



Rapport: Solellagring i likströmsnät

Följande rapport har tagits fram inom ramen för projektet Energikontor i samverkan för smartare energianvändning (ESSE), som drivs av Energikontoret i Mälardalen, Energikontoret Region Östergötland och Energikontoret Region Örebro län. Finansiärer är Region Uppsala, Region Sörmland, Region Västmanland, Region Örebro län, Region Östergötland och Europeiska regionala utvecklingsfonden (Eruf). Projektet pågår från januari 2019 till april 2022.



EUROPEISKA
UNIONEN
Europeiska
regionala
utvecklingsfonden

Sammanfattning

Följande rapport ska fungera som kunskapsunderlag för fastighetsägare och bostadsrättsföreningar. Syftet är att beskriva den grundläggande tekniken och uppmärksamma den potentiella nyttan av en investering i solceller och batterilager knutna i ett likströmsnät. Underlaget bygger på intervjuer med sakkunniga, analys av relevanta referensfall och en förstudie.

Resultaten visar att en systemkonfiguration av solceller, likströmsnät och batterilager kan ge klimatnytta, systemförbättring och lägre energi- och effektkostnader. Ökad användning av solceller sänker efterfrågan på fossil energi, och tekniken kan minska byggnaders belastning på elnätet.

Ett högt energi- och effektbehov förstärker systemens nytta. Installationstakten drivs framför allt av ett högt teknikintresse och en vilja att minska byggnadens klimatavtryck. Utfallet av en investering påverkas också av byggnadstekniska förutsättningar, som takets lämplighet för solceller, utrymme för batterilager, möjligheter för intern kabeldragning och placering av elmätare för individuell mätning och debitering (IMD), för att nämna några exempel.

Förord

Denna utredning har genomförts inom ramen för projektet Energikontor i samverkan för smartare energianvändning. Projektet finansieras av Region Uppsala, Region Sörmland, Region Västmanland, Region Örebro län, Region Östergötland, Energikontoret i Mälardalen och Europeiska regionala utvecklingsfonden (Eruf) och pågår från januari 2019 till april 2022. Utredningen har pågått under hösten 2020 och har genomförts av Energikontoret i Mälardalen som tillsammans med Energikontoret Region Örebro län och Energikontoret Region Östergötland driver projektet. Under utredningen har flera bostadsrättsföreningar fått ta del av direkta kunskapshöjande insatser och en förening fått ta del av en förstudie genomförd av WSP.

Utredningen och kunskapsunderlaget hade inte varit möjligt att färdigställa utan stor hjälp från personer i marknads olika ytterligheter och delaktiga intressenter. Till alla er som deltagit i arbetet och stöttat oss på Energikontoret i Mälardalen i denna utredning vill vi rikta ett stort tack. Tillsammans är vi starka, och när samarbetet sker naturligt och med ett gemensamt syfte att utveckla och förstärka energiarbetet för ägare av flerbostadshus i Östra Mellansverige skapas synergier och stor verkan.

Med hjälp av sakkunniga system- och tjänsteleverantörer och energikonsulter har en verklighetsförankrad teknisk grundförståelse och nödvändiga förutsättningar arbetats fram. Stor tack Mats Karlström & Oscar Sönnegren (Ferroamp), Christer Rygaard (SunnyFuture) och Gustaf Grönwall (WSP).

Att fastighetsförvaltare som HSB och Riksbyggen förstår och tar vara på möjligheten de har att påverka och stötta bostadsrättsföreningar är en viktig komponent för teknikmognaden och energiarbetet i svenska flerbostadshus. Deras engagemang i detta projekt visar att drivet och viljan finns där. Stort tack Mikael Rosén & William Tannestål (HSB) och Stefan Jonäll (Riksbyggen).

Utan en engagerad och intresserad slutanvändare fyller tekniken ingen funktion. Produkter och tjänster behöver implementeras för att utvecklingen ska gå framåt. Genom denna utredning har vi mött flera drivna och inspirerande representanter för bostadsrättsföreningar som är villiga att gå i första ledet. Stort tack till Åke Wiklund (Brf Dragonen i Märsta), Dick Bender (Brf Fruängsporten i Hägersten) och Rama Wehbe (Brf Kungsfågeln 3 i Västerås).

Emil Eriksson
Energikontoret i Mälardalen
Eskilstuna, 2021-01-21

Termer

För att underlätta för läsaren presenteras nedan några vanliga begrepp och termer som upprepas genom rapporten. Läsaren väntas ha en grundläggande förståelse och intresse för teknik och liknande system, men är inget krav för att hen ska kunna hämta hem lärdomar och förvärva kunskap från rapporten.

Term	Förklaring
Mikronät	Ett mikronät omnämns ofta som ett mindre elnät mellan ett begränsat antal byggnader. Inom mikronätet finns ofta elproduktion, lagringsmöjligheter och elanvändning. Ofta är mikronätet även anslutet till det gemensamma elnätet. Mellan byggnaderna kan el distribueras utan att behöva skickas via elnätet.
Internt nät	Ett internt nät omnämns ofta som ett mindre elnät som byggs inom en och samma byggnad.
Egenanvändningsgrad	Procentuell andel av den producerade solelen som används av i byggnaden där elen produceras.
Självförsörjningsgrad	Procentuell andel av byggnadens elanvändning som försörjs av egenproducerad solel.
Fastighetsel	Den el som används i byggnadernas gemensamma ytor och system. Exempelvis trappbelysning, ventilationsaggregat och pumpar.
Hushållsel	Den el som används av de boende i lägenheterna.
Överskottsel	Den solel som inte kan användas direkt i byggnaden, säljs till ett elhandelsbolag och skickas ut på elnätet.
Omvandlingsförluster	Energiförluster som uppstår när växelström växlar till likström och vice versa. Den elektriska energin som går till spillo förloras i form av värmeutveckling i växelriktare eller likriktare.
Elanvändningsprofil	Genom att placera elanvändningen timme för timme under ett dygn i ett diagram kan en elanvändningsprofil skapas (exempelvis låg användning på förmiddagen och hög på kvällen). Genom analys av profilen kan produktion och användning av el matchas.

Systemkomponenter

Term	Förklaring
<i>Solcell</i>	Producerar elektricitet i form av likström
<i>Växelriktare</i>	Transformerar likström till växelström. Typisk tillämpning är att växla likströmmen från solcellsanläggningen till växelström
<i>Likriktare</i>	I motsats till en växelriktare omvandlar likriktaren växelström till likström.
<i>Laddningsplats</i>	Laddningsplats för elbil
<i>Förbrukningspunkt</i>	Anslutningspunkten mellan byggnad och nät. Elcentral och avmätning.

Förkortningar, enheter och akronymer

Term	Förklaring
<i>kWh</i>	Använd eller producerad elektrisk energi per timme
<i>kW</i>	Momentan elanvändning eller elproduktion
<i>kWp</i>	Installerad maxeffekt på solcellsanläggning
<i>DC</i>	Likström
<i>AC</i>	Växelström
<i>ÖMS</i>	Östra Mellansverige
<i>IKN</i>	Icke-koncessionspliktigt nät. Nät som finns beskrivna som undantag från ellagen om nätkoncession.
<i>BBR</i>	Boverkets byggregler
<i>ESSE</i>	Energikontor i samverkan för smartare energianvändning

Innehåll

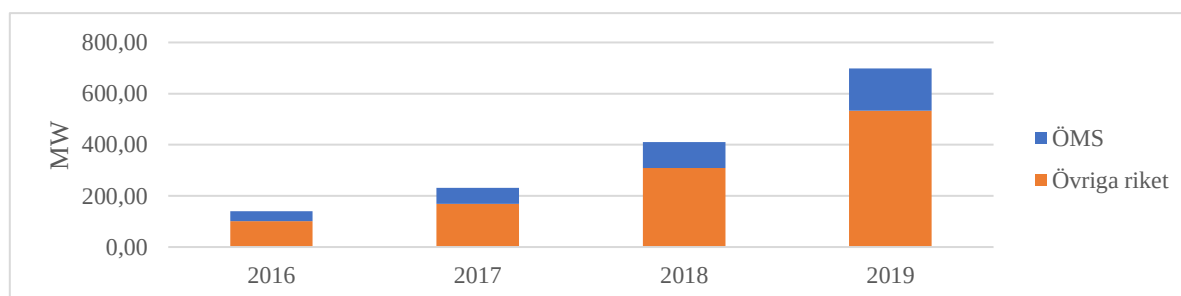
Förord.....	3
Termer.....	4
Systemkomponenter.....	5
Förkortningar, enheter och akronymer	5
Innehåll	6
1 Bakgrund	7
1.1 Syfte	8
1.2 Metodik	8
1.3 Disposition	8
2 Teori.....	9
2.1 Systemkonfiguration	9
2.1.1 Solceller	10
2.1.2 Gemensam el.....	12
2.1.3 Batterilager.....	12
2.1.4 Internt likströmsnät och mikronät.....	13
2.1.5 Laster.....	14
2.2 Systemkonfigurationens effekter för flerbostadshuset.....	16
2.3 Systemkonfigurationens effekter för elnätet	16
2.4 Lagstiftning	17
3 Exempel	18
3.1 BRF Dragonen.....	18
3.2 BRF Fruängsporten	19
4 Förstudie	21
4.1 Förutsättningar	21
4.2 Resultat från förstudie	25
4.3 Kommentarer från Riksbyggen	28
5 Förutsättningar.....	29
5.1 Intresse	29
5.2 Behov	29
5.3 Möjlighet	30
5.4 Incitament.....	31
6 Slutsatser.....	32
Bilaga: Förstudierapporten.....	34

1 Bakgrund

Bostäder och service stod 2017 för närmare 40 procent av Sveriges totala energianvändning. Därför drivs *Energikontor i samverkan för smartare energianvändning (ESSE)* med mål att stärka förutsättningarna för en mer resurseffektiv energianvändning i bostadsföretag, bostadsrättsföreningar och byggnader i offentlig verksamhet i östra Mellansverige. Projektet pågår under januari 2019 till april 2022. Energikontoret i Mälardalen (EKM) samarbetar inom projektet med Energikontoret Region Örebro län och Energikontoret Östergötland, och driver projektet i regionerna Uppsala, Sörmland och Västmanland.

Inom projektet har energilagring av egenproducerad solceller identifierats som en intressant och innovativ teknisk lösning för ägare av flerbostadshus. Genom att effektoptimera fastigheten med hjälp av en sådan systemkonfiguration är förhoppningen att byggnadernas effektuttag från elnätet ska förändras på ett fördelaktigt sätt och minska fastighetsägarens energikostnader och belastningen på elnätet. Denna utredning sattes för att undersöka teknikens mognadsgrad, identifiera fördelaktiga förutsättningar för en installation och granska hur mottaglig målgruppen fastighetsägare och bostadsrättsföreningar (BRF) är.

Under de senaste åren har egenproducerad solceller från solcellsanläggningar runt om i Sverige tagit fart. Under 2019 ökade den installerade effekten i riket totalt med 70 procent som helhet och totalt med 61 procent i Södermanland, Uppsala, Västmanland, Örebro och Östergötland (ÖMS), se figur 1. En av förklaringarna till den höga installationstakten i solceller är den höga mognadsgrad som tekniken uppnått. Med hjälp av bland annat investeringsstöd och andra ekonomiska styrmedel har investeringar kunnat göras i en tillräckligt stor utsträckning för att både installations- och materialkostnad ska göra investeringen lönsam. Nu spås batterier för småskalig lagring av elenergi hos slutanvändare av elenergi gå samma framtid till mötes.



Figur 1 Installerad effekt solkraft i riket ¹

Enligt Energimarknadsinspektionens (EI) utredning om kapacitetsutmaningen i elnäten² har lokal kapacitetsbrist identifierats och uppstått i fler av Sveriges tillväxtregioner, bland annat Uppsala och Västerås. Bakgrunden till kapacitetsproblemen förklaras av ett ökat behov av elenergi och en ökad elektrifiering i samhället: Elektrifierade transporter och industrier i kombination med urbanisering och digitalisering gör att kraven på elleveranssäkerheten ökar. Utredningen rekommenderar fler åtgärder för att hantera kapacitetsutmaningen. Förslagen innebär bland annat åtgärder som syftar till en förbättrad och utvecklad koordinering och planering av nätutbyggnationer och lagförändringar för en mer kostnadseffektiv driftsäkerhet.

¹ [Nätanslutna solcellsanläggningar \(energimyndigheten.se\)](https://energimyndigheten.se)

² [EiR2020:06 Kapacitetsutmaningen i elnäten](#)

Vidare omnämns två områden som är mer handfasta och direkt tillämpbara för slutanvändaren: ”Ökad användning av flexibilitetstjänster för ett mer effektivt nätutnyttjande” och ”Förbättrade anslutningsprocesser”. Den föregående handlar om en framtida marknadsplats där en ny typ av elhandel ska kunna bedrivas, mer om detta under avsnittet Teori. Den senare syftar bland annat just till det som denna utredning ämnade till att reda ut: Hur slutanvändaren av elenergi, som fastighetsägare, kan involveras i elsystemet på ett nytt sätt genom att tillföra lokalt producerad elkraft och använda energi smartare genom att tillåtas dela elenergi mellan byggnaderna.

1.1 Syfte

Syftet med denna utredning och rapport är att analysera en systemkonfiguration innehållandes solceller, batterier för temporär energilagring och ett internt likströmsnät utifrån en fastighetsägare av ett flerbostadshus perspektiv. Rapporten är tänkt att fungera som ett kunskapsunderlag att inspirera till en smartare energianvändning och ge svar på följande frågeställningar:

- Vilka förutsättningar krävs för att tekniken ska vara intressant för ett flerbostadshus?
- Vilka är incitamenten som ska motivera en fastighetsägare till att investera i tekniken?

1.2 Metodik

Utredningen genomfördes genom litteraturstudier, studiebesök och intervjuer med sakkunniga från bransch, näringsliv och universitet. Dessutom intervjuades flera fastighetsägare eller styrelseordförande för föreningar som redan idag investerat i tekniken. Dessa har samlats som goda exempel för tekniken. Inom ramen för projektet ESSE har WSP genomfört en förstudie, ”Soldrivet likströmsnät”, från vilken lärdomar om förutsättningar och tillämpningar hämtas. Förstudien syftade till att skapa ett reellt referensfall att relatera och koppla teori till.

1.3 Disposition

Rapportens andra avsnitt, *Teori*, syftar till att ge läsaren en grundläggande teknisk förståelse. Hur tekniken fungerar, vilken den utredda systemkonfigurationen är och vilka effekter en implementering av densamma kan få. Efterföljande två avsnitt: *Exempelfall* och *Förstudie* syftar till att realisera teorin och förklara hur det fungerar i en verklig tillämpning och hur personerna bakom dessa resonerar. Vilka är incitamenten för investeringen och hur har de gått tillväga? Avslutningsvis, med hjälp av dessa tre hörnstenar, sammanfattas huvuddelen av rapporten med en analys av vilka *förutsättningar* som gör en systemkonfiguration mer eller mindre fördelaktig. *Diskussion* och *slutsats* avslutar rapporten.

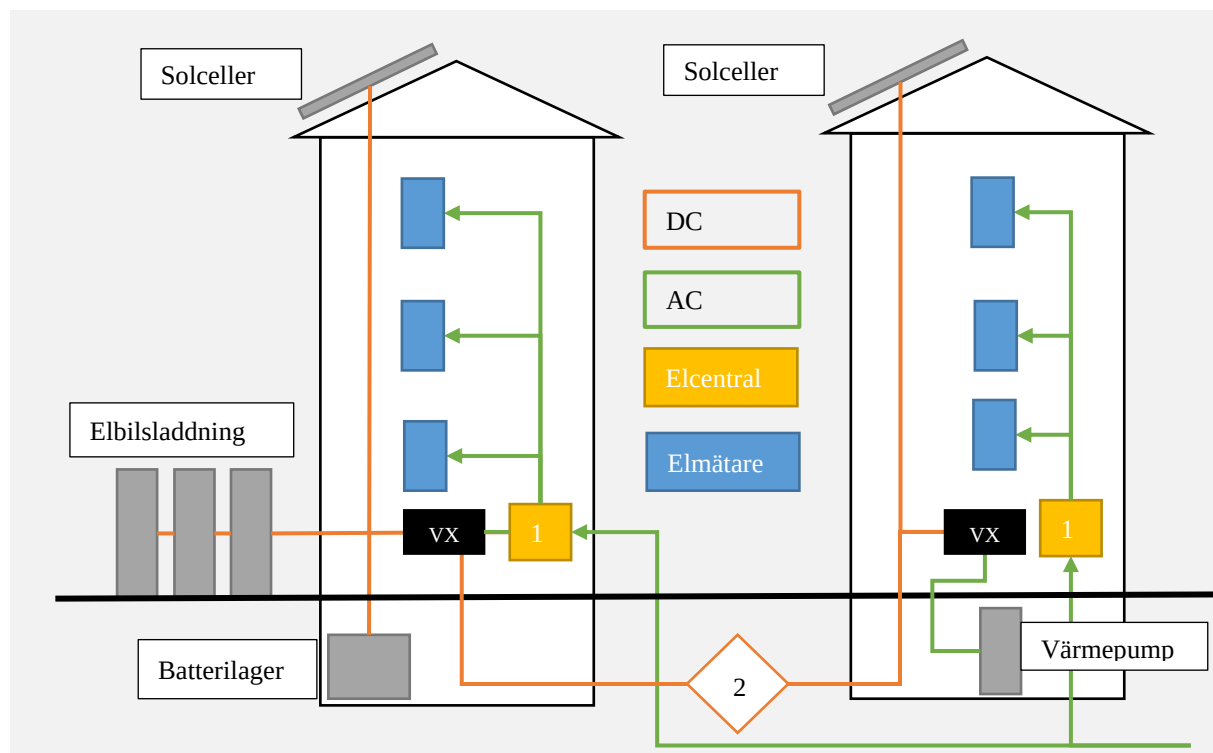
2 Teori

Detta avsnitt ämnar till att beskriva den grundläggande teorin som systemkonfigurationen bygger på. Potentiella effekter för slutanvändare och elnät. Teorin bygger på litteraturen och intervjuerna. Ett avsnitt har dedikerats den föreslagna förändringen av lagstiftningen som i skrivande stund (december 2020) inte var fastställd eller beslutad om. Initialt beskrivs systemkonfigurationen ur ett helhetsperspektiv och vidare förklaras teorin bakom de ingående systemkomponenterna.

2.1 Systemkonfiguration

Vilken systemkonfiguration som passar bäst för vilken fastighet beror på flertalet faktorer, och bedömning behöver göras från fall till fall och fastighet till fastighet. För att få en förståelse mellan olika systemkonfigurationer innehållandes ett internt likströmsnät är det därför också intressant att förhålla teorin till de senare presenterade goda exemplen. I figuren nedan presenteras en enkel schematisk illustration av hur ett internt likströmsnät skulle kunna komplettera en fastighets elsystem och koppla ihop en *solcellsanläggning* med ett *batterilager*. Även *laster* som laddningspunkter för elbilar och en värmepump illustreras.

Figuren visar hur det *interna likströmsnätet* endast kopplar samman de nämnda systemkomponenterna, och hur elanvändningen i lägenheterna tillgodoses genom växelström. I figuren tillämpas *gemensam el*. Det går också att se hur de båda byggnadernas elektriska system är sammankopplade i ett mikronät genom en likströmskabel. Läs mer om detta under rubriken *lagstiftning*.



Figur 2 Exempel på hur ett mikronät skulle kunna se ut

Vidare genom detta teoriavsnitt kommer respektive systemkomponent kortfattat beskrivas och förhållas till en tillämpning i ett flerbostadshus. Författaren vill uppmana läsaren till att på eget bevåg söka mer information om dessa för att öka kunskapen om de tekniska och ekonomiska särdrag som definierar vardera energiteknik.

2.1.1 Solceller

För att få maximal elproduktion från en solcellsanläggning finns det några avgörande faktorer: Lutning, azimut (orientering, väderstreck) och skuggning. För att solcellerna ska producera som bäst ska lutningen vara cirka 40 – 45 ° från normalplanet, de ska vara placerade i rak sydlig riktning och det ska inte falla någon skugga på dem. Figuren nedan visar hur den relativa elproduktionen på årsbasis minskar från det optimala (100%) när lutning och orientering (azimut) förändras. Maximal årsvis elproduktion genereras om solcellerna placeras i rakt söderläge med en lutning om 35 - 45° från normalplanet.

Västerås		Azimut										Bengt Stridh 2013-04-12									
		Öster										Söder									
Vertikalt	Lutning	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
	90	52	57	61	65	68	71	73	74	75	75	75	74	72	70	68	64	60	56	51	
	85	56	61	65	69	73	75	78	79	80	80	79	78	77	75	72	68	64	60	55	
	80	59	64	69	73	77	80	82	83	84	84	84	83	81	79	76	72	68	63	58	
	75	63	68	72	77	80	83	85	87	88	88	88	86	85	82	79	75	71	66	61	
	70	65	71	75	80	83	86	89	90	91	91	91	90	88	85	82	79	74	70	65	
	65	68	73	78	82	86	89	91	93	94	94	94	92	91	88	85	81	77	72	67	
	60	71	76	80	85	88	91	94	95	96	96	96	95	93	90	87	84	79	75	70	
	55	73	78	82	87	90	93	95	97	98	98	98	96	95	92	89	86	81	77	72	
	50	75	80	84	88	91	94	96	98	99	99	99	98	96	94	91	87	83	79	74	
	45	76	81	85	89	92	95	97	99	100	100	99	98	97	95	92	88	84	80	75	
	40	78	82	86	90	93	96	97	99	100	100	100	99	97	95	92	89	85	81	77	
	35	79	83	87	90	93	95	97	99	99	100	99	98	97	95	92	89	86	82	78	
	30	80	83	87	90	92	95	96	98	98	99	98	97	96	94	92	89	86	83	79	
	25	80	83	86	89	92	94	95	96	97	97	97	96	95	93	91	89	86	83	80	
20	81	83	86	88	90	92	93	94	95	95	95	94	93	92	90	88	86	83	80		
15	81	83	85	87	89	90	91	92	92	93	92	92	91	90	88	87	85	83	81		
10	81	83	84	86	87	88	88	89	89	89	89	89	88	88	86	85	84	83	81		
5	82	82	83	84	84	85	85	86	86	86	86	86	85	85	84	84	83	82	81		
Horisontellt	0	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	

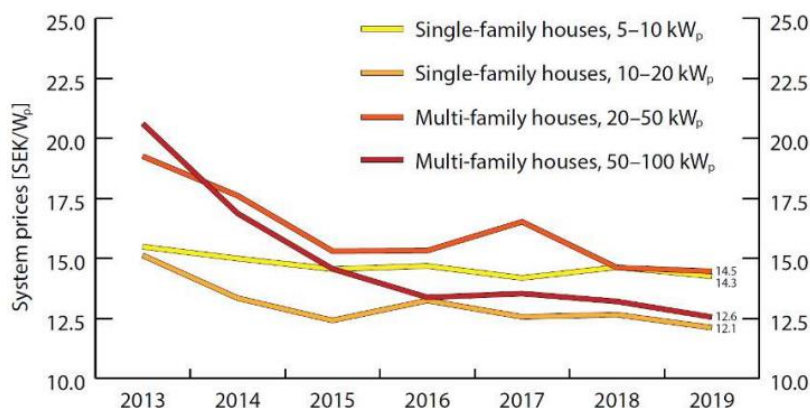
Figur 3 Optimal orientering och lutning på en solcell ³

Det finns ett stort intresse för solceller på flerbostadshus. Taken på dessa fastigheter har i många fall goda förutsättningar för en hög elproduktion: Taken på flervåningshus skuggas mindre av omgivning som träd och grannhus. Objekt på taket som skapar skuggning, exempelvis skorstenar eller fläktkåpor skapar dock vissa problem och behöver tas i beaktande vid planering av en solcellsanläggning. Finns det möjlighet att flytta dem till mer fördelaktiga lägen kan den kostnaden motiveras genom en högre elproduktion. Ett typiskt flerbostadshus har också ofta en fördelaktig lutning, mellan 15 och 30 °, vilket minskar installationskostnaden jämfört med en installation på ett tak med exempelvis 45 °. Vid jämförelse genom en LCC-kalkyl⁴ skulle den högre installationskostnaden inte garanterat vägas upp av en något högre elproduktion.

En typisk solcell som är monterad i Mellansverige producerar 900 – 1100 kWh/kWp per år. Storleken på en solpanel är cirka 6 m²/kWp och kostnaden per nyckelfärdig solcellsanläggning är cirka 14 000 kr / kWp. Se figur nedan. Med hjälp av dessa siffror har area, totalkostnad och årlig elproduktion beräknats för fem olika anläggningsstorlekar och presenteras i tabell 1 för att exemplifiera.

³ Fakta solceller | Bengts nya villablogg (bengtsvillablogg.info)

⁴ Livscykelkostnad



Figur 4 Kostnad för en nyckelfärdig solcellsanläggning beroende på systemstorlek (Wp) ⁵

Läsaren bör se dessa kostnader och årliga elproduktioner som väldigt förenklade fingervisningar. För en fullgod prisuppskattning och årsproduktion är det nödvändigt att söka egen konsultation.

Tabell 1 Approximerad area, kostnad och elproduktion från några olika systemstorlekar

Systemstorlek	Area	Kostnad	Årlig elproduktion
10 kWp	60 m ²	140 000 kr	9 000 – 11 000 kWh
20 kWp	120 m ²	280 000 kr	18 000 – 22 000 kWh
30 kWp	180 m ²	420 000 kr	27 000 – 33 000 kWh
40 kWp	240 m ²	560 000 kr	36 000 – 44 000 kWh
50 kWp	300 m ²	700 000 kr	45 000 – 55 000 kWh

Det finns några olika incitament som föreligger en investering i en solcellsanläggning. Några vanliga anledningar är att verka för ett bättre klimat genom att producera grön el, att vara mer självförsörjande och motståndskraftig mot förändringar på elmarknaden, att förbättra fastighetens miljöprofil eller energiprestanda enligt BBR, att skapa lönsamhet eller en kombination. Gemensamt för de tre senare är att en hög egenanvändning är en starkt bidragande faktor för att investeringen ska vara framgångsrik. För att förbättra fastighetens energiprestanda genom egenproducerad sol el behöver elen produceras samtidigt som den används i fastigheten. För att få tillgodoräkna den egenproducerade elen till energiprestandan behöver den ombesörja uppvärmning, varmvatten, komfortkyla eller fastighetsel. Egenproducerad el som exempelvis används i lägenheterna eller till laddningsplatser får inte tillgodoräknas⁶.

För att förstå hur lönsamhet från en solcellsinvestering genereras behöver man förstå att värdet på den egenproducerade solelen är lika med värdet på den el som solelen ersätter. Alltså det man hade behövt betala ifall man köpt elen från en elhandlare. Värdet på såld sol el är lägre än detta, då man i regel får ett lägre pris på den sålda elen än man får ge för den elen man köper. Det är alltså mer lönsamt att använda den producerade solelen själv, varför en hög egenanvändningsgrad skapar lönsamhet ⁷.

⁵ [National Survey Report of PV Power Applications in Sweden \(iea-pvps.org\)](http://iea-pvps.org)

⁶ [Beräkning av byggnadens energiprestanda - Energideklaration - Boverket](#)

⁷ [Värde sol el | Bengts nya villablogg \(bengtstvillablogg.info\)](http://bengtstvillablogg.info)

2.1.2 Gemensam el

För att räkna den egenproducerade solelen till elanvändningen i byggnaden behöver både produktion och användning vara anslutna till samma anslutningspunkt mot elnätet. Och som ovan nämnt: För att få hög lönsamheten från investering i solceller är det nödvändigt med en hög egenanvändning. Ett sätt att öka egenanvändningen är att samla hela fastighetens elanvändning i samma anslutningspunkt genom att knyta fastighetens elanvändning med lägenheternas i samma abonnemang. Detta kallas gemensam el. Att knyta all användning av el till samma anslutningspunkt och samtidigt mata densamma med egenproducerad sol el möjliggör en högre egenanvändning än om solelen endast ombesörjde fastighetselen. Termen gemensam el förknippas ofta med individuell mätning och debitering (IMD). Detta system möjliggör en separat debitering av lägenhetsinnehavaren för den el som denne använder, men påverkar i sig inte egenanvändningen. Katalysatorn för en höjd egenanvändning är det gemensamma elabonnemanget.

Med gemensam el kan även den sammanlagda nätavgiften minska. Detta då en gemensam anslutning mot elnätet ger upphov till en lägre gemensam effektkostnad än summan av fler individuella abonnemang. Dessutom kan kostnaden för köpt el minska när fler medlemmar och en större elanvändare förhandlar om inköpspriset på el. Samtidigt försvinner medlemmarnas individuella möjlighet till att välja elhandlare. Dessa aspekter bör beaktas i beslutsprocessen och bör regleras i bostadsrättsföreningens stadgar.

Införande av gemensamhetsabonnemang kräver investeringar och ingrepp i byggnaden. Säkringsnivån på byggnadens elnätsanslutning och byggnadens elnätsavtal behöver ses över. Fastighetens och lägenheternas befintliga elmätare tillhör elnätsägaren och tas därför bort. Nya elmätare för lägenheterna och fastighetselen installeras, samt en lokal uppkopplad datorenhet för insamling av mätdata. Det finns leverantörer som erbjuder IMD som en tjänst där de ansvarar för att samla in data om elanvändning och fakturera lägenhetsinnehavare⁸.

2.1.3 Batterilager

Kostnaden för stationära batterier för temporär energilagring för företag, föreningar och allmänheten har minskat de senaste åren, och förväntas gå liknande väg som solcellerna: en ökad försäljning delvis till följd av implementerade ekonomiska styrmedel väntas generera en minskad investeringskostnad på sikt. Vid implementering av ett batterilager i ett flerbostadshus behöver många faktorer beaktas och tas hänsyn till. Lämpligt utrymme och brandrisk är två av dem. I ett typiskt flerbostadshus har de flesta allmänna utrymmen redan ett tillämpningsområde, exempelvis cykelrum, tvättstuga, förråd eller städskrub. För att minska installationskostnad och kabeldragning behöver valet av utrymme väljas med omsorg samtidigt som hänsyn tas till övriga tillämpningar av utrymmena. Gällande brandrisken nämner elsäkerhetsverket att placering och planering av ett batterilager också behöver göras med avseende på brandcellsindelning⁹. Enligt samma källa är brandrisken låg om installation och materialval uppfyller gällande regelverk och standarder. Brandrisken vid batterilagring är framförallt förknippad med vissa batterikemier i batterifamiljen litiumjon¹⁰. Ett tillägg till det är att brandrisken beror av vilken specifik kemisk sammansättning som batteriet har. Vid val av batteri är det nödvändigt att väga batteriets alla för- och nackdelar mot varandra.

⁸ Gustaf Grönvall, WSP

⁹ [Planera ditt batterilager | Elsäkerhetsverket \(elsakerhetsverket.se\)](https://www.elsakerhetsverket.se/planera-ditt-batterilager)

¹⁰ [Säkerhetsrisker med batterilager | Elsäkerhetsverket \(elsakerhetsverket.se\)](https://www.elsakerhetsverket.se/sakerhetsrisker-med-batterilager)

Ett batterilager har flera tänkbara användningsområden i ett flerbostadshus. Bland de vanligast omnämnda finns:

- I. Flytta produktion av el i tiden (lagra producerad el dagtid, använd lagrad el kvällstid).
- II. Kapa effekttoppar genom att ladda ur batterierna när effektbehovet är som högst.
- III. Kostnadsoptimering genom att köpa el från nätet när elpriset är lågt och använda elen från batterierna när elpriset är som högst.
- IV. På en framtida flexibilitetsmarknad sälja nättjänster som flexibel kund genom att ta emot el när effekten på nätet är för hög, och avstå från att köpa när effekten är låg.

Likt en investering i solceller finns olika anledningar till att investera i ett batterilager. Alla ovanstående användningsområden syftar på ett eller annat sätt både till att skapa värde till ägaren och att minska byggnadens belastning för elnätet. Den första genom att öka egenanvändningen av solel och de senare tre genom att antingen minska kostnader för elhandel och/eller elnätsavgift eller sälja nätstabiliserande tjänster. För att bäst lönsamhet från investeringen ska skapas är det nödvändigt att styrningen av energiflödet till och från batterilagret sker på rätt sätt, annars riskerar tillämpningen att skapa energiförluster som slår ut värdet av den temporära energilagringen ¹¹. En kombination av ovanstående är alltså möjlig, men ställer större krav på tillämpad styrning. Idag tillämpas batterilager framförallt i flerbostadshus för att kapa effekttoppar (II).

2.1.4 Internt likströmsnät och mikronät

En generell definitionsskillnad mellan ett internt likströmsnät och ett mikronät görs redan i rapportens terminologi. Ett internt likströmsnät avser, i denna rapport, ett elnät som byggs inom en byggnad. Detta bryter inte mot koncessionslagstiftningen. Skillnaden mot de elsystem som idag finns i flerbostadshusen som ombesörjer både fastighetsel och hushållsel är att strömmen distribueras i form av likström snarare än växelström. Ett mikronät avser, i denna rapport, snarare ett elnät som knyter samman två eller flera byggnaders förbrukningspunkter för att möjliggöra delning av elektrisk energi. Denna typ av tillämpning bryter mot dagens lagstiftning gällande nätkoncession om det handlar om byggnader som är avsedda för boende. Det finns dock fler undantag som möjliggör mikronät för bland annat jordbruksfastigheter, skolor, industrier och sjukhus¹². Under 2020 föreslog Energimarknadsinspektionen att undantagen från denna lagstiftning skulle utökas för att möjliggöra elnät mellan byggnader som är avsedda för boende. Läs mer under rubriken *lagstiftning*.

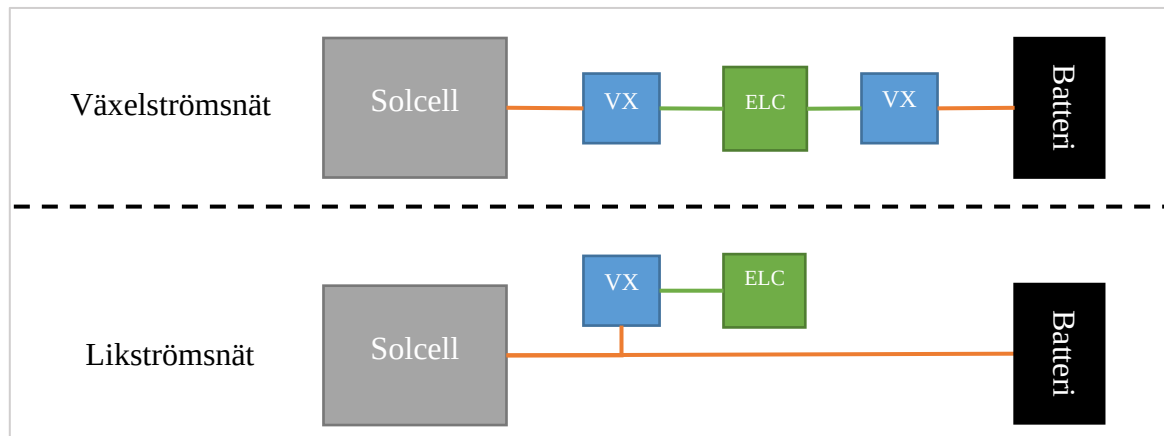
Den främsta nyttan med att möjliggöra delning mellan olika byggnader är att öka egenanvändningen av producerad solel. Detta uppnås genom att användningen av el totalt sett blir högre om förbrukningspunkterna knyts samman, och på så vis ökar sannolikheten att behovet av el matchar produktionen av densamma. En typisk tillämpning är att en byggnad har goda förutsättningar för att producera solel och en annan har ett högt behov när produktionen sker.

Att tillämpa ett likströmsnät snarare än ett växelströmsnät för ovanstående två tillämpningar skapar möjligheter för att minska antalet växelriktare när likströmsproducerande komponenter som solceller kombineras med komponenter som använder likström som till

¹¹ Gustaf Grönvall, WSP

¹² [Undantag från kravet på nätkoncession - IKN | Ei.se - Energimarknadsinspektionen](#)

exempel batterier. I framtiden finns fler tänkbara laster som enbart skulle kunna drivas med hjälp av ett likströmsnät, exempel på dessa är belysning (LED-belysning är DC) och laddningsplatser för elbilar. Mer om laster under nästkommande avsnitt. Nedanstående figur visar på ett enkelt sätt hur antalet växelriktare förändras beroende på om ett AC- eller DC-system används. När antalet DC-komponenter ökar, ökar antalet växelriktare på samma sätt.



Figur 5 Illustration av skillnaden mellan växelströmsnät och likströmsnät. (Orange linje = DC, grön linje = AC)

Omvandling av ström från AC till DC skapar energiförluster i form av värmeenergi som går till spillo i växelriktare eller likriktare. När antalet växlingar ökar, ökar också dessa förluster. Som nämnt under avsnittet om batterilager finns det en mängd olika parametrar och nyttor som styr överföringen av el till och från batterilagret. En optimal styrning av överföringen kan orsaka ett behov av ett ökat antal växlingar mellan AC och DC om inte ett likströmsnät används. Slutsatsen är att en likströmstillämpning generellt sett genererar mindre energiförluster kontra en växelströmsapplikation när antalet växlingar ökar.

2.1.5 Laster

Under tidigare avsnitt har systemkomponenter som skapar, lagrar och distribuerar elektrisk energi beskrivits. Även en katalysator för en hög egenanvändning, gemensam el, har beskrivits. Detta avslutande avsnitt om systemkonfigurationen ämnar till att beskriva de tänkbara laster som ska ta emot effekt och energi. De laster som finns i dagens byggnader är nästan uteslutande utvecklade för att ta emot AC. I takt med teknikutvecklingen har antalet laster som använder DC ökat, exempel på dessa är bärbara datorer och LED-belysning. I flerbostadshus finns många laster som kan matas både med AC och DC. Av naturliga skäl drivs dessa i regel med AC idag, då det är den strömmen som tillgänglig. I takt med att utvecklingen av interna likströmsnät går framåt är det tänkbart att efterfrågan på produkter som fläktaggregat, varvtalsstyrda cirkulationspumpar, värmepumpar och servrar i ett likströmsutförande ökar. Dessa produkter drivs redan idag med fördel av DC, men avsaknaden av DC i byggnaderna har gjort att tillverkarna har valt att utforma dem för att matas med AC. Vid en implementering av systemkonfigurationen i kombination med ett av ovanstående exempel i DC-utförande skulle idag förmodligen innebära en hög investeringskostnad som inte skulle återbetala sig, men på sikt kan det vara en möjlighet.

Elbilsaddning

I takt med att antalet elbilar ökar i samhället ökar också behovet av laddningsplatser. Det kommer vara nödvändigt att fastighetsägare kan tillhandahålla laddningsplatser för hemmaladdning i anslutning till flerbostadshus, både för att behovet finns hos de boende och för att det höjer värdet på fastigheten. Idag finns dessutom krav på att laddningsplatser ska byggas vid nybyggnation eller åtgärdsarbeten som omfattar byggnadens elektriska infrastruktur och om parkering finns belägen inom byggnaden¹³. Även om kraven i sig inte ställer krav på alla fastighetsägare ger det en indikation på hur framtiden för elbilar och laddningsplatser ser ut.

Förenklat sker hemmaladdning på två sätt idag: Antingen matas elbilen med växelström från laddboxen, och bilens on-board-charger likriktar strömmen från AC till DC. Alternativet till detta är att likrikta strömmen i en likriktare utanför bilen, och mata bilen direkt med DC. Hur och vad som är möjligt beror på elbilens utformning. Den senare formen är mer förknippad med publik snabbaddning. I framtiden är det tänkbart att det kommer finnas möjligheter att knyta den senare formen av laddning direkt till ett internt likströmsnät, men det kräver att laddboxar som både kan ta emot och sända likström finns utvecklade.

Behovet av laddningsplatser har ökat i takt med elektrifieringen av samhället, och vid en utbredd utbyggnation kommer elektrifieringen av fordonsflottan ställa krav på elnätet och eventuellt öka driftkostnader för fastighetsägare. Detta genom ett ökat energi- och effektbehov. Fastighetsägare och BRF:er kommer behöva se över och ta hänsyn till detta vid byggnation av laddningsplatser. Ett momentant ökat effektuttag gör att kostnaderna för hela fastigheten ökar. Laststyrning av elbilsaddningen är en lösning på problemet. Att styra överföringen till elbilarna på ett sådant sätt att det totala effektbehovet för byggnaden begränsas riskerar dock att elbilsaddningen blir undermålig, vilket inte heller är önskvärt. Att knyta elbilsaddningen till ett internt likströmsnät med ett batterilager öppnar upp för möjligheten att både tillgodose momentant effektbehov från byggnad och elbilsaddning utan att minska laddningshastigheten av elbilarna genom att ladda ur batterierna på ett smart sätt när effektuttaget från elnätet redan är högt.

Lastbalansering är en vanligt teknisk lösning som tillämpas när laddning sker till fler bilar samtidigt. Genom att mäta belastningen per fas i elnätet kan ström och effektöverföring fördelas till anslutna bilar på ett sådant sätt att elnätet belastas minimalt genom ett minimerat maximalt effektuttag för överföring till elbilarna.

Laststyrning

Ovan nämns fler laster som omvandlar elektrisk energi till olika former av energi, exempelvis värme, rörelseenergi och ljus. Vid produktion av värme i ett flerbostadshus finns ofta en inbyggd tröghet. Denna produktion behöver inte ske kontinuerligt eller med maximal effekt för att göra nytta, utan det finns en möjlighet att styra ner flödet av elektrisk effekt till dessa komponenter (exempelvis en värmepump) när övrigt effektbehov i byggnaden är högt. De komponenter med inbyggd tröghet kan jämföras med de som saknar, exempelvis belysning eller hissar. Att momentant styra ned effekten till dessa skulle minska användarupplevelsen av dessa markant. Genom att knyta laster som har möjlighet att styras enligt ovanstående resonemang till ett internt likströmsnät, och låta en gemensam styrenhet kontrollera effektförflödet från elproducenter mellan lagring och laster i det interna nätet på ett kontrollerat sätt kan ett minimalt effektbehov från elnätet uppnås.

¹³ [Nya krav på laddinfrastruktur för elfordon i bostäder \(hsb.se\)](https://www.hsb.se/nyheter/2019/04/nykrav-pa-laddinfrastruktur-for-elfordon-i-bostader)

2.2 Systemkonfigurationens effekter för flerbostadshuset

För att motivera en investering av den nämnda systemkonfigurationen i ett flerbostadshus är det nödvändigt att fastställa syfte och nytta med det tekniska systemet. Utan tydliga mål med installationen är det svårt att vid uppföljning urskilja vilken verklig inverkan systemet har haft på fastighetens energisystem. Några fördelar som systemkonfigurationen potentiellt kan generera för ett flerbostadshus är:

- Minskade energikostnader genom ett minskat uttag av el från elnätet
- Minskade effektkostnader genom ett minskat uttag av effekt från elnätet
- Klimatbesparing genom produktion av solel
- Lägre belastning på elnätet genom ett minskat effektbehov
- Motståndskraft mot instabilitet och variation på elnät och elmarknad
- Effektkontroll genom intern dataöverföring
- Ökade intäkter genom försäljning av solel och nätstabiliserande tjänster

En tillämpning av systemkonfigurationen innebär också en framtidssäkring genom hög teknisk nivå på byggnadens elsystem. Att minska löpande driftkostnader samtidigt som intäkter skapas möjliggör en lönsam investering. Vid lönsamhetskalkyl är det viktigt att se systemet som en helhet. Vissa systemkomponenter skapar vid en singular tillämpning nödvändigtvis ingen vidare avkastning, men tillsammans med övriga kan lönsamhet genereras. En del investeringar möjliggör en större potential för andra.

Värt att notera är från ovanstående punkter är att en utjämnad lastprofil är katalysatorn för att förverkliga effekterna.

2.3 Systemkonfigurationens effekter för elnätet

Vid en mer konventionell installation av en solcellsanläggning kopplas denna in vid fastighetens anslutningspunkt mot elnätet. Genom denna anslutningspunkt hämtar kunden nödvändig elektrisk effekt för att tillgodose fastighetens behov. Genom samma anslutningspunkt sänds sedan överskottsproduktionen av solel från solcellsanläggningen, den effekt som alltså inte kan förbrukas genom samma anslutningspunkt. När behovet av elektrisk energi och effekt ökar i anslutning till fastigheten behöver anslutningspunkten klara av att överföra mer effekt än tidigare. Vid installation av solceller finns också en potentiell risk att anslutningspunkten inte är dimensionerad för att klara av att sända fullt så mycket effekt, och av den anledningen behöver säkras upp. Kombinationen höjt internt effektbehov och en önskan om att sända överskottsproduktionen riskerar alltså att öka fastighetens och föreningens påverkan och belastning på det lokala elnätet.

Med hjälp av ett internt likströmsnät, eller mikronät, skapas alltså både en positiv effekt för föreningen genom att den maximala elektriska effekt som behöver överföras till/från fastigheten minimeras och för elnätet som helhet genom att fastighetens behov av elektrisk effekt begränsas. Mer utrymme och kapacitet finns kvar på det gemensamma elnätet. På så sätt räcker nätet till fler.

2.4 Lagstiftning

Sedan den blocköverskridande energiöverenskommelsen slöts under 2016 har arbetet mot att skapa ett helt förnyelsebart svenskt elförsörjningssystem 2040 pågått. Som en del i det arbetet har Infrastrukturdepartementet, på uppdrag av regeringen, sedan 2018 bland annat sett över regelverket för nätkoncessioner. Syftet med arbetet är att skapa ett modernt, tydligt och ändamålsenligt regelverk som bidrar till att möjliggöra omställningen till en helt förnyelsebar elproduktion (Moderna tillståndprocesser för elnät).

Parallellt med denna översyn har Energimarknadsinspektionen sedan 2019 arbetat med att analysera vilka åtgärder som krävs för att genomföra och implementera EU:s elmarknadsdirektiv i svensk lagstiftning (Ren energi inom EU). Elmarknadsdirektivet hanterar gemensamma regler för den inre marknaden för el och påverkar bland annat regler för lokalnätsföretag, slutkundsmarknaden, aggregatorer och energigemenskaper. I båda rapporterna finns bestämmelser och författningsförändringar som föreslås träda i kraft 1 januari 2021

De hänvisade rapporterna och föreliggande utredningarna ämnar delvis till att göra det enklare för intern delning av energi, i syfte att motivera och skapa incitament för egenproduktion. Genom en hög egenproduktion och egenanvändning av elektrisk energi minskar belastningen på det svenska elförsörjningssystemet, vilket leder till ett mer robust och motståndskraftigt svenskt energisystem.

Sammanfattningsvis: Om samtliga förslag som presenterats i rapporterna införlivas i lagstiftningen kommer det bli enklare för ägare av flerbostadshus och bostadsrättsföreningar att i framtiden:

- **Få tillåtelse att bygga interna lågspänningsnät för delning av energi, ett så kallat icke-koncessionspliktigt nät.** Inom en egen fastighet och mellan byggnader, mellan produktionsenheter och mellan produktionsenhet och konsumtionsenhet, utan att anläggningarna eller byggnaderna nödvändigtvis behöver dela anslutningspunkt till koncessionspliktigt nät.
- **Skapa och bedriva energigemenskaper.** En energigemenskap är en ekonomisk förening vilken driver verksamhet inom förnybar energi och har som mål att ge sina medlemmar miljömässiga, ekonomiska eller sociala samhällsfördelar genom
 1. produktion, leverans eller förbrukning av el,
 2. aggregering eller energilagring, eller
 3. att tillhandahålla laddningspunkter för elfordon, energieffektiviseringstjänster eller andra energitjänster.
- **Sälja flexibilitetstjänster till elnätsföretagen.** En sådan flexibilitetstjänst kan exempelvis vara att avstå från att hämta elektrisk effekt från elnätet under vissa tidpunkter eller hämta mer än vad det faktiska behovet är under andra tidpunkter.

3 Exempel

Ovan beskriven teori är just det, teori. Det är den bakomliggande förklaringen till hur systemet kan se ut och vilken funktion det kan fylla. Vilken mognadsgrad tekniken har är en stor faktor inför en investering. I detta avsnitt kommer exempel på tillämpningar av systemkonfigurationen i ett flerbostadshus presenteras. Två bostadsrättsföreningar som, av olika anledningar, har valt att implementera tekniken i sina byggnader har intervjuats och besökts för att hämta lärdomar och erfarenheter. De två bostadsrättsföreningarna är Dragonen från Märsta och Fruängsporten från Hägersten. För att nämna några andra fall från verkligheten finns pilotprojektet Eksta Bostads AB¹⁴ och testprojektet Brf Kontrollanten i Karlstad.

3.1 BRF Dragonen

Dragonen är en ren bostadsrättsförening om 180 lägenheter och finns belägen i Märsta, Uppland. Föreningen består av 6 fastigheter som finns på Sätunavägen 19 – 24. Initialt var styrelsen intresserad av att begränsa föreningens förbrukning av fjärrvärme för att minska föreningens och medlemmarnas gemensamma energikostnader. Tidigare uppgick kostnaderna för fjärrvärme till cirka 20 % av föreningens totala kostnader. Intresset uppkom efter en genomförd energikartläggning och för att åstadkomma minskade värmekostnader valde föreningen att ta rådgivning. Denna rådgivning gavs i form av en sammansatt arbetsgrupp där några föreningsmedlemmar ingick tillsammans med en totalentreprenör inom energi.

Ett förslag som identifierades intressant för arbetsgruppen var en konvertering av fastighetens värmetillförsel från enbart fjärrvärme till en kombination fjärrvärme/bergvärme. Nyttan i denna kombination finns i att höga fjärrvärmekostnader vintertid undviks samtidigt som dess låga kostnader under sommarhalvåret utnyttjas. Konverteringen innebär ett minskat fjärrvärmebehov, men samtidigt skapas ett ökat behov av elektricitet under vinterhalvåret. För att komplettera detta ökade behov av elektricitet började arbetsgruppen utreda möjligheterna till att inkludera solceller som en systemkomponent. Genom att producera delar av elbehovet som värmepumparna kräver kan ytterligare kostnadsbesparingar göras.

För att knyta samman produktion och användning av elektricitet identifierades ett internt likströmsnät som ett systemval med stor potential. Som tidigare nämnt är laststyrning och kontroll av interna effektflöden en nytta med ett internt likströmsnät. Genom att direkt knyta samman solcellsanläggningen med interna laster underlättas effektöverföringen mellan komponenterna, och en mindre effekt behöver matas ut på elnätet. På så sätt har alltså föreningen undvikit att säkra upp sin fastighet trots ett ökat effektbehov och produktion av solel. Detta leder i sin tur även till att de gemensamma kostnaderna för elektricitet har begränsats. En implementering av gemensam el förstärker dessa effekter genom en hög egenanvändning av producerad solel. Sammanlagt har föreningen 6 elcentraler och lika många abonnemang.

¹⁴ [Optimering av solelnytta genom smart mikronät och brukare - Bebostad](#)

Föreningen har avtal med HSB som förvaltare med ansvar över byggnadernas energianvändning. Efter en kort analys av byggnadernas energianvändning före och efter installationen av solceller, likströmsnät och värmepumpar framgår det att mängden köpt el från elnätet har minskat. Detta trots installationen av värmepumparna. Även fjärrvärmebehovet har minskat markant. I data från solcellsanläggning och försäljningsabonnemangen går det att se en låg försäljning av solel, vilket är en indikation på hög egenförbrukning. Ur ett helhetsperspektiv anser HSB att systemkonfigurationen har påverkat fastighetens energianvändning positivt.

Som i ett ytterligare led i sitt energiarbete planerar föreningen att genomföra energieffektiviserande åtgärder för att minska fastighetens värmebehov. Exempel på dessa åtgärder är tilläggsisolering av fasad och byten av fönster.

Faktaruta

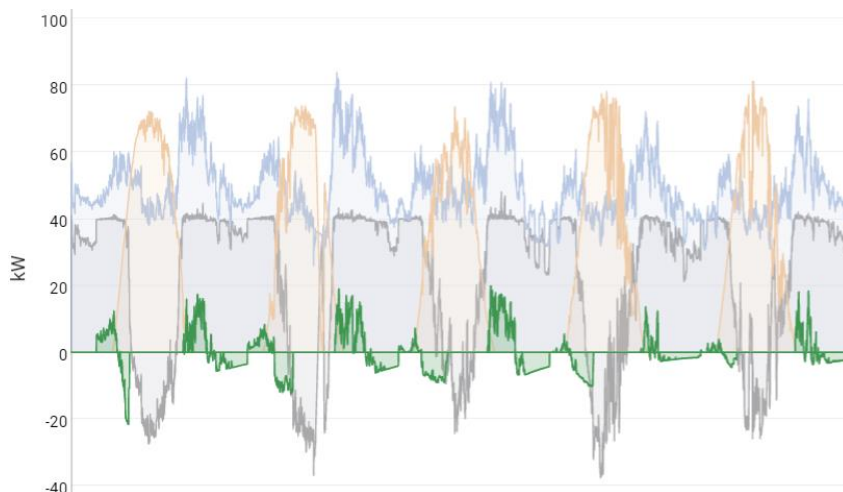
Systemkomponent	Utformning
Solcellsanläggning	Ja, 844 paneler med en total årlig elproduktion om cirka 255 000 kWh.
Gemensam el	Ja.
Batterilager	Nej.
Likströmsnät	Ja, som styrs för att solelen ska göra störst ekonomisk nytta.
Laster	Bergvärmepumpar (52 kW) med en energitäckning om cirka 90 % av byggnadernas värmebehov.

3.2 BRF Fruängsporten

BRF Fruängsporten är en ren bostadsrättsförening med 88 lägenheter i Fruängen utanför Stockholm. Fastigheten som föreningen förvaltar består av två byggnader som stod färdiga 2014. Trots att det är en ung förening och byggnad, och således med hög standard vad det gäller energianvändning och teknisk utformning, valde föreningen att i två led under 2017 och 2018 först investera i solceller och vidare även i ett batterilager med styrning från Ferroamp. Incitamenten som ligger bakom installationen i Fruängsportens byggnader är möjligheten till att bidra till samhällets energiomställning genom att energioptimera fastighetens energiförsörjning. Föreningens styrelse ser investeringen i solceller, likströmsnät och batterilager som långsiktig fastighetsförvaltning och förädling av byggnaden, som både skapar långsiktig hållbarhet och ett ökat fastighetsvärde. Resultatet av en vision om en miljömässigt bra insats för samhället. Att det dessutom minskar löpande energikostnader för de boende ser föreningen som en bonus.¹⁵

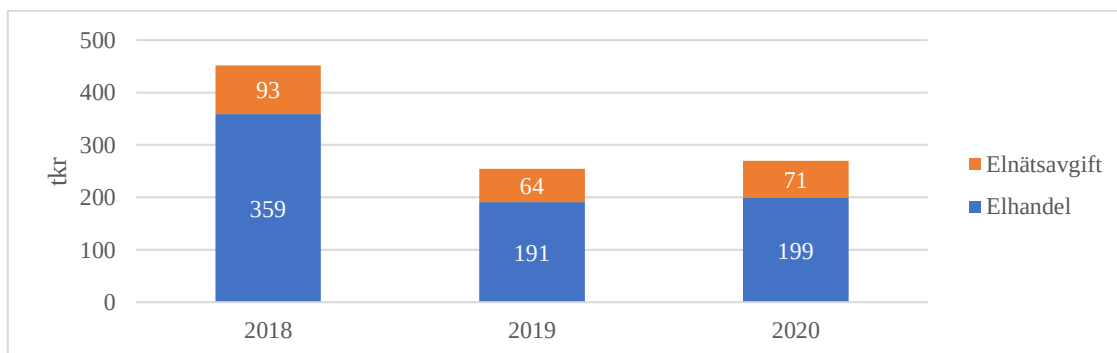
Figur 6 visar hur systemet fungerar och praktiskt utjämnar effektuttaget från elnätet, den grå linjen. Den blå linjen illustrerar hela fastighetens elanvändning. I takt med att produktionen från solcellsanläggningen ökar, går det att se hur batterierna laddas upp (grön linje) efter att ha laddats ur under de tidiga morgontimmarna, när elanvändningen har gått upp. Under kvällen, när elanvändningen, och effektbehovet, från lägenheterna går upp laddas batterierna ur för att hålla effektuttaget från elnätet på en låg nivå. Under natten, när elanvändningen åter är på en låg nivå kan batterierna återigen laddas upp, men med el från elnätet snarare än solcellsanläggningen, för att batterierna ska vara redo att fungera som effektreserv under de tidiga morgontimmarna.

¹⁵ <https://www.byggastockholm.se/2020/06/03/foreningens-nya-energyhub-en-vinst-for-alla-och-miljon/>



Figur 6 Solelproduktion (Gul), effektöverföring till och från batterilager (Grön), effektbehov från byggnaden (Blå) och effektuttag från eller försäljning till elnätet (Grå).

Genom installationen av solceller och batterilager har föreningen lyckats minska sina gemensamma kostnader för elhandel och elnätsavgift. Från 2018 har de gemensamma kostnaderna minskat från cirka 450 tkr/år till 260 tkr/år, se figur 7 nedan, vilket innebär en total årlig genomsnittlig besparing om 42 procent. Med hjälp av batteriet har kapning av effekttoppar minskat effektagiften med 33 procent i genomsnitt. Föreningens styrelse menar att dessa kostnadsbesparingar genererar en avkastning på investeringen om 6 – 7 procent och en återbetalningstid på 15 år. Att föreningen har kunnat göra en nedsäkring av den ena byggnadens anslutning till elnätet har också bidragit till de minskade elnätsavgifterna.



Figur 7 Kostnader för elhandel och elnätsavgift 2017 – 2020¹⁶

Faktaruta

Systemkomponent	Utformning
Solcellsanläggning	Ja, 150 kWp i sydlig, östlig och västlig riktning
Gemensam el	Ja
Batterilager	Ja, ett batteri med en total lagringskapacitet om 86 kWh
Likströmsnät	Ja, mellan solcellsanläggning och batterilager
Laster	Inga andra laster kopplade till likströmsnätet

¹⁶ Siffrorna är inte årsvis indexjusterade

4 Förstudie

Syftet med förstudien var att följa processen från start, för att hämta lärdomar och erfarenheter från ett verkligt fall. Genom att utvärdera förstudiens resultat var förhoppningen att kunna kartlägga vilka de fördelaktiga förutsättningarna är, hur de beror av varandra och vilken inverkan de har på effekterna från systemkonfigurationen. Förstudien genomfördes av WSP på uppdrag av ESSE. Föreningen, Riksbyggen Brf Kungsfågeln 3 (K3) i Västerås, var föremål för förstudien. Föreningen identifierades genom att de sökt investeringsstöd för solceller. Intresset för solceller hos K3 hade väckts i samband med planeringen av det takbyte som Riksbyggen i Västerås som förvaltare påbörjade under våren 2020.

Förstudien omfattade en teknisk-ekonomisk studie för att bedöma möjligheter och potential för en systemkonfiguration innehållandes solceller, batterilager, internt likströmsnät samt last- och driftstyrning. Förstudiens resultat ämnade till att utgöra beslutsunderlag för K3 att använda vid investeringsbeslut och behövde därför också leverera potentiell kostnadsbesparing utöver den tekniska analysen. Vidare ämnade förstudien att utreda och analysera

- elbehovet i aktuella byggnader,
- byggnadernas byggnadstekniska förutsättningar,
- lämplig dimension på en solcellsanläggning med avseende på elproduktion, egenanvändningsgrad och topp effekt,
- lämplig dimension på ett batterilager med avseende på energikapacitet, effektkapacitet och olika affärsmodeller och
- utformning av ett mikronät.

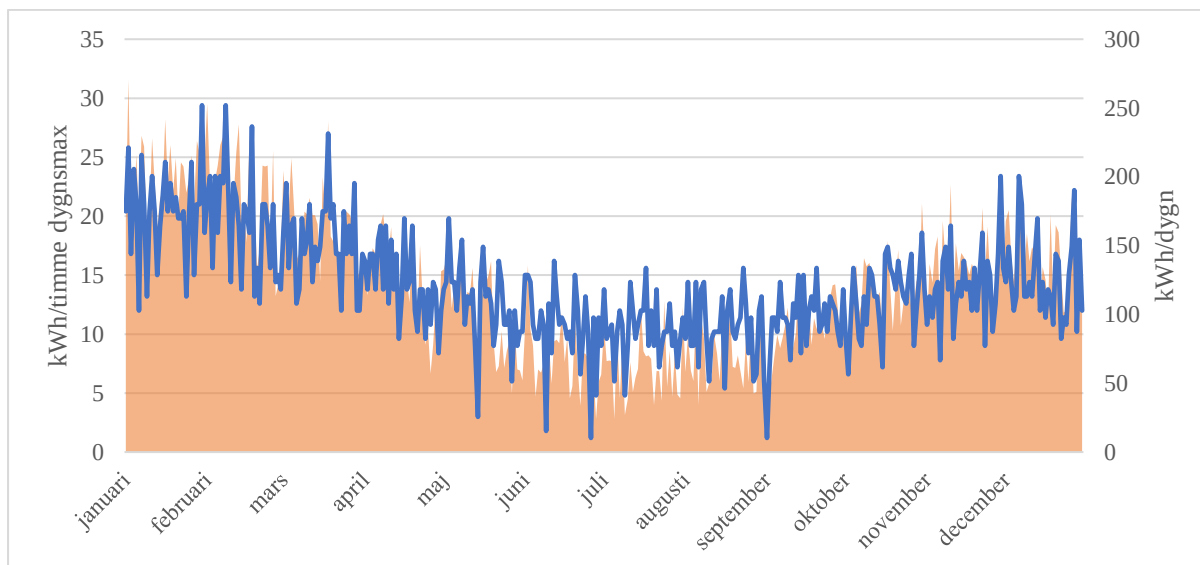
4.1 Förutsättningar

Fastigheten består av fyra byggnader med tre våningar, se figur 12. I byggnaderna finns totalt 96 lägenheter, gemensamma serviceutrymmen, förråd och cykelrum. I hus 1 finns en gemensam tvättstuga. Varje byggnad har ett abonnemang för fastighetsel och varje lägenhet har sitt eget abonnemang för hushållselen. Nedan presenteras en tabell som beskriver användningen av fastighetsel 2019 och vilken typ av abonnemang som är knutet till respektive hus. Föreningen ligger inom Mälarenergis stadsnät och handlar även elektriciteten från dem.

Tabell 2 Elanvändning och abonnemangstyp för K3

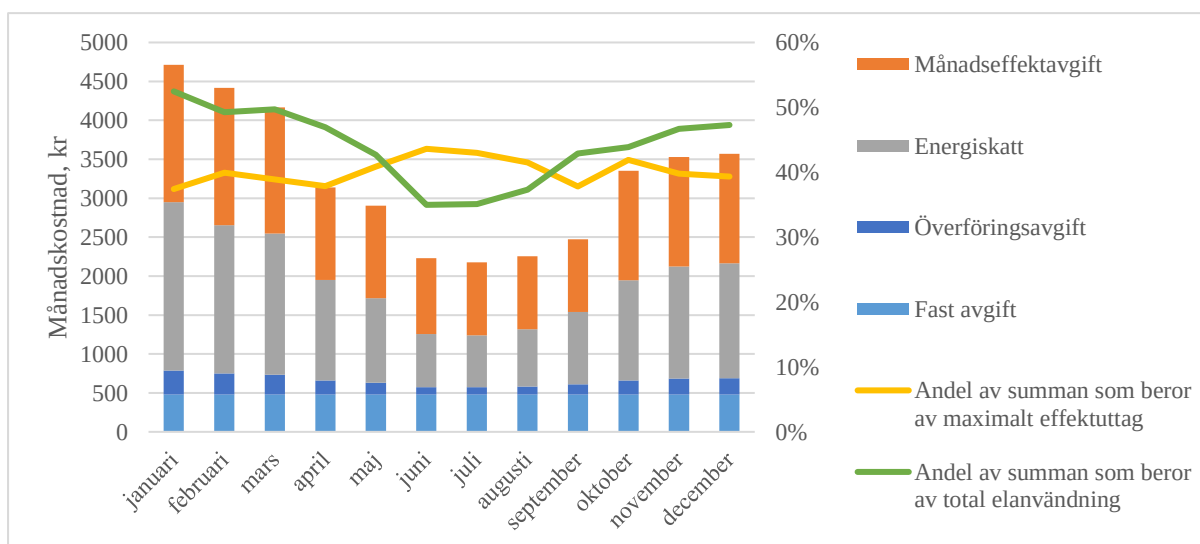
Hus	Elnätsabonnemang	Elanvändning 2019
1	Effektabonnemang	44 205 kWh
2	Säkringsabonnemang, 16 A	7 265 kWh
3	Säkringsabonnemang, 25 A	4 485 kWh
4	Säkringsabonnemang, 16 A	10 204 kWh

Tabellen visar hur tvättstugans placering (i hus 1) tydligt skapar en högre elanvändning i denna byggnad jämfört med de övriga. Fastighetens parkeringsplatser som har försetts med ett motorvärmarruttag är anslutna mot elcentralen i hus 1 vilket också kan förklara en högre årsvis elanvändning. I figur 8 presenteras elanvändningen för hus 1. På vänster axel visualiseras den timme under dygnet som hade högst elanvändning (blå linje) och på höger axel total elanvändning per dygn (orange area).



Figur 8. Elanvändningen för hus 1 under 2019. Den blå linjen visar varje dygns timvis högsta elanvändning på vänster axel. Den orangea arean visualiserar dygnets sammanlagda elanvändning, höger axel.

Månadens högsta timvisa elanvändning (blå linje är det som kallas månadseffektavgift. I Mälarenergis effektabonnemang består totalkostnaden per månad av fast avgift (477 kr/mån), överföringsavgift (0,05 kr/kWh), månadseffektavgift (60 kr/kW)¹⁷ och energiskatt (0,353 kr exkl. moms)¹⁸. Elanvändningen som presenteras i figur 7 visar hur total daglig elanvändning och den timvis högsta elanvändningen varierar för hus 1 under 2019. Ur figuren går det att urskilja en avvikelse under sommarmånaderna juni – september. Relativt sett sjunker elanvändningen per dygn mer än vad det maximala effektuttaget gör. Detta går även att visualisera genom att studera månadskostnaden, se figur 9.

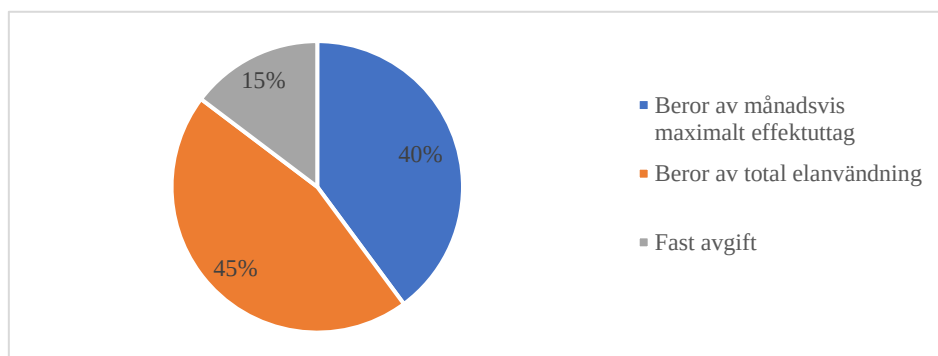


Figur 9 Elnätskostnader för hus 1 under 2019 fördelat per kostnadspost. Den gula linjen beskriver hur andelen av summan som orsakas av månadseffektavgift varierar under året.

¹⁷ [Priser effektabonnemang | Mälarenergi \(malarenergi.se\)](https://www.malarenergi.se/priser-effektabonnemang)

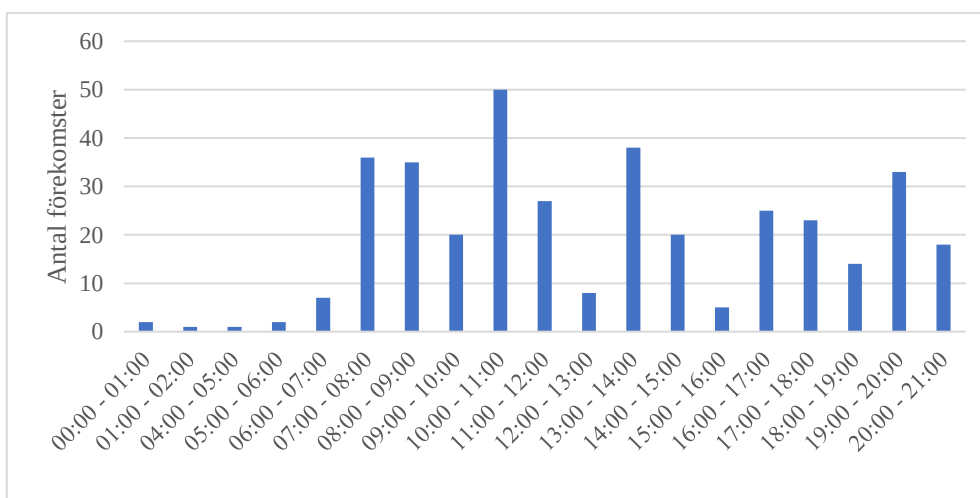
¹⁸ [Höjd energiskatt från 1 januari 2020 | Energimarknadsbyrån \(energimarknadsbyran.se\)](https://www.energi.marknadsbyran.se/hojd-energiskatt-fran-1-januari-2020)

Den gula linjen i figur 9 visar hur andelen av kostnaden som beror det maximala effektuttaget ökar under sommarmånaderna. I syfte att minimera elnätskostnaderna finns det alltså ett underlag som försvarar argumentet om att använda ett batterilager för att minska effekttopparna i första hand och öka egenförbrukningen av sol i andra hand under sommaren när elproduktionen är hög. Under vintermånaderna är kostnaderna som beror av den totala elanvändningen högre relativt sett. På årsbasis fördelas kostnaderna enligt figur 10.



Figur 10 Årsvis fördelning av elnätskostnader per beroendefaktor

Vid takomläggningar utvärderar ofta Riksbyggen som förvaltare om en solcellsanläggning är av intresse. Vidare krävs det dock ett intresse och engagemang från fastighetsägaren för att vilja investera. I fallet K3 finns intresset med minskade driftkostnader och skapad klimatnytta som incitament. En solcellsanläggning skulle även öka föreningens attraktionskraft. I linje med det senare har föreningen även ansökt om investeringsstöd¹⁹ för byggnation av sex laddningsplatser för elbilar. Dessa planeras att anslutas till elcentralen i hus 1, vilket ytterligare skulle öka elanvändningen i huset. Hur det maximala effektuttaget månadsvis förändras beror på hur och när elbilarna laddas, och om lastbalansering tillämpas eller inte. Men klart är att husets elanvändning kommer förändras vid en installation av laddningsplatser för elbilar.



Figur 11 Spridning av under vilken tid på dygnet som dygnets hösta elanvändning uppstod under 2019.

¹⁹ [Laddstation för bostadsrättsföreningar och samfälligheter - Naturvårdsverket \(naturvardsverket.se\)](https://naturvardsverket.se/Laddstation-för-bostadsrättsföreningar-och-samfälligheter)

I figur 11 illustreras de timmar under vilka dygnens högsta effektuttag uppstod under 2019. För att elbilsaddningen inte ska belasta det maximala effektuttaget behöver bilarna laddas utanför dessa. Exempel på märkeffekt per laddningsplats är 3,7 kW och en uppskattad elanvändning till dessa är 6 kWh/dag²⁰. I de simuleringar som genomfördes under förstudien ansattes detta som en parameter i beräkningarna vilket höjde elanvändningen för hus 1 med motsvarande.

Taken är konstruerade med takstolar i trä och belagt med plåt. Vid den stundande renoveringen av taken kommer de istället beläggas med papp. Takens lutning är cirka 13 °. I figuren går det att se hur hus 1 har ett tak, med avseende på azimuth, som är mer lämpligt för att bygga solceller på än hus 2, 3 och 4. På hus 1 beräknas en optimal solcellsanläggning kunna placeras i 158 ° Syd/Sydost medan på hus 2 – 4 är densamma 248 ° Väst/Sydväst. Utifrån figur 3 i teoriavsnittet går det direkt att se en skillnad i förväntad årsproduktion från solcellerna relativt den optimala placeringen (rakt söderläge, 35 - 45°). En solcellsanläggning på hus 1 skulle kunna producera 89 – 92 procent av det optimala medan en på hus 2 – 4 skulle generera 84 – 85 procent. Total möjlig solcellsarea beräknas till 540 m² vilket skulle generera en maxeffekt om 105 kWp.



Figur 12 Riksbyggen Brf Kungsfågeln 3 i Västerås

²⁰ Gustaf Grönvall, WSP

4.2 Resultat från förstudie

Förstudien renderade i fyra scenarion med olika systemkonfigurationer enligt nedanstående. Omfattningen på systemkonfigurationerna tilltar för varje scenario. Dessa scenarion utvärderades vidare utifrån teknisk implementering och ekonomisk avkastning.

- Scenario 1: En solcellsanläggning och ett batterilager på hus 1.
- Scenario 2: Gemensamhetsabonnemang, IMD, fyra separata interna likströmsnät med en solcellsanläggning per byggnad. Inga batterilager inkluderas.
- Scenario 3: Gemensamhetsabonnemang, IMD, fyra separata interna likströmsnät med en solcellsanläggning och ett batterilager per hus.
- Scenario 4: Gemensamhetsabonnemang, IMD samt en solcellsanläggning och ett batterilager per hus som alla är sammankopplade i ett gemensamt mikronät som sammanbinder byggnaderna.²¹

I tabell 3 beskrivs systemkonfigurationen mer ingående för vardera scenario. Enligt förstudierapporten rekommenderas K3 att bygga solcellerna längs taklutningen för att minska installationskostnaden och undvika ett bygglovsförfarande. Utrymmen för batterilager finns i samtliga byggnader. I simuleringarna användes och styrdes batterierna för att fylla fyra syften beroende på byggnadens elanvändning: öka egenanvändningen av solel, reducera effekttoppar, elkostnadsoptimering (köpa när det är billigt, sälja när det är dyrt) och flexibilitetstjänster. De senare två presenterades som potentialer snarare än faktiska resultat i förstudierapportens resultatavsnitt.

Tabell 3 Systemkonfigurationerna

	Hus	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Gemensam el och IMD	1 - 4	Nej	Ja	Ja	Ja
Elnätsabonnemang	1	Effekt	Effekt	Effekt	Effekt
	2	Säkring	Effekt	Effekt	Effekt
	3	Säkring	Effekt	Effekt	Effekt
	4	Säkring	Effekt	Effekt	Effekt
Solcellsanläggning installerad effekt	1	13 kWp	11 kWp	19 kWp	19 kWp
	2	-	10 kWp	16 kWp	16 kWp
	3	-	10 kWp	17 kWp	17 kWp
	4	-	12 kWp	19 kWp	19 kWp
Solcellsanläggning, årlig elproduktion	1	11 500 kWh	9 800 kWh	16 800 kWh	16 800 kWh
	2	-	7 900 kWh	12 600 kWh	12 600 kWh
	3	-	7 900 kWh	13 400 kWh	13 400 kWh
	4	-	9 500 kWh	15 000 kWh	15 000 kWh
Batterilager, energikapacitet	1	15 kWh	-	23 kWh	25 kWh
	2	-	-	15 kWh	
	3	-	-	15 kWh	
	4	-	-	15 kWh	
Batterilager, effektkapacitet	1	12 kW	-	12 kW	24 kW
	2	-	-	12 kW	
	3	-	-	12 kW	
	4	-	-	12 kW	

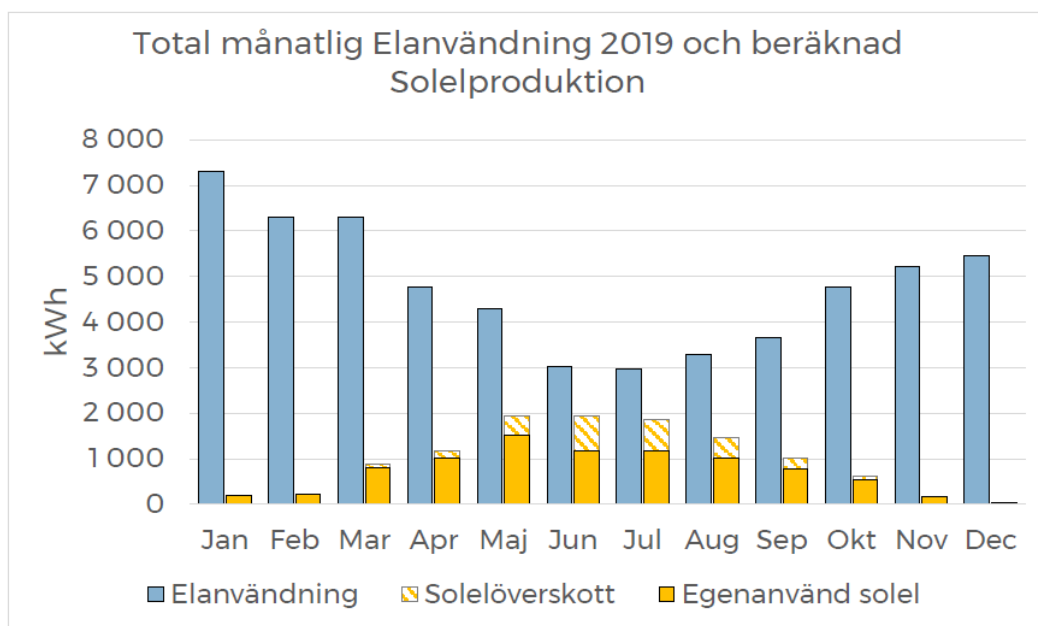
²¹ Värt att notera: Scenariona är omdöpta från förstudierapporten.

Några grundläggande parametrar som låg till grund för resultaten från simuleringar och lönsamhetsberäkningar presenteras nedan. Samtliga återfinns i förstudierapportens bilaga 8.

Tabell 4 Parametrar för lönsamhetsberäkningar

Elpris	1,2 kr
Värde såld el	0,3 kr
Kalkylperiod	30 år
Kalkylränta	3 %
Investeringskostnad solcellsanläggning	13 000 – 14 000 kr/kW
Driftkostnad solcellsanläggning	4 000 kr/år
Kostnad växelriktarbyte efter 5 år	1 500 kr/kW
Investeringskostnad batterilager	8 000 – 9 000 kr/kWh
Teknisk livslängd batterilager	20 år

I figur 13 presenteras resultaten från solcellssimuleringen av scenario 1, där en solcellsanläggning placerats på taket till hus 1. I figuren går det att se att trots att den månadsvisa elproduktionen från solcellerna underskrider den månadsvisa elanvändningen kan inte all elproduktion tillgodogöras i byggnaden, utan en viss andel måste säljas till nätet. Enligt resonemangen i teoriavsnittet missgynnar detta den totala lönsamheten från investeringen då värdet på såld el är lägre än värdet på egenanvänd solel.



Figur 13 Resultat från solcellssimulering av Scenario 1 kompletterat med elanvändningen för hus 1.²²

²² Gustaf Grönvall, WSP, Förstudierapport

I tabell 5 och 6 presenteras resultaten från lönsamhetsberäkningarna i sin helhet. I den föregående presenteras resultaten inklusive batterilager och i den senare utan. I förstudierapporten redovisas lönsamhetskalkylerna mer djupgående. Bland annat med särskiljning av batterilager och solcellsanläggning. Speciellt värt att notera från förstudierapporten: Ingen av batterilösningarna genererade en återbetalningstid kortare än den tekniska livslängden som enskild lösning²³, därav särskiljningen mellan tabell 5 och 6. Detta trots att de ökade egenanvändningen av solel och i stor utsträckning kunde användas till att reducera effekttoppar. Som tidigare nämnt användes inte elkostnadsoptimering eller försäljning av flexibilitetstjänster som en faktisk parameter vid lönsamhetskalkylerna.

Tabell 5 Resultat från scenarioanalys exkl. batterilager

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Årligen producerad solel	11 500 kWh	35 100 kWh	57 800 kWh	57 800 kWh
Total egenanvändningsgrad	75 %	98 %	88 %	90 %
Total investeringskostnad²⁴	168 tkr	1 286 tkr	1 307 tkr	1 524 tkr
Kostnadsbesparing	9,3 tkr	145 tkr	164 tkr	169 tkr
Rak återbetalningstid exkl. batterilager	18	7	8	9

Tabell 6 Resultat från scenarioanalys inkl. batterilager

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Årligen producerad solel	11 500 kWh	35 100 kWh	57 800 kWh	57 800 kWh
Reducerade effekttoppar genomsnitt	7,2 kW/mån	-	21 kW/mån	11,5 kW/mån
Total egenanvändningsgrad	90 %	-	89 %	94 %
Total investeringskostnad	298 tkr	-	1 907 tkr	1 739 tkr
Kostnadsbesparing	15,8 tkr	-	187 tkr	179 tkr
Rak återbetalningstid inkl. batterilager	19	-	11	10

Utifrån ovan presenterade resultat och vidare analys rekommenderas slutligen K3 att avvakta med en investering i ett batterilager. Detta med bakgrund av att ingen lönsamhet från den investeringen identifieras i något av scenarierna. Trots en ökad egenförbrukning och reducerade effekttoppar ökar inte kostnadsbesparingen tillräckligt för att motivera den ökade installationskostnad som batterilagret innebär. En investering i en solcellsanläggning på samtliga byggnader anses som en god investering både med avseende på klimatnytta och kostnadsbesparingar. IMD och gemensamhetsabonnemang beskrivs som väldigt nyttiga systemkomponenter som möjliggör hög egenanvändning av solel.

I tabell 5 och 6 presenteras även den totala mängden producerad solel från solcellsanläggningarna. Dessa presenteras för att förtydliga att klimatnyttan ökar i takt med storleken på solcellsanläggningen, trots att lönsamheten försämras. Den klimatnytta som batterilagret delvis genererar presenteras i form av den genomsnittligt reducerade effekttoppen. Lägre effekttoppar gör att mindre krav ställs på det anslutna elnätet samtidigt som kostnaderna minskar. Det sista scenariot, scenario 4, anses inte ge någon betydande nytta för fastigheten i dagsläget. I en framtid där kostnaden för batterilager och mikronät minskar och inkomst från elkostnadsoptimering och försäljning av flexibilitetstjänster ökar kan detta dock förändras. Det kan alltså finnas fördelar med att vara förberedd för en sådan ombyggnation i framtiden.

²³ Enligt Förstudierapporten skapas en rak återbetalningstid längre än batteriets tekniska livslängd när batteriets kostnad enbart ställs emot den kostnadsbesparing som denna själv skapar.

²⁴ Har beräknats utan något investeringsstöd för solceller eller batterier

4.3 Kommentarer från Riksbyggen

Efter presentationen ombads Riksbyggens representant besvara några frågor gällande hans syn på och tankar kring solceller, batterilager och likströmsnät efter förstudien. Nedan följer en transkription av frågor och svar.

Vilka byggnadstekniska och installationstekniska förutsättningar krävs för att du ska identifiera energilagring av solel ska vara intressant för ett flerfamiljshus?

Riksbyggens representant menar att en grundläggande förutsättning för installation av en solcellsanläggning är ett intresse från föreningen. Ibland finns redan intresset, men ibland är det Riksbyggen som får agera drivande i solcellsfrågan. Riksbyggen agerar drivande i de fall där solcellsanläggningen anses vara en god systemkomponent med avseende på föreningens elanvändning och byggnader.

Vid de tillfällen som underhållsåtgärder som takomläggning eller liknande undersöker Riksbyggen alltid om solceller är intressant. I ett motsatt läge, där föreningen kommer med intresset stöttar Riksbyggen snarare i en analys av den övriga byggnadstekniken. Kanske är det lämpligt att byta taket i förtid innan solcellsanläggningen byggs?

Än så länge tror inte Riksbyggens representant att ett batterilager är intressant med bakgrund av den låga lönsamheten och föreningarnas fokus på investeringarnas återbetalningstid.

Från en fastighetsägare eller BRF:s synvinkel, vilka incitament tror du krävs för att de ska våga investera i denna teknik?

Som ovan nämnt, är uppfattningen att den ekonomiska aspekten är den som spelar störst roll. I det fall där en engagerad styrelsemedlem driver frågan kan incitamenten vara annorlunda.

Riksbyggen har ett stort ansvar att driva frågan för att föreningarna ska välja miljövänliga och hållbara alternativ. Vid nybyggnation finns alltid solceller med i projekten.

Hur är intresset inom riksbyggen som fastighetsförvaltare för tekniken och tror du att den kommer förändras i framtiden?

Riksbyggen står för ett långsiktigt och miljövänligt fastighetsförvaltande och verkar för att föreningarna ska göra detsamma, även om det ibland kan vara svårt. Ibland kan det vara föreningens medlemmar som sätter gränserna för vad som är möjligt att genomföra, och ibland är det tekniska eller ekonomiska faktorer som spelar in. Som i fallet med mikronät är det idag lagen som sätter begränsningen. För Kungsfågeln 3 är det den ekonomiska aspekten som förmodligen sätter gränsen för installationen av ett batterilager.

Övriga, fria, kommentarer gällande solel och batterier?

Det är en spännande och intressant teknik. En rädsla finns för att allmänheten, eller den tänkta slutanvändaren av tekniken, avstår från en investering i närtid för att utvecklingen går fort fram med motiveringen att invänta teknikens nästa steg. Om alla tänker så avstannar utvecklingen. Några behöver gå före och visa vägen.

5 Förutsättningar

Detta avsnitt ämnar till att, med hjälp av föregående avsnitt, *Teori, Exempelfall* och *Förstudie* kondensera ner de grundläggande förutsättningar som gör solceller, batterilager och likströmsnät intressant för ett flerbostadshus. Analysen tar hänsyn till byggnadens utformning, de ingående systemen och diskuterar övriga faktorer som spelar in. Avsnittet ska inte ses som någon form av facit, utan är författarens egen analys. Avslutningsvis presenteras de incitament som driver fastighetsägare och föreningar till investering.

För att en systemkonfiguration med solceller och batterilager som sammankopplas med ett likströmsnät ska vara möjligt och intressant för ett flerbostadshus finns det några grundläggande byggnadstekniska förutsättningar som fastighetsägaren eller BRF:en behöver förhålla sig till. Utan de grundläggande förutsättningarna finns det risk för att en installation inte genererar önskad nytta. För att på bästa sätt analysera om byggnaderna har rätt förutsättningar kan fastighetsägaren med fördel ta stöd av energi- och klimatrådgivaren, en konsult eller av en installatör. Nedan presenteras några av de viktigaste förutsättningarna.

5.1 Intresse

För att en installation ska vara möjlig behöver ett naturligt intresse och driv finnas hos fastighetsägaren eller föreningens styrelse. För att driva igenom en implementering och därmed först identifiera om rätt förutsättningar finns gällande behov och möjligheter är ett genuint intresse för tekniken och byggnaderna finnas. Utan ett reellt intresse och engagemang riskeras projektets förverkligande. Att förankra idéer och visioner hos medlemmar, boende och ledning ökar sannolikheten för ett genomförande. Intresset i sig kan drivas och skapas av både ekonomiska och klimatmässiga skäl. Inget är mindre värt än det andra.

5.2 Behov

Med ett stort intresse men utan behov riskerar projektet att bli mer av en hobby snarare än generera reell nytta för byggnadernas energisystem. Behovet skapas av olika anledningar: Boenden kan uppleva att elkostnaderna (både egna och gemensamma) är för höga. Byggnaden kan ha en för dålig energiprestanda och solelproduktion ses som en möjlighet att förbättra den. Fastighetsägaren och föreningen kan ha vissa hållbarhetsmål och visioner om en grön elanvändning. Genom minskad energi- och effektanvändning kan vidare behovet av minskade energikostnader analyseras. För att utvärdera och se över om behovet finns med avseende på energi- och effektanvändning kan det vara bra att studera fastigheten med enligt följande:

- **En elanvändningsprofil som möjliggör hög egenanvändning**
För att lönsamhet ska skapas från solcellsanläggningen är det fördelaktigt om elanvändningen i byggnaden överensstämmer med solelproduktionen. På så vis ökar den möjliga egenanvändningen. För att förbättra elanvändningsprofilens matchning mot solelproduktionen kan *gemensamhetsabonnemang*, *batterilager* och *mikronät* (i framtiden) användas. I byggnader med en hög elanvändning när solelproduktionen är som störst (där exempelvis lokaler, restauranger, undercentraler eller tvättstugor finns utöver bostäder) överensstämmer förmodligen elanvändningsprofilen bättre med solelproduktionen jämfört med en byggnad där bara bostäder finns.

- **Inneboende laster som kan användas för en hög egenanvändning**

För att ytterligare förbättra egenanvändningen, antingen direkt vid installation av solceller eller på sikt kan byggnadernas laster analyseras med avseende på dess möjlighet till laststyrning. Genom att identifiera laster som laddningsplatser för elbilar eller värmepumpar som klarar av en effektöverföring styrd enligt andra principer än andra laster (som i regel alltid behöver ström när de används) kan en ökad egenanvändning genereras. Laster som tvättmaskiner, torktumlare, pumpar och fläktaggregat är exempel på laster som inte kan styras i tiden, men i vilka byggnader de finns och när de används bör ändå beaktas.

För att ett batterilager ska vara intressant för en applikation i ett flerbostadshus behöver ett behov för detta identifieras. En solig sommardag kan solelproduktionen från en solcellsanläggning uppgå till över 4 kWh/kWp i Stockholmsområdet. De batterilager som föreslogs i förstudien ger en första insikt i hur stora batterierna typiskt är vid liknande tillämpningar. De varierar mellan 15 – 25 kWh samtidigt som solcellsanläggningarna varierade mellan 10 – 19 kWp. En riktig solig dag kan alltså solelproduktionen totalt sett uppgå till 45 – 85,5 kWh, samtidigt som elanvändningen är förmodat låg i byggnaden. Att använda batterierna endast för att ”flytta” elproduktionen i tiden och ändå göra en lönsam investering kräver alltså förmodligen antingen en liten solcellsanläggning eller ett stort batterilager.

5.3 Möjlighet

Om intresse och behov finns behöver slutligen möjligheten för systemkonfigurationen finnas för att teori ska bli verklighet. De ekonomiska möjligheterna kopplar till fastighetsägaren eller BRF:ens ekonomiska status i förhållande till investeringskostnaderna. Vidare behöver även medlemmar och boende informeras om förändringarna. En viktig aspekt kopplat till det ekonomiska i systemkonfigurationen är helheten och långsiktigheten. Inför en investering och under beslutsfattandet är det nödvändigt att ta hänsyn till alla framtida kostnader och inkomster. Att använda olika nyckeltal (Internränta, LCC, återbetalningstid osv.) vid jämförelse av system och offerter kan klargöra vilken som är mest lämpad för den specifika fastigheten. Nedan presenteras några av de mer fördelaktiga byggnadstekniska förutsättningarna:

- **Tak som är lämpliga för solelproduktion**

Utan ett tak som är väl lämpat finns det risk att solelproduktionen blir låg relativt kostnaden för installationen. För att generera hög solelproduktion per krona är det fördelaktigt om taken har liten skuggning, lagom lutning och söderläge. Taken behöver även vara i gott skick. Ska de läggas om i närtid bör detta tas i beaktande. En tumregel är att det bör vara minst 20 år till nästa planerade takomläggning.

- **Medhåll och godkännande för gemensam el**

Gemensamhetsabonnemang samlar byggnadens totala elanvändning och är en katalysator för att bygga en större solcellsanläggning. För att möjliggöra övergången till ett gemensamt elabonnemang behöver medlemmar och boende informeras och ev. godkänna åtgärden.

- **Identifierad placering av elmätare för IMD**

Om IMD används tillsammans med gemensam el som en katalysator för en högre egenanvändning av producerad sol el behöver placering av elmätare identifieras.

- **Lämpligt utrymme för batterilager**

Batterilagret behöver placeras någonstans i byggnaden. I de flesta flerfamiljshus fyller alla utrymmen en funktion idag redan. Det gäller för fastighetsägare eller BRF:er att identifiera ett lämpligt utrymme som inte begränsar livskvaliteten för de boende. Exempelvis bredvid elcentral eller i förrådsutrymme. Frågor gällande brandsäkerhet behöver också tas i beaktande.

- **Möjlighet till intern kabeldragning**

För att ett internt likströmsnät ska kunna byggas behöver kablage placeras på ett lämpligt sätt. Då solcellerna placeras på taket, elcentralen oftast sitter i markplan eller källare och batterilager också ofta hamnar där behöver en likströmskabel dras lodrätt genom eller utanpå byggnaden. Oanvända sopnedkast är en möjlig kabelväg.

- **För mikronät: Fler byggnader med olika elanvändningsprofil**

Om fastigheten har fler byggnader, med olika mönster gällande elanvändningen och olika förutsättningar för solelproduktion kan det vara intressant att bygga ett mikronät för energidelning. Idag får inte energi delas mellan byggnader avsedda för bostäder, men finns andra byggnadstyper (exempelvis garage) finns möjligheter att bygga ett mikronät. Tiden får utvisa vilka möjligheter som ges för energidelning i framtiden.

5.4 Incitament

Genom utredningen har tre syften som systemkonfigurationen svarar väl emot identifierats: Klimatnytta, systemförbättring och kostnadsbesparing. Tillsammans skapar syftena de incitament som driver utvecklingen i ämnet framåt. Klimatnyttan genereras genom att andelen fossilfri el ökar i det svenska energisystemet. Genom att öka andelen sol el minskar utsläppen av klimatgaser som koldioxid.

Den systemförbättring som tekniken skapar handlar om att belastningen på det gemensamma elnätet minskar i och med ett lägre effektuttag och den framtida möjligheten att tillhandahålla flexibilitet- och stabilitetstjänster. Denna nytta driver och stärker sedan även det sista incitamentet som ska motivera fastighetsägare och föreningar att överväga systemkonfigurationen: kostnadsbesparing. Genom att använda egenproducerad sol el snarare än köpa el från ett elhandelsbolag kan kunden minska sina energikostnader och samtidigt skapa en inkomst genom att sälja el och, på sikt, flexibilitetstjänster till elnätsägaren.

6 Slutsatser

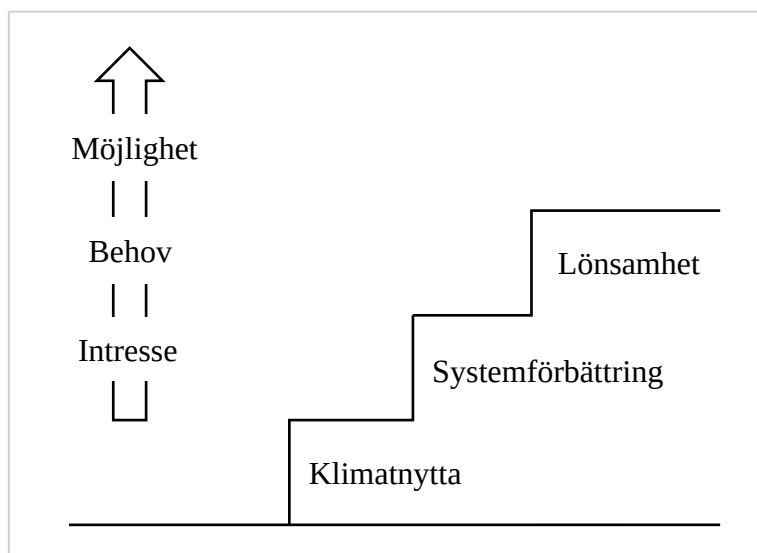
Antalet batterilager, som komplement till solcellsanläggningar, kommer förmodligen öka som applikation i flerbostadshus under inledningen av 2020-talet. Bakgrunden till dessa installationer och investeringar kommer drivas av ett stort teknikintresse och miljömedvetenhet snarare än ekonomiska. För att göra en lönsam investering i solellagring i batterier ställer generellt sett idag krav på att byggnadens egenanvändning av sol el kraftigt kan förbättras med hjälp av batterierna, samtidigt som andra tjänster kan säljas för att skapa intäkter. Undantagen uppstår då en byggnad identifieras med ett momentant väldigt högt effektuttag vissa tider under dagen och står för en stor andel av elnätskostnaderna. Då kan batterierna användas både för en ökad egenanvändning av sol el och effekttopsreducering vilket skapar en betydande kostnadsbesparing.

Det interna likströmsnätet genererar mindre förluster och skapar möjlighet till en fasbalansering som minskar säkringsbehovet för elcentralen. Dessa nyttor har inte vidare utretts i detta arbete. Idag begränsar lagstiftningen en implementering av ett mikronät mellan byggnader som är avsedda för bostäder. I en framtid där denna lagstiftning eventuellt förändras behöver nyttan med mikronätet vägas mot investeringen. I förstudierapporten anses denna tillämpning inte tillföra någon större nytta på grund av byggnadernas liknande elanvändningsprofiler. För att reell nytta ska genereras från en mikronätstillämpning är det fördelaktigt om byggnadernas gemensamma elanvändningsprofil möjliggör en kraftigt ökad egenanvändning av sol el. Ett annat framtida systemkoncept som också kan nämnas är energigemenskaper, som eventuellt kommer möjliggöra en kostnadseffektiv energidelning mellan byggnader utan mikronät.

Som Riksbyggens representant nämner finns det alltid de som behöver gå först och driva teknikutvecklingen framåt. Utan referensfall och framgångsrika projekt får teknikleverantörer svårt att sälja sin produkt och teknikmognadsgraden begränsas. Investeringar i ung energiteknik behöver motiveras och drivas framåt av andra anledningar än ekonomiska, på så vis kan tekniken bära sig själv på sikt. Ett exempel som åskådliggörs genom denna rapport är solceller. För några år sedan var det svårare att göra en lönsam investering i sol el produktion än vad det är idag. Utvecklingen kan både förklaras av statliga stöd och en investeringsvilja från allmänheten trots låg eller ingen lönsamhet. Men förstudierapporten visar hur alla föreslagna solcellsanläggningar genererar lönsamhet parallellt med klimatbesparingen.

Av utredningen framgår det att syftet med att installera en systemkonfiguration som innehåller solceller, likströmsnät och batterilager går att dela i tre: klimatnytta, systemförbättring och lönsamhet. Genom en ökad användning av solceller kan fastighetsägare och bostadsrättsföreningar medverka i att fasa ut fossila energikällor från det globala energisystemet och stärka det kollektiva klimatarbetet. Att tillämpa smarta styrsystem och tekniska tillämpningar som möjliggör att elanvändningen i byggnaderna påverkar och belastar elnätet i en mindre utsträckning möjliggör en fortsatt samhällelig elektrifiering. Samma elektrifiering har de senaste åren drivit energikostnaderna från att framförallt bero av energianvändning till att också till stor del bero av effektuttag. Genom en hög solelanvändning och låg belastning på nätet minskar energikostnaderna. Den skapade nyttan från systemet med avseende på ovanstående syften beror på systemutformning, fastighetsägarens och byggnadernas förutsättningar.

De förutsättningar som framförallt pekas ut som fördelaktiga för att samtliga ovanstående syften ska uppnås sammanfattas i tre kategorier: Intresse, behov och möjlighet. För att en investering ska falla väl ut och skapa förväntad nytta behöver ett drivande *intresse* finnas. Med hjälp av detta driv kan övriga förutsättningar skapas eller identifieras. Projektet tillåts vidare arbeta i medvind och sannolikheten för ett genomförande ökar. Gällande *behov* finns en särskiljning att göra: Klimatrelaterade och byggnads- och boenderelaterade behov. De klimatrelaterade behoven är globala och går enkelt att identifiera genom att följa miljödebatten: fossilfri elproduktion från solceller påverkar de gemensamma utsläppen av klimatgaser positivt, oavsett systemutformning eller egenanvändningsgrad. En analys av de byggnads- och boenderelaterade behoven utgår snarare från inneboende eldrivna komponenter och den gemensamma elanvändningsprofilen. Ett högt elbehov dagtid, ett högt maximalt effektbehov och inneboende laster med möjlighet till laststyrning är exempel på behov som gör installationen effektiv. Med *möjlighet* syftar författaren avslutningsvis framförallt till byggnadstekniska förutsättningar som möjliggör systemets installation och säkrar dess nytta. I figur 14 nedan presenteras avslutningsvis författarens syn på hur förutsättningarna tillsammans svarar mot de incitament och förväntade effekter från en systemimplementering som driver fastighetsägaren till tekniken.



Figur 14 Hur incitamenten beror av förutsättningarna.

Om klimatnytta driver fastighetsägaren till investeringstankar är ett intresse och engagemang det enda som krävs för en lyckad investering. Om det istället är systemförbättrande faktorer som motiverar behöver även de nödvändiga behoven finnas i de avsedda byggnaderna. För att lönsamhet ska säkerställas är det avslutningsvis avgörande att de grundläggande byggnads- och installationstekniska förutsättningarna möjliggör en installationskostnad som bärs av minskade energikostnader och ökade intäkter.

Bilaga: Förstudierapporten

BRF KUNGSFÅGELN

FÖRSTUDIE SOLDRIVET LIKSTRÖMSNÄT

BRF KUNGSFÅGELN 3

2020-12-01



FÖRSTUDIE SOLDRIVET LIKSTRÖMSNÄT

BRF Kungsfågeln 3

KUND

Region Örebro Län

Region Örebro Län
702 17 Örebro

KONSULT

WSP Environmental Sverige

WSP Sverige AB
121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10 7225000

KONTAKTPERSONER

Gustaf Grönvall
Tel: +46 10 722 93 32
gustaf.gronvall@wsp.com

Emil Eriksson
Tel: +46 73 349 93 15
emil.eriksson@energikontor.se

Rama Wehbe
rama.wehbe@riksbyggen.se

UPPDRAGSNAMN
Likströmsnät Region Örebro

UPPDRAGSNUMMER
10309837

FÖRFATTARE
Gustaf Grönvall

DATUM
2020-11-20

Granskad av
Jens Penttilä

SAMMANFATTNING

WSP har på uppdrag av Region Örebro Län genomfört en teknisk-ekonomisk förstudie för att bedöma möjligheterna och potentialen för en systemkonfiguration med solceller, batterilager, internt likströmsnät samt last- och driftstyrning. Förstudien innefattar 4 byggnader tillhörande BRF Kungsfågeln 3, som är belägen i Västerås. Förstudien är en del i ett EU-projekt som delvis finansieras av Europeiska regionala utvecklingsfonden.

Det finns möjlighet att dimensionera många olika typer av systemlösningar för byggnaderna inom BRF Kungsfågeln. Baserat på byggnadernas behov och förutsättningar samt samtal med BRF Kungsfågeln har 4 st scenarier undersökts.

- Scenario 1:** En solcellsanläggning och ett batterilager i en av byggnaderna.
- Scenario 2:** Gemensamhetsabonnemang, Individuell mätning och debitering (IMD), 4 st separata energisystem med en solcellsanläggning och ett batterilager per byggnad.
- Scenario 2.2:** Gemensamhetsabonnemang, IMD, 4 st separata system energisystem med en solcellsanläggning per byggnad. Inga batterilager inkluderas.
- Scenario 3:** Gemensamhetsabonnemang, IMD samt 4 st solcellsanläggningar och 1 st batterilager som alla är sammankopplade i ett gemensamt mikronät som sammanbinder byggnaderna.

Efter analys i denna förstudie har det visat sig att batterilager inte bedöms som lönsam med givna förutsättningar för något av ovan beskrivna scenarion 1–3, varför batterilager inte behöver undersökas närmare i närtid.

I Scenario 1 installeras en solcellsanläggning (13 kW) på den byggnad som har störst elanvändning. Trots att anläggningen är mindre, erhålls ett solelöverskott vilket bidrar till en relativt lång återbetalningstid (22 år). Solcellsanläggningens effekt skulle eventuellt kunna reduceras, till likvärdig eller bättre lönsamhet. Om ännu fler laddpunkter installeras i framtiden kan solelöverskottet användas till att ladda de tillkommande elfordonen

Resultaten i Scenario 2 och Scenario 2.2 visar att kombinationen med solcellsanläggning och gemensamhetsabonnemang med undermätning av el (IMD) kan bidra till en lönsam investering. Gemensamhetsabonnemang bidrar till ett högre elbehov som betjänas av solcellsanläggningen vilket ger en högre egenanvändning av solel.

Från resultaten i Scenario 3 framgår det att sammankoppling av byggnaderna i ett mikronät inte ger någon betydande ökad nytta. Den tillkommande kostnaden för mikronätet är större än den erhållna besparingen från ökad egenanvändning av solel.

Om bostadsrättsföreningen vill installera solceller bör man ordentligt överväga alternativet att övergå till gemensamhetsabonnemang och IMD. Genom att installera en solcellsanläggning på varje byggnad har BRF Kungsfågeln gjort en långsiktigt god investering, samtidigt som man har förberett för att eventuellt komplettera med mikronät och/eller batterilager när det anses lämpligt.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	6
1.1	BAKGRUND	6
1.2	UPPLÄGG OCH AVGRÄNSNINGAR	6
2	BAKGRUND	6
2.1	EGENANVÄNDNING, SJÄLVFÖRSÖRJNING OCH LÖNSAMHET	6
2.2	KOSTNADER FÖR SOLCELLER	7
2.3	LÖNSAMHETSBERÄKNING	8
2.4	BATTERIANVÄNDNING I BYGGADER	8
2.5	GEMENSAMHETSABONNEMANG OCH UNDERMÄTNING AV EL	10
2.6	LOKALA MIKRONÄT I BEBYGGELSEN	10
3	FÖRUTSÄTTNINGAR	11
3.1	BYGGNADERNAS FÖRUTSÄTTNINGAR	11
3.2	ELANVÄNDNING	12
3.2.1	Fastighetsel	12
3.2.2	Beräknad hushållsel	13
3.2.3	Beräknad elbilsladdning	13
3.3	ELKOSTNADER	14
3.4	TILLGÄNGLIGA YTOR	15
3.5	MONTERING OCH PLACERING AV SOLCELLER	16
3.6	BYGGLOV	16
4	SCENARIO 1	18
4.1	HUS 1	18
4.1.1	Solcellsanläggningen	18
4.1.2	Batterianvändning	19
4.2	SAMMANFATTNING SCENARIO 1	20
5	SCENARIO 2.2	21
5.1	HUS 1	21
5.1.1	Solcellsanläggningen	21
5.1.2	Totala kostnader Hus 1	22
5.2	HUS 2	22
5.2.1	Solcellsanläggningen	22
5.2.2	Totala kostnader Hus 2	23
5.3	HUS 3	24
5.3.1	Solcellsanläggningen	24
5.3.2	Totala kostnader Hus 3	25
5.4	HUS 4	25
5.4.1	Solcellsanläggningen	25

5.4.2	Totala kostnader Hus 4	26
5.5	SAMMANFATTNING SCENARIO 2.2	27
5.5.1	Total Solelproduktion	27
5.5.2	Totala kostnader	27
6	SCENARIO 3	28
6.1	HUS 1, 2, 3 OCH 4	28
6.1.1	Solcellsanläggningar	28
6.1.2	Batterianvändning	29
6.2	SAMMANFATTNING SCENARIO 3	30
7	REKOMMENDATIONER OCH SLUTSATSER	31
8	BILAGOR	32
8.1	BIDRAG OCH INKOMSTMÖJLIGHETER	32
8.2	INDATA LÖNSAMHETSKALKYL	33
8.3	SCENARIO 2 (MED BATTERIER)	34
8.3.1	Hus 1	34
8.3.2	Hus 2	36
8.3.3	Hus 3	38
8.3.4	Hus 4	40
8.3.5	Sammanfattning scenario 2	42

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

WSP har på uppdrag av Region Örebro Län genomfört en tekniks-ekonomisk förstudie för att bedöma möjligheterna och potentialen för en systemkonfiguration innehållandes solceller, batterilager, internt likströmsnät samt last- och driftstyrning. Förstudien har utförts för 4 byggnader tillhörande BRF Kungsfågeln 3, som är belägen i Västerås.

Förstudien innefattar identifiering av lämpliga taktytor, förslag på placering av solceller samt utredning av installerad effekt, solcellsytta och mängd genererad solel per år. Förstudien innefattar även att utreda användande av batterilager med tillhörande driftstyrning samt möjligheten och fördelarna med att sammankoppla byggnaderna i ett lokalt mikronät.

1.2 UPPLÄGG OCH AVGRÄNSNINGAR

Det finns möjlighet att dimensionera många olika typer av systemlösningar för byggnaderna inom BRF Kungsfågeln. Baserat på byggnadernas behov och förutsättningar samt samtal med BRF Kungsfågeln har 4 st scenarier undersökts. Resultat från Scenario 2 presenteras i bilagor.

BRF Kungsfågeln har beslut om att utföra takomläggning vilket antas göras oavsett om installation av solceller och batterilager görs eller inte. För samtliga fall antas även 6 st laddpunkter installeras. Nedan beskrivs vilka tekniklösningar som inkluderas i respektive fall.

- Scenario 1:** En solcellsanläggning och ett batterilager i en av byggnaderna.
- Scenario 2:** Gemensamhetsabonnemang, IMD, 4 st separata system energisystem med en solcellsanläggning och ett batterilager per byggnad.
- Scenario 2.2:** Gemensamhetsabonnemang, IMD, 4 st separata system energisystem med en solcellsanläggning per byggnad. Inga batterilager inkluderas.
- Scenario 3:** Gemensamhetsabonnemang, IMD samt 4 st solcellsanläggningar och 1 st batterilager som alla är sammankopplade i ett gemensamt mikronät som sammanbinder byggnaderna.

2 BAKGRUND

2.1 EGENANVÄNDNING, SJÄLVFÖRSÖRJNING OCH LÖNSAMHET

Från en solcellsanläggning som har en marknadsmässig kostnad är kostnaden för att producera solel lägre än kostnaden för att köpa el från elhandlare. Innebörden är att det i många fall kan vara lönsamt att investera i en solcellsanläggning om den dimensioneras för byggnadens elbehov och inte enbart efter platsmässiga förutsättningar som t.ex. takyta. Kostnaden för att producera solel är ofta högre än den ersättning som erhålls för att sälja solel till elnätet. Ur ett lönsamhetsperspektiv är det därför viktigt att använda så mycket som möjligt av den producerade solelen direkt i den egna byggnaden (innanför anslutningspunkten till det allmänna elnätet). Egenanvändningen och egenanvändningsgraden är därför viktiga parametrar att förehålla sig till vid dimensionering av solcellsanläggningar för att anläggningen ska bli ekonomisk lönsam.

Egenanvänd solel är den el som kan användas direkt i den egna byggnaden och som inte behöver matas ut på nätet till försäljning. Egenanvändningsgraden uttrycks i procent och visar hur stor andel av den producerade solelen som används direkt i byggnaden. Självförsörjandegraden visar hur stor andel

av byggnadens elanvändning som kan täckas med den producerade solen, och uttrycks också i procent.

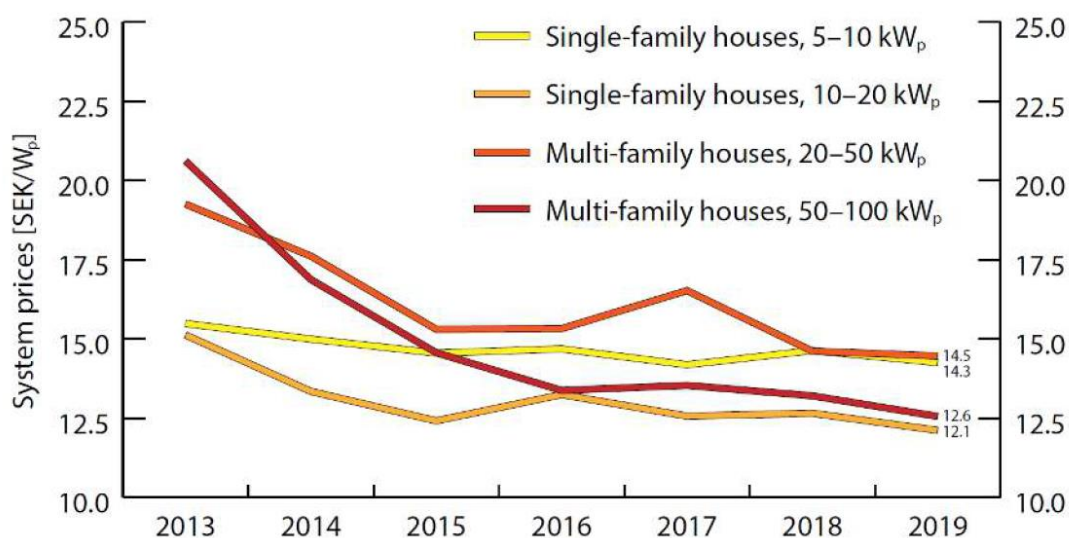
Dimensionering av en solcellsanläggning är en balans mellan förutsättningar (såsom taktytor) och elbehov (elanvändning). Med en hög egenanvändningsgrad säkerställs möjligheter för en lönsam solcellsanläggning. I denna förstudie har solcellsanläggningar dimensionerats till att ha en egenanvändningsgrad mellan 75–100 %, beroende på scenario.

Om solcellsanläggningar dimensioneras för att nå 100 % egenanvändningsgrad i en byggnad med relativt lågt elbehov erhålls en relativt liten solcellsanläggning med relativt liten solelproduktionen i absoluta tal. Då installation av större solcellsanläggningar generellt sett är mer kostnadseffektiva, är små solcellanläggningar ofta mindre lönsamma.

2.2 KOSTNADER FÖR SOLCELLER

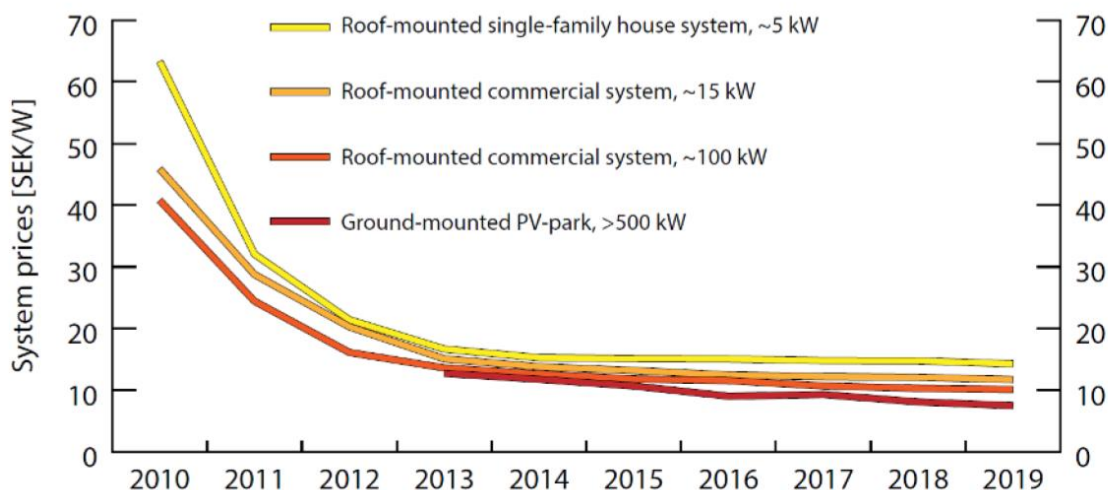
Kostnaden för att investera i en solcellsanläggning har sjunkit kraftigt under de senaste åren. Dock har investeringskostnaden för solcellsanläggningar börjat stabiliseras, vilket framgår av figur 1 och 2 nedan. Det beror troligtvis på att produktionskostnaden för solceller har nått en kostnadsnivå som är accepterad av marknaden och samtidigt har god täckning av tillverkningskostnaderna.

Investeringskostnaden för en solcellsanläggning varierar beroende på hur stor anläggningen är samt andra faktorer som exempelvis infästning. Generellt finns vissa ekonomiska skalbarhets faktorer vilket innebär – ju större anläggning, desto lägre kostnad per installerad effekt. Den svenska statistiken¹ redovisar en genomsnittlig anläggningskostnad på cirka 14 500 kr/kW (exkl. moms för en anläggning omkring 20 kW installerad effekt. För BRF Kungsfågeln fall används en investeringskostnad 13 000 – 14 000 kr/kW beroende på scenario. Då arbetet skall samordnas med takomläggning kan vissa kostnader besparas, såsom kostnad för byggställning och taksäkerhetsutrustning. Investeringskostnaden varierar i de olika scenarierna beroende på den föreslagna solcellsanläggningens storlek – generellt erhålls en något lägre systemkostnad, i kr/kW, vid köp av en större mängd solceller.



Figur 1: Medelpriser för nyckelfärdiga solcellsanläggningar för bostadshus. Statistiken är hämtat från databas för utbetalat investeringsstöd.

¹ Lindahl, J. et al. 2019



Figur 2: Medelpriser för nyckelfärdiga solcellsanläggningar. Statistiken är hämtad från svenska solcellsentreprenörer.

2.3 LÖNSAMHETSBERÄKNING

Bedömning av solcellsanläggningens lönsamhet över livslängden görs med hjälp av nuvärdesmetoden i en livscykelkostnadskalkyl (LCC-kalkyl). LCC-kalkyl har utförts med beräkningsverktyget "Investeringskalkyl för solceller" som tagits fram av Mälardalens högskola tillsammans med Stockholms stad och finansierats av Energimyndigheten.² Med hjälp av beräkningsverktyget kan investeringskostnad, återbetalningstid och nuvärde för solcellsanläggningar bestämmas. Även produktionskostnad per kWh solel beräknas med hjälp av verktyget, som så kallad "Levelized Cost of Energy" (LCOE). LCOE beräknas genom att summera alla kostnader under anläggningens livslängd och dividera den med summerad solelproduktionen under livslängden. Värdet på LCOE blir en snittkostnad för solel i kr/kWh och kan jämföras med priset på el som köps från elnätet, vilket ger en uppfattning om anläggningens lönsamhet.

2.4 BATTERIANVÄNDNING I BYGGADER

Stationära batterilager används idag i byggnader främst som reservkraft vid elavbrott eller nödsituation. Batterilager används inom industrifastigheter, datahallar och annan kritisk kommunikationsinfrastruktur som reservkraft för att säkerställa kontinuerlig drift eller nöddrift. I takt med ökad utbyggnad av solcellsanläggningar och prisreduktion av batteriteknik har marknaden för stationära batterilager vuxit och har börjat användas i andra typer av tillämpningar.

Batterilager har flera användningsområden:

- Spara mer solel - lagra överskottsel för att använda vid ett senare tillfälle och minska mängden köpt el ytterligare.
- Reducera höga effekttoppar i uttaget från elnätet – använd lagrad el från batterilagret när effektbehovet är som högst för att minska nätkostnader.
- Stödja elbilsaddning – använda lagrad el för att möjliggöra mer och snabbare laddning av elbilar när behovet är som högst, utan att öka effektuttaget och elkostnader från elnätet.
- Kostnadsoptimera inköp av el från elnätet – köp el och ladda batterilager när det är billigt och använda lagrad el från batterilagret när elpriset är som högst.
- Säkerhet och Redundans - vid strömbrott säkrar batterilagret att el finns tillgänglig.

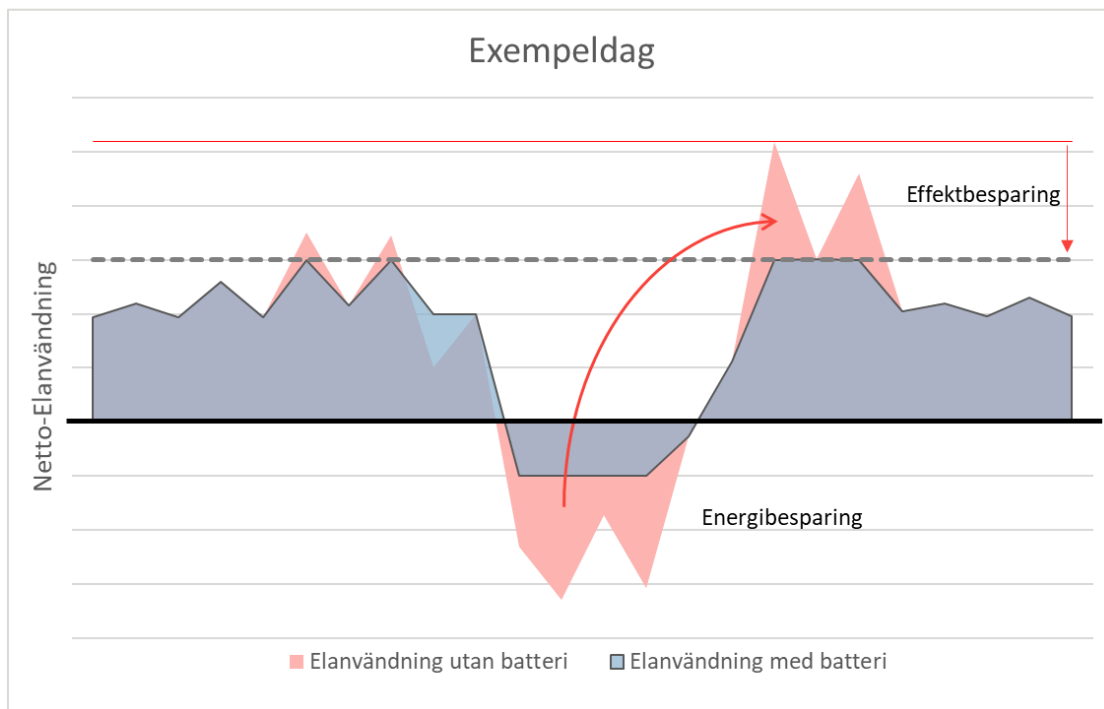
² Investeringskalkyl för solceller <http://www.mdh.se/forskning/inriktningar/framtidens->

- Nättjänster - I en snar framtid finns möjligheten att tjäna pengar genom att bli en flexibel elanvändare / elabonnent och sälja el till nätägare då det råder effektbrist i det allmänna elnätet.

Sammantaget kan batterilagret bidra till ett ökat oberoende och säkerhet mot förändringar på energimarknaden. Batterilagret kan styras med olika strategier för att uppnå olika funktioner. Ju fler användningsområden som ett batterilager har desto bättre lönsamhet och resursnyttjande. Det främsta användningsområdet för batterilagret i flerbostadshus är att sänka höga effekttoppar i uttaget från elnätet och spara överskott av solceller till tillfällen då elbehov finns.

För god driftsekonomi bör batterilagret laddas ur när elanvändningen är hög och överskrider en viss förutbestämd effektnivå. Därmed kapas effekttoppen i uttaget från elnätet. Batterilagret laddas med överskottsel från solcellsanläggningen. Batterilagret kan även laddas med el från nätet. Batterilagret laddas när övrigt elbehov är lågt (ex nattetid) för att kunna laddas ur senare när elanvändning är hög.

I nedan figur visas en exempeldag för en byggnad med solceller utan och med ett batterilager. I detta exempel laddas batterilagret med solcellsoverskott dagtid och laddar ur när elbehovet i byggnaden är som högst, vilket bidrar till att sänka effekttoppar och jämna ut elanvändningen över tid i uttaget från elnätet.



Figur 3: Exempeldag som visar elanvändning för en byggnad med solceller, samt fallen med eller utan batterilager. Negativ elanvändning innebär att byggnaden har ett överskott av el som säljs ut till det allmänna elnätet.

Batterilagret, liksom solceller, har genomgått en snabb kostnadsreduktion de senaste åren vilket framförallt har drivits av elektrifiering av fordon. I takt med fortsatt teknikutveckling samt att marknaden för stationära batterilagret växer och etableras förväntas fortsatt kostnadsreduktion det kommande årtiondet.

Studier som undersöker användning av batterilagret i bebyggelsen visar att styrningen av batterierna är helt avgörande för lönsamheten. En nyligen publicerad utvärdering av batterier i flerbostadshus³ visade att bristfällig styrning kan leda till ökade energiförluster vilket helt slår ut värdet av att lagra solcellsoverskott.

³ Lagring och styrning av solcellsanläggningar och batterier, Familjebostäder.
<https://www.bebostad.se/projekt/teknikutvecklingsprojekt>

2.5 GEMENSAMHETSABONNEMANG OCH UNDERMÄTNING AV EL

Ett alternativ som gör solceller mer intressant är om solelen kan användas av de boende för hushållselen. De flesta flerbostadshus i Sverige (så även BRF Kungsfågeln) har separata elnätsanslutningar för fastigheten, vilken betjänar gemensam utrustning såsom ventilation, hissar allmän belysning och gemenas tvättstugor. Var och en av lägenheterna har oftast en egen elnätsanslutning och eget elhandelsavtal. I detta fall är det vanligt att el från solcellsanläggningen går till fastighetselen, och att eventuellt överproduktion av solel säljs till en elhandlare, till låg ersättning. Lägenhetsinnehavare kan i detta fall inte använda den producerade solelen direkt i lägenheterna.

Den lokalt producerade solelen skulle kunna användas direkt i lägenheterna om byggnaderna övergår till en gemensam elnätsanslutning för varje byggnad, där både fastighetsel och samtliga lägenheter ingår i ett gemensamt elabonnemang per byggnad bakom en anslutningspunkt till elnätet. Elkostnader fördelas genom individuell mätning och debitering av el (IMD).

Införande av gemensamhetsabonnemang kräver investeringar och ingrepp i byggnaden. Säkringsnivån på byggnadens elnätsanslutning och byggnadens elnätsavtal behöver ses över och troligtvis bytas. Fastighetens och lägenheternas befintliga elmätare tillhör elnätsägaren och tas därför bort. Nya elmätare för lägenheterna och fastighetselen installeras, samt en lokal uppkopplad datorenhet för insamling av mätdata. Det finns leverantörer som erbjuder IMD som en tjänst där de ansvarar för att samla in data om elanvändning och fakturera lägenhetsinnehavare.

Införande av gemensamhetsabonnemang har även nackdelar såsom minskat inflytande på val av elhandelsavtal för de boende samt eventuell inskränkning på de boendes rättigheter gällandeskadestånd vid elavbrott och kontroll av elmätare vid misstanke om funktionsfel. Dessa aspekter bör beaktas i beslutsprocessen och bör regleras i bostadsrättsföreningens stadgar eller liknande.

Införande av gemensamhetsabonnemang har använts i Scenario 2 och 3. Riksbyggen har bistått med en kostnadsuppskattning för införande av gemensamhetsabonnemang och IMD enligt nedan tabell:

Kostnadsuppskattning IMD	
Total Investeringskostnad	384 000 kr
Årlig besparing (inkl. driftskostnader)	108 930 kr

I scenario 2 har kostnaderna och besparingarna från IMD delats upp och fördelats på varje byggnad baserat på antal lägenheter.

2.6 LOKALA MIKRONÄT I BEBYGGELSEN

I takt med att utbyggnaden av solcellsanläggningar på svenska byggnader har ökat, har även intresset vuxit för möjligheten att kunna maximera egenanvändningen av egenproducerad solel genom att distribuera den mellan näraliggande byggnader via egenägda lokala elnät, så kallade mikronät. Det ekonomiska incitamentet för ökad egenanvändning av solel är så starkt att det för många fall kan vara lönsamt att konstruera ett eget mikronät för distribution mellan näraliggande byggnader.

Den främsta nyttan med ett mikronät är att solelöverskott från en byggnad kan delas till en annan byggnad som har underskott av el, vilket ökar den totala egenanvändningen av solel. Ett typiskt exempel kan bestå av en fastighet med två byggnadskroppar, där den ena har goda takförutsättningar för solelproduktion men ett lågt elbehov, medan den andra har dåliga takförutsättningar men ett högt elbehov. Genom att sammanbinda de två byggnadskropparna i ett mikronät kan solel produceras på den byggnad förutsättningarna är goda och skickas till den andra byggnaden som har elbehov.

Under rådande juridiska förutsättningar är det inte tillåtet att installera mikronät inom fastigheter vars syfte är att distribuera egenproducerad solceller mellan flerbostadshus. I en utredning från Infrastrukturdepartementet vid namn *Moderna tillståndprocesser för elnät*⁴ presenteras författningsförslag vilket skulle tillåta konstruktion av mikronät med syfte att förbättra förutsättningarna för att producera solceller för eget bruk. Därför är det av intresse att undersöka värdet av att konstruera ett mikronät även för BRF Kungsfågeln, och om möjligt installera ett system som skulle kunna kompletteras med mikronät i framtiden när de juridiska förutsättningarna eventuellt har förändrats.

3 FÖRUTSÄTTNINGAR

I detta avsnitt presenteras översiktlig information kring byggnadens förutsättningar samt statistik över byggnadens elanvändning.

3.1 BYGGNADERNAS FÖRUTSÄTTNINGAR

Fastigheten Kungsfågeln 7 på Kungsfågelgatan i Västerås är en bostadsfastighet som består av fyra byggnadskroppar med totalt 96 st lägenheter. En satellitbild över fastigheten visas i figur nedan.



Figur 4: Översiktsbild av fastigheten Kungsfågeln 7 och de 4 byggnadskropparna.

Taket konstruktionen utgörs av takstolar i trä och taket är belagt med plåt. Bostadsrättsföreningen planerar att lägga om taket till takpapp. Om solceller ska installeras kommer det samordnas med takomläggningen.

Byggnaderna har takytor i flera väderstreck däribland syd/sydöst och nord/nordväst samt väst/sydväst, öst/nordöst. Den mest optimala riktningen för att maximera produktion av solceller över året är rakt mot söder med ca 40 graders vinkel mot horisontalplanet. Från ett lönsamhetsperspektiv är det inte alltid optimalt att maximera elproduktion över året, utan solcellsanläggningen skall dimensioneras så att solcellproduktionen matchar elbehovet.

⁴ <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2019/06/sou-201930/>

Byggnaderna bedöms ha flera taktytor som är lämpliga för installation av solceller. Tillgängliga taktytor beskrivs i mer detalj i avsnitt 2.3. Takets konstruktion och bärighet bör kontrolleras innan upphandling och installation av solceller.

3.2 ELANVÄNDNING

I detta avsnitt presenteras byggnadernas uppmätta användning av fastighetsel samt det beräknade elbehovet i hushållen och de planerade laddplatserna för elfordon.

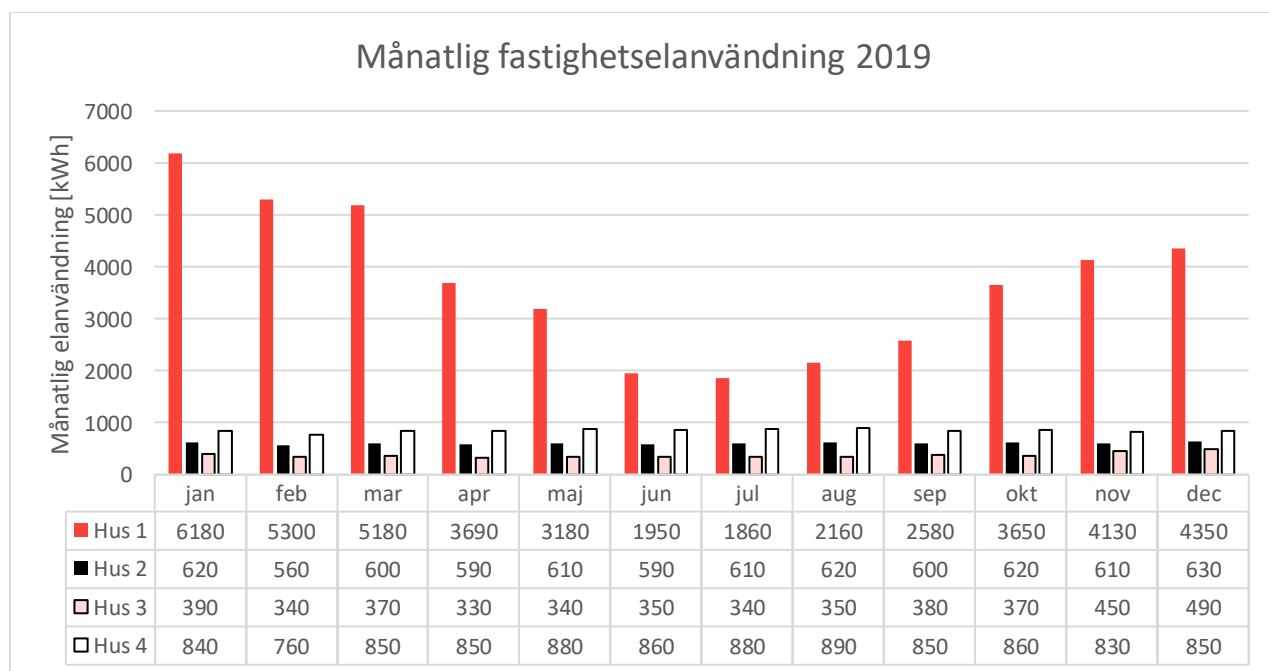
3.2.1 Fastighetsel

Fastigheten har totalt fyra stycken anslutningspunkter till det allmänna elnätet som avser fastighetsel (en per huskropp) enligt Tabell 1: Kungsfågelns 4 anslutningspunkter till elnätet och Figur 5 nedan.

Tabell 1: Kungsfågelns 4 anslutningspunkter till elnätet.

Adress	Byggnad	Anläggnings-ID	Elnätsabonnemang	Total el-användning 2019 [kWh]
Kungsfågelgatan 57–61	1	735999137000220803	Effekt	44 205
Kungsfågelgatan 65–73	2	735999137000217537	Säkring, 16 A	7 265
Kungsfågelgatan 75–83	3	735999137000217438	Säkring, 25 A	4 485
Kungsfågelgatan 77–85	4	735999137000216974	Säkring, 16 A	10 204

Mätvärden för elanvändning har hämtats från Mälarenergis webbportal med tillåtelse av BRF Kungsfågeln. För de byggnader som har säkringsabonnemang (byggnad 2, 3 och 4) visar Mälarenergi månadsvis mätdata som minsta tidsskala. För de byggnaderna finns alltså ingen timvisa mätvärden vilket påverkar tillförlitligheten i beräkningarna. För byggnaderna 2, 3 och 4 sprids elanvändningen ut jämt över året.



Figur 5: Månadsvis elanvändning under 2019

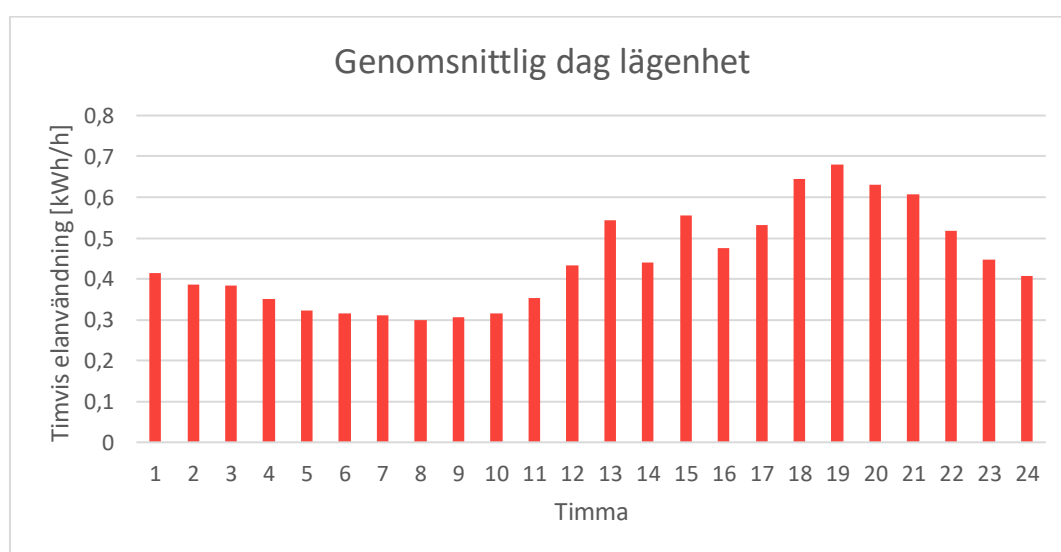
I Hus 1 finns bostadsrättsföreningens gemensamma tvättstuga, vilket förklarar varför den har betydligt högre elanvändning än de övriga husen. Från elcentralen i Hus 1 förses även parkeringsplatsens motorvärmarruttag. Det säsongsvisa mönstret förklaras delvis av motorvärmare och varierande belysningsbehov.

I hus 2, 3 och 4 är elanvändning jämn över året vilket förväntas i ett flerbostadshus av denna typ.

3.2.2 Beräknad hushållsel

I de Scenarier där gemensamhetsabonnemang och IMD undersöks skall solelen även betjäna elanvändningen i lägenheterna. Uppmätt elanvändning är inte tillgänglig för lägenheterna i BRF Kungsfågeln, varför en elanvändningsprofil har tagits fram.

Det genomsnittliga elbehovet för en lägenhet i BRF Kungsfågeln antas vara 3 000 kWh per år. Den årliga elanvändningen har spridits ut över årets alla timmar baserat uppmätt elanvändning från likvärdigt flerbostadshus.



Figur 6: Genomsnittlig dag för den beräknade elanvändningen i en lägenhet.

3.2.3 Beräknad elbilsladdning

BRF Kungsfågeln planerar på att installera laddpunkter för att kunna erbjuda boende möjlighet att ladda sina elbilar. Därför inkluderas här ett beräknat dagligt elbehov för laddning av elbilar.

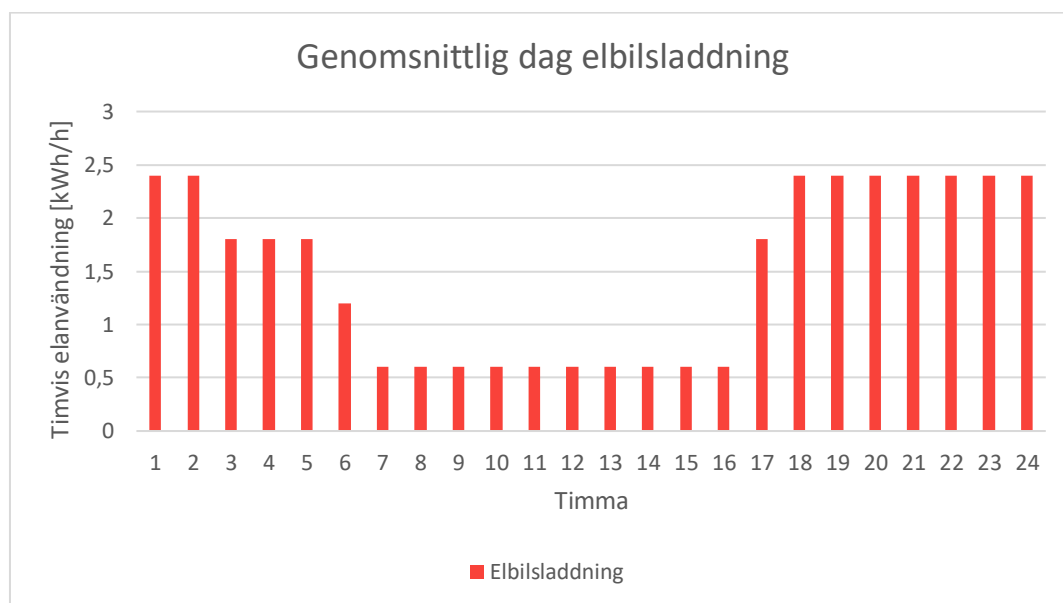
Då fastigheten består av flerbostadshus antas laddpunkterna nyttjas framförallt under kvälls- och nattetid när de flesta boende är hemma och inte använder sin elbil. Under dagtid antas boende vara på arbetsplats och/eller utföra andra ärenden.

Det uppskattade laddbehovet baseras på statistik över genomsnittlig daglig körsträcka för personbilar samt genomsnittlig energianvändning i vanligt förekommande elbilsmodeller.

Tabell 2: Indata för beräkning av laddpunkternas elanvändning

Parameter	Värde	Enhet
Antal laddpunkter	6	st
Märkeffekt	3,7	kW
Dagligt energibehov per laddpunkt	6	kWh

En beräkning av laddpunkternas timvisa elbehov för en genomsnittlig dag har beräknats med värden i Tabell 2. Laddpunkternas beräknade dagliga användning av el presenteras i Figur 7 nedan.



Figur 7: Genomsnittlig daglig användning av el för laddning av elbilar.

Enligt denna beräkning skulle installation av elbilsaddning medföra en ökning av den genomsnittliga dagliga elanvändningen med 36 kWh, och en ökning av den årliga elanvändningen med nästan 13 200 kWh.

3.3 ELKOSTNADER

Elpriset är en av de parametrar som har störst påverkan på solcellsanläggningens lönsamt och en av de som är svårast att påverka som fastighetsägare. Med installation av solcellsanläggning kan fastighetsägaren sänka den rörliga delen av elkostnaderna, då en mindre mängd el behöver köpas in. Ett batterilager kan påverka de fasta och rörliga kostnaderna, då en mindre mängd el behöver köpas in och effektprofilen förändras. Hur batterilager bidrar till kostnadsreduktion beror mycket på hur de styrs, som beskrivet i avsnitt 2.4 ovan.

BRF Kungsfågeln är belägen Västerås där Mälarenergi är elnätsägare och som elhandlare har bostadsrättsföreningen valt Mälarenergi. Elkostnaderna redovisas i tabeller nedan. Alla priser är exklusive moms.

BRF Kungsfågeln har ett fast elhandelsavtal hos Mälarenergi, där elen har ursprung från vattenkraft.

Tabell 3: Elkostnadsstruktur hos elhandlare.

Kostnadspost	Kostnad	Enhet
Fast avgift	28	kr/mån
Fast elpris	0,42	kr/kWh

De fyra byggnaderna har varsin anslutningspunkt till elnätet och totalt finns tre olika typer av elnätsavtal; Effektabonnemang, Säkringsabonnemang 16 A och Säkringsabonnemang 25 A. Kostnader för elnätsabonnemang redovisas i Tabell 4: Elkostnadsstruktur för elnätsabonnemang hos elnätsägaren nedan.

Tabell 4: Elkostnadsstruktur för elnätsabonnemang hos elnätsägare.

Kostnadspost	16 A	25 A	Effekt	Enhet
Fast avgift	176	272	477	kr/mån
Månadseffektavgift	-	-	60	kr/kW
Elöverföringsavgift	0,18	0,18	0,05	kr/kWh

- **Effektavgift** – Månadseffektavgift multipliceras med den högsta utnyttjad timeffekt (kWh/h) under aktuell månad. Alla åtgärder som sänker det högsta effektuttaget, sänker därmed även elkostnaden med 60 kr/kW,mån.
- **Elöverföringsavgiften** – Överföringsavgiften betalas för varje använd kilowattimme el, för nyttjande av elnätet.
- **Energiskatt** – Energiskatten betalas för varje använd kilowattimme el. Kostnaden medföljer på faktura från elnätsägaren.

Sammantaget blir de rörliga kostnaderna 1,20 kr/kWh inkl. energiskatt och moms

I scenario 2 och 3 antas Hus 2, 3 och 4 övergå till effektabonnemang.

3.4 TILLGÄNGLIGA YTOR

Byggnaderna har flera takytor som är lämpliga för installation av solceller. Takyterna är uppmätta på tak- och fasadritningar samt via satellitbilder. Figur nedan illustrerar alla lämpliga takytor.



Figur 8: Tillgängliga takytor. Ytor markerade i mörkgrönt anses mest lämpliga för installation av solceller.

De takytor som är gulmarkerade anses lämpliga för installation av solceller på för deras orientering och riktning av taklutning.

Tabell 5: Tillgängliga takytor för solceller inom fastigheten Kungsfågeln 7.

Adress	Byggnad	Uppmätt takyta [m ²]	Lutning [°]	Orientering [°]
Kungsfågelgatan 57–61	1	255 m ² (49x5,2m)	13°	158 (S/SO)
Kungsfågelgatan 65–73	2	265 m ² (46x5,8m)	13°	248 (V/SV)
Kungsfågelgatan 75–83	3	265 m ² (46x5,8m)	13°	248 (V/SV)
Kungsfågelgatan 77–85	4	265 m ² (46x5,8m)	13°	248 (V/SV)

Vid installation av solcellsmoduler på taken måste det lämnas avstånd till andra tak installationer, såsom takstege, gångbrygga, ventilationsutsläpp och andra takgenomföringar. Avstånd måste även lämnas mellan solcellsmoduler och takavslut för att ge plats åt snörasskydd och ansamling av snö, med säkerhetsmarginal. Därför kan inte hela takytorna användas.

Uppskattningsvis finns det plats för ca 540 m² solcellsmoduler om alla identifierade ytor används. Detta motsvarar en total topp effekt på ca 105 kWp.

3.5 MONTERING OCH PLACERING AV SOLCELLER

På platta tak är det rekommenderat att luta upp solcellsmodulerna med ca 10 – 15 grader från taket och rikta dem i en sydlig riktning, alternativt öst- och västlig riktning. Eftersom takytorna i BRF Kungsfågeln är låglutande i en sydlig riktning rekommenderas installation av solcellsmoduler i takets lutning.

Om möjligt bör man, i samband med takomläggning, se över placering av takstegar och gångbroar. Det skulle vara fördelaktigt att flytta takstegar för att lämna sammanhängande takytor för installation av solcellsmoduler då detta skulle underlätta projekterings-, installationsarbete och eventuellt underhållsarbete, vilket kan sänka kostnaderna.

Krav på modulplacering, vinkling och infästningar bör krävas i ramhandling vid upphandling.

3.6 BYGGLOV

Enligt Boverket kan solcellsanläggningar vara bygglovspflichtiga inom detaljplanerat område om anläggningen innebär att byggnaden får ett nytt utseende, fasadbeklädnad eller taktäckningsmaterial. Dock finns det undantag från kravet om bygglov, solceller är i vissa fall bygglovsbefriade även om de medför att byggnadens yttre utseende påverkas. Följande kriterier ska då vara uppfyllda för undantag från kravet om bygglov⁵:

- de ska monteras utanpå en byggnads fasadbeklädnad eller taktäckningsmaterial
- de ska följa byggnadens form
- de får inte monteras på byggnader eller inom bebyggelseområden som är särskilt värdefulla
- de får inte monteras inom eller i anslutning till områden som är av riksintresse för totalförsvaret
- att solcellsanläggningen inte kräver bygglov enligt den detaljplan som gäller för området

⁵ <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/nyheter-pa-pbl-kunskapsbanken/sol/> (2019-09-24)

Sammanfattningsvis krävs i många fall inget bygglov för solcellsanläggningar, men det är rekommendation att kontakta kommunens stadsarkitektavdelning för att ta reda på vad som gäller för just den specifika byggnaden.

För Kungsfågeln rekommenderas solcellsmodulerna installeras i takets lutning vilket innebär att de följer takets form och att bygglov troligtvis inte krävs. Det bör säkerställas att byggnaden inte finns i ett område med detaljplan eller områdesbestämmelser där det står att bygglov krävs.

4 SCENARIO 1

I scenario 1 undersöks potentialen och värdet av att installera *en* solcellsanläggning och *ett* batterilager enbart i Hus 1 (Kungsfågelgatan 57–61). De andra byggnadskropparna har en så pass lågt elbehov att det inte bedöms som lönt att installera solceller på dem.

4.1 HUS 1

I detta avsnitt presenteras resultatet för Hus 1 i Scenario 1.

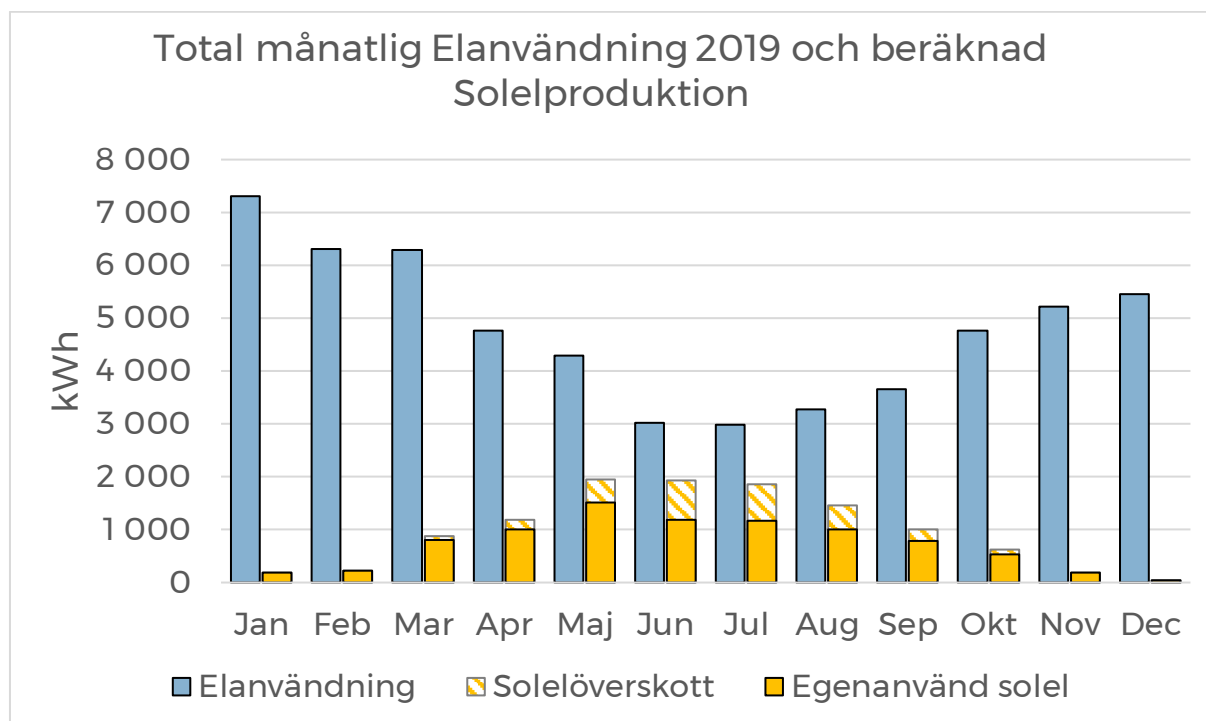
4.1.1 Solcellsanläggningen

Beräknad soletproduktion

I detta avsnitt presenteras hur solcellsanläggningen har dimensionerats utifrån de förutsättningar och riktlinjer som presenteras i föregående avsnitt. Solcellsanläggningen är dimensionerad för att nyttja tillgängliga takytor och samtidigt betjäna byggnadens faktiska elbehov. I detta fall är det byggnadens elbehov som begränsar anläggningsstorleken. Den föreslagna solcellanläggningen kräver inte en stor andel av den totala tillgänglig takytan vilket ger en hög nivå av frihet vid detaljprojektering av solcellsmodulernas placering på taket.

Utifrån byggnadens elbehov och tillgängliga takytor har solcellsanläggningen dimensionerats till 13 kW. Den beräknade soletproduktionen och egenanvändningen visas i Figur 9 nedan.

Värden i figuren är beräknade med timvis data och summerade månadsvis. Även om den totala elanvändningen under en månad är högre än den totala månatliga soletproduktionen, kan soletproduktionen överskrida elbehovet under dagtid.



Figur 9: Uppmått elanvändning samt beräknad soletproduktion och egenanvändning i Scenario 1.

Resultatet i figuren är beräknade med timvisa värden och summerade månadsvis för presentation av resultat. Solcellsanläggningens nyckeltal presenteras i Tabell 6: nedan.

Tabell 6: Resultat för solcellsanläggning i Scenario 1.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	13	kW
Årlig Solelproduktion	11 500	kWh/år
Energiprestanda	890	kWh/kW,år
Egenanvänd solel	8 600	kWh/år
Solel till elnätet (överproduktion)	2 900	kWh/år
Egenanvändningsgrad	75	%
Självförsörjningsgrad	15	%

Energiprestanda beräknas genom att dela årlig solelproduktion (kWh/år) på den installerade effekten (kW) och är alltså ett mått på hur väl solcellsanläggningen nyttjas. En optimalt orienterad solcellsanläggning kan i Sverige producera ca 1000–1100 kWh/kW,år.

Lönsamhetsbedömning

I detta avsnitt presenteras solcellsanläggningens beräknade lönsamhet. Kalkylperioden är 30 och inkluderar även driftskostnader och reinvestering för utbyte av växelriktare efter 15 år. Samtliga inparametrar till lönsamhetskalkylen finns i bilagor.

Solcellsanläggningens lönsamhet har beräknats för tre olika fall; Inget statligt investeringsstöd erhålls, med investeringsstöd motsvarande 10 %, samt ett fall där med investeringsstöd och skattereduktion erhålls för de första fem åren. Resultatet från lönsamhetsberäkningen av en solcellsanläggning på 12 kW med investeringskostnaden 182 000 kr (utan stöd) visas i Tabell 7 nedan.

Tabell 7: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningen i Scenario 1.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	182 000	164 000	164 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	9 300	9 300	11 000	kr
Produktionskostnad, LCOE	1,05	0,97	0,98	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	18 000	36 000	44 000	kr
Diskonterad återbetalningstid	27	24	22	år
Internränta, IRR	2,4	3,3	3,7	%

En diskonterad återbetalningstid på över 20 år är relativt lång, även för en solcellsanläggning. För detta fall är det den låga egenanvändningsgraden (75 %) som försämrar lönsamheten.

4.1.2 Batterianvändning

Batterianvändning

Batterilager kan drivas för att uppfylla flera olika nyttor som beskrivet i avsnitt 2.4 ovan. I simuleringen av batterianvändning har framförallt två användningsområden undersökts; spara och nyttja överskottsel och sänka höga effektoppar. Baserat på solcellsanläggningens överproduktion av solel och byggnadens effektprofil har ett batterilager dimensionerats till 15 kWh energilagringskapacitet och 12 kW effektkapacitet.

I Tabell 8 har värdet av fyra olika användningsområden kvantifierats. Dock anses bara två (spara solel och sänka effekttoppar) bedömas vara möjliga för BRF Kungsfågeln i nutid. Eftersom BRF Kungsfågeln har elhandelsavtal med fast pris finns ingen möjlighet att köpa el när det är billigt för att använda när det är dyrt. Det ekonomiska värdet av att optimera de rörliga elkostnaderna är dock relativt litet eftersom elmarknadspriser är relativt stabila i Sverige. Batterilager kan även användas för att bistå med stödtjänster till elnätsägare, där batterilagrets effektkapacitet under vissa tider kan nyttjas av elnätsägare, mot en ersättning som betalas till batteriägaren. Det finns idag ingen väletablerad marknad för batteriägare att sälja effektkapacitet, utan den är under utveckling. Därför inkluderas inte det värdet i lönsamhetsberäkningen.

Tabell 8: Resultat av batterisimulering och beräknade besparingar i Scenario 1.

Användningsområde	Möjlig kapacitet	Möjligt värde	Faktiskt värde
Ökad användning av solel	1 800 kWh/år	1 300 kr/år	1 300 kr/år
Reducera effekttoppar	7,2 kW/mån	5 200 kr/år	5 200 kr/år
Elkostnadsoptimering	7 kWh/dag	400 kr/år	0 kr/år
Stödtjänster – frekvensreglering	6 kW/h	1 000 kr/år	0 kr/år
Summa		7 900 kr/år	6 500 kr/år

Enligt batterisimuleringen kan batterilagret spara 1 800 kWh solel per år och sänka månadens högsta effekttopp med 7,2 kW i snitt. Detta ger en ekonomisk besparing på 6 500 kr/år.

Lönsamhetsbedömning

Tabell 9: Lönsamhetsberäkning för batteriet i Scenario 1.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	130 000	117 000	kr
Besparing år 1	6 500	6 500	kr
Diskonterad återbetalningstid	>20	>20	år

Stationära batterilager bedöms ha en teknisk livslängd på 10 år. För detta fall återbetalar sig inte batterilagret inom den tekniska livslängden. Under antaganden i denna förstudie behöver inköpspriset för batterilagret halveras eller besparingarna dubblas för att batterilagret skall återbetalas inom den tekniska livslängden.

4.2 SAMMANFATTNING SCENARIO 1

I Tabell 10 nedan presenteras de sammanlagda investeringarna och besparingar från beräkningarna ovan.

Tabell 10: Sammanslagna kostnader och besparingar för Scenario 1.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	168 000	151 000	kr
Investeringskostnad batteri	130 000	117 000	kr
Årlig besparing	15 800	15 800	kr/år
Diskonterad återbetalningstid	26	23	år

5 SCENARIO 2.2

I Scenario 2.2 utvärderas möjligheterna för solceller för samtliga fyra byggnader, under förutsättning att de skulle övergå till gemensamhetsabonnemang och undermätning av el (IMD). En solcellsanläggning har dimensionerats och utvärderats för varje byggnad. Varje byggnad antas i detta scenario ha varsitt effektabonnemang som då inkluderar både fastighetsel och hushållsel.

Beräkning av soletproduktion har gjorts för varje byggnad enligt samma metodik som i Scenario 1. Totala investeringskostnader och besparingar har beräknats för solcellsanläggningen och gemensamhetsabonnemang med IMD. Totala kostnader och besparingar har sammanställts för varje byggnad under respektive rubrik, samt för alla 4 byggnader i Scenario 2.2 under rubrik 5.5.

Under respektive rubrik HUS 1–4 presenteras därför enbart beräkningsresultat för respektive byggnad med korta kommentarer. En sammanställning av Scenario 2.2 finns under rubrik 5.5.

5.1 HUS 1

I detta avsnitt presenteras resultatet för Hus 1 i Scenario 2.2.

5.1.1 Solcellsanläggningen

Beräknad soletproduktion

Jämfört med Scenario 1 har en något mindre solcellanläggning dimensionerats för Hus 1, eftersom den är dimensionerad för att nå en högre egenanvändningsgrad (ca 100 %).

Tabell 11: Resultat för solcellsanläggning på Hus 1 i Scenario 2.2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	11	kW
Årlig Soletproduktion	9 800	kWh/år
Energiprestanda	890	kWh/kW,år
Egenanvänd solet	9 500	kWh/år
Solet till elnätet	200	kWh/år
Egenanvändningsgrad	98	%
Självförsörjningsgrad	9	%

Lönsamhetsbedömning

Tabell 12: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningen på Hus 1 i Scenario 2.2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	154 000	139 000	139 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	10 500	10 500	10 500	kr
Produktionskostnad, LCOE	0,98	0,89	0,89	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	70 000	86 000	86 000	kr
Diskonterad återbetalningstid	19	17	17	år
Internränta, IRR	4,9	5,9	5,9	%

Skattereduktion har ingen inverkan då solcellsanläggningen har en hög egenanvändningsgrad och enbart ca 200 kWh el exporteras till elnätet årligen.

5.1.2 Totala kostnader Hus 1

I nedan tabell har samtliga kostnader och besparingar för Hus 1 sammanställts.

Tabell 13: Sammanställning av totala kostnader och besparingar för Hus 1 i Scenario 2.2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	154 000	139 000	kr
Investeringskostnad IMD	72 000	72 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	30 900	30 900	kr/år
Rak återbetalningstid	8	7	år
Diskonterad återbetalningstid	8	8	år

Den totala investeringen har alltså en diskonterad återbetalningstid på 8 år, med investeringsstöd. Om investeringen i IMD studeras enskilt har den en rak återbetalningstid på 3,5 år, vilket gör den mer lönsam än både solcellsanläggningen enskilt. Man kan se det som att investeringen i IMD bär investeringen i solceller och batterilager.

5.2 HUS 2

I detta avsnitt presenteras resultatet för Hus 2 i Scenario 2.2.

5.2.1 Solcellsanläggningen

Beräknad solelproduktion

Baserat på användning av fastighetsel och hushållsel i Hus 2 har en solcellsanläggning med 10 kW installerad effekt dimensionerats.

Tabell 14: Resultat för solcellsanläggning på Hus 2 i Scenario 2.2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	10	kW
Årlig Solelproduktion	7 900	kWh/år
Energiprestanda	790	kWh/kW,år
Egenanvänd solel	7 800	kWh/år
Solel till elnätet	100	kWh/år
Egenanvändningsgrad	98	%
Självförsörjningsgrad	10	%

Lönsamhetsbedömning

Tabell 15: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningen på Hus 2 i Scenario 2.2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	140 000	126 000	126 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	8 000	8 000	8 500	kr
Produktionskostnad, LCOE	1,11	1,02	1,02	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	36 500	50 500	51 000	kr
Diskonterad återbetalningstid	23	20	20	år
Internränta, IRR	3,6	4,5	4,5	%

Skattereduktion har ingen inverkan då solcellsanläggningen har en hög egenanvändningsgrad och enbart ca 100 kWh el exporteras till elnätet årligen.

5.2.2 Totala kostnader Hus 2

I nedan tabell har samtliga kostnader och besparingar för Hus 2 sammanställts.

Tabell 16: Sammanställning av totala kostnader och besparingar för Hus 2 i Scenario 2.2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	140 000	126 000	kr
Investeringskostnad IMD	96 000	96 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	35 000	35 000	kr/år
Rak återbetalningstid	7	7	år
Diskonterad återbetalningstid	8	7	år

Den totala investeringen har alltså en diskonterad återbetalningstid på 7 år, med investeringsstöd. Om investeringen i IMD studeras enskilt har den en rak återbetalningstid på 3,5 år, vilket gör den mer lönsam än solcellsanläggningen enskilt. Man kan se det som att investeringen i IMD bär investeringen i solceller och batterilager.

5.3 HUS 3

I detta avsnitt presenteras resultatet för Hus 3 i Scenario 2.2.

5.3.1 Solcellsanläggningen

Beräknad solelproduktion

Baserat på användning av fastighetsel och hushållsel i Hus 3 har en solcellsanläggning med 10 kW installerad effekt dimensionerats.

Tabell 17: Resultat för solcellsanläggning på Hus 3 i Scenario 2.2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	10	kW
Årlig Solelproduktion	7 900	kWh/år
Energiprestanda	790	kWh/kW,år
Egenanvänd solel	7 800	kWh/år
Solel till elnätet	100	kWh/år
Egenanvändningsgrad	98	%
Självförsörjningsgrad	9	%

Lönsamhetsbedömning

Tabell 18: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningen på Hus 3 i Scenario 2.2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	140 000	126 000	126 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	8 000	8 000	8 500	kr
Produktionskostnad, LCOE	1,11	1,02	1,02	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	36 500	50 500	51 000	kr
Diskonterad återbetalningstid	23	20	20	år
Internränta, IRR	3,6	4,5	4,5	%

Skattereduktion har ingen inverkan då solcellsanläggningen har en hög egenanvändningsgrad och enbart ca 100 kWh el exporteras till elnätet årligen.

5.3.2 Totala kostnader Hus 3

I nedan tabell har samtliga kostnader och besparingar för Hus 3 sammanställts.

Tabell 19: Sammanställning av totala kostnader och besparingar för Hus 3 i Scenario 2.2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	140 000	126 000	kr
Investeringskostnad IMD	108 000	108 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	39 000	39 000	kr/år
Rak återbetalningstid	7	7	år
Diskonterad återbetalningstid	7	7	år

Den totala investeringen har alltså en diskonterad återbetalningstid på 7 år, med investeringsstöd. Om investeringen i IMD studeras enskilt har den en rak återbetalningstid på 3,5 år, vilket gör den mer lönsam än solcellsanläggningen enskilt. Man kan se det som att investeringen i IMD bär investeringen i solceller.

5.4 HUS 4

I detta avsnitt presenteras resultatet för Hus 4 i Scenario 2.2.

5.4.1 Solcellsanläggningen

Beräknad solelproduktion

Baserat på användning av fastighetsel och hushållsel i Hus 2 har en solcellsanläggning med 12 kW installerad effekt dimensionerats.

Tabell 20: Resultat för solcellsanläggning på Hus 4 i Scenario 2.2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	12	kW
Årlig Solelproduktion	9 500	kWh/år
Energiprestanda	790	kWh/kW,år
Egenanvänd solel	9 300	kWh/år
Solel till elnätet	200	kWh/år
Egenanvändningsgrad	98	%
Självförsörjningsgrad	10	%

Lönsamhetsbedömning

Tabell 21: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningen på Hus 4 i Scenario 2.2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	168 000	151 000	151 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	10 000	10 000	10 000	kr
Produktionskostnad, LCOE	1,09	1,00	1,00	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	47 500	65 000	65 000	kr
Diskonterad återbetalningstid	22	20	20	år
Internränta, IRR	3,8	4,7	4,7	%

Skattereduktion har ingen inverkan då solcellsanläggningen har en hög egenanvändningsgrad och enbart ca 200 kWh el exporteras till elnätet årligen.

5.4.2 Totala kostnader Hus 4

I nedan tabell har samtliga kostnader och besparingar för Hus 4 sammanställts.

Tabell 22: Sammanställning av totala kostnader och besparingar för Hus 4 i Scenario 2.2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	168 000	151 000	kr
Investeringskostnad IMD	108 000	108 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	40 500	40 500	kr/år
Rak återbetalningstid	7	7	år
Diskonterad återbetalningstid	8	7	år

Den totala investeringen har alltså en diskonterad återbetalningstid på 7 år, med investeringsstöd. Om investeringen i IMD studeras enskilt har den en rak återbetalningstid på 3,5 år, vilket gör den mer lönsam än solcellsanläggningen enskilt. Man kan se det som att investeringen i IMD bär investeringen i solceller och batterilager.

5.5 SAMMANFATTNING SCENARIO 2.2

I detta avsnitt sammanställs total mängd installerad teknik, investeringskostnader och besparingar för alla fyra byggnaderna i Scenario 2.2.

5.5.1 Total Solelproduktion

Tabell 23: Totala resultat för solcells anläggningar i Scenario 2.2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	43	kW
Årlig Solelproduktion	35 000	kWh/år
Energiprestanda	820	kWh/kW,år
Egenanvänd solel	34 400	kWh/år
Solel till elnätet	600	kWh/år
Egenanvändningsgrad	98	%
Självförsörjningsgrad	9	%

5.5.2 Totala kostnader

Tabell 24: Totala kostnader och besparingar i Scenario 2.2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	602 000	542 000	kr
Investeringskostnad IMD	384 000	384 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	145 000	145 000	kr/år
Rak återbetalningstid	7	7	år
Diskonterad återbetalningstid	8	7	år

6 SCENARIO 3

I Scenario 3 gäller liknande förutsättningar som i Scenario 2. I samtliga byggnader har man övergått till gemensamhetsabonnemang och undermätning av el (IMD). Varje byggnad antas i detta scenario ha varsitt effektabonnemang som då inkluderar både fastighetsel och hushållsel. En solcellsanläggning installeras på var och en av hustaken, enligt samma dimensioner som i Scenario 2 för varje byggnad.

I Scenario 3 undersöks värdet av att installera ett likströmsnät som sammankopplar alla byggnader, vilket möjliggör delning av el mellan byggnader. I likströmsnätet installeras även ett centralt batterilager som kan nyttjas av hela likströmsnätet, alltså alla fyra byggnader.

Beräkning av solelproduktion har gjorts för varje byggnad enligt samma metodik som i Scenario 1 och 2. Totala investeringskostnader och besparingar har beräknats för solcellsanläggningen, batterilager, likströmsnätet och gemensamhetsabonnemang med IMD. Totala kostnader och besparingar för Scenario 3 har sammanställts under rubrik 6.2.

6.1 HUS 1, 2, 3 OCH 4

I detta avsnitt presenteras resultatet för samtliga byggnader i Scenario 3.

6.1.1 Solcellsanläggningar

Beräknad solelproduktion

I detta Scenario placeras en solcellsanläggning på varje tak enligt samma metodik och dimensioner som i Scenario 2.

Tabell 25: Resultat för samtliga solcellsanläggningar i Scenario 3.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	71	kW
Årlig Solelproduktion	58 000	kWh/år
Energiprestanda	820	kWh/kW,år
Egenanvänd solel	52 400	kWh/år
Solel till elnätet	5 600	kWh/år
Egenanvändningsgrad	90	%
Självförsörjningsgrad	14	%

Nyttan med ett likströmsnät är solelöverskott från en byggnad kan delas till en annan byggnad som har underskott av el, vilket ökar den totala egenanvändningen. Jämfört med Scenario 2 har egenanvändningen ökat något. Egenanvändningsgraden har ökat med en procentenhet, vilket motsvarar 900 kWh/år som används inom byggnaderna istället för att matas ut på nätet. I detta fallet är den ökade egenanvändningen relativt liten.

Lönsamhetsbedömning

I detta avsnitt beräknas lönsamheten för solcellsanläggningarna. Investeringskostnaden inkluderar i detta fall kostnad för utbyggnad av mikronätet, inklusive material, installationsarbete och markarbete. Den tillkommande kostnaden för mikronätet har beräknats till 200 000 kr. Resultatet från lönsamhetsberäkningen av fyra solcellsanläggningar med en total effekt på 71 kW med investeringskostnaden 1 140 000 kr (utan stöd) visas i Tabell 26 Tabell 7 nedan.

Tabell 26: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningarna med mikronät i Scenario 3.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	1 140 000	1 020 000	1 020 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	60 000	60 000	63 000	kr
Produktionskostnad, LCOE	1,15	1,04	1,04	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	145 000	260 000	275 000	kr
Diskonterad återbetalningstid	26	23	22	år
Internränta, IRR	2,8	3,6	3,8	%

Mikronätet bidrar inte till någon betydande besparing. Mer solceller används lokalt, men den ökade besparingen kompenseras inte för den ökade kostnaden av mikronätet.

6.1.2 Batterianvändning

Batterianvändning

I simuleringen av batterianvändning har framförallt två användningsområden undersökts; spara överskottsel och sänka höga effekttoppar. Baserat på överskott av solceller i mikronätet samt byggnadernas sammanlagda effektprofil har ett batterilager dimensionerats till 25 kWh energikapacitet och 24 kW effektkapacitet.

Tabell 27: Resultat av batterisimulering och beräknade besparingar i Scenario 3.

Användningsområde	Möjlig kapacitet	Möjligt värde	Faktiskt värde
Ökad användning av solceller	2 400 kWh/år	1 700 kr/år	1 700 kr/år
Reducera effekttoppar	11,5 kW/mån	8 300 kr/år	8 300 kr/år
Elkostnadsoptimering	15 kWh/dag	900 kr/år	0 kr/år
Stödtjänster – frekvensreglering	12 kW/h	2 000 kr/år	0 kr/år
Summa		12 900 kr/år	10 000 kr/år

I detta fall har ett batterilager med en energikapacitet på 25 kWh, åstadkommit en besparing på 10 000 kr/år. Jämfört med Scenario 2 där 68 kWh batterilager krävdes för att åstadkomma en besparing på 18 500 kr/år. Batterilagret i mikronätet gör alltså mer nytta per installerad lagringskapacitet, jämfört de fyra enskilda batterilagren.

Lönsamhetsbedömning

Tabell 28: Lönsamhetsberäkning för batteriet i Scenario 3.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	215 000	194 000	kr
Besparing år 1	10 000	10 000	kr
Diskonterad återbetalningstid	>20	>20	år

Stationära batterilagrar bedöms ha en teknisk livslängd på 10 år. För detta fall återbetalar sig inte batterilagret inom den tekniska livslängden.

6.2 SAMMANFATTNING SCENARIO 3

I Tabell 29 nedan presenteras de sammanlagda investeringarna och besparingar från beräkningarna ovan.

Tabell 29: Sammanslagna kostnader och besparingar för Scenario 3.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	1 140 000	1 020 000	kr
Investeringskostnad batteri	215 000	194 000	kr
Investeringskostnad IMD	384 000	384 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	179 000	179 000	kr/år
Rak återbetalningstid	10	9	år
Diskonterad återbetalningstid	11	10	år

Utan batterilager är den raka återbetalningstiden beräknad till 9 år, utan stöd

7 REKOMMENDATIONER OCH SLUTSATSER

Det finns möjlighet att dimensionera många olika typer av systemlösningar för byggnaderna inom BRF Kungsfågeln. I denna förstudie har 4 st olika scenarier undersökts, vilka har baserat på byggnadernas behov och förutsättningar samt samtal med BRF Kungsfågeln.

- Scenario 1:** En solcellsanläggning och ett batterilager i en av byggnaderna.
- Scenario 2:** Gemensamhetsabonnemang, IMD, 4 st separata energisystem med en solcellsanläggning och ett batterilager per byggnad.
- Scenario 2.2:** Gemensamhetsabonnemang, IMD, 4 st separata system energisystem med en solcellsanläggning per byggnad. Inga batterilager inkluderas.
- Scenario 3:** Gemensamhetsabonnemang, IMD samt 4 st solcellsanläggningar och 1 st batterilager som alla är sammankopplade i ett gemensamt mikronät som sammanbinder byggnaderna.

Efter analys i denna förstudie har det visat sig att batterilager inte bedöms som lönsam med givna förutsättningar för något av ovan beskrivna scenarion 1–3, varför batterilager inte behöver undersökas närmare i närtid.

I Scenario 1 installeras en solcellsanläggning (13 kW) på den byggnad som har störst elanvändning. Trots att anläggningen är mindre, erhålls ett solelöverskott vilket bidrar till en relativt lång återbetalningstid (22 år). Solcellsanläggningens effekt skulle eventuellt kunna reduceras, till likvärdig eller bättre lönsamhet. Om ännu fler laddpunkter installeras i framtiden kan solelöverskottet användas till att ladda de tillkommande elfordonen

Resultaten i Scenario 2 och Scenario 2.2 visar att kombinationen med solcellsanläggning och gemensamhetsabonnemang med undermätning av el (IMD) kan bidra till en lönsam investering. Gemensamhetsabonnemang bidrar till ett högre elbehov som betjänas av solcellsanläggningen vilket ger en högre egenanvändning av solel.

Från resultaten i Scenario 3 framgår det att sammankoppling av byggnaderna i ett mikronät inte ger någon betydande ökad nytta. Den tillkommande kostnaden för mikronätet är större än den erhållna besparingen från ökad egenanvändning av solel.

Om bostadsrättsföreningen vill installera solceller bör man ordentligt överväga alternativet att övergå till gemensamhetsabonnemang och IMD. Genom att installera en solcellsanläggning på varje byggnad har BRF Kungsfågeln gjort en långsiktigt god investering, samtidigt som man har förberett för att eventuellt komplettera med mikronät och/eller batterilager när det anses lämpligt.

8 BILAGOR

8.1 BIDRAG OCH INKOMSTMÖJLIGHETER

Det finns olika ekonomiska bidrag som kan erhållas för att uppföra solcellsanläggningar och även olika incitament som kan motivera sådana investeringar. I detta avsnitt beskrivs kortfattat dessa stödsystem och möjliga incitament.

Investeringsstöd

I dagsläget finns det möjlighet att få statligt investeringsstöd på upp till 1,2 Mkr vid installation av en solcellsanläggning. Såväl företag och offentliga organisationer är stödberättigade. Investeringsbidraget för solceller motsvarar 10 % av investeringskostnaden, dock maximalt 1,2 miljoner kronor. Ansökan av investeringsbidrag görs hos Länsstyrelsen.

Skattereduktion

Den 1 januari 2015 infördes ett system för skattereduktion för anläggningsägare som matar in solel till elnätet. Detta upplägg innebär att en anläggningsägare per anslutningspunkt med en säkring på max 100 A har möjlighet att få 60 öre/kWh i skattereduktion för all el som matas in till elnätet, dock max 18 000 kr/år.⁶

Elcertifikatsystemet

För att stimulera utbyggnad av förnybara energikällor finns i Sverige en marknad för elcertifikat. Ett elcertifikat tilldelas för varje MWh el som produceras från en förnybar källa. Värdet av elcertifikat har under de senaste åren sjunkit kraftigt och är nära noll. Riksdagen beslutat om stoppregel för elcertifikatsystemet som i praktiken innebär en avveckling. Inga nya anläggningar godkänns efter den 31 december 2021. I kalkylen räknas inget värde från elcertifikat.

Ursprungsgarantier

Ursprungsgarantier är elektroniska handlingar för att garantera ursprunget på el. Ursprungsgarantier utfärdas för alla typer av elproduktion och kan köpas och säljas på en öppen marknad som omfattar elproducenter och elleverantörer.

⁶ <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/vilka-stod-och-intakter-kan-jag-fa/fordjupning-om-lopande-intakter/> (2019-10-02)

8.2 INDATA LÖNSAMHETSKALKYL

Tabell 30 nedan visar indata till lönsamhetskalkylen.

Tabell 30: Indata till lönsamhetskalkyl

Parameter	Värde	Enhet
Elpris	1,20	kr/kWh
Värde såld el	0,30	kr/kWh
Kalkylperiod	30	år
Kalkylränta	3,0	%
Investeringskostnad nyckelfärdig solcellsanläggning	13 000–14 000	kr/kW
Investeringsstöd	10	%
Bygglov	0	kr
Årlig drift- och underhållskostnad (oavsett anläggningsstorlek)	4 000	kr/år
Byte av växelriktare år 15	1 500	kr/kW
Antal år med skattereduktion	5	år
Årlig el- och effektprisökning (reell)	1	%/år
Årlig degradering av solelproduktion	0,3	%/år
Investeringskostnad batterilager	8 000 – 9 000	kr/kWh
Cykelverkningsgrad i batterilager (round-trip efficiency)	90	%
Teknisk livslängd batterilager	10	år

8.3 SCENARIO 2 (MED BATTERIER)

I Scenario 2 utvärderas möjligheterna för solceller och batterilager för samtliga fyra byggnader, under förutsättning att de skulle övergå till gemensamhetsabonnemang och undermätning av el (IMD). En solcellsanläggning och ett batterilager har dimensionerats och utvärderats för varje byggnad. Varje byggnad antas i detta scenario ha varsitt effektabonnemang som då inkluderar både fastighetsel och hushållsel.

Beräkning av solelproduktion och simulering av batterilager har gjorts för varje byggnad enligt samma metodik som i Scenario 1. Totala investeringskostnader och besparingar har beräknats för solcellsanläggningen, batterilager och gemensamhetsabonnemang med IMD. Totala kostnader och besparingar har sammanställts för varje byggnad under respektive rubrik, samt för alla 4 byggnader i Scenario 2 under rubrik 8.3.5. Under respektive rubrik HUS 1–4 presenteras därför enbart beräkningsresultat för respektive byggnad med korta kommentarer. En sammanställning av Scenario 2 finns under rubrik 8.3.5.

8.3.1 Hus 1

I detta avsnitt presenteras resultatet för Hus 1 i Scenario 2.

Solcellsanläggningen

Beräknad solelproduktion

Jämfört med Scenario 1 har en något större solcellsanläggning dimensionerats för Hus 1, eftersom den kan betjäna ett större elbehov.

Tabell 31: Resultat för solcellsanläggning på Hus 1 i Scenario 2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	19	kW
Årlig Solelproduktion	16 800	kWh/år
Energiprestanda	890	kWh/kW,år
Egenanvänd solel	14 900	kWh/år
Solel till elnätet	1 900	kWh/år
Egenanvändningsgrad	89	%
Självförsörjningsgrad	13	%

Lönsamhetsbedömning

Tabell 32: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningen på Hus 1 i Scenario 2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	247 000	222 000	222 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	17 600	17 600	18 500	kr
Produktionskostnad, LCOE	0,87	0,80	0,80	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	129 000	154 000	159 000	kr
Diskonterad återbetalningstid	18	16	16	år
Internränta, IRR	5,4	6,4	6,6	%

Batterianvändning

Batterianvändning

För Hus 1 har ett batterilager dimensionerats till 23 kWh energikapacitet och 12 kW effektkapacitet.

Tabell 33: Resultat av batterisimulering och beräknade besparingar i Hus 1 i Scenario 2.

Användningsområde	Möjlig kapacitet	Möjligt värde	Faktiskt värde
Ökad användning av solel	1 600kWh/år	1 100 kr/år	1 100 kr/år
Reducera effekttoppar	8,9 kW/mån	6 400kr/år	6 400 kr/år
Elkostnadsoptimering	15 kWh/dag	900 kr/år	0 kr/år
Stödtjänster – frekvensreglering	10 kW/h	1 800 kr/år	0 kr/år
Summa		10 200 kr/år	7 500 kr/år

Lönsamhetsbedömning

Tabell 34: Lönsamhetsberäkning för batteriet i Hus 1 i Scenario 1.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	210 000	186 000	kr
Besparing år 1	7 500	7 500	kr
Diskonterad återbetalningstid	>20	>20	år

För detta fall återbetalar sig inte batterilagret inom den tekniska livslängden.

Totala kostnader Hus 1

I nedan tabell har samtliga kostnader och besparingar för Hus 1 sammanställts.

Tabell 35: Sammanställning av totala kostnader och besparingar för Hus 1 i Scenario 2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	247 000	222 000	kr
Investeringskostnad batteri	210 000	186 000	kr
Investeringskostnad IMD	72 000	72 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	45 500	45 500	kr/år
Rak återbetalningstid	12	11	år
Diskonterad återbetalningstid	14	12	år

Den totala investeringen har alltså en diskonterad återbetalningstid på 12 år, med investeringsstöd. Om investeringen i IMD studeras enskilt har den en rak återbetalningstid på 3,5 år, vilket gör den mer lönsam än både solcellsanläggningen och batterilagret enskilt. Man kan se det som att investeringen i IMD bär investeringen i solceller och batterilager.

Utan batterilager är den raka återbetalningstiden beräknad till 8 år, utan investeringsstöd.

8.3.2 Hus 2

I detta avsnitt presenteras resultatet för Hus 2 i Scenario 2.

Solcellsanläggningen

Beräknad soletproduktion

Baserat på användning av fastighetsel och hushållsel i Hus 2 har en solcellsanläggning med 16 kW installerad effekt dimensionerats.

Tabell 36: Resultat för solcellsanläggning på Hus 2 i Scenario 2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	16	kW
Årlig Solelproduktion	12 600	kWh/år
Energiprestanda	790	kWh/kW,år
Egenanvänd solet	11 200	kWh/år
Solet till elnätet	1 400	kWh/år
Egenanvändningsgrad	89	%
Självförsörjningsgrad	14	%

Lönsamhetsbedömning

Tabell 37: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningen på Hus 2 i Scenario 2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	208 000	187 000	187 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	12 800	12 800	13 600	kr
Produktionskostnad, LCOE	1,00	0,91	0,91	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	65 000	85 800	89 500	kr
Diskonterad återbetalningstid	22	19	19	år
Internränta, IRR	4,0	4,9	5,1	%

Batterianvändning

Batterianvändning

För Hus 2 har ett batterilager dimensionerats till 15 kWh energikapacitet och 12 kW effektkapacitet.

Tabell 38: Resultat av batterisimulering och beräknade besparingar i Hus 2 i Scenario 2.

Användningsområde	Möjlig kapacitet	Möjligt värde	Faktiskt värde
Ökad användning av solet	1 100 kWh/år	800 kr/år	800 kr/år
Reducera effekttoppar	4,0 kW/mån	2 800 kr/år	2 800 kr/år
Elkostnadsoptimering	10 kWh/dag	500 kr/år	0 kr/år
Stödtjänster – frekvensreglering	6 kW/h	1 000 kr/år	0 kr/år
Summa		5 100 kr/år	3 600 kr/år

Lönsamhetsbedömning

Tabell 39: Lönsamhetsberäkning för batteriet i Hus 2 i Scenario 1.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	130 000	117 000	kr
Besparing år 1	3 600	3 600	kr
Diskonterad återbetalningstid	>20	>20	år

För detta fall återbetalar sig inte batterilagret inom den tekniska livslängden.

Totala kostnader Hus 2

I nedan tabell har samtliga kostnader och besparingar för Hus 2 sammanställts.

Tabell 40: Sammanställning av totala kostnader och besparingar för Hus 2 i Scenario 2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	208 000	187 000	kr
Investeringskostnad batteri	130 000	117 000	kr
Investeringskostnad IMD	96 000	96 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	43 400	43 400	kr/år
Rak återbetalningstid	10	9	år
Diskonterad återbetalningstid	12	11	år

Den totala investeringen har alltså en diskonterad återbetalningstid på 11 år, med investeringsstöd. Om investeringen i IMD studeras enskilt har den en rak återbetalningstid på 3,5 år, vilket gör den mer lönsam än både solcellsanläggningen och batterilagret enskilt. Man kan se det som att investeringen i IMD bär investeringen i solceller och batterilagret.

Utan batterilagret är den raka återbetalningstiden beräknad till 8 år, utan investeringsstöd.

8.3.3 Hus 3

I detta avsnitt presenteras resultatet för Hus 3 i Scenario 2.

Solcellsanläggningen

Beräknad soletproduktion

Baserat på användning av fastighetsel och hushållsel i Hus 3 har en solcellsanläggning med 17 kW installerad effekt dimensionerats.

Tabell 41: Resultat för solcellsanläggning på Hus 3 i Scenario 2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	17	kW
Årlig Solelproduktion	13 400	kWh/år
Energiprestanda	790	kWh/kW,år
Egenanvänd solet	11 900	kWh/år
Solet till elnätet	1 500	kWh/år
Egenanvändningsgrad	89	%
Självförsörjningsgrad	14	%

Lönsamhetsbedömning

Tabell 42: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningen på Hus 3 i Scenario 2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	221 000	199 000	199 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	13 500	13 500	14 500	kr
Produktionskostnad, LCOE	0,99	0,91	0,91	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	70 000	92 500	96 400	kr
Diskonterad återbetalningstid	22	19	19	år
Internränta, IRR	4,1	5,0	5,1	%

Batterianvändning

Batterianvändning

För Hus 3 har ett batterilager dimensionerats till 15 kWh energikapacitet och 12 kW effektkapacitet.

Tabell 43: Resultat av batterisimulering och beräknade besparingar i Hus 3 i Scenario 2.

Användningsområde	Möjlig kapacitet	Möjligt värde	Faktiskt värde
Ökad användning av solet	1 100kWh/år	800 kr/år	800 kr/år
Reducera effektoppar	4,2 kW/mån	2 800 kr/år	2 800 kr/år
Elkostnadsoptimering	10 kWh/dag	500 kr/år	0 kr/år
Stödtjänster – frekvensreglering	6 kW/h	1 000 kr/år	0 kr/år
Summa		5 100 kr/år	3 600 kr/år

Lönsamhetsbedömning

Tabell 44: Lönsamhetsberäkning för batteriet i Hus 3 i Scenario 1.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	130 000	117 000	kr
Besparing år 1	3 600	3 600	kr
Diskonterad återbetalningstid	>20	>20	år

För detta fall återbetalar sig inte batterilagret inom den tekniska livslängden.

Totala kostnader Hus 3

I nedan tabell har samtliga kostnader och besparingar för Hus 3 sammanställts.

Tabell 45: Sammanställning av totala kostnader och besparingar för Hus 3 i Scenario 2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	221 000	199 000	kr
Investeringskostnad batteri	130 000	117 000	kr
Investeringskostnad IMD	108 000	108 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	47 700	47 700	kr/år
Rak återbetalningstid	10	9	år
Diskonterad återbetalningstid	11	10	år

Den totala investeringen har alltså en diskonterad återbetalningstid på 10 år, med investeringsstöd. Om investeringen i IMD studeras enskilt har den en rak återbetalningstid på 3,5 år, vilket gör den mer lönsam än både solcellsanläggningen och batterilagret enskilt. Man kan se det som att investeringen i IMD bär investeringen i solceller och batterilager.

Utan batterilager är den raka återbetalningstiden beräknad till 8 år, utan investeringsstöd.

8.3.4 Hus 4

I detta avsnitt presenteras resultatet för Hus 4 i Scenario 2.

Solcellsanläggningen

Beräknad soletproduktion

Baserat på användning av fastighetsel och hushållsel i Hus 2 har en solcellsanläggning med 19 kW installerad effekt dimensionerats.

Tabell 46: Resultat för solcellsanläggning på Hus 4 i Scenario 2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	19	kW
Årlig Solelproduktion	15 000	kWh/år
Energiprestanda	790	kWh/kW,år
Egenanvänd solet	13 300	kWh/år
Solet till elnätet	1 700	kWh/år
Egenanvändningsgrad	88	%
Självförsörjningsgrad	15	%

Lönsamhetsbedömning

Tabell 47: Resultat av lönsamhetsberäkning för solcellsanläggningen på Hus 4 i Scenario 2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Med stöd och skattereduktion	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	247 000	222 000	222 000	kr
Besparing år 1 (inkl. driftskostnad)	15 500	15 500	16 500	kr
Produktionskostnad, LCOE	0,98	0,89	0,89	kr/kWh
Nettonuvärde år 30	78 000	103 000	108 000	kr
Diskonterad återbetalningstid	22	19	19	år
Internränta, IRR	4,0	5,0	5,2	%

Batterianvändning

Batterianvändning

För Hus 4 har ett batterilager dimensionerats till 15 kWh energikapacitet och 12 kW effektkapacitet.

Tabell 48: Resultat av batterisimulering och beräknade besparingar i Hus 4 i Scenario 2.

Användningsområde	Möjlig kapacitet	Möjligt värde	Faktiskt värde
Ökad användning av solet	1 200kWh/år	800 kr/år	800 kr/år
Reducera effekttoppar	4,2 kW/mån	3 000 kr/år	3 000 kr/år
Elkostnadsoptimering	10 kWh/dag	500 kr/år	0 kr/år
Stödtjänster – frekvensreglering	6 kW/h	1 000 kr/år	0 kr/år
Summa		5 300 kr/år	3 800 kr/år

Lönsamhetsbedömning

Tabell 49: Lönsamhetsberäkning för batteriet i Hus 4 i Scenario 1.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad (ex moms)	130 000	117 000	kr
Besparing år 1	3 800	3 800	kr
Diskonterad återbetalningstid	>20	>20	år

För detta fall återbetalar sig inte batterilagret inom den tekniska livslängden.

Totala kostnader Hus 4

I nedan tabell har samtliga kostnader och besparingar för Hus 4 sammanställts.

Tabell 50: Sammanställning av totala kostnader och besparingar för Hus 4 i Scenario 2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	247 000	222 000	kr
Investeringskostnad batteri	130 000	117 000	kr
Investeringskostnad IMD	108 000	108 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	50 000	50 000	kr/år
Rak återbetalningstid	10	9	år
Diskonterad återbetalningstid	11	10	år

Den totala investeringen har alltså en diskonterad återbetalningstid på 10 år, med investeringsstöd. Om investeringen i IMD studeras enskilt har den en rak återbetalningstid på 3,5 år, vilket gör den mer lönsam än både solcellsanläggningen och batterilagret enskilt. Man kan se det som att investeringen i IMD bär investeringen i solceller och batterilagret.

Utan batterilagret är den raka återbetalningstiden beräknad till 8 år, utan investeringsstöd.

8.3.5 Sammanfattning scenario 2

I detta avsnitt sammanställs total mängd installerad teknik, investeringskostnader och besparingar för alla fyra byggnaderna i Scenario 2.

Total Solelproduktion

Tabell 51: Totala resultat för solcells anläggningar i Scenario 2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad effekt	71	kW
Årlig Solelproduktion	58 000	kWh/år
Energiprestanda	820	kWh/kW,år
Egenanvänd solel	51 500	kWh/år
Solel till elnätet	6 500	kWh/år
Egenanvändningsgrad	89	%
Självförsörjningsgrad	15	%

Total batterianvändning

Tabell 52: Total installerad batterikapacitet och användning i Scenario 2.

Tekniska Nyckeltal	Resultat	Enhet
Installerad energikapacitet	68	kWh
Installerad effektkapacitet	51	kW
Sparad solel	5 000	kWh/år
Reducerade effekttoppar	21	kW/mån

Totala kostnader

Tabell 53: Totala kostnader och besparingar i Scenario 2.

Parameter	Utan stöd	Med stöd	Enhet
Investeringskostnad solceller	923 000	831 000	kr
Investeringskostnad batteri	600 000	540 000	kr
Investeringskostnad IMD	384 000	384 000	kr
Årlig besparing (inkl. drift)	187 000	187 000	kr/år
Rak återbetalningstid	11	10	år
Diskonterad återbetalningstid	12	11	år

Utan batterilager är den raka återbetalningstiden beräknad till 8 år, utan investeringsstöd.

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 49 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 200 medarbetare. wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com

