SLUTRAPPORT

CIRC-BAT

Säker och optimal hantering för att skapa cirkulära flöden av batterier från krockade bilar

Carina Hagström Kihlberg och Hans Folkesson, BilRetur ABC AB
Andreas Frössberg, SBR AB
Lars Fast, Ellen Scott och Christian Casanova, RISE AB
Jonas Gustafsson och Marcus Crona, Stena Recycling AB
Hafdis Jonsdottir, Karolina Kazmierczak och Hanna Persson, Chalmers Industriteknik

RE:
SOURCE

Slutrapport för projekt:

Säker och optimal hantering för att skapa cirkulära flöden av batterier från krockade bilar (CIRC-BAT)

Engelsk titel: Safe and optimal handling to create circular flows of batteries from crashed cars

Projektperiod: 2022-09-01 - 2024-09-30

Datum: 2024-11-28

Projektnummer: P2022-00361

Diarienummer: 2022–200529

Projektledare: Carina Birgitta Hagström Kihlberg

Organisation: BilRetur ABC AB

Adress: Karlavägen 14 A, 114 31 Stockholm

Ev. övriga projektdeltagare: Allbildelar Försäljning i Huddinge AB, BilRetur ABC AB, Borås Bildemontering AB, Conbat AB, Jönköpings Bildemontering AB, MRF, RISE Research Institutes of Sweden AB, SBR Sveriges Bilåtervinnares Riksförbund Service AB, Stena Recycling AB, Stiftelsen Chalmers Industriteknik, Sveriges Fordonsverkstäders Förening, Walters Bildelar AB, Ådalens Bildemontering AB

Nyckelord: 5–7 st: cirkulära flöden, EV batterier, återanvändning, informationshantering, batteridiagnostik, riskhantering.

RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram och finansieras av

VINNOVA Energimyndigheten FORMAS

Förord

Projektet CIRC-BAT: Säker och optimal hantering för att skapa cirkulära flöden av batterier från krockade bilar har haft syftet att etablera ny och utökad kunskap och lösningar som bidrar till en ökad cirkulär användning av batterier. Projektet har letts av Bilretur i tätt samarbete med RISE, Sveriges Bilåtervinnares Riksförbund (SBR), Stena Recycling och Stiftelsen Chalmers Industriteknik.

Projektet startade i september 2022 och avslutades i september 2024. Ett stort antal företag och organisationer har genom ett aktivt deltagande möjliggjort projektet och bidragit med finansiering av 56 % av projektbudgeten. Resterande medel har finansierats inom det Strategiska innovationsprogrammet RE:Source som finansieras av Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Projektet har genomförts av en projektgrupp med bred kompetens inom värdekedjan för elbilsbatterier. Parter i projektet har varit BilRetur ABC AB, Motorbranschens Riksförbund (MRF), Svenska fordonsbranschen (SFB) (f.d. Sveriges Fordonsverkstäders Förening), Borås Bildemontering AB, Walters Bildelar AB, Allbildelar AB, Ådalens Bildemontering AB, Jönköpings Bildemontering AB, Conbat AB, If AB, Stena Recycling AB, Mobility Sweden (f.d. BIL Sweden AB), SBR AB, RISE och Stiftelsen Chalmers Industriteknik.

Vår förhoppning är att projektets resultat kan bidra till och påskynda en förändring mot säkra processer och effektiva värdekedjor bättre anpassade till cirkulära och hållbara system. Vi vill tacka alla som har bidragit till projektet för stort engagemang och för att ni så generöst har delat med er av all er kunskap.

Innehåll

1. Sammanfattning 6
2. Summary 8
3. Inledning och bakgrund 10
4. Genomförande 12
   4.1. Arbetsprocess 12
   4.2. Möten 13
   4.3. Intervjuer 14
   4.4. Litteraturstudie 14
   4.5. Riskanalys 14
   4.6. Diagnos av batterier 15
   4.7. Workshops 16
   4.8. Demonstrators 17
5. Resultat och diskussion 18
   5.1. AP1: Omvärldsanalys, kartläggning av industrisystemet samt benchmarking 18
      5.1.1. Processer 18
      5.1.2. Informationshantering 20
      5.1.3. Samarbete och cirkulära affärsmodeller 20
      5.1.4. Benchmark 21
   5.2. AP2: Diagnos och riskbedömning av batterier 21
   5.3. AP3: Spårbarhet och informationshantering 22
   5.4. AP4: Demonstration och utvärdering av batteriflöden 28
      5.4.1. Demonstration 28
      5.4.2. Utbildning och branschstandard 30
      5.4.3. Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2023/1542 (batteriförordning) 30
6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg 32
   6.1. Slutsatser 32
   6.2. Nyttiggörande och nästa steg 35
7. Publikationslista 37

8. Projektkommunikation 38

9. Referenser 40

Bilagor 42

1. Sammanfattning

Fordonsindustrin står inför en omställning i samband med elektrifiering av transportsektorn. Övergången från förbränningsmotorer till eldrivna fordon spelar en central roll i den gröna omställningen, men den väcker också betydande utmaningar – särskilt kring hanteringen av uttjänta litiumjonbatterier från elfordon. Vårt demonstrationsprojekt syftade till att möta dessa utmaningar genom att etablera ny och utökad kunskap och lösningar som bidrar till en ökad cirkulär användning av batterier från krockskadade elfordon.

Projektet har kartlagt ekosystemet och identifierat aktörerna i värdekedjan för elbilsbatterier (se Figur 1), med särskilt fokus på riskhantering, diagnostik och informationsdelning mellan dessa aktörer. För att verifiera resultaten genomfördes en demonstration tillsammans med bildemonterarna som deltog i projektet. Totalt dokumenterades hanteringen av 447 batterier, varav 93 genomgick en mer detaljerad analys med ett diagnosverktyg. Dessa insatser gav värdefull insikt i både de tekniska och organisatoriska utmaningarna som branschen står inför.

En central insikt från projektet är att **efterfrågan på begagnade batterier är betydligt lägre än förväntat.** Garantier på upp till tio år från fordonstillverkarna gör att potentialen för alternativa användningsområden, såsom energilagring, ännu inte har slagit igenom i stor skala. Detta förväntas förändras under perioden 2026–2030, då större volymer av begagnade batterier når marknaden.

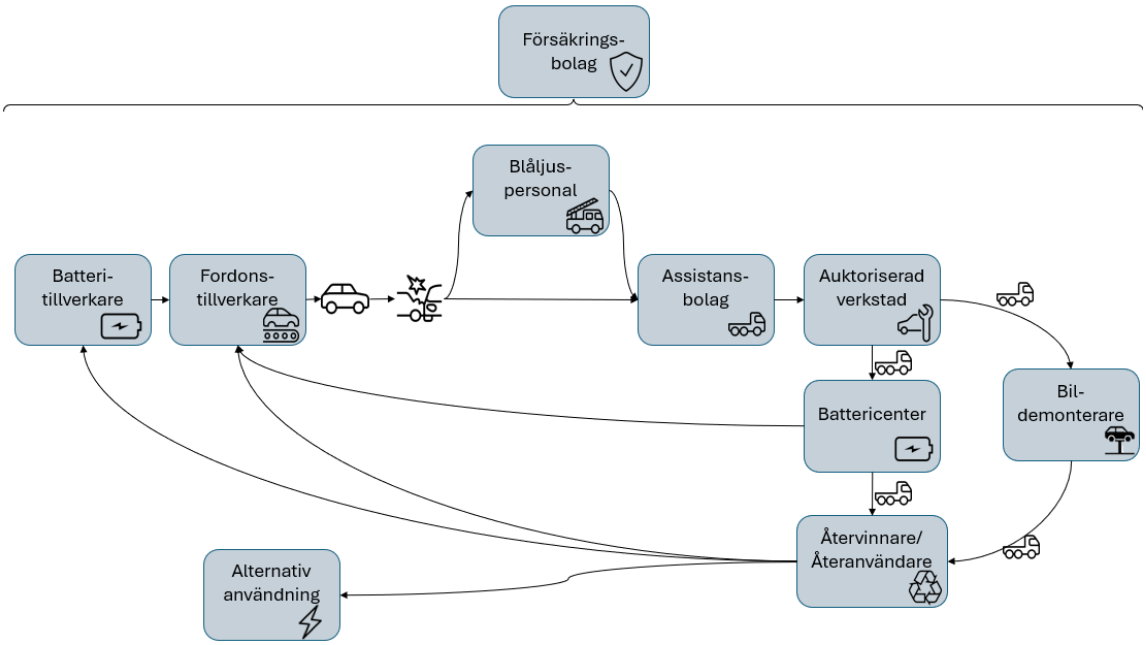
Ett av de största hindren för återanvändning av batterier är bristen på tillförlitliga verktyg för att bedöma batteriets hälsotillstånd (State of Health, SoH). Projektets analyser visar att befintliga metoder ofta ger osäkra resultat, vilket försvårar en korrekt värdering av batterier från krockade och uttjänta fordon. **Utvecklingen av mer avancerade diagnosverktyg är därför avgörande för att möjliggöra säker och hållbar återanvändning**. Projektet pekar också på nyttan av ett digitalt batteripass som innehåller löpande och dynamisk information. Detta skulle kunna dokumentera olyckor och skador som drabbar batteriet under dess livstid.

Hanteringen av elbilsbatterier innebär också nya risker för aktörer som räddningstjänst, bilbärgare, verkstäder, bildemonterare och återvinnare. Projektet betonar vikten av utbildning och nya rutiner för säker hantering av högvoltsbatterier, särskilt i samband med krockade fordon. **Effektiv informationsdelning mellan dessa aktörer är en nyckelfaktor, där försäkringsbolag och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) föreslås spela centrala roller för att samordna insatser och sprida bästa praxis**.

En betydande utmaning har varit osäkerheten kring **implementeringen av den nya batteriförordningen i svensk lagstiftning**. En strikt tolkning riskerar att hindra återbruk av fullt fungerande batterier, då dessa kan klassas som avfall och därmed tvingas direkt till

återvinning. Detta går emot principerna för cirkulär ekonomi och försvårar optimal resursanvändning. **Projektet efterlyser mer flexibla riktlinjer som främjar både återvinning och förlängd livslängd för batterier.**

För att möta den snabbt växande efterfrågan på hållbar batterihantering behöver branschen investera i forskning och utveckling av ny teknik och nya samarbeten. Med fokus på säkerhet, diagnosverktyg och informationsflöden kan en robust och anpassningsbar struktur skapas för att möta utmaningarna i en elektrifierad fordonsflotta.



Figur 1. Kartläggning av ekosystemet – aktörer som är involverade i hantering av uttjänta elbilsbatterier

2. Summary

The automotive industry is undergoing a transformation in connection with the electrification of the transport sector. The transition from internal combustion engines to electric vehicles plays a central role in the green transition, but it also raises significant challenges – particularly regarding the management of end-of-life lithium-ion batteries from electric vehicles. Our demonstration project aimed to address these challenges by establishing new and expanded knowledge and solutions that contribute to an increased circular use of batteries from crash-damaged electric vehicles.

The project has mapped the ecosystem and identified the actors in the value chain for electric vehicle batteries (see Figure 1), with a particular focus on risk management, diagnostics and information sharing between these actors. To verify the results, a demonstration was carried out together with the car dismantlers who participated in the project. In total, the handling of 447 batteries were documented, of which 93 underwent a more detailed analysis with a diagnostic tool. These efforts provided valuable insight into both the technical and organizational challenges facing the industry.

A central insight from the project is that **the demand for used batteries is significantly lower than expected.** Warranties of up to ten years from vehicle manufacturers mean that the potential for alternative uses, such as energy storage, has not yet gained widespread traction. This is expected to change in the period 2026–2030, when larger volumes of used batteries reach the market.

One of the biggest obstacles for reusing batteries is the lack of reliable tools to assess the battery's State of Health (SoH). The project's analysis shows that existing methods often give uncertain results, making it difficult to accurately assess the value of batteries from crashed and end-of-life vehicles. **The development of a more advanced diagnostic tool is therefore crucial to enable safe and sustainable reuse.** The project also highlights the benefits of a digital battery passport that contains ongoing and dynamic information. This could document accidents and damage affecting the battery throughout its lifespan.

The handling of electric car batteries also entails new risks for actors such as emergency services, tow trucks, workshops, car dismantlers and recyclers. The project emphasizes the importance of training and new routines for the safe handling of high-voltage batteries, especially in connection with crashed vehicles**. Effective information sharing between these actors is a key factor, with insurance companies and the Swedish Civil Contingencies Agency (MSB) proposed to play central roles in coordinating efforts and disseminating best practices.**

A significant challenge has been the uncertainty surrounding **the implementation of the new battery regulation in Swedish legislation.** A strict interpretation risks preventing the reuse of fully functional batteries, as these can be classified as waste and thus forced directly into

recycling. This goes against the principles of circular economy and makes it difficult to use resources optimally. **The project calls for more flexible guidelines that promote both recycling and extended battery life.**

To meet the rapidly growing demand for sustainable battery management, the industry needs to invest in research and development of new technology and new collaborations. With a focus on safety, diagnostic tools and information flows, a robust and adaptable structure can be created to meet the challenges of an electrified vehicle fleet.

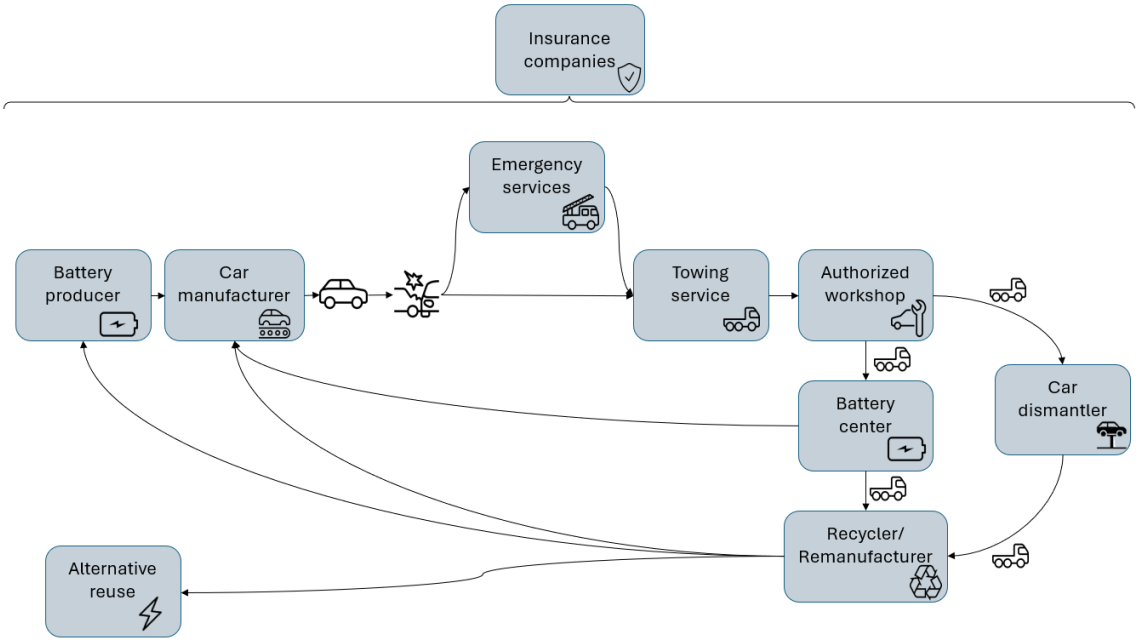


Figure 1. Mapping of the eco system – actors involved in the handling of end-of-life batteries from electric vehicles

3. Inledning och bakgrund

Fordonsindustrin genomgår en omfattande omställning, där fordon med förbränningsmotorer successivt ersätts av eldrivna fordon. Elektrifieringen av transportsektorn spelar en central roll i den gröna omställningen, och efterfrågan på batterier till elfordon (EV) förväntas öka kraftigt i takt med att fler länder och industrier strävar mot hållbar mobilitet. Med denna tillväxt följer också ökade miljöutmaningar, inte minst när det gäller batteriernas livscykel och deras hantering när de når slutet av sin livslängd.

Under 2023 nyregistrerades cirka 196 820 laddbara bilar (inklusive el, elhybrid och laddhybrid) personbilar i Sverige, en markant ökning jämfört med tidigare år (Mobility Sweden, 2024). Detta innebär att vi inom en snar framtid kommer att stå inför en motsvarande ökning av elbilar som når slutet av sin livslängd. Den ökande mängden elbilar ställer stora krav på effektiv och hållbar hantering av uttjänta batterier. Eftersom elbilsbatterier fortfarande kan ha kvar betydande kapacitet, ofta omkring 70 % - 80 % av sin ursprungliga kapacitet (Ahmadi et al., 2014), är det viktigt att först undersöka möjligheten till återanvändning. Detta kan innebära att batteriet återanvänds i ett annat fordon eller att det får en ny funktion, exempelvis i stationära energilagringssystem. För att avgöra om ett batteri är lämpligt för återanvändning eller om det bör återvinnas, krävs noggranna bedömningar och diagnoser av dess tillstånd och s.k. State of Health (SoH). En annan viktig aspekt är relaterad till spårbarhet. Detta är väsentligt eftersom datadelningen möjliggör att effektivt använda data om material, komponenter, kunskap om batteriernas design, komponenttillverkning, service, demontering, återanvändning, återtillverkning, ”second use” och materialåtervinning.

Hanteringen av dessa batterier blir avgörande för att minimera miljöpåverkan och säkerställa att de värdefulla material som batterierna innehåller återvinns och återanvänds på ett ansvarsfullt sätt. Idag saknas tillräcklig infrastruktur och standardiserade arbetssätt för att hantera den snabbt växande mängden uttjänta elbilsbatterier, vilket skapar stora utmaningar för branschen. En stor del av utmaningen ligger i att hantera batterier från krockskadade och uttjänta elfordon på ett säkert sätt. Litiumjonbatterier innehåller farliga material och kan, på grund av kvarvarande energi, orsaka allvarliga säkerhetsrisker såsom explosioner, bränder och utsläpp av giftiga gaser, särskilt om batteriet är skadat (Ahuja et al., 2020). För närvarande hanteras dessa batterier oftast manuellt, vilket innebär höga kostnader och stora säkerhetsrisker för operatörerna. Dessutom innebär den manuella hanteringen fysiska belastningsrisker för personalen. För att hantera dessa risker krävs särskild utbildning, både när det gäller brandsäkerhet och elsäkerhet.

För att möta behovet av ökad cirkularitet och minskat resursuttag krävs en omställning av industrin och nuvarande värdekedjor. Metoder, verktyg och processer måste ny- eller vidareutvecklas för att säkerställa säker hantering och effektiva flöden i takt med ökad

elektrifiering. Vidare behöver utmaningar relaterade till områden som informationsflöden /informationsdelning och spårbarhet lösas. Ovanpå detta behöver ekosystemets aktörer tillsammans identifiera vägar för effektiv och ekonomiskt hållbar samverkan i ett transformerat system.

Syfte i vårt demonstrationsprojekt var att adressera dessa utmaningar och etablera ny och utökad kunskap och nya lösningar som bidrar till en ökad cirkulär användning av batterier från elfordon samt säkra metoder och processer för batteriernas hantering. Genom en omfattande omvärldsanalys och benchmarking har vi skapat en tydlig bild av nuvarande status och ”best practice”. Som en del av detta har ekosystemet genomlysts med avseende på de ingående aktörernas roller och behov. Nyckelaktörer som hanterar uttjänta bilbatterier och har en avgörande roll att ”bestämma” om batteriets framtid efter första liv i en bil, är bildemonterare. Därför, med specifikt beaktande av just bildemonterarnas behov och förutsättningar i ekosystemet studerade vi djupare riskhantering, batteridiagnos och informationsflöden. Resultat och rekommendationer från dessa studier gav en del av inputen till de demonstrationer som projektet fokuserades kring. Vid dessa demonstrationer hade vi följt 447 batterier vilket gav oss möjlighet att utvärdera aspekter såsom metoder, verktyg, riskhantering, informationsutbyte och behov av utbildning.

Projektet omfattade ett stort konsortium med representanter från alla primära aktörer i ekosystemet och genom det samarbetet kunde vi genomlysa hela värdekedjan och studera utmaningar och lösningar rörande effektiv och säker samverkan redan under projektets gång. Projektgruppens sammansättning gav även möjlighet att belysa hur processer och metoder kan harmoniseras med framväxande branschstandard.

4. Genomförande

I detta kapitel beskrivs de olika arbetspaketen och metoder som har använts för att besvara syftet med projektet.

4.1. Arbetsprocess

Projektets upplägg är uppdelat i fem arbetspaket (AP). De fem arbetspaketen är (1) Omvärldsanalys, kartläggning av industrisystemet samt benchmarking, (2) Diagnos och riskbedömning av batterier, (3) Spårbarhet och informationshantering, (4) Demonstration och utvärdering av batteriflöden och (5) Projektledning och koordinering. Projektet inleddes med ett fokus på arbetspaket 1 medan demonstrationerna i arbetspaket 4 utfördes under den senare delen av projektet.

AP1, lett av Chalmers Industriteknik, omfattade tre delar (1) omvärldsanalys, (2) kartläggning av ekosystemet samt (3) benchmarking mot system i andra länder. AP1 syftade till att säkerställa en aktuell bild av status för området samt att beskriva ekosystemet avseende hantering och värdeskapande kring bilbatterier. I detta AP har intervjuer samt litteraturstudie genomförts för att utforska ekosystemet kring hanteringen av batterier från uttjänta elfordon efter olyckor eller kollisioner.

AP2, lett av RISE, hade ett fokus på riskbedömning och riskminimering avseende handhavande under det cirkulära flödet. Utöver detta omfattade AP2 även arbete med fokus på diagnos av batterier i och utanför fordon, som kan utföras hos bildemonterare.

AP3, lett av Stena Recycling, fokuserade på frågor rörande spårbarhet och informationsutbyte som berör flödet och involverade aktörer. På grund av standarders betydelse för att införa operativa rutiner och metoder i industriell skala över multiorganisatoriska värdekedjor och över lång tid, så genomförde RISE en litteraturstudie över existerande standarder som stödjer möjligheten att bevara resursvärden i EV-batterier genom att undvika risken för batteribrand vid hantering och olyckor. Studien presenterades som en vetenskaplig artikel (Carlsson och Nevzorova, 2024) där samtliga standarder listades för sina tillämpningar och nytta och också placerades grafiskt utmed batterilivscykeln.

AP4, lett av SBR, omfattade projektets demonstration, test och utvärdering av cirkulära flöden för batterier, från verkstad/bärgare till aktörerna involverade i återanvändning, omvändning och återvinning. Demonstrationen skedde genom att följa totalt 447 batterier från flera olika fordonstillverkare, stegvis genom flödet och testa de resultat, metoder och riktlinjer som tagits fram i AP1, AP2 och AP3.

AP5, lett av Bilretur, handlade om projektledningen och säkerställde koordination, kommunikation och resultatspridning.

4.2. Möten

Det har hållits ett flertal digitala möten tillsammans med projektgruppen för att presentera projektets status, pågående och planerade aktiviteter i alla arbetspaket samt att diskutera ämnen som batteriförordningen, riskhantering, informationsflödet, ekosystemet med mera. Dessa möten har genomförts med regelbundna intervall (en gång per kvartal) och har sträckt sig över 1 till 2 timmar varje gång. Projektparterna har visat stort engagemang i diskussionerna och bidragit med värdefulla insikter. Vi hade också två fysiska möten med hela projektgruppen. Det första var vid projektets uppstart hos Borås Bildemontering där vi fick möjligheten att se ett batteri demonteras från ett elfordon (se Figur 2). Det andra mötet tog plats vid RISE också i Borås i september 2023. Arbetspaketsledare hade ett digitalt möte per månad där presenterades pågående och planerade aktiviteter i varje arbetspaket samt diskuterades ämnen relaterade till batteriförordningen, och andra relevanta ämnen som rörde projektet.

Figur 2. Demonstration av borttagning av ett batteri från ett krockat fordon under uppstartsmötet [Klas Hedvall, Chalmers Industriteknik]

4.3. Intervjuer

Totalt genomfördes 27 semistrukturerade intervjuer med fordonstillverkare, räddningstjänst, bärgare, bilverkstäder, bildemonterare, återvinnare, försäkringsbolag, branschorganisationer och affärsutvecklare. Frågorna gällde processer, informationsflöde, utbildning, riskhantering och riskanalyser med mera. Data från intervjuerna användes för AP1, AP2 och AP3 för att kartlägga ekosystemet, undersöka kunskap, erfarenhet, behov och utmaningar för varje aktör, för att få en förståelse för informationsflödet samt undersöka riskhantering. Bilaga 1 innehåller detaljer kring metod och genomförande, vilka som intervjuades, samt resultat och insikter från alla intervjuer.

4.4. Litteraturstudie

Litteraturstudien inom AP1 har syftat till att undersöka den senaste forskningen och framstegen inom cirkularitet för litiumjonbatterier från elfordon. Totalt har 13 vetenskapliga artiklar publicerade mellan 2021 och 2024 granskats. Analysen fokuserade på att identifiera utmaningar och möjligheter för att förbättra cirkulariteten i elbilsbatteriers värdekedja. En sammanställning av genomförandet och resultaten från denna litteraturstudie presenteras i Bilaga 2.

4.5. Riskanalys

Arbetet inleddes med genomgång av intervjuer från AP1 som gav överblick över de aktörer som är involverade i hantering av batterier från krockade bilar. Utifrån kartläggningen av ekosystemet avgränsades riskanalysen, där denna delades upp och analyserades för varje aktör; verkstad, bildemonterare, bärgare och räddningstjänst. En viktig aspekt att nämna är att riskanalysen avgränsats till unika risker kopplat specifikt till hantering av batterier. Risker så som exempelvis klämskador eller tunga lyft har inte inkluderats i riskanalysen då dessa inte är unika risker för batterier. En initial identifiering av kritiska moment och risker genomfördes baserat på det som framkommit och sammanställts från intervjuerna i AP1. Branschstandard för säker hantering av högvoltssystem i elfordon (Mobility Sweden et al., 2023) har beaktats i den initiala riskbedömningen då flera aktörer hänvisat till denna standard för hur de hanterar batterier i sin verksamhet.

I samband med det projektmöte som hölls i Borås i september 2023 för alla projektdeltagare, genomfördes en workshop kring den initiala riskanalysen där samtliga deltagare fick ge input och feedback som sedan användes för att komplettera riskanalysen. Under senare delen av projektet genomfördes besök hos bildemonterare i samband med demonstrationerna i AP4. Under dessa besök observerades bildemonterarnas interna rutiner och processer kring arbete med och hantering av batterier. Dessa observationer agerade som ytterligare input till

riskanalysen. Observera att riskanalysen är av kvalitativ karaktär, ingen gradering av allvarlighet eller sannolikhet har genomförts.

I Bilaga 3 finns en rapport kring riskbedömning och riskminimering vid hantering av batterier från krockade fordon med detaljerad beskrivning av genomförande och förslag till metoder för riskanalys. Bilaga 4 innefattar en mall (Prevent) för riskanalys.

4.6. Diagnos av batterier

Arbetet inleddes med kartläggning av marknaden där vi identifierade och analyserade befintliga diagnostikverktyg, inklusive deras funktionalitet, användningsområden och begränsningar. Dessutom genomlystes både nuläget för batteridiagnostik och den förväntade framtida utvecklingen inom området. Utveckling och granskning av möjliga scenarier för batteridiagnostik beroende på tillgång till information om batteriets historia, tillstånd och dokumentation genomfördes.

RISE har genomfört demonstrationer och besök hos Walters i Falkenberg, Borås Bildemontering och Ådalens nära Kramforsnära för att presentera ett diagnosverktyg för teknikerna och utföra tester avseende batterier och kompletta fordon. Totalt genomgick 93 batterier, varav 77 var batteripack och 16 batterier in i bilar, en analys med det utvalda diagnosverktyget Autel (se Tabell 1).

I Bilaga 5 finns en rapport kring diagnos av batterier med en detaljerad genomgång av diagnosverktyg på marknaden samt beskrivning av det diagnosverktyg som använts vid demonstrationerna i AP4. I Bilaga 6 finns information om diagnostiktesterna som genomfördes.

Manufacturer	EV	Hybrid	Plug-in Hybrid	Total	Manufacturer	EV	Hybrid	Plug-in Hybrid	Total
Renault	12	2	8	22	**BMW**			1	1
Battery pack	9	2	8	19	*Battery pack*			1	1
Complete vehicle	3			3	**Seat**	1			1
Kia	7	2	9	18	*Battery pack*	1			1
Battery pack	5	1	9	15	**Mitsubishi**			1	1
Complete vehicle	2	1		3	*Battery pack*			1	1
Volkswagen	16		1	17	**Opel**	1			1
Battery pack	16		1	17	*Complete vehicle*	1			1
Toyota		7	8	15	**Skoda**	1			1
Battery pack		1	7	8	*Battery pack*	1			1
Complete vehicle		6	1	7	**Kia/Niro**			1	1
Ford	1		2	3	*Battery pack*			1	1
Battery pack	1		2	3	**Mercedes**	1			1
Audi	3			3	*Battery pack*	1			1
Battery pack	2			2	**Volvo**			1	1
Complete vehicle	1			1	*Battery pack*			1	1
Nissan	3			3	**Peugeot**	1			1
Battery pack	2			2	*Battery pack*	1			1
Complete vehicle	1			1	**Citroen**			1	1
Peugeot			2	2	*Battery pack*			1	1
Battery pack			2	2					
					Grand Total	**46**	**12**	**35**	**93**

Tabell 1: Antal EV, hybrid och plug-in hybrid fordon och batterier som testat i projektet.

4.7. Workshops

Två workshops anordnades med det övergripande målet att diskutera informationsflödet mellan aktörerna i värdekedjan. Dessa workshops ägde rum i februari 2024 och i september 2024. Första workshopen ägde rum i Stockholm och den andra var online på Teams. Dessa workshops möjliggjorde en konstruktiv dialog och utbyte av idéer.

Som konsekvens av att dessa workshops drog slutsatsen att inga internationella standarder användes för att dela information, t.ex. allmänna standarder för säker batterihantering, så genomförde RISE istället en studie över standarder som möjligen borde kunna bidra till sådan säker batterihantering över hela batteriets cirkulära livscykel (Carlsson och Nevzorova, 2024).

Branschstandarden – säker hantering av högvoltssystem i elfordon används vid praktiskt arbete hos bildemonteringar och på verkstäder, detta belyses mer i AP4.

RISE genomförde också en kartläggning av referenser till standarder och standardiserings-behov nämnda i batteriförordningen (Carlsson, 2024), se Bilaga 8.

4.8. Demonstrators

Under perioden 2023-09-01 till och med 2024-08-31 följde projektet alla batterier som kom in till dem fem deltagande bilmonteringarna Borås Bildemontering AB, Jönköpings Bildemontering AB, Ådalens Bildemontering AB, Walters Bildelar AB och Allbildelar Huddinge för att utvärdera säkerhetsaspekter, effektiva demonterings- och hanteringsmetoder samt för att undersöka värdekedjan och identifiera eventuella flaskhalsar eller hinder. Undersökningen sträcker sig från själva olyckstillfället till fordonets ankomst vid en bildemonteringsanläggning. Vi har även granskat den efterföljande hanteringen av fordonet och specifikt följt batteriernas väg efter att de demonterats från det uttjänta fordonet.

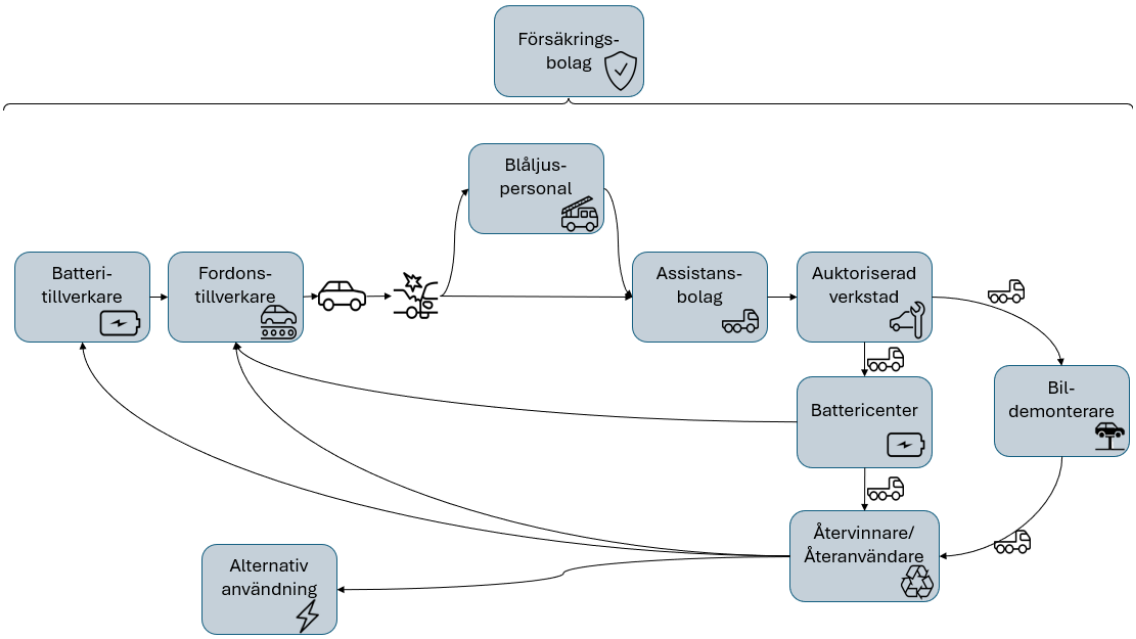
Under den fastställda studieperioden dokumenterade vi hanteringen av totalt 447 batterier från elfordon. Dessa batterier kom från en mångfald av fordonstillverkare, närmare bestämt 24 olika märken. Detta breda spektrum av tillverkare ger oss en representativ bild av marknaden och de olika teknologier som används.

5. Resultat och diskussion

I det här kapitlet beskrivs resultat från projektet.

5.1. AP1: Omvärldsanalys, kartläggning av industrisystemet samt benchmarking

I AP1 har de huvudsakliga aktörerna och rollerna i systemet identifierats samt deras involvering och kunskap kring hantering av elbilsbatterier. Figur 3 presenterar en grafisk översikt av ekosystemet med aktörer som är involverade i hantering av uttjänta elbilsbatterier. Nedan följer huvudlärdomarna från AP1. Detta avsnitt inkluderar en förklaring av processen som äger rum när en olycka inträffar, en beskrivning av informationshanteringen, analys kring samarbete och cirkulära affärsmodeller samt information om benchmarkstudien. För en mer detaljerad beskrivning av processen för varje aktör, se Bilaga 1. För ytterligare information om den senaste forskningen kring den cirkulära värdekedjan för batterier, hänvisas till Bilaga 2.



Figur 3. Kartläggning av ekosystemet – aktörer som är involverade i hantering av uttjänta elbilsbatterier

5.1.1. Processer

Vad som händer när en olycka är framme kan bero mycket på olika faktorer som (1) var olyckan inträffar, (2) hur allvarlig olyckan är och (3) vilka aktörer som är inblandade. Det beror

på var olyckan inträffar och olyckans karaktär om blåljuspersonal kallas till olycksplatsen. Ofta börjar proceduren med att blåljuspersonal får kontakt från en larmcentral som ger dem information om den olycksdrabbade bilen. När säkerheten för inblandade personer har säkerställts och fordonet har säkrats, bogseras fordonet bort av bärgare. För bärgningsbolagen kan procedurer variera beroende på geografisk plats. Bärgningsbolagen kan få uppdraget från försäkringsbolag, fordonsägare eller genom larm från räddningstjänsten beroende på den specifika situationen. Bärgningsbolagen försöker alltid hitta lämpliga lösningar då fordonen måste avlägsnas från olycksplatsen. Vid fordonsbrand är noggrann ruttplanering avgörande för att undvika att köra genom tätbefolkade områden. Försäkringsbolagen informerar bärgaren om den anvisade verkstaden dit fordonet ska bogseras. Detta beslut beror på faktorer som bilmärke, geografiskt läge och skadans art. Auktoriserade verkstäder är vanligtvis den föredragna destinationen för fordonsleverans. När fordonet bedöms som irreparabelt, transporterar bärgaren det ofta från verkstäderna till demonterare.

Proceduren att hantera elbilar som kommer till auktoriserade verkstäder är mycket lika för alla intervjuade verkstäder. En auktoriserad verkstad har tillgång till diagnosverktyg utvecklade av OEM:er (bilproducenterna) själva. Processen för ett fordon som har krockat börjar med att kontrollera fordonet för fel. Fordonen går igenom ett snabbtest där man kontrollerar bilen för att se vad som är skadan och sedan gör de en kostnadskalkyl för att se hur mycket det kommer att kosta att reparera den. Om de utvärderar att batteriet inte går att reparera skickar de bilen/batteriet antingen till biltillverkarens battericenter eller till en bildemonterare ofta beroende på om batteriet fortfarande är under garanti eller inte. Det kan hända att om en verkstad får in ett batteri som klassificeras som röd, kommer en tekniker från battericentrum till verkstaden. Detta görs både för att OEM ska kunna få mer insikt om olyckans detaljer och förbättra förebyggande lösningar, samt för att säkerställa att batteriet kan godkännas för transport. Om battericentrum inte kan reparera batteriet, skickas det för återvinning.

Bildemonterare tar i första hand emot fordon från försäkringsbolag. Vid mottagning av en hämtningsorder från försäkringsbolaget transporteras fordonet antingen av en bärgare eller hämtas av demonteraren. Vanligtvis förblir fordonet utomhus innan det förs in i verkstaden för vidare hantering. Innan något arbete påbörjas utvärderar alla bildemonterare fordonet med hjälp av exempelvis temperaturkontroller, okulära inspektioner och avläsning av felkoder. Processen skiljer sig åt bland demonterare när det gäller om fordonet tidigare är elsäkrat. I de fall det inte har gjorts vidtar mekanikerna nödvändiga åtgärder för att elsäkra fordonet. Dessutom töms alla vätskor och batteriet, tillsammans med andra bildelar, tas bort. Batteriet placeras vanligtvis på en pall och transporteras sedan till en container som står utanför. Alla bildemonterare uttryckte en önskan om att sälja batterierna, särskilt med tanke på att batteriet har ersatt betydande komponenter, tex. motorer och katalysatorer som genererar intäkter för demonterare. Det har dock varit minimal efterfrågan på batterierna, och inga förfrågningar har inkommit från biltillverkarna. Två av de intervjuade demonterarna har kontrakt med företag som tar emot och är specialiserade på att återanvända dem.

Återvinnare tar emot leveranser av batterier till sin förbehandlingsanläggning där de utför en noggrann statusbedömning för att identifiera eventuella fysiska skador, inklusive brand- eller vattenskador. Statusbedömningen påverkar återvinningsprocessen och hanteringen av batteriet. Mottagna batterier förvaras antingen tillfälligt i ett mottagningslager eller tas in till produktionshallen för registrering och demontering. Transportprocessen till återvinningsanläggningen kan variera. Kunder kan transportera batterierna själva eller ordna transport genom återvinningsföretaget, som följer alla ADR regler. För kritiska batterier tillhandahålls specialiserade förpackningar till kunder när de behöver skicka sådana batterier till anläggningen. Varje batteri registreras med serienummer och klassificeras med ett produktnamn. Varje batteripack tilldelas ett unikt ID-nummer, vilket möjliggör spårbarhet inom systemet. På samma sätt får enskilda moduler unika ID-numer kopplade till sina respektive batteripacket. Återvinnaren har dock inte tillgång till BMS och kan inte hämta information från det. Första steget i demonteringen är ta av locket på batteripacket för att komma åt modulerna i batteriet och göra en spänningskontroll. För att ladda ur modulerna ansluter de dem till en urladdningsutrustning som de har egenutvecklats för ändamålet. Efter urladdning kortsluts modulerna och tas ut ur batteripacket för att lagras på pall redo för nästa steg i återvinningsprocessen, den mekaniska nedbrytningen. Resterande komponenter från batteripacket såsom aluminiumchassi, elektronik, elskenor (“busbars”) återvinns separat.

5.1.2. Informationshantering

Alla intervjuade nämnde vikten av transparens och informationsutbyte men att det råder fortfarande en brist på informationsutbyte mellan aktörerna. T.ex. om en verkstad har analyserat SoH för ett fordon som sedan behöver skickas till en demonterare vore det bra för demonteraren att få denna information. Idag förlitar sig aktörer på personliga relationer, till exempel bildemonterare samarbetar vanligtvis med samma bärgare. Detta gör det dock väldigt ostrukturerat och är på lång sikt ingen hållbar lösning. Se AP3 för mer detaljer om hantering av information och spårbarhet.

5.1.3. Samarbete och cirkulära affärsmodeller

I strävan efter ett cirkulärt flöde av batterier är samarbeten och partnerskap avgörande. OEM:er uttrycker intresse för att få tillbaka sina batterier för att öka kunskapen om felaktiga batterier och göra förbättringar baserat på sina upptäckter. Genom att cirkulera alla komponenter och material från batterierna vill de återintegrera dessa i produktionen. En OEM påpekar att de nuvarande volymerna av batterier är för små för att göra återanvändning ekonomiskt lönsam, men ser en framtida potential i att samarbeta med företag som kan köpa batterierna för alternativa användningsområden. För att detta ska vara möjligt krävs ett konstant flöde av batterier.

Det finns en stor fråga kring kostnader och vem som ska bära vissa kostnader. Det finns värde i batterierna men det är fortfarande oklart hur det värdet kan utnyttjas. Bildemonterarna vill

göra affärer med batterierna och sälja dem, eller åtminstone undvika att förlora pengar på dem. Dock har flera av de inte blivit kontaktade av OEM:er angående återlämning av batterierna. Att skicka dem för återvinning kan idag vara kostsamt, vilket gör att många demonterare lagrar batterier och avvaktar besked om vad de ska göra med dem.

Både genomförda intervjuer och litteraturstudier visar tydligt att det finns ett behov av fler samarbeten mellan aktörer inom branschen. Dessa partnerskap kan främja kunskapsutbyte, effektivisera processer och skapa en mer hållbar hantering av batterier genom hela livscykeln. Litteraturen diskuterar cirkulära affärsmodeller för begagnade elfordonsbatterier, vilket visar att innovation i affärsmodeller är avgörande för kommersialisering av dessa batterier. Vural et al. (2024) identifierar tre huvudmodeller: (1) begagnade batterier som produkt, (2) begagnade batterier med kompletterande tjänster, och (3) batteri som tjänst, där kunden betalar för batterifunktioner medan äganderätten kvarstår hos leverantören. Trots den potentiella nyttan är marknaden fortfarande i ett tidigt skede, och storskalig adoption kommer att kräva effektiva och kostnadseffektiva modeller.

Övergången från linjära till cirkulära affärsmodeller medför flera utmaningar, såsom höga investeringskostnader (Shahjalal et al., 2022), teknologiska osäkerheter (Patel et al. 2024) och brist på producentansvar (Vural et al., 2024). En tydligare regulatorisk ram och ett ökat producentansvar är nödvändiga för att främja användningen av begagnade batterier. Dessutom är samarbete mellan flera intressenter avgörande för att säkerställa att dessa modeller blir ekonomiskt konkurrenskraftiga gentemot linjära alternativ. Transparens i data och etablering av standardiserade metoder är också viktiga faktorer för framgång (Ribeiro da Silva, 2023).

5.1.4. Benchmark

Sammanfattningsvist, vår omvärldsbevakning från utlandet gav en insikt att Sverige ligger inte alls långt ifrån länder som representerades i intervjuer när det gäller procedurer, kunskap, erfarenhet osv. i hantering av uttjänta EV-batterier. Tvärtom, intervjuade personer påpekade även att Sverige kan ha kommit längre. Detta bekräftar att alla länder i Europa är i ungefär samma situation och utveckling kring processer och system att kunna hantera uttjänta bilbatterier går i ungefär samma tempo i alla länder.

5.2. AP2: Diagnos och riskbedömning av batterier

Diagnos av batterier i elfordon är ofta knutet till märkesverkstäder med speciellt utvecklade verktyg, som kan kommunicera med både fordon och batterier på ett väldokumenterat och specifikt sätt. Ett allmänt protokoll för batteridiagnostik finns inte idag, utan icke-kontrakterade aktörer måste förlita sig på tredjepartsprodukter för diagnostik. Inom detta projekt och arbetspaket har en sammanställning av diagnostik-verktyg gjorts, vilket

presenteras i Bilaga 5. De aktuella verktygen utvecklas hela tiden, men samtidigt kommer nya bilmodeller, vilket betyder att dessa tredjepartprodukter alltid kommer ligga steget efter. Ett verktyg från Autel valdes ut inom detta projekt baserat på denna översiktsstudie, för att nyttjas inom AP4.

Riskbedömningar görs idag inför i stort sett alla arbetsmoment inom svensk industri, elektrifieringen av fordonsflottan innebär att nya risker förs till paletten av aktörer inom aktörer inom uttjänta bilbatteri-värdekedjan. Denna kedja sammanfattas i Figur 3, där de olika aktörerna presenteras. Inom detta projekt har risker till specifikt batterier i fordon beaktats. Specifikt för batterier är risker såsom elchock, brand och mycket höga strömmar viktiga att identifiera. Metodiken i studien bygger på att för varje specifikt moment i hanteringen av batterier, att man identifierar de risker som förekommer och graderar dem. Är risken för hög kommer man att behöva införa åtgärder för att minimera denna. Ett exempel som berör öppnandet av ett batteri är att vanliga verktyg behöver ersättas med verktyg speciellt anpassade för höga spänningar för att minska risken för elchock. För mer information se Bilaga 3.

5.3. AP3: Spårbarhet och informationshantering

För de batteripack som hantereras av aktörerna i värdekedjan idag saknas det standarder för hur informationen delas. Från det att bilen krockas på väg, transporteras till verkstad, löses in av försäkringsbolag och sedan vidare till bildemonterare. Mycket lite information finns idag tillgänglig från OEM och som delas till de olika aktörerna, i stället görs mycket av bedömningarna av varje enskild aktör för hur bilen och batteriet bör hanteras i nästa steg. I den nya batteriförordningen finns det beslutat att krav på digitalt produktpass skall följa med batteriet och kunna ge aktörerna information som skall underlätta nästa steg.

5.3.1. Digitalt produktpass DPP

EU introducerar Digital Product Passport (DPP) som en del av sin bredare ambition mot hållbarhet. Grunden kommer från ”the Circular Economy Action Plan” och är en strategi under European Green Deal och syftar till att främja en övergång från en linjär ekonomi till en cirkulär ekonomi. Action Planen som antogs i mars 2020 fokuserar på att skapa hållbara produktions- och konsumtionssystem, minska resursanvändningen och avfall, samt att skydda miljön.

Det digitala produktpasset (DPP) kommer att ha en betydande påverkan på värdekedjan för elbilsbatterier (EV-batterier) genom att förbättra transparens, spårbarhet och hållbarhet och nedan finns några centrala sätt på vilka DPP kan påverka värdekedjan:

1. Förbättrad spårbarhet och transparens

Ett digitalt produktpass kommer att innehålla detaljerad information om batteriets hela livscykel, från råmaterial till tillverkning, användning och återvinning. Detta innebär att alla aktörer i värdekedjan, från gruvföretag till tillverkare och återvinnare, kan följa batteriets historia och egenskaper. Detta bidrar till ökad transparens kring ursprunget av råmaterial som litium och kobolt. Förbättrad kontroll av leveranskedjan för att undvika konfliktråvaror och oetisk utvinning.

2. Effektivare återvinning och återanvändning

Genom att DPP innehåller teknisk information om batteriets material och komponenter, blir det lättare för återvinningsföretag att identifiera och separera värdefulla resurser. Detta underlättar återanvändning av batterikomponenter i nya produkter. Optimerad återvinningsprocess för att maximera resursåtervinning, vilket minskar behovet av nya råvaror.

3. Bättre hållbarhet och cirkularitet

Genom produktpasset kan tillverkare och konsumenter få insyn i ett batteris miljöpåverkan, som koldioxidutsläpp under tillverkning och transport. Detta främjar hållbar produktion genom att uppmuntra tillverkare att minska sitt koldioxidavtryck och använda återvunnet material. Cirkulär ekonomi, där gamla batterier enklare kan återvinnas och användas i nya applikationer, vilket minskar avfall och miljöpåverkan.

4. Standardisering och regulatorisk efterlevnad

Digitala produktpass för EV-batterier kommer att göra det enklare att säkerställa att batterierna uppfyller EU nya batteriförordning (inklusive artikel 10 och Annex VIII), som ställer krav på hållbarhet, säkerhet och prestanda. Detta innebär effektivare dokumentation av hållbarhet och prestandakrav. Enklare övervakning av batteriers efterlevnad av regulatoriska krav i hela EU.

5. Ökat konsumentförtroende och marknadens tillväxt

För konsumenter och företag innebär DPP att de får insyn i ett batteris prestanda och miljöpåverkan. Detta kan öka konsumentförtroendet för elbilar och andra produkter med EV-batterier. Driva på marknadens tillväxt genom att främja mer ansvarsfulla och hållbara inköp av batterier.

Kopplat till CIRCT-BAT projektet, det finns två DDP som kommer påverka och kan stötta aktörerna i värdekedjan:

1. Batteri förordningen – (Batteripasset)

Förslogs 2020 och trädde i kraft från augusti 2023. Förordningen ersätter det tidigare EU batteri direktivet. I den nya förordningen finns det krav på Batteripass (e. Battery Passport) för alla EV LMT och industriella batterier över 2kwh; kravet på batteripass gäller på batterier som godkänns eller sätts på marknaden från februari 2027.

2. ELV förordningen – (Circularity vehicle passport)

Förslogs i juli 2023 och kommer ersätta det nuvarande ELV direktivet och direktivet för typ-godkännande. Kravet på produktpass startar 7 år efter att förordningen träder i kraft. Produktpasset för bilar heter Circularity vehicle passport.

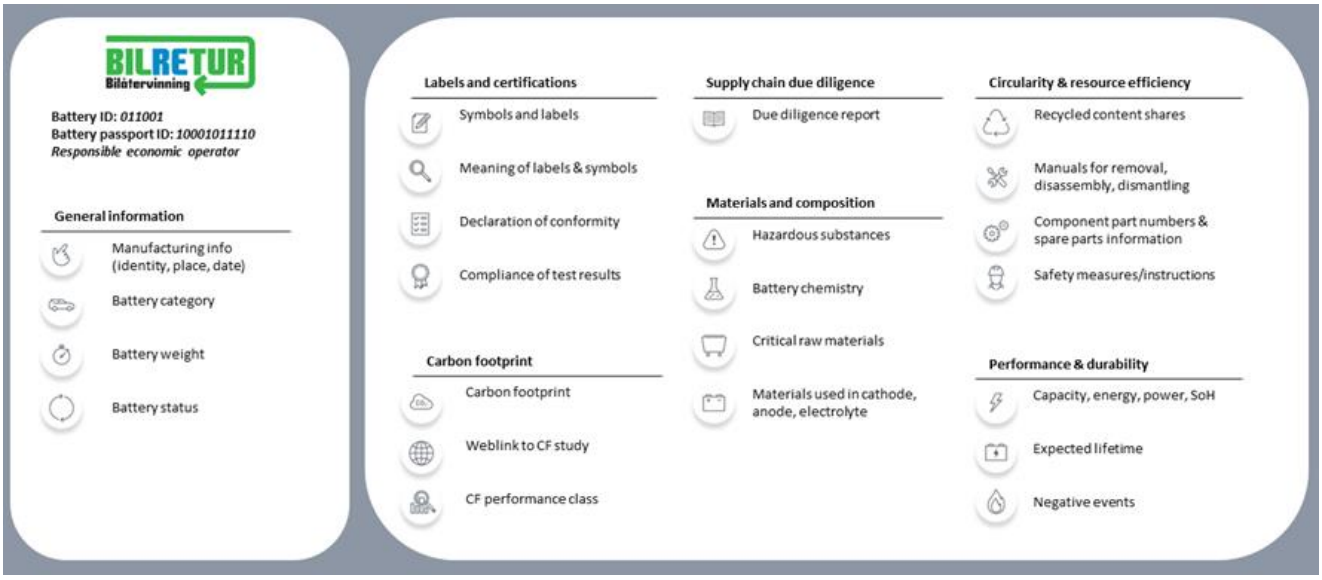
5.3.2. Batteripasset

Batteripasset är till för att förbättra spårbarheten och hållbarheten i hela batteriets livscykel. Det skall kunna ge detaljerad information om ett batteris komponenter, prestanda och miljöpåverkan från tillverkning till återvinning. Genom att specifikationer för olika dataattribut, implementering av spårbarhet uppströms, integration i reglerade processer och system nedströms samt aggregering av dataattribut från olika batteripass kan det utöka värdeskapandet genom att möjliggöra fler potentiella användningsområden.

Grundfunktioner i batteripass systemet är följande:

- Data samlas in inom organisationen och delas mellan värdekedjans aktörer
- Data samlas, processas och överförs till batteripasset av den ekonomiska aktören (”economic operator” – definieras som producent eller importör som sätter batteriet på marknaden)
- Data från batteripasset kan läsas av fördefinierade grupper (grupperna delas in i 3 kategorier: publik och aktörer med legitimt intresse samt övervakande myndighet) baserat på respektives åtkomsträttigheter.

Batteripasset kommer vara ett elektroniskt register som är individuellt för varje batteri. Passet är omfattande och information finns i upp till 90st olika datapunkter som är grupperade i 7 olika kategorier. Några datapunkter per kategori förklaras grundläggande, se Figur 4.



Figur 4. Batteripasset, utdrag av dataattribut

5.3.3. Behov och informationsgap

Idag finns ett informationsgap för aktörer i värdekedjan för batterier. Från det att bilen krockas till nästa steg för ett demonterat batteripack. Nedan beskrivs behov per varje aktör i värdekedjan samt aspekter relaterade till säkerhet och ekonomi.

1. Försäkringsbolag

Försäkringsbolag skulle behöva mer information för att kunna prissätta bilen bättre. Modellerna för prissättning mot avtalade demonterare skulle kunna se annorlunda ut om mer information om batteriet finns tillgänglig.

Säkerhet

Försäkringsbolag skulle redan i ett tidigt stadie innan bilen hamnar hos en bildemontering kunna göra en säkerhetsbedömning. Tillsammans med data och okulär besiktning skulle en bedömning kunna göras för hur batteriet bäst hanteras i nästa steg.

Ekonomiskt

Med tillgång till fler datapunkter skulle försäkringsbolaget kunna göra en mer träffsäker analys av batteriets värde för nästa steg.

2. Bildemonterare

Bildemonterare kan på ett säkrare och mer resurseffektivt sätt avgöra ett batteris nästa steg om mer information om batteriets hälsa finns. Med rätt verktyg och demonteringsinstruktioner tillsammans med reservdelnummer skulle de kunna avgöra batteriets nästa steg.

Säkerhet

Med mer information om batteriet som exempelvis eventuella negativa event tillsammans med en diagnos kunde det avgöras status på batteriet för att säkrare bedöma hur batteriet kan hanteras i nästa steg innan.

Ekonomiskt

Om information för batteriets State of Health fanns att tillgå skulle bildemonteraren lättare kunna avgöra vad batteriet är lämpat för i nästa steg och även kunna ha möjlighet att prissätta batteriet mer korrekt för reuse eller repurpose.

3. Repurpose & Återvinnare

Reparation eller återanvändning av ett batteri skulle möjliggöras om information om batteriet fanns att tillgå. För återvinnare skulle informationsdelning göra att återvinningsprocessen skulle bli effektivare då de kan utläsa material och materialsammansättning.

Säkerhet

Säkerhetsmässigt skulle det underlätta om återvinnare eller åkerbrukare vet vad batteriet har varit med om innan. En State of Charge (SoC) skulle även underlätta för planering av nästa steg för exempelvis hur läng batteriet behöver laddas ur innan återvinning.

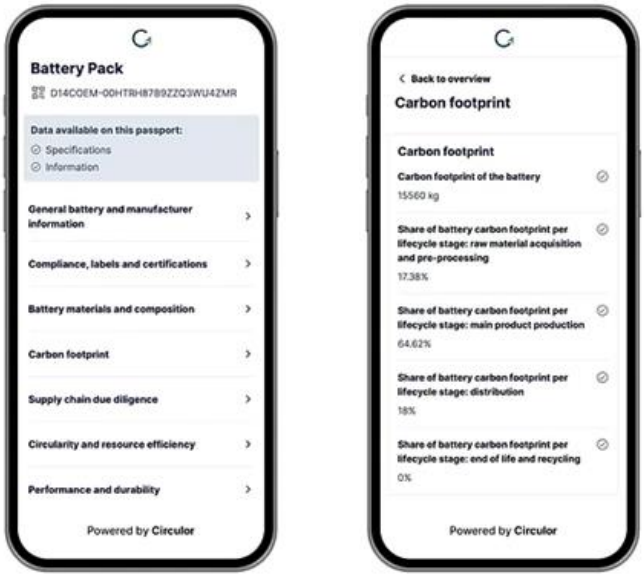
Ekonomiskt

En mer detaljerad specifikation på vad celler/moduler och pack innehåller skulle framåt göra det lättare att sätt ett mer korrekt pris på batteriet.

5.3.4. Kommersiella DDP idag - exempel

Volvo Cars tillsammans med UK baserade Circulor har lanserat det första batteripasset på den nyligen lanserade Volvo EX90. Batteripasset går att komma åt genom Volvo Cars-appen och med en QR kod tryckt på stolpen vid förarsidan. Batteripasset innehåller spårbarhet på råmaterialen, komponenter och hur mycket återvunnet material har använts vid tillverkning. Passet visar även koldioxidavtryck, se Figur 5. Volvo Car och Circulor började samarbetet redan 2018-2019 vilket visar den tid det tar att skapa förutsättningar för lansering av ett kommersiellt digitalt produktpass.

Circulor säger i en Reuters intervju att batteripasset kommer senare att rullas ut på samtliga av Volvos elbilar. Det kommer senare även att inkludera en SoH som skall finnas uppdaterad under 15 år och kommer kosta Volvo 10 dollar per bil, detta enligt Circulor.



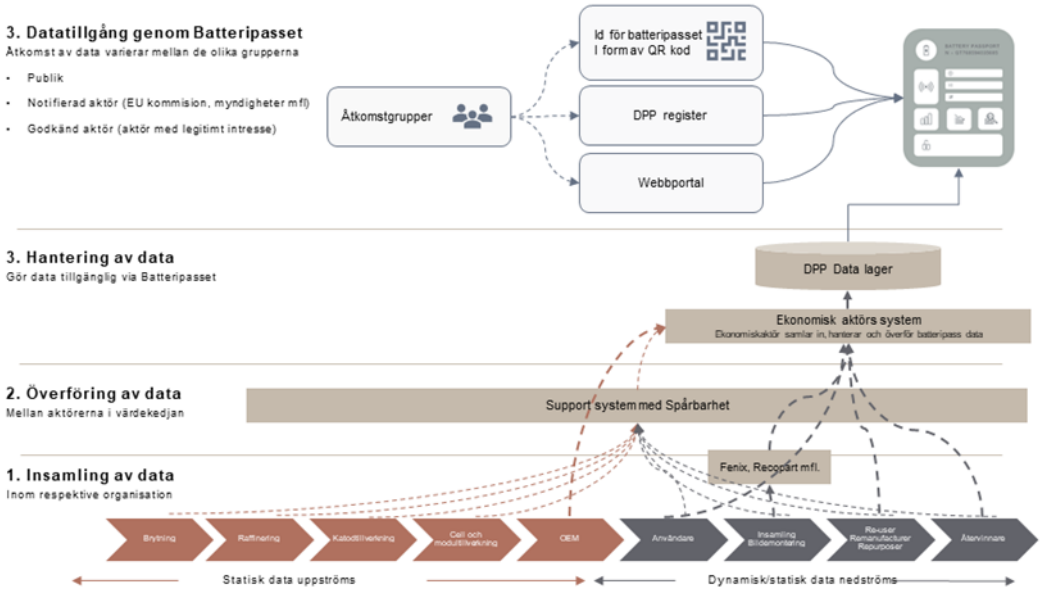
Figur 5. Volvo Cars batteripass, bild från Circulor på Volvos batteripass

5.3.5. System för spårbarhet

Arkitekturen för batteripasset är mycket omfattande. Det finns många aktörer som dels skall överföra och läsa de över 90 datapunkter som är fastslagna i batteriförordningen. För att detta skall fungera behövs fler underliggande system kopplat till den ekonomiska aktörens eget system för att uppdatera batteripasset under livscykeln.

Efter att bilen antingen kommit till End of Life eller om den lösts in efter krock eller annat fel behöver bildemonteraren kunna läsa av data från batteripasset på ett effektivt sätt. Detta skulle kunna göras med anpassning på något av de idag befintliga system som de jobbar med kopplat till reservdelar. I dessa system finns redan bilen med en unik ID och de aktuella batteri datapunkterna skulle kunna hämtas. Överföringen mellan systemen kommer göras med hjälp av anpassade API som förmodligen kommer distribueras av den ekonomiska aktören eller av utsedd leverantör.

Nya rutiner och metoder kräver lång utprovning och stabilitet. Därför är det är svårt att införa en metodik sådan som beskrivs ovan om man inte bygger den på dels existerande, dels så snabbt som möjligt etablerar standarder som binder samman sådana standardiserade metoder. Därför genomförde RISE en litteraturstudie över existerande standarder som stödjer möjligheten att med ett miljö- och säkerhetstänk bevara resursvärden i EV-batterier genom att undvika risken för batteribrand genom exempelvis kortslutning vid hantering (Carlsson och Nevzorova, 2024). I denna studie presenteras existerande standarder grafiskt utmed batterilivscykeln, med tanken att denna serialisering av standardanvändning, se Figur 6, i sig skulle kunna inspirera kommande standardiseringsarbete inom området.



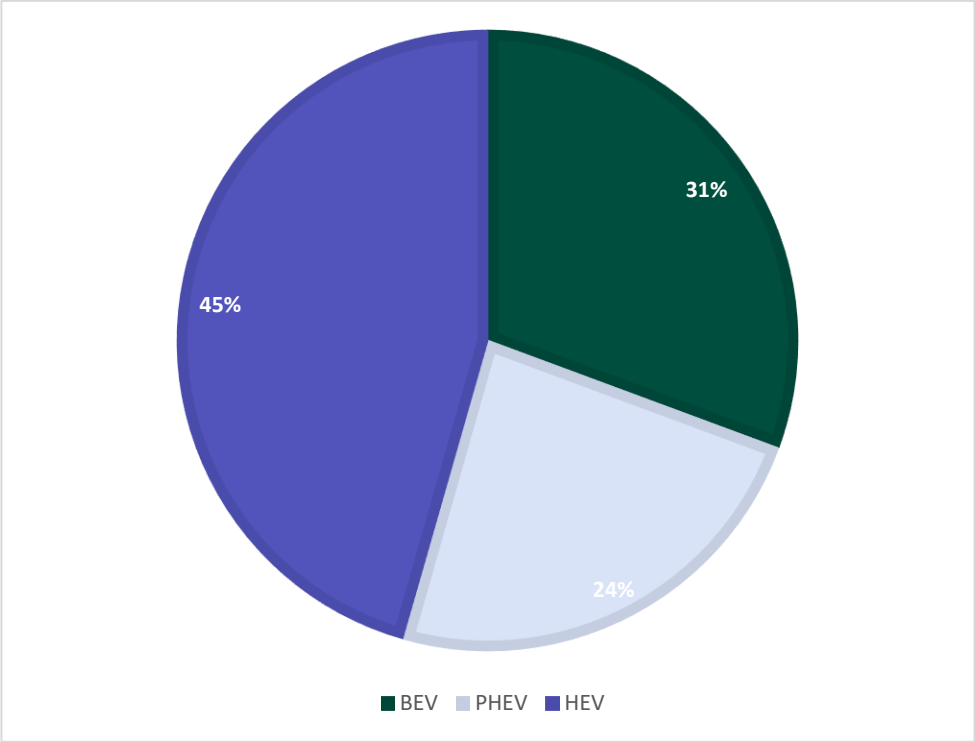
Figur 6. Bild på data förflyttning i batteripasset

5.4. AP4: Demonstration och utvärdering av batteriflöden

Detta AP täckte manga områden som sammanfattas kort här nedan. För mer information om utvärdering av batteriflöden, risker med hantering av krockskadat elfordon, utbildning och branschstandard, rutiner för hantering av elfordon på bildemontering, hantering av ett utbrunnet elfordon, informationsöverföring och informationsutbyte samt europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2023/1542 se Bilaga 9 och 10.

5.4.1. Demonstration

Hanteringen av totalt 447 batterier från elfordon dokumenterades. Fördelningen av de olika batterityperna för fordonen kan ses i Figur 7. Denna fördelning speglar den nuvarande sammansättningen av elfordonsflottan och ger värdefulla insikter om vilka typer av batterier som mest frekvent hanteras i återvinningsprocessen.

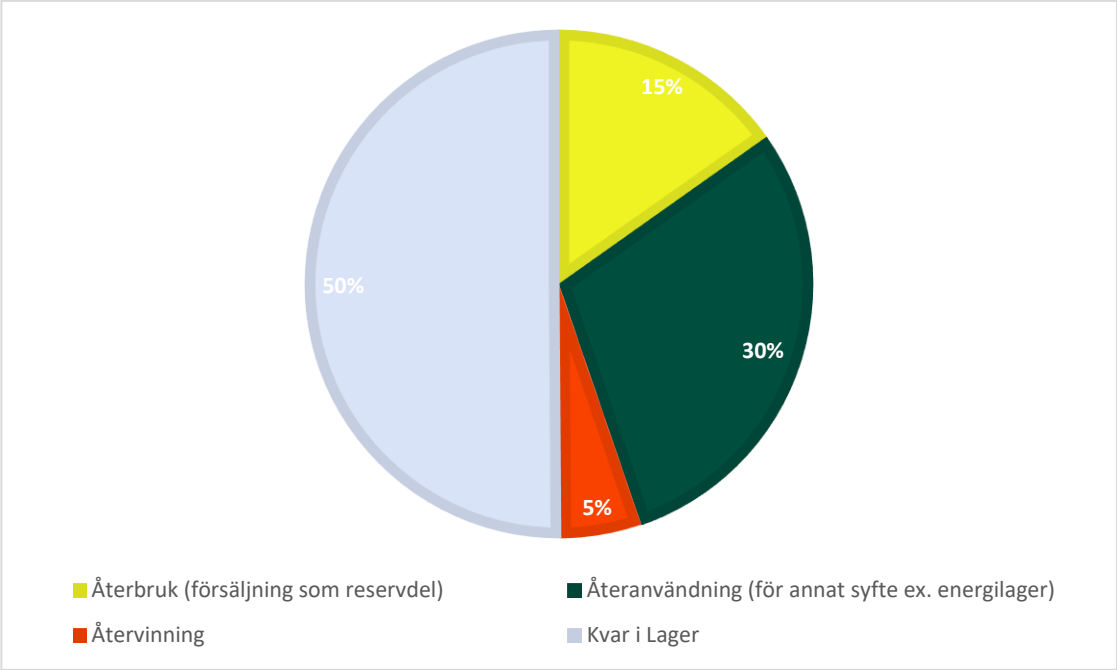


Figur 7. Fördelning av batterityper för fordon. HEV (Hybrid Electric Vehicles), PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicles) och BEV (Battery Electric Vehicles).

93 av dessa batterier genomgick också en analys med det utvalda diagnosverktyget Autel som valdes ut inom Arbetspaket 2. Tester visade att många batteripaket saknar ytterligare information vid demontering. Autel-verktyget kan generera PDF-rapporter för verkstadens databas och har funktioner för olika ECU-enheter. 74,03% av batteripaketen och 87,5% av fordonen kunde diagnostiseras. SOH-värden kunde extraheras för vissa märken, medan SoC-värden erhölls för 70% av batteripaketen och 100% av fordonen.

Fördelningen efter batterikemi också analyserades. Litiumjonbatterier dominerar med 58 % av marknaden, medan NiMH-batterier främst används i hybridbilar. Flera utmaningar har identifierats i samband med batterikemi, inklusive utvecklingen av nya batterikemier, utmaningar kopplade till återvinning samt säkerhetsaspekter. För mer detaljer kring dessa utmaningar, se Bilaga 9.

Efter at bilen har demonterats kan batteriet antingen återanvändas som en reservdel, återanvändas för ett annat syfte (tex. energilager), återvinnas eller förvaras tills efterfrågan uppstår. Figur 8 ger en översikt över hanteringen av de dokumenterade batterierna efter att de demonterats från fordonen. I Bilaga 9 finns mer detaljer kring de återanvändna och återvunna batterierna.



Figur 8. Översikt över hanteringen av batterier från elfordon

Alla deltagande bildemonteringar inom projektet arbetar utifrån den framtagna branschstandard – säker hantering av högvoltssystem i elfordon, samt har alla utbildat sin personal utifrån de olika kompetenskraven som ställs beroende på arbetsansvar man har i sin organisation.

5.4.2. Utbildning och branschstandard

Branschstandard – säker hantering av högvoltssystem i elfordon är ett dokument som är framtaget i samarbete mellan Mobility Sweden, Motorbranschens Riksförbund (MRF), Sveriges Bilåtervinnares Riksförbund (SBR) och Svenska Fordonsbranschen. Den täcker olika aspekter av arbete med elfordon, från allmän hantering till specifika procedurer för högspänning. Branschstandarden syftar till att ge riktlinjer för de som arbetar med elfordon, vilket säkerställer deras säkerhet och andras säkerhet. Se Bilaga 10 för mer information om utbildning och branschstandard.

5.4.3. Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2023/1542 (batteriförordning)

Den nya batteriförordningen, som trädde i kraft den 17 augusti 2023 och som tillämpas från den 18 februari 2024, representerar ett betydande steg i EU:s strävan att möta de utmaningar som den snabbt växande batteriindustrin medför. Förordningen ersätter det tidigare batteridirektivet från 2006, vilket ansågs otillräckligt för att hantera den moderna batterimarknadens komplexitet och de ökade miljömässiga och sociala kraven.

Den nya EU-förordningen om batterier har väckt stor uppmärksamhet inom fordonsindustrin, bildemonteringsbranschen och återvinningsbransch. Förordningen syftar till att skapa ett mer hållbart och cirkulärt system för hantering av batterier genom hela livscykeln. Dock har implementeringen av denna ambitiösa lagstiftning visat sig vara en komplex utmaning, särskilt när det gäller tolkningen och införlivandet av vissa artiklar i nationell lagstiftning.

Oklarheter kring tolkningen av artiklar inom detta kapitel har skapat en komplex situation för hela batteriets värdekedja. Projektet tillsammans med tillverkare, bildemonterare och återvinningsföretag har under projekttiden stått inför den stora utmaningen att förstå och anpassa sig till de nya reglerna, trots att deras exakta innebörd och praktiska konsekvenser ännu inte är helt klarlagda. Detta har medfört osäkerhet i projektet och försvårat planeringen för att kunna genomföra en effektiv demonstration av värdekedjan och dess processer. Projektet har varit tvunget att navigera i en regulatorisk gråzon och har väntat på ytterligare klargöranden från myndigheter och beslutsfattare.

Projektet har försökt undersöka de olika perspektiven från alla inblandade aktörer och analyserat potentiella konsekvenser av olika tolkningar, samt diskuterat möjliga vägar framåt för att säkerställa en effektiv värdekedja.

Projektet har tittat på två möjliga scenarier av hur värdekedjan kan se ut utifrån olika tolkningar av batteriförordningen och påverkande artiklar som berör producentansvar samt hantering och behandling av batterier från uttjänta fordon. För mer detaljer kring dessa två scenarier, se Bilaga 10.

6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

6.1. Slutsatser

Projektet har fokuserat på det viktiga ämnet batterivärdekedjan, med särskild betoning på hantering av batterier i slutet av deras livscykel och de olika aktörernas roller. Detta är ett område som kräver omedelbar uppmärksamhet i takt med att den globala övergången från förbränningsmotorer till elfordon accelererar. För att stödja denna övergång är det avgörande att anta ett helhetsperspektiv på batteriets livscykel och säkerställa att batterier hanteras ansvarsfullt för att minimera risker och miljöpåverkan. Batterier innehåller värdefulla material som bör återvinnas och utnyttjas till sin fulla potential, vilket bidrar till resurseffektivitet och hållbarhet. Här lyfts fyra centrala områden fram som identifierats i projektet och som kräver ytterligare forskning och åtgärder för att möjliggöra en säker och hållbar batterivärdekedja.

Cirkulära flöden och marknaden för begagnade batterier

När vi ansökte om detta projekt var vår uppfattning att det borde finnas en stor efterfrågan på batterier från lätt krockskadade fordon, där batterierna var oskadda. Efterhand har vi insett att efterfrågan på begagnade batterier, både som reservdelar och för alternativa användningar, är betydligt lägre än vi förväntade oss. Vad gäller reservdelsefterfrågan är läget att nästan alla OEM erbjuder 8–10 års batterigaranti och detta innebär att det dröjer många år innan det finns någon efterfrågevolym. Under perioden 2014–2016 såldes ytterst få BEV och andelen PHEV var också mycket låg. Först från 2017 började dessa biltyper säljas i större volymer vilket betyder att intresset för bra begagnade batterier kommer att öka från 2026–2030. Detta kan skapa en bra intäktskälla för bildemonterare, som idag till stor del är beroende av katalysatorer och drivlinor från förbränningsmotorer som värdefulla komponenter.

Vad gäller alternativa användningsområden för uttjänta batterier ser vi främst möjligheter inom energilagring, där batterier eller moduler kan byggas ihop till större enheter. Trots att efterfrågan på energilagring ökat markant de senaste åren ser vi i nuläget inte någon stor efterfrågan på begagnade bilbatterier för dessa ändamål.

Utmaningar inom batteridiagnostik

En betydande utmaning vi identifierat är bristen på tillförlitliga diagnosverktyg för att bedöma tillståndet på begagnade fordonsbatterier. Allt genomföra en diagnos på ett batteri är en teknisk utmaning, eftersom det kräver omfattande mätningar för en korrekt bedömning. På marknaden finns verktyg som kan avvändas för diagnostik, men de flesta av dessa verktyg läser

endast ut information från bilens eget BMS system, via exempelvis OBD porten. Inom vårt projekt genomförde vi diagnoser, med ett inköpt verktyg, på ett stort antal batterier och konstaterade att det är mycket svårt att få fram tillförlitliga resultat på batteriers SoH (State of Health). Verktyg som vi använt ger endast ett ungefärligt värde för SoH, och kvaliteten på dessa utläsningar är inte på något sätt verifierad. Detta gör det oerhört svårt att värdera begagnade batterier, vare sig de varit med om krock eller inte. Efter intervjuer bland återförsäljare visar det sig att även större OEM inte har diagnosverktyg för att bedöma SoH på egna begagnade bilar/batterier. För att säkerställa en hållbar återanvändning och undvika onödiga kostnader är det avgörande att utveckla mer avancerade och tillförlitliga metoder för att bedöma SoH och skapa tydliga kriterier för återanvändning av batterier från krockskadade bilar.

Att hantera krockade fordon kan vara riskfyllt och detta görs idag av många olika aktörer; räddningstjänsten, bilbärgarna, verkstäder, bildemonterare och återvinnare, samt även företag involverade i återanvändning. Alla dessa aktörer har ställts inför utmaningen att hantera elektrifierade fordon, men relativt nya risker. Den påbörjade elektrifieringen av fordons-flottan har krävt nya riskanalyser och nya rutiner, samt utbildningar för alla aktörerna i denna kedja. Mycket av arbetet har påbörjats innan detta projekt initierades och mycket arbete med bedömning av batteriers faktisk tillstånd efter krock kommer behöva göras i framtiden. En enkel bedömning av ett EV batteris status och SoH är viktigt för alla inblandade aktörer. Exempelvis kan nya signaler från batteriets BMS system göras tillgängliga via OBD interfacet och erbjudas via trådlös anslutning till aktörer såsom räddningstjänsten, detta kräver dock att verktyg utvecklas för att tolka informationen, så att räddningstjänsten kan agera korrekt.

Informationsdelning mellan olika aktörer

Som en sammanfattande rekommendation betonar projektet vikten av att utveckla en omfattande strategi för informationsdelning mellan alla aktörer involverade i hanteringen av krockade elfordon. Denna strategi bör inkludera en bred samverkan mellan räddningstjänst, bärgningsföretag, verkstäder, försäkringsbolag, bildemonteringar och återvinnare.

Projektet framhåller särskilt två kritiska aspekter i denna strategi:

För det första bör försäkringsbolagens centrala roll utnyttjas effektivt. Deras unika position gör dem ideala som informationsnav och koordinator, med förmåga att samordna insatser och effektivisera informationsflödet mellan de olika parterna i branschen.

För det andra rekommenderas att aktivt inkludera Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) som en nyckelaktör, särskilt vad gäller räddningstjänstens insatser. MSB:s expertis är avgörande för att säkerställa säker hantering av elfordon vid olyckor och för att sprida bästa praxis inom området (expertis och utbildning).

Genom att kombinera dessa element skapas ett robust system för informationsutbyte. Detta kan leda till ökad säkerhet för alla inblandade, effektivare resursanvändning och förbättrad kunskapsöverföring mellan de olika sektorerna inom elfordonshantering.

Som ett komplement till denna primära strategi rekommenderas att de förbättrade rutinerna och insikterna som genereras genom detta utökade informationsutbyte integreras i det pågående arbetet med branschstandarden för säker hantering av högvoltssystem i elfordon. Detta sekundära fokus kan hjälpa till att konsolidera och formalisera de bästa metoderna som utvecklas genom den förbättrade informationsdelningen.

Denna integrerade approach, med tyngdpunkt på informationsdelning och med branschstandarden som ett stödjande element, skapar en flexibel och anpassningsbar struktur som kan möta nuvarande och framtida utmaningar inom hanteringen av krockade elfordon, från olycksplats till återvinning. Genom att främja en öppen och effektiv kommunikation mellan alla berörda parter, kan branschen bättre hantera de komplexa frågor som uppstår i samband med elfordonsolyckor och efterföljande processer.

Batteriförordningen

Under projektets gång uppstod en utmanande situation på grund av fördröjningen i tillhandahållandet av officiell vägledning kring tolkningen och implementeringen av Batteriförordningen i svensk lagstiftning. Denna osäkerhet tvingade projektet och dess partners att arbeta utifrån olika scenarier för att hantera den rådande situationen.

Ett särskilt problematiskt scenario, baserat på Naturvårdsverkets vägledning om klassificering av uttjänta fordon, identifierades av projektet. Enligt detta synsätt betraktas hela fordonet, inklusive batteriet, som avfall även efter demontering. Konsekvensen blir att bildemonteringens möjligheter att bedöma eller förbereda batteriet för återbruk, återanvändning eller återvinning kraftigt begränsas. I stället måste batteriet överlämnas direkt till en producent, en producentansvarsorganisation (PRO) eller en utsedd avfallshanteringsaktör för återvinning.

Projektet lyfter fram en betydande risk med detta scenario: många batterier som potentiellt skulle kunna få en förlängd livstid eller ett andra användningsområde riskerar att skickas direkt till återvinning. Detta kan leda till att fullt funktionella batterier återvinns i förtid, vilket strider mot principerna om cirkulär ekonomi och optimal resursanvändning. Situationen förvärras ytterligare av de stränga krav som ställs på fordonstillverkare gällande användningen av återvunnet material i nyproducerade högvoltsbatterier.

Konsekvenserna av detta scenario är oroväckande då det kan resultera i att en stor mängd batterier med kvarvarande kapacitet ändå hamnar i återvinningsprocessen, trots potential för

andra applikationer eller remanufacturing. Detta riskerar att motverka strävanden mot en mer hållbar och resurseffektiv hantering av elfordonsbatterier.

Scenariot belyser en kritisk spänning mellan målen för ökad återvinning och ambitionen att maximera batteriernas totala livslängd och nyttoeffekt. Det understryker behovet av mer flexibla och nyanserade riktlinjer som kan balansera dessa mål och främja både effektiv återvinning och optimal resursanvändning i batterisektorn.

För övrigt lyfter batteriförordningen fram vikten av standardisering på många olika sätt och nivåer. Man talar särskilt om behovet av utveckling av nya standarder för, bl.a. batterihälsa, säker hantering av batterier, standarders betydelse som instrument i lagstiftning och verifiering av överensstämmelse. En fullständig kartläggning av dessa referenser återfinns i (Carlsson, 2024).

Tillägg

Efter projektets avslutande presenterade Naturvårdsverket sin officiella vägledning på deras hemsida, vilken går i linje med det beskrivna scenariot. Projektgruppen betonar att denna snäva tolkning riskerar att försvåra en optimal cirkulär hantering av batterier från krockade elfordon och understryker vikten av att adressera de identifierade riskerna för att säkerställa en hållbar och effektiv hantering av elfordonsbatterier i framtiden.

6.2. Nyttiggörande och nästa steg

Inom projektet har vi identifierat ett stort behov av att utveckla strukturerad och effektiv informationsöverföring mellan aktörer i värdekedjan för uttjänta EV-batterier. Workshops och dialoger med projektparter har lyft fram vikten av att kunna spåra och analysera data om batteriers historia, från olycksplats till demontering. Detta för att säkerställa säkra arbetsprocesser och skapa en trygg arbetsmiljö för alla inblandade. Som en del av nästa steg föreslås ett fördjupat arbete kring utveckling av en digital lösning, exempelvis en plattform eller app, som underlättar informationsdelning. Detta arbete kan också förbereda för implementeringen av det framtida batteripasset, vilket på sikt bidrar till en ökad cirkulär användning av batterier.

Insikter och rekommendationer från arbetet med informationsöverföring och rutiner för säkerhantering av ett elfordon kommer att tas med in i vidare utveckling av det fortsatta arbetet med Branschstandarden - "säker hantering av högvoltssystem i elfordon".

Vidare har projektet konstaterat att dagens verktyg för att bedöma SoH är bristfälliga, särskilt när det gäller parametrar som totala urladdningar och fulladdningar. Ett europeiskt

samordningsprogram skulle kunna vara nyckeln till att integrera sådana kriterier i batteripasset. Krockinformationen som bilen själv samlar in är central för att värdera batterier, vilket också skulle gynna återbruk och säker hantering.

För att möjliggöra återbruk av batterier från krockade fordon behövs utveckling av kriterier och analysmetoder. En koppling mellan batteripasset och information från fordons diagnossystem, exempelvis om krockbelastningar, kan vara en del av lösningen. Detta kräver samverkan med OEM:er och ytterligare forskning. **Branschen efterlyser ett enkelt verktyg för bedömning av krockade elfordon, för bedömning vid olycksplats, bärgning, verkstad samt bildemontering.**

Slutligen behöver riskbedömningar formaliseras för alla steg i kedjan från olycka till återvinning. Detta förutsätter utveckling av nya tekniska lösningar samt fortsatt forskning för att möta de komplexa krav som ställs.

7. Publikationslista

Carlsson, R., Nevzorova, T. (2024). Managing Circular Electric Vehicle Battery Lifecycles Using Standards. In: Scholz, S.G., Howlett, R.J., Setchi, R. (eds) Sustainable Design and Manufacturing 2023. SDM 2023. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 377. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8159-5_6

Abstract: The electric vehicle (EV) market and its implied battery resource management are in large and fast expansion. The European Union is developing directives for digital product passport for batteries, where much understanding and knowledge of battery management are quickly growing. Coordinating standards that can harmonize circular battery management and spread best practices is therefore in high demand. This research presents a review of existing standards that support managing circular EV battery lifecycles. It was performed to understand the maturity of the circular battery lifecycle, regarding battery performance and safety to workers, EV passengers, and the environment. The review structure was made by positioning standards to key steps throughout the circular battery lifecycle, highlighting steps where handling, producing, testing, servicing, and remanufacturing could be expected to support harmonization and guidance. The scope was limited to mainly lithium-ion batteries for vehicle traction but also included general standards concerning recycling, safe battery handling, and environmental management. The resulting mapping summarizes a catalog of existing and upcoming standards. It shows that many important standards are available. Much still needs to be developed, especially with regard to tests for reused batteries' health and performance and with regard to how to synchronize performance specifications along and across the circular life cycle stages. To the best of the authors' knowledge, this study is the first attempt to provide such a comprehensive overview of standards that covers the whole circular electric vehicle battery lifecycles.

8. Projektkommunikation

Populärvetenskapliga artiklar

Under projektets tid har fem populärvetenskapliga artiklar publicerats i Nordisk Bilåtervinning vilken är en branschtidning för bildemonterare, återvinningsföretag, bilverkstäder, m.fl. Publikationer innehöll framförallt information kring uppdaterad status av projektet.

- Nordisk Bilåtervinning Nr 4, 2022. https://sbrservice.se/wp-content/uploads/2022/12/NBA-nr-4-2022.pdf
- Nordisk Bilåtervinning Nr 2, 2023. https://sbrservice.se/wp-content/uploads/2023/06/NBA-nr2-2023-low.pdf
- Nordisk Bilåtervinning Nr 3, 2023. https://sbrservice.se/wp-content/uploads/2024/01/NBA-nr3-2023-lag.pdf
- Nordisk Bilåtervinning Nr 1, 2024. https://sbrservice.se/wp-content/uploads/2024/07/NBA%CC%8A-nr1_2024.pdf
- Nordisk Bilåtervinning Nr 2, 2024. https://sbrservice.se/wp-content/uploads/2024/07/NBA%CC%8A-nr2_2024.pdf

Pressmeddelande

Målgrupp för pressmeddelanden var en allmänhet – alla intresserade av frågor kring cirkularitet och bilbatterier.

- Pressmeddelande på Mynewsdesk. CIRC-BAT – En ökad cirkulär användning av batterier. https://www.mynewsdesk.com/se/bilretur-abc-ab/pressreleases/circ-bat-en-oekad-cirkulaer-anvaendning-av-batterier-3211907
- Pressmeddelande från RISE. Säker och optimal hantering av batterier från krockade fordon. https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/saker-och-optimal-hantering-av-batterier-fran-krockade-fordon#:~:text=Projektet%20CIRC%2DBAT%20syftar%20till,till%20cirkul%C3%A4ra%20och%20h%C3%A5llbara%20system.
- Pressmeddelande från Chalmers Industriteknik. Säker och optimal hantering för att skapa cirkulära flöden av batterier från krockade bilar (CIRC-BAT) https://chalmersindustriteknik.se/projekt/saker-och-optimal-hantering-for-att-skapa-cirkulara-floden-av-batterier-fran-krockade-bilar-circ-bat/

Presentationer

- 220830 Regionmöte Bilretur Svenssons Bildemontering
- 220920 Regionmöte Bilretur Borås Bildemontering
- 220921 Regionmöte Bilretur Jönköpings Bildemontering
- 221007 SBR Halvårsmöte Örebro
- 221129 presentation RE:Source
- 230421 SBR Helårsmöte Stockholm
- 230911 Regionmöte Eklunds Bildelslager Skövde
- 230919 Regionmöte Harrys Bilskrot Malmö
- 230920 Regionmöte Allbildelar Stockholm
- 231006 SBR Halvårsmöte Halmstad
- 231011 Regionmöte Jämtlands Bildemontering Östersund
- 240201 presentation RE:Source
- 240419 SBR Helårsmöte Stockholm
- 240420 SBR Kvinnligt nätverk Stockholm
- 241017 SBR halvårsmöte Göteborg

Projektet har omnämnts presenterats i Country Reports på EGARA (European Group of Automotive Recycling Associations) hel och halvårsmöten 2024 och 2023

- 230602 Malaga, Spanien
- 231116 Bryssel, Belgien
- 240614 Valence, Frankrike
- 241114 Bryssel, Belgien

9. Referenser

Circulor (2024), Volvo to issue world's first EV battery passport ahead of EU rules https://circulor.com/articles/volvo-to-issue-world-s-first-ev-battery-passport-ahead-of-eu-rules

Battery Pass (2023), Main Content Guidance https://thebatterypass.eu/assets/images/content-guidance/pdf/2023_Battery_Passport_Content_Guidance.pdf

Global battery Alliance (2024), GBA Battery Passport Overview https://www.globalbattery.org/media/publications/gba-batterypassport-2024-v1-web.pdf

Carlsson, R., Nevzorova, T. (2024). Managing Circular Electric Vehicle Battery Lifecycles Using Standards. In: Scholz, S.G., Howlett, R.J., Setchi, R. (eds) Sustainable Design and Manufacturing 2023. SDM 2023. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 377. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8159-5_6

Carlson, R., Batteriförordningens referenser till standarder och standardisering: En delrapport inom Re: Source projektet CIRC-BAT (2022-09-01–2024-09-30), 2024. https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1908174/FULLTEXT01.pdf

Catena-X (2024), Offers/Traceability https://catena-x.net/en/1/benefits-pros/traceability

McKinsey & Company (2023), Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular

Ahmadi et al. (2014), “Environmental feasibility of re-use of electric vehicle batteries”, Sustainable Energy Technologies and Assessments, 6, 66-74

Ahuja et al. (2020), “A circular economy for electric vehicle batteries: driving the change”, Journal of Property, Planning and Environmental

Mobility Sweden (2023), Databas nyregistreringar. https://mobilitysweden.se/statistik/databas-nyregistreringar. Hämtad: september 2024.

Mobility Sweden, Motorbranschens Riksförbund, Svenska Fordonsverkstäders Förening. (2023). Branschstandard – Säker hantering av högvoltssystem i elbilar. https://www.elbilsinfo.se/storage/F001B554000D1941949DBF9D0B832E28393F1F0147EDA60B7C3D258E10BEEE87/9506030b25df46219cffccfe0e14b849/pdf/media/2929a072977e40cfae22baac7eb74a88/Branschstandard%20fo%CC%88r%20sa%CC%88ker%20hantering%20av%20ho%CC%88gvoltsystem%20i%20elfordon.pdf

Patel, A. N., Lander, L., Ahuja, J., Bulman, J., Lum, J.K.H., Pople, J.O.D., Hales, A., Patel, Y., Edge, J.S. (2024). Lithium-ion battery second life: pathways, challenges and outlook. Front. Chem. 12:1358417. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fchem.2024.1358417/full

Ribeiro da Silva E., Lohmer J., Rohla M., Angelis J. (2023). Unleashing the circular economy in the electric vehicle battery supply chain: A case study on data sharing and blockchain potential. Resources, Conservation & Recycling 193. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106969

Shahjalal, M., Roy, P. K., Shams, T., Fly, A., Chowdhury, J. I., Ahmed, M. R., and Liu, K. (2022). A review on second-life of Li-ion batteries: prospects, challenges, and issues. Energy, 241. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122881

Vural, C. A., van Loon, P., Halldórsson, Á., Fransson, J., and Josefsson, F. (2024). Life after use: circular supply chains for second-life of electric vehicle batteries. Production Planning & Control. https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2353379

Prevent, mall för riskhantering. https://www.prevent.se/globalassets/.prevent.se/mallar-och-exempel/riskbedomning-mall.xlsx

Bilagor

Bilaga 1. Resultat från intervjustudie

Bilaga 2. Exploring circular approaches for electric vehicle batteries: A literature review

Bilaga 3. AP2 Riskbedömning och riskminimering vid hantering av batterier från krockade fordon

Bilaga 4. AP2 Mall för riskbedömning

Bilaga 5. Diagnostic tools for state of charge on vehicle high voltage batteries

Bilaga 6. Diagnostic tool testing on workshops

Bilaga 7. AP4 tests full list

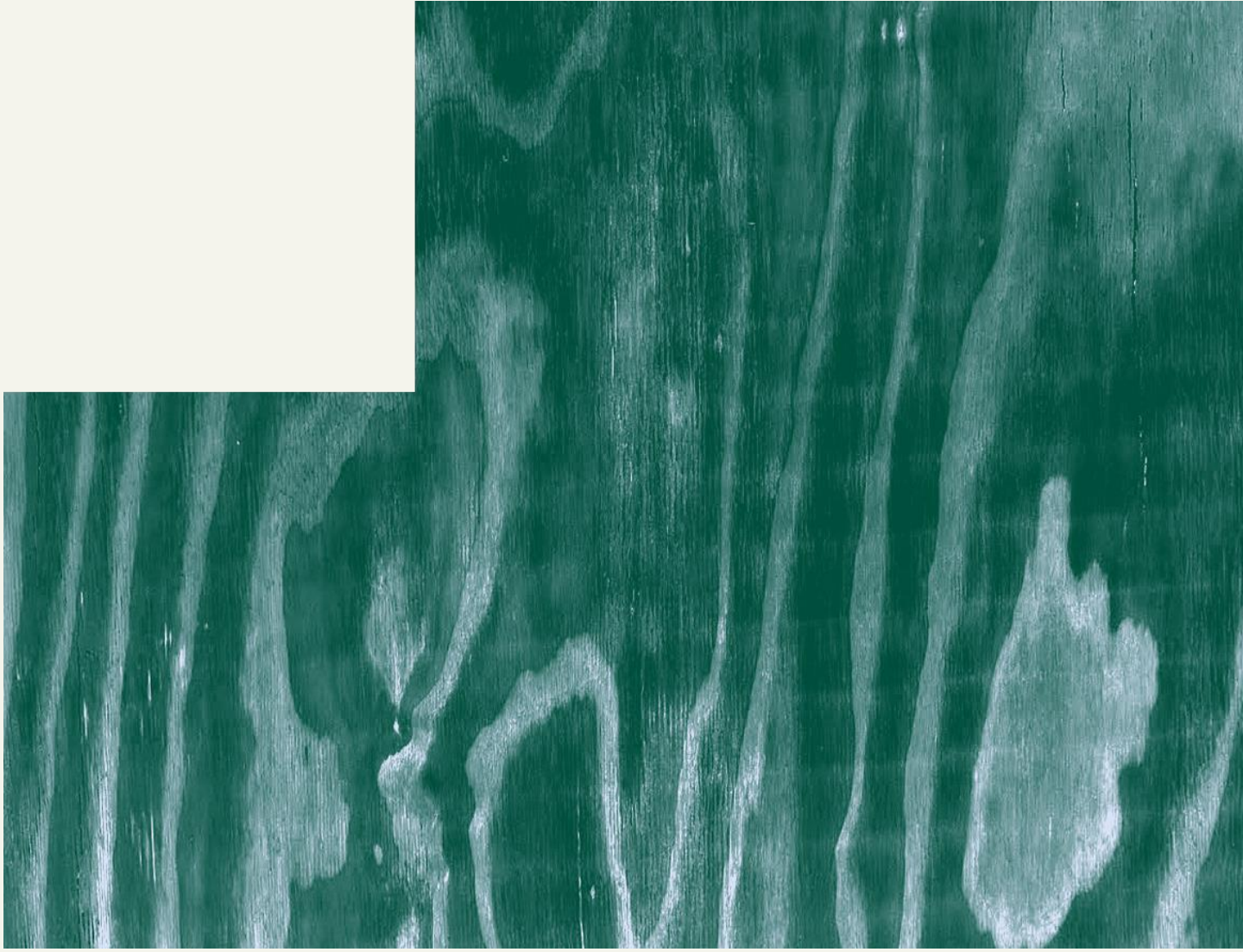
Bilaga 8. Batteriförordningens* referenser till standarder och standardisering

Bilaga 9. Cirkulära flöden för batterier - från bildemontering till återvinning

Bilaga 10. Utvärdering av hanteringsmetoder, utbildningsbehov och informationsflöde

Bilaga 11. Modell för spårbarhet och datadelning för att möjliggöra återbruk, återanvändning och återvinning

Bilaga 12. Modell för spårbarhet och datadelning



RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram som fokuserar på att utveckla cirkulära, resurseffektiva materialflöden. Vårt mål är att uppnå en hållbar materialanvändning där vi håller oss inom planetens gränser.

RE:
SOURCE

resource-sip.se