

# Batterier i fastigheter för nybörjare

juni 2023

# Inledning



Sverige och Västra Götalandsregionen är i början av en omställning av våra energisystem där fossila råvaror i form av bensin och diesel till våra fordon och som insatsmedel och bränsle i våra industrier måste fasas ut. I båda dessa fall är elektrifiering den lösning som står i centrum, vilket kommer ställa enorma krav på mer lokal produktion av el och bättre nät för överföring av densamma, både internt i regionen och från elproduktion i andra delar av landet. Motsvarande utmaningar finns på många platser runt om i vårt land.

För Västra Götaland säger prognoserna att redan till 2025 kommer 20% mer el att behövas, på årsbasis, jämfört med 2019 års nivåer, vilket motsvarar drygt 4 TWh. Till år 2030 är siffran ca 70% ökning, eller drygt 13 TWh, från 2019 års nivåer.

Med största sannolikhet kommer efterfrågan på el vara större än tillgången många timmar varje år. Tiden för att bygga ut all nödvändig infrastruktur och elproduktion är knapp och olika flexibilitetslösningar kommer behövas. Kanske är det heller inte önskvärt att dimensionera systemet för de mest ansträngda timmarna. Flexibilitet kan komma till stånd på flera olika sätt, men i den här rapporten har vi fokus på batterier och deras möjligheter och utmaningar. Fastighetsägare, och andra aktörer på användarsidan, har möjligheter att bidra till omställningen genom att både bidra med egenproducerad el och med flexibilitet och balans exempelvis med batterier. Egennyttan i det är uppenbar: med hjälp av solceller och annan distribuerad elproduktion

kan man bättre säkra sina elpriser och med hjälp av batterier kan man säkra sig mot höga effekttoppar, som driver kostnader.

Den här rapporten har fokus på batterier för större fastighetsägare, men mycket av informationen är generell och relevant även för andra aktörer. Rapporten är framtagen som en del i projektet Batterier Västra Götaland, med finansiering av Västra Götalandsregionen. Texterna har författats av projektledningen på Johanneberg Science Park samt samarbetspartners från Bengt Dahlgren AB, Maple Energy och Norconsult.

Projektet genomfördes under första halvåret 2023. Veldig mycket har skett under de senaste åren som påverkar förutsättningarna för alla aktörer i energibranschen, men även alla som påverkas av den. Det enda vi kan säga om hur framtiden ser ut är att det är osäkert och ingen kan med säkerhet säga vart elpriserna tar vägen, hur mycket flexibilitet som behövs och var, eller hur marknaden för batterier kommer att utvecklas. Vi har inte tid att vänta eller leta efter optimala lösningar utan behöver gemensamt testa oss fram och dra lärdomar längs vägen. Innehållet i rapporten är aktuellt och korrekt idag, men kan vara inaktuellt redan om något eller några år.

**Stina Rydberg**

Projektledare, Johanneberg Science Park

# Om Batterier VGR

## – en del av Västra Götalandsregionens Kraftsamling Elektrifiering

Batterier VGR – fokus på fastighetsnära installationer är ett kunskapshöjande projekt, lett av Johanneberg Science Park, i syfte att främja ett flexibelt och robust elsystem i regionen. Under våren 2023 har fastighetsägare, energibolag och andra behovsägare deltagit i aktiviteter som seminarier och studiebesök vid batteriinstallationer.

Parallellt med dessa aktiviteter har konsultbolagen Bengt Dahlgren, Norconsult och Maple Energy gjort utredningar kring olika aspekter av batterier i fastighetsnära installationer, som presenteras i denna rapport.

## Innehållsförteckning

Varför ska man lagra el med batterier? .....	4
Batteritekniker .....	6
Installation av batterilager .....	11
Tillståndshantering .....	13
Risker .....	14
Batterier som investering .....	15
Vehicle to grid .....	19

# Varför ska man lagra el i batterier?

Ett batteri hos en fastighetsägare kommer med flera nyttor, både externa och interna. De externa genererar nya intäkter och de interna nyttorna sänker fastighetens kostnader.

## Interna nyttor

För de som har solceller installerade kan det vara ekonomiskt att höja sin självförsörjandegrad med hjälp av batterier, på grund av kostnader som uppstår vid försäljning av egenproducerad el. Det går även att köpa el från nätet när den är billig, till exempel när det blåser mycket, för att använda i fastigheten under perioder när elpriset är högre.

Det går att kapa effekttoppar under högt belastade timmar för att sänka nätavgiften, och kunna ha en mindre säkring och då abonnera på lägre effekt. En nyttillkommen effektslukare är elbilen, särskilt vid användning av snabbladdning. Om flera elbilar kopplas upp för laddning samtidigt uppstår ett plötsligt högre effektbehov som i ett underdimensionerat nät kan bli svårt att möta. Med batterilager kan elfordon laddas vid valfri tidpunkt utan att överbelasta nätet eller höja effekttariffen.

På flera platser i Sverige är det kapacitetsbrist i elnätet, vilket innebär att kablar och ledningar inte är dimensionerade för den mängden el som periodvis behöver överföras. Att planera och bygga ut elnätet kan ta lång tid, upp till ca 1 år i lokala nät och minst 5-10 år i regionnätet (tiderna kan variera beroende på område) men också kosta mycket pengar. Samtidigt ökar elanvändningen bl.a. som följd av elektrifieringen av samhället, vilket påskyndar behovet av mer elnät och andra lösningar. Batterilager som placeras i anslutning till flaskhalsar kan avlasta elnätet genom att ladda ur batterier under de perioder då delar av nätet är högt belastat och kan i vissa fall vara en snabbare lösning på plats än en förstärkning av elnätet.

Fastigheten kan få en högre värdering med ett batterilager som i sin tur kan ge lägre räntor hos lånegivare. Utöver ekonomisk vinning finns det andra fördelar såsom att ett batterilager skulle

kunna agera reservkraft vid strömavbrott, eller användas vid marknadsföring för att framhäva arbete med hållbarhet.

## Externa nyttor

Lokala flexmarknader är för företag och andra som vill handla med effekt på det lokala elnätet, vilket kan lösa lokal effekt- och kapacitetsbrist. Genom att arbeta med lokala flexmarknader kan den lokala nätägaren (DSO) möjliggöra för lokala företag som vill växa eller etablera sig på orten, men inte varit möjligt på grund av brister i överföring av el från ovanliggande nät eller brist på lokal produktion och överföring i lokalnätet. Flera projekt pågår för att ta reda på hur en sådan marknad skulle fungera optimalt. Medverkande ska få betalt för att avstå elanvändning eller producera el, och systemet behöver vara användarvänligt.

Med rätt dimensionering av batterilagret är det möjligt att sälja stödtjänster till Svenska Kraftnät, och få betalt för att balansera elnätet. Sex olika stödtjänster hjälper på olika sätt till att justera frekvensen i elnätet till normalläge: aFRR, mFRR, FCR-N, FCR-D upp och FCR-D ned samt FFR. Mer om dessa, och ovan diskuterade flexmarknader, senare i rapporten.

En annan möjlighet är att köpa elenergi under perioden då den är billigare och sälja då den är högre, också kallat arbitrage.

## Batteriers nytta för det lokala elnätet

Ur en fastighetsägares perspektiv finns således flera nyttor med ett batteri, både på kort och lång sikt. Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv kan dock nyttorna med batterier placerade längst ner i

elnätssystemet diskuteras och svaren är inte entydiga. Strukturerade diskussioner med olika forskare vid Chalmers, RISE och Chalmers Industriteknik har genomförts under projektets gång och flera intressanta aspekter har lyfts fram. Frågor som diskuterats är till exempel "kommer batterier bakom mätaren, och de kapade effekttoppar som kommer med dem, behövas för att hantera mer solet och elbilsaddare ute i distributionsnäten?", "Kommer batterierna isåfall möjliggöra för fler kunder (alltså mer last) i samma nät?" och "Finns en samhällsekonomisk nytta i batterier, eller blir det bara dubbla investeringar för samma syfte?".

Flera av forskarna menar att utmaningar i de lokala elnäten kan uppstå med mycket elbilsaddning och/eller solet, särskilt långt ute i svaga elnät, men det är långt ifrån självklart att det är batterier som är den mest kostnadseffektiva lösningen. Olika typer av effektutjämnande mjukvara kan till exempel nyttjas för att balansera ut toppar över dygnets timmar.

Men om man av andra skäl, till exempel att man har köpt en elbil med ett stort batteri (en elbil har ett batteri på kanske 60 kWh – ett batteri som nyttjas i en villa är ofta i storleksordningen 15-20 kWh) så kan en dubbel nytta komma om man även använder batteriet för att jämna ut toppar och hantera överproduktion av solet.

Alternativet till att installera batterier och/eller smartare styrning av laster är nätförstärkning, alltså bygga med elnät lokalt. Huruvida det är dyrt och tar lång tid beror lite på vem man frågar. Slutkostnaden kommer i slutändan alltid belasta slutkunden genom högre kostnader för elnätet och om den kostnaden kommer förr eller senare, är kanske slutkunden inte så intresserad av att även betala en batteri-installation.

Tiden är en faktor i detta. Om en nätförstärkning verkligen dröjer och behovet av ett starkare nät är akut, kan ett batteri ändå vara motiverat. Mobila lösningar som flyttas mellan platser i väntan på nätförstärkning kan utgöra en lösning. Den övergripande marginalnyttan av varje batteri kommer sjunka ju fler batterier som installeras i ett enskilt nät.

Tillgången till de metalliska materialen till dagens

batterier, baserade på litium-jon-teknik, är ansträngd, vilket driver priserna uppåt. Sociala och miljömässiga hållbarhetsaspekter behöver också beaktas och då kan man lätt enas om att åtminstone den typen av batterier bör nyttjas där de gör bäst nytta. Huruvida detta är långt ute i distributionsnäten eller i knutpunkter / transformatorstationer mellan olika spänningsnivåer finns nog inget självklart svar på och i vilket fall finns inte styrmedel på plats för att få branschens aktörer att agera i den riktningen.

Som även nämns ovan, kommer elbilars batterier troligtvis betalas ändå och då är det rimligt att ha dubbel nytta för det. Men som diskuteras senare i rapporten är en bred utrullning av vehicle-to-grid inom räckhåll rent tekniskt, men flera pusselbitar och inte minst de icke-tekniska bitarna behöver komma på plats för att bilars batterier ska göra verklig skillnad på bred front.

En slutsats som forskarna är eniga kring är att samhället, med myndigheter, forskning och näringsliv, behöver sträva efter ett optimalt läge där helt korrekta styrmedel hela tiden finns på plats för att få en marknad att agera helt enligt avsikt vid varje förändring. Det här optimala läget kommer aldrig uppnås, men självklart måste samtliga aktörer sträva efter att komma så nära som möjligt.

I nuläget finns ju både Svenska Kraftnäts stödtjänstmarknader för frekvensreglering och lokala initiativ för kapacitet, exempelvis Effekthandel Väst, och de behöver samordnas för att inte konkurrera med varandra. I dagsläget sker den parallella hanteringen av dessa helt manuellt. Olika effekttariffer är enligt uppgift på gång hos flertalet nätägare, även för mindre aktörer, och det kan komma att spela stor roll. Påbud om mer solceller och möjligheter för lokala energisystem är exempel på andra styrmedel som behöver styra marknaden åt samma, och rätt, håll.

På kort sikt kommer en koordinering av samtliga styrmedel inte komma på plats. Marknadens aktörer måste under tiden vara öppna för de förändringar som kommer och gemensamt våga testa olika lösningar. Lärdomar på olika nivåer behöver dras och spridas för att marknaden för stationära batterier ska mogna.

# Batteritekniker

I detta avsnitt beskrivs batteriers uppbyggnad och några olika typer av batterier som är aktuella för energilagring i fastigheter.

## Hur fungerar ett batteri?

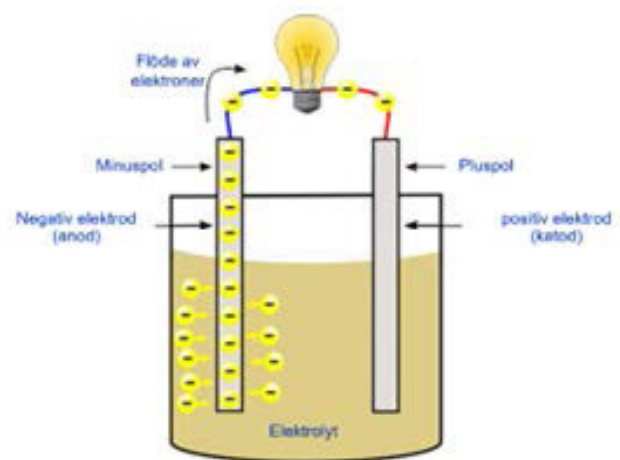
Ett batteri består av två elektroder, en anod (negativ) och en katod (positiv), plus en elektrolyt som låter joner (atomer eller molekyler som antingen tappat eller tagit upp en eller flera extra elektroner) flöda mellan dem.

När ett batteri ansluts till en elektrisk krets överförs elektroner från anoden till katoden, medan jonerna rör sig från katoden till anoden genom elektrolyten. Elektrolyten är vanligtvis en vätska med salter som ökar ledningsförmågan för joner från anoden till katoden. Processen fortgår tills elektroderna är utarmade. Flödet av elektroner är det vi kallar elektricitet eller ström.

Vid uppladdning av batteriet vänds processen, och i stället avger katoden elektroner som vandrar till anoden. Jonerna återgår till sitt normaltillstånd och leds åter till anoden. Uppladdningstiden beror på den tillförda strömmen och batteriets elektrokemiska sammansättning som i sin tur påverkar hur effektivt den klarar att omvandla den elektriska energin till kemisk energi. Vid uppladdning av batteriet vänds processen, och i stället avger katoden elektroner som vandrar till anoden. Jonerna återgår till sitt normaltillstånd och leds åter till anoden. Uppladdningstiden beror på den tillförda strömmen och batteriets elektrokemiska sammansättning som i sin tur påverkar hur effektivt den klarar att omvandla den elektriska energin till kemisk energi.

## Litiumjonbatteriet

Litiumjonbatterier är absolut vanligast på marknaden och finns i olika varianter, utföranden och storlekar. Bilindustrin driver utvecklingen av



bättre och billigare batterier. Fastigheters behov skiljer sig dock från bilar då effektuttaget inte varierar i alls samma utsträckning samt att vikt och utrymmesbehovet inte är lika tongivande. I stället prioriteras livslängd och säkerhet.

Gemensamt för olika varianter av litiumjonbatterier är att katoden i batteriet har ett ytskikt av litiumföreningar. Anoden består vanligen av kopparfolie med ett ytskikt av grafit, ibland uppblandat med en del kisel för att utöka energitätheten. Katoden består av en aluminiumfolie som bestrukits med litiumförening. Andelen litium är endast cirka 2% av batteriets totala vikt, men det är litium som joniseras vilket frigör den elektriska energin. De vanligaste metallerna i ett litiumbatteri är koppar och aluminium. Hylsan är normalt av aluminium.

Fördelarna med litiumbaserade batterier är den höga energitätheten, lång livslängd och förmågan att hantera höga strömmar. Den höga energitätheten ger ökade säkerhetsrisker som kräver komplex styrning för undvika överhettning, vilket kan leda till bränder. Andra brandrisker är kortslutning eller fysiska skador på batteriet. Litiumbränder är svårsläckta och släpper ut giftiga gaser

som kan ge hälsopåverkan eller förvärra brandförloppet.

Andra nackdelar är att de flesta varianter baseras på metaller som är sällsynta och svåra att extrahera ur jordskorpan och därmed betingar ett högt pris. Producenterna arbetar intensivt med att utsluta, minska och återvinna dessa metaller. Elektrolyten är vanligtvis inte vattenbaserad och därmed brännbar, till skillnad från vissa andra typer. Tre vanliga varianter av litiumjonbatteriet som används idag är NMC, NCA och LFP.

#### **NMC, Litium-nickel-mangan-koboltoxid (LiNiMnCoO<sub>2</sub>)**

Den teknik de flesta elbilar använt sig utav idag då det ger en hög energitäthet, hög effekt och bra livslängd. Sammansättningen varierar mellan tillverkare. Tidigare var sammansättningen lika delar nickel, kobolt och mangan men utvecklingen har ökat andelen nickel till ett förhållande 60% nickel, 20% kobolt och 20% mangan utöver litium i

föreningen. Av batteriets totala vikt står de tre för 15-20%.

#### **NCA, Litium-nickel-kobolt-aluminiumoxid (LiNiCoAlO<sub>2</sub>)**

Det batteri som biltillverkaren Tesla använt sig av initialt, där manganet har ersatts av aluminium. Prestanda likställs i stort med NMC, men kan uppnå en ännu högre energitäthet. Sammansättningen utöver litium i föreningen är cirka 84% nickel, 12% kobolt och 4% aluminium.

#### **LFP, Litium-järnfosfat (LiFePO<sub>4</sub>)**

Den lite nyare tekniken inom litiumfamiljen där de sällsynta metallerna ersatts av järnfosfat vilket är vanligt förekommande och billigt. Batteriet blir tyngre och mer utrymmeskrävande än NMC/NCA på grund av en lägre energitäthet, men kan uppnå dubbelt så många cykler under sin livslängd. Tekniken blir allt mer vanlig för batterilager där vikt och volym inte är lika avgörande faktorer.

## **Kontroversiella material i litiumjonbatterier**

**Mangan** kan i höga doser ge neurologiska skador, även om det samtidigt är ett näringsämne som kroppen behöver. Största producenterna av mangan är Sydafrika, Australien och Kina som tillsammans står för närmare två tredjedelar av den totala produktionen. Brytning och bearbetning av manganmalm kan släppa ut giftiga kemikalier och tungmetaller i luft och vatten och därmed skada djurliv och också människors hälsa. Detta förs fram som potentiella risker bland annat i Indonesien där också konflikt kring vattentillgångarna förs fram.

Gruvföretaget Boliden arbetar med att utvinna mangan, och även bly och silver, ur de malmrester/avfall som uppkommer vid deras utvinning av zink. Avfallet läggs vanligen på deponi.

**Kobolt** är en konfliktresurs som främst utvinns i östra Kongo under ofta usla arbetsvillkor och stora skador på naturen, framför allt vattenresurserna. Kongo står för omkring 60% av världens utvinning av kobolt. Utvinningen kräver stora mängder vatten vilket leder till vattenbrist och föroreningar. Kobolt är också giftigt vilket leder till att arbetarna utsätts för risker. Återvinningen är komplex och dyr vilket leder till att det inte återvinns i tillräckligt stor utsträckning.

**Litium** utvinns främst genom att avdunsta mineralrikt vatten som man hämtar från grundvatten eller saltsjöar. Själva framställningen orsakar inga direkta utsläpp men tillgången på färskvatten ställs mot utvinningen. Störst utvinning finns i Australien, Chile och Argentina men den största kända tillgången finns i Bolivia. Även inom Europa arbetas det för att utvinna litium och Finland hoppas kunna öppna Europas första gruva inom de närmsta åren.

**Koppar** är med sin överlägsna förmåga att leda elektrisk ström oumbärlig i flera delar av elsystemet: i kablar för överföring, i elproduktion i exempelvis vindkraftsturbiner och i batterilagring. Den globala energiomställningen kommer kräva väldigt mycket mer koppar än vad som idag utvinns, vilket kommer påverka priset. Brytningen medför påverkan på närmiljö i form av färskvattenförbrukning, utsläpp av kemikalier och en avfallsproblematik. Då varje batteri innehåller relativt mycket koppar kan inte påverkan negligeras, om än den är lägre per utvunnet ton i jämförelse med kobolt och litium.

## Andra batteritekniker

Litiumjon har hög prestanda, vilket är särskilt viktigt i fordonsapplikationer, medan andra typer av batteritekniker har sina unika för- och nackdelar. Nedan presenteras tre varianter som kan komma att ta marknadsandelar inom stationära applikationer.

### Natriumjonbatterier

Batterier baserade på natrium istället för litium är en teknik som diskuterats flitigt och börjat få genomslag – men är ännu en bit ifrån kommersialisering. Likt andra batterityper avskiljs anoden och katoden från varandra med ett separations-skikt och elektroner leds vid sidan av. Anoden består av en typ av kol och katoden av metall, där natrium passerar genom separations-skiktet.

Metallerna som används i ett natriumjonbatteri är vanligare i jordskorpan, billigare och skonsammare att utvinna, än de metaller som krävs för litiumjonbatterier. När priset på litium stigit med 450% på bara ett år (2021 till 2022) har intresset för natrium ökat ytterligare. Batterierna är också säkrare; natriumjonbatterier startar inte kedjereaktioner och går in i termisk rusning och är mindre känsliga för kortslutning/överladdning vilket sänker risken för brand.

Idag finns det flera batteritillverkare av natriumjonbatterier världen över, den stora batteritillverkaren CATL presenterade sin första generation under år 2021. Den första elbilen innehållandes tekniken har presenterats i Kina under 2023 med en energidensitet på 140 Wh/kg, att jämföra med litiumjonbatteriets ca. 200-300 Wh/kg. Denna elbil är en stadsbil, och med den något lägre energitätheten är det bilar med något kortare körsträcka där natriumjonbatteriet används idag. Den lägre energitätheten ger högre vikt och utrymme för samma prestanda, vilket är en nackdel jämfört med litiumjonbatterier. För bilar kan det vara avgörande; för stationära tillämpningar är det eventuellt inte ett problem. I Sverige tillverkar företaget Altris katodmaterial till batterierna, där en fabrik i Sandviken planerar produktionsstart under 2023.

### Zinkjonbatterier

Zinkjonbatterier har funnits i årtionden. De har relativt hög energitäthet, är enkla att tillverka och återvinningsbara. De finns i mindre komponenter såsom fjärrkontroller och ficklampor.





Begränsningen för dessa batterier är att batteriernas kapacitet snabbt försvinner efter första uppladdningen; en begränsning som det Stockholmsbaserade, nystartade företaget Enerpoly har löst. De utvecklar battericeller för zinkjonbatterier som är uppladdningsbara och anpassade för stationära applikationer. De material som batterierna innehåller, zink och mangandioxid, finns tillgängligt runt om i världen och i stora mängder vilket medför hög leveranssäkerhet samt lägre och mindre volatila priser.

Då zinkjonbatterier har funnits i årtionden, finns redan infrastrukturen kring dess produktion på plats vilket kan medföra lägre produktionskostnader; batteritekniken har potential för att bli attraktivt ur en kostnadssynpunkt. Vidare finns det redan en etablerad återvinningsinfrastruktur i samhället. För zinkjonbatterier finns ingen risk för brand eller explosion och de har mindre miljöpåverkan jämfört med litiumjonbatterier. Energitätheten är dock lägre än för litiumjonbatterier, vilket medför att storleken på zinkjonbatterierna är större vid samma mängd lagrad energi. Att installera Enerpolys zinkjonbatterier som energilagring istället för litiumjon skulle ta upp ca 1,5–2 gånger mer yta.

Laddning och urladdningshastighet för zinkjonbatterier ligger i intervallet 4–10 timmar. De lämpar sig inte för Svenska kraftnäts stödtjänstmarknader, men närmare utvärderingar behöver genomföras. Däremot är de bra vid energibalansering där man exempelvis laddar upp batterierna när elen är billig och laddar ur batteriet när elen är dyr. Batterilagret kan även bidra i ökad självförsörjning. Idag har Enerpoly en mindre produktionslina av battericeller i Sverige, och tidigast under 2024 är batteripack färdiga att visas upp. Utifrån slutkundernas energibehov kan man sedan använda batteripacken för att bygga batterisystem.

## Flödesbatterier

Flödesbatterier är uppbyggt av en flytande elektrolyt, som lagras i två tankar, som pumpas förbi ett membran där elektronerna kan passera vilket bildar ström. De kallas också för redox-batterier vilket står för reduktion-oxidation-reaktion. Flödesbatterier finns att köpa i containerformat och utlovar minst 20 års livslängd och 20 000 cykler, vilket är det dubbla i jämförelse med litiumjonbatterier. Tillsammans med ett urladdningsdjup på 100% ger batterierna en god ekonomi över tid.

Till skillnad mot andra batteritekniker är storleken på energilagret frikopplat från effekten vilket betyder att förhållandet kan anpassas utefter de aktuella behoven. Lösningen är fullt skalbar och både effekten och energilagret kan ökas eller minskas; genom att öka storleken på tankarna med elektrolytvätska ökar energilagret. En nackdel med flödesbatterier är att de är komplexa och kräver komponenter med rörliga delar, till exempel pumpar som kräver underhåll. Vid problem är det dock möjligt att byta ut delarna, även elektrolytvätskan i tankarna. Det är möjligt att "ladda upp" batteriet genom att byta ut dess elektrolytvätska, vilket skulle kunna vara användbart på exempelvis en färja som inte kan vänta på uppladdning.

Flödesbatterier har lägre verkningsgrad än andra batterityper vilket innebär att energi förloras vid laddning och urladdning. Även energitätheten är lägre och får högre vikt vid en viss mängd lagrad energi än exempelvis litiumjon; batteriet är därmed väl anpassat för stationära applikationer, gärna för större anläggningar med behov av långa durationer. Energin kan dessutom lagras under flera dagar, tester har till och med visat lagring på flera månader med låg självurladdning.



BatteryLoops batteri på Fiskhamngatan i Göteborg.

Flödesbatterierna som säljs idag innehåller vanligtvis vanadin, en metall som är sällsynt och i höga doser kan vara toxisk, och har ett mycket volatilt pris. Utvinning sker främst i Kina som har ca 70% av världsmarknaden, följt av Ryssland, Sydafrika och Brasilien. Göteborgsbaserade Rivus Batteries använder i stället organiska elektrolyter, vilket ger lägre påverkan på miljön och stabilare priser. Rivus flödesbatterier kan produceras med material från Sverige, och innehåller inte metaller det riskerar bli brist på, såsom litium, kobolt, nickel och vanadin. De riskerar heller ingen termisk rusning, och är därmed säkrare än litiumjonbatterier sett till brand- och explosionsrisker.

För att kunna användas som stödtjänst på frekvensregleringsmarknaden behövs flera stackar (pack med battericeller) vilket blir dyrare, och i- och urladdningshastigheten är inte hög som på ett litiumjonbatteri. Det är möjligt att vara med som frekvensregleringsstöd åt de långsammare regleringarna, men det skulle samtidigt öka slitaget på batteriet.

På sikt ses möjligheten att använda flödesbatterierna vid kraftanläggningar, exempelvis vind- och solparker. Rivus Batteries är i en tidig fas, där ett av kommande steg är att installera pilotstationer på ca 100-500 kWh vid exempelvis fastigheter. Kostnaderna kommer att gå ner med ökad produktionskapacitet, men man är inte där ännu. Eftersom Rivus batterier baseras på organiska material är det troligt att kostnaden per lagrad enhet energi kommer att sjunka vid större produktionskapacitet och applikationer.

## Second life batterier

Elbilsflottan i Norden förväntas öka från en halv miljon år 2019 till fyra miljoner år 2030. Batterierna i elfordon är i de flesta fall litiumjonbatterier. När batterier degraderats till en kapacitetsnivå på 80% jämfört med den initiala kapaciteten är de inte längre i bra skick att användas i elfordon. Detta innebär att det kommer finnas en ökande tillgång på batterier som fortfarande är funktionsdugliga efter användning i fordon. Batteriets drift vid stationär energilagring är inte lika påfrestande som i fordon där batterier utsätts för högre temperaturer och mer frekventa urladdningscykler. Att återanvända batterierna är resurseffektivt.

De uttjänta batterierna från fordonen genomgår tester för att undersöka batteriets hälsa och kvarvarande kapacitet. Endast de batterier som klarar tekniska krav och säkerhetskrav får därefter modifieras för stationära energilagringssystem applikationer. De som inte klarar kraven kasseras eller återvinns. Vid återvinning extraheras värdefulla metaller som sedan kan användas vid ny batteriproduktion. Företaget BatteryLoop är ett svenskt företag som har utvecklat energilagringssystem med just second life litiumjonbatterier från fordon, med inriktning mot bostäder, kommersiella fastigheter och energiindustrier. Energilagringssystemen är i nuläget ofta installerade i fartygscontainers. BatteryLoop ligger i samma prisklass som nya batterilager och erbjuder 10 års garanti.

## Jämförelse

	Litiumjon NY	Litiumjon Second Life	Natrium-jon	Zink-jon	Organiska flödesbatterier
Kostnad	-	-	(-/+)	+	(-/+)
Vikt/Energitäthet	+	+	(-/+)	-	-
Prestanda	+	+	(-/+)	-	-
Råvaror	-	+	+	+	+
Brandsäkerhet/Risk för termisk rusning	-	-	+	+	+
Livslängd (cykler)	-	(-/+)	+	-	+

# Installation av batterilager

Medelstora batterilager för fastigheter installeras generellt som kompletta containersystem /delsystem.

## Batterisystemets komponenter

### Container på gården

Battericontainers kan levereras i olika storlekar beroende på effekt och energikapacitet. Då det generellt rör sig om fartygscontainrar så kommer de i storlekar på 20 och 40 fot. Vissa batterisystemsinstallatörer erbjuder 16,5 fots containrar för att kunna placeras på en parkeringsplats. Battericontainer innehåller generellt batterier, likströmsbrytare, växelriktare och värme- och kylsystem medan ställverk och det övergripande styrsystemet placeras i fastigheten eller i mellanspanningscontainer.

Då litiumjonbatterier är brand- och explosionsfarliga anser räddningstjänsten att batterilagret helst placeras utomhus eller i en separat byggnad med egen brandcell och god brandgasventilation.

Den omgivande temperaturen bör ligga inom 0–45 °C för att undvika snabb degradering eller brand av battericellerna. Intervallet varierar mellan olika batteritekniker. Den optimala prestandan på batterierna ligger inom ett snävare intervall och därför installeras i många fall även värme- och kylsystem. Generellt så installeras en luftvärmepump som kan förse insidan av containern med värme under de kalla månaderna och kyla under de varma månaderna för att leda bort värmen som genereras av batterierna och växelriktaren. Exempelvis reglerar batterileverantören BatteryLoop innetemperaturen mellan 16–20 °C för optimal prestanda på litiumjoncellerna i en av sina battericontainrar.

### Batteripack och batterimodul

Battericeller kopplas ihop parallellt (strömmen ökar) eller i serie (spänningen ökar) för att skapa en

batterimodul. Seriekoppling är generellt vad som används, då den enskilda battericellens spänning är för låg för användningen av ett batterilager. Flera batterimoduler som kopplas ihop i serie jämte nödvändiga kyl- och värmesystem samt mjukvara såsom BMS och EMS bildar slutligen ett batteripack. Antalet battericeller och hur de är kopplade avgör batterisystemets totala effekt och energikapacitet.

### Växelriktare och brytare

En växelriktare omvandlar batteriernas likspänning till växelspanning med en frekvens på 50 Hz som sedan kan matas in till fastigheternas eluttag eller ut på elnätet. Växelriktaren möjliggör både i- och urladdning. En likströmsbrytare på likströmssidan kan frånskilja växelriktaren från batterilagret och det finns en växelströmsbrytare för att frånskilja växelriktaren från elnätet; det gör det möjligt att underhålla växelriktaren. Manöverdon för strömbrytarna bör placeras tillgängligt och på avstånd från batterilagret för att kunna isolera batterilagret vid händelse av brand. Strömbrytarna bör dock inte placeras allt för långt bort från batterilagret för att minska längden av strömförande kabel.

### Transformator

Elen som går ut från batterilagret in till elnätet behöver ha samma spänning som nätet har vid anslutningspunkten. För att hantera det behövs i vissa fall en transformator, som placeras mellan växelriktare och elnät. Battericeller (celler har spänning i storleksordningen 1 V) som seriekopplas får högre spänning jämfört med battericeller som parallellkopplas, och behöver därmed inte alltid en transformator ifall rätt spänningsnivå uppnås. Det behövs mer tjockare kablar eller ledningar för att transportera ström med lägre spänning än tvärtom, och kostar därmed mer.

Vid användning av transformator behövs även utrustning som tar hand om jordslutningsströmmar som uppstår vid jordfel. Om dessa strömmar blir för höga kan personfara uppstå och utrustningen skadas, varför dessa är mycket viktiga vid en batterilagringsinstallation. Spolar används generellt vid mindre installationer (spänningsnivåer under 130 kV), men vid högre spänningar är systemet istället direktjordat.

### Mellanspänningscontainer

En mellanspänningscontainer innehåller ställverk med strömbrytare och mätare, samt styrsystem, och placeras efter transformator på växelströmsidan. Vid mindre anläggningar där batterilagret har lägre kapacitet behövs ingen mellanspänningscontainer, då placeras strömbrytare och styrsystem på annan plats (exempelvis garage eller källare inuti fastigheten). Vid större anläggningar kan flera mellanspänningscontainers behövas.

### Battery Management System (BMS)

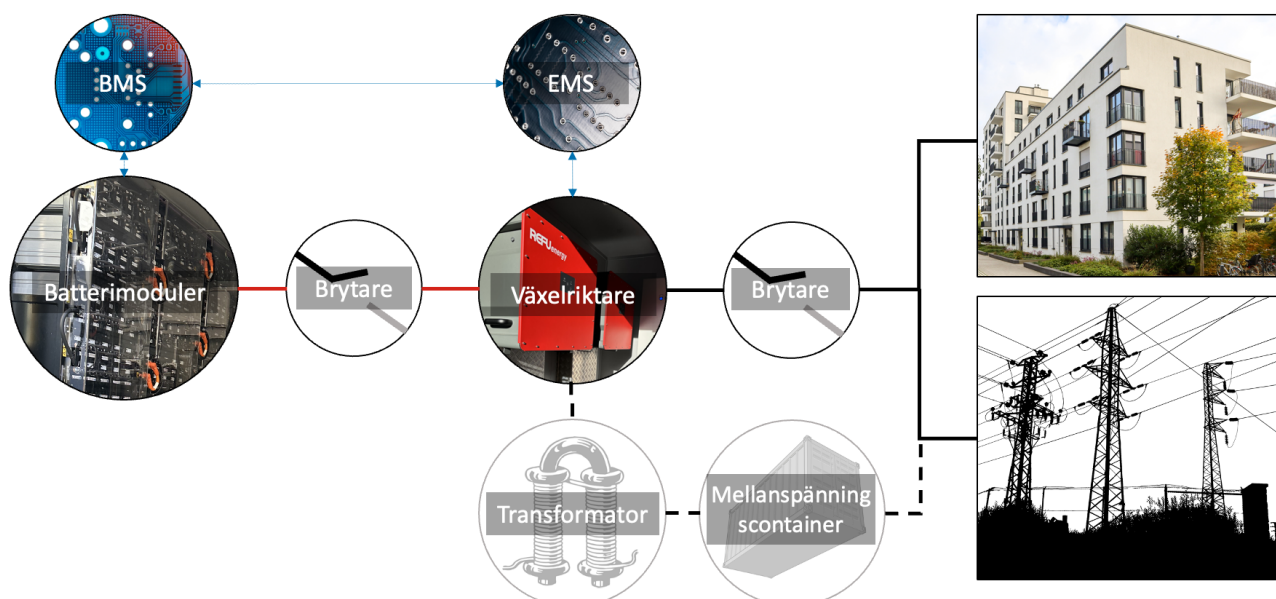
BMS är ett reglerystem där battericellernas temperatur, spänning och ström övervakas och

battericellernas laddningsgrad balanseras för att se till att battericellerna är hälsosamma och i optimal och säker drift.

### Energy Management System (EMS)

EMS är ett övergripande reglerystem som reglerar i- och urladdningen av batterilagret beroende på reglerstrategi. En reglerstrategi kan vara att definiera tidsintervaller där batterilagret endast får ladda upp och tidsintervaller där batterilagret endast får ladda ur. En annan reglerstrategi är att ladda batterilagret när den är som billigast och ladda ur när elen är som dyrast. Komplexa reglerstrategier tar hänsyn till flera variabler såsom effekttoppar, energipriser, stödtjänster, flexibilitetsmarknader, laddningsgrad för att optimera avkastning på investeringen. För att regleringen ska vara optimal behöver snabb kommunikation framföras till EMS. Det gäller kommunikationen från BMS, elmätaren och internet där information om bland annat elpriser och när Svenska Kraftnät avropar stödtjänster hämtas. EMS övervakar även alarm för att reglera batterilagret till säkert läge vid yttre händelser såsom brand eller interna fel.

## Schema



# Tillståndshantering

Vid placering, installation och driftsättning av batterilager ska vissa krav följas och anmälan göras till elnätbolaget för att säkerställa att batterilagret är säkert att arbeta på och vistas vid. Företaget som utför elinstallationen och anläggningsinnehavaren har olika ansvar från upphandling till drift och underhåll.

## Innan installation

Innan installation behöver det utredas/projekteras hur installationen och anslutning skall utföras. Batterilager vid fastigheter kopplas normalt till fastighetens elcentral. Om batterilagrets funktion är optimal vid höga in- och uteffekter från och till elnätet kan en högre mätarsäkring behövas. I de fall man inte vill ändra på mätarsäkringen för att undvika att betala högre elnätsavgifter dimensioneras batterilagret med detta i åtanke. Vid ändring i mätarsäkringen ska elinstallationsföretaget, som skall ha normenlig behörighet, skicka in en föransökan till elnätbolaget, och elnätbolaget kontrollerar sedan om elnätet vid fastigheten är dimensionerat för höjningen. Om det lokala elnätet inte är dimensionerat för höjningen av mätarsäkringen kan en förstärkning av elnätet behöva göras. Det lokala elnätföretaget skickar då en offert på kostnad, tidsplan och villkor vid installation av högre mätarsäkring. Tidplanen för ändring i befintlig elanslutning varierar beroende på geografiskt område och det lokala elnätföretaget, men tider på upp till ett år kan bli aktuella.

Anläggningsinnehavaren ska ansöka om bygglov till det lokala stadsbyggnadskontoret om batterilagret är installerat utomhus i en container eller byggnad. Anläggningsinnehavaren ska också kontrollera om den tänkta placeringen faller under Boverkets byggregler om brandcellsindelning BBR 5:53 och om det finns krav på värme och ventilation. Kontakt med den lokala räddningstjänsten är inget krav men förespråkas. Då har de möjlighet att utreda och ge återkoppling kring åtgärder som kan underlätta brandbekämpningen vid eventuell brand.

Litiumjonceller klassificeras som farligt gods, därför ska MSB:s föreskrifter om transport av farligt gods följas. Anläggningsinnehavaren är skyldig att kontrollera att arbetet utförs av elinstallationsföretag som är registrerade hos Elsäkerhetsverket för verksamhetstypen elproduktionsanläggningar, vilket kan göras enkelt via verkets hemsida.

## Innan driftsättning och under drift

Elinstallationsföretaget ska göra en kontroll av anläggningen för att se till att systemet är säkert, varefter en färdiganmälan görs till elnätbolaget. När batteriet sedan är i drift har anläggningsinnehavaren ansvar för att genomföra fortlöpande kontroller och åtgärda eventuella uppkomna brister för att säkerställa att anläggningen är fortsatt säker mot skada på sak och person.

## Dokumentation

Anläggningsinnehavaren ska säkerställa att anläggningen har korrekt skyltning, märkning och dokumentation. Anläggningen skall CE-märkas och det skall finnas svenska drifts- och säkerhetsanvisningar jämte underhållsinstruktioner.

Det finns en handbok för elinstallationsföretag och en handbok för innehavare av elanläggningar, som båda är utgivna av Elsäkerhetsverket. Handböckerna delger information och exempel om hur en elanläggning kan byggas och kontrolleras. Handböckerna är inte rättsligt bindande men innehåller information om de gällande reglerna. Handböckerna hittas på Elsäkerhetsverkets webbplats.

# Risker



Litiumjonbatterier är känsliga för alltför låga och alltför höga temperaturer. Laddning av batterier under fryspunkten kan skada batteriet med risk för intern kortslutning. Blir temperaturen i batteriet och/eller dess inneslutning (container eller rum i fastigheten) för hög finns risk för så kallad termisk rusning. Termisk rusning innebär att temperaturen i en battericell ökar okontrollerat, och då battericellerna är tätt sammankopplade kan värmen lätt sprida sig. Orsaken till termisk rusning kan också vara mekanisk påverkan, överladdning, kortslutning eller andra tekniska problem. När det väl har börjat är det svårt att kyla battericellerna och brand kan starta, med risk för återantändning så länge det finns energi kvar i batteriet. Branden kan med de kemiska beståndsdelarna underhålla sig själv även om branden försöker kvävas med exempelvis brandfilt.

Bränder i ett batterilager behöver vanligtvis släckas med stora mängder vatten vilket kan leda till vattenskador i fastigheter. Vid placeringen av batterilager inne i byggnad bör placeringen vara väl genomtänkt då det behövs god brandgasventilation och autonomt släcksystem. Batteriet bör, oavsett om det är utomhus i en container eller i en fristående byggnad eller inomhus i ett avskilt rum, finnas lättåtkomligt för räddningstjänstens personal.

De stora mängderna vatten som behövs vid släckningen av en brand kan leda till strömföring via släckvatten. Släckinsats bör därför kunna ske på

behörigt avstånd där ingen riskerar stå i släckvatten. Risken för elstöt förekommer alltid för personer vid hantering av batterilagret, alltså vid transport, installation, idrifttagande, service och underhåll samt nedmontering och återvinning. Kondensatorer, som finns i växelriktaren, kan hålla energi under en kort tid även efter nedstängning vilket skapar ett riskmoment.

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) är en elektrisk utrustnings förmåga att inte sända ut elektromagnetiska signaler som stör annan utrustning (eller sig själv) i närheten. Sådan störning är anledningen till att vi behöver stänga av mobilen på flygplanet och i viss sjukhusmiljö, som annars skulle kunna påverka viktig utrustning. Krav på installationen av batterilagren samt krav på dokumentation av installationen omfattas av EMC-direktivet. En installatör med goda kunskaper om EMC kan vara av värde för att motverka elektriska störningar, och metoder såsom skärmning, filtrering och zonindelning kan användas.

Samma metoder kan användas för att förhindra övertoner, som innebär att mycket höga frekvenser (MHz istället för kHz) uppstår vid växelriktare. Övertoner kan störa både annan utrustning, ge ökad förlust i kablar, överbelasta neutralledaren, ge felfunktion hos jordfelsövervakning och förkorta livslängden för transformatorer och kondensatorer.

# Batterier som investering

Ett batteri är en stor investering, men möjligheterna till intäkter är i nuläget (2023) goda och batterier som redan är i drift har en kort avskrivningstid. Siffror på tre till sju år nämns, lite beroende på hur man räknar. Prognoserna för vissa av intäktsströmmarna är fortsatt goda, men osäkerheterna på marknaden är generellt hög. Det man kan vara tämligen säker på är dock att elpriserna kommer fortsätta att variera, men mellan vilka botten- och toppnoteringar är dock mer oklart.

Nyckeltal för investering av batteri ligger mellan 6 000 – 9 000 SEK / kWh för en färdig installation. Det är brett spann, men batterier för ellagring i fastigheter och liknande är en marknad som håller på att etablera sig. Uppgifterna gäller för batterier i storleksordningen hundratalet kWh – alltså inte för småhusapplikationer eller stora anslutningar på regionnät och dylika spänningsnivåer.

## SvKs stödtjänstmarknader

Det mest lönsamma användningsområdet för batterilager är i nuläget (2023) att medverka på Svenska Kraftnäts marknader för stödtjänster för balansering av elnätet.

### Varför stödtjänster?

Med alltmer icke-planerbar el i mixen blir det svårare att hålla en jämn frekvens. Svenska Kraftnät som har ansvaret för att frekvensen hålls på rätt nivå på transmissionsnätet har delegerat stabiliseringen till ett antal balansansvariga. Dessa aktörer anlitar i sin tur aggregatorer som samlar ihop ett antal batterilager vilka tillsammans utgör tillräckligt med kapacitet för att agera motvikt när effekten på nätet svänger.

### Olika stödtjänster

Idag använder SvK olika stödtjänster för kraftsystemets olika behov. Frekvensåterställningsreserver (FRR), där en aktiveras automatiskt, aFRR, och en aktiveras manuellt, mFRR, utgör den ena del-

en. Frekvenshållningsreserver, FCR, är den andra, som också består av tre olika produkter, en för normaldrift, FCR-N, och två för störningar, FCR-D (upp) och FCR-D (ned), som avser upp- respektive nedreglering. Dessutom finns FFR som står för snabb frekvensreserv. För fler detaljer kring krav på uthållighet, responstider, volymkrav, budstorlek och annat hänvisas till Svenska Kraftnäts hemsida.

Då ett batteri är en resurs som snabbt kan agera på stödmarknaden (snabb responstid för att börja ladda/ladda ur), men där energimängd kostar relativt mycket pengar att installera, passar tjänsterna FFR, FCR-D (upp) och FCR-D (ned) extra bra för batterier. Även FCR-N skulle kunna vara aktuellt, men eftersom denna tjänst kräver en uthållighet på 1 h är den relativt kostsam att optimera för med ett batteri då den kräver en större mängd lagrad energi.

Principen för ersättning från SvK är att batteriresursen behöver vara tillgänglig, men behöver inte avropas (i- eller urladdning) för att ersättning ska utgå. Generellt ger detta upplägg förhållandevis lågt slitage på batteriresursen jämfört med exempelvis lagra av solceller, effekttoppskapning etc där batteriet cyklas hårdare, alltså laddas i och ur oftare och mellan ett högt max- och lågt minimivärde. I dagsläget gäller marginalprissättning för FFR-marknaden. Detta innebär att samtliga budgivare får samma ersättningsnivå, där ersättningsnivån blir det högsta pris som inkommer från budgivare upp till den effektnivå som marknaden kräver. För FCR-marknaden gäller idag medelprisersättning, där samtliga budgivare ersätts med medelpriset för anbudet upp till den effektnivå som marknaden kräver.

### Vilka krav ställs och vad gör aggregatorn?

För att få tillåtelse att leverera stödtjänster ska en potentiell leverantör först visa att de tekniska kraven för stödtjänsten är uppfyllda genom att genomföra en så kallad förkvalificering med godkänt resultat. En så kallad aggregator styr den samlade



batterireserven med en central styrning via internet och får ekonomisk ersättning av SvK som sedan fördelas till resursägarna.

Det finns leverantörer av batterilagrar som även inkluderar aggregatortjänsten i leveransen (i totalentreprenaden), då normalt mot en löpande kostnad efter installationen. Det går också att handla upp aggregatortjänsten separat av en extern aktör, även då mot en löpande kostnad. I det senare fallet är det viktigt den externa aggregatören blir inblandad relativt tidigt i processen för att säkerställa att den hård- och mjukvara som installeras stöds i deras tjänst. Med en aggregator behöver kunden inte vara delaktig i styrningen/optimeringen av batterilagret, utan tar bara del av den vinst batterilagret genererar samt tillser att service och underhåll av anläggningen utförs regelbundet.

### Närmaste framtid

Från och med den 1 juni 2023 kommer flera ändringar på marknaderna för FCR att träda i kraft. Det kommer bland annat bli möjligt att kombinera produktion och förbrukning i samma bud till stödtjänstemarknaden. Detta skulle kunna innebära att batterier agerar som en snabb resurs för att sedan efterföljas av en blandning av solcellsanläggningar eller förbrukning som regleras för att agera som en större resurs med större energiinnehåll än bara batteriet enskilt. En annan del av

förändringen är att FCR-marknaden kommer att börja prissättas enligt marginalprissättning i stället för medelprissättning.

### Avkastning från SvKs marknader

Konservativt räknat kan man som anläggningsägare se fram emot ca 1000 SEK/ installerad kW och år. Det är viktigt att komma ihåg att SvK ser ett stort behov under de kommande åren för dessa stödtjänster, men tillgången på installerad effekt i form av både batterier och annat ökar snabbt och ingen kan med säkerhet säga hur stödtjänsterna kommer prissättas under kommande år.

### Lokala flexmarknader

Uppsala, Malmö och Stockholm har sedan några år stora utmaningar med lokal effekt- och kapacitetsbrist – alltså både för låg lokal elproduktion och för svaga nät för överföring av el från andra delar av landet. En lösning på dessa utmaningar har varit att etablera så kallade flexmarknader, där kunder/ användare av el kan dra ner sin användning i tider av hög belastning för att inte lokalnätsägaren ska överbelasta överliggande regionnät och därmed dra på sig straffavgifter.

Även Göteborg ser stora utmaningar för tillgång på lokal effekt redan de kommande åren och har startat Effekthandel Väst, som förväntas vara en



del av lösningen. Marknaden har funnits i ett par säsonger, men ger ännu inga stora inkomster till de deltagande företagen.

De olika flexmarknaderna har testat teknik och affärslösningar sedan några år tillbaka, men ska nog fortfarande betraktas som något av pilotprojekt.

Alla inblandade parter har mycket att lära sig och marknaderna behöver tid för att mogna och hitta sina former. Batterier kan spela roll på dessa marknader och marknaderna kan mycket väl komma att spela en större roll framgent.

## Effekttoppskapning och elprisarbitrage

Fastigheter där det finns specifika laster i elsystemet som enkelt går att förutse kan dra stora nyttor av batterilager som en resurs för effekttoppskapning. Exempelvis kan det handla om fastigheter med snabbladdning för elfordon eller verksamheter med storkök där effektuttaget går att identifiera och som periodiskt avviker från fastighetens baslast. Att säkra upp en fastighets nätservis eller betala höga effekttariffer kan ibland ersättas av ett batterilager som går in och tillför det kortvariga effektbehov som behövs. Då batterier ofta kan leverera hög effekt snabbt är de ofta lämpade för den sortens applikationer, dock behövs ett stort energiinnehåll för att uppnå uthållighet.

Historiskt har elpriset i Sverige varit relativt konstant och att köpa och sälja el på kort tidshorisont har sällan varit en lönsam affär. Utvecklingen har dock rört sig mer mot volatila priser med höga skillnader på lägsta och högsta dygnspotpris. Om denna utveckling består, kan elprisarbitrage, där man köper in el vid stor tillgång och låga priser för att sedan sälja till högt pris när tillgången är lägre, bli mer intressant. Att tänka på är faktumet att denna typ av nyttjande kan ”cykla” batterier snabbare och öka dess degradering över tid, då det handlar mer om att ladda ur- och ladda i en större energimängd.

## Energilager och solceller

Vid installation av solcellsanläggning på en fastighet kan batterier nyttjas för att öka egenkonsumtionen av producerad solel. Solcellsanläggningar dimensioneras ofta för att ha så lite utmatning av el på nätet som möjligt och maximera egenkonsumtionen. Detta för att värdet av såld el ofta

inte är lika högt som värdet av undvikt köpt el.

Om batterier installeras i samband med solcellsinstallationen kan man lagra el när solelproduktionen är hög och sedan använda denna el när solelproduktionen är låg. Även detta kan bidra till en snabbare degradering av batteriet, som vid fallet med elprisarbitrage.

## Batterier som reservkraft

Att använda batterier som enskild reservkraftsresurs eller rentav i ö-drift är idag inte så vanligt, detta delvis för att energimängden som går att lagra är ännu relativt låg. Reservkraftsdrift utförs idag överlag med diesel-generatorer.

Batterier kan dock användas som stöd till ett reservkraftsaggregat för att dimensionera ner generatoren och arbeta parallellt med effekttoppskapning under drift. Detta skulle kunna bidra till att reservkraften kan operera på sin optimala verkningsgrad och batteriet tar övriga toppar. På detta sätt skulle man även kunna spara bränsle. Mindre så kallade UPS-anläggningar (Uninterrupted Power Supply) består sedan länge av just batterier och innefattar en begränsad last under kortare tid, just för avbrottsfri kraft tills att reservkraft ansluts.

## Indirekta ekonomiska nyttor

Utöver de direkta ekonomiska nyttorna som redovisas ovan kan det finnas andra ekonomiska fördelar.

### Ökat fastighetsvärde

En uppenbar nytta för en fastighetsägare är att batterier kan bidra till att öka fastighetens värde. De ökade intäkter och sänkta kostnader som diskuteras ovan ger överlag lägre driftskostnader för fastigheten, som i sin tur leder till ett högre driftnetto. Ett högt driftnetto ger ett högre fastighetsvärde jämfört andra fastigheter inom samma område. Som exempel ger, givet en förväntad avkastning för ett specifikt område på 5% och ett ökat driftnetto om 100 000 kronor, en ökning av fastighetsvärdet på ca 2 miljoner kronor.

### Koppling till Boverkets byggregler

Energikrav på byggnader stipulerade i Boverkets byggregler (BBR) utgår från en kravställning om högsta tillåtna primärenergifaktor, EP<sub>pet</sub>. Den

specifika energianvändningen för respektive energislag viktas med faktorer kopplade till respektive energislag. Avseende el är viktningsfaktorn 1,8 jämfört med exempelvis fjärrvärme som har viktningsfaktorn 0,7. En besparad kWh el ger alltså större effekt på byggnadens energiprestanda än en besparad kWh fjärrvärme. Vidare stipulerar Boverket att fritt flödande energi som genereras på byggnaden enbart får tillgodogöras byggnaden om det finns avsättning för den i den stund den genereras.

Att nyttja batterier för att utöka möjligheten till egenanvändning av egenproducerad el är alltså en möjlighet att påverka byggnadens energiprestanda och att byggnaden därmed kan nå en bättre energiklass. Banker och andra finansiärer beaktar energiklass allt mer i sina bedömningar och kan ge bättre räntor om en viss energiklass uppnås. På samma sätt kopplar regelverket kring EU-Taxonomin, som definierar vad som är hållbara investeringar, för fastighetsägare an till den energiprestanda det ägda beståndet har.

### **Miljöcertifieringssystem**

En annan fördel kopplad till ökad egenanvändning av egenproducerad sol el är att det kan bidra till kravuppfyllnaden i miljöcertifieringssystem.

Vid certifiering enligt Miljöbyggnad finns delvis krav på byggnadens energiprestanda som skall uppfyllas: byggnaden skall vara en viss procentandel bättre än BBR (se ovan). I senaste versionen (Miljöbyggnad 4.0) finns även ett krav på att "Minst 5% av fastighetsenergin är lokalproducerad, förnybar och flödande. Flödande innebär energi från sol, vind, mark, luft och vatten." Även här kan batterier spela en roll för att uppfylla kravet.

Enligt Svanen-certifieringen finns krav på byggnadens energiprestanda. Poäng erhålls ju högre andel genererad sol el som tillgodogörs i byggnaden. Även BREEAM-SE har krav kopplat till byggnadens energiprestanda, där högre poäng erhålls ju lägre prestandan blir. Lika så kan poäng erhållas för tekniska systemlösningar som stödjer en energiförsörjning med låga koldioxidutsläpp.

### **Skatter och styrmedel**

I det fall el köps in från ett koncessionspliktigt elnät, lagras i ett batteri och därefter säljs tillbaka till det koncessionspliktiga elnätet finns rätt att göra avdrag

för energiskatt på elen som köpts in. Detta innebär generellt att intäktsströmmar såsom energilagring för elprisarbitrage, effekttoppskapning, stödtjänster etc. inte belastas av energiskatt för inköpt el.

Privatpersoner kan få så kallat grönt avdrag vid installation av batterilager, under förutsättning att lagring görs av egenproducerad energi (ca 50 % av batterilagrets total kostnad får dras av). Privatpersoner kan även få rotavdrag med 30 % av arbetskostnaden för batteriinstallationen, dock ej i kombination med grönt avdrag. Dessa subventioner gäller inte företag.

### **Kommande skatter och styrmedel**

Initiativet "REPowerEU" syftar till att modernisera och uppgradera Europas energiinfrastruktur, inklusive utveckling av förnybar energi och energilagringsteknik, exempelvis stationära batterier. Inom initiativet finns flertalet forskningsprogram inom vilka det går att söka stöd för batterilager. Exempelvis kan forskare och företag ansöka om medel för att utveckla nya batteriteknologier, förbättra prestandan hos befintliga batterier eller undersöka hållbarhet och återvinning av batterier.

Befintliga industrisamarbeten inriktade på energilagringsteknik inom EU kommer att få ett större fokus och möjlighet att utvecklas i och med REPowerEU, såsom European Battery Alliance som är en samling av företag, forskare och andra aktörer som samarbetar för att utveckla en konkurrenskraftig och hållbar batteriindustri i Europa. Nya industriallianser som startat upp som en del i REPowerEU, exempelvis European Solar PV Industry Alliance som syftar till att bygga en stark solenergiindustri inom Europa, ger i sin tur utrymme för batterilagermarknaden att växa då behovet av batterilager ökar i takt med att väderberoende energiproduktion byggs ut nu och under lång tid framöver.

Generellt gynnas utbyggnaden av batterilager av de befintliga stöden som finns för att främja innovation och användning av förnybar energi, så som handeln med utsläppsätter där batterier kan bidra till minskade behov av fossila bränslen.

Energigemenskaper är en viktig del inom "REPowerEU". Formerna för energigemenskapernas utformning är under uppbyggnad runt om i EU-länderna, men mycket talar för att batterilager kommer spela en central roll för många av de energigemenskapslösningar som skapas.

# Vehicle to grid



Vehicle to grid (V2G) innebär att det statiska batterilagret ersätts av en elbil, som kopplas upp mot elnätet med en tvåvägsladdning. Energihanteringssystemet (EMS) styr laddning och urladdning av el utifrån elsystemets behov, och elbilen kan användas till stödtjänstmarknaderna. Andra använda begrepp är "vehicle to building" (V2B), "vehicle to home" (V2H), "vehicle to vehicle" (V2V) och "vehicle to everything" (V2X), vilket exempelvis används när elbilen kopplas till ett hus eller andra fordon, såsom vid elstopp på bilen eller strömavbrott i huset.

En ökning av elbilar i samhället skulle kunna utgöra ett problem för elnätet när alla elbilar ska laddas, men ger också ökad prestanda tillgänglig i ett V2G system. V2G systemet skulle kunna öka pålitligheten av elnätet och möjliggöra för batterilagring till ett lågt pris. Elbilens batteri passar bra för att använda vid reglering av frekvensen i elnätet, eftersom de är anpassade för att kunna ge snabba responser. De kommer också i relativt hög kapacitet; ett bilbatteri har en kapacitet på runt 60-120 kWh, medan ett stationärt batteri till en villa ofta dimensioneras till 10-15 kWh. Att förutse ur- och iladdning är dock svårt, om inte bilägaren på förhand skulle schemalägga sin användning av bilen. En lösning är att på förhand låta aggregatorer buda på en day-ahead marknad, likt elhandelsystemet. En annan lösning är att information om elbilens körschema samlas in i realtid, och aggregatorer skapar utifrån informationen ett laddschema. Det utan att riskera utlämning av information som privatpersoner värnar om. För att V2G skulle bli ett socialt accepterat system behöver nämnda utmaningar beaktas; det behöver vara lätt för bilägaren att använda.

Studier visar att personbilar står parkerade en klar majoritet av dagen, ca 95% är siffror som återkommer, och skulle därmed teoretiskt kunna nyttjas som batterilager under den tiden. För att göra V2G systemet attraktivt för elbilsägare skulle laddningen av elbilarna kunna göras billigare när elnätet tillåter, och sälja sin el i batteriet till högre priser under effekttopparna. Dock finns det utmaningar som behöver vägas in såsom batterislitage; konstant i- och urladdning skulle kunna korta ner batteriets livslängd. En studie på Chalmers visar dock att "smart laddning" (tar hänsyn till spotpriser och batteriets åldrande) tillsammans med V2G kan ge längre livslängd än vanlig användning. Skatteregler och andra lagar behöver också redas ut.

En bidirectional laddstolpe för likström kan komma att kosta ca. 20-30.000 SEK mer än de som finns idag. Elbilen i sig behöver vara kompatibel för V2G och tvåvägsflödet av el och i dagsläget sker standardisering för att kommunikationen mellan laddstolpe och elbil ska fungera. I staden Utrecht i Nederländerna är arbetet mot att bli en "bidirectional city" redan i full gång. Omkring 500 laddstolpar anpassade för V2G är redan installerade i staden, och ca 25 bilar anpassade för laddningen har levererats från Hyundai under år 2022. Bilarna laddas med solkraft och är inte privatägda, utan en del av en bilpool.

Även Japan och biltillverkare som Nissan är långt fram i utvecklingen och därmed kan tekniken i sig ses i större skala inom några år. Teknisk infrastruktur samt regler, lagar, system och accept kan dock ta tid att få på plats i Sverige.

# Tack!

Texterna i denna rapport är baserade på författarnas (Johanneberg Science Park, Norconsult, Maple Energy och Bengt Dahlgren AB) kunskap och erfarenheter samt vederhäftig information från internet. Sidor som kan rekommenderas är exempelvis de från Svenska Kraftnät, Elsäkerhetsverket, Storstockholms Brandförsvär, Skatteverket och ISS Governance!

Mycket värdefull kunskap har inhämtats vid projektets studiebesök hos BatteryLoop och Varberg Energi. Intervjuer har genomförts med de svenska, relativt nystartade företagen Altris, Enerpoly och Rivus Batteries.

Avsnittet Batteriers nytta för det lokala elnätet baseras på diskussioner med seniora forskare och doktorander vid avdelningarna för Elkraftteknik samt Energiteknik. Forskare från RISE och Chalmers Industriteknik har också deltagit i diskussionerna. Avsnittet om Vehicle-to-grid baseras på diskussion med David Steen, senior forskare på Chalmers, i slutet av mars 2023, samt på "A comprehensive analysis of Vehicle to Grid (V2G) systems and scholarly literature on the application of such system," (Renewable Energy Focus, vol 36, Mars, 2021) av B. Bibak och H.T. Mogulkoc.

