

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Batterilager för offentliga och kommersiella lokaler	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Battery storage for public and commercial premises	
Universitet/högskola/företag Sustainable Innovation i Sverige AB	Avdelning/institution
Adress Barnhusgatan 3, 111 23 Stockholm	
Namn på projektledare Jan Kristoffersson	
Namn på ev övriga projektdeltagare Vattenfall Elanläggningar AB, Askersunds kommun, Askersunds bostäder AB	
Nyckelord: 5-7 st Batteri, snabbladdning, solcell, reservkraft, mikronät, effekttopp	

Förord

Projektet har sin upprinnelse i ett flerårigt tidigare samarbete mellan Vattenfall, Askersunds kommun och Sustainable Innovation där Askersunds tätort har varit testplats av lösningar för laddning av elfordon via belysningsnätet. När kommunens stora satsning Sjöängen var under färdigställande och möjligheter att komplettera byggnaden med en soleanläggning var aktuell, inleddes en diskussion om att göra ett gemensamt utvecklingsprojekt som då även skulle omfatta ett energilager och en snabbladdningsstation för elbilar. Med hjälp av bidrag från Energimyndigheten finns nu en sådan pilotanläggning uppbyggd i Askersund och projektet har gett många värdefulla insikter, både när det gäller upphandling/installation och hur anläggningen kan styras för att få maximalt ekonomiskt utbyte.

Stort tack till alla er som bidragit på olika sätt, ingen nämnd och ingen glömd!

Jan Kristoffersson, Sustainable Innovation (projektledare)

Nils Norlander, ÅF (delprojektledare utvärdering)

Innehållsförteckning

Förord.....	1
Innehållsförteckning	2
Sammanfattning	3
Summary	4
1. Inledning/Bakgrund	5
2. Genomförande	6
3. Resultat	14
3.1 Egenanvändning av sol-el	14
3.2 Effekttopsreducering – minskat effektuttag från elnät.....	15
3.2.1 Effekttopsreducering oktober 2017 – januari 2018	15
3.2.2 Effekttopsreducering februari 2018 – maj 2018	17
3.2.3 Effekttopsreducering juni 2018 – augusti 2018	18
3.2.4 Sammanfattning resultat effekttopsreducering	21
3.4 Förväntad livslängd på batterilager	23
3.5 Elkvalitet	25
3.6 Erbjudna laddstationer till elbilsladdning	25
3.7 Ö-driftstest	26
3.8 Break-even för batterilager	28
3.9 Optimal elnätstariff för kund	28
3.10 Resultat från workshops.....	29
4. Diskussion.....	31
Referenser	33
Bilagor	33

Sammanfattning

I syfte att utveckla kunskap och praktisk erfarenhet inom området energilagring inkl. styrning/optimering, har projektets parter Vattenfall, Askersunds kommun och Sustainable Innovation byggt upp en fullskalig pilotinstallation i anslutning till kommunens nybyggda kunskaps- och kulturcentrum Sjöängen. Anläggningen omfattar en solcellsanläggning (ca 100 kW), batterilager (ca 50 kWh) och snabbladdning för elbilar. Sjöängen är Askersunds kommuns största satsning någonsin och den 12 000 kvadratmeter stora byggnaden innehåller bland annat skola, bibliotek, konferensanläggning och storkök.

Projektets resultat visar att solcellsanläggning och batterilager i en större lokalfastighet kan bidra till förnybar elproduktion, jämnare effektuttag och reservkraft, utan negativ påverkan på exempelvis driftsäkerhet eller elkvalitet.

I fallet Sjöängen är batterilagrets lönsamhet helt beroende av möjligheten att reducera den högsta entimmes effekttoppen under varje månad eftersom den är debiteringsgrundande i elnätsavtalet. I pilotprojektet har man manuellt gjort inställningar som har bedömts som lämpliga för olika tidsperioder. Med en maskininlärningsalgoritm skulle man kunna optimera effekttoppsreduceringen ytterligare genom att mer kontinuerligt och förfinat anpassa inställningen utifrån historiskt elanvändningsmönster. En sådan algoritm skulle då också kunna ta hänsyn till exempelvis väderprognoser och rådande elpriser.

Batterilagret i Sjöängen är i dagsläget inte en kommersiellt motiverad investering utan ska ses som en forsknings/utvecklingsinvestering. Med sjunkande batterikostnader, smartare styrning och ökat värde för att vid rätt tidpunkter kunna reglera effektuttagen från elnätet, är det dock troligt att denna typ av anläggningar på sikt blir ekonomiskt motiverade. Lönsamhet för batterilager bör först kunna återfinnas där elnäten är svaga och alternativet är investeringar i t.ex. ledningar och transformatorstationer.

Batterilager och styrning är en relativt ny företeelse på marknaden med funktioner som inte är helt enkla att sätta sig in i. Pilotprojektet visar tydligt att det i dagsläget krävs god tillgång till specifik expertis hos beställaren för att kunna få ut maximal nytta av investeringen. Till det kommer även att de nationella regelverken behöver ses över, eftersom det är otydligt vilka brandskyddskrav som ska gälla för batterilager i fastigheter.

Projektet visar sammantaget att det finns ett stort värde i pilotanläggningar med batterilager där man kan dra lärdomar baserat på både verkliga installationsförutsättningar och elanvändningsprofiler.

Summary

Sjöängen is Askersund's biggest ever financial venture and the newly built 12,000 square meter building comprises, among other things, schools, libraries, conference facilities and commercial kitchens.

In order to develop knowledge and practical experience in the field of energy storage including control and optimization large buildings, the project partners (Vattenfall, Askersund Municipality and Sustainable Innovation) constructed a full-scale pilot installation as part of Sjöängen knowledge and culture centre. The facility comprised a solar cell plant (approximately 100 kW), a battery storage facility (about 50 kWh) and fast charging stations for electric vehicles. Project results showed that solar cell installations and battery storage in large building premises could contribute to renewable energy production and a smoother supply and backup power, without adversely affecting, for example operational reliability or power quality.

For Sjöängen, the profitability of battery storage was entirely dependent on the possibility to reduce the highest one-hour power peak each month as it was the billing basis in the electricity grid agreement. The pilot project configured manually settings considered suitable for different time periods. With a machine-learning algorithm, peak shaving could be optimized further through a more continuous and refined configuration based on historical power usage patterns. Such an algorithm could also take into account, for example, weather forecasts and electricity prices.

Battery storage in Sjöängen is currently not commercially motivated but regarded as a research and development investment. It is expected that this type of plant will eventually be financially justifiable, as battery costs decrease, control becomes smarter and the value to control power supply properly from the mains increases. Battery storage profitability will likely be found where the power grids are weak and the alternative is investment in, for example, cabling and transformer stations.

Battery storage and control is a relatively new phenomenon to the market with features not yet easy to grasp. The pilot project showed clearly that good access to specific stakeholder expertise was required in order to get the maximum benefit from the investment. Further, national regulations needed to be reviewed, as applicable fire protection requirements for battery storage facilities in different kinds of buildings and properties were unclear.

To summarize, the project demonstrated that there was great value in pilot site battery storage facilities, and that lessons could be learned from both "real" installation conditions and power usage profiles.

1. Inledning/Bakgrund

Världen står inför stora utmaningar när det gäller att ställa om till ett hållbart energisystem. Vid klimatkonferensen COP21 i Paris i december 2015 enades världen länder att den globala temperaturökningen ska hållas väl under 2 grader och att man ska sträva efter att begränsa den till 1,5 grader. I Sverige har Energiöverenskommelsen från juni 2016 satt upp mål att Sverige senast år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären och att 2040 ha en 100% förnybar elproduktion. För att förverkliga detta krävs bl.a. en kraftig expansion av förnybar elproduktion och övergång till en fossilfri fordonsflotta. Med en allt större andel väderberoende elproduktion blir kostnadseffektiv lagring av elenergi allt mer intressant.

Vattenfall erbjuder sedan tidigare helhetslösningar för t.ex. laddning av elfordon och ser med intresse på möjligheterna att utveckla kompletterande affärskoncept när det gäller av solelproduktion och energilagring. T.ex. kan kostnaderna för elanslutning av laddare för personbilar och bussar hållas nere genom användning av batterilager och smart styrning.

I syfte att utveckla kunskap och praktisk erfarenhet inom området energilagring inkl. styrning/optimering av energiflöden, har projektets parter Vattenfall, Askersunds kommun och Sustainable Innovation byggt upp en fullskalig pilotinstallation i Askersund. Anläggningen omfattar solelproduktion, elenergilager och laddplatser för elbilar i anslutning till kommunens nybyggda kunskaps- och kulturcentrum Sjöängen. Lokalerna innehåller olika typer av funktioner som undervisning, bibliotek, storkök, konferens mm, vilket ger goda möjligheter att testa olika strategier för styrning av energiflöden. En populärbeskrivning av anläggningen bifogas (Bilaga 1 Informationsblad Soldrift Sjöängen).

Vattenfall har upphandlat och äger solelanläggningen och batterilagret medan Askersunds kommun disponerar anläggningarna genom ett tjänst/funktionsavtal med Vattenfall, där den producerade elen tillfaller Askersunds bostäder (som svarar för byggnadens drift inkl. energiförsörjning). Den nybyggda laddstationen ingår i Vattenfalls koncept Incharge och har sin strömförsörjning från Sjöängen. Sustainable Innovation har koordinerat projektet och tillsammans med Vattenfall svarat för tester och utvärdering av dessa.

Olika driftstrategier har testats, bl.a. att utjämna effektuttag från lokalnätet vid förbrukningstoppar, utnyttja variationer i elpriser och kunna använda solelanläggning och batterilager i reservkraftläge. Strategierna har testats för olika driftfall som normalt uppstår på grund av dygns- och säsongsmässiga variationer av produktion och användning av el.

Syftet med projektet har varit att via pilotanläggningen vinna erfarenheter och dra slutsatser om lämplig teknisk uppbyggnad och driftstrategier av batterilagersystem kombinerat med snabbaddning av elbilar och solelproduktion för offentliga och

kommersiella lokaler. Vidare har olika affärsmodeller diskuterats med utgångspunkt från det aktuella fallet.

2. Genomförande

Våren 2016 inledde Vattenfall och Askersunds kommun diskussionerna om att driva ett gemensamt utvecklingsarbete/pilotverksamhet inom området solexproduktion och batterilager. Kommunens stora satsning på Sjöängens kunskaps- och kulturcentrum stod inför sitt färdigställande och det fanns goda möjligheter att komplettera byggnaden med en solexanläggning på taket. Sjöängen skulle utgöra en utmärkt plats för att etablera en sådan pilotverksamhet. Byggnaden på totalt 12 000 kvadratmeter inrymmer skola för kommunens samtliga elever i årskurs 6-9, bibliotek och skolbibliotek, fritidsgård med elevcafé, storkök för hela kommunens behov, musikskola, café, aula, konsthall, mötesrum och lokaler för uthyrning samt en multisal för musik, teater, dans, bio och föreläsningar med 500 sittplatser. Verksamhet bedrivs stora delar av dygnet sju dagar i veckan.



Bild 1 Sjöängen i Askersund

Parterna, inkl. Sustainable Innovation, hade goda erfarenheter från tidigare gemensamt utvecklingsarbete (laddning av elfordon via belysningsnätet). Via Sustainable Innovation lämnade parterna in en ansökan till Energimyndigheten i augusti 2016 om bidrag till ett pilotprojekt som skulle omfatta tester av olika styrstrategier i ett system omfattande en solcellsanläggning (ca 100 kW), ett batterilager (ca 50 kWh) och en snabbladdningsstation för elbilar. Projektet beviljades och kunde starta den 10 november 2016.

Projektet indelades från start i fem arbetspaket:

- AP1: Projektledning
- AP2: Installationer
- AP3: Test och utvärdering
- AP4: Affärsutveckling
- AP5: Kommunikation

Genomförandet beskrivs i det följande uppdelat på respektive arbetspaket.

AP1: Projektledning

Projektet inleddes med en planeringsfas inkl. att forma styrgrupp, projektledning, projektgrupp och kommunikationsgrupp. Projektplan, utvärderingsplan och kommunikationsplan togs fram och beslutades vid de tre första styrgruppsmötena under januari, april och maj. Därefter har styrgruppen haft ytterligare sex möten där projektläget och resultat har redovisats och kompletterande beslut fattats. Den löpande koordineringen har i huvudsak genomförts i projektets arbetsgrupp med projektledaren som sammankallande. Totalt har projektgruppen genomfört ett 40-tal dokumenterade möten. Arbetspaketet har även omfattat rapporteringen till Energimyndigheten i form av lägesrapporter, ekonomiska redovisningar och denna slutrapport.

AP2: Installationer

Vattenfall Elanläggningar upphandlade batterilager med styrsystem, solcellanläggning och övriga installationer under vintern och våren 2017. Förfrågan gick ut till ett 15-tal leverantörer/entreprenörer. Kompetens från Vattenfall forsknings- och utvecklingsenhet (Vattenfall R&D) samt konsultföretaget ÅF medverkade i framtagande av förfrågningsunderlag och vid utvärderingen. Följande leverantörer/entreprenörer tilldelades:

- Batterilager: Ferroamp
- Solcellsanläggning: Windon
- Takinstallationer: Garantitak
- Elinstallationer: MSI El

Snabbladdstationen ingick inte i upphandlingen utan där valde projektet att samverka med Vattenfalls laddningsnätverk InCharge som därmed svarade för den installationen. Dock ingick elanslutning av laddstationen i det som upphandlades.



Bild 2 Snabbladdningsstationen

Första byggmötet genomfördes den 10 april 2017. Under våren och sommaren kunde batterilager med styrsystem, solcellanläggning och laddningsstation för elbilar installeras och tas i drift. Solelanläggningen började producera i mitten av juli. Batterilagret togs i drift i mitten av september.



Bild 3 Del av solcellsanläggningen

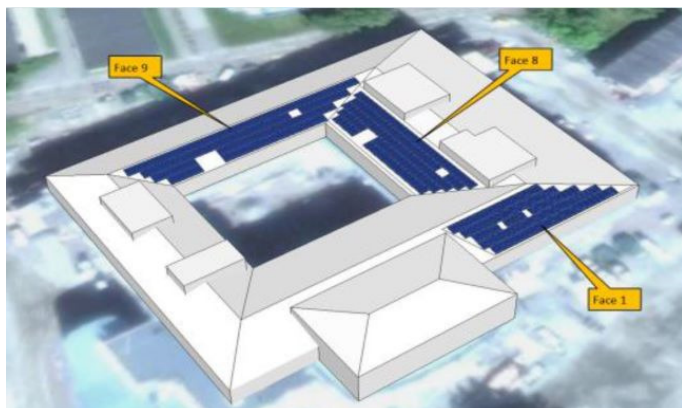


Bild 4 Solcellspanelernas placering på taket

Batterilagret var ursprungligen tänkt att installeras inom byggnaden Sjöängen men på grund av oklara brandskyddskrav har det placerats i en container utanför byggnaden i avvaktan på att kraven ska bli tydligare. Planen är att kunna flytta in batterilagret i ett av byggnadens ventilationsrum (i en separat brandscell). Dialog kring vilka krav som då ska gälla har diskuterats med den lokala brandmyndigheten. Svensk Solenergi har även lyft upp frågan om att ett tydligare nationellt regelverk behövs.



Bild 5 Batterilagret i sin container

Under installationsfasen utvecklades även en enkel visualisering som visar soleanläggningen produktion (just nu och ackumulerat), batteriets laddningsnivå samt information om systemuppbyggnaden inkl. elbilsaddningen. Visualiseringen visas på en monitor i byggandens entréhall.

Anläggningen invigdes den 6 oktober. Den tekniska utformningen framgår av Bilaga 2 (Tekniskt informationsblad).

Efter invigningen har en del justeringar behövs genomföras eller planeras. Inför ö-drifttestet upptäcktes att det behövdes en mindre ombyggnation av ställverket i byggnadens elrum.

Efter den första vintern, med mycket snö, visade sig infästningen av solcellspanelerna vara bristfälligt utförd, vilket har åtgärdats. Vid åtgärdandet av montagebristerna åkte dock ett av kontaktstyckena för en av solcellsanläggningens slingor isär, vilket har inneburit att denna slinga har producerat ca 2 000 kWh mindre än intilliggande slingor sedan idriftsättning.

Dessutom upptäcktes under sommaren att ett av batterilagrena inte fungerar som det ska, vilket innebär att kapacitet och urladdningseffekt har minskat med 7,2 kWh respektive 7 kW. Orsaken utreds då denna rapport skrivs.

Vidare har höga temperaturnivåer uppmätts i både elrummet med ställverk och containern som inrymmer batterilagret. I containern har man därför installerat en fläkt och för elrummet planerar man att installera en kylanläggning.

Man har även uppmärksammat att de snörasskydd som installerades i samband med att soleanläggningen sattes upp ger upphov till skuggor som inte oväsentligt påverkar anläggningens produktion. Här pågår diskussion om lämpliga åtgärder. Det gäller även att skapa lämpligt utformade gångbryggor för att vid behov kunna inspektera ett par fläktar utan att behöva demontera solcellspaneler. Dessa frågor inklusive permanent placering av batterilaget kommer drivas vidare av Vattenfall som del av det förvaltningsansvar man har för sin anläggning.

AP3: Test och utvärdering

Arbetet inom projektets arbetspaket för utvärdering inleddes med att ta fram en plan för utvärdering. Utifrån projektets mål samt ytterligare faktorer som projektet ansåg som intressanta beskrevs ett antal KPI:er (Key Performance Indicators) och en mätplan för den mätdata som skulle behövas för att följa upp dessa. I planen bestämdes även tidsschema för att testa och utvärdera olika styrstrategier samt ö-drifttest. Vattenfall R&D bistod med kompetens för att bestämma KPI:er och hantera mätdatainsamling och installerade även speciell högupplöst mätning för att bl.a. kunna utvärdera systemets påverkan på elkvaliteten.

När det gäller tester kopplade till batterilagret har i huvudsak tre olika styrfall utvärderats, alla med mål att minska byggnadens totala effektuttag. Två av dessa

har varit inriktade på att enbart kapa effekttoppar, i det första fallet momentana korta toppar och i det andra fallet den så kallade entimmes-effekten (effektmedelvärdet under en timme) som påverkar kundens debiterade elnätskostnad. Det tredje fallet inriktades mot att kombinera det andra fallet med att även ta hänsyn till elkostnaden för att ladda batteriet. Möjligheterna att via styrning maximera egenanvändningen av producerad el har inte varit relevant att testa eftersom produktionen bara vid ett fåtal timmar har varit större än byggnadens elanvändning.

Efter noggranna förberedelser genomfördes ett så kallat ö-drifttest den 14 juni 2018. Byggnaden kopplades bort från elnätet och försörjningen skedde via ett tillfälligt anslutet dieselkraftverk i kombination med soleanläggningen och batterilagret.

Testerna och utvärderingarna har genomförts i samverkan mellan kompetens från Vattenfall R&D och konsultföretaget ÅF.

AP4: Affärsutveckling

Arbetspaketet affärsutveckling inleddes med att ett funktionsavtal mellan Vattenfall och Askersunds kommun togs fram, omfattande soleanläggningen och batterilagret. Därefter har två workshops genomförts med representanter från Askersunds kommun, Askersunds bostäder, Vattenfall och Sustainable Innovation för att diskutera hur ett koncept riktat till kommuner och andra lokalägare skulle kunna utformas.

Vidare har en workshop genomförts med involverade leverantörer och entreprenörer för att fånga upp erfarenheter och synpunkter från installationsfasen.

Inom arbetspaketet har även diskuterats olika möjligheter att öka antal laddningar på laddstationen. Bland annat en omskytning som är tydligare och som ger mer tid för att stå parkerad och ladda. Omskytningen har dock blivit försenad och effekter av denna har inte kunnat bedömas inom ramen för projektet.

Inom arbetspaketet ligger även att säkerställa den långsiktiga förvaltningen av anläggningen i samverkan mellan Vattenfall och Askersunds kommun

Inom arbetspaketet undersöktes också pågående liknande projekt nationellt och internationellt för att dra lärdomar och bidra med kunskapsutbyte. Bland annat kontaktades personer på Örebro bostäder som tillsammans med InnoEnergy har installerat 135 kWh batterilagret till sju olika fastigheter i Örebro. Internationellt har man sökt erfarenheter från exempelvis EnergyLab Nordhavn, som är ett fyraårigt projekt som startades 2015 för att utveckla energilösningar.

Vidare gjordes en mindre undersökning om energilagring i form av svänghjul hade varit applicerbart på Sjöängen istället för de installerade batterierna. Svänghjultekniken är i förhållande till batterilagret miljövänlig då inga aggressiva kemikalier såsom litium installeras i anslutning till fastigheten, samt att svänghjulet lättare kan återvinnas. Vidare har svänghjul generellt en längre

livslängd jämfört med batterilager. En nackdel med svänghjul för applikationer såsom de som eftersöktes på Sjöängen är att stand by-förlusterna är högre vilket innebär ökade förluster då el lagras över längre perioder. Då elanvändningen i fastigheten inte går att veta på förhand krävs därför att el lagras över längre perioder i väntan på eventuella toppar eller att elpriset ska gå ner. Om solet lagras under dagen kan nästa effekttopp exempelvis ske förmiddagen därpå.

AP5: Kommunikation

Arbetet inleddes med att en kommunikationsgrupp bildades med kompetens från Askersunds kommun, Vattenfall och Sustainable Innovation. Gruppens första uppgift blev att informera om projektet, via hemsidor, via vepa utanför byggnaden och via monitor i Sjöängen:s entréhall.

Invigning med ett seminarium och visning av anläggningen genomfördes den 6 oktober 2017 med totalt ca 50 deltagare. Pressvisning genomfördes i samband med invigningen vilket ledde till flera artiklar (Sydnärkenytt, Hållbart byggande, Förvaltarforum, Energipress, SVT Örebro, Elinstallatören m.fl.) Inför invigning togs en populärbeskrivning av anläggningen fram (Bilaga 1).



Bild 6 Invigningen den 6 oktober 2017

Projektet presenterades både i maj 2017 och maj 2018 vid nätverksträffar för kommuner inom projektet Framtidens sol i östra Mellansverige som anordnats av Energikontoret Östra Götaland. Deltagarna kom från kommuner inom Örebro, Uppsala, Södermanland och Östergötlands län i Linköping.

Vidare har presentationer gjorts i april 2018 dels vid Svensk Solenergis årsmöte i 25 april och vid ett möte hos Energidataföreningen.

En studiebesöksdag med ett tillhörande seminarium genomförts den 17 maj 2018. Totalt deltog ett 25-tal personer utöver deltagare från projekt-och kommunikationsgrupp. Seminariet presenterade bl.a. resultat från utvärderingarna som då var tillgängliga. Även andra projekt som Vattenfall driver inom ”microgrid-området” presenterades. Som komplement till tidigare populärbeskrivning av anläggningen togs ett tekniskt informationsblad (bilaga 2) fram och delades ut på studiebesöksdagen. I samband med studiebesöksdagen genomfördes en pressinformation som gav artiklar i Nerikes Allehanda och Ny Teknik.

För att informera de som besöker Sjöängen har projektet även tagit fram en skärmställning för placering i byggnadens entréhall. Skärmställningen ger kompletterande information till den realtidvisualisering som visas på monitorn.

Projektets slutresultat kommer att presenteras i samband konferensen Framtidens elsystem i Stockholm den 15 november 2018.

3. Resultat

Resultat AP3: Test och utvärdering

Ordlista

SOC - State of Charge (batterilager) – Momentan kapacitet / total kapacitet, e.g. 100 % SOC = fullt laddat batteri.

kWh/h - Energimängd under en timme.

EV – Elbil.

Projektet har utvärderats efter ett antal KPI:er fastställda i projektets startskede:

Tabell 1: Sammanfattning KPI:er.

KPI	Data	Target
Egenanvändning av sol-el	kWh använd solenergi i fastighet delat med total solelproduktion i kWh	95 % av simuleringsresultat
Minskat effektuttag från elnät	kW-topp på månatlig faktura	Reduktion med 40 kW
Förväntad livslängd på batterilager	Batterilagrets kapacitet i kWh efter testperioden (1 år)	97%
Elkvalitet	Total Harmonic Distortion, Voltage sag and swell, transients, super harmonics (2kHz-150kHz), (outages), two way power flow	Oförändrat från dagsläget
Erbjuda laddstationer till EVs	kWh använda för att ladda EVs per vecka, # unika registrerade nummer och # anslutningar gjorda	Förbättringar under året (kvartalsmedelvärden) – Både m.a.p. # anslutningar och volym
Antal oplanerade interventioner efter påbörjad drift	Åtgärder för att återställa drift Logg över klagomål	<12 ärenden / år

Nedan följer en resultatet sammanfattat för respektive KPI.

3.1 Egenanvändning av sol-el

Elproduktionen från solcellsanläggningen på ca 100 kW_p har nästan uteslutande varit för egenkonsumtion då elanvändningen i fastigheten är hög under dagtid.

Under sommarmånaderna 2018 matades 39 kWh ut mot nätet under totalt 61 h, och resterande elproduktion användes i fastigheten. Således har egenkonsumtionen av solel under utvärderingsperioden varit upp mot 100 %, vilket överstiger uppsatt mål för denna KPI.

3.2 Effekttopsreducering – minskat effekttuttag från elnät

3.2.1 Effekttopsreducering oktober 2017 – januari 2018

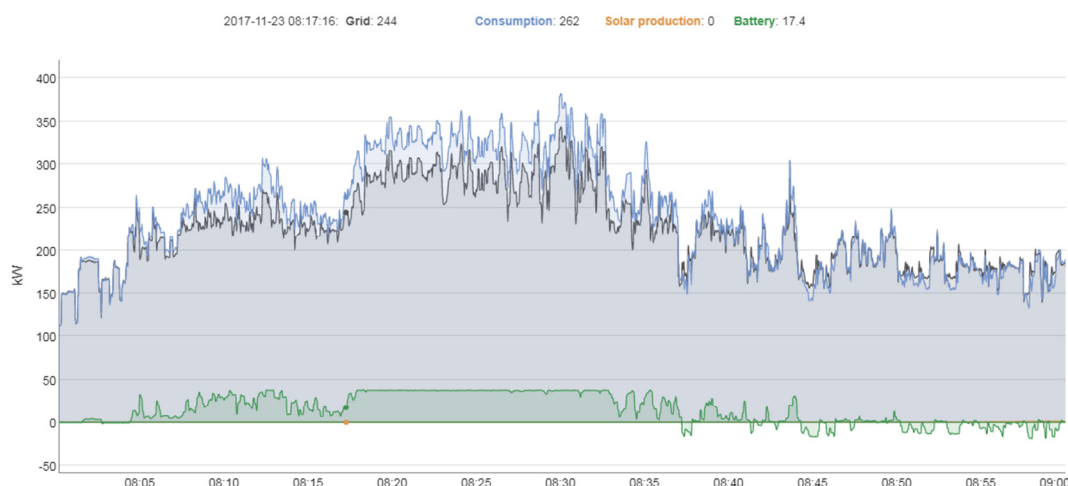
Med den första styrmoden i växelriktaren skedde effekttopsreducering och laddning av batterilagret momentant, vilket inte innebar optimal ekonomisk nytta för Sjöängen. Styrmoden i Ferroamps E-hub (växelriktare) var inställd enligt följande:

Tabell 2: Inställningar E-hub oktober 2017 - januari 2018.

Del	Parameter	Börvärden vid testfall
EnergyHub Settings		
	Energy Hub active power modes	Momentan energioptimering
	Grid upper threshold [W]	220 000
	Grid lower threshold [W]	180 000
Energy storage settings		
	Energy storage modes	Momentan energioptimering
	Energy storage PowerLimit	+/- 6000 W per ESO = 42000 W
	Upper SoC performance [%]	90
	Lower SoC performance [%]	20

Grid upper threshold innebär den effekt då batterilagret laddas ur om effekttuttaget i fastigheten överstiger inställt värde. *Grid lower threshold* innebär den effekt då batterilagret laddas om effekttuttaget i fastigheten understiger inställt värde. *Upper* och *Lower SoC performance* styr hur mycket batterilagret tillåts ladda upp och ur av sin totala kapacitet.

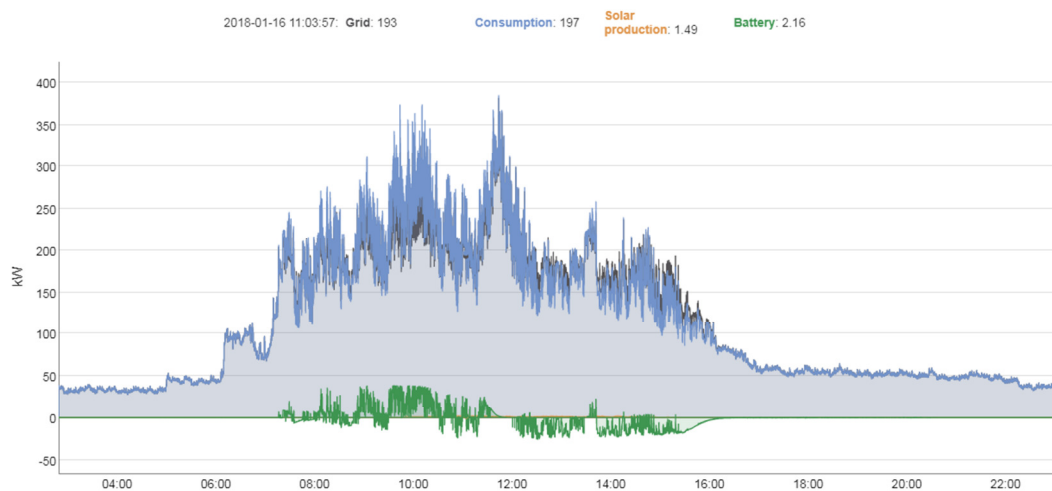
Då effekttopsreduceringen skedde momentant, på minutnivå, fluktuerade upp och ur-laddning ur batterilagret. Vidare innebar den momentana styrningen att batterilagret laddades och laddades ur under samma timme, vilket redovisas nedan i figur 1:



Figur 1: Laddning- och urladdningsmönster (grön kurva) under 2017-11-23 08:00-09:00.

Eftersom effektkostnaden per månad baseras på den högsta uttagna medeleffekten per timme (kWh/h) ledde detta laddningsmönster inte till någon besparing samtidigt som batteriet genomgick onödigt många cykler. I figur 1 laddar batterilagret ur (positivt värde) mellan 08:00 och 08:35, för att sedan laddas (negativt värde) momentant mellan 08:35 och 09:00.

Vidare identifierades utmaningar med konsekutiva effekttoppar under testperioden. Batterilagret laddas då ur under effekttoppar på morgonen och är sedan tomt då dagens högsta effekttopp sker.



Figur 2: Konsekutiva effekttoppar 2018-01-16.

Ur figur 2 kan utläsas att batterilagret reducerar de effekttoppar som inträffade mellan 08:00 och 10:00 men sedan är tomt när dagens högsta effekttuttag sker. För att detta ska undvikas måste antingen inställda tröskelvärden i växelriktaren vara exakta så att endast de högsta effekttopparna reduceras, eller att algoritmen kan ta hänsyn till beteendemönstret.

Besparingarna under testperioden motsvarade 1 920 SEK genom minskat effektuttag och 950 SEK genom solexproduktion, således totalt 2 870 SEK.

3.2.2 Effekttopsreducering februari 2018 – maj 2018

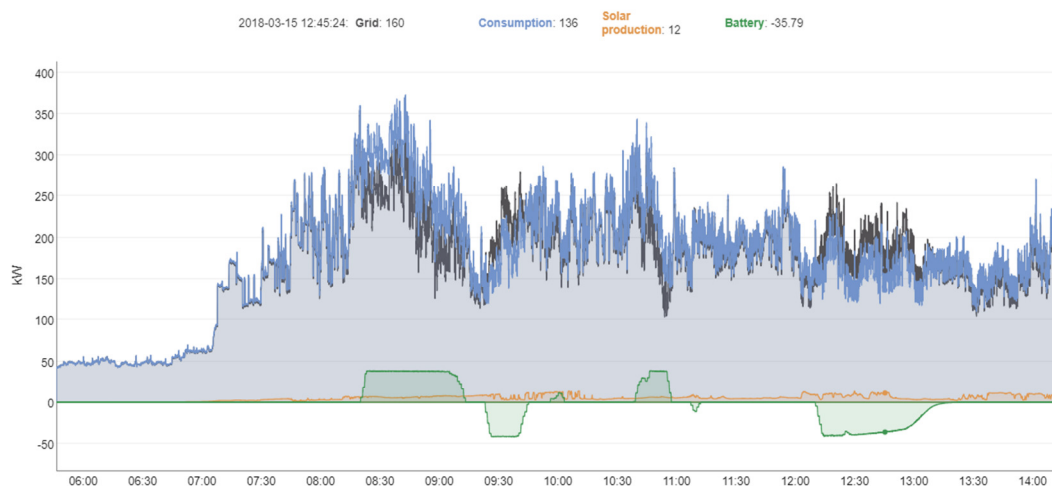
Under nästa testperiod justerades styrmoden i växelriktaren så att batterilagret skulle reducera effekttoppar på timnivå. Vidare justerades tröskelvärdena upp något för att batterilagret skulle klara av konsekutiva effekttoppar.

Tabell 3: Inställningar E-hub februari 2018 - maj 2018.

Del	Parameter	Börvärden vid testfall
EnergyHub Settings		
	Energy Hub active power modes	Timbaserad energioptimering
	Grid upper threshold [W]	225 000
	Grid lower threshold [W]	190 000
Energy storage settings		
	Energy storage modes	Timbaserad energioptimering
	Energy storage PowerLimit	+/- 6000 W per ESO = 42000 W
	Upper SoC performance [%]	90
	Lower SoC performance [%]	10

Med justeringar från tidigare testperiod kunde större kundnytta åstadkommas då effekttoppar reducerades på timnivå istället för minutnivå. Vidare tacklades konsekutiva effekttoppar med större precision efter ytterligare analys av fastighetens energidata. Normalt sker fastighetens effekttopp mellan 08:00 och 11:00 då storköket används som mest. Vidare kunde solexproduktionen stötta batterilagret i större utsträckning under våren jämfört med tidigare månader.

De månatliga effekttopparna inträffade då lasten var hög samtidigt som solexproduktionen var låg:



Figur 3: Peak effektuttag från nät under mars, 2018-03-15 08:00.

Jämfört med figur 2 åskådliggörs i figur 3 att laddning och urladdning av batterilagret under denna testperiod skedde betydligt jämnare. Under lasttoppen kl. 08:00 i mars och april är effekt ut från batteriet ca 40 kW under en halvtimme, d.v.s. ca 20 kWh under timmen. Därefter laddas batteriet mellan 09:00 och 10:00 då lasten går ned för att sedan ha kapacitet att reducera kommande effekttoppar.

I maj var inställt tröskelvärde något högt då månadens lasttopp reducerades med endast 10 kWh från batterilagret, trots att det fanns kapacitet tillgänglig kvar. Detta berodde till stor del på att solexproduktionen var hög under maj månad. För att få större besparingar genom effekttoppsreducering under perioden krävs antingen mer flexibla tröskelvärden, ett större batterilager, eller att lasten kan förskjutas till en tidpunkt då solexproduktionen är högre. Last kan förskjutas till exempel genom att kökets kyl- och fryscompressorer stängs av under några timmar på morgonen.

Besparingarna under testperioden motsvarade 5 520 SEK genom minskat effektuttag och 21 550 SEK genom solexproduktion, således totalt 27 070 SEK.

3.2.3 Effektoppsreducering juni 2018 – augusti 2018

Under testperioden juni-augusti implementerades en ny styrmod som innefattade timbaserad energioptimering med uppskjuten laddning för att utvärdera lönsamheten i att ladda batteriet då elpriset är lägre, på natten. Förutom att optimera laddning efter inköpspris skulle styrmoden reducera effekttoppar, samtidigt som självkonsumtionen maximerades genom att överskott av solexproduktion användes för att ladda batterilagret. Vidare behövde tröskelvärdena i växelriktaren justeras då fastighetens energianvändning minskat samtidigt som solexproduktionen ökade. Man utvärderade också lönsamheten i att låta batterilagret laddas till 100 % SOC.

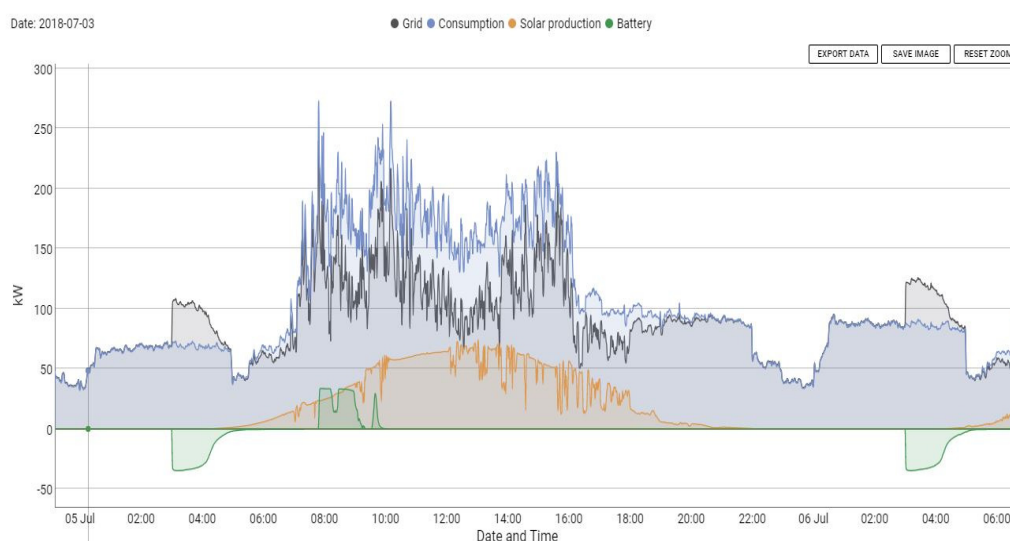
Dessa justeringar gjordes den 26:e juni vilket innebär att juni till stor del hade föregående testperiods styrmod.

Tabell 4: Inställningar E-hub 26:e juni 2018 – augusti 2018.

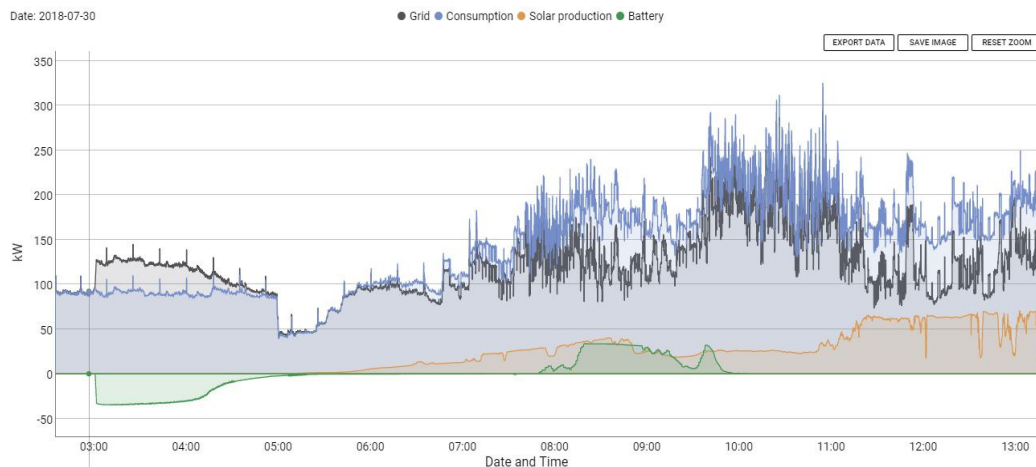
Del	Parameter	Börvärden vid testfall
EnergyHub Settings		
	Energy Hub active power modes	Timbaserad energioptimering mot inköpspris
	Grid upper threshold [W]	160 000
	Grid lower threshold [W]	130 000
Energy storage settings		
	Energy storage modes	Timbaserad energioptimering mot inköpspris
	Energy storage PowerLimit	+/- 6000 W per ESO = 42000 W
	Upper SoC preformance [%]	100
	Lower SoC preformance [%]	5

Resultatet under testperioden påverkades av att kontaktstycken i en slinga på solcellsanläggningen hade glidit isär vid tidigare åtgärdande av montagebrister. Slingan hade därför producerat ca 2 000 kWh mindre än intilliggande slingor sedan idriftsättning

Styrmoden lyckades väl med att styra batterilagret så att det laddades nattetid, vilket beräknades medföra en besparing om ca 400 SEK under testperioden.


Figur 4: Batterilagret laddas nattetid mellan 03:00 och 05:00 den 5/7 och 6/7 2018.

När testperioden utvärderades noterades att tröskelvärdena varit något lågt ställda, vilket innebar att batterilagret hade svårt att bemöta konsekutiva effekttoppar:



Figur 5: Effekttopp under juli månad, 2018-07-31 10:00-11:00.

Ur figur 5 kan utläsas att batterilagret laddas som det ska mellan 03:00 och 05:00 och reducerar sedan de initiala effekttopparna som uppstår vid 08:00 på morgonen. När sedan högre toppar sker mellan 10:00 och 11:30 är batteriet tomt och kan inte reducera topparna. Övre gräns för effekttopsreducering var med denna styrmod 160 kW och skulle behöva höjas för att inte reducera ”fel” toppar.

En stor utmaning för att göra effekttopsreducering lönsamt är alltså att ha inställda tröskelvärden i växelriktaren som ligger på en optimal nivå. Detta kan åstadkommas genom att energianvändningen för olika tidsperioder analyseras och olika energistyrningsprofiler som tar hänsyn till exempelvis säsongsvariationer ställs in manuellt, vilket dock försvårades i detta projekt då Sjöängen är en nyöppnad anläggning.

En maskininlärningsalgoritm skulle kunna optimera effekttopsreduceringen ytterligare genom att ta hänsyn till historisk elanvändning och anpassa tröskelvärdena därefter. Denna algoritm kan då också ta hänsyn till exempelvis väderprognoser och elprisprognoser för effektivare effekttopsreducering och laddning av batterilager under timmar då elpriset är lågt.

3.2.4 Sammanfattning resultat effekttopsreducering

Nedan följer en sammanställning med effekttoppar och effekttopsreducering för respektive månad:

Tabell 5: Månadens effekttopp, total reduktion varav solet och energi från batteri, total soletproduktion under period och totala besparingar.

	Max hour peak [kWh]	Reduction made by system [kWh]	PV	Battery	Total PV-production [kWh]	Savings made by system [SEK]
Oktober	235	No data available	-	-	1 200	2 856
November	236	29	14	15		
December	223	16	0	16		
Januari	241	3	0	3	27 628	27 070
Februari	223	15	1	14		
Mars	238	30	6	24		
April	215	23	2	21		
Maj	198	10	5	5		
Juni	235	77	66	11	26 710	26 355
Juli	176	34	26	8		
Augusti	211	21	11	10		
September	220	42	14	28	6246	7076
Average:	221	27	13	14	Total: 61 784	Total: 63 357

*Besparingen har beräknats med ett snitt spot-pris om 25 öre/kWh, 53 öre/kWh överföringsavgift samt 40 kr/kWh, månad effekttavgift för oktober-januari och 52,5 kr/kWh, månad effekttavgift för resterande månader då det varit en prisutveckling under året.

Då utvärderingsperioden sköts upp varade den mellan oktober 2017 och augusti 2018. Utvärderingsperioden kompletterades med september 2018 för att täcka ett helår. I snitt har således de månadsvisa effekttopparna reducerats med 27 kWh/h av systemet varav 14 kWh/h är genom bidrag från batterilager. Detta understiger målet om 40 kWh/h med ca 13 kWh/h för denna KPI.

3.3 Batterilagrets round trip-verkningsgrad

Ferroamp AB:s batterilager ESM7 har enligt företaget en round trip-verkningsgrad, d.v.s. den totala verkningsgraden för in och urladdning av ett batteri, om 94 %.

Efter ett års drift undersöktes om verkningsgraden hade påverkats genom att verkningsgraden beräknades för stickprov på olika cykler.

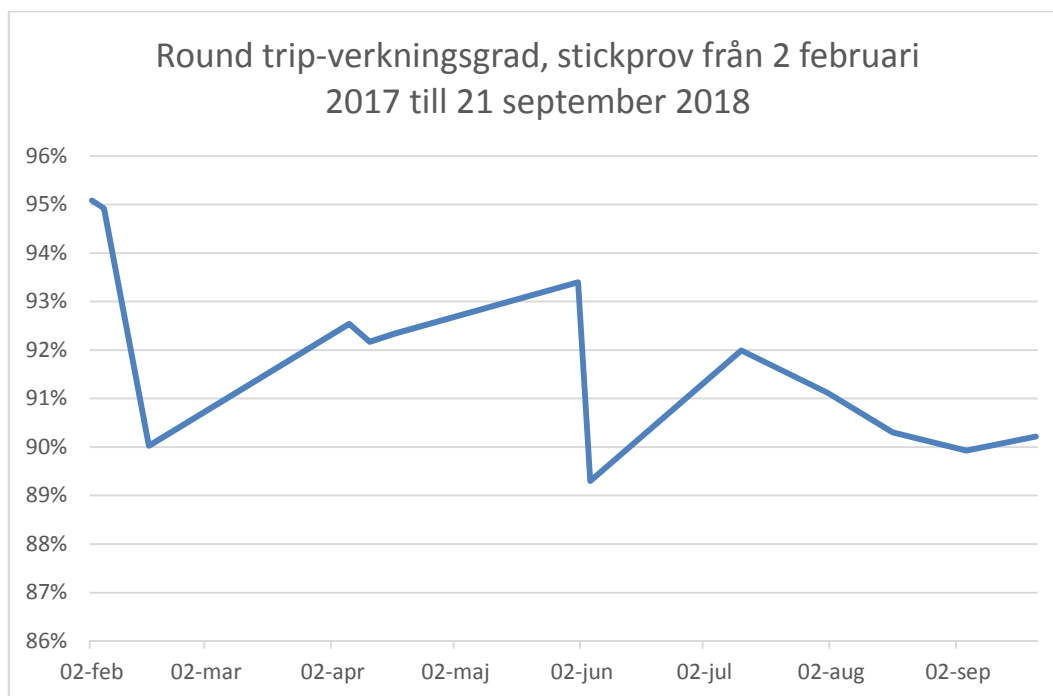
Tabell 6: Round trip-verkningsgrad batterilager. Upp- och urladdningsenergi är beräknad från Ferroamps användarportal och temperaturen motsvarar uppmätt temperatur på Örebro Flygplats [SMHI].

Tidsperiod	Urladdning [kWh]	Uppladdning [kWh]	Round trip-verkningsgrad	Medel utetem
------------	------------------	-------------------	--------------------------	--------------

				p. [□]
2018-02-02 09:00-16:00	33,9	35,7	95 %	-6,5
2018-02-05 07:00-16:00	32,4	34,1	95 %	-4,6
2018-02-16 07:00-15:00	36,4	40,5	90 %	0,6
2018-04-06 08:00-15:00	36,6	39,6	93 %	6,1
2018-04-11 08:00-15:00	29,0	31,4	92 %	8,0
2018-04-17 07:30-15:00	30,8	33,4	92 %	11,2
2018-06-01 10:00-14:00	26,9	28,8	93 %	36*
2018-06-04 07:47-16:47	36,2	40,5	89 %	40*
2018-07-11 10:00-14:00	38,7	42,1	92 %	30*
2018-08-01 07:50-06:00	41,6	45,7	91 %	26*
2018-08-17 03:00-09:30	41,4	45,8	90 %	25*
2018-09-04 03:00-12:00	41,0	45,6	90 %	29*
2018-09-21 03:00-12:00	41,5	46,1	90%	15,7

*Max uppmätt temperatur under dagen i containern där batterilagret är placerat.

Ur tabell 6 kan utläsas att det finns indikationer på att round trip-verkningsgraden försämrats under 2018, från 95 % för två stickprov i februari till 90 % för två stickprov i september, vilket innebär ökade förluster om 5 % per cykel. Således visar stickproven eventuellt på en spårbar trend, men som innefattar en hög osäkerhetsfaktor. Efter att hög temperatur noterades i maj installerades mätning av temperatur och relativ fukt i containern där batterilagret står. Vidare installerades luftcirkulation i anslutning till batterilagret. Det går med beräkningarna i tabell 2 inte att dra slutsatser om att temperaturen har haft en direkt påverkan på batterilagrets verkningsgrad, men kan vara en av förklaringarna till att verkningsgraden är lägre i september jämfört med juni.



Figur 6: Round trip-verkningsgrad beräknad ur stickprov från 2:e februari 2017 till 21:e september 2018.

3.4 Förväntad livslängd på batterilager

Under året avlästes att de 7 batterilager som finns installerade till Sjöängen laddat upp och ur följande mängder el:

Tabell 7: Total el för upp- och urladdning samt kapacitet för batterilager 1-7.

Batteri	Uppladdning [kWh]	Urladdning [kWh]	Kapacitet [kWh]
1	1184	1061	7,2
2	718	643	7,2
3	1166	1013	7,2
4	1265	1074	7,2
5	1224	1010	7,2
6	1223	1022	7,2
7	1197	1075	7,2
Summa:	7977	6898	50,4

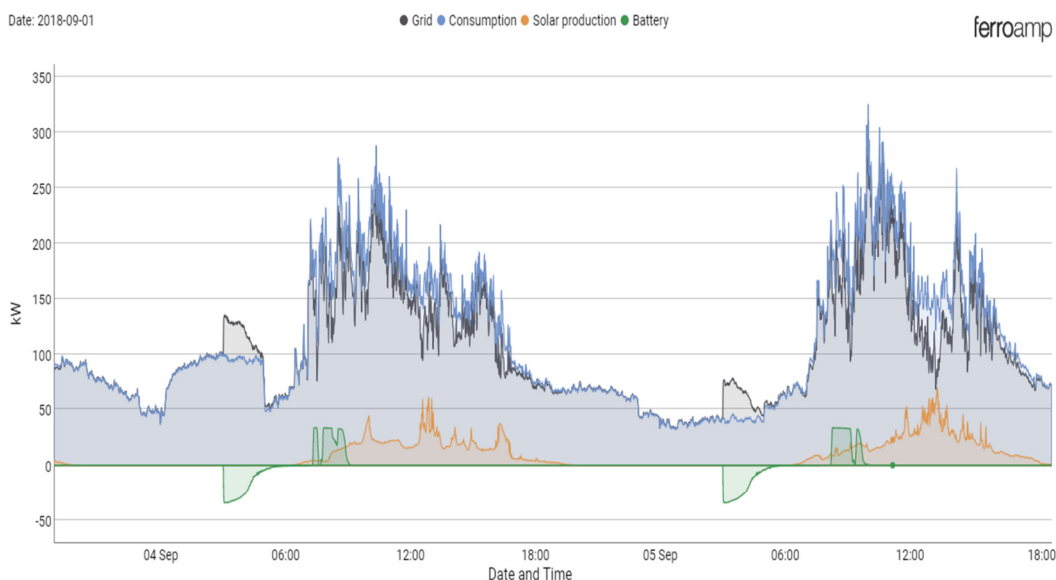
Ur tabell 7 kan utläsas att batterilagrena totalt har laddats med 7 977 kWh el vilket motsvarar 198 cykler med 80 % av batterilagrenas totala kapacitet om 50,4 kWh. Tabell 7 åskådliggör även att batteri 2 ej har fungerat som det ska under delar av testperioden, vilket omnämndes tidigare i rapporten.

Livslängden för batterilager ESM7 specificeras enligt leverantörsuppgifter till 5000 cykler vid 80 % urladdningsdjup, d.v.s. att batterilagret laddas ur tills 20 % lagringskapacitet återstår och därefter laddas fullt igen. Således motsvarar 198 cykler ca 4 % av batterilagrets livslängd som därför har en återstående kapacitet

om ca 96 %, vilket ger en total livslängd om 25 år. Detta avviker med en procentenhet från uppsatt mål.

Flera av de 198 cyklerna motsvaras dock av summan av cykler med urladdningsdjup under 80 % som ej har samma påverkansgrad på batterilagrets livslängd. Sambandet mellan urladdningsdjup och livslängd är inte heller linjär varför det är svårt att exakt beräkna återstående livslängd. Därför råder en viss osäkerhetsfaktor i beräkningen om batterilagrets förväntade livslängd.

Fler faktorer förutom urladdningsdjup påverkar livslängden, såsom omgivande temperatur och hur stor SOC batteriet har då det är passivt. Enligt Swedish Electromobility Center åldras batterilager långsammare vid SOC < 30 %. Den 26:e juni 2018 modifierades styralgoritmen i växelriktaren till timbaserad energioptimering mot inköpspris, vilket innebar att batterilagret i huvudsak laddas nattetid då elpriset är lägre. Därför har batterilagret varit passivt under eftermiddagen och laddats först nästkommande natt, vilket kan ha inneburit positiv påverkan på batterilagrets livslängd. Detta visualiseras nedan i figur 7:



Figur 7: Laddningsmönster (grön kurva) den 2018-09-04 - 2018-09-05. Batterilagret laddas nattetid mellan 03:00 och 06:00, laddas ur under förmiddagen för att reducera effekttoppar och sedan är passivt till nästa natt.

De höga uppmätta temperaturerna som redovisas i tabell 5 kan också ha påskyndat permanenta kapacitetsförluster i batterilagret. Enligt Battery University Group är återstående kapacitet i Li⁺-batterier ca 65 % om de verkar i 40 °C (BuG, 2018). På Sjöängen uppmättes så höga temperaturer momentant under vissa dagar, men var inte den genomsnittliga temperaturen. Vidare är effekten inte lika påtaglig i litiumjärnfosfat-batterier (LiPO₄) som är installerade till Sjöängen, som påverkas i högre utsträckning av för låga temperaturer.

3.5 Elkvalitet

Elkvaliteten in i fastigheten har inte påverkats i större utsträckning efter installation av solcellsanläggning, batterilager och laddstationer. Växelriktaren (E-hub) har således med fördel kunnat fördela el från solcellsanläggning och batterilager till användning i fastigheten och tillhörande laddstationer utan att elkvaliteten påverkats. Elkvaliteten påverkades dock då elnätet kopplades bort för test av ö-drift. Mer om detta under avsnitt 3.7.

3.6 Erbjudna laddstationer till elbilsladdning

Utnyttjandet av Sjöängens laddstationer för elbilar har varit relativt lågt under testperioden.

Tabell 8: Antal anslutningar till snabbladdare (CCS/CHAdeMO DC 43 kW) och dubbel semisnabbladdare (Typ 2 AC 2x11 kW) per månad.

	Snabbladdare	Semisnabbladdare
2017 Oktober	5	4
2017 November	19	1
2017 December	2	1
2018 Januari	26	0
2018 Februari	7	3
2018 Mars	14	1
2018 April	9	7
2018 Maj	10	2
2018 Juni*	2	1
2018 Juli	36	2
2018 Augusti	37	4

* Mätdata saknas för laddstationerna under juni 2018 p.g.a. avstängd VPN-tunnel efter ö-driftstest.

Ur tabell 8 kan utläsas att fastighetens snabbladdare använts mycket mer frekvent än semisnabbladdaren. Detta kan bero delvis på att en parkeringsskylt sattes upp i anslutning till semisnabbladdaren som angav tidsbegränsad parkeringstid till 30 min. Efter att detta identifierades beställdes en borttagning av skylten.



Bild 7 Laddstation med tillhörande parkeringsskylt

Målet om kvartalsvis ökat utnyttjande av laddstationerna är därför inte uppnått då utnyttjandet minskade mellan första och andra kvartalet från i snitt 7,25 anslutningar till 6,63 anslutningar. Mellan kvartal 2 och 3 ökade dock utnyttjandet till i snitt 13,67 anslutningar för månaderna juni-augusti. Där skall också tilläggas att mätdata saknas i stor utsträckning för juni på grund av avstängd VPN-tunnel efter ö-driftstest.

3.7 Ö-driftstest

Den 14 juni 2018 genomfördes ett ö-driftstest, med syfte att undersöka hur väl fastighetens solcellsanläggning, batterilager och reservkraftaggregat (diesel) klarar av att hantera exempelvis ett större strömavbrott. Då fastigheten även är en krisanläggning har kommunen som kravspecifikation att en kokgryta, en ugn samt ett kylrum ska kunna strömförse under reservkraftsdrift.

Nedan följer en sammanfattning av delar av de erfarenheter som erhöles från testet:

- Reservkraftsystemet (solcellsanläggning, batterilager och reservkraftaggregat) klarar av att hantera såväl små som stora laster.
- Kravspecifikationen från Askersunds kommun kunde mötas (vid aktuell väderlek).
- Förutom lasterna i kravspecifikationen kunde laster från Sjöängens alla kyl- och frysrum samt övriga kylskåp strömförse tillsammans med ytterligare, mindre laster.
- Det är möjligt att ladda batterilagret med reservkraftaggregat (diesel).
- Solcellsanläggning och batterilager minskade dieselanvändningen i reservkraftaggregatet under ö-driftstestet.

- Batterilagret kan i dagsläget inte möta momentana effekttoppar. Dessa möttes istället av reservkraftaggregatet.
- Fluktuationer i laster innebär att producerad solcell momentant matas till reservkraftaggregatet, som dock kunde hantera upp till 3 kW.
- Med låg fluktuerande elanvändning försämras elkvalitén vilket innebär att växelriktaren flera gånger löstes ut.

Till framtida eventuella nödsituationer eller test bör systemen i växelriktaren automatiseras så att den automatiskt går över i reservkraftsdrift. Vidare bör man utifrån testet ta fram en plan för vad som ska göras vid ett längre strömavbrott, samt upprätta en visualisering i köket där tillgänglig effekt vid reservkraft åskådliggörs.

Resultat AP4: Affärsutveckling

3.8 Break-even för batterilagret

Totalt har batterilagret bidragit till reducerat effekttoppar motsvarande 14 kWh/h i snitt per månad under helåret oktober 2017 – september 2018 enligt underlag från Ferroamps användarportal och antagen reduktion i oktober 2017 på 14 kWh. Högsta effekttopsreduceringen skedde i september 2018 då batterilagret bidrog med att reducera lasttoppen med 28 kWh, vilket motsvarar ca 1180 SEK beräknat med Vattenfalls effektpris om 52,5 kr/kW,månad. (Vattenfall Eldistribution, 2018).

Den totala besparingen batterilagret bidragit till genom att reducera effekttoppar motsvarar under året ca 8 500 SEK. Detta jämfördes med antalet cykler batterilagret genomgått för att åstadkomma denna besparing. I snitt har batterilagret laddats med el motsvarande 16,5 cykler per månad (totalt 198 cykler), vilket redovisades i avsnitt 3.4.

Kostnaden per cykel beräknades genom att totala pilot-investeringskostnaden om 888 000 SEK för batterilagret och styrsystem dividerades med leverantörsuppgifter om livslängd, d.v.s. 5000 användningscykler vid 80 % urladdningsdjup. Detta innebär en kostnad om 178 SEK/cykel vid 80 % urladdning. Den totala kostnaden för 198 cykler uppgår då till ca 35 136 kr, vilket således innebär en förlust om ca 26 600 SEK.

Break-even skulle i detta fall ha nåtts om batterilagret och styrutrustning kostat ca **4 283 SEK/kWh** jämfört med verklig investeringskostnad om 17 689 kr/kWh. För att erhålla en återbetalningstid om 10 år skulle investeringskostnaden behöva uppgå till ca 85 000 SEK, d.v.s. **1 693 SEK/kWh**.

Besparingen som batterilagret åstadkommit är dock relativt låg mot dess kapacitet då styrfunktionerna ej varit optimala, vilket till stor del beror på att fastigheten är nyöppnad. Med optimerade styrfunktioner efter lärdomarna under året kommer besparingen att med stor sannolikhet öka jämfört med tidigare år. Vidare finns det osäkerheter i beräkningen av antalet cykler och hur dessa påverkar batterilagrets livslängd.

3.9 Optimal elnätstariff för kund

Kostnadsbesparingen batterilagret kan åstadkomma genom att reducera effekttoppar är också beroende av vilket effektabonnemang som fastigheten är ansluten till. Med Vattenfall Eldistributions effektabonnemang N4 betalar Sjöängens en månadseffektavgift om 52,5 SEK/kW, månad. Med exempelvis effektabonnemang N3T betalas förutom en månadseffektavgift om 37,5 kr/kW,månad samt en högbelastningsavgift. Högbelastningsavgiften, 92,5 SEK/kW,månad, tas ut för den högsta uttagna medeleffekten per timme under

vardagar kl. 06-22 för var och en av månaderna januari, februari, mars, november och december.

Då Sjöängens effektuttag är som högst då driften i köket är som mest intensiv, d.v.s. under höglåstid, skulle besparingen batterilagret åstadkommer genom effekttopsreducering uppgå till ca 13 000 SEK/år med effektabonnemang N3T. Lönsamheten för batterilager är således beroende av såväl hur väl man lyckas reducera effekttoppar, men också vilket effektabonnemang som fastigheten har.

3.10 Resultat från workshops

Som underlag för fortsatt affärsutveckling har projektet genomfört två workshops med representanter från Askersunds kommun/Askersunds bostäder, Vattenfall och Sustainable Innovation för att diskutera hur ett koncept riktat till kommuner och andra lokalägare skulle kunna utformas.

Den första workshopen i september 2017 hade som syfte att diskutera deltagarnas förväntningar och erfarenheter från projektet fram till dess. Den andra workshopen genomfördes i oktober 2018 och hade som syfte att stämma av affärsupplägg och ekonomiska förutsättningar för denna typ av affärer baserat på erfarenheterna från utvärderingsresultaten.

Utifrån de resonemang som förts vid dessa två tillfällen beskrivs här det som har bedömts som viktigt att föra vidare vid utformning av repeterbara affärskoncept som riktar sig till kundgruppen lokalägare.

När det gäller kostnader finns inom kommunen en tydlig politisk inriktning att installera solcellsanläggningar inom sitt fastighetsbestånd men samtidigt är man inte beredd att betala mer för solenergin än för den el man normalt köper från nätet. Kalkylen behöver gå ihop. I sammanhanget diskuterades även vikten av att se över sitt elnätsavtal i samband med installation av soleanläggning och ev. batterilager. För Sjöängen har beräkningar visat att ett byte från nuvarande elnätstariff skulle ge kommunen besparingar som vida överstiger de som batterilagret kan generera genom att reducera effekttoppar. Ett tariffbyte skulle även innebära att lönsamheten för batterilagret skulle förbättras eftersom värdet av att minska effekttopparna skulle bli större.

Om kommunen inte hade erbjudits en helhetslösning från Vattenfall hade man förmodligen ändå installerat en solcellsanläggning på den aktuella fastigheten Sjöängen. Man har t.ex. upphandlat 11 st. andra solcellsanläggningar och känner sig trygga med att kunna äga och driva dessa i egen regi. Dock upplever man att man inte själva har den kompetens och de resurser som krävs för att upphandla, installera och driva batterilagret och laddstationen.

Avtalsformen för Sjöängen bygger på Vattenfalls helhetskoncept Färdig El men även andra avtalsformer skulle vara intressanta att diskutera. Modellen att kommunen upplåter takytor till en extern part som installerar och driver anläggningarna lyftes fram. Man kan då även tänka sig att elen från en sådan

anläggning inte levereras innanför byggnadens leveranspunkt utan ansluts direkt mot lokalnätet. Vid diskussionen konstaterades dock, att med dagens regelverk, är det en mindre ekonomiskt gynnsam modell, eftersom egenanvänd el inte belastas med elskatt. Färdig El-avtalet passar bra för detta projekt särskilt som det är kopplat till forskning med speciella tekniska utmaningar. Det är dock viktigt att man kan ha en löpande dialog och diskussion kring anläggningens fortsatta förvaltning även när själva utvecklingsprojektet tar slut.

Att vara delaktig i denna typ av forskning/utveckling har även ett värde för kommunen genom att det upplevs som positivt för personalen och kommuninvånarna och breddar kontaktytorna genom att man t.ex. arrangerar seminarier och studiebesök.

Visualiseringen är mycket viktig för att få invånarna mer delaktiga i kommunens solesatsning, framförallt på skolorna. Skärmar som visar produktion i realtid är en viktig del och finns med i den upphandling man nu har gjort, men komplement som ger mer direkt återkoppling till de som bor eller vistas i husen, t.ex. via mobilappar, skulle vara intressanta.

Som konstaterats i utvärderingen är batterilagret Sjöängen inte en ekonomiskt motiverad investering utan ska ses som en forsknings/utvecklingsinvestering. Med sjunkande batterikostnader och ökat värde för att vid rätt tidpunkter kunna reglera effektuttagen från elnätet, är det dock troligt att denna typ av anläggningar på sikt blir ekonomiskt motiverade. I diskussionerna fördes fram att en sådan lönsamhet först bör kunna återfinnas där elnäten är svaga och alternativet är investeringar i t.ex. ledningar och transformatorstationer.

Utöver de två workshops som beskrivs ovan genomfördes även i november 2017 en workshop med involverade leverantörer och entreprenörer för att fånga upp erfarenheter och synpunkter från installationsfasen. Huvudfrågor vid denna var dels hur man får ett samverkansprojekt att fungera optimalt och dels hur man kommunicerar och motiverar inblandade i ett utvecklingsprojekt. En mängd värdefulla synpunkter framkom som Vattenfall kan ta med sig vid planering av kommande liknade projekt. Det gäller t.ex. vikten av en gemensam målbild, att tidigt vara tydlig på att det är ett utvecklingsprojekt med särskilda utmaningar, att ha en öppen dialog mellan alla inblandade, skapa tydliga mandat och ansvar för respektive part samt att ha tydligt beskrivna kontaktvägar, inklusive alternativa sådana.

4. Diskussion

Projektets resultat visar att solcellsanläggning och batterilager i en större lokalfastighet kan bidra till förnybar elproduktion, jämnare effektuttag och reservkraft, utan negativ påverkan på exempelvis driftsäkerhet eller elkvalitet. Förutom de tekniska lärdomarna har även satsningen inneburit att olika typer av intressenter besökt anläggningen under workshops, seminarium m.m. Kunskapsutbytet anses lyckat och har inneburit att fler diskussioner förts om hur framtidens elförsörjning kan komma att se ut.

Det finns även ett stort värde i att ha pilotanläggningar där man kan dra lärdomar av verkliga testresultat. Vid studien av liknande projekt nationellt insågs att Sjöängens kombination av installerad solcellsanläggning, batterilager och laddstation är relativt unik, vilket visar på behovet av fler verkliga tester där man kan identifiera vilka möjligheter och utmaningar som anläggningar med energilager innebär.

Resultaten från denna pilotanläggning belyser att lönsamheten med energilager för effekttopsreducering är beroende av möjligheten att reducera den högsta effekttoppen per månad. Detta ställer i sin tur krav på att tillhörande styrutrustning kan reducera de absolut högsta lasttopparna, då andra lasttoppar ej bidrar till någon besparing då de reduceras. I pilotprojektet har man manuellt gjort inställningar som har bedömts som lämpliga för olika tidsperioder. En maskininlärningsalgoritm skulle kunna optimera effekttopsreduceringen ytterligare genom att ta hänsyn till historisk elanvändning och anpassa tröskelvärdena därefter. Denna algoritm kan då också ta hänsyn till exempelvis väderprognoser och elprisprognoser för effektivare effekttopsreducering och laddning av batterilager under timmar då elpriset är lågt.

På Sjöängen analyserades historiska data för att sätta lämpliga tröskelvärden i växelriktaren. Detta ledde dels till att tröskelvärdena under en testperiod var för lågt ställda, vilket innebar att systemet hade problem med konsekutiva effekttoppar. Under en annan testperiod var tröskelvärdena för högt ställda, vilket innebar att batterilagret ej reducerade effekttoppar i den utsträckning som egentligen var möjlig.

Rent ekonomiskt visar projektet att batterilagret i dagsläget inte är lönsamt. De huvudsakliga faktorerna för att det i framtiden ska vara lönsamt är optimerad styrning, lägre investeringskostnader samt ökade effektkostnader. Utvecklingen av olika applikationer med maskininlärningsalgoritmer går ständigt framåt och om sådana appliceras för styrning av batterilager kommer systemen kunna reducera effekttoppar mer träffsäkert. Vidare visar trenden att investeringskostnader för batterilager kommer att minska. Enligt EuPD Reserach kan ett komplett system som 2017 hade ett pris om 8 000 SEK/kWh komma att kosta 4 000 SEK/kWh år 2020 (Hansson, PowerCircle, 2016). Då priset sjunker kommer tillväxten för batterilager att öka, och Navigant Research beräknar att tillväxten för batterilager i distributionsnät kommer att vara 63 % årligen fram till 2023 (Research, 2016).

Vidare har kostnaden för effektuttag från lokalnätet ökat under året som anläggningen varit i drift, vilken är den trend som kan gälla även i framtiden. Då elsystemet går mot större andel intermittent elproduktion samtidigt som elektrifiering av samhället pågår kommer behovet av effekt att växa, vilket kan innebära högre effektagifter hos elnätbolagen.

Att styra via en tariff där kostnaden påverkas av kundens högst månadseffekt är dock ett ganska trubbigt instrument om man vill att styrningen ska göra maximal nytta i energisystemet. I ett längre perspektiv kan man se en utveckling där elproducenter och nätägare, kanske via så kallade aggregatorer, köper flexibilitet hos elanvändarna vid de tillfällen man behöver. Här kan batterilager med smart styrning spela en viktig roll. (Energimyndigheten: Forum för smarta elnät, 2018)

I projektet har affärsutveckling för att kunna få spridning via ett repeterbart koncept diskuterats. Solcellsanläggningar börjar nå en mognad och ett kommersiellt genombrott sker nu både internationellt och i Sverige. Kostnaderna har sjunkit kraftigt och lösningar för installationsteknik för olika miljöer har utvecklats. (Lindahl, 2017) Som konstaterats i projektets utvärderingar är dock batterilagret i Sjöängen inte en kommersiellt motiverad investering utan ska ses som en forsknings/utvecklingsinvestering. Med sjunkande batterikostnader, smartare styrning och ökat värde för att vid rätt tidpunkter kunna reglera effektuttagen från elnätet, är det dock troligt att denna typ av anläggningar på sikt blir ekonomiskt motiverade. Lönsamhet för batterilager bör först kunna återfinnas där elnäten är svaga och alternativet är investeringar i t.ex. ledningar och transformatorstationer.

Det som talar för avtalsmodeller med funktionsansvar är att leverantörer med stort antal anläggningar har bättre förutsättningar än enskilda kunder att hålla den kompetens som krävs för att upphandla, installera och sedan förvalta anläggningar inkl. t.ex. driftoptimering och underhåll/uppgraderingar. Särskilt i dagsläget, när denna typ av batterilager är så nya på marknaden krävs kompetens som kan vara svårt och dyr för mindre kunder att ha löpande tillgång till. Man bör dock ha i åtanke att med smartare styrning och när batterilager har blivit mer vanliga, kommer denna faktor troligen försvagas. En viktig faktor när det gäller kommersiella lokaler är att kunden tydligt kan visa för besökare att det finns en solelproduktion och vilken nytta den gör. Eftersom solcellsanläggningen ofta inte är synlig för besökare är därför visualisering på olika sätt en viktig komponent i ett helhetskoncept.

En ytterligare lärdom från projektet är att det för närvarande inte finns tydliga regelverk för var batterilager kan placeras i anslutning till fastigheten. Initialt skulle batterilager placeras i fastighetens fläktrum, och då i närheten av solcellsanläggningen. Efter invändningar från Nerikes Brandkår, på grund av ökade risker vid brand, placerades istället batterilagret i en container utanför fastigheten. Erfarenheterna från projektet visar att det behövs nationella regelverk och en kunskapsspridning om vad som gäller för installation av energilager.

Referenser

- BuG. (den 20 10 2018). Hämtat från batteryuniversity.com:
https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/how_to_prolong_lithium_based_batteries
- Energimyndigheten: Forum för smarta elnät. (2018). *Strategi för en ökad flexibilitet i elsystemet genom smarta elnät*. Enköping: Energimyndigheten.
- Hansson, M. (den 27 maj 2016). *PowerCircle*. Hämtat från
http://powercircle.org/wp-content/uploads/2016/09/POLO_full.pdf
- Lindahl, J. (2017). *IEA PVPS Annual Report 2017*. Fribourg: IEA PVPS.
- Research, N. (2016). *Market data: advanced batteries for utility-scale Energy Storage*. Illinois: Navigant Research.
- Vattenfall Eldistribution. (den 1 Oktober 2018). Hämtat från
<https://www.vattenfalleldistribution.se/el-hem-till-dig/el-natspriser/>

Bilagor

- Administrativ bilaga (endast till Energimyndigheten)
- Bilaga 1 Informationsblad Soldrift Sjöängen
- Bilaga 2 Tekniskt informationsblad Soldrift Sjöängen