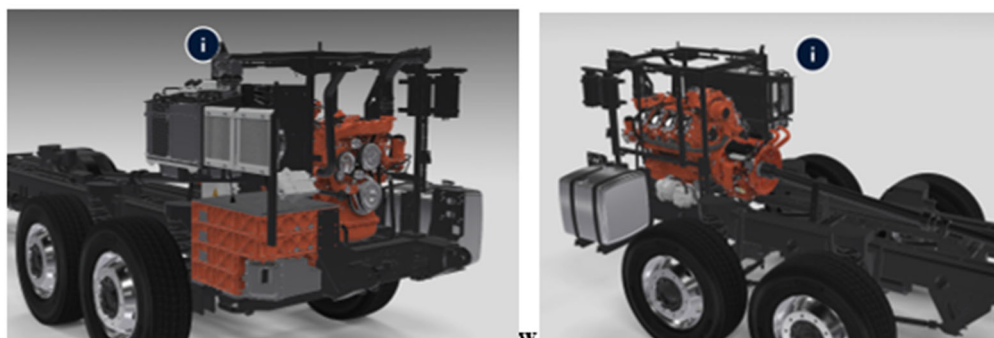


Bild 4: Elmotorn installerad och integrerad med dieselmotorn på ett Titan chassi



Bild 5: Utomhusbild på Titan chassit där Scantias drivlina i orange göms bakom olika "burkar", men där kardanaxeln i svart syns tydligt där den är ansluten till elmotorns utgående axel.

AP 5 Avlusning och verifiering samt AP 6 Fordons- och drivlinevalidering

Framtagen hårdvara och mjukvara i projektets ARFF-installation har framgångsrikt verifierats och testats i olika förhållanden. Ett otal prover som köldprover, accelerationsprover, lutningsprover, körningar batterielektriskt, körningar enbart diesel och hybridkörningar har utförts både på Scania i Södertälje och på flygplats i verklig miljö.



Bild 6: Scantias elhybriddrivlina installerad i ett Titan chassi för Albert Ziegler ARFF fordon.
<https://www.youtube.com/watch?v=HETGry-wuTM>

Arbetspaket 7 Kravställning framtidens räddningstjänstfordon

Syftet med detta arbetspaket har varit att analysera nuvarande och framtida behov av räddningstjänstfordon i Sverige, i syfte att leverera en kravspecifikation att användas i samband med upphandlingar. Arbetet utfördes systematiskt och metodiskt utifrån en antagen arbetsprocess med projektets parter som en kärna. Vid ett antal tillfällen gavs möjlighet att tillsammans och var för sig bjuda in marknadens parter för möjlighet att samarbeta i olika workshopar i syfte att få en bred förankring, vilket var mycket uppskattat av alla. De som anslöt sig till att följa och bidra med viktiga fakta och erfarenheter under projektet hela utsträckning var AB Volvo, Sala brand, Floby Rescue och en så kallade Arbetsgruppen BAS-bil förkortat AG-BAS. Vi ansåg det viktigt att de krav som ställdes var rimliga utifrån det klassiska ”bästa förmåga till ett rimligt pris”. En intressant detalj att nämna här är att det ”verktyg, EAEB” som togs fram i ett Energimyndighetsprojekt projekt 41407-1 har nyttjats för analys av energiförbrukning och annat.

I den bifogade ”Projekt- och Designbrieven” finns alla detaljer om arbetet.

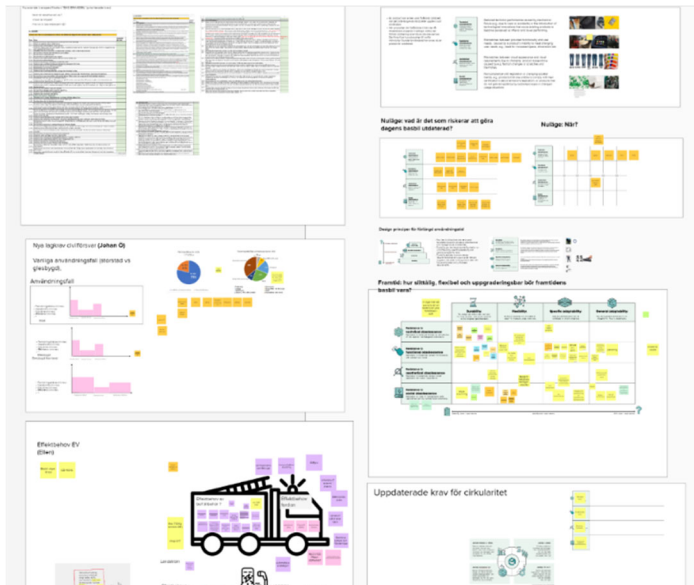


Bild 7: Skärmdump av dokumentation i samband med en av många workshopar i arbetet att leverera en kravspecifikation för fossilfritt räddningstjänstfordon.

Arbetspaket 8 Varianter av konceptet

Med eldrivlinan som bas med möjlighet att koppla ihop denna till att utgöra en hybriddrivlina tillsammans med en dieselmotor möjliggör en mängd olika koncept. Detta togs tillvara på så sätt att en mängd olika konceptlösningar diskuterades och presenterades under projektet. Även här hänvisas till den bifogade ”Projekt- och Designbriefen”.

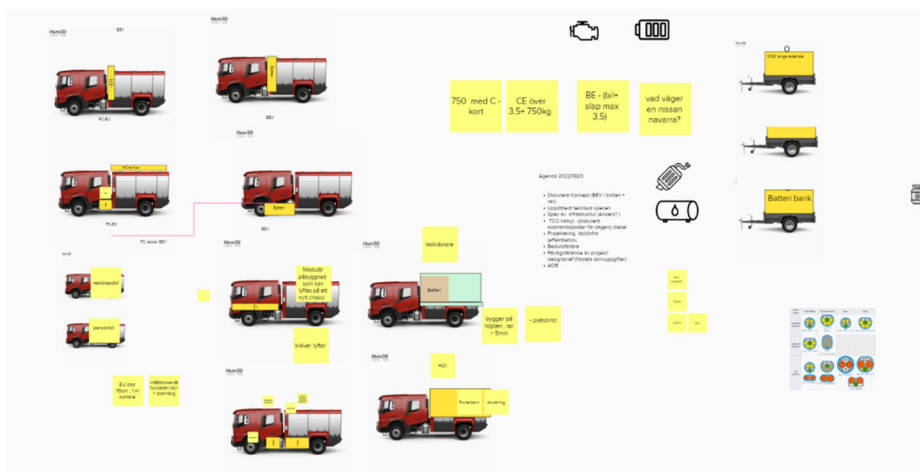


Bild 8: Skärmdump av dokumentation i samband med en av många workshopar i arbetet att analysera olika räddningstjänstfordons koncept.

Förutom varianter av olika räddningstjänstfordon som ovan har den modulära och skalbara hybridlösning som Scania utvecklat, med ARFF som bas, har visat sig vara precis modulär och skalbar. Från att fungera för en ARFF så har vi även, med samma grundlösning, attraherat kunder inom andra segment som pistmaskiner, tunga specialtransporter, stenkrossar och hjullastare.

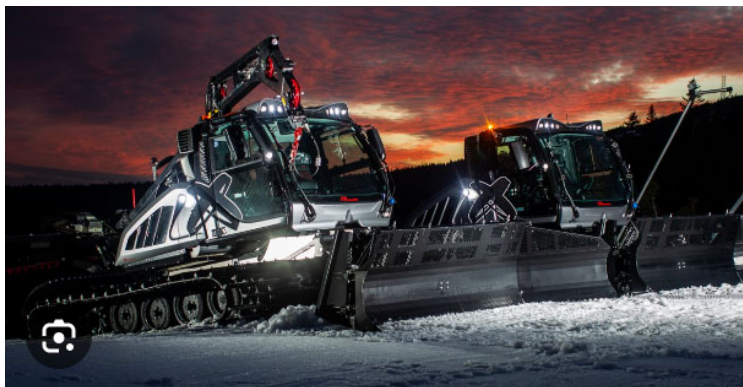


Bild 8: Ett exempel på koncept och fordon, en pistmaskin, där eldrivlinan utvärderas.



Bild 9: Ett exempel på koncept och fordon, MYCKET tunga specialtransporter, där eldrivlinan utvärderas.



Bild 10: Ett exempel på koncept och fordon, en stenkross, där eldrivlinan också utvärderas.

Arbetspaket 9 Disseminering

Projektets resultat har främst spridits inom projektets parter organisationer och där har parterna framfört presentationer om projektet för sina samarbetsparter och kunder. Vidare i samband med arbetet på kravspecifikationen för upphandling av räddningstjänstfordon har projektets omfattning och resultat träffat ”mitt i prick” då det är de parterna som tillsammans skall verkställa implementationen av den mer fossilfria brandbilen och på så sätt få effekt av projektets resultat.

Projektet har blivit presenterat, utöver ovan, också i samband med konferenser där Sveriges olika räddningstjänstförbund samlas, ett arbete som fortfarande pågår.

I samband med projektets omvärldsbevakning gjordes besök såväl i Berlin som i London och där på ort och ställe samla och ge information kring kravställning på fossilfria räddningstjänstfordon och informera om projektets syfte och resultat.

Scanias dagliga arbete med sitt marknads- och kundbearbetning är en annan viktig kanal för att nå ut till aktörer och parter som är användare av denna mer fossilfria drivlina.

Resultat

Tekniskt har projektet levererat en eldrivlina med TRL 5 nivå. Dessutom har produkten tagits emot mycket väl av marknaden genom att den nu finns installerad i ett antal olika fordonsapplikationer hos Scanias kunder för avancerad testning gällande vissa fordonstyper och för andra fordonstyper och kunder är det i tidigare skeden.

Den kravspecifikation som nu finns att nyttja i samband med upphandling av fossilfria/utsläppsfria räddningstjänstfordon kommer att vara till stor hjälp för landets 290 kommuner och dess olika räddningstjänstförbund. De parter från räddningstjänsten har under projektets gång erhållit ny kunskap och med detta fått en bättre insikt i hur tunga elfordon på ett mycket effektivt sätt kan lösa minst samma uppgifter som en diesel dito, men med en mycket bättre miljöprofil. Insikten visar också att elfordonen sannolikt, då dess körprofil under året är ganska begränsad, gör att fordonen med rätt underhåll och med nya kravspecifikationens innehåll kan användas under längre tid och med det följer även en längre avskrivningstiden. Detta påverkar den årliga ekonomin positivt genom att kostnaden fördelas över fler år.

Bilagor

- Administrativ bilaga, Ekonomisk slutredovisning ARFF augusti 2024.
- Upphandlingskriterier för utsläppsfri basbil ver 2.3
- ARFF Projekt-&Designbreif.