



CHALMERS



Återanvändning av fordonsbatterier för energilagring i fastigheter

En studie av aktörers syn på en resurs som annars går förlorad

Kandidatarbete inom Teknikens ekonomi och organisation

Emma Cedås, Moa Frisk, Lukas Ljungblom, Felix Niklasson,
Dilan Saleh, Adam Westberg

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION

AVDELNINGEN FÖR ENTREPRENÖRSKAP OCH STRATEGI

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2023

www.chalmers.se

KANDIDATARBETE 2023

Återanvändning av fordonsbatterier för energilagring i fastigheter

En studie av flera aktörers syn på en
resurs som annars går förlorad

Emma Cedås

Moa Frisk

Lukas Ljungblom

Felix Niklasson

Dilan Saleh

Adam Westberg



CHALMERS

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2023

Synen på återanvända fordonsbatterier för energilagring i fastigheter

En studie av flera aktörers syn på en resurs som annars går förlorad

Emma Cedås, Moa Frisk, Lukas Ljungblom, Felix Niklasson, Dilan Saleh, Adam Westberg

© Emma Cedås, Moa Frisk, Lukas Ljungblom, Felix Niklasson, Dilan Saleh, Adam Westberg 2023.

Handledare: Kamilla Kohn Rådberg, Avdelningen för Entreprenörskap och strategi

Examinator: Erik Bohlin, Teknikens ekonomi och organisation

Kandidatarbete 2023

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Telefon +46 31 772 10 00

Omslagsbild: Bild över bostadsrättsföreningen Vivas batterilager.

Fotograf: Adam Westberg

Skriven i L^AT_EX

Göteborg 2023

Abstract

Circular business models are becoming increasingly important as climate change progresses and as the Earth's limited resources are being consumed. This study examines the possibility of reusing vehicle batteries that still have adequate capacity to be used in other applications, in this case in residential buildings. These vehicle batteries can be given a new life as stationary energy storage and be used for increasing capacity in grids and reducing electricity costs. The report aims to investigate the perspectives of different property owners, system providers, and other experts on implementing battery storage systems in buildings. The purpose is to gain an understanding of how the various stakeholders view battery storage, as well as the economic and environmental incentives for investing in battery storage.

The study was conducted through semi-structured interviews with ten stakeholders in the field and through a site visit to Brf Viva in Gothenburg, which has implemented a battery storage system consisting of previously used electric bus batteries. Some of the advantages of battery storage mentioned by the various stakeholders include the ability to store self-produced electricity, reduce peak loads to lower electricity costs, increase maximum power in their local grid, and trade on flexibility markets. Some of the challenges and lessons learned from the stakeholders are that it is important for involved parties to have well-functioning collaborations and that important information about control systems is shared between parties. In addition, clearer directives are needed to ensure the safety of reused batteries. If these challenges are addressed, there is a promising outlook for utilizing repurposed batteries for energy storage in buildings.

Keywords: BESS, residential buildings, repurposed batteries, circular business models

Sammanfattning

Cirkulära affärsmodeller börjar bli allt viktigare i takt med de klimatförändringar som sker samtidigt som jordens begränsade resurser förbrukas. I denna studie undersöks möjligheten att återanvända förbrukade fordonsbatterier som fortfarande har hög kapacitet i nya applikationer, i detta fall i fastigheter. Dessa fordonsbatterier kan få ett nytt liv som stationära energilagrar och få nya användningsområden så som effekttillförsel och reduktion av elkostnader. Rapporten avser att undersöka vad olika fastighetsägare, systemleverantörer och övriga experter har för syn på att implementera batterilagringssystem i fastigheter. Dessutom avser rapporten undersöka ekonomiska och miljömässiga incitament till att investera i batterilagrar.

Studien genomfördes genom semistrukturerade intervjuer med tio aktörer inom området och tar avstamp i en undersökning med studiebesök hos bostadsrättsföreningen Viva i Göteborg som har implementerat ett batterilagrar genom att återanvända elbussbatterier. Några av fördelarna med batterilagring som de olika aktörerna tar upp är möjligheten att lagra egenproducerad el, kapa effekttoppar för att minska sina elkostnader, öka sin maximala effekt i sitt lokala nät samt handla på flexibilitetsmarknader. Några utmaningar och lärdomar som fås från aktörerna är att det är viktigt att inblandade parter har välfungerande samarbeten samt att viktig information kring styrsystem delas mellan parterna. Dessutom behövs tydligare direktiv för att säkerställa säkerheten kring de återanvända batterierna. Om dessa utmaningar löses finns det möjlighet till goda framtidsutsikter för batterilagring i fastigheter med hjälp av återanvända batterier.

Nyckelord: Batterilagringssystem, fastigheter, återanvända batterier, cirkulära affärsmodeller

Förord

Denna kandidatuppsats har skrivits på Chalmers tekniska högskola vid institutionen för Teknikens ekonomi och organisation. Rapporten har skrivits av sex studenter med bakgrunder från civilingenjörsprogrammen samhällsbyggnadsteknik, industriell ekonomi och globala system.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Kamilla Kohn Rådberg för dina värdefulla råd och givande diskussioner.

Vi vill också rikta ett stort tack till alla deltagare som ställt upp på intervjuer och gjort det här kandidatarbetet möjligt. Ni har givit oss stor insikt i ämnet och varit väldigt tillmötesgående.

Begreppslista

2L - Second Life

2LB - Second Life Battery

BESS - Battery Energy Storage System

BMS - Battery Management System

Brf - Bostadsrättsförening

CBM - Circular Business Models

CO₂e - Koldioxidekvivalenter

EV - Electric Vehicle

SOC - State of Charge

SOH - State of Health

SSC - System Supervisory Control

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Syfte och frågeställning	1
1.2	Bakgrund	2
1.2.1	Elkostnader och effekttoppar	2
1.2.2	Elnätsstabilitet	3
1.2.3	Ekonomiska incitament för återanvändning av batterier	4
1.2.4	Marknadsläge för återvinning av fordonsbatterier	4
1.2.5	Tillämpad återanvändning av batterier i svenska fastigheter	6
2	Teori	7
2.1	Nyttan av att återanvända batterier	7
2.2	Nyttan av att utnyttja energilagring i fastigheter	7
2.2.1	Peak shaving	8
2.2.2	Effekttillförsel	9
2.2.3	Flexibilitetsmarknad	9
2.3	Kostnader för återanvändning av batterier	9
2.4	Funktion och styrning av batterier	10
2.5	Säkerhet och regleringar	11
2.6	Samarbetets roll i återanvändningen	12
3	Metod	14
3.1	Intervjuer	14
4	Resultat & Analys	17
4.1	Tekniska fördelar	17
4.2	Flexibilitetstjänster	18
4.3	Styrning av batterier	19
4.4	Partnerskap	21
4.5	Säkerhet	22
4.6	Utformning	23
4.7	Ekonomiska aspekter	24
4.8	Återanvändning och återvinning	25
4.9	Brf Viva	26
5	Diskussion	28
5.1	Flexibilitetstjänster	28

5.2	Styrning av batterier	28
5.3	Partnerskap och informationsdelning	29
5.4	Säkerhet och regleringar	30
5.5	Förvaring och utformning	31
5.6	Ekonomiska aspekter	31
5.7	Hållbarhet och miljöpåverkan	32
6	Slutsats	34
7	Begränsningar och framtida forskning	36
8	Litteraturförteckning	37
9	Bilagor	42

1 Inledning

Världen är i behov av förändring och ny teknik för att klara de utmaningar mänskligheten står inför gällande klimatfrågan (Svenska FN-förbundet, u. å.). Att ta tillvara på de resurser jorden har, se över energianvändningen och se till att fler cirkulära flöden skapas är ett viktigt steg mot ett ekologiskt hållbart samhälle. Dessutom kan det bidra till att hitta ekonomiskt hållbara affärsmodeller på lång sikt.

Från och med år 2030 kommer tillgången på uttjänta batterier från elfordon öka drastiskt i samband med att antalet elfordon som tas ur bruk ökar (Council of Ministers, 2019). Dessa batterier, ofta fullt funktionsdugliga, kan ha tillräcklig kapacitet för att fortsätta användas i en ny miljö. Ett möjligt andra användningsområde för dessa är att verka som energilager i fastigheter (Riksbyggen, 2016). Tekniken är ännu inte särskilt beprövad och i nuläget finns det ingen etablerad norm för hur aktörerna involverade i tekniken bör agera. Fastigheter som implementerat batterisystem finns nu som pilotprojekt. Ett sådant exempel är bostadsrättsföreningen Viva som är ett innovativt bostadsprojekt där flera olika hållbara lösningar testats, varav en av dem är ett energilagringssystem. För att öka självförsörjningen av energi har bussbatterier installerats i fastigheten för att lagra och tillgängliggöra överskottsel från föreningens solceller.

1.1 Syfte och frågeställning

Denna studie ämnar undersöka vilka utmaningar som finns inom energilagring i fastigheter med hjälp av att återanvända fordonsbatterier, samt undersöka hur de involverade aktörerna ser på dessa utmaningar. Vidare kommer ekonomiska och miljömässiga incitament för tillämpning av dessa batterilagringssystem att undersökas. Rapporten avgränsas till att undersöka flerbostadshus då andra byggnaders energibehov skiljer sig för mycket för att kunna inkluderas i arbetets omfattning. På grund av omfattningens begränsning undersöks även batterier oberoende av deras koppling till potentiella solceller. Vidare fokuserar rapporten på den svenska energimarknaden samtidigt som exempel och studier från omvärlden lyfts eftersom tekniken är relativt ny och att det därmed finns få projekt i Sverige.

Målet med studien är att samla olika aktörers syn på batterilagring för att ge en helhetsbild som kan bidra till ökad förståelse kring ämnet. För att uppnå målet undersöks följande frågeställningar:

- *Vilka är lärdomarna från Brf Viva kring att återanvända batterier för energilagring?*
- *Hur ser fastighetsägare, systemleverantörer och övriga aktörer på att återanvända batterier i fastigheter? Vilka aspekter tycker de är viktiga och hur förhåller de sig till dessa?*

1.2 Bakgrund

Som en del i att gå mot ett cirkulärt samhälle har Sverige antagit en avfallshierarki i miljöbalken där återanvändning beskrivs som mer resurseffektivt än återvinning, energiutvinning och deponering (Naturskyddsföreningen, 2022). Ökade råvarupriser och gemensamma krafttag för att minska utsläppen gör i sin tur att den cirkulära ekonomin växer (Ellen MacArthur Foundation, 2013). För att kunna uppnå en effektiv produktcykel ställs emellertid krav som inte efterfrågas i den linjära ekonomin. Material behöver väljas noggrant för att säkerställa långvarig kvalitet. Komponenter behöver standardiseras eller modulariseras för att uppnå en cirkulär design och kompetens inom kvalitetshantering, rekonstruering och återvinning behöver utvecklas längs hela produktcykeln. Starkare samarbete krävs sedan för att möjliggöra produkters användning i nya sektorer och sammanhang efter den initiala produktlivscykeln.

Batterisektorn är en av alla sektorer som strävar efter att bli mer hållbar (World Economic Forum, 2019). För att minska dess negativa påverkan på miljön kan det vara effektivt att återanvända batterier innan de återvinns eller deponeras. Detta då batterier från elfordon kan ha kvar upp emot 70 till 90% av sin initiala kapacitet efter att de anses vara förbrukade inom fordonssektorn, bland annat på grund av sektorns hårda krav på energidensitet (World Economic Forum, 2019). I detta läge har batterierna dock fortfarande flera potentiella användningsområden, varav ett är som energilagringssystem i fastigheter. Där kan de sänka elkostnader, kapa effekttoppar och bidra med ökad elnätsstabilitet.

1.2.1 Elkostnader och effekttoppar

Smarta energilagringssystem leder till att fastigheter kan minska energikostnader genom så kallad peak-shaving (egen översättning: effektkapning) (BatteryLoop, 2023). Peak shaving med hjälp av batterier innebär att använda lagrad el från batterierna när fastigheten har höga effekttoppar för att således kunna köpa en lägre effekt från elnätet och minska höga effektagifter.

För att bestämma kostnaderna för elpriserna behöver både elnäts- och elhandelskostnader-

na beaktas (Energimarknadsbyrån, 2022). Elnätskostnader inkluderar ofta en fast avgift för de abonnemang som tillhandahålls, överföringsavgift som bekostar de transporter som är nödvändiga för att elen skall nå fastigheten, energiskatt och eventuell effektagift. Elhandelskostnaden består istället ofta av en fast avgift till elhandelsbolagen och en energiavgift som bestäms på den fria marknaden Nord Pool.

Prissättningen av el är under viss förändring i och med energimarknadsinspektionens beslut om att prissättningen på el ska innehålla en effektagift senast år 2027 (Energimarknadsinspektionen, 2022). Med en effektagift baserad på den högst förbrukade effekten finns det ekonomiska incitament för att minska effekttoppar. Batterilagring kan tillgodose detta då de högsta effekterna delvis kan täckas av batterierna och på så vis minska den köpta effekten från elnätet, det vill säga peak-shaving som beskrevs i början av avsnittet.

I Göteborg har marknaden Effekthandel Väst nyligen öppnat där effekt kan handlas (Göteborg Energi, 2023). Fastigheter med energilagring har möjlighet att delta på dessa marknader då de har tillgänglig effekt lagrad i batterierna. Effekthandel Väst fungerar på två sätt. För det första kan fastighetsägare sälja effekt när Göteborg Energi lägger en order. För det andra kan fastighetsägare få ersättning för att ha tillgänglig effekt att sälja. I det senare fallet erhålls ersättning oavsett om effekten säljs eller inte. Om effekten säljs utgår ytterligare ersättning för försäljningen.

1.2.2 Elnätsstabilitet

Utöver fördelarna för användarna kan batterilagringssystem även skapa nytta för samhället. Samhällsnyttan uppkommer i och med att belastningen på elnätet kan minskas. Vid väldigt hög belastning i systemet uppstår en flaskhals i hur mycket effekt som fysiskt kan levereras i elnätet (Vattenfall, 2020). Med hjälp av batterilagring kan dock utbyggnadsbehovet av elnätet minska och höga kostnader undvikas. I och med flaskhalsen i elnätet vid hög belastning kan Battery Energy Storage System (BESS, egen översättning: batterilagringssystem) se till att fastigheterna får den effekt de behöver när elsystemet inte klarar av att leverera den effekt som krävs. BESS möjliggör således en högre grad av självförsörjning och kan säkerställa att effekt alltid finns tillgänglig.

En annan samhällsnytta BESS kan bidra med är stabilisering av elnätet (Uniper, u. å.). Obalans i elproduktion och efterfrågan kan ge allvarliga störningar i elsystemet och i värsta fall leda till elavbrott. BESS skulle kunna hjälpa till att förhindra detta och på ett effektivt sätt balansera elsystemet då det direkt kan tillföra kraft till elnätet när

efterfrågan är högre än produktionen. Rent praktiskt kan Svenska Kraftnät, som förvaltar stabiliteten i elnätet, köpa effekt från batterier i fastigheter för att på så sätt stabilisera vid obalanser i nätet (Svenska kraftnät, 2023). Detta på liknade sätt som lokala effektbrister kan handlas lokalt på exempelvis Effekthandel Väst. Dessutom estimerar Global Battery Alliance att användning av Litium-jon batterier istället för naturgas som elreserv vid hög efterfrågan kan leda till 56% reduktion av koldioxidutsläpp (Dimitrovski m. fl., 2022). På liknade sätt kan batterierna även lagra överproduktion av el när efterfrågan är lägre. Sammantaget kan batterilagring bidra till bättre stabilitet i elnätet för att säkra leveransen av elektricitet till samhället.

1.2.3 Ekonomiska incitament för återanvändning av batterier

De ekonomiska fördelarna av ett energilagringssystem kan förstärkas ytterligare om det är uppbyggt av batterier som har återanvänts (World Economic Forum, 2019). Dessa batterier kan ha ett billigare inköpspris och därmed ge ett billigare energilagringssystem jämfört med ny tillverkade batterier. För att batterierna ska kunna återanvändas behöver de däremot testas och vid behov renoveras och återkvalificeras för att kunna garanteras god prestanda och säkerhet. Batterierna kan sedan användas i delar, enskilt eller i moduler sammankopplade med andra batterier för att lagra energi. World Economic Forum (2019) beräknade med hjälp av ett pilotprojekt att det är möjligt att reducera kostnaden från 250€/kWh till 130€/kWh för batterilagringssystem genom att återanvända fordonsbatterier.

McKinsey & Company (2019) förutspår att det globala utbudet av återanvändbara batterier kommer att öka från 1 GWh år 2020 till 15 GWh år 2025 och upp till mellan 112 och 227 GWh år 2030. Under samma period förutspår de att behovet av stationär energilagring ökar till 183 GWh. Detta öppnar upp en stor möjlighet att återanvända dessa batterier och möta den ökande efterfrågan på stationär energilagring, framförallt i Kina, USA och EU där efterfrågan väntas öka som kraftigast. En möjlighet som hade reducerat både kostnader och koldioxidutsläpp (World Economic Forum, 2019).

1.2.4 Marknadsläge för återvinning av fordonsbatterier

Genom att hitta nya användningsområden kan batteriets utsläpp vid tillverkningen slås ut över en längre period eftersom livslängden ökar. Enligt Jacoby (2019) är det idag få batterier som faktiskt återvinns, endast cirka 5% i EU och USA. Jacoby hänvisar till Linda L. Gaines, som är specialist inom material och livscykelanalys. Hon förklarar att det

finns flera faktorer som kan ligga till grund för den låga återvinningsgraden. För det första finns ingen storskalig återvinning av batterier, och hur bra de går att återvinna har heller inte varit i fokus för tillverkarna vilket försvårat återvinningsprocessen ytterligare. För de batterier som tillslut återvinns krävs stora mängder energi och återvinningsanläggningarna är dyra att både konstruera och driva. Alla metaller i batterierna går dessutom inte att återvinna vilket ger ett bortfall av dyrbart material (Jacoby, 2019). Allt detta ger incitament att förlänga livslängden på batterierna genom att återanvända dem i nya sammanhang för att undvika återvinningsprocessen så länge som möjligt och för att ta tillvara på den kapacitet som finns kvar.

En rapport från Energimyndigheten (u. å.) visar att det finns över 50 företag som återvinner litiumjonbatterier. Kina och Sydkorea är ledande inom återvinning och återanvändning av batterier, vilket resulterar i att många batterier exporteras dit istället för att återvinnas i Europa. Litiumjonbatterier har en längre livslängd och är i en större grad inbyggda i utrustning, vilket gör att det tar längre tid att nå återvinning.

Sveriges regering har satt som mål att alla fordon i Sverige ska vara fossilfria år 2045 (Vattenfall, 2023). I linje med målet säljs det allt fler el- och hybridfordon och således blir det även allt fler batterier på den svenska marknaden (Europaparlamentet, 2022b). Ett förslag till ett nytt EU-direktiv har lagts fram för att reglera det ökande antalet batterier. Direktivet innebär att en ny kategori av batterier introduceras, vilket är Electric Vehicle (EV, egen översättning: elfordon) batterier. Tidigare fanns kategorierna bärbara batterier, batterier för lätta transportmedel och industriella batterier. Direktivet innebär även att från och med år 2027 måste batterier innehålla en viss andel återvunna metaller. Denna andel kommer sedan successivt ökas med några års mellanrum. Säkerhetskrav för stationära energilagringssystem tas även fram inom direktivet, samt krav för återanvändning och återtillverkning av industriella och EV batterier. Utöver detta kräver direktivet att EV batterier och industriella batterier ska ha ett Battery Management System (BMS, egen översättning: batteristyrningssystem) för att lagra data och information om batteriets nuvarande hälsa och förväntade livslängd (Europaparlamentet, 2022a).

Däremot har inte EU-direktivet antagits ännu. Just nu har en provisorisk överenskommelse mellan Europaparlamentet och Europeiska rådet nåtts i väntan på att direktivet röstas igenom och vinner laga kraft (European Commission, u. å.). Även om det nya direktivet antas med de punkter som ovan beskrivits kommer utmaningar kvarstå. Till exempel ses ett batteri som avfall då det tas ur bruk från sitt första syfte. Detta blir problematiskt

om det sedan återanvänds eftersom batteriet då går under samma krav som nya batterier, exempelvis att de måste innehålla en viss andel återvunna material (Marthaler m. fl., 2022).

1.2.5 Tillämpad återanvändning av batterier i svenska fastigheter

Ett projekt som är aktuellt gällande återanvändning och återvinning är bostadsrättsföreningen (Brf) Viva. Fastigheten ligger i Johanneberg, Göteborg, och har varit ett pilotprojekt för hållbart boende inom projektet IRIS (Johanneberg Science Park, 2023). Viva är innovativt sett till flera aspekter, bland annat har projektet valt en ny typ av betong som ska reducera koldioxidutsläppen med 30% samt satsat på gemensamhetslokaler för att gynna social hållbarhet (Riksbyggen, 2023). Flerbostadshuset är även det första i Sverige som återanvänt bussbatterier för att lagra energi. I källaren finns ett rum inhyst med 14 batterier som tidigare drivit bussar på linje 55 i Göteborg (Riksbyggen, 2016). Vid installationen år 2018 hade batterierna en återstående kapacitet på 80 procent, motsvarande en gemensam kapacitet på cirka 200 kWh. Syftet med projektet var bland annat att skapa större förståelse kring energisystemet och mer resurseffektiv användning av batterier i bostäder. Därför var inte avsikten att bygga ett ekonomiskt lönsamt system utan snarare att testa konceptet rent tekniskt och se hur batterierna degraderades.

2 Teori

Litteraturgenomgången som presenteras i nedan kapitel syftar till att sammanfatta och presentera tidigare forskning inom det valda ämnesområdet. Genom detta kan en teoretisk grund skapas för att undersöka och diskutera det aktuella problemet i den följande diskussionen.

2.1 Nyttan av att återanvända batterier

Att man med hjälp av avfallshierarkin (se sektion 1.2) ser fler användningsområden för batterier gör att man kan ta ett steg upp i hierarkin och gå från återvinning till återanvändning och således göra samhället en miljö tjänst. Batterier i fastigheter har inte samma energidensitetskrav som batterier för fordon (Börner m. fl., 2022). Det gör att batterier som använts färdigt i fordon, ofta när batteriets kapacitet sjunkit under 80% enligt Börner m.fl., kan fungera att använda som batterilagring i fastigheter. Att återanvända batterier i ett energilagringssystem är en attraktiv lösning då det förväntas vara billigare än att använda nya batterier samtidigt som det uppfyller ändamålet mycket väl (Lee m. fl., 2021).

Assunção m. fl. (2016) skriver att återvinning av batterier fortfarande producerar avfall då allt material i batterier inte kan omhändertas. En energikostnad för att sätta samman materialet till nya produkter krävs också, något som inte krävs vid återanvändning. Beroende på vilket energislag som används vid tillverkning påverkar det miljön olika mycket. Förnybar energi ger en lägre påverkan än energi från fossila källor (Arvesen & Sandén, 2014). Att förlänga ett batteris livstid genom återbruk med 10 år har därmed positiv inverkan på miljön (White m. fl., 2020).

2.2 Nyttan av att utnyttja energilagring i fastigheter

I detta avsnitt lyfts hur batterilagring kan utnyttjas inom några utvalda områden och som fastigheter kan ha användning för. Schulz-Mönninghoff & Evans (2023) lyfter att återanvända batterier behöver användas inom flera områden samtidigt för att de ska vara en lönsam investering. Canals Casals m. fl. (2019) finner i sin tur att denna lönsamhet nås genom handel på flexibilitetsmarknader.

2.2.1 Peak shaving

En fördel av att använda batterier i fastigheter är att de möjliggör kapning av effekttoppar genom, så kallad peak shaving, i syfte att minska inköp från elnätet och reducera effektavgifter (Lee m. fl., 2021). Enligt en studie av McLaren m. fl. (2017), genomförd vid National Renewable Energy Laboratory, står effektavgifter för 30-70% av en konsuments elkostnader. Med hjälp av peak shaving kan dessa avgifter minskas och därmed kraftigt reducera elkostnader (Lee m. fl., 2021).

Peak shaving genom BESS ger fördelar till både energileverantören och elkonsumenten (Lee m. fl., 2021). En metod för att motverka toppbelastningar i elnätet enligt Lee m. fl. är att energileverantören adderar tillfällig kapacitet genom högre förbränning av bränslen i olika kraftverk. Detta är varken ekonomiskt lönsamt eller miljömässigt hållbart då den adderade kapaciteten endast används några timmar under dygnet och även ger ökade koldioxidutsläpp. Genom att hitta andra metoder så som användning av batterilager för peak shaving och för att minska toppbelastningen kan effektiviteten i befintliga kraftverk höjas och bränsle- och underhållskostnader minskas. För elkonsumenterna är reduktionen av effektavgifter en stor ekonomisk fördel vid användning av BESS, men en annan fördel som Lee m. fl. tar upp är att elkonsumenterna minskar kapacitetskravet på sin infrastruktur. Detta innebär att de inte behöver basera sin infrastruktur på sin högsta elförbrukningsnivå i lika stor utsträckning och kan på så sätt reducera utbyggnadskostnader.

Det finns flera metoder för peak shaving: manual interruption, on-site generation och load scheduling (Lee m. fl., 2021). Manual interruption innebär att vissa applikationer stängs ned för att minska elanvändningen under effekttopparna. On-site generation innebär att man genom egen energikälla, till exempel dieselgenerator, tillför ström för att tillfredsställa sitt behov och minska den inköpta effekten från elnätet. Vid load scheduling (egen översättning: schemaläggning) skiftas elanvändningen från perioder då efterfrågan är som högst till perioder då elpriserna är låga (Xin Liu m. fl., 2012). On-site generation som metod för peak shaving föredras över de två andra metoderna enligt Lee m. fl. (2021) eftersom användarna då inte behöver offra sin bekvämlighet och produktivitet och kan fortsätta ha sin normala elanvändning utan avbrott och till lägre kostnader. Peak shaving med hjälp av BESS är ofta den mest lämpliga strategin då det tillåter lagring och användning av energi utan att bekvämlighet uppoffras.

2.2.2 Effekttillförsel

Ett av de andra användningsområdena för BESS i fastigheter är att tillfälligt öka kapaciteten i det lokala nätet vilket återigen gynnar både användaren och elnätsleverantören (Lee m. fl., 2021). Detta sker genom effekttillförsel, där lagrad energi i exempelvis batterier används tillsammans med effekt från nätet för att få ut en högre effekt än vad som annars hade erhållits. Ett exempel på när effekttillförsel kan behövas är vid snabbbladdning av elfordon. Enligt B. Zhu m. fl. (2019) kan BESS användas för att öka effekten hos laddningsstationer för elbilar och samtidigt kan effekten som tas ut från elnätet minskas vilket avlastar nätet. B. Zhu m. fl. (2019) visar genom en simulering att när elbilar kopplas till elnätet i stor skala, skapas en överbelastning på elledningar. Genom att använda ett batterilagringssystem i simuleringen kunde belastningen på nätet minskas drastiskt.

2.2.3 Flexibilitetsmarknad

Effekthandeln på flexibilitetsmarknaden som beskrivs i sektion 1.2.1 kan utöver sina tjänster till fastigheter göra batterilagring lönsam (Canals Casals m. fl., 2019). En studie av Plaum m. fl. (2022) beskriver att flexibilitet hos användare har stor potential som i dagsläget är underutnyttjad. Vidare beskrivs flexibilitet som fördelaktigt för både användare som kan sälja flexibilitet och nätägare som kan öka tillförlitligheten på nätet och reglera frekvensen för elnätsstabilitet. En roll som beskrivs som viktig inom energiflexibilitet är aggregatorer (Plaum m. fl., 2022). Aggregatorer kan samla flera mindre aktörer och fungera som en större flexibilitets aktör. Detta är en fördel hos enskilda små aktörer som har för lite kapacitet för vissa marknader men tillsammans genom en aggregator kan nå fler marknader.

2.3 Kostnader för återanvändning av batterier

Ett litiumjonbatteri som används i fordon består av flera batteripack, där varje pack består av flera batterimoduler som i sin tur består av flera battericeller (Weng m. fl., 2016). Flertalet processer krävs för att renovera sådana batterier och göra de lämpliga för återanvändning (J. Zhu m. fl., 2021). För att det ska vara ekonomiskt lönsamt att renovera batterierna behöver kostnaden för dessa processer vara så pass låga att det återanvända batteriet kan konkurrera med priset för nya batterier (Börner m. fl., 2022). Priset har emellertid minskat med tiden och kommer fortsätta att minska med de skalfördelar som den ökande produktionen av batterier ger (J. Zhu m. fl., 2021).

J. Zhu m. fl. (2021) beskriver att kostnaden för renovering drivs primärt av tre faktorer. För det första kräver logistiken för återsamling av batterier säkra och ofta långväga transporter på grund av starka regleringar av batterier och få utspridda aktörer. För det andra kräver kvalitetssäkringen av batteriers resterande livslängd manuell arbetskraft för att utföra hård- och mjukvarutester. För det tredje kräver uppdelningen och sammansättningen av batteriets nivåer manuell arbetskraft för att möjliggöra dessa tester. Processkostnaderna kan i dagsläget primärt sänkas genom att eliminera den manuella arbetskraften som krävs (Martinez-Laserna m. fl., 2018). Det kan göras genom att tillgängliggöra batteriinformation från tiden i fordonet eftersom tillgången till datan minskar omfattningen av de ingrepp som behöver ske för att bedöma och säkerställa batteriets hälsa (Neubauer m. fl., 2015). För att få tillgång till denna data krävs dock samarbete mellan renoveringsaktören och batteriproducenten som äger datan (Schulz-Mönninghoff & Evans, 2023).

Kostnaden för själva batteriet är dock den största kostnadsposten i ett renoverat batteri (Martinez-Laserna m. fl., 2018). Anskaffningsvärdet beror dels på värdet av materialen i batteriet som i sin tur beror på marknadsläget för litiumjon-batterier (Schulz-Mönninghoff & Evans, 2023) och dels på skicket och den återstående livslängden på batteriet (Lee m. fl., 2021). Livslängden skiljer sig mycket beroende på batteriets ursprungskapacitet och vilket användningsområde det kommer utnyttjas i. Det kan variera mellan 5.5 - 11 år enligt Lee m. fl. (2021) och mellan 3 - 15 år enligt Assunção m. fl. (2016) beroende på dess applikation.

2.4 Funktion och styrning av batterier

För att driva ett BESS behövs ett BMS vilket underhåller och övervakar optimal funktion för varje enskilt batteripack (Lawder m. fl., 2014). Vidare behövs ett System Supervisory Control (SSC, egen översättning: styr- och övervakningssystem) för att hantera systemet som helhet. Batterier arbetar ständigt utanför jämviktstillståndet under dess cykler och även under normal drift degraderar batterierna. Degraderingen kan accelerera på grund av extrema laddningsmönster, ökade temperaturer, överladdning eller underladdning. Noterbart är även att batteriet inte degraderas linjärt (Lee m. fl., 2021). Efter att kapaciteten sjunkit till en viss nivå närmar sig batteriet en brytpunkt där degraderingen av batteriet accelererar och batteriet snabbt blir obrukbart. Om en cell degraderar snabbare än andra kan det skapa obalanser i batterierna (J. Zhu m. fl., 2021) och denna cell-till-cell variation tenderar att öka ju äldre batterierna blir. Lawder m. fl. förklarar att det simplaste BMS kontrollerar enbart batteripackens möjlighet att möta effektbehovet medan

ett smartare (modellbaserat) BMS kan minimera degraderingen samt öka batteriets prestanda. För större batteripack vars syfte är att integreras i nätet är det särskilt fördelaktigt med anpassningsbara modellbaserade BMS.

BMS är ansvarig för följande: säker drift (termisk styrning, styrning mellan säkra ström- och spänningsgränser, nedstängning av system vid upptäckt fel), State of Charge (SOC, egen översättning: tillståndsuppskattning), State of Health (SOH, egen översättning: batterihälsa), livslängd (beroende på lastprofil) och andra funktioner. Lawder m. fl. (2014) menar vidare att batterilagrets SSC fungerar som gränssnittet mellan elnätet och BMS. SSC tar emot information om batteripacken från BMS. När nätet begär kraft från batterierna väljer SSC det optimala protokollet för att släppa ut laddning, samtidigt som både batteriernas aktuella tillstånd och nätets efterfrågan beaktas. SSC drar kraft från individuella batteripack för att möta det slutliga effektbehovet.

2.5 Säkerhet och regleringar

Eftersom värmeutveckling i batterilagringssystem kan leda till brand utgör batterilagring i fastigheter en säkerhetsrisk för de boende. Tillverkare är medvetna om dessa risker och försöker i stor utsträckning designa säkra och tillförlitliga batterilagringssystem. Det har lett till att säkerheten försöker testas och det är numera en standardprocedur att säkerhetstest utförs under utvecklingsprocessen (Börner m. fl., 2022). Marknaden för återanvända batterier är dock inte reglerad på samma sätt. Som en konsekvens finns det i nuläget inte standardiserade säkerhetstest för batterilagringssystem med återanvända batterier (Börner m. fl., 2022). Återanvända batterier kan variera i kvalitet, men det finns inga riktlinjer för hur det ska avspeglas i testningen. För att vara en välfungerande teknik behöver system med återvunna batterier konkurrera med nya batterier på marknaden. Det skapar ytterligare incitament för att jämförbara garantier ska kunna ges alternativt en sämre garanti som avspeglas i priset för de återanvända batterierna (Börner m. fl., 2022). Den ursprungliga tillverkaren för batterierna kommer sannolikt inte garantera batteriets säkerhet och tillförlitlighet när det återanvänds i annan form eller integrerat i ett system. Därför kommer troligtvis ansvaret falla på den återanvändande aktören att lämna garantier och ta ansvar för batteriet (Börner m. fl., 2022).

I dagsläget samlar batteriet i elbilar främst in data om bilens kvarvarande räckvidd över batteriets livstid. Dock är inte detta tillräckligt för att utvärdera batteriets hälsa och förutse kapaciteten inför en andra användning (Börner m. fl., 2022). Tillgång till data från batteriet och kvarvarande kapacitet är en viktig aspekt för att tredje part ska kunna

diagnostisera batteriet utan att ha kontakt med den ursprungliga tillverkaren (Schulz-Mönninghoff & Evans, 2023). Ett alternativ som har diskuterats är digitala tvillingar av batterisystem (Börner m. fl., 2022). Dessa typer av system i bilar kommer samla in data så som körbeteende, rörelsemönster och användarmönster. Det är en datainsamling som leder till sekretessproblem, samtidigt som användaren kan vara ovillig att dela med sig av datan. Därför måste datainsamling för diagnostik ske på ett sätt som inte kränker den personliga integriteten. I ett tidigare avsnitt togs det upp att EU har föreslagit ett nytt batteridirektiv. Direktivet föreslår ett batteripass som ska lagra viktig data för att kunna estimeras batteriets livslängd inför en andra användning. Däremot är det i nuläget inte tydligt hur implementeringen av batteripass praktiskt ska gå till (Börner m. fl., 2022).

Det uppstår idag juridiska barriärer för batterilagringssystemen, till exempel genom frekvensreglering och att köpa billig el som lagras för att sedan säljas dyrare, menar Schulz-Mönninghoff & Evans (2023). Det är då inte tydligt vilka skatter, avgifter och regleringar som gäller. Även när olika batterilagringssystem med flera användningsområden kombineras för flera syften blir det i dagsläget komplicerat juridiskt och byråkratiskt (Schulz-Mönninghoff & Evans, 2023).

2.6 Samarbetets roll i återanvändningen

Enligt Börner m. fl. (2022) är det viktigt att inneha kunskap om statusen för ett återanvänt batteri och förväntad livslängd för att kunna bedöma bästa möjliga ändamål i framtiden. Återanvändning av batterier stöter dock på flera utmaningar såsom bristande kunskap om batteriernas kravprofil, avsaknad av förberedelser för val av andrahandsapplikationer vid tillverkning av batteriet och problem med delning av relevant information mellan olika aktörer.

Genom en smart design av ett BMS kan biltillverkare skapa starka konkurrensfördelar, exempelvis genom att öka träffsäkerheten på räckvidd eller snabbbladdningsprestanda (Börner m. fl., 2022). Dessa konkurrensfördelar kan göra det svårt för tillverkare av Second Life Battery (2LB, egen översättning: återanvänt batteri) system att återanvända hela moduler eller batteripack då biltillverkare vill skydda företagshemligheter och sitt intellektuella kapital. Utan samarbete med biltillverkare behöver tillverkare av 2LB utveckla och ansluta nya styrsystem som är kompatibla med en stor mängd olika batterier vilket leder till höga kostnader (Börner m. fl., 2022).

Börner m. fl. (2022) förklarar vidare att strategiska partnerskap mellan EV tillver-

kare och tillverkare av stationära batterilager kan lösa delar av utmaningarna som nämnts ovan. Partnerskapen möjliggör för 2LB-systemleverantörer att få tillgång till BMS-programmeringen, vilket Börner m. fl. (2022) beskriver att billeverantörer från befintliga pilotprojekt stödjer. Rapporten från Börner m. fl. har hittat att partnerskap med kommersiella tillverkare av lastbilar och bussar är den mest attraktiva formen för 2LB för att tillhandahålla en pålitlig batterikälla med tillräcklig kapacitet kvar.

Schulz-Mönninghoff & Evans (2023) anser att för att skapa mer hållbara affärsmodeller som prioriterar återanvändning och återvinning av resurser, behöver företag samarbeta med partners. Detta är viktigt eftersom partnerskap ofta ignoreras när det gäller utveckling av cirkulära affärsmodeller (CBM), även av tillverkare och tjänsteleverantörer. Om man inte uppmärksammar partnerskap och kundens värdeförslag kan det begränsa effektiviteten av en cirkulär affärsmodell.

Schulz-Mönninghoff & Evans menar att specifika affärsmodellkonfigurationer i en cirkulär ekonomi fokuserar ofta bara på intäktssidan och bortser eller försummar överväganden om värdeskapande i ett ekosystem eller samarbete. Vidare ses CBM i större skala ofta som ett hot av ledningsgrupper eftersom det indikerar ett utbyte av befintliga linjära affärsmodeller (Schulz-Mönninghoff & Evans, 2023).

3 Metod

Följande kapitel presenterar metodvalet för rapporten. Rapporten grundar sig i lämpliga forskningsartiklar som valdes efter att en tydlig bakgrund sammanställts för ämnet. Därefter genomfördes studiebesök och intervjuer. För intervjuerna användes teorin för att formulera relevanta frågor inom ämnet. Intervjuerna var av kvalitativ karaktär där frågorna var öppna och respondenternas svar analyserades för att skapa en större förståelse för ämnet.

3.1 Intervjuer

Med litteratur och artiklar som grund skrevs en intervjuguide till de olika aktörerna, se Bilaga A. Ett antal frågor i intervjuguiden var identiska för alla aktörer vilka visas i bilagan. Beroende på vad respondenten hade för expertisområde lades det till flera frågor inom det området för att få en fördjupad kunskap. Intervjuguiden skickades sedan till respektive respondent per e-post inför intervjun. För att säkerställa kvalitén på intervjuerna har teori och intervjustrategi från Patel & Davidsson (2019) använts. Enligt Patel och Davidsson ger intervjuer möjlighet till en flexibel och interaktiv datainsamling, vilket passar rapportens frågeställningar och karaktär.

Data har samlats in med hjälp av semistrukturerade intervjuer (Gill m. fl., 2008) vilket innebar att frågor förbereddes men därtill ställdes följdfrågor baserat på vilka svar respondenterna gav. Det motiverades som en viktig del i studien då det inte hindrade respondenterna från att beröra relaterade områden eller intervjuaren att ställa frågor som uppkommit under samtalet. Detta i kombination med att strukturera intervjuerna av en mer kvalitativ karaktär gjorde det möjligt att skapa en djupare förståelse för ämnet och noggrant kunna analysera de svar som gavs i enlighet med Patel & Davidsson (2019). Under intervjuerna närvarade minst tre av studiens författare där roller under intervjun bestämdes på förhand. En person utsågs till att leda samtalet medan de andra antecknade och ställde följdfrågor eller uppmanade till förtydliganden. Intervjuerna inleddes med att be respondenten om tillåtelse att spela in samtalet som en ljudfil. När intervjuerna genomförts bearbetades materialet genom att göra transkriberingar av alla intervjuer med hjälp av ljudinspelningarna. Därefter gjordes en induktiv tematisk analys vilket innebar att materialet kodades utan försök till att anpassas till redan förutsagda teman från teorin (Braun & Clarke, 2006). Kodningen syftade till att markera vilka ämnen respondenterna berörde. Teman valdes utefter hur respondenterna tagit sig an frågorna som ställdes under intervjuerna. Kodningen gjorde det enkelt att få en överblick över

materialet samt kunna se vilka delar som var mer relevanta än andra. Relevant material delades in i temakategorier i en tabell. De teman som upptäcktes redovisas i resultat och analys som underrubriker, se sektion 4.

Tidigt i studien gjordes ett platsbesök på Brf Viva för att ge en djupare förståelse för de viktiga aspekterna vid användning av batterilager. Att få se ett praktiskt exempel underlättade förståelsen vilket utnyttjades i de kommande intervjuerna då mer relevanta följdfrågor kunde ställas. Totalt intervjuades tio respondenter som på något sätt har kunskap inom batterilagring i fastigheter. Respondenterna var från olika delar av marknaden där vissa var fastighetsägare eller systemleverantörer medan andra var specialister inom exempelvis batterier eller effekthandel. Systemleverantörer arbetar på företag som levererar komponenter eller system för att göra batterilagring möjligt. Vissa aktörer som intervjuats har kopplingar till Brf Viva, medan andra är oberoende av det projektet. Fakta från dessa intervjuer har använts för att svara på frågeställningen rörande Brf Viva i resultatet. Av anonymitetsskäl kommer därför inte citat användas i det avsnittet. I tabell 1 nedan ges en överblick av de olika respondenterna samt deras position på batteri- och fastighetsmarknaden. Deras eventuella koppling till Brf Viva är inte specificerad på grund av anonymitetsskäl.

Tabell 1: Aktörerna som intervjuades samt deras roll på batteri- och fastighetsmarknaden.

Aktör	Befattning	Kod
Fastighetsägare	Energiingenjör	FÄ1
Fastighetsägare	Energi och miljöansvarig	FÄ2
Systemleverantör	Senior energianalytiker	SL1
Systemleverantör	Installation- och operationsansvarig	SL2
Systemleverantör	Senior affärsutvecklare	SL3
Systemleverantör	Projektledare batterier	SL4
Utomstående expert	Batterikonsult	UE1
Utomstående expert	Forskare inom elteknik och batterier	UE2
Utomstående expert	Senior elkonsult	UE3
Utomstående expert	Flexibilitetsmarknadsansvarig	UE4

I huvudsak undersöktes hur batterilagring fungerar i dagsläget. De aktörer som har verkliga projekt inom området har uppmanats till att använda dessa som exempel för att ge en ökad förståelse. Frågorna har både varit inom tekniska aspekter liksom de mer

mjuka värdena, det vill säga exempelvis hållbarhetsaspekter, för implementeringen av batterilagring i fastigheter.

Intervjumaterialet som samlats in användes för att, i den mån det gick, dra slutsatser om aktörernas syn på batterilagring med tillhörande utmaningar och möjligheter. Datan är även en viktig del i att kunna se aktörernas olika perspektiv. De intervjuer som genomfördes på engelska transkriberades på engelska men använda citat har översatts till svenska.

4 Resultat & Analys

De teman som funnits i intervjuerna är tekniska fördelar, flexibilitetstjänster, styrning av batterier, partnerskap, säkerhet, utformning, ekonomiska aspekter, återanvändning och återvinning. Nedan presenteras respektive tema i form av en överskådlig tabell och tillhörande löpande text. Tabellerna syftar till att ge en koncis bild av temat och att jämföra de olika aktörernas perspektiv. Även Brf Viva tas upp som ett separat tema. I den löpande texten under respektive tabell utvecklas resultatet och analyseras.

4.1 Tekniska fördelar

Tabell 2: Urval av aktörers syn på de tekniska fördelarna

Fastighetsägare	Systemleverantör	Utomstående expert
Fördelar är att kunna kapa effekttoppar och ha mindre abonnemang	<i>”Batterier är ett sätt att bättre utnyttja befintligt elnät” - SL1</i>	Batterier kan hjälpa elnätbolag att utlova mer effekt

Fastighetsägare, systemleverantörer och experter är eniga om att batterier i fastigheter är ett bra sätt att kapa effekttoppar. Vidare ser fastighetsägarna möjligheten att abonnera på mindre elabonnemang med batterilagring i fastigheter. Systemleverantörerna belyser både nyttan för fastigheten som kan spara pengar genom peak shaving och köpa mindre abonnemang samtidigt som nyttan för elnätet i stort lyfts, se citat från systemleverantören i tabell 2. En av systemleverantörerna beskriver att elnätbolagen jagar kapacitet, inte minst då flera industriella processer ställs om och kommer kräva mer elektricitet. Då lyfts batterisystem som ett sätt att använda befintligt elnät på ett mer effektivt sätt.

En systemleverantör ger ett exempel där deras kund nekades att köpa ett större abonnemang eftersom nätleverantören inte kunde leverera tillräcklig effekt till den platsen. För att ändå kunna uppfylla hyresgästernas behov och önskemål, installerade systemleverantören batterier som möjliggjorde uthyrning till hyresgästerna, vilket också visade sig vara en mer kostnadseffektiv lösning än att uppgradera abonnemanget. På samma spår beskriver en expert att de inte finns någon energi- eller effektbrist i stort, men att det lokalt kan finnas effektbrister. Detta har lett till att företag som velat expandera inte kunnat göra det i Sverige, då elbolagen inte kan utlova effekten även om det eventuellt endast handlar om några timmar varje år då den inte räcker till. En annan expert för liknande resonemang och anser att batterier är en besparing för att inte lika akut behöva bygga ut

infrastruktur i form av tjockare ledningar där det saknas effekt. En systemleverantör tar upp byggarbetsplatser som exempel där behovet av el under byggperioden ibland är större än när bygget är färdigt. På dessa platser används kranar som kräver en hög strömstyrka, men endast under ett kort ögonblick som startström. Systemleverantören förklarar att genom att använda ett batterilager för att tillföra effekt kan man eliminera behovet av elnätsskylar från elnätssleverantören. Ovan nämnda exempel visar hur effekttillförsel med hjälp av batterilager fungerar i praktiken och att kan vara en smidig lösning för både fastigheter och andra aktörer.

Sammanfattningsvis ser fastighetsägarna främst de nyttor som de tekniska fördelarna ger till fastigheten. Systemleverantörer vill tillgodose fastighetsägarna men ser precis som experterna att det finns större utmaningar i elnätet som också behöver adresseras.

4.2 Flexibilitetstjänster

Tabell 3: Urval av aktörers syn på flexibilitetstjänster

Fastighetsägare	Systemleverantör	Utomstående expert
Lönsamheten för batterier kommer från flexibilitetstjänster	Flexibilitetstjänster är i sig viktiga men kommer bli en viktig del för batterier	Mindre aktörer kan aggregeras tillsammans för att medverka på flexibilitetsmarknader

Samtliga intervjupersoner lyfter flexibilitetstjänster och ser det som en del av framtiden för elnätet. En systemleverantör beskriver att de kan aggregera flertalet batterier från olika mindre aktörer likt en expert också beskrivit (se tabell 3) som en möjlighet för att delta på flexibilitetsmarknader. Kravet är att den som handlar och budar på Effekthandel Väst måste ha minst 100 kW för att kunna delta. Det finns goda möjligheter med flexibilitetstjänster men man vill samtidigt ha ett flexibelt system för att göra det som är bäst för fastigheten med batterierna beskriver en systemleverantör. En annan systemleverantör ser möjligheter att i framtiden kunna delta automatiskt på flexibilitetsmarknader och på så vis ge lönsamhet.

En utav experterna beskriver att det finns en kunskapslucka hos aktörer som inte vet hur de kan använda flexibilitetstjänster. Experten belyser även vikten av att batteriet funkar som utlovat och faktiskt levererar den effekt som bestämts till flexibilitetsmarknaden, då de i vissa fall inte fungerat som önskat och effekten inte blivit levererad på grund av problem med styrningen mellan systemen.

För batterilagring i fastigheter är det viktigt att flexibilitetstjänster används men samtidigt måste medvetenheten kring dem också öka. Det finns olika framtidsspaningar men någon form utav automatisering av hur flexibilitet säljs och köps är unisont bland intervjurespondenterna. Detta skulle förenkla hur olika fastighetsägare kan utnyttja sina batterier på bästa sätt och göra en tidigare olönsam investering lönsam.

4.3 Styrning av batterier

Tabell 4: Urval av aktörers syn på styrning

Fastighetsägare	Systemleverantör	Utomstående expert
”Vi måste ha ett tydligt gränssnitt där vi kan få ut information lokalt, (. . .) till vårt driftövervakningssystem” - FÄ2	”...vi kan schemalägga vilka tjänster energilagret ska göra vilka timmar och det har vi i vår molntjänst byggt upp den här funktionaliteten” - SL1	”Det är svårt att konstruera ett BMS som passar olika batterimoduler” - UE1

I tabell 4 ges exempel på hur aktörer ser på styrning av batterier. Intervjuade fastighetsägare önskar öka sin kontroll över driften genom att använda sin egen tjänst, deras driftövervakningssystem. Det vill säga att leverantörer har sitt system för att batteriet ska jobba, men att fastighetsägaren har ett system som styr fastigheten i övrigt, alla undercentraler, värmesystem och att dessa system ska prata med varandra så information kan delas där och sedan speglas på deras webbportal. Istället för att arbeta med många olika molntjänster vill en av fastighetsägarna vara i mitten så de kan styra laddningen i förhållande till hur mycket batteri som är kvar. Fastighetsägaren menar att aktörer som har laddinfrastruktur inte klarar av att hantera lastbalanseringen och belyser även problemet med otydligheten kring vem det är som ska bestämma i ekosystemet. Ett ekosystem där batteriet ofta är huvuddelen som håller ett säkert lager av energi.

FÄ1 säger att ”man har egentligen bara jobbat med 55% av hela kapaciteten”. Detta då batterierna behöver hållas på en nivå mellan 30% och 85% för att säkerställa deras livslängd och säkerhet.

Två systemleverantörer nämner att de kan schemalägga vad energilagret ska göra under vilka timmar. Den ena byggde upp sin schemaläggningfunktion i deras molntjänst då de gjort förkvalificeringstester för frekvenshållningsmarknaderna. Den andra säger att

de får ett färdigt BMS från leverantören men att de också har ett eget system som koordinerar BMS och övriga system med växelriktare och tjänster som schemaläggning. Vidare förklarar den första av de två systemleverantörerna i fråga att de kan aggregera och styra batterier på olika platser så att de följer ett gemensamt schema, till exempel när Göteborgs elnät har sin effekttopp.

En tredje systemleverantör pratar istället mer om deras erbjudande om lokal infrastruktur. De kan leverera skräddarsydda funktioner efter behov, till exempel genom att använda byggnadens energisystem som ett energilagring som kan anslutas till ett likströmsnät. Där är nyttan av systemet att de bygger skalbart och flexibelt både för installatören, projektören och kunden, vilket underlättar för modifikationer.

En annan systemleverantör belyser skillnaden i styrningen mellan nya och gamla batterier. Leverantören menar att de nya batterierna har mer linjära förhållanden rörande exempelvis innehållskapacitet och att det överlag är mer komplext med ett 2LB. Enligt systemleverantören krävs det en ombyggnad av batteriet för att använda 2LB, då fordonets befintliga BMS inte är kompatibelt utan en förberedelse i tillverkningsprocessen. Denna anpassning medför en utvecklingskostnad för att möjliggöra användning av 2LB. Vidare påpekar systemleverantören att om denna anpassning genomförs industriellt, kan mjukvarujusteringar undvikas för varje sålt batteri, vilket innebär kostnadsbesparingar. Detta är särskilt viktigt att ha i åtanke för 2L-operatörer som behöver ha en god förståelse för batteriernas funktioner och anpassningar för optimal användning.

En utomstående expert menar att om man enbart förlitar sig på sol- och vindkraft och inte kan styra produktionen av energi, måste man installera mer kapacitet än vad som behövs för att garantera tillräcklig energiproduktion. Då blir det viktigt att balansera energiflödet för att uppnå bästa möjliga energieffektivitet. Den utomstående experten menar att samhället måste klara mycket mer lokal balansering, där kommer batterier in.

I tabell 4, nämner UE1 att det är svårt att konstruera ett BMS som passar olika typer av batterimoduler. På liknande sätt förklarar en annan utomstående expert att batterierna inte är standardiserade, utan kommer från olika leverantörer och behöver ett BMS. Även UE3 instämmer och nämner att ”...det är inte klassiska 12V batterier” vilket syftar till att det är betydligt mer komplext. En annan utomstående expert drar slutsatsen att det handlar om ansvarsfrågor när det kommer till samspelet mellan BMS och batterierna.

Effektiv hantering av laddning och lastbalansering kräver samarbete mellan fastighetsägare,

leverantörer och systemleverantörer, särskilt i en tid med ökat behov av energilagring och förnybar energi. Standardisering av batterier och BMS är en utmaning som kräver höga krav på leverantörer och användare, men det finns systemleverantörer som erbjuder anpassade funktioner och tjänster för att möta specifika behov och krav. Anpassning av BMS kan vara kostsam, särskilt om batterierna tidigare använts i andra sammanhang som i fallet med 2LB. Lokal infrastruktur och skräddarsydda funktioner kan underlätta hanteringen av batterilagring.

4.4 Partnerskap

Tabell 5: Urval av aktörers syn på partnerskap

Fastighetsägare	Systemleverantör	Utomstående expert
Samarbetet mellan aktörer har inte flutit på smärtfritt hittills	Avtal på alla plan är viktigt för att få en struktur på partnerskapet	Färre involverade aktörer kan göra gränsdragningarna i projekten tydligare

I tabell 5 ges exempel på hur aktörer ser på partnerskap. Alla fastighetsägare lyfter att kommunikationen mellan parterna i projekt är viktigt för att samarbetet ska fungera väl. Eftersom batterier i fastigheter är en ny typ av teknik är i nuläget inte normerna för samarbetets utformning och struktur etablerade. Det anges som en orsak till att det inte har fungerat så bra som de skulle önska i projekt som hittills genomförts.

Systemleverantörerna är överens om att det är viktigt och nödvändigt med partnerskap. Dock uttrycker ingen av dem att de har ett färdigställt och felfritt utformat samarbete på alla plan. Systemleverantör 4 uttrycker att ”*avtal är viktigt*” för att det ska vara tydligt vilka spelregler som gäller för alla delar av samarbetet. Vidare är aktörerna överens om att affärsmodellens utformning är inte helt färdig än. De lyfter flera olika områden som behöver förbättring. Till exempel kunskapsbrist, vilka tjänster som köps och vilka som tillhandahålls av sig själva och vilken information som ska delas.

Flera systemleverantörer lyfter att det är viktigt att etablera välfungerande samarbeten med batterileverantörer. Dels för att säkra tillgången på batterier, men också för att kunna dela mer information mellan parterna och kunna skapa bättre lösningar. Däremot lyfter en systemleverantör att det är en svår avvägning mellan vad som delas med partnern och vad som hålls internt. Till exempel kan det vara känsligt om en part säljer en produkt som de har patent på, där den andra parten vill ha information om den för att till exempel

upprätta ett styrsystem. Det är en aspekt som kan leda till svårigheter och problem i samarbetet.

Både experter och systemleverantörer lyfter att otydliga ansvarsgränser i projekt med flera parter har medfört svårigheter. Om något inte har fungerat som det ska har det varit lätt att skylla på varandra. Med färre parter är det lättare att veta vem som ansvarar för vilka delar.

En expert lyfter ett exempel där en stor biltillverkare har upprättat samarbete med start-ups (egen översättning: nya företag) som möjliggör återanvändning av batterierna. På så sätt behöver inte biltillverkaren helt gå in på marknaden för återanvända batterier men kan fortfarande marknadsföra sig som mer hållbara utan att spendera alltför mycket resurser. Experten ser dock en risk för att start-ups anpassar sin lösning till biltillverkarens batteri och därför blir i beroendeställning till den.

Att samarbetet inte fungerat perfekt hittills kan medföra att en skepsis och försiktighet uppstått sinsemellan aktörerna. Fastighetsägare FÄ2 lyfter att *”Som beställare måste man vara kunnig och inte förlita sig på de som installerar”*, vilket kan tyda på att fastighetsägarna är försiktiga när de upprättar samarbeten. Å andra sidan lyfter en systemleverantör att det finns en avvägning i vilken information som delas. Här finns en försiktighet från båda parter, där normen för samarbetets utformning inte är klar än. När tydliga ansvarsgränser och ramar för samarbetet har upprättats finns det möjlighet att samarbetet blir ett mindre problem för framtida projekt.

Sammanfattningsvis efterfrågar aktörerna tydligare gränser för vilket ansvar de olika parterna har i projekt samt en bättre kommunikation mellan parterna. Då tror de att projekt i framtiden kommer bli mer lyckade.

4.5 Säkerhet

Tabell 6: Urval av aktörers syn på säkerhet

Fastighetsägare	Systemleverantör	Utomstående expert
Ytterst viktigt, men regleringar saknas och gör det otydligt hur batterilager ska byggas	Man lär sig mer och mer om hur säkerheten kan hanteras på bästa sätt	Låg kunskapsnivå hos myndigheter om hur säkerhet ska garanteras

I tabell 6 ges exempel på aktörers syn på säkerheten kopplat till batterilagring i fastigheter. En fastighetsägare nämner att säkerhetsregleringarna inte hängit med i den snabba utvecklingen av batterier och att det saknas krav trots önskemål från räddningstjänsten. När det kommer till deras arbete med batterilagring bygger de därför fastigheter utifrån hur de tror att regelverket kommer att se ut i framtiden. Idag ansvarar de för säkerheten av batterierna då även leverantörerna har bristande kompetens kring brandsäkerhet, men de planerar att köpa in det som en tjänst av systemleverantören i framtiden förutsatt att kompetensen utvecklas.

En systemleverantör lyfter att det råder en okunskap hos myndigheter och försäkringsbolag angående till exempel brand, då man ”*drar alla batterier över en kam*” (SL3) trots att olika sorters batterier har olika förutsättningar. En annan aktör lyfter att man lär sig mer och mer, tillsammans med räddningstjänsten. Som exempel utvecklas tidig detektering på battericellsnivå för att stänga av systemet och undvika olyckor. Leverantören belyser också att andra batterikompositioner så som litium-järnfosfat är säkrare än de mer volatila litiumjonbatterierna, vilka är de vanligaste i bilarna.

En fördel med batterilagring är egenförsörjning enligt en expert. På det resonemanget lyfter experten att det däremot uppstår säkerhetsrisker när ensamstående system kan sättas upp utanför elnätet och ledningarna mellan dem spänns. Detta är olagligt i Sverige, UE2 nämner att ”*om elnätet slås ut får du inte koppla på din elanläggning*” och fortsätter med att det däremot har förekommit i kriget i Ukraina i samband med utslagen infrastruktur.

4.6 Utformning

Tabell 7: Urval av aktörers syn på utformning av batterier

Fastighetsägare	Systemleverantör	Utomstående expert
Inte vackert, krävs bygglov men kan vara billigare med batterier i containrar	Svårt att få lönsamhet i anpassade inomhuslösningar	Säkerhetsrisken är stor med batterier inne i fastigheten

I tabell 7 ges exempel på hur aktörerna ser på utformningen av batterilagring. Gällande utformningen av själva batterilagret nämner en fastighetsägare att de använt både batterier inuti fastigheter och i container utanför. Nackdelarna med att ha dem inne i fastigheten nämns som att ytan som krävs är väldigt dyr, det krävs en mer specialanpassad lösning och säkerhetsfrågan blir desto viktigare. För att ha batterierna i en container utanför

fastigheten krävs dock bygglov, vilket en systemleverantör (SL1) förstärker genom att nämna att *”det behövs energilagring i fler fastigheter än vad det finns möjlighet att ställa batterilagring”. Samtidigt ser de även nackdelarna med batterier inne i fastigheter. De nämner att racklösningar inte är tänkbara i längden och att det snarare krävs mer kommersiella produkter som snabbt kan sättas upp. En utomstående expert (UE3) nämner att *”man hoppas att det kommer fram ett batteri som inte är så brandfarligt”* för de fastigheter som inte har utrymme för en container.*

En fastighetsägare nämner också att de boende kan ha åsikter om containrar, FÄ2 kommenterar: *”de är inte vackra, vilket man behöver ta i beaktning”*. En av fastighetsägarna beskriver även processen för att ansluta batterier till elnätet som tidsödande och att man först får besked efter att batteriet är monterat och klart om man får ansluta till elnätet för att exempelvis sälja flexibilitet. Vidare nämner en av fastighetsägarna att containerlösningar kan vara bra för äldre föreningar som vill testa att ha batterilagring. Man kanske har installerat solceller och sedan kontaktar man en systemleverantör som levererar en container som är anpassad för föreningen. När containern sedan är färdig använd kan leverantören på ett enkelt sätt hämta den. Fastighetsägare och systemleverantörer verkar vara eniga i fördelarna och nackdelarna med respektive sätt att utforma energilagret på och att situationsanpassning är viktigt.

4.7 Ekonomiska aspekter

Tabell 8: Urval av aktörers syn på de ekonomiska aspekterna

Fastighetsägare	Systemleverantör	Utomstående expert
<i>”Tack vare frekvenstjänsterna i Sverige så blir det lönsamt”</i> - FÄ2	<i>”Det är ekonomin som kommer göra att folk lyssnar”</i> - SL3	Gynnsamt med batterilagring om elpriserna fortsatt är höga

Enligt tidigare i sektion 4.2 konstaterar en fastighetsägare att det är frekvenstjänsterna som finns i Sverige som gör batterilagren lönsamma (se tabell 8). Det gäller särskilt hos de stora batterilagren enligt FÄ2, som nämner att *”ju mer effekt som kan utlovas desto mer pengar får man.”* För mindre fastigheter och batterilagring kan batterier aggregeras för att utlova en högre effekt för att därmed få mer pengar. Om frekvenstjänsterna inte finns så finns det ingen lönsamhet idag för batterilagring menar respondenten. Gällande de rådande elpriserna tror en fastighetsägare att de förmodligen inte kommer öka men

fluktuera allt mer och få större differenser. Att fluktuationer i elpriser blir allt större gör det ännu mer fördelaktigt att utnyttja låga elpriser till att jämna ut effekttoppar och få ner sina elkostnader, och följaktligen blir användning av batterilagringssystem än mer attraktivt.

Enligt en fastighetsägare finns det ingen ekonomisk skillnad mellan återanvända och nya batterier. En systemleverantör nämner dock att det finns utmaningar med 2LB, till exempel att de måste vara billigare än nya batterier. Systemleverantören berättar även att det finns fastighetsägare som värdesätter hållbarhetsfrågor väldigt högt, då det är ett sätt för dem att få billigare finansiering och lån, som är en stor del av fastighetsbolagens kostnader. I det tidigare exemplet från 4.1 berättar en systemleverantör om en fastighet som köpte in ett batterisystem för att tillgodose sitt effektbehov. De ekonomiska fördelarna av att implementera batterilagret var besparingar på flera miljoner kronor, då kostnaden för uppgradering av nätanslutningen var mycket högre än att införskaffa batterisystemet. Kostnaden för nätuppgradering var exklusive kostnader för uppgrävning, och blir därmed också en kostnad som undviks i det här fallet. Detta visar att det utöver de tekniska fördelarna kring att möjliggöra olika funktioner i fastigheter och tillfredsställa sina effektbehov, även finns ekonomiska incitament till att implementera batterilagret för att undvika kostsamma nätuppgraderingar.

Samma systemleverantör anser att det inte finns någon vits med att göra det tekniska om det inte finns en grundtanke i att det ska vara ekonomiskt (se citatet i tabell 8). Detta betonar vikten av den ekonomiska aspekten och att lyfta vilket värde batterilagret kan ge för fastighetsägare.

4.8 Återanvändning och återvinning

Tabell 9: Urval av aktörers syn på återanvändning och återvinning

Fastighetsägare	Systemleverantör	Utomstående expert
Positiva till att kunna nyttja återanvända batterier i fastigheten	"...kan man genom ett andra liv ersätta nya batterier i någon annan samhällssektion, då är det ju väldigt bra miljöfördelar." - SL1	"...det är vansinne att inte återanvända batterierna när de nått 80%, de har ju mycket mer att ge." - UE2

I tabell 9 ges exempel på hur aktörer ser på återanvändning och återvinning. En fastighetsägare talar om att bostadshus är ett bra exempel där använda batterier kan få

ett andra liv. Personen är dock öppen för att det kan finnas andra användningsområden där batterierna lämpar sig bättre än i fastigheter, beroende på bland annat ekonomiska förutsättningar. En annan tillfrågad fastighetsägare säger att det är svårt att se hur mycket man kan minska miljöpåverkan då man ännu inte vet livslängden på batterier som placeras i fastigheter. Detta stöds oberoende av en utomstående expert som nämner att många parametrar behöver tas i beaktning för att avgöra livslängd på återanvända batterier och att det därmed blir en komplex analys.

Två systemleverantörer delar åsikten om att det inte är försvarbart att deponera fullt fungerande batterier enbart för att kapaciteten har sjunkit. Den ena av dem uttrycker att det vore bäst att förflytta sig i avfallshierarkin till återanvändning men tillägger att materialåtervinning är bra eftersom materialet kan användas i nya produkter.

Samma systemleverantör förutspår en ökad tillförsel av använda fordonsbatterier runt år 2030 då de första elfordonens batterier kommer vara uttjänta ungefär då. En andra systemleverantören säger att utvärderingar kommer kunna svara på om även ett tredje liv för batterierna kommer vara möjligt. En tredje systemleverantör säger att de använder alla typer av batterier i sina system: gamla, nya och batterier från överproduktion och att alla sedan skickas till återvinning. Systemleverantör 4 uttrycker att ”Vi måste korta ner looperna på materialet”. Denne tror också att ett tredje liv skulle kunna vara möjligt beroende på hur batteriet används under sitt första och andra liv. En utomstående expert anser inte att det är ekonomiskt försvarbart att montera ner batterierna på cellnivå, ska de återanvändas bör det vara som moduler.

Alla aktörer är positiva till att batterier ska återanvändas och återvinnas. Några av de tillfrågade pratar om att de skjuter upp återvinningskostnaderna när de ger batterier ett andra liv, en kostnad som inte påverkas av hur många gånger batteriet använts. Ett eventuellt tredje liv är något som idag är outforskat eftersom få batterier ens fått ett andra liv. Det speglas av att aktörerna inte har en samlad bild av hur ett batteris livstid ser ut.

4.9 Brf Viva

Fakta i följande avsnitt har erhållits genom att vissa av aktörerna som intervjuats har god insyn i Brf Viva och deras batterilagringssystem. Se Metod för mer information. När idén och tekniken testats har Brf Viva och deras partners stött på olika svårigheter och utmaningar i projektet. En svårighet för systemleverantörerna var att inget liknande

tidigare hade gjorts, detta var ett pilotprojekt. I teorin skulle det vara enkelt att koppla ihop solceller, batterier och fastigheten men flera problem uppkom längs vägen i praktiken. Ett sådant problem blev styrningen av batterierna. Här lyfte aktörerna att gränssnitten mellan algoritmerna inte var kompatibla med varandra. Det ledde till att styrningen inte fungerade som det var tänkt och inte heller blev lika optimal som det var tänkt i teorin.

Det fanns planer på att batterierna själva skulle kunna optimera driften av uppladdning, försäljning av el med mera med hjälp av AI, men dessa delar har fått skötas manuellt. AI:n skulle få information om elpriser och genom maskininlärning lära sig när Brf Viva har sina toppar, för att sedan styra utifrån det. Men kommunikationen mellan den och batteriet har varit för svår och haft för många gränssnitt. Det är många olika programmeringsspråk och signalerna förloras på vägen, därför användes istället manuell styrning. Brf Viva köpte därefter en extern systemleverantörs produkt, men inte deras tjänst. Varpå leverantören i fråga underströk problematiken med att inte styra batterierna på samma sätt som när de själva kontrollerar batterierna. En fördel för Brf Viva har varit att all den energi som solcellerna producerat har kunnat tas tillvara på, något som respondenterna värdesätter.

En annan utmaning som flera aktörer lyfter är att det har funnits svårigheter i projektet med ansvarsfrågan och kommunikationen. Främsta orsaken som nämns är att det var många parter inblandade i projektet, där det inte alltid var helt tydligt var den enas ansvar slutade och den andres började. Kommunikationen mellan parterna har varit bristfällig enligt flera, när något inte fungerade var det inte tydligt vem som skulle ta ansvar för att lösa det. Eftersom flertalet parter var inblandade gick det att skylla på varandra. I Brf Viva fallet var det ett kontinuerligt problem att endast systemleverantörerna fick tillgång till batterirummet och att fastighetsägaren inte kunde gå in och hantera problem som uppkom. Se batterilagret i Bilaga B där en bild från studiebesöket på Brf Viva finns.

Vad gäller utformning och förvaring av batterierna använder Brf Viva en lösning där batterierna placeras i ett avsett rum i fastigheten med separata brandlarm, kyl- och ventilationssystem. Detta är något som flera aktörer ser som en säkerhetsrisk men i vissa projekt är det en nödvändighet då alternativet att ställa en container utanför fastigheten inte alltid är en möjlighet. Ett problem till följd av att ställa batterilagret inne i fastigheten är att ytan är dyr att bygga eller avvara.

5 Diskussion

I denna delen av rapporten diskuteras resultatet och analysen med paralleller till den teori som tidigare introducerats.

5.1 Flexibilitetstjänster

Enligt Schulz-Mönninghoff & Evans (2023) krävs det att batterierna utnyttjas inom flera användningsområden för att de ska vara en lönsam investering, vilket styrks i rapportens resultat då batterier används för peak shaving, effekttillförsel och även för att handla på effektmärknader som benämns göra det lönsamt se sektion 4.1 och 4.2. Att Canals Casals m. fl. (2019) finner att handel på effektmärknader är nödvändigt för att nå lönsamhet och att fastighetsägare i 4.2 säger detsamma tyder på vikten av effektmärknaderna för att investeringar i återanvända batterier ska vara lönsamt. För att handla på effektmärknaden finns dock krav att ta i beaktning. Till exempel behöver producenter kunna leverera 100 kW under en timme för att få sälja sin effekt på Effekthandel Väst, Göteborgs regionala effekthandel (se sektion 4.2). Som jämförelse hade Brf Viva 200 kWh kapacitet installerat. För att maximera livslängden på batterierna kan endast drygt hälften av kapaciteten användas enligt sektion 4.3 vilket då precis hade räckt för att få delta på flexibilitetsmärknaden.

Nås inte den kapaciteten går det dock att aggregera flera separata energilagrar som tillsammans uppfyller gränsen. Flera systemleverantörer har lyft att detta är komplext och sätter stora krav på styrningen se 4.2. Men skulle styrningen fungera hade aggregering kunnat göra det lönsamt för även mindre fastigheter att investera i batterilagrar då de hade kunnat delta i handeln. Som beskrivet av Schulz-Mönninghoff & Evans (2023) i teorin finns juridiska barriärer för frekvensreglering. Eftersom att frekvenstjänsterna är en stor del av lönsamheten finns det fördelar om dessa barriärer minskas så att det finns mer incitament att använda batterierna för att få ut något av fördelarna. Risker annars är att batterilagring som teknik får en mindre spridning.

5.2 Styrning av batterier

Resultatet från sektion 4.3 visar att fastighetsägarna vill ha fullständig kontroll över styrningen av energisystemet i byggnaderna. De vill ha ett integrerat system från en systemleverantör, där deras egna driftövervakningssystem pratar med BMS och andra system för att säkerställa optimal drift av fastigheten och användningen av batteriet.

Detta är i linje med vad en systemleverantör till Viva uttrycker om vikten av att ha en centraliserad styrning som bidrar till en effektivare användning av batteriet och optimal energihantering.

Vikten av att ha en diversifierad marknad med flera aktörer som kan erbjuda olika lösningar för olika behov är betydelsefull för att kunna hantera batterier och anslutning till elnätet på ett effektivt sätt. Systemleverantörerna är en av aktörerna som spelar en avgörande roll genom att erbjuda olika lösningar som schemaläggning av batteriladdning och energianvändning samt lokal infrastruktur och skalbarhet.

Resultatet från sektion 4.3 visar också på utmaningarna med att standardisera och göra olika batterisystem kompatibla inom batteribranschen. För att säkerställa att batterier kan fungera sömlöst med olika BMS och andra system, behövs samordning mellan olika leverantörer. Denna samordning begränsas dock av vad Börner m. fl. (2022) beskriver som företagshemligheter och intellektuellt kapital som bilindustrin vill skydda. Bilindustrin är försiktig med att dela med sig av viktig information som kan ge konkurrenterna en fördel, vilket kan göra det svårt att uppnå standardisering och kompatibilitet inom batteribranschen.

Med återkoppling till Schulz-Mönninghoff & Evans (2023) och deras teori om CBM är partnerskap ett sätt framåt för en framgångsrik utveckling och implementering av den cirkulära affärsmodellen som återanvändning av fordonsbatterier just är. Enligt Börner m. fl. (2022) möjliggör partnerskap för 2L-systemintegratörer att få tillgång till BMS-programmeringen.

5.3 Partnerskap och informationsdelning

Av projektet med Brf Viva och sektion 4.4 framgår det att när för många aktörer involveras kan det leda till problem kring både kommunikation och sekretess. Detta då det kan bli svårt att utbyta information mellan alla parter och att vissa känsliga uppgifter, så som patentbelagd information, inte kan delas utan särskilda avtal. Problemet med informationsdelning är något som också uppmärksammas av Börner m. fl. (2022). För att batterilagring ska förbättras i framtiden är det viktigt att alla inblandade parter samarbetar på ett sådant sätt att all information som behövs för att utveckla en välfungerande produkt kan delas mellan dem.

Det finns flera möjliga scenarier för hur samarbetet kan se ut. Ett tänkbart scenario är

att en enda aktör tillhandahåller hela lösningen och därmed har all information, vilket ger dem kontroll över hela kedjan. Men det är osannolikt att de stora biltillverkarna vill ta den rollen på marknaden, som en expert påpekade i sektion 4.4. Det är därför troligt att flera aktörer kommer samarbeta i framtiden, vilket innebär att problemet med informationsdelning kommer att kvarstå och därför måste lösas för att tekniken ska vara välfungerande. En möjlig lösning på problemet är att aktörerna lyckas upprätta avtal och dela information på ett säkert sätt som gynnar båda parter. Men eftersom problemet i nuläget identifierats som en svårighet, är det inte säkert att det är möjligt för parterna att lösa det sinsemellan med de förutsättningar som existerar idag.

Om det skulle visa sig omöjligt är en tredje lösning att ytterligare en aktör kliver in för att hantera de delar av projektet där känslig information från båda parterna behövs. Dock riskerar detta att förstärka problemet istället för att lösa det. Möjligtvis kommer EU:s införande av batteripass genom batteridirektivet förenkla problemet då det i så fall kan bli lättare att veta vad batteriet kan återanvändas till, men problemet hur det ska genomföras och styras på enklast sätt kvarstår. Å andra sidan borde det ligga i alla parter intresse att utveckla konkurrenskraftiga och välfungerande produkter. Om informationsdelning krävs för att åstadkomma det kan det finnas en möjlighet att parterna lyckas lösa problemet sinsemellan. Det borde ligga i alla parter intressen att samarbetet ska fungera smidigt och det finns därför en förhoppning om att problemet kommer lösas i takt med att tekniken utvecklas.

5.4 Säkerhet och regleringar

Säkerheten är en viktig aspekt, eftersom batterier är en brandfara samt att det med ny teknik kan förekomma skepsis gentemot teknikens förmåga att leverera och vara säker. Därför är det fördelaktigt om allmänheten uppfattar batterilagring som en säker teknik för att det ska vara ett konkurrenskraftigt energialternativ. I nuläget är det inte tydligt vilka krav som ställs enligt sektion 4.5 och Börner m. fl. (2022). Att detta klagörs är en viktig roll i att batterilagringen fortsätter utvecklas och blir ett fullt fungerande alternativ. En möjlighet är att EU:s batteridirektiv kommer tydliggöra vilka säkerhetskrav som ställs på batterierna. Det kan medföra att batterier i fastigheter uppfattas som en säker lösning. I nuläget är inte återanvändningen tillräckligt reglerad för att ge konsumenterna den tryggheten som hade behövts enligt sektion 4.5. Vilket överensstämmer med Schulz-Mönninghoff & Evans (2023) som nämner att det i nuläget inte finns tillräckligt med data för att en tredje part korrekt kunna utvärdera ett batteris hälsa inför en andra

användning.

För att batterier ska kunna implementeras på ett effektivt sätt behövs tydlig reglering lokalt i Sverige där exempelvis brandkrav för batterier i fastigheter finns utformade för olika typer av batterier, då olika batterier kan ha stor skillnad mellan sig liksom vad SL3 beskriver i 4.5. Detta gör det enklare för potentiella investerare att ta beslut istället för att eventuellt chansa på vad som borde vara en rimlig nivå på säkerheten. Även tillståndssprocesser behöver vara mer proaktiva där det bör vara möjligt att få ett förhandsbesked på om det kommer gå att handla på effektmarknaden med de batterier som tänkts installeras i den specifika fastigheten. Detta är två exempel på externa faktorer som vi ser förbättringspotential i, men även som fastighetsägare nämnde som problem i 4.5 och 4.6. Det stärks av Schulz-Mönninghoff & Evans (2023) som belyser den juridiska komplexiteten när olika batterilagringssystem kombineras eller används på ett komplext sätt.

5.5 Förvaring och utformning

Valet om hur fastigheten ska förvara batterierna verkar främst bero på plats. Antingen kan de sättas in i ett avskilt rum i fastigheten eller installeras i containrar som kan placeras på innergårdar eller parkeringsplatser. Batterier utgör som tidigare nämnt en brandrisk så genom att inte förvara batterierna i själva byggnaden minimeras riskerna för själva fastigheten. Däremot är en containerlösning inte alltid möjlig, särskilt i de fall fastigheten är belägen i stadsdelar med trängre gator eller saknar tillhörande tomt. Om de får plats går det även att fråga sig vad de boende tycker rent estetiskt om att ha en container placerad utanför fastigheten, som F2 gör i sektion 4.6. Det verkar finnas en risk att boende är negativt inställda till det och då föredrar att förvara batterierna inomhus. I Brf Vivas fall byggdes ett särskilt rum för batterierna tillsammans och separata system upprättades för att hantera säkerhetsriskerna. Att frigöra denna yta och göra den lämplig för batterier blev en dyr investering jämfört med att utföra den installation som hade krävts för att koppla in en containerlösning, även om ytan för denna också hade behövts frigöras.

5.6 Ekonomiska aspekter

En fastighetsägare i sektion 4.7 nämner att det i nuläget inte finns någon ekonomisk skillnad mellan att välja återanvända eller nya batterier. Samtidigt menar Börner m. fl. (2022) att det återanvända batteriet behöver ha ett tillräckligt lågt pris för att det ska kunna konkurrera med nya, vars pris i sin tur stadigt sjunker enligt J. Zhu m. fl. (2021).

Om det i nuläget inte finns någon skillnad i pris för fastighetsägare som väljer mellan återanvända och nya batterier kommer de troligtvis välja batteriet med mest kapacitet kvar och därmed kan vara i drift längst, vilket nu blir det nya batteriet. Här behöver utvecklingen av tekniken gå framåt för att det ska finnas ekonomiska incitament att välja återanvända batterier. Processerna för att renovera batterierna för ett andra liv behöver effektiviseras och därmed bli billigare, något som hade kunnat ske genom en ökad informationsdelning enligt Neubauer m. fl. (2015). I takt med att inflödet av begagnade batterier ökar i framtiden kommer troligtvis också renoveringen nå vissa skalfördelar likt de i nyproduktionen som J. Zhu m. fl. (2021) nämner.

Lee m. fl. (2021) anser att återanvända batterier troligtvis kommer vara billigare i framtiden, men för att stimulera utveckling och innovation redan i detta skede kan det finnas anledning för staten att använda sig av riktade subventioner likt elbilspremien som användes i Sverige under en period. I nuläget finns det möjligheter att få billigare finansiering och lån (sektion 4.7) men inte mer än så. Med dessa medel finns det en möjlighet att priset reflekterar kapaciteten, medan processerna att bygga om batterierna får tid på sig att utvecklas och sjunka i pris. Därför finns det anledning att undersöka vidare om den typen av insats skulle kunna göra nytta.

Dock finns det fastighetsägare som redan idag värderar hållbarhetsaspekten som kommer med återanvända batterier, enligt sektion 4.7. Därför kan vissa aktörer bortse från att det i nuläget inte är så stor prismässig skillnad mellan återanvända och nya batterier och ändå välja de återanvända även utan statliga subventioner. Dock finns det risker med detta typ av tankesätt, vilket diskuteras i sektion 5.7.

5.7 Hållbarhet och miljöpåverkan

I sektion 4.8 nämner aktörerna att det är fördelaktigt att återanvända batterierna på grund av de besparingar det ger och att det således är en lönsam handling från deras perspektiv. Detta överensstämmer med White m. fl. (2020) som nämner att det har positiv inverkan på miljön att förlänga ett batteris livstid. Positiv miljöpåverkan är en aspekt som allmänheten kan värdera mycket, vilket ger företagen incitament att satsa på miljövänliga lösningar och profilera sig som miljövänliga. Många av projekten som innefattar batterilagring i fastigheter är i nuläget pilotprojekt och har därmed inte huvudsyfte att vara ekonomiskt lönsamma i detta skede. Därmed kommer det finnas en risk att företagen utnyttjar den positiva miljörelaterade aspekten som förlängning av batteriets livstid har i marknadsföringssyften. Förhoppningsvis är inte så fallet och de har

istället ambitioner att utveckla tekniken tills den blir lönsam. Det finns framtidsspaningar för att flexibilitetstjänsterna ska göra batterilagringen lönsam (sektion 4.2) vilket kan leda till att de främst används för sitt ekonomiska syfte och inte överutnyttjas i grönt marknadsföringssyfte.

Något som skulle kunna förenkla på flera nivåer inom batterilagring är batteridirektivet som EU arbetar med (sektion 1.2.4). Ett sådant direktiv skulle tillsammans med data från pilotprojekt och tidig forskning på området möjligen kunna leda till att kunskapsbristen minskar. Som flera av de aktörer som intervjuades nämner är det idag svårt att säga exakt hur stor skillnad batterier i en fastighet gör, både sett till miljöpåverkan och ekonomiska fördelar. Även vilka regleringar som gäller när batterier installeras i fastigheter (se sektion 4.5).

Aspekter ur resultatet knyter an till flera av FN:s globala mål i agenda 2030, där de mål som i högsta grad träffas av rapporten och den undersökta processen listas i Bilaga C. Mål som anses vara relevanta är Mål 7 - Hållbar Energi för alla, Mål 9 - Hållbar Industri, Innovationer och Infrastruktur, Mål 11 - Hållbara Städer och Samhällen, Mål 12 - Hållbar Konsument och Produktion, Mål 13 - Bekämpa Klimatförändringarna och, slutligen, Mål 17 - Genomförande och Globalt Partnerskap.

6 Slutsats

Vilka är lärdomarna från Brf Viva kring att återanvända batterier för energilagring?

Projektet visar att det fungerar att återanvända batterier som energilagringssystem i fastigheter. De tekniska lösningarna kring batterilagring i fastigheter testades i Viva och systemet som helhet har fungerat, exempelvis till att utjämna effektoppar. Däremot har projektet inte visat huruvida lönsamhet kan uppnås, då det bedrivits som ett forskningsprojekt där testning av nya tekniker varit i fokus.

Projektet visar däremot att kommunikationen mellan samarbetspartners behöver fungera väl och att ansvarsuppdelningen behöver vara tydlig för att det ska kunna bli lyckat. Därutöver visar projektet att den tekniska kommunikationen mellan gränssnitten i systemet behöver vara robust för att kunna optimera batteriernas prestanda, livslängd och säkerhet. Om den tekniska kommunikationen fungerar, kan smart styrning anpassa batteriernas laddnings- och urladdningsbeteende helt efter fastighetens behov. Detta är något som endast kan uppnås delvis när batterierna styrs manuellt, som i fallet med Viva.

Hur ser fastighetsägare, systemleverantörer och övriga aktörer på att återanvända batterier i fastigheter? Vilka aspekter tycker de är viktiga och hur förhåller de sig till dessa?

Fastighetsägare

Fastighetsägare ser återanvändningen av batterier som en positiv möjlighet att hantera toppar i elpris och minska elabonnemangskostnader. Samtidigt kvarstår utmaningar såsom oklarheter kring vem som kontrollerar systemen och därmed styrningen. En ytterligare utmaning som påpekas är en bristande reglering av batterilager. Fastighetsägare i studien har därför uttryckt en önskan om att kunna köpa säkerheten och underhållet av batterierna som en tjänst från systemleverantören. Ett tydligare gränssnitt för att underlätta integration av batterierna till det ordinarie styrsystemet av fastigheten är också ett starkt önskemål. Då tillståndsprocessen för anslutning av batterier till elnätet är trög uttrycks även här förslag på förbättringar, framförallt då tillståndet endast kan sökas efter att batteriet är installerat, vilket skapar onödig osäkerhet för fastighetsägaren.

Systemleverantörer

Batterilagring kan utöver användningen i fastigheter användas som ett bättre sätt att utnyttja det befintliga elnätet, men detta kräver en god förståelse för batteriernas funktioner och anpassningar för optimal användning. Systemleverantörerna betonar vikten av att

ta hänsyn till batteriets ålder och att återanvändningen av batterier kräver en ombyggnad av batteriets styrsystem, vilket medför utvecklingskostnader. För att skapa mer lyckade samarbeten krävs det bättre kommunikation och tydliga ansvarsgränser mellan aktörerna. Samtidigt behöver myndigheter och försäkringsbolag öka sin kunskap om batterier och dess sammansättningar för att undvika generalisering av risker. Framsteg görs dock genom utveckling av tidig detektering av risker på battericellsnivå och ökad samverkan med räddningstjänsten.

Utomstående experter

Utifrån de olika utomstående experternas åsikter kan slutsatsen dras att det inte råder någon effektbrist i stort, men att det kan finnas effektbrister på lokal nivå. Det finns även en kunskapslucka hos aktörer när det gäller användningen av flexibilitetstjänster och problem med styrningen mellan olika system har uppstått. Vidare betonas vikten av att batterierna fungerar som utlovat och levererar den effekt som bestämts till flexibilitetsmarknaden. Ytterligare en viktig aspekt är behovet av lokal balansering i elnätet, vilket batterier kan vara en lösning på. Det anses dock svårt att konstruera ett BMS som passar olika typer av batterimoduler. Eftersom utbudet av batterityper kommer vara varierande vore det fördelaktigt att ha ett BMS som passar flera batterityper. Slutligen pekar experterna på att det handlar om ansvarsfrågor när det kommer till samspelet mellan BMS och batterier.

Sammantaget finns det flera utmaningar inom återanvändningen av batterier i fastigheter. Med fler pilotprojekt och ett större intresse från allmänheten och beslutsfattare finns det möjlighet att dessa löses och att tekniken blir mer välfungerande och etablerad.

7 Begränsningar och framtida forskning

I denna studies omfattning som kandidatarbete finns flertalet begränsningar. Intervjurespondenterna som denna rapport grundar sig i är begränsat till tio stycken. Detta gör att rapporten inte behöver ha fått den korrekta uppfattningen då vissa aktörers synvinkel inte nödvändigtvis behöver överensstämma med andra motsvarande aktörer. Författarna av denna rapport hade även begränsad kunskap av ämnet i början av studien där flertalet av besluten gjordes om vilka aspekter som skulle undersökas samt vilka typer av aktörer som skulle intervjuas.

Vidare krävs det mer forskning inom batterilagring i fastigheter, nedan är exempel som författarna av rapporten anser relevanta. Ett ämne där vi känner att det krävs mer forskning är att undersöka mer konkret hur batterier i fastigheter deltar på flexibilitetsmarknader, för att tydligare kartlägga hur detta kan göras och vilken ekonomisk vinning det skulle kunna medföra. På liknande tema finns det utrymme för vidare forskning inom vilken roll aggregatorer, som kan slå ihop flera fastigheters batterier, kan komma att få i framtiden. Att undersöka hur batterier i fastigheter ska styras effektivast och vilken betydelse AI kan ha i detta är även något vi ser kommer krävas vidare forskning inom. Vidare är det även viktigt att undersöka hur styrningen och partnerskapets roller förändras när man ser till batterilagring och solceller som ett helhetsystem då de ofta förekommer tillsammans.

8 Litteraturförteckning

- Arvesen, A. & Sandén, B. (2014). Energibalans och klimatpåverkan - en liten investering ger stor effekt.
- Assunção, A., Moura, P. S. & de Almeida, A. T. (2016, 11). Technical and economic assessment of the secondary use of repurposed electric vehicle batteries in the residential sector to support solar energy. *Applied Energy*, 181, 120–131. doi: 10.1016/J.APENERGY.2016.08.056
- BatteryLoop. (2023). *Residential energy storage - BatteryLoop*. Hämtad från <https://batteryloop.com/case-studies/fyrklovern/>
- Börner, M. F., Frieges, M. H., Späth, B., Spütz, K., Heimes, H. H., Sauer, D. U. & Li, W. (2022, 10). Challenges of second-life concepts for retired electric vehicle batteries. *Cell Reports Physical Science*, 3(10), 101095. doi: 10.1016/J.XCRP.2022.101095
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. Hämtad från <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=uqrp20> doi: 10.1191/1478088706qp063oa
- Canals Casals, L., Barbero, M. & Corchero, C. (2019, 3). Reused second life batteries for aggregated demand response services. *Journal of Cleaner Production*, 212, 99–108. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2018.12.005
- Council of Ministers, N. (2019). *LITHIUM-ION BATTERIES for vehicles A study of their fate in the Nordic countries*. Hämtad från <http://dx.doi.org/10.6027/TN2019-548> doi: 10.6027/TN2019-548
- Dimitrovski, D., Manev, N. & Uler-Zefik, M. (2022). *Repurposed EV Batteries Integration in Smart Energy Grids to Facilitate a Greener Energy Sector*. Hämtad från <https://www.researchgate.net/publication/362002429>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition* (forskningsrapport). Hämtad från <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>
- Energimarknadsbyrån. (2022, 10). *Elräkningen | Energimarknadsbyrån*. Hämtad från <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elrakningen/>

- Energimarknadsinspektionen. (2022). *Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd för utformning av nättariffer för ett effektivt utnyttjande av elnätet (EIFS 2022:1)*. Hämtad från <https://ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/foreskrifter-el/2022/foreskrift-eifs-20221>
- Energimyndigheten. (u. å.). *Forskningsöversikt om återvinning och återbruk av litiumjonbatterier*. Hämtad från <http://blybatteriretur.se/om-organisationen/>
- Europaparlamentet. (2022a, 3). *New EU regulatory framework for batteries* (forskningsrapport).
- Europaparlamentet. (2022b). *Nya EU-regler för mer hållbara och etiska batterier*. Hämtad från <https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/economy/20220228ST024218/nya-eu-regler-for-mer-hallbara-och-etiska-batterier>
- European Commission. (u. å.). *Batteries*. Hämtad från https://environment.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en
- FN. (2023). *Agenda 2030 - globala mål för hållbar utveckling - Svenska FN-förbundet*. Hämtad från <https://fn.se/vi-gor/vi-utbildar-och-informerar/fn-info/vad-gor-fn/fns-arbete-for-utveckling-och-fattigdomsbekampning/agenda2030-och-de-globala-malen/>
- Gill, P., Stewart, K., Treasure, E. & Chadwick, B. (2008, 3). Methods of data collection in qualitative research: interviews and focus groups. *British Dental Journal* 208 204:6, 204(6), 291–295. Hämtad från <https://www.nature.com/articles/bdj.2008.192> doi: 10.1038/bdj.2008.192
- Göteborg Energi. (2023). *Effekthandel väst*. Hämtad från <https://www.goteborgenergi.se/foretag/vara-nat/elnat/effekthandel-vast>
- Jacoby, M. (2019, 7). It's time to recycle lithium-ion batteries. *C&EN Global Enterprise*, 97(28), 29–32. doi: 10.1021/CEN-09728-COVER
- Johanneberg Science Park. (2023). *IRIS - Smart Cities | Johanneberg Science Park*. Hämtad från <https://www.johannebergsciencepark.com/iris>
- Lawder, M. T., Suthar, B., Northrop, P. W. C., De, S., Hoff, C. M., Leitermann, O., ... Subramanian, V. R. (2014, 6). *Battery Energy Storage System (BESS) and Battery Management System (BMS) for Grid-Scale Applications*. Hämtad från http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html doi: 10.1109/JPROC.2014.2317451

- Lee, J. W., Haram, M. H. S. M., Ramasamy, G., Thiagarajah, S. P., Ngu, E. E. & Lee, Y. H. (2021, 8). Technical feasibility and economics of repurposed electric vehicles batteries for power peak shaving. *Journal of Energy Storage*, 40, 102752. doi: 10.1016/J.EST.2021.102752
- Marthaler, L., Grudzien, P., Buysse, M., Ierides, M. & McCreedy, A. (2022, 12). *COBRA - Key technical, policy and market developments influencing the electric vehicle battery landscape* (forskningsrapport). Bax & Company. Hämtad från <https://projectcobra.eu/wp-content/uploads/2022/12/Market-Intelligence-Report-December-2022.pdf?fbclid=IwAR1v5k25hTULhzPaciRqBj-VrwCzw3yH8eEa1Tyi-l2sZIpAAkCZKhFzgFs>
- Martinez-Laserna, E., Gandiaga, I., Sarasketa-Zabala, E., Badeda, J., Stroe, D. I., Swierczynski, M. & Goikoetxea, A. (2018, 10). Battery second life: Hype, hope or reality? A critical review of the state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 701–718. doi: 10.1016/J.RSER.2018.04.035
- McKinsey & Company. (2019, 4). *Second-life EV batteries: The newest value pool in energy storage*. Hämtad från <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/second-life-ev-batteries-the-newest-value-pool-in-energy-storage>
- McLaren, J., Laws, N., Anderson, K. & Mullendore, S. (2017, 8). *Identifying Potential Markets for Behind-the-Meter Battery Energy Storage: A Survey of U.S. Demand Charges* (forskningsrapport). National Renewable Energy Laboratory.
- Naturskyddsföreningen. (2022). *Avfallstrappan - Naturskyddsföreningen*. Hämtad från <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/avfallstrappan/>
- Neubauer, J., Smith, K., Wood, E. & Pesaran, A. (2015, 2). *Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV Batteries*. Golden, CO (United States). Hämtad från <http://www.osti.gov/servlets/purl/1171780/> doi: 10.2172/1171780
- Patel, R. & Davidsson, B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder* (5:e utgåvan). Studentlitteratur.
- Plaum, F., Ahmadiyahangar, R., Rosin, A. & Kilter, J. (2022, 11). Aggregated demand-side energy flexibility: A comprehensive review on characterization, forecasting and market prospects. *Energy Reports*, 8, 9344–9362. doi: 10.1016/j.egyr.2022.07.038

- Riksbyggen. (2016). Lagring av el i begagnade bussbatterier i Riksbyggen Brf Viva.
- Riksbyggen. (2023). *Brf Viva, hållbara bostäder / Riksbyggen*. Hämtad från https://www.riksbyggen.se/kommun/referensprojekt/bostadsratter-Riksbyggen/vastra-gotaland/brf-viva-referensprojekt/?gclid=Cj0KCQjwk7ugBhDIARIsAGuvGPaJBR2UF21yyzHpCAzasVrf5nWoD6yUig0oyG3RxaeP0Zp-0S0cydYaApmhEALw_wcB
- Schulz-Mönninghoff, M. & Evans, S. (2023, 1). Key tasks for ensuring economic viability of circular projects: Learnings from a real-world project on repurposing electric vehicle batteries. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 559–575. doi: 10.1016/J.SPC.2022.11.025
- Svenska FN-förbundet. (u. å.). *Agenda 2030 - globala mål för hållbar utveckling*. Hämtad från <https://fn.se/vi-gor/vi-utbildar-och-informerar/fn-info/vad-gor-fn/fns-arbete-for-utveckling-och-fattigdomsbekampning/agenda2030-och-de-globala-malen/>
- Svenska kraftnät. (2023, 2). *Stödtjänster och avhjälpande åtgärder*. Hämtad från <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-systemansvaret/verktyg-for-systemdrift/stodtjanster-och-avhjalpande-atgarder/>
- Uniper. (u. å.). *Rotationsenergi är nyckeln till stabilitet i elsystemet*. Hämtad från <https://www.uniper.energy/sv/sverige/om-uniper-i-sverige/ett-elsystem-i-balans/rotationsenergi>
- Vattenfall. (2020, 1). *Vattenfall constructing unique battery storage facility in Uppsala - Vattenfall*. Hämtad från <https://group.vattenfall.com/press-and-media/newsroom/2020/vattenfall-constructing-unique-battery-storage-facility-in- uppsala>
- Vattenfall. (2023). *Stora möjligheter för återvinning av fordonsbatterier*. Hämtad från <https://energyplaza.vattenfall.se/blogg/stora-mojligheter-for-atervinning-av-fordonsbatterier#download-page>
- Weng, C., Feng, X., Sun, J. & Peng, H. (2016, 10). State-of-health monitoring of lithium-ion battery modules and packs via incremental capacity peak tracking. *Applied Energy*, 180, 360–368. doi: 10.1016/J.APENERGY.2016.07.126
- White, C., Thompson, B. & Swan, L. G. (2020). *Repurposed electric vehicle battery performance in second-life electricity grid frequency regulation service*. Hämtad från

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X19315919>

World Economic Forum. (2019). *A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030*.

Hämtad från www.weforum.org

Xin Liu, Ivanescu, L., Rui Kang & Maier, M. (2012, 5). Real-time household load priority scheduling algorithm based on prediction of renewable source availability. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 58(2), 318–326. doi: 10.1109/TCE.2012.6227429

Zhu, B., Hou, X., Sun, H. & Zheng, K. (2019, 9). Optimal Allocation Scheme of Energy Storage Capacity of Charging Pile Based on Power-Boosting. *Proceedings of 2019 IEEE 3rd International Electrical and Energy Conference, CIEEC 2019*, 1804–1808. doi: 10.1109/CIEEC47146.2019.CIEEC-2019622

Zhu, J., Mathews, I., Ren, D., Li, W., Cogswell, D., Xing, B., . . . Bazant, M. Z. (2021, 8). End-of-life or second-life options for retired electric vehicle batteries. *Cell Reports Physical Science*, 2(8), 100537. doi: 10.1016/J.XCRP.2021.100537

9 Bilagor

Bilaga A

1. Berätta lite om dig själv och vilken befattning du har?

(Om koppling till Brf Viva)

2. Hur har du varit inblandad i projektet Brf Viva?

3. Hur upplevde du att det fungerade och vilka lärdomar tar du med dig från det?

(Om inte koppling till Brf Viva)

2. Har du arbetat med något projekt där batterilagring ingått? Hur?

3. Hur upplevde du att det fungerade och vilka lärdomar tar du med dig från det?

(Om aktuellt)

4. Hur fungerar samarbete med andra aktörer kring batterilagring?

5. Ser du några specifika utmaningar kopplade till batterilagring i fastigheter?

6. Är det en attraktiv lösning? Varför/varför inte?

7. Hur ser du på framtiden för dessa typer av batterilagringssystem?

Utöver dessa frågor lades det till frågor beroende på respondentens expertområde och hur diskussionen fortgick.

Bilaga B



Figur 1: Brf Vivas rum avsett för batterilagring.

Bilaga C

Nedan följer en sammanställning av hur författarna till denna studie kopplar ihop FN:s globala mål i Agenda 2030 med resultaten från studien. Delmålen nämnda nedan finns specificerade under respektive mål i Agenda 2030 (FN, 2023).

Mål 7 - Hållbar Energi för alla Tillgången till hållbar, tillförlitlig och förnybar energi krävs för att möta flera av de utmaningar som mänskligheten står inför. Med hjälp av att utnyttja batterilagring i fastigheter främjas användandet av förnybara energikällor då nackdelen av deras intermittens vägs upp av möjligheten att kunna lagra energin de producerar. Främjas förnybara energikällor skapar det incitament till att öka produktionen och således driva ned priset på dem, vilket kan göra de tillgängliga till fler. Aktuella delmål för projektet är 7.1, 7.2, 7.3.

Mål 9 - Hållbar Industri, Innovationer och Infrastruktur Stabil och hållbar infrastruktur är en förutsättning för att möjliggöra hållbara samhällen. Utnyttjandet av batterilagring hjälper till att skapa motståndskraftiga och hållbara fastigheter då de blir resilienta mot utbudsfluktuationer i energimarknaden, strömavbrott och beroendet av elnät. Aktuella delmål är 9.1, 9.4, 9.5.

Mål 11 - Hållbara Städer och Samhällen Den globala urbaniseringen kommer med både möjligheter och problem. För att framtidssäkra städer, och dess tillgång till elnätet krävs noggrann stadsplanering. Med hjälp av batterilagring i fastigheter kan effekttoppar kapas som i annat fall hade slitit på eller tvingat till en utbyggnad av elnätet. Ju fler fastigheter som kopplas samman i nätverk av energilagring, desto större möjlighet har samhället att sköta kraftnätet så effektivt och ekonomiskt hållbart som möjligt. Batterilagring med solceller är ett ekologiskt mer hållbart energialternativ i jämförelse med traditionella fossila energilag, vilket bidrar till hållbara städer och samhällen. Aktuella delmål är 11.3, 11.6.

Mål 12 - Hållbar Konsumtion och Produktion Överkonsumtionen i samhället bidrar till att vi förbrukar mer än vad vi har förnybara resurser till. Återanvändning och återvinning av material är därför ett viktigt steg i att minska vårt konsumtionsberoende. Att återanvända batterier bidrar därmed mycket till detta mål. Det förlänger livslängden på batterierna vilka i annat fall kan gå direkt till återvinning eller avfall. Således minskar behovet av att bryta nya mineraler och anskaffa råvaror för tillverkning av batterier. Vidare möjliggör återanvändningen ett ökat andrahandsvärde av batterierna och kan

därmed leda till sociala och ekonomiska fördelar. Aktuella delmål är 12.2, 12.4, 12.5, 12.6, 12.8.

Mål 13 - Bekämpa Klimatförändringarna Klimatförändringarna är ett reellt hot mot mänskligheten och det liv som människor lever idag. Utsläppen i världen påskyndar dessa, men flera av de nämnda punkterna kan leda till en minskning av utsläpp. Specifikt kan energilagring leda till en ökad egen förnybar energiproduktion vilket leder till minskade utsläpp i de fall då energin annars skulle komma från fossila energislag. Att minska produktionen av batterier genom att öka livslängden på dem via återanvändning sparar även mycket energi då tillverkanprocessen annars är energikrävande. Aktuella delmål är 13.1, 13.2.

Mål 17 - Genomförande och Globalt Partnerskap Ett samarbete mellan olika aktörer såsom regeringar, företag och civilsamhället är nödvändigt för att möjliggöra den undersökta återanvändningen av batterier. Genom att samarbeta och dela kunskap kring tekniken uppstår ett tätare nätverk mellan aktörer vilket kan främja liknande projekt på andra håll inom olika industrier. Aktuella delmål är 17.1, 17.16, 17.17.