

Förstudie

Batterilagring i småhus – Möjligheter och effekter av en storskalig användning

Utarbetad av

Michael Sillén, Johanna Hörnelius och Lovisa Liljenberg

Granskad av

Agneta Persson

Stockholm, 2023-10-30

1	INLEDNING	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte och mål	5
2	GENOMFÖRANDE	5
2.1	Metodik	5
3	NULÄGESANALYS	5
3.1	Utvecklingen av solcellsanläggningar och batterilager	5
3.2	Stationär batterilagring	8
3.3	Kopplingen till elektrifieringen av personbilssektorn	9
3.4	Utveckling av batterilagring internationellt	11
3.5	Batteriernas livscykel och miljöpåverkan	13
3.6	Förändringar i energisystemet	15
4	AKTÖRSANALYS	19
4.1	Olika perspektiv	19
4.2	Drivkrafter och hinder	27
4.3	Installation av batterilager i småhus	28
4.4	Intäcksströmmar från användandet av batterilager	29
4.5	Påverkan av EU-direktiv och regelverk	30
4.6	Affärsmodeller kopplade till batterier	32
5	LITTERATURSAMMANSTÄLLNING	33
6	SCENARIOANALYS	34
6.1	Scenario 1: Vad är den nuvarande energilagringsskapaciteten i småhusbeståndet?	34

6.2	Scenario 2: År 2022 nivå på batteriinvesteringar hålls konstant fram tills år 2040	35
6.3	Scenario 3: 25 TWh solenergi lagrad bland småhusbeståndet	36
7	SLUTSATSER	36
7.1	Effekter av storskalig användning av batterier	36
7.2	Miljöpåverkan från ökad batterilagring	40
7.3	Rekommendationer för ökad system- och miljönytta	41
8	FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	43
9	REFERENSER	44

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Solceller spelar en viktig roll i omställningen till ett hållbart energisystem. För närvarande ökar installationsakten för solceller snabbt. Under år 2022 installerades 55 000 nätanslutna solcellsanläggningar. En stor del av dessa installerades på småhus. Prognoser från Energimyndigheten ger vid handen att den snabba utbyggnaden kommer att fortsätta, och att produktionen av solet kommer att fördubblas under de närmaste två åren (Energimyndigheten, 2023b). Samtidigt finns det hinder som fördröjer denna utveckling. Ett sådant hinder är bristande möjligheter att bygga ut elnäten för att ta emot den el som solcellerna producerar.

Genom att komplettera solcellsanläggningarna med batterilager kan problem med otillräckliga elnät undvikas eller minimeras. Elen från solcellerna kan lagras vid tidpunkter för hög elproduktion och användas vid andra tidpunkter, t.ex. när hushållets elanvändning överskrider produktionen från solcellsanläggningen eller när elpriserna är högre än prisgenomsnittet.

Höga och volatila elpriser i kombination med sjunkande kostnader för batterier gör att batterilagring blir alltmer ekonomiskt intressant för privatpersoner. En annan faktor som påskyndar denna utveckling är att privatpersoner som investerar i system för lagring av egen el kan ansöka om skattereduktion för 50 procent av kostnaden för arbete och material, med ett takbelopp på 50 000 SEK per person och år genom Skattereduktion för Grön teknik.

Ellagring kan ge flera positiva privat- och samhällsekonomiska effekter. En småhusägare kan med hjälp av batterier sänka sitt hushålls effekttoppar och därmed sänka sitt säkringsabonnemang. Småhusägaren kan också styra sitt batteri så att behovet av köpt el från nätet minskar vid höglasttider, och därmed dra nytta av timprisavtal.

Batterilagren kan på en samhällelig nivå generera betydande systemnyttor. Den kapacitet som frigörs om/när småhusägarna sänker sina effektabonnemang kan användas för nya anslutningar eller undvika investeringar i nätförstärkning och nätutbyggnad. En minskning av effekttoppar kan också minska riskerna för att nätägarna tvingas överskrida sin effektkapacitet och de kostnader som det genererar. Minskad elanvändning vid höglasttider minskar också behovet av fossileldad spetsproduktion eller import av el från länder med hög andel fossila bränslen i elproduktionen.

Tillverkning av batterier är dock förknippad med en betydande miljöpåverkan. Produktion av batterier är mycket elkrävande. Brytning av de metallerna (t.ex. litium, kobolt, nickel och koppar) som används i batterier ger också stor miljöpåverkan, och har i många fall negativa aspekter kopplat till social hållbarhet. En omfattande användning av batterier kan också generera avfallsproblem om inte batterierna hanteras korrekt när deras livslängd är slut.

Före en storskalig introduktion av batterilager för privatpersoner är det av stor vikt att det skapas kriterier, system och värdekedjor som möjliggör att dessa ur ett livscykelperspektiv genererar stor systemnytta till en mycket begränsad miljöpåverkan.

Inom EU pågår det för närvarande ett omfattande arbete med att uppdatera lagstiftningen och regelverket för att påskynda genomförandet av Fit for 55. I detta förstudiearbete har det beaktats hur implementeringen av EU:s direktiv samt nationella styrmedel påverkar utvecklingen storskalig användning av batterilagring i småhus.

1.2 Syfte och mål

Denna förstudie har som mål att öka kunskapen om potentialen för och effekterna av en storskalig användning av stationära batterilager i det svenska småhusbeståndet. Syftet är att skapa förutsättningar för att en framtida storskalig etablering av stationära batterier kopplat till småhusens elanvändning sker miljö- och systemmässigt optimerat.

2 Genomförande

2.1 Metodik

Denna rapport har sammanställts under hösten 2023. Arbetet har genomförts i form av litteraturstudier. Relevant svensk och internationell litteratur har gått igenom. Fakta har till stor del inhämtats från olika utvecklings- och demonstrationsprojekt med koppling till batterilagring.

Litteraturstudierna har kompletterats med intervjuer med representanter för de aktörer som i aktörsanalysen identifierats ha störst betydelse för utvecklingen inom området. Genom de olika svar som intervjupersonerna har gett har en bild skapats av vad olika typer av aktörer har för syn på möjligheter och hinder för batterilagring kopplade till småhus. Intervjuerna har genomförts med syfte att få en så komplett bild som möjligt av olika aktörers inställning till frågan.

Ett antal olika scenarios om utvecklingen har gjorts i denna studie. Inget av dessa scenarier utgör någon prognos. De har gjorts med olika antaganden om den framtida utvecklingen. Syftet med scenarierna är att ge en bild av hur stor potentialen i kWh för batterilagring är utifrån tydligt angivna förutsättningar.

Baserat på den insamlade fakta, intervjuerna, scenarioanalyserna har en sammanfattade beskrivning gjorts av effekterna av storskalig användning av batterilagring. Dessutom ges en rekommendationer för ökad system- och energinytta samt förslag på fortsatt arbete.

3 Nulägesanalys

3.1 Utvecklingen av solcellsanläggningar och batterilager

Den svenska utvecklingen av installation av solceller har främst skett på tak, med undantag av ett fåtal större markbaserade solcellsparker. Utvecklingen har skett i snabb takt under de senaste åren. År 2016 fanns det drygt 10 000 nätanslutna solcellsanläggningar och år 2022 ungefär 15 gånger så många, närmare 148 000 (Energimyndigheten, 2023a). Ungefär hälften av den installerade effekten kommer från solcellsanläggningar som är mindre än 20 kW, se Tabell 1.

Majoriteten av de nätanslutna solcellsanläggningarna är anläggningar under 20 kW. Solcellsanläggningar i småhus har i genomsnitt en installerad effekt på 5–15 kW (Solcellskollen, 2023).

Tabell 1: Nätanslutna solcellsanläggningar år 2016 och år 2022 (Energimyndigheten, 2023a).

	Solcellsanläggningar (antal)		Installerad effekt (MW)	
	År 2016	År 2022	År 2016	År 2022
<20 kW	8 543	131 298	65	1 347
20 kW - 1 000 kW	1 460	16 329	71	893
> 1 000 kW	3	63	4	134
Totalt	10 006	147 690	140	2 375

Enligt Energimyndighetens senaste kortsiktiga prognos (publiceras två gånger per år) över Sveriges energianvändning och energitillförsel förväntas el producerad i solcellsanläggningar öka från 1,7 TWh år 2022 till 7,1 TWh år 2026 (Energimyndigheten, 2023b). Prognosen är således positiv för solcellers tillväxt, och antal solcellsanläggningar kan fortsatt förväntas öka framöver.

Solenergi är en intermittent energikälla, vilket innebär att tillgång till solenergi varierar under dagen och året beroende på väderförhållandena. Malte Rungård, byggteknisk rådgivare hos organisationen Villaägarna, menar att ”Solinstrålningen är väderberoende, så ägaren av solcellsanläggningen kan inte räkna med att vara självförsörjande längre perioder” (Villaägarna, 2023). Ett komplement till solceller som småhusägare kan investera i är ett solcellsbatteri. I batteriet kan överskottselen lagras, och sedan utnyttjas vid underskott av egenproducerad el.

Solcellsleverantören Svea Solar nämner fem centrala anledningar till att småhusägare bör satsa på solcellsbatterier (Svea Solar, 2022):

Ökad grad av självförsörjning. Med batterilagring ökar flexibiliteten hos användare som kan utnyttja egenproducerad el vid tillfällen som är bättre lämpade för användaren. Därav minskar behovet för användaren att köpa el, och graden av egenanvändning ökar.

Minska belastningen på elnätet. Användare kan schemalägga laddning av batteri under tidpunkter när elnätet inte är tungt belastat och använda egenproducerad el vid tidpunkter elnätet är det. Om användaren har elavtal med timpris innebär det dessutom att batteriet kan laddas under tidpunkter på dygnet där elen är billigare.

Minska användarens beroende av att sälja överskottsel. Batterilagring medför att användaren minskar sin exponering till lagar och krav kring försäljning av överskottsel.

Användare betalar halva priset för batterier. 50 procent av arbets- och materialkostnaderna av ett batteri subventioneras. Från och med den 1 januari 2023 höjs dessutom skattereduktionen för installation av solceller från 15 till 20 procent av arbets- och materialkostnaderna (Vattenfall, 2023).

Dyra kostnader om investeringen sker i olika skeden. Svea Solar anger att prisbilden för installationen påverkas om batteriet inhandlas i ett senare skede och rekommenderar därav användaren att inhandla batteriet i anknytning till resterande inköp.

3.1.1 Definition av batterilager och energilagring

Batterilager benämns ofta energilager, men det råder delade meningar om detta är en korrekt benämning eller inte. Enligt företaget Enequi kan ett energilager styras med intelligent/smart styrning, men det kan inte ett batterilager. I denna förstudie används båda begreppen. Underförstått är att båda begreppen syftar till lagring av el.

Energilagring innebär sällan installation av ett batteri i sin ensamhet. Ett Battery Management System (BMS) behövs för att underhålla och övervaka och ett System Supervisory Control (SSC) hanterar systemet som helhet (Cedås, et al., 2023). Tillsammans bildar dessa komponenter ett energilagringssystem (eng: Battery Energy Storage System, eller BESS).

Företaget Enequi BESS QuiPower kan med smart styrning övervaka och analysera fastigheters energidata, däribland väderprognoser, morgondagens spotpriser på Nord Pool och hushållets förbrukningsmönster (Enequi, 2023). Deras energilager, QuiPower Storage, lagrar energi från fastigheters solceller (vid överproduktion) och el från elnätet (då priset är billigt) för att användas vid behov. QuiPower-plattformen som helhet erbjuder funktioner såsom elprisoptimering, tariffstyrning, fasbalansstyrning, elbilsladdning, tidsförskjutning av solenergi, off-grid funktionalitet och styrning av fastighetsdrift.

En annan aktör inom batterilagring är Nasdaqnoterade Solaredge (Solaredge, 2023). Deras BESS erbjuder fastighetsägare möjlighet att optimera solelproduktion och batterilagring genom smart styrning. Med deras app, mySolarEdge, kan byggnadsägaren övervaka och styra solelproduktion, batterilagring, elanvändning och elbilsladdning med mera. SolarEdge är försäljare av kompatibla batterier, StorEdge, som lagrar el från fastighetens solceller (vid överproduktion) och elnätet (vid lågpristariffer) och elförsörjer fastigheten vid behov. Med batteriet kan fastighetsägaren bättre tillgodose energibehovet över tid.

Det österrikiska företaget Fronius är ytterligare en aktör i branschen som kombinerar smart styrning och solcellsanläggningar med batterilagring (Fronius, 2023). På Fronius hemsida uppges att småhusägare kan *försörja sig till 85 % med egen solenergi* med rätt batteri. Med deras övervakningsverktyg Fronius Solar.web kan ägare av solenergianläggningar få överblick över sitt hushålls energianvändning och energiavkastning, och på så sätt maximera nyttan av sin solcellsanläggning.

3.2 Stationär batterilagring

Stationära batterilager kan omfatta både storskaliga anläggningar och mindre fastighetsnära batterilager. För närvarande saknas det statistik över den totala batterilagringsskapaciteten i Sverige, men kapaciteten förväntas öka parallellt med ökningen av solcellsanläggningar och det ökade behovet av balansreglerande tjänster, särskilt med tanke på den ökande användningen av volatila energikällor.

Svenska Kraftnät gjorde år 2021 en långsiktig marknadsanalys som presenterade fyra scenarier för utvecklingen av elsystemet fram till år 2050 (Svenska kraftnät, 2021b). Dessa scenarier, kända som Småskaligt förnybar (SF), Färdplaners mixat (FM), Elektrifiering planerbart (EP) och Elektrifiering förnybar (EF), utvecklades med hänsyn till de nuvarande drivkrafterna och trenderna inom energisystemet. Batterilagringens roll skiljer sig åt mellan de olika scenarierna, men i samtliga scenarier förväntas kapaciteten öka. Inom marknadsanalysen har olika scenarier utarbetats för den potentiella batterilagringsskapaciteten, dessa presenteras i Tabell 2.

Tabell 2: Antagen batterilagringsskapacitet i Sverige för de fyra scenarier för åren 2035 och 2045 (Svenska kraftnät, 2021).

Scenario	Batterilagringsskapacitet (GWh)	Batterilagringsskapacitet (GWh)
	2035	2045
SF	5	12
FM	1	2
EP	1	3
EF	1	2

3.2.1 Storskaliga anläggningar

I dagsläget finns det ett fåtal storskaliga batterilager i Sverige. Batterilagren användas främst till att sälja balansregleringstjänster till Svenska Kraftnät och för att stödja lokala elnät. Den äldsta batterilagringsskapaciteten i Sverige finns i Uppsala kommun och har en maxkapacitet på 5 MW (Vattenfall, 2023). I Karlshamn håller företaget Ingrid Capacity på att bygga Sveriges största batterilager, det kommer att vara på 70 MW (Wickström, 2022a). Anläggningen förväntas vara klar till år 2024. Även i Borlänge byggs en batterianläggning. Den förväntas vara i drift till hösten 2023 och ha en kapacitet på 10 MW (Tidningen energi, 2022). Totalt uppskattades den totala installerade batterikapaciteten hos kraftbolag vara mellan 80 och 100 MW år 2022 (Svenska kraftnät, 2022).

Det finns ett flertal olika projekt som undersökt storskaliga energilagring och dess påverkan. Ett av dessa var Power Circles projekt *Lokal energilagring eller traditionella nätförstärkningar?* (2019–2020). Projektet drevs av aktörerna Power Circle, Uppsala universitet och forskningsorganisationen RISE. Projektets syfte var att undersöka batterier som alternativ till

traditionell nätutbyggnad för att lösa eventuella framtida problem med elnätet i och med ökningen av småskalig energiproduktion och laddning av elbilar. Projektets slutsats var att det är bättre om någon annan aktör än elnätsbolagen investerar i batterier och energilagring. Den slutsatsen grundades i att det är svårt lagstiftningsmässigt att driva energilager och behovet av el i just detta nät var lågt. Ett av de mest betydande hindren som projektet stötte på är hur nätbolagen ska kunna fakturera för att köpa energilagringstjänster från en tredjepartsaktör. (Power Circle, 2020a; Power Circle, 2020b).

3.2.2 Småhusbeståndet

I dagsläget saknas övergripande statistik över den totala energilagringsskapaciteten i det svenska småhusbeståndet. Men det finns aktörer vars statistik kan användas för att göra en uppskattning. Svensk Solenergi redovisar årligen statistik över investeringar i anknäring till det Gröna avdraget som infördes den 1 januari 2021. År 2021 investerades 135 MSEK på batterier, vilket ökade till 927 MSEK innan skatteavdrag år 2022 (Svensk Solenergi, 2023). Ökningen beror enligt Anna Werner, VD på Svensk Solenergi, att incitamenten ökade genom skattereduceringen.

Om ett genomsnittligt batteri med lagringskapacitet på 5–15 kWh kostar cirka 66 000 SEK för den enskilde konsumenten före skatteavdraget (Svensk Solenergi, 2023; Hemming, 2023) innebär det en total kapacitet på mellan 70 200 och 210 700 kWh investerad i Sverige år 2022.

Precis som för storskaliga energilager har det genomförts forskningsstudier som berör småskaliga energilager. Ett av dessa är projektet *Prognostisering för styrning av lokalt batterilager* (2019 – 2020) där projektets aktörer var RISE, Chalmers Tekniska Högskola, Uppsala Universitet, Herrljunga Elektriska, Trä- och möbelföretagen (TMF) och Cell Solar. Projektets syfte var att utreda hur batterier styras rationellt i småhus. Arbetet baserades på olika AI-modeller som användes för prognostisering av lastanvändning och solcellsproduktion. Projektet utfördes genom att 3 000 användarprofiler studerades i Herrljungas elnät. Med prognoser över elpriser och soltimmar samt data över användarens elanvändning styrdes batteriet så lönsamt som möjligt. Prioriteringen i projektet var användares egenanvändning av solel, sekundärt var frekvensreglering. Resultaten visade att det är utmanande att uppnå lönsamhet för hushållskunder med det dåvarande regelverket. Resultatet visade att lönsamheten påverkas i hög grad av de befintliga regelverken, inklusive skattereduktionen för försäljning av solel. (Power Circle, 2020a)

3.3 Kopplingen till elektrifieringen av personbilssektorn

Samhällets elektrifiering har inneburit att antalet eldrivna fordon ökar årligen i Sverige. I dagsläget finns det cirka 5 miljoner personbilar i Sverige där cirka 10 procent är elbilar eller hybridbilar (RISE, 2023). Till år 2030 bedömer energiföretagens forskningsorganisation Elforsk att samtliga personbilar kommer att vara helt eldrivna (Energiforsk, 2022). Utveckling och innovation av olika typer av batteritekniker har möjliggjort utvecklingen. Fordonssektorn är generellt den bransch som är drivande för utvecklingen av batterier och dess användningsområden menar Ilka von Dalwigk, Policy Manager på InnoEnergy (Power Circle,

2020a). Därmed har den snabba omställningen till en elbilsflotta inneburit en hög utvecklingstakt för nya elbilsbatterier. Dessa kan användas som energilagring. Företaget BatteryLoop är en aktör på branschen som tar tillvara dessa batterier och återanvänder dem för energilagring (RISE, 2023a). BatteryLoop har genom sitt smarta energilagring fördubblat livslängden, från 10–12 år som batteriet används i elbilar till cirka 20 år (RISE, 2023a).

Elbilsbatterier skulle också kunna gå att använda i en högre grad under elbilars användarfas. Nyttjandegraden för elbilar är, precis som för övriga bilar, låg och elbilen står parkerad stora delar av dygnet. Det innebär att energi ligger lagrad på en plats där det inte behövs, när den skulle kunna användas till andra ändamål. Batterilagringskapaciteten hos den svenska eldrivna transportsektorn är nämligen stor. Enligt Power Circles senaste statistik över Sveriges elbilar och laddinfrastruktur från år 2023 är energilagringens kapacitet i elbilsbatterier 10 700 MWh (Elbilsstatistik, 2023). Enligt Energimyndighetens senaste statistik förbrukar småhus (byggt efter år 2011) 9,5 MWh per år, så 10 700 MWh räcker till cirka 1 121 småhus årliga elbehov.

En framtida teknik som diskuteras är Vehicle-to-Grid (V2G) tekniken. Kort innebär den att energi lagrad i fordonsbatterier kan överföras direkt till elnätet. För elbilsägaren kan V2G tekniken innebära att elbilens batteri blir ett potentiellt komplement till den stationära batterilagringen, med liknande fördelar. Om V2G är lönsamt eller inte för elbilsägaren är dock inte helt fastslaget (RISE, 2023b).

Något värdeskapande måste till innan konsumenten köper detta. Det kan vara att du får betalat för den el du återmatar eller att man i kombination med solceller blir mer självförsörjande, eller för vissa finns det ett värde i att bidra till en grön omställning.

- Mattias Persson, forskare inom elkraftssystem på RISE (RISE, 2023b).

Man ska göra en genomarbetad kalkyl innan man bestämmer sig. V2G är inte automatiskt lönsamt för att man har solceller på taket, utan det hänger på om man kan få tillräckligt betalt för sin överskottsel.

- Peter Herbert, senior utvecklingsingenjör E-mobility på Vattenfall Research and Development (Leman, 2021).

Idag finns V2G-tekniken på marknaden enbart i en mindre skala, och det dröjer sannolikt tills tekniken realiserar i någon omfattande skala. Det finns dock några faktorer som talar för V2G som en teknik att räkna med i framtiden. År 2022 kom en ISO-standard (ISO 15118-20) som standardiserade tekniken för dubbelriktad laddning och laddinfrastrukturen, och tekniken finns idag (Björklund, 2023). Bland annat har det svenska företaget Garo, utvecklare och tillverkare av innovativa produkter och lösningar inom el och e-mobility, förberett sina laddboxars mjukvara för V2G (Garo, 2023).

Framöver finns det möjligheter att en elbilsägars laddbox ska kunna leverera upp till 300 kW till elnätet (Björklund, 2023). Aggregerat blir kapaciteten stor bland elbilsägare och en

betydande aktör för Sveriges elsystem och dess balans. Ett forskningsprojekt som är en del av Forsknings- och innovationsprogrammet SamspeL visar att bilbatterier kan sänka effekttopparna vid en laddstation med hela 80 procent (Power Circle, 2020a).

Att V2G-tekniken i dagsläget inte är implementerad i någon större omfattning beror på hinder såsom svensk lagstiftning (saknas för V2G-tekniken specifikt), oklarheter rörande säkerhetsaspekter och att nätet inte är byggt för marknadsanpassad användning (Björklund, 2023). Det finns ett flertal pågående forskningsprojekt som undersöker V2G-tekniken och hur hindren för den tekniken kan överbryggas. Projektet ”Forskningsprojekt: V2X”, som drivs av Polestar, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborgs Energi, CTEK och Ferroamp med finansiellt stöd från Energimyndigheten, är ett av dessa projekt. Projektet, som påbörjades år 2021, har som målsättning att påskynda omställningen mot elektrifiering av transportsektorn genom att stödja elinfrastrukturen och skapa värden för elbilsägare (Chalmers, 2023). Projektet har bland annat resulterat i affärsmodeller som gör V2X (Vehicle-to-Everything, däribland V2G) finansiellt attraktivt för elbilsägare och generell kunskapsspridning om tjänster och värde från V2X (Chalmers, 2023).

3.4 Utveckling av batterilagring internationellt

Enligt en nyligen publicerad undersökning av McKinsey står bostadssektorn för den minsta andelen av den totala globala energilagringsskapaciteten (McKinsey & Company, 2023). McKinseys prognos visar att den globala bostadssektorn förväntas ha en total batterilagringsskapacitet på 20 GWh år 2030, och den totala globala kapaciteten förväntas enligt samma källa vara 520–700 GWh. Trots den förhållandevis lilla kapaciteten är bostadsmarknaden ett attraktivt marknadssegment enligt McKinsey. Som anledningar till detta nämner de att prosumenter kan uppnå en hög grad av självförsörjning, att det på sikt kan leda till en minskad belastning på elnätet med mera.

Marknaden för nätanslutna stationära batterilagringssystem är störst i Tyskland, följt av Italien, Storbritannien och Österrike, se Diagram 1. I Tyskland gick startskottet för det europeiska intresset för stationär batterilagring när den tyska offentliga investeringsbanken KfW år 2013 införde ett ekonomiskt stödsystem för prosumenter (SolarPower Europe, 2020). Genom att ge lån med låg ränta och bidrag till återbetalningen för solpanelsanläggningar under 30 kW i kombination med stationär batterilagring stimulerades tillväxten. Årligen installeras cirka 63 000 nya batterilagringssystem bland bostäder i Tyskland, och marknaden förväntas vara fortsatt attraktiv framöver.

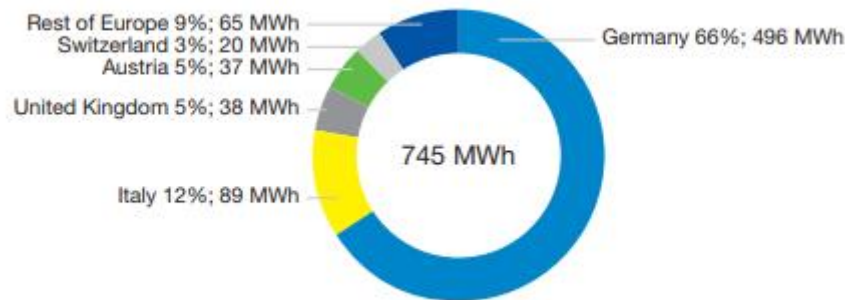


Diagram 1: Den globala kapaciteten år 2019 för nätansluten stationär batterilagring bland bostäder. Källa: (SolarPower Europe, 2020).

På den italienska marknaden tog tillväxten fart efter av lanseringen av det ekonomiska bidragsprogrammet i regionen Lombardiet (SolarPower Europe, 2020). Bostadsägare fick då skattelättnader på 50 procent om de investerade i solcellsanläggningar i kombination med batterilagringssystem. Det första batterilagret i kombination med solcellsanläggning registrerades år 2015, och har sedan dess ökat årligen. År 2019 var den totala batterilagringsskapaciteten i Italien 89 MWh, se Diagram 1. Enligt statistik från år 2020 utnyttjas batterilagren i nuläget enbart till att lagra energi till egenanvändning eftersom Italiens lagstiftning inte tillåter export eller import av prosumenter lagrade el. Trots det är marknaden attraktiv i Italien. Det framgår tydligt av att 90 procent av solcellsinstallatörer erbjuder batterilagringssystem i samband med övrig installation (PV Europe, 2022).

En annan växande marknad för batterilagring är Storbritannien. Under perioden 2010 till 2019 kunde invånarna ansöka om ekonomisk kompensation för all el genererad från solcellsanläggningar, oavsett om elen exporterades till elnätet eller inte (SolarPower Europe, 2020). Batterilagringsskapaciteten tog fart något senare än marknaden för solceller, år 2015, till följd av lägre installationskostnader och minskad vinst för exporter av el genererad med solceller. Storbritannien har inte infört något ekonomiskt incitament såsom skattelättnader för batterilagring, men marknaden förväntas ändå vara fortsatt attraktiv. Som skäl till detta anger SolarPower Europe (2020) att prosumenter vill öka sin självständighet från elnätet till följd av ökade elkostnader och ett alltmer osäkert energiläge.

Internationellt finns det också lärdomar att hämta från bland annat Spanien, där virtuella solcells batterier är en teknik på framväxt (Energynordic, 2023). Virtuella batterier existerar inte fysiskt som stationära batterier, det är istället prosumenter överskottsel som flödar genom det virtuella batteriet in i elnätet och mängden registreras med hjälp av smart teknik (Almasiova, 2022). I stället för energi lagras mängden el som pengar i det virtuella batteriet i en slags "solcellsplånbok" (Energynordic, 2023). När prosumenter sedan behöver importera el från elnätet betalas enbart distributionsavgiften (Almasiova, 2022). Anledningen till dess växande popularitet i Spanien är att installationskostnaden är väldigt låg och att prosumenter nu kan utnyttja den sparade elen mycket mer flexibelt än tidigare (Energynordic, 2023). Exempelvis

kan prosumenterna utnyttja ”sin el” flera månader efter att den exporterades till elnätet (Almasiova, 2022). Prosumenterna kan dessutom betala andra bostäders elräkning med sin solcellsplånbok.

3.5 Batteriernas livscykel och miljöpåverkan

Litiumjonbatterier är idag den vanligaste typen av batteri som används för energilagring (McKinsey & Company, 2023). Det finns olika typer av litiumjonbatterier, LCO (LiCoO₂) och LFP (LiFePO₄) (Melin, uå). Energilager är av typen LFP. Sammansättningen i LFP-batterier presenteras i Tabell 3.

Tabell 3: Litiumjonbatteriet LFP procentuella sammansättning (Melin, uå).

Hylsa		Strömtilledare		Anodmaterial	Katodmaterial		Övrigt
10 % stål	10 % aluminium	5 % aluminium	7 % koppar	18,1 % grafit	1,4 % litium	11,3 % järn	37,2 %

Produktion och utvinning: Produktion av batterier är mycket energikrävande och har en betydande klimatpåverkan. En av de största bidragande effekterna från batteriproduktionen kommer från utvinningen av metaller och mineraler. För batterier används vanligtvis metaller som litium, kobolt, nickel, mangan och grafit, vilket kräver stora mängder energi och resurser för utvinning och förädling. Utvinningen kan även ha negativa effekter på ekosystemet och de lokala samhällena i närheten av extraktionsplatserna. Dessutom innefattar utvinning och produktionsfaser ofta transportintensiva processer där de utvunna råmaterialen behöver transporteras över långa avstånd till produktionsanläggningar, vilket också kan ha en betydande miljöpåverkan.

En studie utförd av IVL Svenska Miljöinstitutet visar att utsläppen från tillverkningen av litiumbatterier för fordon uppgår till mellan 61–106 kilo CO_{2e} per kilowattimme batterikapacitet (Emilsson & Dahllöf, 2019). För genomsnittliga fordonsbatterier för personbilar kommer nästan hälften av klimatpåverkan från brytning och förädling av råvaror, medan resterande klimatpåverkan kommer från själva tillverkningsprocessen av batteriet. Klimatpåverkan från utvinning och produktionsfasen kan variera avsevärt och beror på flera faktorer, såsom metall- och materialinnehåll, sammansättningen av batteriet, tillverkningsmetoder och användning av förnybar energi. Även batteriets storlek spelar en roll i dess klimatpåverkan.

Dock går det enligt forskning från Chalmers att minska batteriernas klimatpåverkan. Detta genom att skala upp produktion av batterier till gigafabriker (Karlsson, 2022). Om fabriken dessutom drivs med förnybar el kan utsläppen bli så låga som ¼ av ursprungsutsläppen. Energianvändningen kan dessutom minska upp till 58 procent.

Användarfas: Förutom för energilagring används Litiumjonbatterier i elfordon, elektronik, USP/datacenter och en rad andra ändamål, dessa presenteras i Diagram 2.

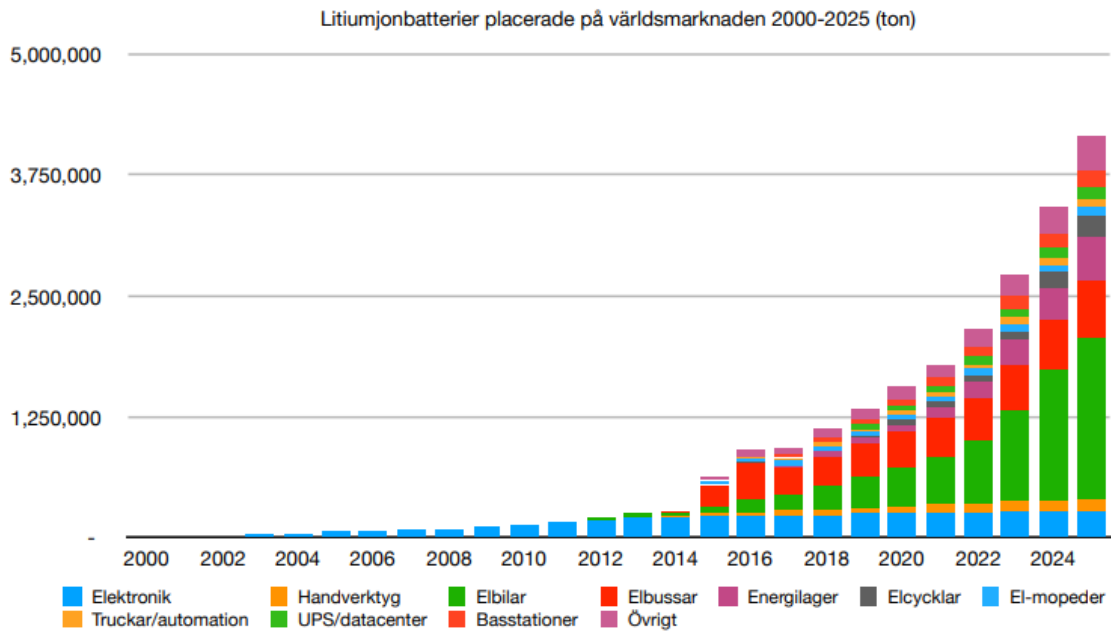


Diagram 2: Antal *Litiumjonbatterier i ton på världsmarknaden år 2000-2025* (Melin, uå).

Ett LFP litiumjonbatteri genomgår i regel över 2 000 cykler innan 20 procent av dess kapacitet försvinner (Melin, uå).

Slutfas: För att inte bli ett avfallsproblem måste batterier återvinnas. I dagsläget är återvinningsgraden låg för Litiumjonbatterier, speciellt av typen LFP (Melin, uå). Orsakerna till detta är många, bl.a. att LFP inte innehåller den värdefulla mineralen kobolt. Återvinningsgraden är därför låg i jämförelse med exempelvis LCO som innehåller kobolt (Melin, uå). Andra orsaker är att batterierna exporteras, att bostadsägare behåller batteriet hemma i stället för att lämna in det till batteriåtervinning m.m. (Melin, uå). År 2023 öppnade återvinningsbolaget Stena recycling en återvinningscentral för stora Litiumjonbatterier i Halmstad. Fortum har också en återvinningscentral för stora Litiumjonbatterier i Harjavalta, där kan den hydrometallurgiska återvinningsprocessen återvinna upp till 80 procent av Litiumjonbatteriet. Även Northvolt är en betydande svensk aktör som har en återvinningscentral, Revolt, i Skellefteå.

Batterier behöver inte kasseras/återvinnas enbart av skälet att de inte längre fungerar optimalt. Många av dagens batterier kan ha tillräcklig kapacitet kvar för att vara användbara i andra, mindre krävande, tillämpningar som energilagring i småhus. I stället för att kasseras eller enbart återvinnas kan dessa batterier återanvändas, vilket minskar behovet av att producera nya batterier och minimerar avfallet. När elbilsbatteriers kapacitet sjunkit under 80 procent (Cedås, et al., 2023) kan de fortfarande användas för energilagring i småhus.

Ett tydligt exempel på detta cirkulära tänkande är företaget BatteryLoops affärsidé. Bilbatterier som inte längre fungerar optimalt i sin ursprungliga applikation återanvänds för energilagring, se avsnitt 3.3. för mer information. Ett annat exempel hittas hos bostadsrättsföreningen Viva i

Göteborg som använde gamla batterier från elbussar för energilagring. Internationellt har biltillverkaren Kia inlett ett storskaligt samarbete med start-up bolaget Encore. Målet är att samtliga batterier som använts i Kias elbilar ska samlas in, testas och sen antingen återanvändas som energilagring eller återvinnas (Undéhn, 2022).

En stor utmaning med att återanvända gamla fordonsbatterier för energilagring är säkerhetsaspekten. Det beror på att det är olika regler när det gäller batterier i fordon och batterier i fastigheter. Det krävs godkännande från Elsäkerhetsverket för att få återanvända gamla fordonsbatterier i fastigheter. (RISE, 2023)

3.5.1 Marknadstrender

McKinsey har nyligen publicerat en marknadsanalys som undersökte olika batterilagringssystem (McKinsey & Company, 2023). I dagsläget är det främst Litiumjonbatterier som används som energilagring för byggnader. Framöver kommer det dock sannolikt råda brist på litium, vilket har stimulerat marknaden till innovation kring nya batteritekniker. Några tekniker som McKinsey pekar på är cellbaserade alternativ som natriumjon (Na-ion), natriumsvavel (Na-S), metall-luft och flödesbatterier. Natriumjonbatterier förväntas enligt McKinseys prognoser vara den teknik som har störst potential. Anledningarna är att den tekniken är betydligt billigare än litiumbatterier, cirka 20 procent, samt att dessa batterier löper mindre risk att drabbas av termisk överhettning.

På den svenska marknaden uppger solcellsaktören Svea Solar att saltvattensbaserade batterier, alltså natriumsvavel batterier, kan komma att konkurrera med dagens Litiumjonbatterier (Svea Solar, 2023). Saltvattensbaserade batterier har kapacitet att lagra upp till fyra gånger så mycket energi som Litiumjonbatterier (Winge, 2022). Tekniken har funnits i mer än 50 år, men det är först nyligen som forskare lyckats ändra elektroderna för att förbättra svavlets reaktivitet och därmed öka lagringskapaciteten.

3.6 Förändringar i energisystemet

Sveriges energisystem har genomgått en omvälvande transformation under de senaste decennierna. Tidigare var Sveriges elproduktion koncentrerad till ett fåtal centraliserade produktionskällor som vattenkraft och kärnkraft. Den ökade användningen av småskalig elproduktion har inneburit en transformation till ett mer decentraliserat och diversifierat energisystem. Dagens elnät, som främst byggdes under 1950-, 1960- och 1970-talet, var helt anpassat för att hantera enkelriktad transport av el, från stora centraliserade produktionskällor ned till energianvändaren. Dagens svenska energisystem är mer decentraliserat, vilket ställer nya krav på elnätet. Konsumenterna kan idag vara både elproducenter och elkonsumenter, som kort benämns för prosumenter.

Ett elnät kräver ständig balans mellan tillförd el och använd el. Om balansen inte upprätthålls finns risk för effektbrist. Störst risk för effektbrist råder under vinterns topplasttimme (när elförbrukningen är som högst under året). I Sverige är Svenska Kraftnät ansvariga för att upprätthålla effektbalansen, och de har effektreserver i beredskap om det skulle uppstå risk för effektbrist. Effektbrist har hittills aldrig inträffat i Sverige (Bixia, 2023), men i takt med det

ökade elbehovet som elektrifieringen av samhället leder till finns en reell risk för situationer med effektbrist framöver. Enligt Svenska Kraftnäts senaste rapport om Sveriges kraftbalans förväntas elbehovet att öka från 143 TWh år 2023 till 187 TWh år 2027, främst till följd av elektrifieringen av industrier. Detta kommer att signifikant försämra effektbalansen. Vidare skriver Svenska Kraftnät att en simulering de har gjort visar att effektbristen redan år 2027 potentiellt kan vara i 89 timmar, med ett medelvärde på 892 MW. I en annan rapport skriver Svenska Kraftnät att Sverige riskerar att ha effektbrist cirka 10 procent av tiden, enligt framtidsscenario för högst elbehov 2045, om ingen flexibilitetslösning används (Svenska kraftnät, 2021).

3.6.1 Svenska Kraftnäts stödtjänstmarknader

För att hantera störningar i kraftsystemet och upprätthålla balansen mellan produktion och användning av el i elnätet tillhandahåller Svenska Kraftnät olika stödtjänstmarknader där de kan köpa stödtjänster från aktörer på marknaden. Dessa stödtjänster varierar beroende på kraftnäts behov och inkluderar viktiga funktioner som Snabb frekvensreglering (FFR), Frekvensåterställningsreserver (Frequency Restoration Reserve, FRR), Frekvenshållningsreserver (Frequency Containment Reserves, FCR), Effektreserv och Störningsreserv. Genom att köpa reserver från aktörer på elmarknaden kan kraftsystemet stabiliseras och balanseras vid behov.

För att delta på stödtjänstmarknaden finns det vissa krav som måste uppfyllas. Ett av dessa krav är den minsta budstorleken som måste vara tillgänglig för att kunna delta. För FFR och FCR är den minsta budstorleken 0,1 MW, medan aFRR (automatisk frekvensåterställningsreserv) och mFRR (manuell frekvensåterställningsreserv) har ett budkrav på 1 MW respektive 5 MW.

Stödtjänstmarknaden har under de senaste åren växt betydligt och förväntas fortsätta öka i framtiden. Med ökad användning av volatila energikällor som sol- och vindkraft, samt ökade effektbehov till följd av elektrifiering, blir stödtjänster som kan stabilisera systemet avgörande. I Svenska Kraftnäts kortsiktiga marknadsanalys från 2022 har man analyserat utvecklingen av kraftsystemet för perioden 2023–2027 (Svenska kraftnät, 2022). I rapporten görs antaganden om ökningen av stödtjänsterna FRR, FCR-D upp och FCR-D ned, samt presenteras prognoser för framtida behov.

Under år 2022 ökade upphandlingsvolymen för FCR-D upp från 75 MW till 210 MW och förväntas öka till över 500 MW fram till 2030. Även behovet av FRR har ökat under de senaste åren, från cirka 50 MW år 2020 till närmare 75 MW år 2022. Prognosen visar att behovet av FRR förväntas nå en volym på nästan 250 MW år 2030. Svenska kraftnät har presenterat sina volymkrav för 2023, vilka visas i listan nedan (Svenska kraftnät, 2023).

- FFR: cirka 100 MW
- FCR-N: 231 MW
- FCR-D upp: upp till 558 MW

- FCR-D ned: upp till 538 MW
- aFRR: Upp till 111 MW
- mFRR: inget krav på lägsta inköpta volym

3.6.2 Lokala flexibilitetsmarknader i Sverige

För att hantera de utmaningar som elektrifiering och den ökade småskaliga elproduktionen bidrar till undersöks olika flexibilitetslösningar, där batterilagring är en möjlig åtgärd som ökar flexibiliteten i elanvändningen. I regeringens nationella strategi för elektrifiering anges flexibilitetslösningar dessutom om ett prioriterat område (Vattenfall, 2023). Strategin nämner bland annat att konsumenter ska kunna bidra till elnätets stabilitet genom att leverera flexibilitetskapacitet till nätet (Power Circle, 2022).

Idag finns det så kallade flexibilitetsmarknader. Flexibilitetsleverantörer kan sälja flexibilitetstjänster på marknadsplatsen, främst till region- och lokalnätägare, och hjälpa till med att balansera elnätet. En balanseringstjänst är exempelvis att motverka eventuell kapacitetsbrist som uppstår i elnätet. Till följd av att det svenska elnätet ursprungligen dimensionerades för att hantera ett lägre elbehov än det som råder idag kan kapacitetsbrist uppstå när den efterfrågade elektriciteten inte kan levereras, trots att det finns tillräcklig elektrisk kapacitet och effekt i nätet. Flexibilitetsmarknader kan då vara en marknadsbaserad lösning som frigör mer kapacitet, medan det svenska elnätet byggs ut för att hantera det förändrade energisystemet. Batterilagring kan bidra positivt till det framtida systemet.

Flexibilitetsmarknaderna utvecklas och administreras av marknadsoperatörerna, således är deras arbetsgivare nätägarna. Deras uppgift är att matcha köp- och sälj bud på marknaden, skriva avtal mellan flexibilitetsleverantörer och flexibilitetsköpare (nätägarna), säkerhetsställa att lagar efterlevs på marknaden med mera (Power Circle, 2022).

I Sverige finns det ett antal olika flexibilitetsmarknader, se Tabell 4.

Tabell 4: Lokala flexibilitetsmarknader i Sverige.

CoordiNet	Sthlmflex	Effekthandel Väst
<ul style="list-style-type: none"> • CoordiNet Uppsala (2021/2022) • Coordinet Skåne (2021/2022) • CoordiNet Gotland (2021/2022) • CoordiNet Västernorrland/Jämtland (begränsad tidsperiod) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2021/2022 • 2022/2023 	<ul style="list-style-type: none"> • Pilotsäsong 1: jan-mar 2022 • Pilotsäsong 2: vintern 2022/2023

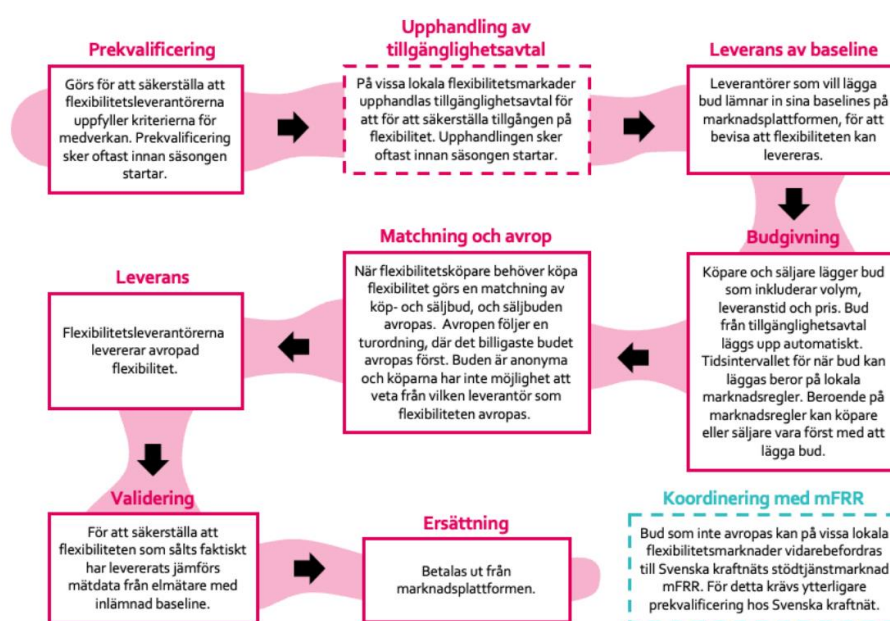
CoordiNet är ett EU-finansierat Horizon 2020-projekt. Huvudaktörerna är Vattenfall, E.ON och Svenska Kraftnät som samarbetar med andra aktörer som Uppsala kommun, Gotlands elnät, Energiforsk och Expektra. Handeln skedde på en plattform som kallades för SWITCH som övervakades av E.ON.

För att forska om hur kapacitetsbristen i Stockholms elnät kan minska fram tills att det har byggts ut med nya ledningar och kablar kom flexibilitetsmarknaden Sthlmflex till. Sthlmflex är

ett svenskt forskningsprojekt med huvudaktörerna Svenska Kraftnät, Ellevio och Vattenfall Eldistribution. Marknaden är ett komplement till övriga marknader såsom spotmarknader för elhandel och balansmarknader samtidigt som det koordinerar med övriga marknader. På så sätt underlättar marknaden för flexibilitetsleverantörer att delta på samtliga marknader.

Effekthandel Väst är en lokal flexibilitetsmarknad i Göteborg. Göteborg Energi är huvudaktören som köper flexibilitetstjänster, NODES är marknadsoperatören. Det intressanta med Effekthandel Väst är att Svenska Kraftnät inte deltog i dess etablering, det gör denna flexibilitetsmarknad unik.

Power Circle (2022) har illustrerat marknadsprocessen, se Figur 1.



Figur 1. Marknadsprocessen på flexibilitetsmarknaderna. Källa: (Power Circle, 2022).

3.6.3 Aggregatorer på den svenska marknaden

En typ av flexibilitetsleverantör som arbetar med tjänster som att motverka kapacitetsbrist benämns för aggregator. En aggregator är en tredjepartsaktör som samlar och samordnar resurser från andra aktörer. Aggregatörer är en relativt ny aktörstyp, men det finns redan flera aggregatörer på den svenska marknaden som helt eller delvist riktar sig mot det svenska småhusbeståndet.

Aggregatören och energitjänstföretaget CheckWatt AB har utvecklat det virtuella kraftverket *Currently* som utgörs av batterilager och andra flexibla resurser från hushåll, bostadsrättsföreningar, företag samt elhandels- och elnätsföretag runt om i Sverige (CheckWatt, 2023; Wickström, Tidningen Energi, 2022b). Genom att samla den lagrade energin från multipla aktörers batterilager kan CheckWatt agera aggregator och sälja frekvens- och balansregleringstjänster till Svenska Kraftnät. I utbyte får småhusägaren ekonomisk ersättning av Svenska Kraftnät. CheckWatt övervakar och styr batteriet åt småhusägaren genom smart

styrning. Användningen av batteriet visualiseras i CheckWatts tjänst EnergyInBalance där användaren även kan se det ekonomiska resultatet. Förutom smart styrning av batterilager erbjuder CheckWatt tjänster som smart styrning av produktion från solkraft samt vindkraft.

Företaget Ferroamp är också en aggregator (Ferroamp, 2023). Genom deras Ferroamp-system kan småhusägare koppla samman solceller, batterier och elbilsaddning i ett styrbart likströmsnät. Genom smart styrning kan Ferroamp-systemet ge småhusägaren möjligheten att övervaka och styra sin energianvändning i realtid. Batteriet blir ett flexibelt verktyg som kan bidra till att avlasta elnätet genom balansregleringstjänster till Svenska Kraftnät. Ferroamp agerar då aggregator och samlar energi i batterilager från mindre aktörer såsom småhusägare och säljer den samlade kapaciteten till Svenska Kraftnät. I utbyte får husägaren ekonomisk ersättning av Svenska Kraftnät. FerroAmp anger dock på sin hemsida att denna tjänst är under utveckling, och att för att använda tjänsten i dagsläget krävs att batteriet går att styra samt att det ska reagera snabbt. FerroAmp samarbetar för närvarande med Varberg Energi i ett projekt för att göra denna marknad mer tillgänglig för deras kunder.

Tibber är ett annat företag som erbjuder sina kunder smarta hemlösningar för att bli mer energieffektiva (Tibber, n.d.). Tibber grundades år 2016 och är en energileverantör och plattform för kunder som vill styra och övervaka sin energianvändning. Genom det integrerade hemmbatteriet Homevolt, som samverkar med Tibber-appens digitala plattform, erbjuder Tibber sina kunder smart styrning av deras batteri. Tibber hjälper även sina kunder att optimera sin energianvändning genom att samla in data från det smarta hemsystemet och med informationen kunna styra energianvändningen så att det blir så effektivt som möjligt, exempelvis genom att köpa el från marknaden när den är som billigast eller reglera värmen i huset. Genom att ansluta Homevolt-batteriet till Tibber-appen kan företaget även erbjuda flexibilitetstjänster till elnätet vilket bidrar med intäkter till kunden.

4 Aktörsanalys

4.1 Olika perspektiv

Utifrån litteraturstudierna har ett antal olika typer av aktörer valts ut som har antagits ha stor påverkan på den framtida utvecklingen av batterilagring i Sverige.

De aktörskategorier som har identifierats är:

- Småhusägare
- Företag som importerar och/eller installerar solceller
- Elnätsbolag – lokalnät och stamnätsoperatörer
- Aggregatörer / tredjepartsleverantörer
- Batteriexperter

Intervjuer med representanter för de olika aktörskategorierna har genomförts för att få en så bra bild av olika aktörers drivkrafter, synpunkter och hinder.

4.1.1 Småhusägare

Småhusägarna är en aktör med avgörande betydelse om det ska ske en storskalig etablering av batterilager i småhusbebyggelsen. Ett intresse krävs från småhusägarnas sida för att utvecklingen ska komma till stånd. Villaägarna är en partipolitisk obunden organisation med över 233 000 småhusägare som medlemmar. Med den kunskap som föreningens experter besitter får föreningen representera småhusägarna i denna studie.

<p>Malte Rungård Byggteknisk rådgivare, Villaägarna</p>	
<p>Varför borde villaägare investera i batterilager?</p> <p>Malte svarade följande när han fick frågan: ”Bland medlemmarna i Villaägarna finns det både de som vill satsa på dessa batterier och de som är skeptiska. Men för att det ska lyckas behövs mer forskning och tydlighet i hur ens pengar ger avkastning i både ekonomiska som miljömässigt perspektiv”.</p> <p>Maltes uppfattning är att en central drivkraft för villaägare är <u>potentialen</u> med batterilager, både i lönsamhet och i egenförsörjning. Han menar att det finns möjligheter i att ladda batteriet om nätterna från elnätet och om dagarna från solen för att sedan använda den lagrade energin för att försörja hushållet. Malte menar att det krävs att lönsamheten ökar rejält och att det gröna avdraget fortsätter gälla för att villaägare ska vilja investera i batterier i en högre grad framöver. Vidare säger han att i dagsläget är det en bättre investering att installera en ackumulatortank för 60–70 000 SEK istället för batterier, eftersom ackumulatortanken har längre livslängd (cirka 30 år).</p> <p>Malte säger att intresset för off-grid solcellsanläggningar är större än för nätanslutna solcellsanläggningar bland villaägare idag. Han menar att det alltmer</p>	<p>Vad hindrar villaägare från att investera i batterilager idag?</p> <p>Malte anser att lönsamheten för närvarande är för låg för att villaägare ska vara benägna att investera i denna teknik, särskilt med tanke på de nuvarande elpriserna. Investeringsviljan är starkt kopplad till hur elpriserna utvecklas i framtiden. Malte påpekar även bristen på allmänt accepterade kostnadsberäkningar för batterier, vilket är avgörande för att kunderna ska kunna få en tydlig översikt och fatta kloka investeringsbeslut.</p> <p>Säkerhetsaspekten med ett batterilager är också en central oro för villaägare enligt Malte. Han bedömer att det finns en ängslan över brandrisken till följd av termisk rusning. Är då enbart en litiumsläckare tillräcklig, eller behöver småhusägarna ytterligare utrustning? Malte betonar behovet av att öka dialogen och informera kunderna så att de känner sig trygga med att ha en batterilagringsanläggning i sina hem.</p>

<p>osäkra säkerhetspolitiska läget i världen gör att fler villaägare vill försäkra sig att de kommer att ha tillgång till el, genom sina off-grid anläggningar, om Sverige skulle drabbas av strömavbrott (kort eller långvarigt).</p>	
<p>Vad är din uppfattning om kunders intresse av att delta på olika flexibilitetsmarknader?</p> <p>Malte säger att han inte har upplevt ett stort intresse för det idag, men att det kan komma att bli mer intressant framöver till följd av den ökade risken för effektbrist och kapacitetsbrist i de lokala näten.</p>	<p>Ser du att det behövs någon ny/justerad lagstiftning för att gynna utvecklingen av batterilager?</p> <p>Lagstiftningen har kommits ganska långt idag, exempelvis kring ventilationskraven runt batterilager. Dock menar Malte att lagstiftning rörande brandsäkerhet måste förtydligas så att investeringen blir säker för villaägarna.</p>
<p>Hur stor bedömer du att den totala kapaciteten för batterilager är idag hos villaägare?</p> <p>Den totala kapaciteten är svår att uppskatta. Malte rekommenderar därför detta som ett område för fortsatt forskning.</p>	<p>Vad är din uppfattning om villaägares inställning till V2G-tekniken?</p> <p>Malte nämner att villaägare har haft frågor om hur V2G påverkar villaägarens elbilsgaranti. Enligt honom är det elbilstillverkarna som är den viktigaste aktören i den frågan, de måste tänka på V2G redan vid tillverkning.</p> <p>Han fortsätter med att säga att V2G är ”en metod som man kan titta på framöver, men det gäller att få klarhet i vad som gäller med elbilens batterigaranti. Biltillverkarna lämnar garanti för bilens syfte och inte laddningscykler för att driva fastigheters el eller elhandel”.</p> <p>Malte tillägger att en risk med V2G är elstöld. Han menar att en som kör en elbil kan ladda bilen på exempelvis jobbet eller på någon annans bekostnad och sedan sälja elen på sin egen anläggning. Malte avslutar med att säga att det krävs system som kan klara av och bevaka att elstöld inte uppstår.</p>

4.1.2 Företag som importerar och/eller installerar solceller

Företag inom solcellsbranschen har incitament att öka användningen av batterier. Företagens affärer kan utvidgas genom att solceller kompletteras med batterier. Incitamenten hos småhusägarna att installera solceller kan förbättras om de genom batterierna kan få ökad lönsamhet i sina solceller. Solcellsleverantörer Anna Werner är VD för branschföreningen Svensk Solenergi som har över 360 medlemsföretag.

<p>Anna Werner VD, Svensk Solenergi</p>	
<p>Varför bör villaägare investera i batterilager?</p> <p>Anna konstaterar att intresset för batterilagring är högt just nu, både för batterilagring i hemmet och i solcellsparken. Hon bedömer att det gröna avdraget och möjligheten att delta på olika frekvensmarknader har gjort batterilager lönsamma för småhusägare. Hon säger också att detta är en trend som troligtvis kommer att hålla i sig under några år framöver.</p>	<p>Vad hindrar villaägare från att investera i batterilager idag?</p> <p>Anna bedömer att den lönsamhet som småhusägare kan uppleva idag när de säljer flexibilitetstjänster på frekvensmarknaderna inte kommer att vara lika stor i framtiden. Det beror på att ju fler som investerar i batterilager, desto högre blir konkurrensen på marknaden.</p> <p>Anna bedömer säkerhetsrisken med att ha ett batteri som ett hinder för småhusägare. Hon ser dock möjligheter att minska den risken, som att placera batteriet i ett separat batterihus i trädgården.</p>
<p>Behövs det någon ny lagstiftning för att gynna utvecklingen av batterilager?</p> <p>Utvecklingen av batterilager är nära kopplad till utvecklingen av solceller, säger Anna. Hon betonar att utvecklingen av batterier är avgörande för solcellsbranschen.</p> <p>Anna påpekar att för närvarande beviljas småhusägare det gröna avdraget endast om stödet avses användas för att installera ett batterilager i samband med en småskalig elproduktionsanläggning, t.ex. solceller. Hon föreslår att detta ska ändras så att småhusägare kan ansöka om det gröna avdraget för enbart batterilager. Anna</p>	<p>Vilken nuvarande lagstiftning är av hög vikt för implementering och utveckling av batterilager?</p> <p>Förutom lagstiftning som reglerar säkerhet, som krav på ett visst avstånd mellan batteriet och grannar, nämner Anna vikten av bra lagstiftning för installation av batterilager för att säkerställa korrekt installation. Hon betonar även att lagstiftning som berör transport av batterier är av stor betydelse för att säkerställa säkra transporter.</p>

poängterar också att dessa batterilager har samhällsnytta, såsom frekvensstabilisering, och bör därför gynnas av skattereduktion.	
---	--

4.1.3 Elnätsbolag – lokalnät och stamnätsoperatörer


Nätbolagen är viktiga aktörer som kan ha incitament att öka mängden batterikapacitet. Batterierna kan tillföra olika nyttor för elsystemet och elnäten.

Linda Werther arbetar som avdelningschef för avdelningen nätutveckling och nätmarknad på Eskilstuna Strängnäs Energi och Miljö. Eskilstuna Strängnäs Energi och Miljö är ett driftbolag som ägs och drivs av Eskilstuna Energi och Miljö och Strängnäs Energi AB.

<p>Linda Werther</p> <p>Avdelningschef, nätutveckling och nätmarknad på Eskilstuna Strängnäs Energi och Miljö</p>	 <p>Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö</p>
<p>Vad har batterilager för roll i kraftnätet?</p> <p>Linda påpekar att batterier inte bara kan påverka kraftnätet genom flexibilitetstjänster, utan även genom att bidra till att jämna ut effekttopparna. Med en potentiellt hög batterilagringsskapacitet kan belastningen på elnätet minska och fler kunder kan anslutas. Linda nämner också att hög solelsproduktion kan leda till för höga spänningar i nätet, och att batterilagring potentiellt kan vara en lösning för att dämpa dessa spänningsproblem.</p>	<p>Vilka möjligheterna finns det för småhusägare att påverka kraftnätet genom användning av batterilager?</p> <p>Linda betonar behovet av en aggregator som kan samla in och sammanställa effekten från flera mindre batterilager till en större sammanlagd effekt. Hon menar att privata småhusägare inte kommer att vara direkta kunder för elnätsbolaget när det gäller flexibilitetsmarknaden, utan att en tredjepartsaktör behövs som en mellanhand. Genom att aggregera batterierna kan det skapas en marknad även för småskaliga privatägda batterier.</p> <p>Hon påpekar även vikten av att aggregatorerna måste ha ett systemperspektiv för att göra det bästa för systemet och därigenom skapa samhällsnytta.</p>
<p>Finns det några utmaningar relaterade till privatägda batterier och deras påverkan på elnätet?</p> <p>Linda påpekar att småhusägare inte kommer att stöta på problem med att installera</p>	<p>Hur stor skulle du uppskatta att lagringsskapaciteten för batterier är idag?</p>

<p>batterier så länge de håller sig inom sitt abonnemang. Det är först när abonnemanget överskrids som det kan uppstå utmaningar i elnätet, och i vissa fall kan nätet behöva förstärkas. Detta är dock främst ett problem för storskaliga batterilager.</p>	<p>Linda berättar att med de storskaliga batterierna som är på väg in i systemet så finns en potentiell kapacitet på upp mot 40–50 MW. Å andra sidan konstaterar Linda att det är svårt att uppskatta den totala lagringskapaciteten i småhus, och för närvarande beräknas inte sammanslagningseffekterna för batterier. Detta gör det svårt att fastställa den exakta kapaciteten.</p>
--	---

Magnus Brolin arbetar som Elmarknadsstrateg på Svenska Kraftnät, Svenska Kraftnät. Svenska Kraftnät är den myndighet som är systemansvarig för kraftsystemet i Sverige och som förvaltar och utvecklar Sveriges transmissionsnät.

<p>Magnus Brolin</p> <p>Elmarknadsstrateg, Svenska Kraftnät</p>	
<p>Vad har batterier för roll i kraftnätet?</p> <p>Magnus menar att Svenska Kraftnät rör sig på en högre systemnivå och att batterier kan påverka mer på lokal eller regional nivå men att Svenska Kraftnät fortfarande har behov att köpa stödtjänster där batterier börjar spela en större roll. Även om bidragen från batterier på dessa marknader idag inte är så stora så är det något som kommer mer och mer. Han nämner också att batterier har stor potential och att batterier kan spela stor roll på flexibilitetsmarknader och för att minska flaskhalsar i systemet.</p>	<p>Hur ser möjligheterna ut för småhusägare att påverka kraftnätet med batterilagring?</p> <p>Magnus nämner att det i allmänhet krävs en aggregator för att småhusägare idag ska kunna påverka stödtjänstmarknaden. I dagsläget ser det svårt ut för det enskilda hushållet att direkt påverka stödtjänstmarknaden. Magnus säger fortsättningsvis att batterilagring i hushåll kan påverka systemet men att det är den aggregerade volymen som har betydelse för Svenska Kraftnät. Han påpekar också att en central fråga är kombinationen av solceller och batterier och inte enbart batterier.</p>
<p>Hur tror du att utvecklingen av batterier kommer att se ut framöver?</p> <p>Magnus tror att batterier kan komma att bidra mycket på flexibilitetsmarknader men att utvecklingen beror på hur kostnadseffektiva</p>	<p>Vilka faktorer är nödvändiga för en ökad investering i batterilager?</p> <p>En viktig faktor som påverkar ökningen av investeringar i batterier är kostnadsreduktioner. Magnus menar att det</p>

<p>olika teknologier blir. Vidare tror han att batterier rent tekniskt har stor potential men att det är svårt att veta exakt och att sätta en konkret siffra på hur stor potentialen är. Han fortsätter med att säga att intresset för batterier har förändrat i och med elkrisen och att man kan se en ökning av investeringar i solceller och därmed troligtvis också ett ökat intresse för batterier. Han tror även att investeringskostnaden för batterier kommer att bli lägre den närmaste framtiden.</p>	<p>inte enbart handlar om kostreduktioner för batteriet utan hela kedjan inklusive solceller. Solceller, batterier och elbilar hänger alla ihop. Han nämner också att omvärlden kan påverka utvecklingen av batterier. Om elpriserna blir höga under nästkommande vinter också kan det ha en effekt på investeringsviljan hos privatpersoner.</p>
<p>Hur bör batterier användas för att det ska bli så gynnsamt som möjligt för elsystemet?</p> <p>Magnus menar att så länge systemnytta skapas är det positivt, att det finns systemriktiga incitament. Från Svenska Kraftnäts sida är det viktiga inte vilken teknik som löser utmaningar med t.ex. flexibilitet. Om folk investerar i batterier och kopplar upp sina styrsystem så att det hjälper systemet, är Svenska Kraftnät positiva till det.</p>	

4.1.4 Aggregatörer / tredjepartsleverantörer

Genom att ta fram nya produkter och lösningar har aggregatörerna tredjepartsleverantörerna en viktig roll att skapa tjänster som möjliggör för privatpersoner att tjäna pengar på sina installerade batterier. Genom att skapa inkomstbringande tjänster kan fler privatpersoner förväntas installera batterier.

Ngenic, som grundades år 2010, är ett energiteknikföretag som digitaliserar och effektiviserar energisystemet. De är ledande inom smarta energitjänster som förändrar energisystemet i grunden utan komplex integration.

<p>Joachim Lindborg Integrationsarkitekt, Ngenic</p>	
<p>Varför borde villaägare investera i batterilager?</p> <p>Joachim menar att det finns tydliga fördelar med batterilager och poängterar bland annat möjligheten att lagra elen från solceller</p>	<p>Vad hindrar villaägare från att investera i batterilager?</p> <p>Joachim poängterar att det inte riktigt är ekonomiskt lönsamt idag för villaägare att investera i batterilager för att spara solel.</p>

<p>under dagen för att utnyttja elen under kvällen. Ytterligare fördel han tog upp var att batterier kan hantera effekttoppar, så om villaägare /fastighetsägare vill ha tillgång till mer effekt finns det alltid tillgängligt i deras batterilager.</p>	<p>Villaägare, speciellt de med större batterier, får just nu betalt för den kapaciteten de kan leverera till Svenska Kraftnät stödtjänstmarknader. Han menar dock att Svenska Kraftnät behovet teoretiskt skulle kunna tillfredsställas med några fotbollsplaner med batterier, vilket skulle vara billigare.</p> <p>Joachim fortsätter med att diskutera frågan ur ett större samhällsperspektiv där han ställde sig frågan: Vem är det egentligen som behöver elen som är lagrad i batterier? Är det elnätsbolagen? Villaägaren? lokala Energigemenskaper? Att villaägare ska ha sammanlagt 3 miljoner batterier i sina hem och att samtliga ska delta på Svenska Kraftnät stödtjänstmarknader för att lösa Svenska Kraftnät problem är inte troligt menar Joachim.</p> <p>Ytterligare hinder Joachim nämner är säkerhetsrisken med batterilager, närmare bestämt risker i samband med brand. Joachim tog då upp att i en energigemenskap, eller energisamfällighet, kan denna risk kringgås genom att samfälligheten har ett gemensamt batterilager i en container i elnätet istället för hemma i villan.</p>
<p>Tror du att småhusen kommer att ta en alltmer aktiv roll i att balansera elnätet (via aggregatorer och flexibilitetsmarknader som Sthlmflex)?</p> <p>Joachim svarade att han tror mycket på det.</p>	<p>Vad är din uppfattning om kunders intresse av att delta på dessa flexibilitetsmarknader?</p> <p>Joachim svarade att det ”är ganska stort men inte hos gemene man. De flesta håller på att fundera på elprisstyrning inte flexibilitet”.</p>

4.1.5 Batteriexperter

Patrik Johansson, professor och forskare på Chalmers, blev tillfrågad om den framtida tekniska utvecklingen för batterilager i småhus och svarade att ”natriumjonbatterier kommer alldeles

snart ta en marknadsdel”. Vidare svarade Patrik att det är stort fokus på V2X marknaden och dess utveckling idag, snarare än utvecklingen av batterilager.

4.2 Drivkrafter och hinder

Intresseorganisationen Power Circle har under 17 månader drivit projektet ”Lokal energilagring eller traditionella nätförstärkningar”, se avsnitt 3.2.1. Enligt projektets intervjustudie menar respondenterna, representanter från olika nätbolag, att det finns ett generellt intresse för ny teknik men att branschen inte är mogen för det idag. De nämnde ett flertal utmaningar, bland annat tillförlitligheten, kostnader, osäkerhet i hur de ska få ersättning, tid och resurser för att starta nya projekt, cybersäkerhet och säkerhetslagstiftning. Fokuset för nätbolagsaktörerna är att upprätthålla ett robust nät, som är stabilt och långsiktigt, och att eventuell ”*kommunikation till någon ny smart pryl måste kunna haverera utan att hela elnätet går ned*”. I intervjustudien sammanställdes, förutom hinder, fyra centrala drivkrafter för ny teknik som batterilagring; 1) Innovation/ny teknik kräver en eldsjäl som är drivande i projektet. 2) Hela organisationen måste vara delaktiga i omställningen, inte bara högsta ledningen. 3) Ökad kunskap genom bl.a. pilotprojekt hade gynnat inställningen till ny teknik. 4) Akut behov av lösningar till dagens kapacitetsproblem.

År 2022 publicerades Svenska Kraftnäts omvärldsanalys med fokus på energilagring (Svenska kraftnät, 2022). Enligt rapporten finns ett behov av ökad etablering av energilager och andra flexibilitetstjänster. Dock betonar Svenska Kraftnät att batterilagrets funktioner måste upprätthålla de krav som ställs på Svenska Kraftnät stödtjänstmarknader, inklusive den tekniska prestandan och kommunikationsmöjligheter. Genom att säkerhetsställa att kommande energilager bidrar till elsystemets elbehov kommer den samlade samhällsnyttan för batterilager att öka markant.

Anledningen till att Sveriges stationära batterilagringsskapacitet inte har nått den tillväxt som i länder som Tyskland är Sveriges höga andel vattenkraft, som utgör en stor balanserad kraft i det nuvarande svenska energisystemet (Wickström, 2022b). Framöver kommer vattenkraft dock inte räcka till för att balansera elsystemet (Wennberg, 2023b) och andra flexibilitetslösningar kommer att behövas i större utsträckning, däribland batterilagring. Enligt Vida Wachtmeister, Sverigechef på solcellsaktören Otovo, är det väsentligt att sprida kunskap och medvetenhet om potentialen med stationär batterilagring i Sverige, så att vi inte hamnar på efterkälken (Wennberg, 2023a).

Konsultbolaget McKinsey genomförde nyligen en undersökning riktad mot batterilagringssystemens kundsegment i Tyskland (McKinsey & Company, 2023). Syftet var att undersöka vilka faktorer som kunder prioriterade i samband med batterilagringssystem. Undersökningen visar att pris och prestanda (34 procent av respondenterna) var de viktigaste faktorerna följt av säkerhet och garanti (19 procent) och installationskostnader och ledtider (14 procent) Diagram 3.

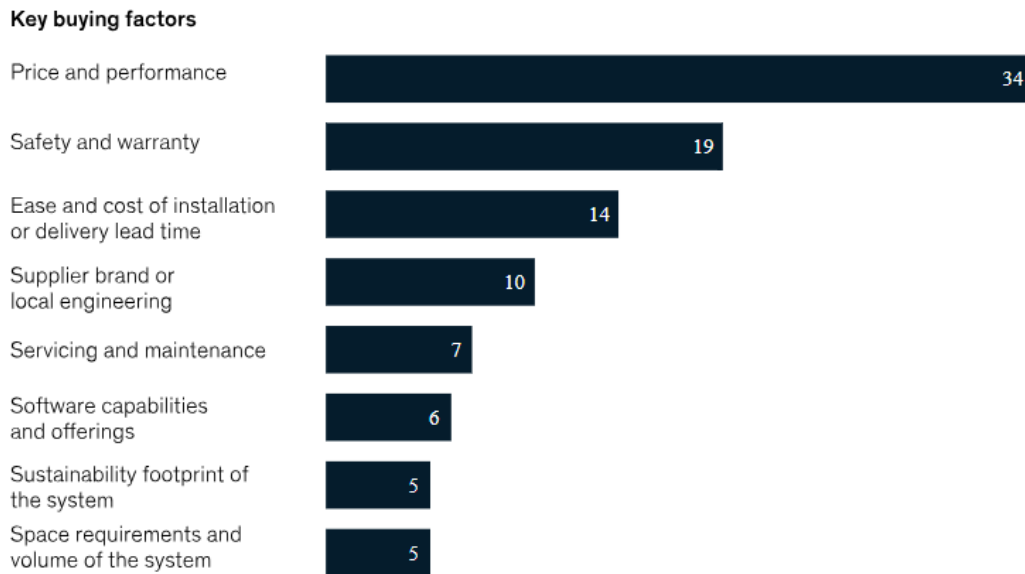


Diagram 3: Undersökning från Tyskland över vilken faktor som kunder värderar högst i samband med batterilagringssystem (McKinsey & Company, 2023).

4.3 Installation av batterilager i småhus

Installation av batterilager i småhus måste enligt lag utföras av elinstallatörsföretag. Installatörer måste vara registrerade hos Elsäkerhetsverkets företagsregister och är endast behörigt att utföra elinstallationsarbete inom de verksamhetsområden som ingår i deras egna kontrollprogram. Det åligger köparen att säkerställa att installatören är korrekt registrerad hos Elsäkerhetsverket och har rätt behörighet att genomföra installationen. Vid installation av batterilager tillämpas verksamhetstypen "elproduktionsanläggningar". Elinstallatören måste följa Elsäkerhetsverkets föreskrifter vid installation (Elsäkerhetsverket, 2022). Vid installation av batterier krävs en skriftlig anmälan till elnätbolaget innan arbetet påbörjas, och efter att installationen har kontrollerats måste elinstallatören göra en färdiganmälan till elnätbolaget innan batterilagret kan tas i drift. Enligt lag är det också ägarens ansvar att regelbundet kontrollera anläggningen.

Batterier som har installerats och underhålls enligt de standarder och regelverk som finns anses som säkra, dock finns det risker med batterier som är viktiga att vara medveten om. Det vanligast typen av batterier som används idag är litiumbatterier. Litiumbatterier riskerar att vid höga temperaturer och vid överladdning leda till termisk rusning, okontrollerad frigörelse av battericellens energi, vilket kan skapa självantändning och svårsläckta bränder (Elsäkerhetsverket, 2022b). Genom termisk rusning kan även farliga eller giftiga gaser frigöras vilket kan leda till hälsorisker. Det är dock ovanligt att ett sådant allvarligt fel inträffar om installationen är korrekt genomförd och batteriet underhålls på rätt sätt. För att minimera risker för spridning av brand från batterier är det viktigt att ta hänsyn till placeringen av batteriet.

Vanligtvis köps batterilager som en färdig CE-märkt produkt där värme-och kylsystem är inbyggt i produkten. Om batterilagret platsbyggs är det viktigt att tänka på att det krävs kringutrustning för styrning och övervakning av batteriet.

4.4 Intäktsströmmar från användandet av batterilager

Det finns olika intäktsströmmar för batterilagring beroende på användningsområdet och marknadsvillkoren. Batterilager kan erbjuda fördelar för olika aktörer och generera intäkter för flera parter samtidigt, beroende på de tjänster som erbjuds. Enligt CheckWatt, en aggregator som samlar kapacitet från ett stort antal batterier för att sedan sälja den samlade kapaciteten till elnätet, kan en batteriägare med en effekt på 10 kW generera intäkter på närmare 20 000 kronor per år (Energinyheter, 2022). Intäkterna kan dock variera beroende på flera faktorer, exempelvis beror det på vilka tjänster som erbjuds, batteriets kapacitet, användningsmönster samt marknadsförhållanden och variationer i elpriser.

Effektpoolen är ett företag som samarbetar med CheckWatt för att underlätta för privatpersoner att investera i effektbalansering och generera intäkter genom att sälja sina batteritjänster (Effektpoolen, 2023). Enligt Effektpoolens beräkningar kan en privatperson som säljer sina batteritjänster förväntas tjäna mellan 14 500 och 43 700 SEK under 2023, beroende på batterikapaciteten (5 kW respektive 15 kW). Effektpoolens siffror är baserade på marknadspriser under 2023 och de förtydligar att intäkter och priser kan variera mycket beroende på marknadsförhållanden, efterfrågan av tjänster och batterianvändningen.

Några av de tjänster som kan generera inkomstströmmar från batterilager beskrivs nedan.

- **Energilagringstjänster:** genom att lagra egenproducerad el som sedan kan säljas vid tidpunkter då det är hög efterfrågan på el och elpriserna är höga.
- **Arbitrage:** genom att köpa el från marknaden för lagring när priserna är låga för att sedan sälja elen när priserna stiger.
- **Effektutjämning:** genom att kapa effekttoppar kan det maximala effektuttaget minska samt den totala kapaciteten som behövs. Detta kan leda till minskade abonnemangskostnader och elnätsavgifter. Det kan skapa intäkter både för batteriägaren samt för lokala eller regionala elnätsbolagen.
- **Frekvensreglering:** genom att sälja stödtjänster i form av frekvensreglering på Svenska Kraftnäts stödtjänstmarknader. Detta kan gynna både batteriägare, aggregatorer samt elnätsbolagen.
- **Reservkraft och nödström:** genom att erbjuda reservkraft vid behov, exempelvis vid strömavbrott, kan batterilagret generera intäkter för såld kapacitet.

Intäkterna från batterilager är starkt beroende av de förhållanden som råder på elmarknaden och efterfrågan på de erbjudna tjänsterna. Elpriserna på marknaden varierar dynamiskt baserat på fluktuationer i efterfrågan och tillgång. Efterfrågan beror på elproduktionen samt kapacitets- och effektbehovet, vilka varierar över tid. Den växande andelen förnybara energikällor, som sol- och vindkraft, gör att väderförhållanden och säsonger får en större inverkan på

elproduktionen. Dessa faktorer gör det svårare att kontrollera och förutsäga produktionsnivåerna, vilket kan öka behovet av tjänster för effektutjämning och frekvensreglering.

4.5 Påverkan av EU-direktiv och regelverk

I detta avsnitt presenteras administrativa och ekonomiska styrmedel som har en anknytning till energilagring.

4.5.1 Administrativa styrmedel

EU har ett flertal direktiv som reglerar marknaden för energilagring. En av de mer betydande är *EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2019/944 om gemensamma regler för den inre marknaden för el*, benämns ibland för ”Elmarknadsdirektivet”, fortsättningsvis förkortad till EU direktiv 2019/944. I direktivet står det:

***Systemoperatörer bör inte äga, utveckla, förvalta eller driva energilagringsanläggningar.
Enligt den nya utformningen av elmarknaden bör energilagringstjänster vara
marknadsbaserade och konkurrenskraftiga.***

- Hämtat från EU direktiv 2019/944 (62).

Genom direktivet har alltså systemoperatörerna, eller nätägarna, tydligare krav på att utvärdera flexibilitet och olika batterilagringstekniker som alternativ till den investering som varit mest frekvent använt historiskt - nätinvesteringar (Power Circle, 2022). I praktiken förekommer det att nätägare förbiser detta genom att deras dotterbolag driver energilagringsanläggningar. Dan-Eric Archer, VD på CheckWatt, menar att *detta är en gråzon som behöver reglering och transparens* då det hämmar den fria marknaden (Wickström, 2022b).

Till år 2024 ska en ny EU-lagstiftad nätkod om efterfrågefleksibilitet träda i kraft som heter Demand Respons, benämns även för ”flexkoden”. Syftet med nätkoder i allmänhet är att skapa ett gemensamt regelverk för el- respektive gasmarknaden, således underlätta överföring och handel mellan länder och över gränserna. Det finns olika nätkoder som fokuserar på olika områden. Vad just flexkoden kommer att innebära för den svenska marknaden går i nuläget inte med bestämdhet att säga, eftersom den är under utformning. Det man vet är att det kommer att underlätta för kunder att delta på olika marknader, samtidigt som elnätsföretagen får möjlighet att hantera dessa kunder (Lindholm, 2023).

År 2020 presenterade EU ett förslag för hur direktiv 2006/66/EC, eller ”batteridirektivet”, skulle kunna moderniseras i linje med framtida hållbarhetsambitioner och samtidigt bibehålla och förstärka marknaden konkurrenskraft. År 2023 presenterades Europaparlamentet en trepartsöverenskommelse om förslaget (Cedås, et al., 2023). Det innehåller ett flertal olika relevanta områden:

- En ny typ av batteri införs, Electrical Vehicle Battery.
- Electrical Vehicle Batteries och industriella batterier ska ha ett Battery Management System för att kunna styra och övervaka batteriernas hälsa samt livslängd.
- Från och med 2027 måste en viss andel av batterier vara av återvunnen metall.
- Det kommer införas säkerhetskrav för stationära batterilagringar.

Sveriges nationella strategi för elektrifiering, benämnd Elektrifieringsstrategin, har också en betydande roll för den framtida utvecklingen av energilager. Strategin består av fem nyckelområden och 12 punkter, där punkt nummer fem ”Ökad flexibilitet och energilagring” är den relevanta för energilager. Punkt nummer fem uppmuntrar en högre grad av flexibilitet i elnätet genom innovativa lösningar, som smart styrning av energilager. Vidare står det att smarta lösningar som kan erbjuda bättre hantering, analys och optimering måste främjas.

EUs förnybarhetsdirektiv 2009/28/EC kan också komma att påverka energilagringsskapaciteten framöver. Kortfattat innebär direktivet att en gemensam ram för främjande av förnybar energi upprättas inom EU. Vidare anger direktivet ett bindande mål för medlemsstaterna angående den totala andelen energi som ska komma från förnybara energikällor år 2030. En allt större produktion och användning av förnybar el påverkar elnätets stabilitet till följd av minskad mängd rotationsenergi. Rotationsenergi hjälper till med att hålla en jämn frekvens i elnätet genom att ”köpa oss tid” vid avvikelser, som plötsligt frekvensfall, fram till dess att elnätet kan parera med ökad eller minskad elproduktion/-konsumtion. I de svenska systemen är det främst vattenkraft och kärnkraft som bidrar med denna rotationsenergi. Energilager kan därav komma att bli en alltmer viktig flexibilitetsresurs framöver för att hantera minskningen av rotationsenergin i Sveriges elnät.

4.5.2 Ekonomiska styrmedel

Gröna skatteavdraget: Den 1 januari 2023 höjdes skattereduktionen för installation av solceller från 15 till 20 procent (Energimyndigheten, 2023). För installation av solcellsbatterier och laddboxar är skattereduktionen på 50 procent. Skattereduktion för grön teknik avser installationer i:

- *Ett småhus eller en ägarlägenhet som ägs av den som begär skattereduktion.*
- *En lägenhet som upplåtits med bostadsrätt och som innehas av den som begär skattereduktion.*
- *En byggnad under uppförande som ägs av den som begär skattereduktion och som när den är uppförd ska vara ett småhus eller en ägarlägenhet.*

Observera att skatteavdraget enbart beviljas om den ansökande planerat att installationen ska kopplas till en nätansluten anläggning för egenproduktion av förnybar el. Om bostaden byggs när ansökan sker, beviljas skatteavdraget enbart om batterilagret kopplas till elnätet så snart byggnaden är klar.

4.6 Affärsmodeller kopplade till batterier

Batterier är fortfarande en relativt dyr investering där risken för långa återbetalningstider och att investeringen inte blir lönsam ses som hinder för småhusägare. Enligt Dan-Eric Archer, VD på CheckWatt, kan en investering i ett batteri återbetalas inom ett till två år (Wickström, 2022b). Huruvida det faktiskt är lönsamt, eller så pass lönsamt, för småhusägare att investera i batterier råder det delade meningar om.

Idag är det inte lönsamt med solcells batteri då överskottsel, kombinerad med skatterabatten kan vara mer lönsamt att sälja än att lagra i ett eget batteri

- Malte Rungård, byggteknisk rådgivare på branchorganisationen Villaägarna (Villaägarna, 2023).

Batterier är fortfarande en dyr investering och att nå lönsamhet är ofta utmanande

- Power Circles syntesrapport (Power Circle, 2020a).

Lönsamheten för ett batteri påverkas av dess användning och de tjänster som batteriet bidrar med. I sin syntesrapport *Batterier i framtidens elsystem* har Power Circle gjort en syntes av resultaten från en delmängd av de projekt som gjorts inom Energimyndighetens forsknings-och innovationsprogram SamspeL om batterilagring (Power Circle, 2020a). Resultaten visar att för att uppnå lönsamhet för batterilagret krävs att batteriet används till flera olika tjänster, så kallat ”service stacking”. Beroende på hur batterilagren är tänkt att användas kan affärsmodellen och ägarstrukturen komma att variera. Power Circle nämner två typer av modeller som kan komma att användas när flera typer av aktörer får en betydande roll i elsystemet:

- **Batterier som en tjänst (Energy Storage as a Service, ESaaS)**

Batterier som en tjänst innebär att en tredjepartsaktör tar fullt ansvar för både investering och drift, där tredjepartsaktörer äger och underhåller batterier och en person kan ingå ett serviceavtal istället för att köpa batterilagret.

- **Intäktsdelning**

Vid intäktsdelning menas att intäkter från försäljning av tjänster delas upp mellan batteriägaren och den som levererar tjänsterna. Detta kan exempelvis vara en aggregator eller balansansvarig. Intäkterna delas enligt en förutbestämd procentsats.

4.6.1 Batterilagring för off-grid

Genom att integrera ett batterilagring med privatägda solceller kan hushåll uppnå självförsörjning när det gäller elproduktion och förlita sig enbart på egenproducerad el i stället för att vara anslutna till elnätet, vilket kallas för off-grid. I denna konfiguration används batterilagret för att lagra överskottet av egenproducerad el för att sedan användas under kvällar och nätter då ingen solenergi produceras. Lönsamheten av att gå off-grid med solceller och batterilagring för

småhusägare beror på flera faktorer, såsom installations- och underhållskostnader för solceller och batterilager, livslängd och återbetalningstid, energianvändning i hushållet, energipriser samt lokala förutsättningar som väderförhållanden, solinstrålning och avstånd till elnätet.

Den genomsnittliga elanvändningen i ett småhus uppgår vanligtvis till mellan 25–75 kWh per dygn medan den genomsnittliga batterikapaciteten hos ett solcells batteri ligger mellan 5–15 kWh. Alltså kan inte solceller kombinerat med ett solcells batteri helt täcka det genomsnittliga småhusets dagliga elbehov, det krävs en kombination av lösningar. En annan utmaning är att solenergin är beroende av väderförhållanden och varierar säsongsmässigt.

4.6.2 Cirkulär affärsmodell för batterilager

Med den ökade elektrifieringen inom fordonssektorn och den växande andelen eldrivna fordon, blir behovet av en hållbar avfallshantering av batterier allt viktigare. År 2025 förväntas närmare 250 000 ton batterier från fordonssektorn behöva hanteras, då de inte längre har kapacitet att användas i fordonen (Mälardalens Universitet, 2022). För närvarande bedrivs flera forskningsprojekt inom området för att hitta lösningar som kan öka cirkulariteten av batterier och förlänga dess livslängd.

Idag utnyttjas endast cirka 20 procent av kapaciteten hos ett elfordonsbatteri innan det anses förbrukat och inte längre kan användas i fordon, trots att 80 procent av batteriets kapacitet fortfarande finns kvar. Genom att återanvända fordonsbatterier för energilagring kan man förlänga batteriets livslängd och samtidigt minska miljöpåverkan från batteriet. Ett företag som tillhandahåller produkter baserade på återanvända fordonsbatterier för energilagring är Batteryloop. Genom deras smarta energilagringssystem, *BatteryLoop Energy Storage Systems* (BLESS) (BatteryLoop, n.d.), kan de optimera energiförbrukningen och erbjuda olika tjänster till elnätet. Genom att välja återanvända fordonsbatterier istället för att köpa nya batterier kan man undvika mellan 61–106 kilo koldioxidekvivalenter per kWh batterikapacitet (Emilsson & Dahllöf, 2019).

5 Litteratursammanställning

Det pågår mycket diskussioner om potentialen med batterier och energilagring i småhus, men få exempel erhållna ur verkligheten som visar på denna potential. En nyligen publicerad artikel talar om just det, energilagring som en nutida lösning. Den 25 augusti 2023 stängdes kärnkraftsreaktorn Oskarshamn 3 plötsligt ned, vilket medförde att frekvensen i elnätet sjönk kraftigt. Räddningen var CheckWatt ABs virtuella kraftverk Currently. Currently bidrog med 12 MW, därmed undveks ett totalt elsystemhaveri. (Aktuell energi, 2023)

En nackdel med stora centraliserade kraftverk är sårbarheten vid fel. Ett elsystem med omfattande sol- och vindkraft, tillsammans med batterier och andra resurser, skulle ge avsevärd ökad driftsäkerhet jämfört med dagens system.

- Dan-Eric Archer, VD CheckWatt (Aktuell energi, 2023)

Sårbarheten i Sveriges energisystem idag är en realitet. Reaktorer i Forsmark och Oskarshamn har snabbstoppats vid olika tillfällen sedan sommaren 2022 (Aktuell energi, 2023).

6 Scenarioanalys

6.1 Scenario 1: Vad är den nuvarande energilagringsskapaciteten i småhusbeståndet?

Det saknas statistik över energilagringsskapaciteten i det svenska småhusbeståndet. I Sverige finns det cirka 2,1 miljoner småhus, och det är okänt hur många av dessa som har installerade nätanslutna batterier. Den genomsnittliga batterilagringsskapaciteten för solcellsbatterier hos enskilda prosumenter ligger för närvarande mellan 5–15 kWh (Hemming, 2023). För att bedöma den potentiella batterilagringsskapaciteten i Sveriges småhusbestånd har beräkningar genomförts för olika andelar av småhusbeståndet, med antaganden om att 1, 5 och 10 procent av beståndet har installerade nätanslutna batterier i sina hushåll. Beräkningarna visas att om 1 procent av småhusbeståndet installerar ett solcellsbatteri kan den totala batterikapaciteten uppgå till mellan 105–315 MWh. För 5 och 10 procent kan den totala batterikapaciteten potentiellt uppgå till 540–1 580 respektive 1 050–3 150 MWh el, se Tabell 55.

Tabell 5: Potentiell batterilagringsskapacitet för olika andelar av installation av batterier.

Andel småhus med installerat nätanslutet solcellsbatteri	Antal hushåll (st)	Potentiell batterilagringsskapacitet (MWh)
1 %	21 000	105–315
5 %	105 000	537–1 575
10 %	210 000	1 050–3 150

Beräkningar har även gjorts för det potentiella effektuttaget för nätanslutna batterilager. Det potentiella effektuttaget skiljer sig från den totala lagringsskapaciteten som ett batterilager har. Det maximala effektuttaget hos batterilager beror av flera faktorer, bl.a. batterityp, storlek, batteriets prestanda och ålder, urladdningshastighet. I det här scenariot antas effektuttaget från batterier vara hälften så stort som energilagringsskapaciteten. Beräkningar har således gjorts för effektuttag på 2,5 kW, 5 kW respektive 7,5 kW. Antagandet baseras på produktinformation om batterier från olika försäljare. Det är viktigt att notera att effektuttaget kan skilja sig väsentligt mellan olika typer av batterier och det är svårt att anta ett genomsnittligt uttag. Beräkningarna har gjorts för samma andelar av småhusbeståndet som i de tidigare beräkningarna (1, 5 respektive 10 procent). Resultaten visas i Tabell 66.

Tabell 6. Potentiell effektkapacitet om 1, 5 eller 10 procent av småhusbeståndet installerar batterilager.

Andel småhus med installerat solcellsbatteri	Antal hushåll (st)	Total effektkapacitet som potentiellt kan uppnås om batteriet har ett effektuttag på 2,5 kW (MW)	Total effektkapacitet som potentiellt kan uppnås om batteriet har ett effektuttag på 5 kW (MW)	Total effektkapacitet som potentiellt kan uppnås om batteriet har ett effektuttag på 7,5 kW (MW)
1 %	21 000	52	105	158
5 %	105 000	262	525	788
10 %	210 000	525	1 050	1 580

6.2 Scenario 2: År 2022 nivå på batteriinvesteringar hålls konstant fram tills år 2040

Enligt den statistik som Svensk Solenergi redovisat i anknytning till det gröna avdraget visades en kraftig ökning av investeringar i nätanslutna solcellsbatterier mellan åren 2021 och 2022, från 135 MSEK till 927 MSEK, innan skatteavdrag (Svensk Solenergi, 2023). Statistiken visar en ökning på närmare 800 MSEK under åren 2022. Om ett snittbatteri kostar cirka 66 000 SEK för konsumenten före skatteavdraget (Svensk Solenergi, 2023) och batteriet i fråga har en batterilagringskapacitet på 5–15 kWh (Hemming, 2023) innebär det en total kapacitet på 70 till 210 MWh investerad i Sverige år 2022. Om samma investering i batterier bland småhus fortsätter fram till år 2040 och där priset för inköp av batteriet inte ändras skulle den potentiella batterilagringskapaciteten uppgå till mellan 270 MWh och 4 TWh år 2040, se Tabell 7.

Antagande:

- Samma investering i batterier som år 2022 (927 MSEK) fortsätter fram till 2040.
- Snittpriset för inköp av ett batteri förblir 66 000 SEK.
- Batteriets lagringskapacitet är 5–15 kWh.

Tabell 7: Antal batterilager och potentiell lagringskapacitet 2022 och 2040.

	År 2022	År 2040
Totalt antal privatpersoner som investerade i batterilager	14 040 st	266 900 st
Total lagringskapacitet om varje batteri har en kapacitet på 5–15 kWh	70–210 MWh	270 MWh – 4 TWh

Viktigt att understryka är att antaganden gjorts för både snittpris och lagringskapaciteten för batterierna, där dessa antas vara oförändrade till 2040. Med fortsatt forskning och utveckling av batterilager kan priserna för tekniken förväntas minska samt att kapaciteten kan komma att öka även för småskaliga batterilager. Dessa framsteg kan förändra investeringsnivån och installationen av batterier, och med högre kapacitet kan den totala batterilagringskapaciteten överstiga det beräknade scenariot.

6.3 Scenario 3: 25 TWh solenergi lagrad bland småhusbeståndet

År 2019 publicerade Energimyndigheten rapporten *100 % förnyelsebar el; Delrapport 2 - Scenarier vägval och utmaningar* som undersökte olika framtidsscenario till hur Sveriges elproduktion ska kunna uppnå målet att bli helt förnybar till år 2040 (Energimyndigheten, 2019). Ett scenario var att Sverige skulle ha 25 TWh solelsproduktion fram tills år 2040. 25 TWh motsvarar 25–30 GW installerad effekt och 14 procent av den totala elproduktionen. Implementering skulle kräva 200 km² solpaneler, vilket motsvarar 5 miljoner anläggningar på 5 kW eller 350 000 anläggningar på 70 kW eller 3 500 parker på 7 MW.

För att beräkna antalet batterilager som behövs för att kunna lagra all den sol som produceras i scenariot används antagandet att dimensioneringen av batterikapaciteten (kWh) motsvarar 0,5–1 gånger solcellernas installerade topp effekt (Energimyndigheten, 2019). 25 TWh solelsproduktion motsvarar 25–30 GW vilket ger en total batterikapacitet på 12–30 GWh. Den genomsnittliga batterilagringens kapaciteten hos ett solelsbatteri är idag 5–15 kWh. Antalet batterier som behövs för scenariot blir därför mellan 830 000 och 2 miljoner batterier med en kapacitet på 15 kWh eller mellan 2,5 och 6 miljoner batterier med en kapacitet på 5 kWh, se Tabell 8.

Tabell 8: Antal batterilager som behövs för att lagra 25 TWh sol.

	Scenario med en total batterikapacitet på 12,5 GWh	Scenario med en total batterikapacitet på 30 GWh
Antal batterier som behövs installeras om lagringens kapaciteten är 15 kWh	833 000 st	2 000 000 st
Antal batterier som behövs installeras om lagringens kapaciteten är 5 kWh	2 500 000 st	6 000 000 st

7 Slutsatser

7.1 Effekter av storskalig användning av batterier

De potentiella fördelarna av omfattande användning av batterilager varierar beroende på vilket perspektiv som anläggs. Med en storskalig användning kan batterilager i småhusbeståndet ge en påverkan på elnätet, såväl för lokala elnäten, de regionala näten som stamnätet, där effekterna och dess nytta varierar.

Batterilagers roll i elnätet blir allt viktigare i samband med det ökade användandet av volatila energikällor, energiproduktionen blir mer varierande vilket också leder till variationer i elpriser.

Andra faktorer som också kan ha påverkan på batterilagrens roll i elnätet är samhällets ökande elektrifieringsgrad tillsammans med förändringar i beteendemönster och därigenom även användningsmönster samt förändringar i elhandeln vilket kan bidra till ökat behov av balanseringstjänster. Småskaliga batterilager kan påverka elnätet på många olika sätt. Genom att öka egenanvändningen och minska effekttoppar i hemmet kan batterier minska effektuttag från elnätet. För de flesta tjänster som småskaliga batterilager kan bidra med krävs en mellanhand, exempelvis en aggregator, som kan samla ihop effekten från flera småskaliga batterilager till en högre sammanlagd effekt och därigenom ha större påverkan på elnätet.

Intresseorganisationen Power Circle har under 17 månader drivit projektet ”Lokal energilagring eller traditionella nätförstärkningar” i samarbete med Uppsala universitet och forskningsorganisationen RISE. Projektets resultat har sammanställts i en rapport som publicerades 2020-04-30. I rapporten sammanfattas batterilagrens systemtjänster, se Tabell 9

Tabell 9: Batterilagrens systemtjänster (Power Circle, 2020b).

<i>Produktion</i>	<i>Överföring</i>	<i>Användning</i>
Arbitrage	Frekvensreglering	Elkvalitet
Kapacitetsutjämning	Dödnätsstart	Ökad egenkonsumtion
Minska risken för bortkoppling	Spänningsreglering	Minska effekttoppar
Effektreserv	Reaktiv effekt	Reservkraft
	Skjuta upp nätinvesteringar	
	Flaskhalshantering	

Batterier kan bidra med ett antal olika systemtjänster och nyttor på olika nivåer i kraftnätet. Batterier är en snabb och flexibel resurs och kan därför snabbt stötta och balansera upp elnätet vid behov. Några aktörer som kan dra nytta av tjänsterna från batterilager beskrivs i Power Circles rapport (Hansson, O, & Normark, 2014).

- **Slutanvändaren** - i form av besparingar på energiavgifter och effektabbonnemang samt intäkter från försäljning av el eller stödtjänster.
- **Distributionsföretag och transmissionsföretag** – genom minskad efterfrågan på kapacitet och vidare minskat behov av nätutbyggnad.
- **Systemansvarige och systemoperatörer** – i form av förstärkning av lokal kapacitet i elnätet.
- **Elmarknaden** – i form av korttidsreglering.

Enligt de genomförda intervjuerna med elnätsaktörer kan batterier i småhusbeståndet främst användas för att erbjuda flexibilitetstjänster och bidra till att balansera och stabilisera nätet vid behov. För det lokala nätverket kan en omfattande användning av batterilager i småhus också bidra till att jämna ut effekttoppar och minska belastningen på nätet, vilket i sin tur kan hjälpa till att undvika kapacitetsbrist. För stamnätet har batterier en roll i att erbjuda stödtjänster och

kan bidra till att minska flaskhalsar i systemet. I och med dessa tjänster kan batterier bidra till systemnytta för det svenska kraftnätet.

7.1.1 Kapa effekttoppar i elnätet

Batterilagring kan effektivt minska behovet av överföringskapacitet och jämna ut effektuttaget både för hushåll och elnätverken. Genom att bidra till att minska effekttoppar under höglasttimmarna kan batterilagring minska effektbehovet och reducera påfrestningen på effektkapaciteten. För närvarande finns det risk för effektbrist på flera platser i Sverige där den tillgängliga effektkapaciteten inte kan tillgodose behovet under de perioder som har högst elanvändning. Enligt Svenska Kraftnäts senaste rapport om kraftbalansen på den svenska elmarknaden har risken för effektbrist i det svenska kraftnätet stigit från låg risk till reell risk (Svenska Kraftnät, 2023). Enligt Svenska Kraftnäts prognos för effektbalansen vintern 2023/2024 förväntas effektbrist bli mellan 1 400–2 700 MWh/h under topplasttimmen, beroende på modellantaganden (normalvinter respektive tioårsvinter). Risken för effektbrist under vinterns topplastimme förväntas öka de närmaste åren.

Genom att öka användningen av batterier kan effekttoppkurvan jämnas ut och effekten under topplasttimmen kan reduceras. För att ge en bild av hur en storskalig användning av batterilager skulle kunna påverka elnätet gjordes därför beräkningar för flera scenarier där 1 procent, 5 procent respektive 10 procent av det svenska småhusbeståndet installerade batterilager. För beräkningarna användes tre olika värden för maximalt effektuttag (2,5 kW, 5 kW och 7,5 kW). Resultaten visar att det potentiella effektuttaget skiljer sig mycket beroende på andelen installerade batterilager och även beroende på batterilagrets storlek och dess maximala effektkapacitet. Resultatet visade att om 10 procent av småhusbeståndet installerar batterilager kan det totala effektuttaget uppgå till ca 1 600 MW effekt. Effektuttaget från batterilager skulle i det här scenariot kunna bidra till att minska effektbehovet under maxlasttimmarna och därmed påverka elnätet positivt.

Batterilagrens effekt kan användas antingen genom att kapa effekttoppar i enskilda småhus alternativt genom att sälja effektreserver till elnätet vid behov. Vid kombination av solelsproduktion och batterilagring möjliggör det att en betydande del av effektbehoven kan tillgodoses lokalt eller regionalt, vilket i sin tur kan minska behovet av överföring från högre spänningsnivåer och potentiellt minska nätavgifterna.

7.1.2 Minska risken för kapacitetsbrist och flaskhalsar i elnätet

Genom att minska effekttopparna och skapa en mer jämn belastning på elnätet kan även belastningen på överföringskapaciteten mellan olika platser och elnät minska. Flaskhalsar kan uppstå i systemet när det blir överbelastat och när det saknas tillräcklig överföringskapacitet för att transportera elektricitet mellan platser, från exempelvis elområde 1 och 2 i norra Sverige till elområde 3 och 4 i mellersta till södra Sverige.

I dagsläget råder elunderskott i södra Sverige, i elområde 3 och 4 och ett elöverskott i elområde 1 och 2. Vid kapacitetsbrist och brist i överföringskapaciteten mellan områden eller elnät krävs utbyggnad eller nätförstärkande åtgärder. Om problemet istället kan lösas genom att minska belastningen på nätet genom egenproducerad eller lagrad el kan stora investeringar för dessa utbyggnader eller förstärkande åtgärder undvikas alternativt senareläggas. Förändringar i elanvändning och behov ändras snabbt i och med urbanisering och den ökade elektrifieringen av samhället. Dessa förändringar kräver snabba åtgärder för att elnätet ska kunna tillgodose samhället med el. Nätutbyggnad och nätförstärkning är vanligtvis långvariga och investeringstunga processer, där en regionalnätledning kan ta 3–5 år att bygga och en transmissionsnätledning kan ta upp till 10–15 år att färdigställa (Energimarknadsinspektionen, 2020), sådana utbyggnader är dessutom oftast förknippade med långa tillståndsprocesser. Användningen av batterilager på en storskalig nivå kan därför vara ett kostnadseffektivt alternativ sett ur ett samhällsperspektiv. När småhusägare sänker sina effektabonnemang frigörs kapacitet som istället då kan användas för att skapa nya anslutningar.

En utmaning som har tagits upp i de intervjuer som genomfördes i aktörsanalysen är risken för att större batterilager med för hög kapacitet inte har möjlighet till att ansluta till det lokala nätet eftersom det nätet inte har tillräcklig kapacitet till det. En möjlighet som nämndes var därför småskaliga batterilager som håller sig inom sitt abonnemang för att undvika att elnätet behöver byggas ut för nya anslutningar.

7.1.3 Frekvensreglering och stabilitet

Nätanslutna batterier kan bidra med frekvensreglering och flexibilitet. Vid obalans i frekvens i kraftsystemet krävs stödjande tjänster som snabbt kan stabilisera frekvensen för att upprätthålla en stabil nätspänning. Vid störningar och frekvensavvikelser riskeras instabilitet i elnätet vilket kan leda till överbelastning och skador på anslutna system eller utrustning och i vissa fall även strömavbrott, vilket kan leda till exempelvis ekonomiska förluster både för privatpersoner, elbolagen och samhället.

Batterier har potentialen att fungera som en snabb frekvensreserv, så kallad FFR, som kan utnyttjas vid frekvensavvikelser. Genom en ökad andel frekvensreglerande tjänster kan lokala elnät bli mer stabila och pålitliga. Batterier har en snabb responstid och kan fungera som ett tillägg i frekvensregleringen för kortare tidsintervaller. Idag används flera typer av energikällor för stödtjänster där vattenkraft och kärnkraft har en stor påverkan då dessa är reglerbara. Batteriernas egenskaper gör de till ett bra alternativ till regleringstjänster i och med dess snabba responstid. Idag har Svenska Kraftnät volymkrav på mellan 100 MW och närmare 560 MW för de olika frekvensregleringstjänsterna, vilka förväntas öka i framtiden. Här kan batterilager spela en stor roll i utvecklingen av kraftnätets frekvensreglering. I och med risken för flaskhalsar i systemet kan det även skapas ett större behov av lokalt upphandlade stödtjänster.

Enligt de intervjuer som gjorts med aktörer från lokala elnätbolag och Svenska kraftnät vet man idag inte hur stor effekt batterilager kan komma att ha på elnätet, dock ses batterilager som ett alternativ för stödtjänster och dess påverkan på nätet förväntas öka i och med ökad investering i batterier.

Enskilda batterilager kan idag inte på ett effektivt sätt bidra som stödtjänst i elnätet eftersom kapaciteten är för låg för de volymer som efterfrågas, däremot kan en storskalig användning av batterier som genom en aggregator skapar en större sammanlagd kapacitet skapa nytta för elnätet i form av stödtjänster.

7.2 Miljöpåverkan från ökad batterilagring

En storskalig användning av batterilager kan komma att påverka miljön både positivt och negativt. Genom större lagringskapacitet kan användningen av förnybara energikällor användas. Samtidigt finns en risk att med en stor ökning av batterier krävs stora mängder naturresurser exempelvis sällsynta eller knappa metaller och mineraler. Det kan även bidra till högre koldioxidutsläpp från batteriproduktionen. En ökad användning av batterilager kräver även en god avfallshantering för att inte riskera skador på miljön.

7.2.1 Ökad andel förnybar energi

Eftersom förnybara energikällor, som exempelvis solceller och vindkraft, är volatila och icke-reglerbara uppstår osäkerheter och risker med att kunna säkerställa produktion och att behovet kan tillgodoses av produktionen. Med en större lagringskapacitet minskar riskerna och de förnybara energislagen kan ta en större plats i energisystemet. Genom att öka användningen av förnybar energi kan behovet av importerad el från länder där fossila bränslen används i hög utsträckning i elproduktionen reduceras. Även en minskad elanvändning vid höglasttimmar kan minska behovet av importerad fossileldad spetsproduktion.

Energimyndighetens presenterar i sin rapport *100 % förnyelsebar el; Delrapport 2 - Scenarier vägval och utmaningar* ett framtidsscenario där 100 procent av Sveriges elproduktion kommer från förnybara källor. En viktig del i detta scenario är att solcellproduktionen förväntas bidra med 25 TWh år 2040. För att lagra den totala solcellproduktionen i scenariot skulle det behövas mellan 830 000 och 6 miljoner batterier, beroende på lagringskapaciteten - i detta fall har kapaciteterna 15 kWh och 5 kWh undersökts.

Om vi istället antar att investeringarna i batterilager kopplade till solceller fortsätter i samma takt som år 2022, fram till 2040, skulle det innebära att ca 267 000 batterilager installeras fram till 2040. Detta scenario skulle kunna ge en ökad lagringskapacitet på upp till närmare 4 TWh solceller, under förutsättningen att varje batterilager är kopplat till en solcellsanläggning. År 2022 producerades närmare 2 TWh el från solkraft, vilket motsvarar strax över 1 procent av Sveriges elproduktion (Svensk solenergi, 2023).

Solcellsanläggningar ökar idag i högre takt än vad batterilager gör, där batterilager kan ses som ett komplement till solcellproduktionen. Genom att öka lagringskapaciteten skulle solcellproduktionen kunna bli mer pålitlig och användas i större utsträckning. Från aktörsanalysen betonas vikten av batteriutvecklingen, att utvecklingen av batterilager är avgörande för solcellsbranschen.

7.2.2 Miljöpåverkan från batteriproduktion

Batterier innehåller många olika metaller och mineraler, några av vilka ses som knappa där det finns en risk för brist av ämnena. Det finns flera olika typer av batterier där den vanligaste idag är litiumbatterier, för energilager är typen LFP den vanligaste. LFP innehåller ämnen så som aluminium, koppar, grafit, litium, stål och järn. Idag finns flera av de nämnda metallerna på EU kommissionens lista över kritiska eller strategiska råvaror, exempelvis ses aluminium, litium och grafit som kritiska eller strategiska ämnen. Vid en storskalig användning av batterier ökar behovet av kritiska metaller och mineraler och även risken att utbudet inte kan tillgodose efterfrågan. En ökad utvinning av metaller och mineraler kan också ha negativa effekter på lokala samhällen och ekosystem i extraktionsområdet.

Enligt en studie utförd av IVL kommer närmare hälften av utsläppen från batteriproduktionen av litiumbatterier (fordonsbatterier för personbilar) från brytning och utvinning av råvaror och den andra hälften från tillverkningsprocessen (Larsson, Persson, Romare, & Kloo, 2020). De totala utsläppen från produktionen har beräknats till mellan 61–106 kg CO₂e/kWh batterikapacitet. Resultatet skiljer sig från tidigare beräkningar då utsläppen beräknades vara mellan 150–200 kg CO₂e/kWh batterikapacitet (2017). Anledningen till de lägre utsläppen bedöms bero på att batterifabrikerna blir mer effektiva per producerad enhet när de maximeras produktionen. Även att större andel av energianvändningen för produktionen kommer från fossilmfria energikällor. Enligt forskning från Chalmers kan utsläppen från batteriproduktion minska till enbart ¼ av ursprungsutsläppen samt energianvändningen kan minska med upp till 58 procent, om fabriken skalar upp produktionen till gigafabriker.

7.3 Rekommendationer för ökad system- och miljönytta

Aggregatorer har en avgörande roll

Till följd av de förändringar som sker i energisystemet växer behovet av stödtjänster som kan stabilisera nätet. Stödtjänstmarkanden växer och förväntas fortsätta växa i framtiden. Här ses batterilager som ett bra alternativ som kan bidra med systemtjänster till elnäten, dock är i nuläget budkraven alldeles för höga för att enskilda småhusägares batterilager ska kunna vara med på marknaden. En genomsnittlig enskild småhusägares batterilager har inte kapaciteten att kunna bidra med en större samhällsnytta. Men tillsammans kan småhusägares batterilager bli en betydelsefull funktion för den svenska elmarknaden. För detta behövs koordinering, därav är och fortsätter aggregatorer att vara en viktig aktörskategori.

Service stacking kan öka lönsamheten och systemnyttan

Ett hinder som har identifierats är osäkerhet kring lönsamheten för batterilager. Batterilager ses fortfarande som en relativt dyr investering, där återbetalningstiden kan bli lång alternativt att batteriet blir privatekonomiskt olönsamt. Åsikterna om batterilagets lönsamhet varierar mellan de intervjuade aktörerna. Intäktsströmmarna från batterilager är flera, men för att uppnå lönsamhet för batterilagret krävs i nuläget att det används till flera olika tjänster, så kallat ”service stacking”. Genom service stacking blir batterilagret en resurs för elnätet för flera systemtjänster samtidigt och kan bidra både med frekvensreglering, effektutjämning samt som

effektreserv. En ökad lönsamhet genom service stacking kan ge fördelar både till batteriägaren och elnätet.

För att öka batterilagrets lönsamhet är det viktigt att undersöka potentiella inkomstströmmar som det kan generera. Dessutom krävs analys av hur olika tjänster kan kombineras för att skapa ett så ekonomiskt och effektivt system som möjligt. I dagsläget finns flera företag inom området för smarta system, vilka genom smart styrning kan utnyttja batteriets kapacitet på bästa sätt och skapa optimal nytta både för elnätet och batteriägaren.

Grönt avdrag även för batterier som inte är kombinerade med solceller

I dagsläget beviljas endast skatteavdraget för grön teknik om den ansökande planerat att installationen ska kopplas till en nätansluten anläggning för egenproduktion av förnybar el. Genom att möjliggöra för personer att beviljas skatteavdraget även för batterilager som inte är kopplade till anläggningar för egenproduktion, vanligtvis solcellsanläggningar, kan investeringstakten av batterilager förväntas öka och i sin tur även påverka på elnätet.

Ökad användning av second-hand batterier från fordonssektorn

Batterilagers effekter på miljön är tudelad. Ellagringskapaciteten kan vara en avgörande faktor i utvecklingen av solcellsanläggningar. Genom att kunna lagra elen från solkraft kan en större andel av Sveriges elproduktion komma från förnybara energikällor, vilket bidrar positivt till miljön när behovet av fossileldad spetsproduktion minskar. Samtidigt riskerar en stor ökning av batterilager leda till ökade utsläpp och högre extraktion av naturresurser när batteriproduktionen ökar.

För att batterilager ska ge både ökad systemnytta och miljönytta krävs en mer hållbar och cirkulär affärsmodell för batterilager. Ett alternativ är att återanvända förbrukade fordonsbatterier. Batterier för fordon använder endast 20 procent av sin fulla kapacitet innan de ses som förbrukade. Dessa batterier skulle kunna återbrukas till batterilager i småhus, och därigenom bidra till ökad livslängd för batterierna, minskade utsläpp från utebliven batteriproduktion samt reducerad efterfrågan på naturresurser som kritiska metaller och mineraler. Det är också av stor vikt att batteriproducenter använder sig av fossilfria energikällor, skapar energieffektiva processer och använder sig av återvunnet material i så stor utsträckning som möjligt.

Storskalig återvinning av batterier är avgörande

Med den ökande användningen av batterier i samhället är det av yttersta vikt att säkerställa en effektiv avfallshantering och framför allt öka återvinnings- och återbruksgraden för litiumbatterier. För närvarande är återvinningsgraden för litiumbatterier låg på grund av otillräcklig lönsamhet. För att möta den ökade batteriproduktionen krävs en betydande ökning av återvinningen. För att underlätta återvinningsprocessen behövs lagstiftning och regelverk som underlättar för aktörer inom återvinningsindustrin att agera. Det är av avgörande betydelse att batterier är designade och tillverkas på ett sätt som gör dem enkla att återbruka och återvinna.

Flera svenska företag har redan etablerat återvinningscentraler för litiumbatterier, men det krävs en ökning i återvinningen för att möta den ökande batteriproduktionen.

8 Förslag till fortsatt arbete

Slutsatserna av förstudien visar på att en storskalig användning av batterilager i småhusbeståndet har möjligheten att påverka elnätet och bidra till system- och miljönytta. Nätanslutna småskaliga batterilager kan bidra på flera olika sätt exempelvis genom att bidra till bättre stabilitet i kraftnätet, minska flaskhalsar och minska risken för kapacitetsbrist eller effektbrist. Med en ökad användning av batterilager förväntas även andelen förnybar energiproduktion att öka. Aktörerna som intervjuats menar att batterilager kommer att ha en roll i elnätet och att den förväntas öka, dock finns fortfarande osäkerheter om hur stor batterilagrets roll kommer att bli. Den totala batterilagringsskapaciteten i småhusbeståndet är idag okänd och det krävs vidare undersökning för att ge en bättre förståelse för vilka effekter batterilager har på elnätet. Samtidigt som aktörerna förväntar sig att batterilagrets roll kommer att öka nämns aggregatorers roll som en avgörande faktor för att småskaliga batterilager ska kunna bidra till högre systemnytta.

Några av de hinder som tas upp är osäkerheter kring säkerhetsaspekter samt lönsamheten. För att skapa så hög lönsamhet som möjligt krävs att batterilagret används för flera tjänster i kombination med varandra. Vilka affärsmodeller som skapar de bästa förutsättningarna och lönsamheten för batterilagret måste därför undersökas vidare. Nedan listas förslag till fortsatt arbete.

- **Omfattande konsekvensanalys.** För fortsatt arbete om att undersöka batterilagrets system och miljönytta är en konsekvensanalys av intresse. Är användningen av aggregatorer mer kostnadseffektivt än att ha eget batterilager? Det skulle också vara av intresse att undersöka skillnader i kostnader mellan storskaliga och småskaliga batterier.
- **Vidare analys av säkerhetsaspekter.** En mer detaljerad analys av säkerhetsaspekterna för batterilager behövs för att undersöka säkerhetsriskerna med batterilager i småhus. Även analys av lagar och regler gällande brandskydd för batterier. Behövs nationella regler och krav för batterier i småhus?
- **Utveckling av affärsmodeller för batterilager i småhus.** En vidare analys och undersökning av affärsmodeller för batterilager är viktig för ett fortsatt arbete. Frågor att besvara är vilken affärsmodell ger mest system- och miljönytta samt vad bidrar till högst lönsamhet?
- **Analys av aggregatorers roll.** I ett fortsatt arbete behövs även en djupare analys av aggregatorers roll, liksom en analys av vilka lagar och regler som möjliggör eller hindrar aggregatorernas roll.
- **Mer utvecklade scenarioanalyser och ekonomiska analyser.** För vidare arbete föreslås även en mer omfattande analys av batterilagrets påverkan på elnätet. En mer detaljerad undersökning av batteriets effektkapacitet, lagringsskapacitet, laddning och urladdningshastighet och batteriets livslängd (antal cykler) är av intresse för ett vidare arbete.

9 Referenser

- Aktuell energi. (den 28 Augusti 2023). Hämtat från Batterier stabiliserade elnätet när Oskarshamn 3 snabbstoppade: <https://aktuellenergi.se/batterier-stabiliserade-elnatet-nar-oskarshamn-3-snabbstoppade/>
- Almasiova, E. (den 13 Oktober 2022). *Fuergy*. Hämtat från Virtual or physical battery? Which works best with PV system?: <https://fuergy.com/blog/virtual-physical-battery-storage-comparison>
- BatteryLoop. (u.d.). *Sustainable power in real time*. Hämtat från Batteryloop: <https://www.batteryloop.com/> den 10 Oktober 2023
- Bixia. (den 03 Augusti 2023). Hämtat från Varför förekommer det elbrist i Sverige?: <https://www.bixia.se/energi-i-fokus/varfor-forekommer-det-elbrist-i-sverige>
- Björklund, F. (den 20 Juni 2023). *Elinstallatören*. Hämtat från 7 saker du behöver veta om vehicle to grid: <https://www.elinstallatoren.se/2023/06/7-saker-du-behoover-veta-om-vehicle-to-grid/>
- Cedås, E., Frisk, M., Ljungblom, L., Niklasson, F., Saleh, D., & Westberg, A. (2023). *Chalmers*. Hämtat från Återanvändning av fordonsbatterier för energilagring i fastigheter: <https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/31ae0086-3fb3-4ca6-8162-0e9f9dfa5b3c/content>
- Chalmers. (den 10 Februari 2023). *Research Chalmers*. Hämtat från Elbilar till allting – Mobilitet med extra tjänster (V2X-MAS): <https://research.chalmers.se/project/10258>
- CheckWatt. (den 21 Augusti 2023). Hämtat från Hjälp stabilisera elnätet med Currently: <https://www.checkwatt.se/currently>
- E.ON. (den 27 Juni 2023). Hämtat från Sverige elektrifieras – för klimat och hållbar tillväxt: <https://www.eon.se/om-e-on/kapacitetsbristen>
- Effektpoolen. (den 16 Oktober 2023). *Om Effektpoolen*. Hämtat från Effektpoolen: <https://www. effektpoolen.se/om-oss>
- Elbilsstatistik. (den 22 Augusti 2023). Hämtat från SVERIGES NATIONELLA STATISTIK FÖR ELBILAR OCH LADDINFRASTRUKTUR: <https://www.elbilsstatistik.se/>
- Elsäkerhetsverket. (den 01 December 2022). Hämtat från Installera ditt batterilager: <https://www.elsakerhetsverket.se/privatpersoner/din-elanlaggning/bygga-och-renovera/installation-av-batterilager/installera-ditt-batterilager/>
- Elsäkerhetsverket. (den 23 11 2022). *Säkerhetsrisker med batterilager*. Hämtat från Elsäkerhetsverket: <https://www.elsakerhetsverket.se/privatpersoner/din-elanlaggning/bygga-och-renovera/installation-av-batterilager/sakerhetsrisker-med-batterilager/> den 4 10 2023
- Emilsson, E., & Dahllöf, L. (2019). *Lithium-Ion Vehicle Battery Production - Status 2019 on Energy Use, CO2 Emissions*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Enequi. (den 21 Augusti 2023). Hämtat från Markant sänkta elkostnader, tryggare elförsörjning, smart elbilsaddning och ett högre värde på din villa.: <https://www.enequi.com/sv/villaagare/>

- Energiforsk. (den 22 December 2022). Hämtat från Pressmeddelande: Om sju år kan alla nya bilar som säljs vara elbilar: <https://energiforsk.se/nyhetsarkiv/pressmeddelande-om-sju-ar-kan-alla-nya-bilar-som-saljs-vara-elbilar/>
- Energimarknadsinspektionen. (2020). *Kapacitetsutmaningen i elnäten*. Eskilstuna: Energimarknadsinspektionen.
- Energimyndigheten. (den 31 December 2022). Hämtat från KVALITETSDEKLARATION Nätanslutna solcellsanläggningar: https://www.scb.se/contentassets/c3e84ca10db6455da22ae4abf65f3167/en0123_kd_2022_jt_20230331.pdf
- Energimyndigheten. (den 11 Januari 2023). Hämtat från Så kan du få skattereduktion för grön teknik: <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/vilka-stod-och-intakter-kan-jag-fa/skattereduktion-for-gron-teknik/>
- Energimyndigheten. (den 17 August 2023a). *Energimyndigheten Statistikdatabas*. Hämtat från Nätanslutna solcellsanläggningar, antal och installerad effekt, från år 2016 -: https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%c3%A4tanslutna%20solcellsanl%c3%A4ggningar/-/EN0123_1.px/table/tableViewLayout2/
- Energimyndigheten. (den 26 June 2023b). Hämtat från Kortsiktiga prognoser: <https://www.energimyndigheten.se/statistik/prognoser-och-scenarier/kortsiktiga-prognoser/>
- Energimyndigheter. (2019). *100 procent förnybar el: Delrapport 2 - Scenarier, vägval och utmaningar*. Energimyndigheten.
- Energinyheter. (den 13 November 2022). *Några av de tjänster som kan generera inkomstströmmar beskrivs nedan*. Hämtat från Energinyheter: <https://www.energinyheter.se/20221130/27921/hushallen-kan-tjana-pengar-pa-att-stotta-elsystemet#:~:text=En%20ny%20tj%C3%A4nst%20g%C3%B6r%20det,betalt%20f%C3%B6r%20att%20st%C3%B6tta%20elsystemet.> den 6 Oktober 2023
- Energynordic. (den 10 Februari 2023). Hämtat från Vad är virtuellt batteri: <https://energynordic.com/sv/green-energy/what-is-virtual-solar-battery/>
- Erik, E. (2019). *Lithium-Ion Vehicle* - . Stockholm: IVL Svenska miljöinstitutet.
- Ferroamp. (den 21 Augusti 2023). Hämtat från Energilagring i Ferroamp-systemet: <https://ferroamp.com/produkter/ferroamp-systemet/energilagring/>
- Fronius. (den 21 Augusti 2023). Hämtat från SOLEL – ÄVEN NÄR SOLEN INTE SKINER.: https://www.fronius.com/sv-se/sweden/solenergi/smahus/produkter-och-losningar/lagra-strom#anc_benefits
- Garö. (den 28 Augusti 2023). *Laddbox hemma*. Hämtat från Den optimala laddboxen för ditt hem: <https://www.garö.se/sv/losningar/elbilsladdning-villa>
- Hansson, M., O, J., & Normark, B. (2014). *Energilager i energisystemet*. Stockholm: Power Circle.
- Hemming, S. (den 23 Maj 2023). *HemSol*. Hämtat från Hur ska man dimensionera ett batteri till solceller?: [https://hemsol.se/solceller/solcellsbatteri/dimensionering/#:~:text=Solcellsbatterier%20finns%](https://hemsol.se/solceller/solcellsbatteri/dimensionering/#:~:text=Solcellsbatterier%20finns%20)

- 20i%20olika%20storlekar,anv%20C3%A4nds%20fr%C3%A4mst%20vid%20kommersiella%20 installationer.
- Karlsson, D. (den 05 April 2022). *Chalmers*. Hämtat från Storskalig batteriproduktion ger avsevärt mindre koldioxidutsläpp: <https://www.chalmers.se/aktuellt/nyheter/tme-storskalig-batteriproduktion-ger-avsevert-mindre-koldioxidutslapp/>
- Larsson, M.-O., Persson, M., Romare, M., & Kloo, H. (2020). *Hållbar elektromobilitet*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Leman, J. (2021). *Vattenfall*. Hämtat från Så kan V2G bli en vinstaffär för elbilsägare: <https://www.vattenfall.se/fokus/eldrivna-transporter/sa-kan-v2g-bli-en-vinstaffar-for-elbilsagare/>
- Lindholm, K. (den 10 Mars 2023). *Energiföretagen*. Hämtat från Flexibilitet: <https://www.energiforetagen.se/energifakta/flexibilitet/>
- Mälardalens Universitet. (den 3 Februari 2022). *Ökad livslängd på batterier ger ökade miljövinter*. Hämtat från Mälardalens universitet: <https://www.mdu.se/artiklar/2021/mars/okad-livslangd-pa-batterier-ger-okade-miljovinster-den-10-oktober-2023>
- McKinsey & Company. (den 02 Augusti 2023). Hämtat från Enabling renewable energy with battery energy storage systems: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/enabling-renewable-energy-with-battery-energy-storage-systems>
- Melin, H. E. (uå). *Forskningsöversikt om återvinning och återbruk av Litiumjonbatterier*. Energimyndigheten.
- Power Circle. (2020a). *Batterilager i framtidens elsystem - En syntesrapport över forskning och innovation inom SamspeL*. Energimyndigheten.
- Power Circle. (2020b). *Lokal energilagring eller traditionella nätförstärkningar?* Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Power Circle. (April 2022). *Lokala flexibilitetsmarknader - Faktablad från Power Circle*. Hämtat från <https://powercircle.org/lokala-flexibilitetsmarknader-2022.pdf>
- PV Europe. (den 24 Maj 2022). Hämtat från Around 90% of the Italian PV installers offer energy storage solutions: <https://www.pveurope.eu/solar-storage/italy-around-90-italian-pv-installers-offer-energy-storage-solutions>
- RISE. (den 31 Augusti 2023). Hämtat från Begagnade fordonsbatterier öppnar för nya industrier: <https://www.ri.se/sv/berattelser/begagnade-fordonsbatterier-oppnar-for-nya-industrier>
- RISE. (den 28 Augusti 2023a). Hämtat från Energilagring i återanvända bilbatterier: <https://www.ri.se/sv/berattelser/energilagring-i-ateranvanda-bilbatterier>
- RISE. (den 28 Augusti 2023b). Hämtat från Kan fler elbilar ge stabilare energisystem?: <https://www.ri.se/sv/berattelser/kan-fler-elbilar-ge-stabilare-energisystem?>
- Solaredge. (den 21 Augusti 2023). Hämtat från Lösningar för StorEdge® med elnätanslutning: <https://www.solaredge.com/swe/StorEdge-solutions/on-grid-solutions>

SolarPower Europe. (2020). *European Market Outlook for Residential Battery Storage 2020-2024*.

Solcellskollen. (den 07 Augusti 2023). *Solcellskollen*. Hämtat från <https://www.solcellskollen.se/vanliga-fragor/hur-mycket-solceller-bor-jag-installera>

Svea Solar. (den 05 December 2022). Hämtat från Batterier till solceller - fem skäl att satsa på lagring: <https://sveasolar.se/sv-se/blogg/batterier-till-solceller-fem-skal-att-satsa-pa-lagring>

Svea Solar. (den 21 Juni 2023). Hämtat från Så fångar, delar och sparar vi solen 2028: <https://sveasolar.se/sv-se/blogg/solceller-2028>

Svensk Solenergi. (den 22 Augusti 2023). Hämtat från Grönt avdrag – investerade belopp 2022: <https://svensksolenergi.se/statistik/gront-avdrag-investerade-belopp/>

Svensk Solenergi. (den 02 Juni 2023). Hämtat från Privatpersonerna investerade nästan en miljard kronor i batterier under 2022: <https://svensksolenergi.se/privatpersonerna-investerade-nastan-en-miljard-kronor-i-batterier-under-2022/>

Svensk solenergi. (den 16 Oktober 2023). *Statistik*. Hämtat från Svensk solenergi: <https://svensksolenergi.se/statistik/>

Svenska kraftnät. (den 21 Maj 2021). Hämtat från Flexibilitet avgörande för framtidens kraftsystem: <https://www.svk.se/press-och-nyheter/nyheter/allmanna-nyheter/2021/flexibilitet-avgorande-for-framtidens-kraftsystem/>

Svenska kraftnät. (2021). *Långsiktig marknadsanalys 2021: Scenarier för elsystemets utveckling fram till 2050*. Sundbyberg: Svenska kraftnät.

Svenska kraftnät. (2022). *Kortsiktig marknadsanalys 2022*. Sundbyberg: Svenska kraftnät.

Svenska kraftnät. (2022). *Lagring av el – omvärldsanalys*. Sundbyberg: Svenska kraftnät.

Svenska kraftnät. (den 12 september 2023). *Behov av reserver idag*. Hämtat från Svenska kraftnät: <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/behov-av-reserver-nu-och-i-framtiden/den-3-oktober-2023>

Svenska Kraftnät. (2023). *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden, rapport 2023*. Sundbyberg: Svenska Kraftnät.

Tibber. (u.d.). *Om Tibber*. Hämtat från Tibber: <https://tibber.com/se/om-oss> den 9 Oktober 2023

Tidningen energi. (den 14 December 2022). Hämtat från Borlänge Energi investerar 50 miljoner i batterilager: <https://www.energi.se/artiklar/2022/december-2022/borlange-energi-investerar-50-miljoner-i-batterilager/>

Undéhn, C. (den 06 September 2022). *Elbilen*. Hämtat från Kia levererar uttjanta batterier till energilagring: <https://elbilen.se/nyheter/kia-levererar-uttjanta-batterier-till-energilagring/>

Vattenfall. (Januari 2023). Hämtat från Nya gröna skatteavdraget för solceller 2023: <https://www.vattenfall.se/fokus/tips-rad/gront-skatteavdrag/>

Vattenfall. (den 23 Augusti 2023). Hämtat från Kapacitet och flexibilitet i elnätet: <https://www.vattenfalleldistribution.se/om-elnatet/kapacitet/>

Vattenfall. (den 21 Augusti 2023). *Batterilager Uppsala*. Hämtat från <https://www.vattenfalleldistribution.se/var-verksamhet/innovation/batterilager/>

- Villaägarna. (den 01 Februari 2023). Hämtat från Lönar det sig att köpa ett solcells batteri?: <https://www.villaagarna.se/radgivning-och-tips/energi/solceller/batterier-till-solcellsanlaggningar/>
- Wennberg, A. (den 12 Juni 2023a). *Energinyheter.se*. Hämtat från Kraftig ökning av batterier för ellagring: <https://www.energinyheter.se/20230612/29438/kraftig-okning-av-batterier-ellagring>
- Wennberg, A. (den 21 April 2023b). *Energinyheter.se*. Hämtat från Borlänge batteriet: <https://www.energinyheter.se/20230421/29068/borlangebatteriet>
- Wickström, J. (den 23 September 2022a). *Tidningen Energi*. Hämtat från Sveriges största batterilager ska byggas i Karlshamn: <https://www.energi.se/artiklar/2022/september-2022/sveriges-storsta-batterilager-ska-byggas-i-karlshamn/>
- Wickström, J. (den 05 Decemeber 2022b). *Tidningen Energi*. Hämtat från ”Batterier kommer ändra elsystemet”: <https://www.energi.se/artiklar/2022/december-2022/batterier-kommer-andra-elsystemet/>
- Winge, L. (den 13 December 2022). *Warp News*. Hämtat från Batteri av havssalt - nu ett billigt grönt alternativ till litium: <https://www.warpnews.se/green-tech/batteri-av-havssalt-nu-ett-billigt-gront-alternativ-till-litium/>
- Zackrisson, M., Jönsson, C., Johannisson, W., Fransson, K., Posner, S., Zenkert, D., & Lindbergh, G. (2019). *Prospective Life Cycle Assessment of a Structural Battery*. MDPI.