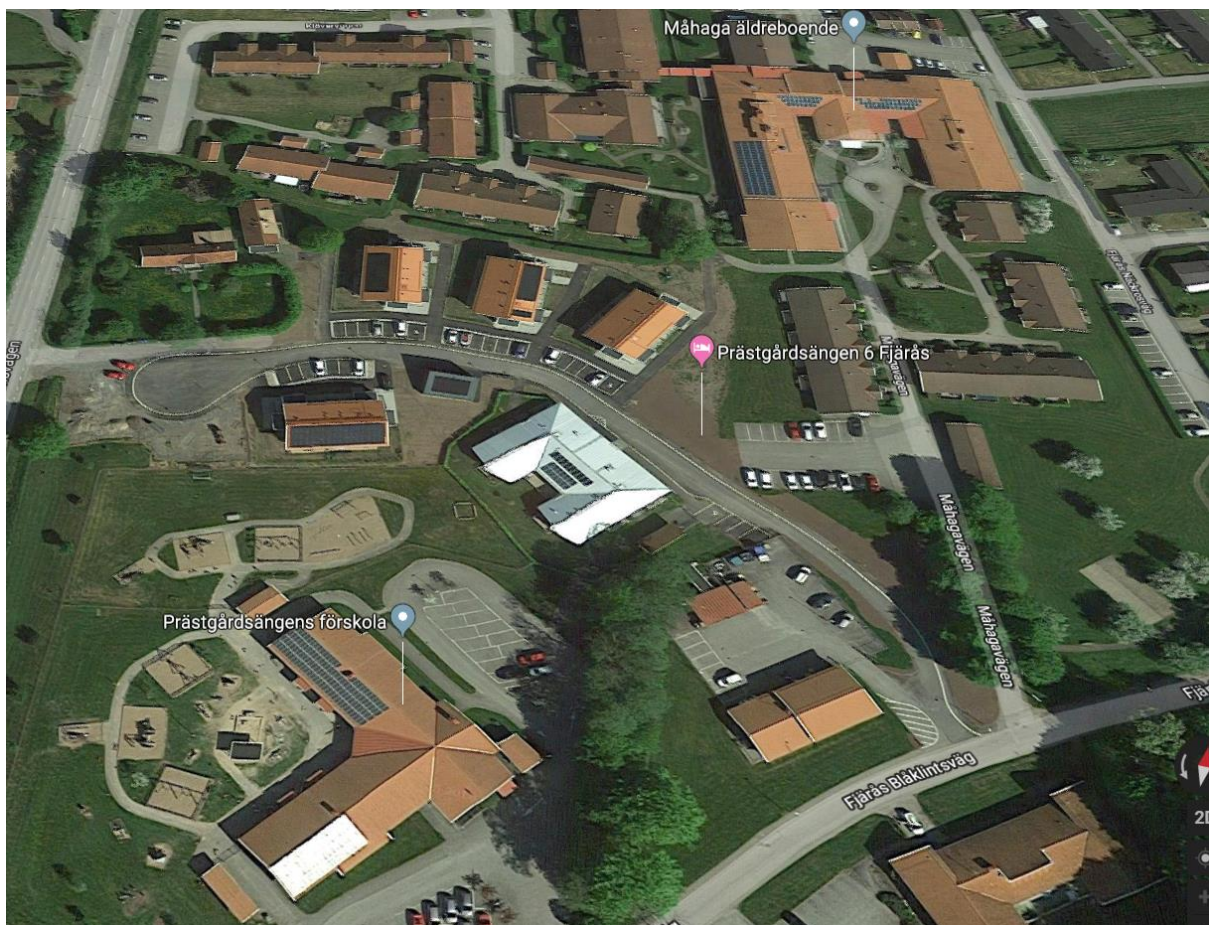


EKSTA BOSTADS AB

UTVECKLING AV HELHETSLÖSNING FÖR SOLEL I BEBYGGGELSEN

PROJEKTRAPPORT

2019-03-25



UTVECKLING AV HELHETSLÖSNING FÖR SOLEL I BEBYGGELSEN

Projektrapport

BESTÄLLARE

Eksta Bostads AB

KONSULT

WSP Sverige AB WSP Sverige AB

Tel: +46 10 7225000

WSP Sverige AB WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wspgroup.se>

FÖRFATTARE

Jens Penttilä, Manuela Stierna och Charlotta Winkler, WSP Sverige AB

KONTAKTPERSONER

Charlotta Winkler

Charlotta.winkler@wsp.com

010-722 52 58

Christer Kilersjö

christer@eksta.se

0300-356 00

Mats Karlström

mats.karlstrom@ferroamp.se

08-684 333 90

Sammanfattning

Med finansiering från Energimyndigheten har Eksta Bostads AB tillsammans med WSP Sverige AB och Ferroamp Elektronik AB drivit detta projekt där teknik och systemlösningar har testats för att maximera lönsamheten och nyttan med solcellsanläggningar i nybyggnation kopplat till befintlig bebyggelse. Projektet grundar sig i att utifrån dagens svenska lagstiftning och elmarknad har den egenanvända solelen, som ersätter köpt el, ett större värde än den solel som säljs till elnätet. Projektets mål har därför varit att utvärdera hur ett mikronät kan bidra till ökad egenanvändning av solel genom att överföra solel mellan byggnader med hjälp av två koncept. Det ena är att utvärdera energianvändning samt solelproduktion från ett installerat mikronätsystem mellan fyra nybyggda flerbostadshus och det andra är att teoretiskt utvidga mikronätet även till fyra närliggande byggnader i Ekstas bestånd (äldreboende, förskola, gruppböende och expedition).

All el som flyttas över det koncessionspliktiga elnätet mellan en fastighetsägares olika byggnader blir belagd med energiskatt, vilket förhindrar lönsamhet i att använda elnätet för överföring av egenproducerad solel. Starkströmsledning får inte anläggas för delning av solel mellan byggnader som tjänar som bostäder enligt Nätkoncessionslagen. Dock finns undantag från koncessionsplikten i vissa fall. För att kunna genomföra detta pilotprojekt har undantagen 22a och 30 från Förordningen (2007:215) tolkats som giltiga för att överföra solel mellan byggnaderna, vilket bekräftats i samtal med elnätägaren.

Utvärderingen av nybyggnationens mikronät baserades på sex månaders mätdata från Ferroamps uppföljningsportal. Mikronätets bidrag till ökad egenanvändning av solel beräknades fram till 3 500 kWh/år vilket motsvarade 18 %-enheter mer egenanvänd solel. Utvärdering av hela områdets teoretiska potential för ökad egenanvändning av solel baserades på alla byggnaders elanvändning samt solelproduktion. Den teoretiska mikronätets bidrag till ökad egenanvändning av solel beräknades fram till 28 000 kWh/år vilket motsvarade 32 %-enheter mer solel som används direkt i området istället för att matas in till elnätet.

Kostnaderna för installation av mikronät för den faktiska installationen resulterat i ett nettonuvärde för hela anläggningen (solcellsanläggningar inklusive mikronät och teknik för styrning) på 105 000 kr och en solelproduktionskostnad på 0,71 kr/kWh. Återbetalningstiden anläggningen utgör 20 år.

Sammanfattningsvis, överföring av solel mellan byggnader med hjälp av ett mikronät bidrar till ökad egenanvändning av solel och kan därmed bidra till att maximera lönsamheten för den producerade solelen. I dagsläget är Nätkoncessionslagen liksom regler kring energiskatt största hindren för en nationell uppskalning av solcellsanläggningar. En utredning kring Nätkoncessionen har påbörjats där reglerna för icke-koncessionspliktiga nät utreds, till vilken detta projekts resultat presenterats. Utredningens resultat kommer presenteras juni 2019.

Summary

This project was financed by the Swedish Energy Agency and was conducted by Eksta Bostads AB in collaboration with WSP Sverige AB and Ferroamp. Due to the Swedish electrical legislation and electricity market the self-consumed solar electricity has a higher economical value compared to the solar electricity delivered to the grid. Therefore, the aim of this project was to perform an optimization on the usage of self-produced solar electricity by transferring the solar electricity surplus between buildings in a microgrid using two demonstration areas. The project first evaluated the solar electricity production and the electricity consumption in an installed microgrid connecting four new apartment buildings. Then, a theoretical expansion of the microgrid to four neighboring buildings (preschool, retirement home, community living and Eksta's expedition) was assessed and its contribution to a more effective solar electricity consumption was analyzed.

According to the Swedish electricity law (1997:857), it is not permitted to transfer electricity between residential buildings. Therefore, if a building generates more solar electricity than consumed or stored, the solar electricity surplus should be delivered into the grid, which reduces the economic value of the investment. The exceptions 22A and 30 from the regulation 2007:215 were used to install a microgrid in this project enabling the transfer of solar electricity between buildings. The usage of these exceptions was confirmed by the grid electricity owner.

The evaluation of the installed microgrid between the residential buildings was based on six-months measurement data from Ferroamps monitoring program. The installed microgrid contributed to an increase of 3 500 kWh solar electricity directly used by the residential buildings instead of delivered to the grid, which corresponded to 18 %-units more self-consumed solar electricity. The theoretical microgrid contribution to an increase of self-consumed solar electricity was calculated to 28 000 kWh/year which corresponded to 32 %-units more solar electricity used by the demonstration area instead of delivered into the grid. The costs for the installed microgrid system resulted in a net value of 105 000 SEK, a solar electricity cost of 0.71 SEK/kWh and a 20 years payback time.

In conclusion, transferring the surplus solar electricity between buildings using a microgrid contributes to an increase of the self-consumed solar electricity which optimizes the profitability of the system. The current Swedish electricity law as well as the energy taxation are main obstacles for a national upscaling of the technology. Consequently, an investigation has begun to evaluate the current exceptions on the Swedish electricity law in which this project's results are presented. The investigation results are going to be presented June 2019.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	7
2. BAKGRUND	7
3. FÖRUTSÄTTNINGAR	9
4. MIKRONÄT	12
5. GENOMFÖRANDE	15
6. STUDERADE BYGGNADER	18
7. RESULTAT	29
8. NATIONELL UPPSKALNING	41
9. DISKUSSION	43
10. SLUTSATSER	44
11. REFERENSER	46
12. BILAGA	47

ORDLISTA

Toppeffekt	Den effekt som solcellsmoduler märks med utifrån test vid tillverkning under så kallade STC-förhållanden. Anges i enheten Wt, alternativt Wp (eng. "peak").
Installerad effekt	Summan av solcellsmodulernas toppeffekt i en solcellsanläggning. Anges i enheten Wt, alternativt Wp (eng. "peak").
Egenanvändning	Den el producerad i en solcellsanläggning under en given tidsperiod används av anläggningens ägare bakom elnätbolagets debiteringsmätare utan att levereras ut på elnätet.
Överskottsproduktion	Då elproduktionen överstiger den momentana elanvändningen i fastigheten råder överskottsproduktion. Överskottet levereras ut på elnätet.
Återbetalningstid	Den tidpunkt då en investerings ackumulerade kassaflöde blir positivt.
Kalkylränta	Den räntesats som i investeringskalkyler används för att uttrycka investerarens avkastningskrav.
Internränta	Den kalkylränta som resulterar i nettonuvärdet noll. För positivt investeringsbeslut bör internräntan överstiga investerarens avkastningskrav.
Laststyrning	När elanvändning förflyttas i tid i syfte att öka matchningen mellan elproduktion och elanvändning.

1. INLEDNING

Denna rapport utgör rapportering av resultat från projektet "Utveckling av helhetslösning för sol i bebyggelsen" och är skriven av WSP Sverige AB på uppdrag av Eksta Bostads AB, som är projektägare. Utöver Eksta Bostads AB är även Ferroamp Elektronik AB projektdeltagare och medfinansiär. Projektet delfinansieras av Energimyndigheten inom ramen av utlysningen *Medel för att integrerat energiaspekter i fysik planering (2016-0037)* vid avdelningen för energieffektivisering, enheten för resurseffektivt samhälle. Projektet beviljades medel 2016-05-31.

2. BAKGRUND

Nationella, regionala och kommunala mål för att energieffektivisera och öka andelen förnybar energi medför utmaningen att ta vara på alla tillgängliga och förnybara energikällor. En del av denna utmaning är att öka effektiviseringen av styrning och reglering av energitillförseln. Exempel på det är att optimera utnyttjandet av egengenererad sol och därmed maximera dess användning inom fastigheter eller områden. Idag kan denna optimering till viss del ske genom att öka den momentana användningen med hjälp av placering av solcellmoduler i olika riktningar, smart styrning eller via lagring med hjälp av batterier. Dock har tekniken för smart styrning hittills varit begränsande. Dimensionering och behovsanalyser baseras ofta på schablonvärden och generella riktlinjer med bristfälligt underlag för uppföljning av investeringens värde.

Detta projekt har initierats efter de förutsättningar som råder för ägare av solcellsanläggningar, projektutvecklare, byggföretag och investerare i solcellsbranschen och som står som hinder för utbyggnadstakten. Projektet angriper uppgiften från ett strategiskt perspektiv där ansatsen är att undersöka mervärde och möjligheter till ökad utnyttjandegrad av investeringen i teknik såväl som den egengenererade solelen. Detta kan ske i direkt anslutning till byggnader med ett smart system som styr användning, flyttar och lagrar sol lokalt med minimala omvandlingsförluster. Just den ökade användningsgraden av egenproducerad sol påverkar en solcellsanläggnings lönsamhet. Det grundar sig i att den egenanvända solelen som ersätter köpt el har ett större värde än den överproduktion som säljs till elnätet. Detta ekonomiska incitamentet för ökad egenanvändning av sol är stort. Dessa förutsättningar har resulterat i önskemål att genom ett pilotprojekt studera möjligheter för ökad lönsamhet genom att öka egenanvändningsgraden.

2.1. MÅL OCH SYFTE

Projektets mål har varit att utvärdera möjligheten att öka egenanvändning av solel genom ett mikronät, liksom dess möjliggörande av energieffektivisering genom applikation av likströmsteknik.

Ytterligare mål med projekt har varit att dess resultat ska kunna bidra till nya möjligheter och modeller för Kungsbacka kommun inom solenergiområdet. Dessa modeller ska användas med ett systemperspektiv och ska integrera och optimera användningen av den egengenererade solelen genom optimerad styrning.

Potentialen för ökat mervärde av solel genom ett mikronät utreds kopplat till en uppskalning nationellt. Detta för att visa potentialen för utökad utbyggnad vid ändrade förutsättningar för delning av egengenerad solel.

Syftet är att projektresultatet kan omsättas till optimeringsmodeller för solenergiteknik, där optimala tak för solenergiutvinning kan användas för att också förse andra fastigheter med solel och därmed öka den momentana egenanvändningen av solel. Resultaten ska användas som underlag för att pålysa tekniska liksom juridiska aspekter kopplat till möjligheter att förflytta förnybar el mellan byggnader.

Projektets mål är att studera och beskriva funktionen av ett mikronät. I projektet har Ferroamps produkt EnergyHub och dess likströms-mikronät använts. Systemet som använder likströmsteknik ger fördelar i minskade transmissionsförluster och möjliggör sammankoppling av byggnader till ett mikronät i vilket solcellsanläggningar och batterilager kan anslutas.

Hittills har branschens arbete med energieffektivisering i fastigheter ofta bestått i att utvärdera energibehov baserat på elmätare i termer av energi (kWh) vilket anger total konsumtion under en given timme. Problemet med mätning på traditionellt vis är att fastighetsägare inte får tillräckligt med information om hur energin används. Systemet som beprövas i detta projekt använder högupplöst data på sekundnivå av fastighetens tre fasledare. Mervärdet förväntas bestå i att erhålla ett strategiskt verktyg och ett bättre underlag för energieffektivisering.

2.2. AVGRÄNSNINGAR

Projektet begränsas till att undersöka sammankoppling av byggnader i området i Fjärås bestående av fyra nybyggda flerbostadshus, en förskola, ett äldreboende, ett gruppboende och Eksta Bostads AB expedition. Utvärdering av flerbostadshusens solelproduktion samt elanvändning begränsas till sex månaders mätdata pga. att flerbostadshusen färdigställdes hösten 2017 och insamling av mätdata startades i februari 2018. Utvärderingen av mikronätets bidrag till ökad egenanvändning av solel baseras på mätdata från byggnadernas solelproduktion och elanvändning. I det uppförda mikronätet för de nya bostadshusen har även ett batterilager installerats. Batterilagrets inverkan på systemet har undersökts till viss del, men inte på detaljerad nivå.

Till följd av att likströmsnätssystemet från Ferroamp endast är installerat mellan flerbostadshusen, är beräkningarna för hela området baserade på ett fiktivt mikronätssystem.

3. FÖRUTSÄTTNINGAR

Rådande förutsättningar kring skatter, avgifter, lager och bestämmelser påverkar möjligheterna att optimera egenanvändningen och solel och därmed lönsamheten för en solcellsanläggning. I detta avsnitt beskrivs de förutsättningar som påverkar dimensioneringen och utbyggnaden av solcellsanläggningar.

3.1. SOLELENS VÄRDE

Idag finns nationella och europeiska direktiv och mål som sätter fokus på en utbyggnad av solenergianläggningar. Till exempel har Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna enats om den så kallade energiöverenskommelsen år 2016 där målet är att ha 100 % förnybar elproduktion år 2040.¹ Energimyndighetens färdplan för solel uttrycker en potential för solkraft i det svenska elnätet med upp till 7-14 TWh år 2040.² I senaste rapporten kring solcellsanläggningar i Sverige bedöms att cirka 0,3 TWh solel produceras per år i Sverige.³

För en anläggningsägare har den egenanvända solelen som ersätter köpt el ett större värde än den överproduktion som säljs till elnätet eftersom kostnaden för den köpta elen innehåller skatter och andra avgifter.⁴ Den egenproducerade solelen kan säljas till elhandelsbolag och ersättning varierar. Flera regler kopplat till skattelagar och ellagen påverkar lönsamhet liksom dimensionering av solcellsanläggningar. Överskott av solel, som matas in till det koncessionspliktiga nätet blir belagt med energiskatt och mängd köpt el i aktuell anslutningspunkt över året påverkar möjligheten för skattereduktion till exempel.⁵ Solel som matas in till elnätet ersätts olika beroende på taxamodell från elhandelsbolag, men ersätts fortfarande vanligtvis enbart till nivån för marknadens spotpris. Figur 1 visar värdet på köpt el för olika aktörer. Det är denna köpta el som alltså ersätts vid egenproduktion av solel och som alltså visar värdet för den samma.

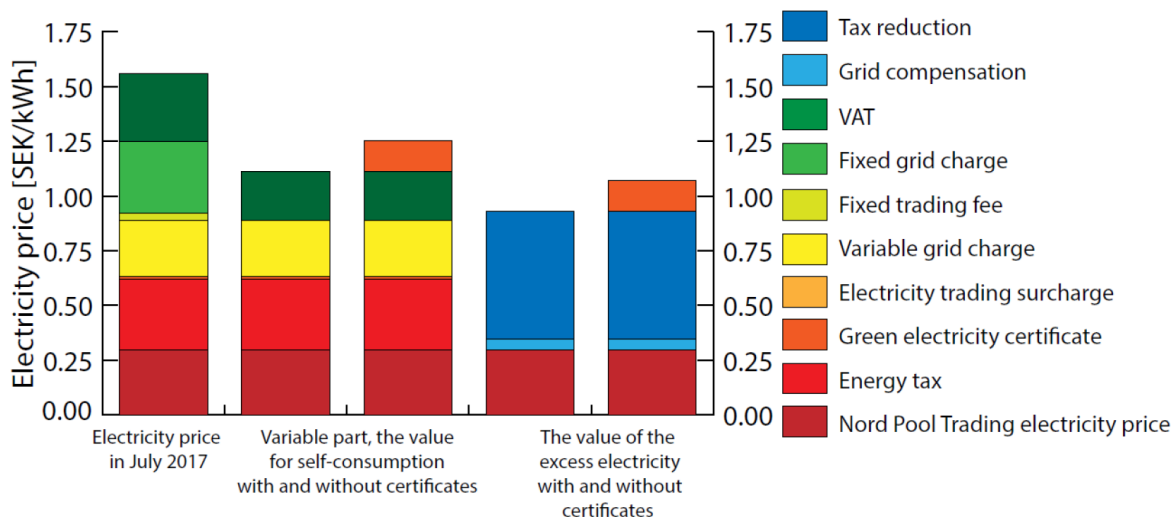
¹ Regeringskansliet 2016

² Kadic 2016

³ Lindahl och Stoltz, 2018

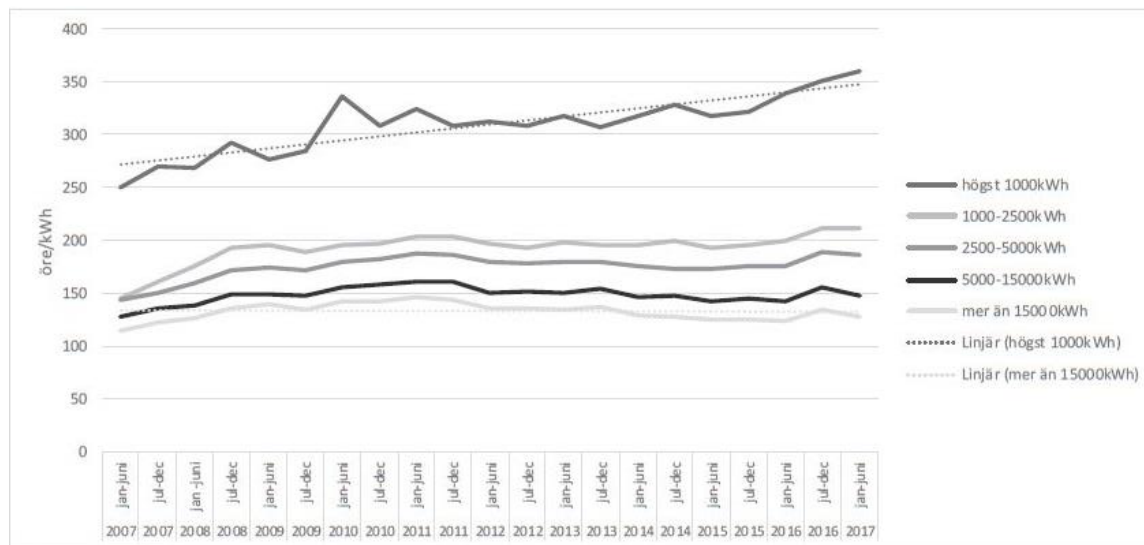
⁴ Undantag finns tex för industri och lantbrukare som är energiskattbefriade

⁵ Skatteverket 2017 och 2018



Figur 1 värde kWh producerad solcell Vs kWh köpt el. Källa National Survey Report of PV Power Applications in Sweden, J. Lindahl och C. Stoltz

Eftersom elgenerering från en solcellsanläggning antingen ersätter köpt el eller säljs till elnätet är elprisutvecklingen avgörande för anläggningens lönsamhet. Figur 2 visar elprisutvecklingen de senaste 10 åren.



Källa: EN24SM1704.

Figur 2 Elprisutvecklingen för hushåll med genomsnittspriser per halvår i Sverige 2007-2017. Källa: Mindre aktörer i energilandskapet – förslag med effekt, Slutbetänkande av Utredningen om mindre aktörer i ett energilandskap i förändring, 2018:76

Lönsamheten för en solcellsanläggning påverkas av flera faktorer:

- Byggnadens elbehov
- Profil på elbehov, alltså när i tid behovet finns i byggnaden
- Solcellsanläggningens elproduktion
- Tidpunkt då solelen genereras
- Eventuell energilagring, lagerkapacitet, exempelvis batterier eller elbilsaddning

Förutom den ekonomiska nyttan av den egenanvända solelen kan produktion av solceller även bidra till en positiv betygssättning inom miljöcertifieringssystem (Miljöbyggnad, LEED, BREEAM), liksom ur en elnätsägares perspektiv eventuellt minska transmissionsförluster i elnätet.

Det finns olika tillvägagångssätt att matcha solcellproduktionen mot elbehov. Tre metoder för denna matchning undersöktes inom ramen för ett projekt kopplat till Energimyndighetens beställarnätverk för energieffektiva flerbostadshus, BeBo.⁶ Projektet utvärderade möjligheterna för matchning genom att variera riktning och lutning av solcellsmoduler, med hjälp av energilagring och med hjälp av styrning av laster. Samtliga metoder visade teoretisk möjlighet för att öka egenanvändningen av producerad solceller. Däremot sågs en direkt koppling mellan ökad egenanvändning och ökad lönsamhet. Vid variation av orientering av modulerna kan det finnas risk för att årsproduktionen av solceller minskar, vilket leder till minskad lönsamhet. Installation av energilagring för att kunna flytta solceller i tid visade sig mer kostsamt än mervärdet för ökad egenanvändning. Styrning av laster gav högsta teoretiska potential för ökad lönsamhet kopplat till ökad egenanvändningsgrad.⁶

3.2. ELKONCESSIONSLAGEN

Ur ett systemperspektiv på en nivå över enskilda byggnader och fastigheter skulle en ökad andel solceller i elnätet främjas om det var möjligt att skicka solceller genom det koncessionspliktiga elnätet utan att samtidigt belasta solcellskonsumenten med skatter och avgifter, vilket är fallet i dagsläget. Enligt ellagen (1997:857) får inte elledningar anläggas för delning av (sol)celler mellan byggnader som tjänar som bostäder.⁷ I andra kapitlet i lagen beskrivs bestämmelser om tillstånd att bygga eller använda starkströmsledning (nätkoncession). Huvudregeln är följande:

1 § En elektrisk starkströmsledning får inte byggas eller användas utan tillstånd (nätkoncession)

Undantag från kravet på nätkoncession enligt ovan finns beskrivet i förordningen (2007:215). Undantagen skrevs för att underlätta byggandet av främst vindkraft men också solcellsanläggningar på längre sikt. Industriellanläggningar, flygplats eller byggarbetsplats har tillstånd att bygga ett internt nät utan nätkoncession men undantaget gäller inte bostadshus (Regeringskansliet 2013). Området Fjärås består av flera byggnader med egenproducerad solceller. Följande två undantag från förordningen (2007:215) har tolkats som giltiga för att överföra solceller mellan byggnaderna i ett internt mikronät:

22a § Ett internt nät som förbinder två eller flera elektriska anläggningar för produktion, vilka utgör en funktionell enhet, får byggas och användas utan nätkoncession. Förordning (2008:897)

30 § På ett sådant internt nät som avses i 22 a § får överföring av el mellan anläggningarna äga rum även om de anläggningar som ingår i den funktionella enheten har olika innehavare. Förordning (2008:897)

⁶ Penttilä et al. 2017

⁷ Sveriges Riksdag 2018

Med utgångspunkt från dessa undantag samt avstämning med det lokala elnätet har Eksta för det nybyggda området i Fjärås installerat ett mikronät mellan fyra flerbostadshus för att undersöka potentialen för att öka andelen egenanvänd solel.

4. MIKRONÄT

Elektrisk effekt förekommer i växelström eller likström beroende på hur energiflödet styrs. Likström är elektrisk ström som alltid har samma riktning till skillnad från växelström där strömmen byter riktning.

Ofta används symbolen '=' för likström till skillnad från växelströmmens '~'. Elektroniska kretsar behöver vanligen likström då transistorer och andra halvledare bara leder ström i en riktning.

Den nationella eldistributionen sköts i form av växelström fram till vägguttagen och växelströmmen måste därför omvandlas till likström innan den kopplas till likströmsberoende apparatur. Omvandlingen kan ske innanför apparaten eller i ett yttre nätaggregat.

En ideal likström har konstant styrka, men det är i praktiken omöjligt att uppnå. Batterier ger den mest stabila likströmmen men spänningen sjunker efter en viss tids användning och är beroende av den momentana belastningen.

Innan år 1880 hade varje ny teknik olika spänningsnivåer vilket resulterade i ett distributionsnät med ett stort antal lokaliserade generatorer nära elbelastningarna. Anledningen var att det inte fanns några etablerade riktlinjer eller gemensamma nätverk.

Behovet att ha flera separata leveranser för varje system och distansbegränsningen från generatorerna var anledningarna till att det under senare delen av 1800-talet uppstod "strömkrig" mellan växelström och likström. Utvecklingen av växelströmstransformatorn 1885 spelade en avgörande roll i segern för växelström över likström. Anledningen var att transformatorn möjliggjorde högspänningsöverföring mellan långa distanser. Ett "universalsystem" baserat på växelström utvecklades till dagens överföring och distributionsnät.

Likströmstekniken har utvecklats och uppnått popularitet för submarin kabelöverföring och lokaliserade likströmsmikronät.

Fördelarna och nackdelarna med likströmstekniken kan delas upp i enlighet med spänningsnivå samt applikationer.

Vid högspänningsapplikationer över långa distanser är ett likströmssystem fördelaktigt över växelström, t.ex. submarine högspänningstransmissionsledning HVDC (High Voltage Direct Current). Nackdelarna med är behovet av komplexa och ofta dyra växelriktare, begränsad överbelastningskapacitet, behov av konstant underhåll och att störningar i nätverket kan uppstå pga. omvandlingsprocessen.

En solcellsanläggning genererar likström som kan användas direkt för lågspänningsapplikationer såsom laddning av batterier, bilar eller andra fordon.

Utvecklingen av teknik liksom stark reduktion av kostnader för solel teknik har resulterat i en växande marknad och ett tilltagande antal solcellsanläggningar som ansluts till distributionsnätet.

Appliceringen av likström i ett mikronät ger enklare styrning och avgränsning gentemot elnätet. Dessutom fördelas och styrs den producerade solelen i form av likström mellan byggnaderna och lagras i batterier. Först vid användning av solelen i byggnaderna eller inmatning till elnätet växelriktas likströmmen till växelström.

LVDC system (Low Voltage Direct Current) tillämpas huvudsakligen i distributionsnät till bostads- och småområden, såsom t.ex. Det vanligaste LVDC-system är solceller med en bipolär topologi ± 760 V DC-system.

Ökningen i antal installerade solcellsanläggningar i Sverige uppskattas vara beroende av utvecklingen av främst energipriser och lagstiftning, men även av utvecklingen av ekonomiska stödsystem. Det finns idag ingen lagstiftning som ställer krav eller reglerar mängden solel som ansluts till elnätet för att upprätthålla elkvalité och stabilitet i systemet.

Studier från Uppsala universitet på enskilda elnät har utrett gränser för hur mycket soleffekt som kan installeras innan nätets maximala kapacitet är nådd. Studierna utgår från nät med särskilda förutsättningar och förhållanden som inte kan användas som generell applikation, men de visar att det finns mycket utrymme kvar för anslutning av solcellsanläggningar innan elnäten påverkas avsevärt.⁸

Ett ökat antal decentraliserade intermittenta energikällor med oförutsägbara produktionsmönster leder till flera utmaningar för distributionsnätet.

Mikronät med svensk teknik

Ferroamp är ett svenskt företag som bildades 2010 och baseras på en då ny uppfinning, EnergyHub systemet, som optimerar elanvändningen i en fastighet eller mikronät. EnergyHub systemet är ett skalbart och modulärt byggsystem, vilket innebär att varje del av systemet kan anpassas för det lokala effektbehovet avseende solel, batterier och omvandlingskapacitet. Moduluppbyggnaden gör att funktionalitet som t ex elbilsladdning och backup funktionalitet kan adderas.

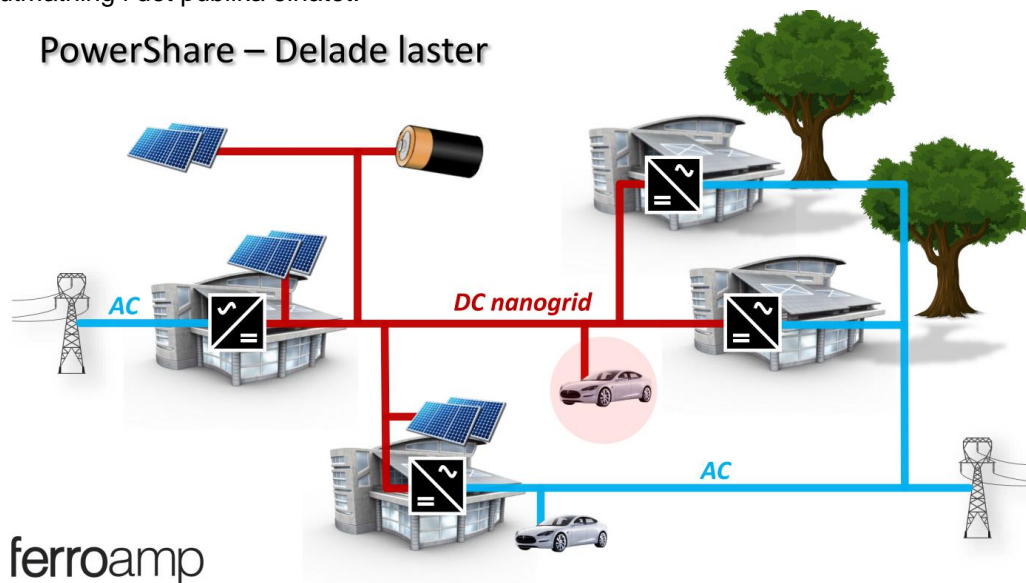
Systemet har initialt utvecklats för att tjäna som ett strategiskt verktyg för energi och effektoptimering i fastigheter, där högupplöst mätning av fastighetens förbrukningsdata används för beslutsstöd och systemets operativa styrning. Solelproduktion, lagring och styrning av elflöden möjliggörs med flexibel kraftelektronik. EnergyHub systemet kopplar samman likströmsdrivna resurser såsom solel och batterier med elbilsladdning och backupfunktioner i ett gemensamt likströmsnät med syfte

⁸ Lingfors 2017

att använda lokalt producerad solex och samtidigt minska omvandlings- och kabelförluster jämfört med traditionella växelströmsystem.

EnergyHub systemet används normalt i en byggnad för att optimera energiproduktion och självkonsumtion. Företagets PowerShare teknik är en vidareutveckling där solex, lagring och lastvariationer delas mellan flera byggnader i ett lokalt mikronät. Detta gör att byggnader utan förutsättningar för solex kan användas för att konsumera lokalt producerad solex och minska utmatning i det publika elnätet.

PowerShare – Delade laster



Figur 3 Likströmsnät med delad solex och batterisystem. Källa: Ferroamp, 2018.

I systemet ingår även möjligheten att integrera batterilager. Varje batteri innehåller en lokal batteriövervakning som hanterar säkerhet och optimal drift. Energiflöden från varje batteristräng kontrolleras via likströmsomvandlare så att systemet blir skalbart och kan bestå av olika batteristrängar av olika ålder, kemi och storlek. Batteriernas användning styrs från en central styrenhet.

Varje system är unikt med egna förutsättningar men generella fördelar med ett mikronät som bygger på likström är enligt uppgift från Ferroamp t ex:

- 5 – 40 % lägre behov av kraftelektronik
- Minst 50 % reduktion av omvandling- och kabelförluster
- 70 % lägre behov av koppar/aluminium genom att använda 760 V DC jämfört med 230 V AC.
- Enklare styrning av energiflöden

5. GENOMFÖRANDE

I projektet har två koncept för att öka egenanvändningen av den producerade solelen genom ett mikronät studerats och utvärderats.

Det ena konceptet är upprättandet av ett mikronät mellan fyra flerbostadshus, där solelen fördelas mellan husen efter rådande solelproduktion och elbehov. Denna lösning har installerats och utvärderats efter mätdata.

Det andra konceptet som studerats är sammankoppling av flera byggnader med olika funktioner i ett större område.

5.1. UPPRÄTTAT MIKRONÄT

Det ena konceptet som studerats är upprättandet av en pilotinstallation innefattande ett mikronät som installerats mellan fyra flerbostadshus med solcellsanläggningar. Samtliga bostadshus hade byggstart år 2016 vid Humlevägen i Fjärås i Kungsbacka kommun.

Mikronätet som installerades mellan fyra flerbostadshus bygger på likströmsteknik. Mätningar av systemet innefattar byggnadernas elbehov, solcellsanläggningar, delning av solel mellan byggnaderna i mikronätet mätdata.⁹ Flerbostadshusen färdigställdes hösten 2017, inflyttning skedde i november och december 2017 varefter insamling av mätdata startade.

Det installerade systemet använder Ferroamps teknik som består av:

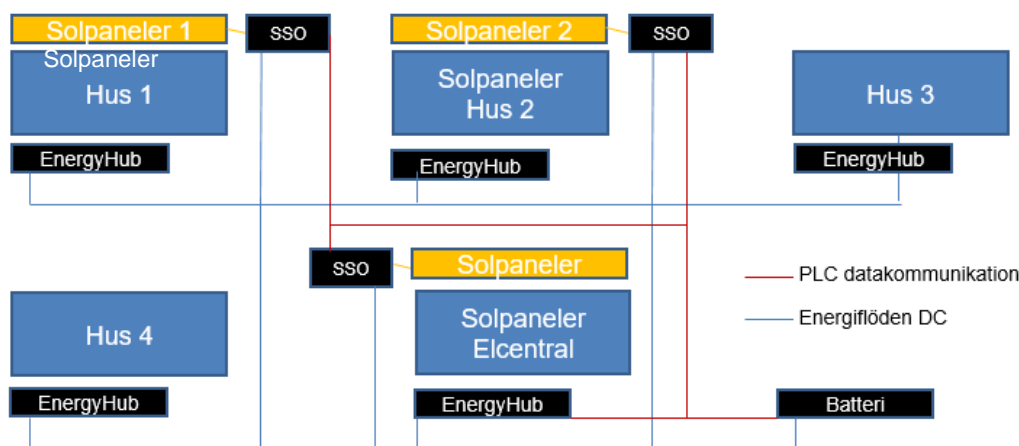
- 5 EnergyHub á 14 kW
- 5 SSO-er anslutna till solcellsmodulerna
- 3 energilagringsmoduler á 7,2 kW med varsin ESO och BSM¹⁰

Alla komponenter i systemet är anslutna till ett likströmsnät som används för att distribuera och överföra solel mellan byggnaderna. Mikronätet har även funktionen att kunna skicka information mellan anslutningspunkter och ingående komponenter via så kallad PLC (Power Line Communication). Batterilagret finns placerat i undercentralen. Om nivån i batterilagret är högre än 90 % och el importerats från elnätet sker urladdning av batteriet. Om nivån i batterilagret är mindre än 85 % och det finns överskott av el från solceller sker laddning. Om nivån i batterierna är lägre än 5 % stoppas urladdning.

Figur 4 visar systemets uppbyggnad och kommunikationstopologi.

⁹Se vidare information om Ferroamps teknik i kapitel 7

¹⁰Se vidare information om Ferroamps teknik i kapitel 7



Figur 4 kommunikationstopologi. Källa: Ferroamp, 2018

5.2. SIMULERING AV UTÖKAT FIKTIVT MIKRONÄT

Det andra möjligheten som studerats är att teoretisk beräkna och simulera potential för ökad egenanvändning för ett större område anslutet till ett mikronät. Området utgjordes av dels de tidigare nämnda fyra flerbostadshusen samt ytterligare befintliga byggnader; en förskola, en fastighetsexpedition, ett äldreboende och en gruppboende. Dessa sammankopplades via ett fiktivt mikronät vilket utvärderades teoretiskt. Samtliga byggnader finns inom samma fastighet som ägs av Eksta. Ett års mätdata (september 2016 – augusti 2017) av elbehov liksom soletproduktion per byggnad har utgjort underlag för beräkningar och har erhållits med timvärden i kWh/h från elnätbolaget Ellevio respektive Eksta.

5.3. UTVÄRDERING OCH ANALYS

Effekterna av ett mikronät för ingående byggnader har utvärderats dels via mätdata samt genom simulering och beräkningar. Mätdata har främst inhämtats via Ferroamps portal samt via inloggning till elleverantör. Solelproduktion från övriga byggnader med solcellsanläggningar har erhållits från Eksta.

I utvärderingen har följande nyckeltal analyserats och beräknats

- *Egenanvändningsgraden*: Andel av den totala mängden producerad solet som används i fastigheten

$$\text{Egenanvändningsgraden} = \frac{\text{Egenanvänd solet}}{\text{Totala soletproduktion}} * 100 \text{ [\%]}$$

- *Självförsörjandegraden*: Andel av fastighetens totala mängd el som kommer från solcellsanläggningen

$$\text{Självförsörjningsgraden} = \frac{\text{Egenanvänd solet}}{\text{Totala elanvändningen}} * 100 \text{ [\%]}$$

- *Överproduktion*: Solel som inte används i byggnaden utan matas in till elnätet

$$\text{Överproduktion} = \text{Totala solelproduktion} - \text{Egenanvänd solel [kWh]}$$

En ekonomisk analys har genomförts genom att analysera Livscykelkostnader, LCC, dels för systemet med byggnader sammankopplade i mikronätet samt dels för ett fiktivt fall där byggnaderna och dess solcellsanläggningar betraktas enskilt.

Bedömning av solcellsanläggningens lönsamhet över livslängden har gjorts med hjälp av nuvärdesmetoden i en livscykelkostnads kalkyl (LCC-kalkyl). LCC-kalkyl med känslighetsanalys har utförts med beräkningsverktyget "Investeringskalkyl för solceller" som tagits fram av Mälardalens högskola tillsammans med Stockholms stad och finansierats av Energimyndigheten.¹¹ Kalkylmodellen ger resultat i diskonterat nuvärde [kr], återbetalningstid [år] och produktionskostnad för solelen över den tekniska livslängden, så kallad *levelized cost of energy*, LCOE [kr/kWh]. Principen är att alla kostnader under anläggningens livslängd divideras med solelproduktionen under livslängden. Värdet på LCOE i kr/kWh jämförs med priset på el som köps från elnätet, vilket ger en uppfattning om anläggningens lönsamhet.

En möjlighet till nationell uppskalning av installationer, där solel delas genom mikronät till närliggande bostadsbyggnader har gjorts för att visa potentialen för möjligt mervärde om reglerna kring delning av solel skulle ändras.

¹¹ Stridh B. 2016

6. STUDERADE BYGGNADER

För de byggnader som ingått i det fiktiva utökade mikronätet ligger alla i anslutning till de fyra flerbostadshusen. Alla byggnader tillhör Eksta Bostads AB. Området som studerats i detta fiktiva mikronät består av fyra flerbostadshus, en förskola, ett gruppboende, ett äldreboende och Eksta Bostads AB expedition. Området med byggnadernas placering visas i figur 5.

Solcellsanläggningar finns installerade på alla byggnader förutom expeditionen och två av flerbostadshusen. Ett mikronät, med likströmsteknik från Ferroamp är installerat mellan flerbostadshusen.

Beskrivning av respektive byggnad samt dess energiprestanda och soletproduktion beskrivs i följande avsnitt.



Figur 5 Ekstas område i Fjärås. Källa: Google maps

6.1. NYBYGGNATION

Nybyggnationen består av fyra flerbostadshus byggda med passivhusteknik. Varje byggnad är tvåvåningshus och har vardera fyra lägenheter. Flerbostadshusen har installerade solcellssystem på byggnaderna 1, 2 och undercentralen samt ett solvärmesystem på byggnad 4 med en solfångaryta på 102,5 m², se figur 6. Energieffektiv elektronik finns installerad i varje lägenhet. Tvättmaskinerna är utrustade med både varm- och en kallvattenanslutning, torktumlare innehåller värmepumpsteknik och kylskåpen samt frysen har marknadens högsta energiklassning. Varje hyresgäst debiteras elbehov, varm- och kallvatten individuellt.



Figur 6 Humlevägen, flerbostadshus. Källa: Google maps

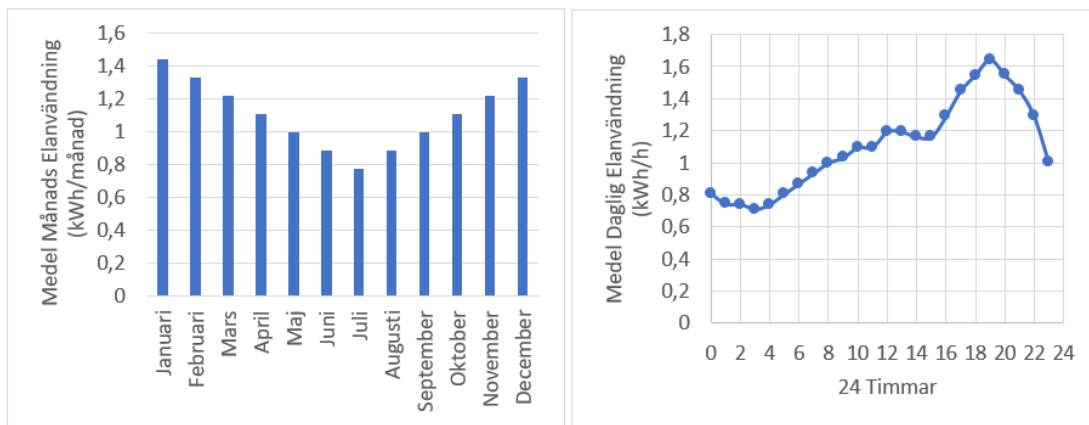
Ett EnergyHub-system är installerat i samtliga fyra flerbostadshusen samt i undercentralen. Ett mikronät med likströmsteknik förbinder alla byggnaderna. Solelsystemet optimeras med hjälp av Ferroamps solsträngsoptimerare (SSO).

Energiprestanda

Information om flerbostadshusens byggnadsår samt energisystem redovisas i tabell 1. Medel månadselanvändning per byggnad samt elanvändning över ett dygn visas i figur 7. Elanvändningen varierar över året med högre konsumtion under vinterhalvåret. Toppeffekt inträffar kl.19.

Tabell 1 Energiinformation för de fyra flerbostadshusen

Nybyggnadsår	2017
A _{temp}	330 m ²
Energianvändning	40 kWh/m ² ,år
Elanvändning	9 670 kWh/år
Ventilationssystem	FTX
SFP	0,7 kW/(m ³ /s)
Värmesystem	Fjärrvärme

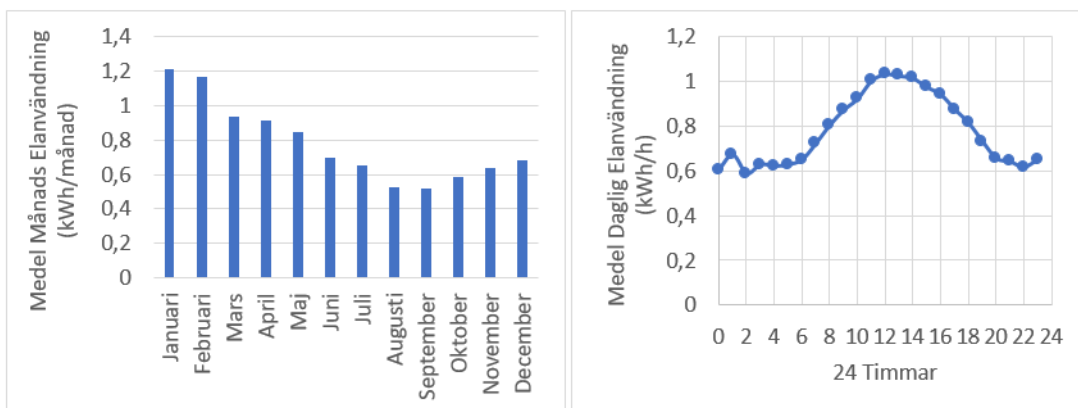


Figur 7 Medel elanvändning per månad samt medel dygnselanvändning för byggnad 1

Undercentralen

Undercentralen tjänar plats för områdets solcellsanläggning på 33 m², liksom fjärrvärmecentral. Se placering för undercentralen (UC) figur 6. I undercentralen är Ferroamps huvudstyrsystem installerad. Här är också batterilagret placerat.

Undercentralens elbehovs topp effekt inträffar klockan 12. Månaderna januari och februari har högre elanvändning på grund av att systemförbättringar genomfördes i mars 2017, se figur 8.



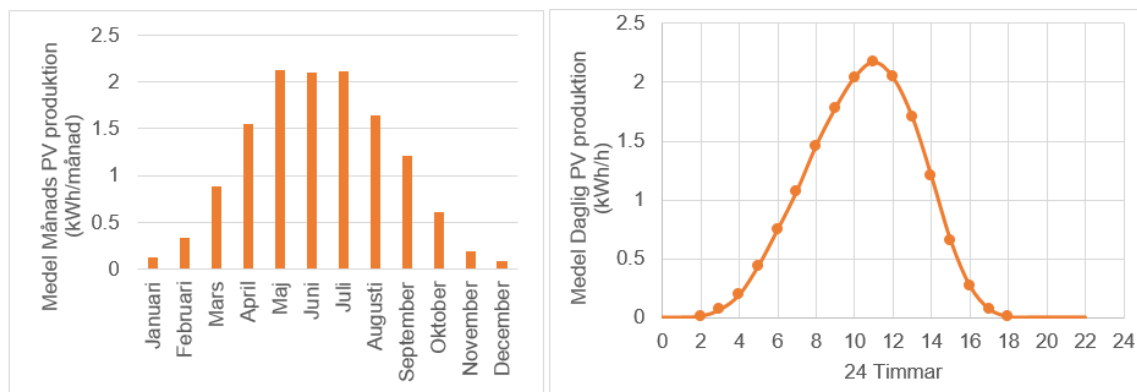
Figur 8 Medel elanvändning per månad samt medel dygnselanvändning för undercentralen

Solelproduktion

Följande stycke redovisar solelproduktionen från solcellsanläggningarna vid byggnaderna 1, 2 och undercentralen. Specifik information kring varje solcellsanläggning presenteras i tabeller 2, 3 och 4. Medelvärde per månad och dygnsproduktion visas i figur 9-10-11. För alla tre byggnaderna var solelproduktionen högre under sommarhalvåret och topp effekten inträffade i medel klockan 11.

Tabell 2 Information om solcellsanläggningen i byggnad 1

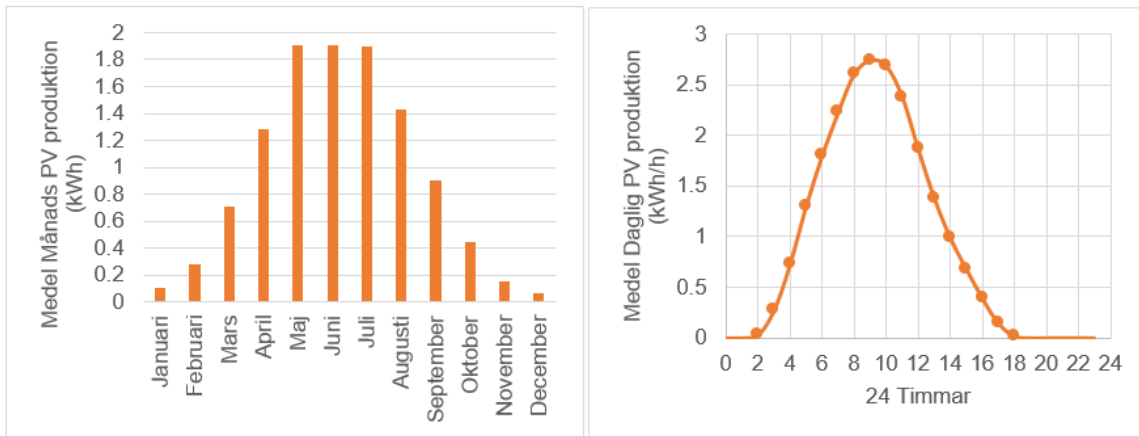
Solcellsmodul	ASM6610M (BL)
Verkningsgrad	18 %
Solelproduktion	9 526 kWh/år
Solelproduktion per installerad effekt	805 kWh/kW
Installerad toppeffekt	11 kW
Solcellsytta	65 m ²
Lutning	30°
Azimut	80° (sydväst)



Figur 9 Medel solelproduktion per månad samt dygn för byggnad 1

Tabell 3 Information om solcellsanläggningen i byggnad 2

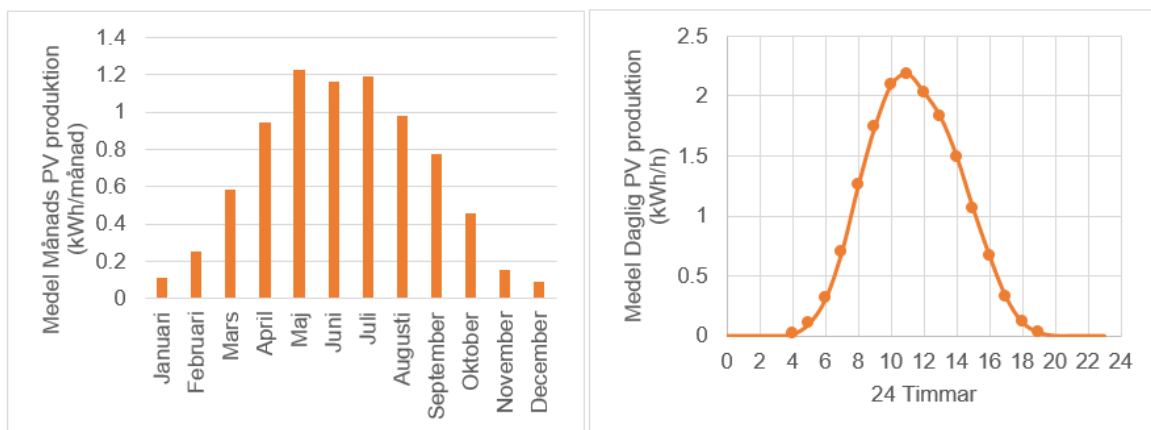
Solcellsmodul	ASM6610M (BL)
Verkningsgrad	18 %
Solelproduktion	8 124 kWh/år
Solelproduktion per installerad effekt	686 kWh/kW
Installerad toppeffekt	11 kW
Solcellsytta	65 m ²
Lutning	30°
Azimut	-110° från söder (nordöst)



Figur 10 Medel solexproduktion per månad samt dygn för byggnad 2

Tabell 4 Information om solcellsanläggningen i undercentralen

Solcellsmodul	ASM6610M (BL)
Verkningsgrad	18 %
Solexproduktion	5 802 kWh/år
Solexproduktion per installerad effekt	980 kWh/kW
Installerad topp effekt	6 kW
Solcellsytta	33 m ²
Lutning	33°
Azimut	0° från söder



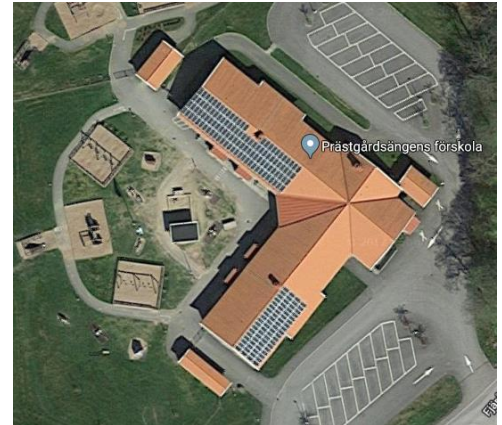
Figur 11 Medel solexproduktion per månad samt dygn för undercentralen

6.2. FÖRSKOLA

Prästgårdens förskola startade hösten 2008. Byggnaden byggdes med passivhusteknik och har ett installerat solcellssystem.

Energiprestanda

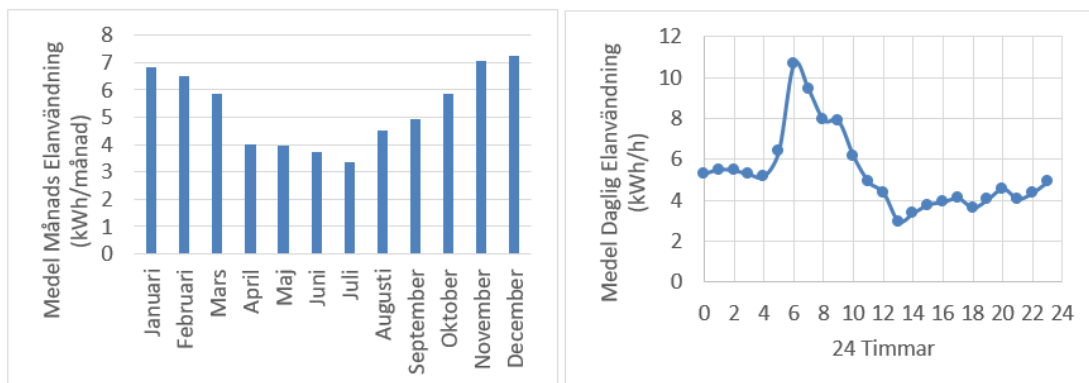
Förskolans elanvändning varierar årligen beroende på väder och ljus förhållanden med högre konsumtion under vinterhalvåret jämfört med sommarmånaderna. Toppeffekt inträffas klockan 06 vid skolstart. Ingen matlagning sker i byggnaden eftersom lunchmaten lagas i äldreboendet.



Figur 12 Förskolan. Källa: Google maps

Tabell 5 Energiinformation förskolan

Nybyggnadsår	2008
A_{temp}	900 m ²
Energianvändning	64 kWh/m ² , år
Elanvändning	46 523 kWh/år
Ventilationssystem	FTX
Värmesystem	Fjärrvärme



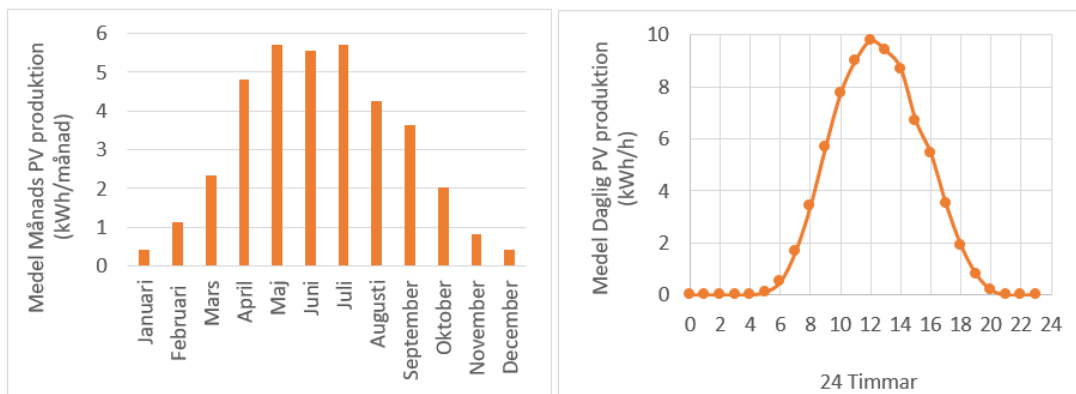
Figur 13 Medel elanvändning per månad samt medel dygnselanvändning för förskolan

Solelproduktion

Information kring förskolans solcellsanläggning samt medelvärde per månad och dygnsproduktion visas i tabell 6 och figur 14. Högst solelproduktion sker mellan maj till juli månad och toppeffekten inträffar i medel klockan 12.

Tabell 6 Information om förskolans solcellsanläggning

Solcellsmodul	ASM6610P
Verkningsgrad	16 %
Solelproduktion	27 076 kWh/år
Solelproduktion per installerad effekt	967 kWh/kW
Solcellsyta	240 m ²
Lutning	15°
Azimut	75° från söder (sydväst)



Figur 14 Medel solelproduktion per månad samt dygn för förskolan

6.3. ÄLDREBOENDE

Måhaga äldreboende byggdes i början av förra århundradet, men är om- och tillbyggt 1998 och består av 58 lägenheter. Solelsystem finns installerad i två av taken. All mat till både äldreboendet och förskolan tillagas i byggnaden.

Energiprestanda

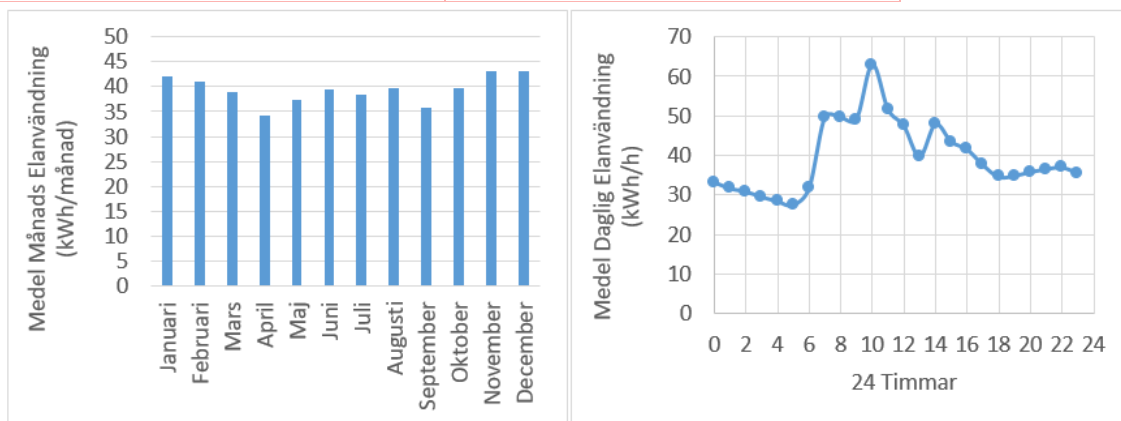
Figur 16 visar att byggnadens elanvändning under året är relativt konstant. Elkonsumtionens toppeffekt inträffar klockan 10 vid matlagning för både äldreboendet och förskolan.



Figur 15 Äldreboendet. Källa: Google maps

Tabell 7 Energiinformation äldreboendet

Nybyggnadsår	1988
A_{temp}	4 123 m ²
Energianvändning	143 kWh/m ² , år
Elanvändning	345 325 kWh/år
Ventilationssystem	FTX
Värmesystem	Fjärrvärme



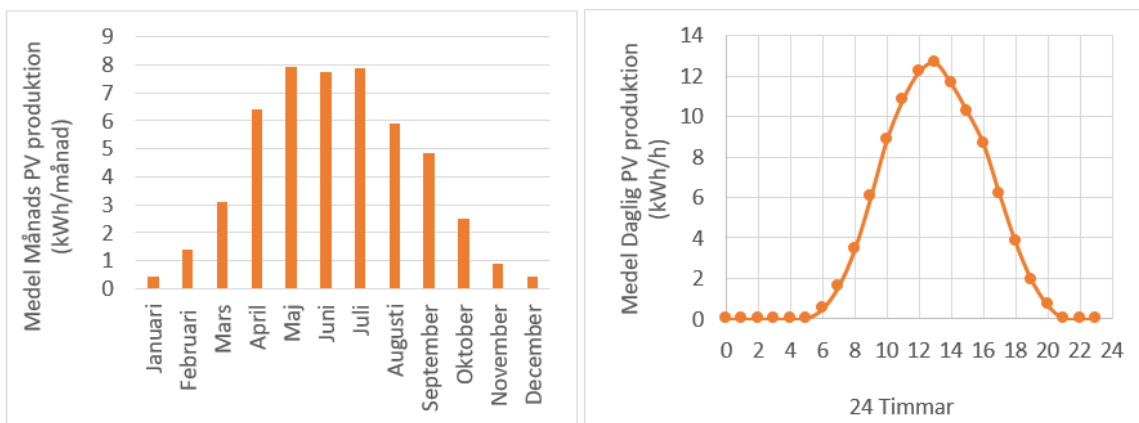
Figur 16 Medel elanvändning per månad samt medel dygnselanvändning för äldreboendet

Solelproduktion

Solcellsanläggningens information för både sydost och sydväst taken finns beskrivet i tabell 8. Äldreboendet har högre solelproduktion under sommarmånaderna och topp effekt inträffar kl.13, såsom visas i figur 17.

Tabell 8 Information om äldreboendets solcellsanläggningar

	Sydost tak	Sydväst tak
Solcellsmodul	ASM6610P	ASM6610P
Verkningsgrad	16 %	16 %
Solelproduktion	19 485 kWh/år	16 842 kWh/år
Solelproduktion per installerad effekt	1 082 kWh/kW	1 098 kWh/kW
Solcellsytta	137,41 m ²	107,58 m ²
Lutning	15°	15°
Azimut	-5° från söder	70° från söder



Figur 17 Medel solelproduktion per månad samt dygn för äldreboendet

6.4. GRUPPBOENDE

Prästgårdsängens gruppboende byggdes 2016 och har också ett installerat solelsystem.

Energiprestanda

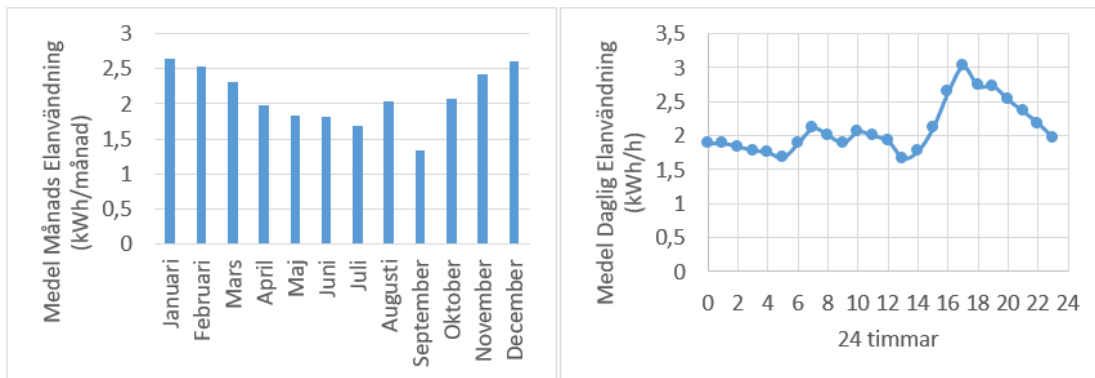
Byggnadens medel årlig elanvändning varierar med årstiderna med ett högre behov mellan december och februari. Toppeffekt inträffar klockan 17 vid matlagningstid.



Figur 18 Gruppboendet. Källa: Google maps

Tabell 9 Energiinformation gruppboendet

Nybyggnadsår	1994
A_{temp}	444 m ²
Energianvändning	179 kWh/m ² , år
Elanvändning	18 413 kWh/år
Ventilationssystem	FTX
Värmesystem	Fjärrvärme



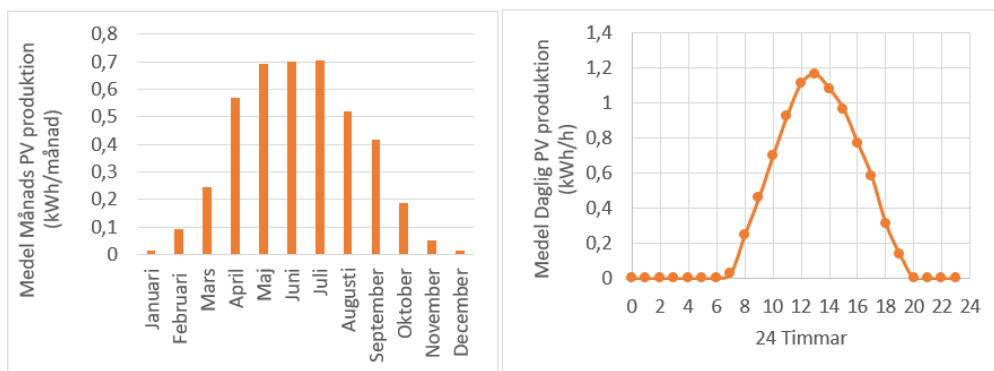
Figur 19 Medel elanvändning per månad samt medel dygnselanvändning för gruppboendet

Solelproduktion

Gruppboendets solelproduktion varierar med årstiderna, där högst produktion sker mellan månaderna maj till juli och dygnets toppeffekt inträffar kl.13.

Tabell 10 Information om gruppboendets solcellsanläggning

Solcellsmodul	SOLARWATT BLUE 60P
Verkningsgrad	15 %
Solelproduktion	3 094 kWh/år
Solelproduktion per installerad effekt	1 031 kWh/kW
Solcellsytta	23 m ²
Lutning	15°
Azimut	85° från söder (sydväst)



Figur 20 Medel solelproduktion per månad samt dygn för gruppboendet

6.5. EXPEDITION

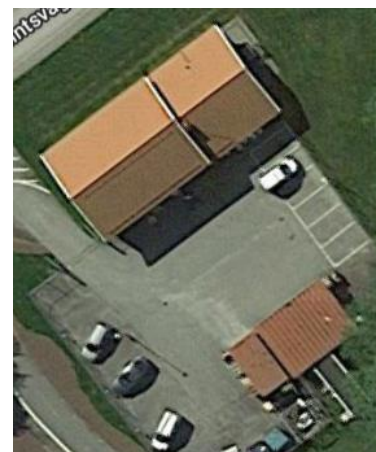
Denna byggnad används av Eksta Bostads AB som expedition. Byggnaden har ingen solcellsanläggning.

Energiprestanda

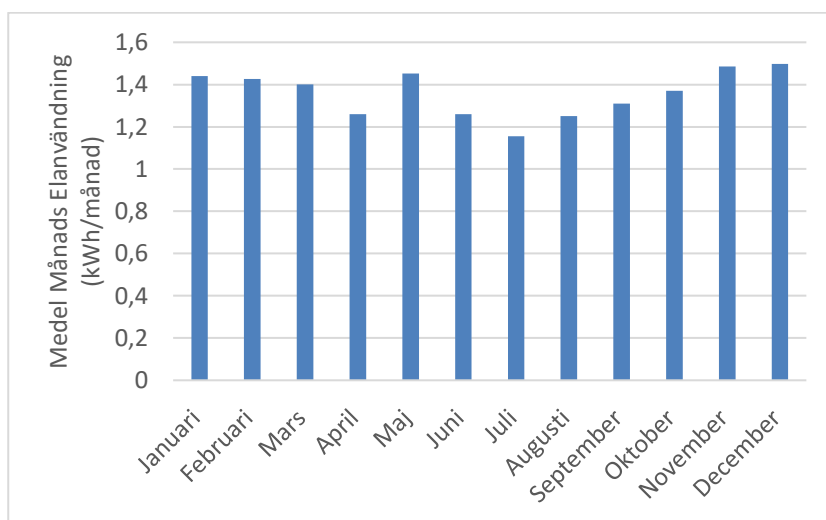
Tabell 11 visar expeditionens energiprestanda. Byggnadens elanvändning finns tillgänglig i upplösningen kWh/månad vilket presenteras i figur 22.

Tabell 11 Energiinformation expeditionen

Nybyggnadsår	2011
A _{temp}	222 m ²
Energianvändning	85 kWh/m ² , år
Elanvändning	1 800 kWh/år
Ventilationssystem	FTX
Värmesystem	Fjärrvärme



Figur 21 Expeditionen. Källa: Google maps



Figur 22 Medel elanvändning per månad samt medel dygnselanvändning för expeditionen

7. RESULTAT

Nedan presenteras resultaten från de två koncept som studerats:

- 1) nybyggnationerna enskilt jämfört med sammankoppling genom ett mikronät
- 2) nybyggnationerna sammankopplat med befintliga byggnader inom fastigheten i ett teoretiskt fall.

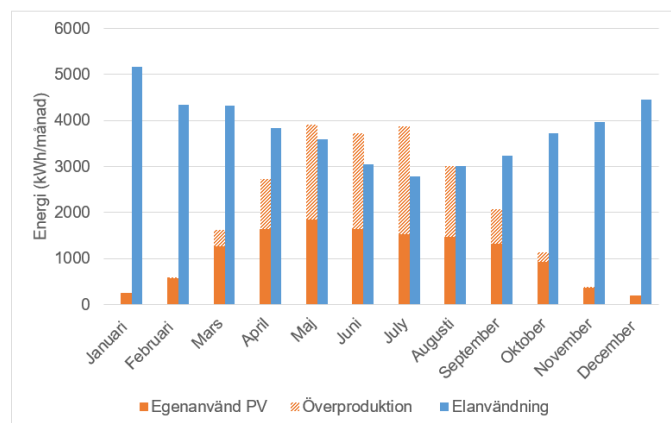
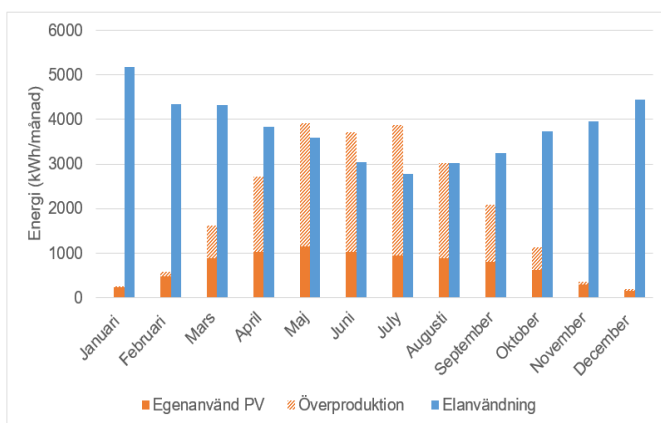
7.1. NYBYGGNATION ENSKILT OCH SAMMANKOPPLADE BYGGNADER

Eftersom projektet påbörjades innan inflyttning i nybyggnationen, november 2017, baserades första potentialberäkningar för ökad egenanvändning på teoretiska värden kring flerbostadshusens elanvändning samt beräknad solexproduktion. Elanvändningen baserades på SVEBYs anvisningar för bruk relaterade indata till energiberäkningar och solexproduktionen för varje byggnad beräknades med programmet SAM.¹² Nedan presenteras de teoretiska resultaten för nybyggnationen där för perioden september 2016 till augusti 2017. Vidare redovisas uppmätta värden och utvärdering för nybyggnationerna i mikronätet för en period på sex månader.

Elanvändning och solexproduktion

Figur 23 visar solexproduktion i medelvärde per månad samt elanvändning för de fyra flerbostadshusen. Mängd solexproduktionen visas med orange markering och är uppdelad i egenanvänd solex respektive överproduktion.

Då byggnaderna studeras separat ger de enskilda solcellsanläggningar en överproduktion på 66 %. Vid beräkningar för sammankopplade i byggnaderna i ett mikronät reduceras överproduktionen till 44 %.

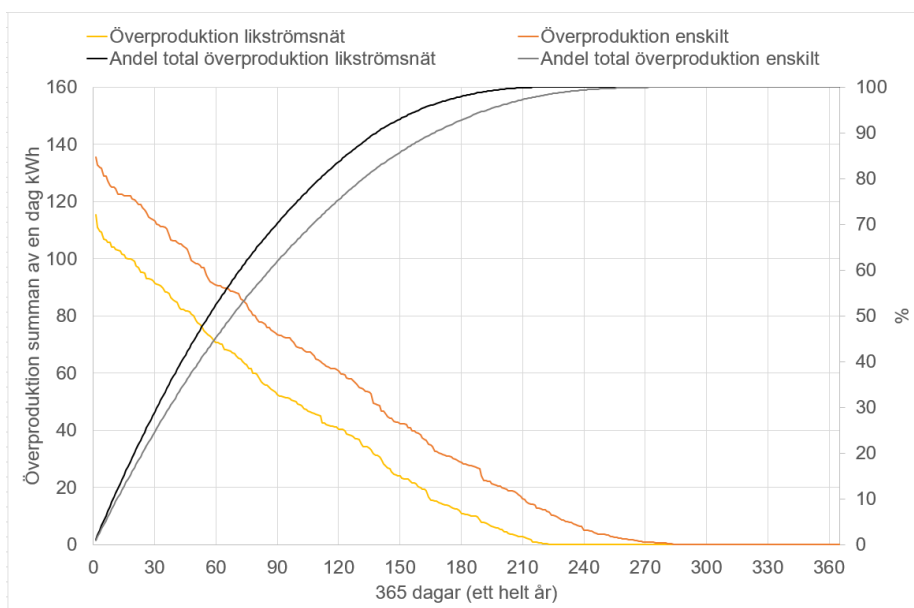


Figur 23 Egenanvänd solex, överproduktion samt elanvändning per månad för flerbostadshusen i ett enskilt respektive mikronät baserat på teoretiska värden för ett helt år

¹² Beräkningsprogram för solexproduktion, <https://sam.nrel.gov/> 2018

Varaktighetsdiagrammen i figur 24 visar överproduktionen av sol i enheten kWh/dag för både byggnaderna enskilt och byggnaderna sammankopplade i ett mikronät. X-axeln visar antal dagar överproduktion inträffar i ett år, primära y-axeln presenterar överproduktionseffekt i kWh/dag och den sekundära y-axeln visar procent av det totalaöverskottet.

Överproduktion inträffar under cirka 270 dagar om året vid nybyggnationen enskilt med ett maximalt värde på 138 kWh/dag. Vid sammankoppling uppstod överproduktion under cirka 220 dagar om året med ett maximalt värde på 118 kWh/dag. I detta fall möjliggjorde alltså en sammankoppling i ett mikronät 50 färre dagar med överskottsproduktion samt en minskad toppeffekt på cirka 20 kWh/dag.

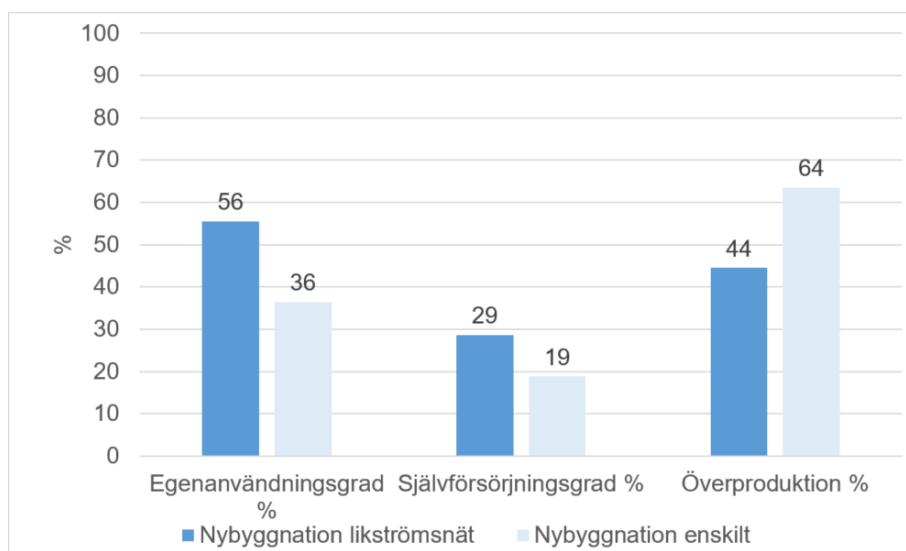


Figur 24 Antal dagar med överproduktion, överproduktionseffekt samt andel av det totala överskottet för nybyggnationen i det enskilda respektive mikronätsystemet, baserat på teoretiska värden

Potential till ökad egenanvändning

Variationen på egenanvändningen av solproduktionen då byggnaderna kopplas samman i ett mikronät jämfört med enskilda system visas i följande avsnitt för nybyggnationen.

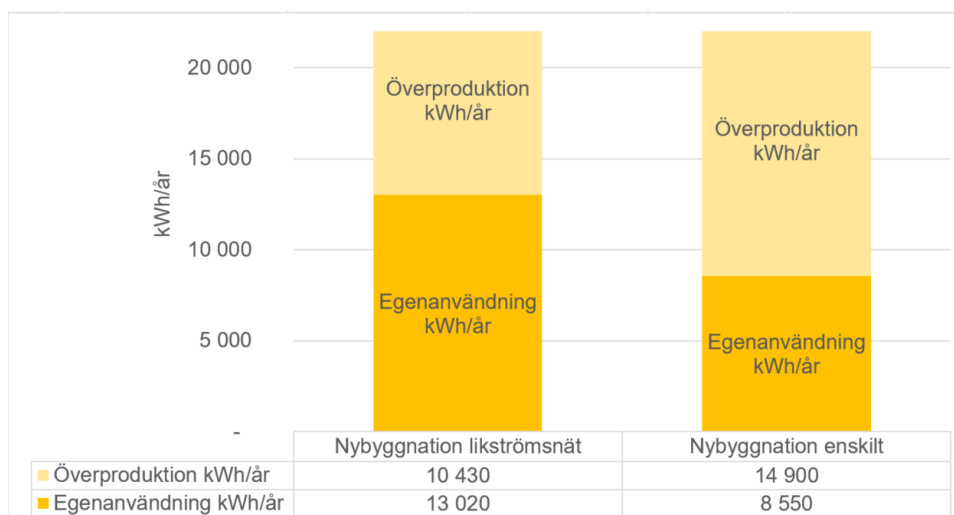
Figur 25 visar egenanvändningsgraden samt självförsörjningsgraden för nybyggnationens solproduktion ökar med 20 respektive 10 %-enheter genom ett mikronät jämfört med enskilda system. Eftersom egenanvändningen ökar, minskar överproduktionen med 20 %-enheter.



Figur 25 Egenanvändningsgraden, självförsörjningsgraden samt överproduktion för nybyggnationen i ett enskilt jämfört med mikronätsystem baserat på teoretiska värden

Samma resultat men med enheten kWh/år visas i figur 26.

Egenanvändningen av solelproduktionen uppgår till 8 555 kWh/år med ett enskilt system jämfört med 10 430 kWh/år med ett gemensamt likströmsnät. Egenanvändningsgraden är 56 % respektive 36 % med respektive utan mikronät. Skillnaden på egenanvändningsgraden representerar nybyggnationens överföringspotential, d.v.s. elen som kan användas lokalt istället för elnätet.



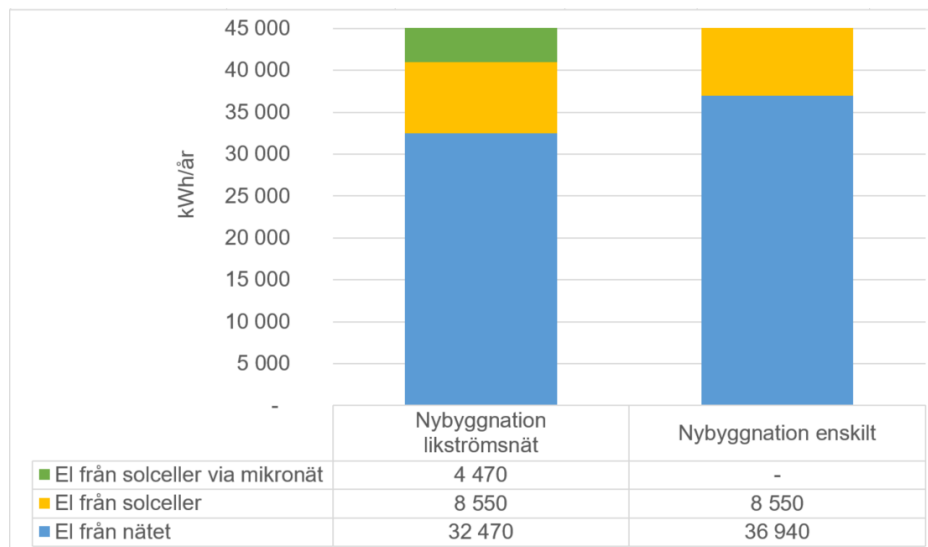
Figur 26 Egenanvänd solel respektive överproduktion för nybyggnationen i ett enskilt jämfört med mikronätsystem baserat på teoretiska värden

Överföringspotential

Följande avsnitt visar mängden köpt el från nätet jämfört med egenanvänd solel för fallen om byggnaderna delar på solelöverskottet eller inte.

Skillnaden mellan systemen motsvarar mängden solel som används via likströmsnätet istället för elnät, med andra ord, överföringspotentialen. Då

byggnaderna är enskilda system tas 81 % av det årliga elbehovet från elnätet jämfört med 71 % då byggnaderna sammankopplas. Överföringspotentialen för nybyggnationen beräknades till ca. 4 500 kWh/år, se figur 27.



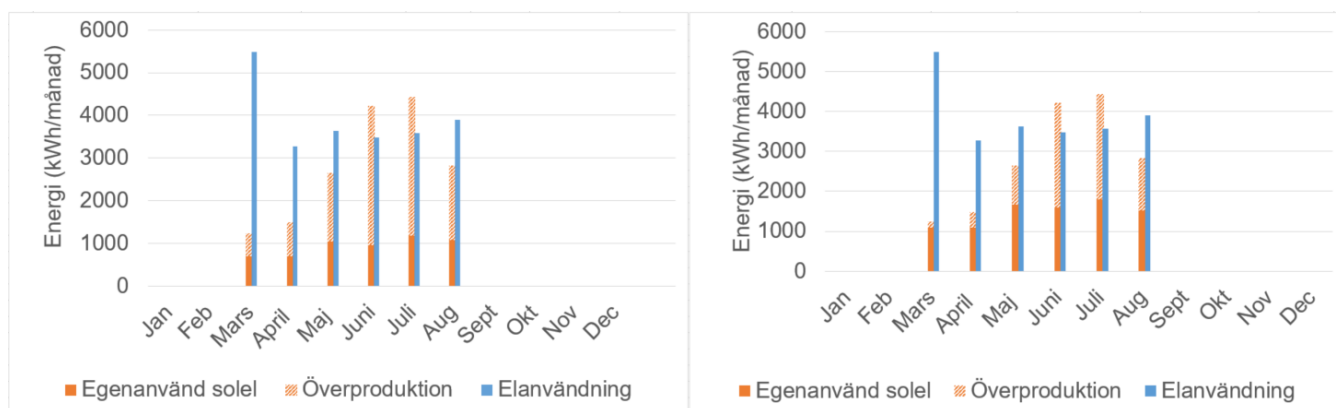
Figur 27 Potential för ökad egenanvändning av solet med hjälp av ett mikronät jämfört med enskilt system baserat på teoretiska värden

7.1.1. Nybyggnation mätningar

Ferroamps system mäter soletproduktion samt elbehov från de fyra flerbostadshusen. Baserat på mätdata från de första 6 månaderna genomfördes utöver den teoretiska utvärderingen redovisad ovan ytterligare en utvärdering av nybyggnationens mikronätsystem. Mätningarna ligger till grund för den optimering som tekniken baserar den smarta styrningen på, se beskrivning i stycket *Mikronät*. Nedan presenteras resultaten för nybyggnationen för mätperioden mars 2018 till augusti 2018. I bilagan redovisas en jämförelse mellan nybyggnationens soletproduktion baserat på teoretiska respektive uppmätta värden.

Elanvändning och soletproduktion

Figur 28 presenterar totala elanvändningen, egenanvändningen av solet samt överproduktionen per månad för hela nybyggnationen. 65 % av soletproduktionen utgör överskott då byggnaderna är i enskilda system jämfört med 47 % då byggnaderna sammankopplas, dvs. då delar på soletöverskottet.



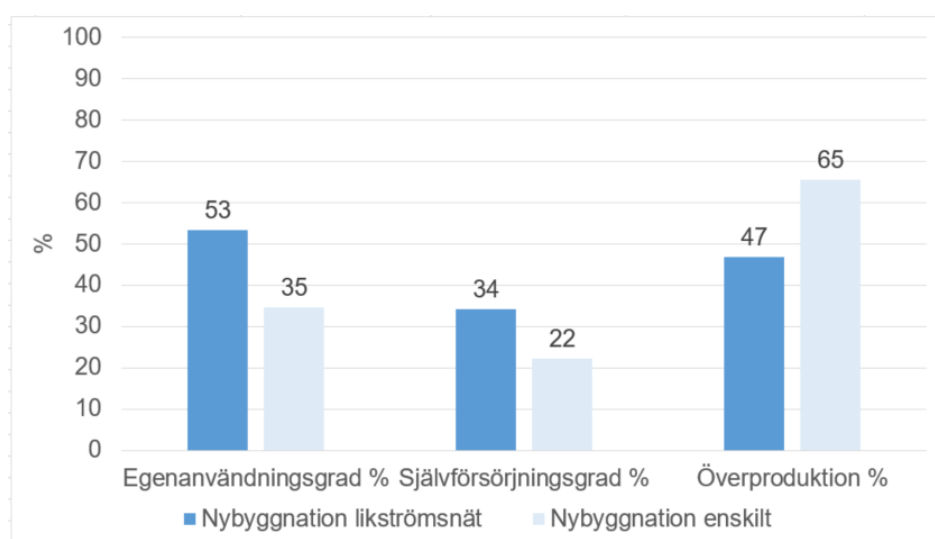
Figur 28 Egenanvänd solex, överproduktion samt elanvändning per månad för flerbostadshusen i ett enskilt respektive mikronätssystem baserat på sex månaders mätvärden

Systemets batterier

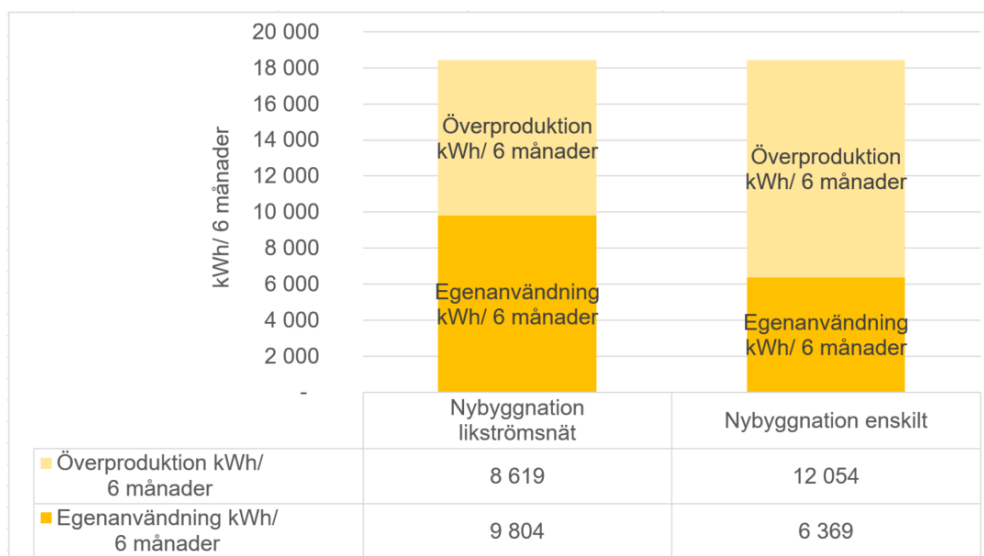
Batteriernas funktion har studerats under en veckas drift för att få en uppfattning av batteriförlusternas storleksordning. Den valda tidsperioden är för första veckan i juni månad 2018. Under perioden finns normal solexproduktion och batterilagret laddas respektive laddas ur på ett representativt sätt. Batteriets laddningsnivå är lika vid mätperiodens start och slut. För perioden laddas batterilagret med 174 kWh och under samma period sker urladdning om totalt 155 kWh vilket resulterar i batteriförluster strax under 10 %.

Potential till ökad egenanvändning

Egenanvändningsgraden och självförsörjningsgraden ökar från 18 respektive 12 %-enheter när byggnaderna sammankopplas jämfört med enskilda system. Överproduktionen av solex minskar under mätperioden ca. 30 % från 12 054 kWh till 8 619 kWh, vilket visas i figur 29 och figur 30.



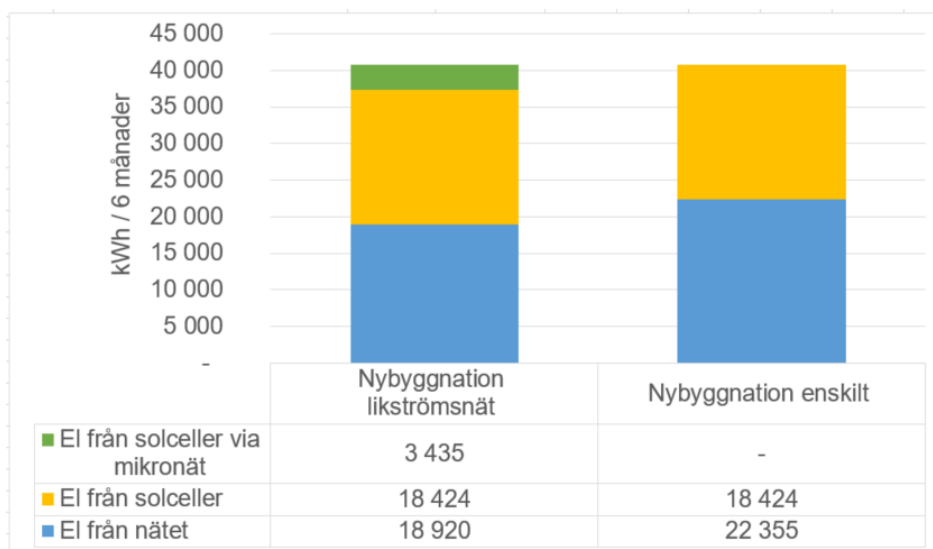
Figur 29 Egenanvändningsgraden, självförsörjningsgraden samt överproduktion för nybyggnationen i ett enskilt jämfört med mikronätssystem baserat på sex månaders mätvärden



Figur 3 Egenanvänd sol respektive överproduktion för nybyggnationen i ett enskilt jämfört med mikronätssystem baserat på sex månaders mätvärden

Överföringspotential

Under 6-månadersmätperioden köptes 54 % (motsvarande 22 355 kWh) av den årliga elkonsumtionen från elnätet då byggnaderna var enskilda jämfört med 46 % (18 920 kWh) vid sammankoppling. Överföringspotentialen för nybyggnationen var ca. 3 500 kWh, vilket representeras av grön markering i figur 31. Detta är den mängd solceller som användes direkt vid nybyggnationen med hjälp av mikronätet istället för att mata in till elnätet.



Figur 31 Potential för ökad egenanvändning av solceller med hjälp av ett mikronät jämfört med enskilt system baserat på sex månaders mätvärden

7.1.2. Ekonomisk analys

I följande avsnitt presenteras de sammanställda kostnaderna för solcellsanläggningarna vid flerbostadshusen i enskilda system jämfört med solcellsanläggningar och teknik kopplat till mikronätet samt livscykelkostnadsanalys för respektive lösning.

Kostnader

Tabell 12 visar kostnadsskillnaden mellan en standardsolcellsanläggning, dvs. fallet då byggnaderna har individuella solcellsanläggningar, jämfört med ett system där solcellsanläggningar sammankopplas i ett mikronät.

Solcellsanläggningarnas effekt är de samma för båda systemen; 30,24 kW. Prisskillnaden mellan systemen beräknades till 73 600 kr dvs. en skillnad på 2 433 kr/kW.

Tabell 12 Investeringskostnad för en standard solcellsanläggning jämfört med solcellsanläggning och likströmsnät

	kr	kr/kW
Standard solcellsanläggning	393 120	13 000
Solcellsanläggningar och likströmsnät	466 720	15 433
Skillnad	73 600	2 433

Eftersom en rättvis jämförelse mellan systemen är svår att göra, redovisas merkostnaderna för likströmsnätet i tabell 13. Kostnaderna är baserade på underlag från installatören av solcellsanläggningarna och likströmsnätet liksom kostnadsuppgifter från Ferroamp.

Tabell 13 Merkostnader för likströmsnätssystemet

Merkostnader likströmsnät	kr	Kommentar
Ferroamp växelriktare	19 000	+3 800 kr jämfört med växelriktare från Fronius, som annars används
Övrigt material (skåp, brytare, säkringar)	18 700	
Likströmsnät kanalisation, kablar, arbete för att installera likströmsnätet	20 900	
Arbetskostnad driftsättning	15 000	
TOTALT (kr)	73 600	
TOTALT (kr/kW)	2 433	

Livscykelkostnadsanalys (LCC)

Ovanstående kostnader har analyserats med hjälp av en livscykelkostnadsanalys för de enskilda systemen respektive systemet i ett likströmsnät. Faktorerna som skiljer systemen i kostnadsräkningen är investeringskostnaden och egenanvändningsgraden. För den producerade solelen erhåller Eksta intäkter genom elcertifikatsystemet, såld överskottsel samt egenanvänd solel. Eksta får inte skattereduktion för överskottsel som produceras vid nybyggnationen.

Resultaten redovisas med erhållna investeringsstöd på 30 %.

Indata för de ekonomiska beräkningarna redovisas i tabell 14.

Tabell 14 Indata livscykelkostnadsanalys

Anläggningens effekt	30,2 kW
Kalkylränta	2,5 %
Värde egenanvänd solet *	1,24 kr/kWh
Värde överskott solet **	0,30 kr/kWh
Egenanvänd solet enskilt system	35 %
Egenanvänd solet mikronätsystem	53 %

* Pris på el till hyresgästerna från Ekstas solcellsanläggningar

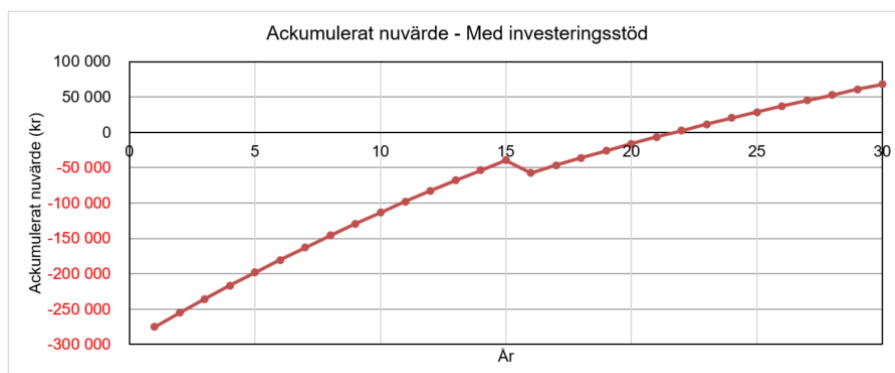
** Värde på solet såld till elnätet, exklusive skatter och moms

Enskilda system

Beräkningen av produktionspriset (LCOE) för de enskilda systemen resulterar i 0,61 kr/kWh. Det beräknade nuvärdet på solcellsinvesteringen resulterade i 75 239 kr. Återbetalningstiden som visas i tabell 15 och figur 32 är 21 år.

Tabell 15 Beräknad LCOE, nuvärde och diskonterad återbetalningstid för det enskilda systemet

LCOE med investeringsstöd	0,61 kr/kWh
Nuvärde	75 239 kr
Diskonterad återbetalningstid	21 år



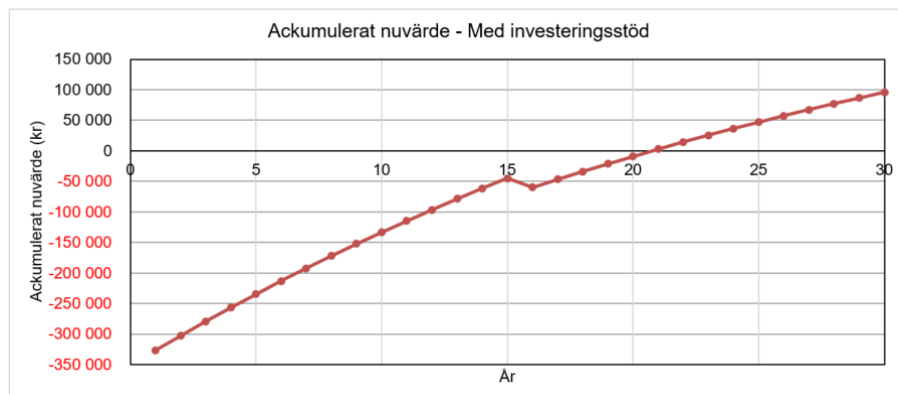
Figur 32 Ackumulerat nuvärde med investeringsstöd för det enskilda systemet

Mikronät

Resultat från LCC analysen för mikronät visas i tabell 16 och figur 33. LCOE-värdet och nuvärdet var högre för investering i ett mikronät-system än för enskilda system, 0,71 kr/kWh och 104 695 kr. Dock var återbetalningstiden två år lägre och resulterade i 20 år.

Tabell 16 Beräknad LCOE, nuvärde och diskonterad återbetalningstid för likströmsnätsystemet

LCOE med investeringsstöd	0,71 kr/kWh
Nuvärde	104 695 kr
Diskonterad återbetalningstid	20 år



Figur 33 Ackumulerat nuvärde med investeringsstöd för likströmsnätsystemet

Kommentar till stycket Kostnader

Det är viktigt att poängtera att likströmssystemet, som installerades under hösten 2017, utgör ett första pilotprojekt för både produktleverantören (Ferroamp), installatörsföretaget och beställaren (Eksta). I kostnaderna ingår lärotid och tid för att implementera ett nytt system i byggprojektet.

De kostnader som tillfallit installationen av likströmsnätet samt komponenterna från Ferroamp kan inte direkt jämföras med kostnader för enskilda solcellsanläggningar. Detta eftersom tekniken från Ferroamp ersätter en traditionell växelriktare men ger mervärde i form av effektstyrning och optimering anläggningens egenanvändning av solet. I systemet med Ferroamps produkter innefattas även batterier, vars kostnad och funktion inte ingår i uppställning av kostnader i de enskilda systemen. Kostnaderna för batterierna ingår inte i de ekonomiska kalkylerna, då studierna av dess funktion visade låg påverkan, se stycket *Systemets batterier* ovan.

Livscykelkostnadsanalysen visade på ett något högre LCOE-värde och nettonuvärde samt ett år lägre återbetalningstid för likströmsnätsystemet jämfört med det enskilda systemet. Detta eftersom likströmsnätet medförde en ökad egenanvändning av solet på 20 %-enheter. Mervärdet för den ökade egenanvändning av solet motsvarade därför investeringen för likströmsnätet.

Det är viktigt att poängtera att resultatet av livcykelkostnadsberäkningarna endast gäller för detta systems unika förutsättningar. Den relativt långa återbetalningstiden för de enskilda solcellsanläggningarna beror på att solcellsanläggningarna är placerade i väst- och östläge, vilket ger att den

totala årsproduktionen av solel är lägre än om de installerats i direkt sydlig orientering. Solcellsanläggningarna enskilt har även dimensionerats större än försörjning av de enskilda byggnaderna, vilket leder till en överproduktion som alltså påverkar lönsamheten negativt.

Vid förändrade förutsättningar för elbehov, solelproduktion, elpris, investeringsstöd, kostnader för likströmsteknik etc. påverkas LCC-kalkylen, dvs. lönsamheten och återbetalningstiden.

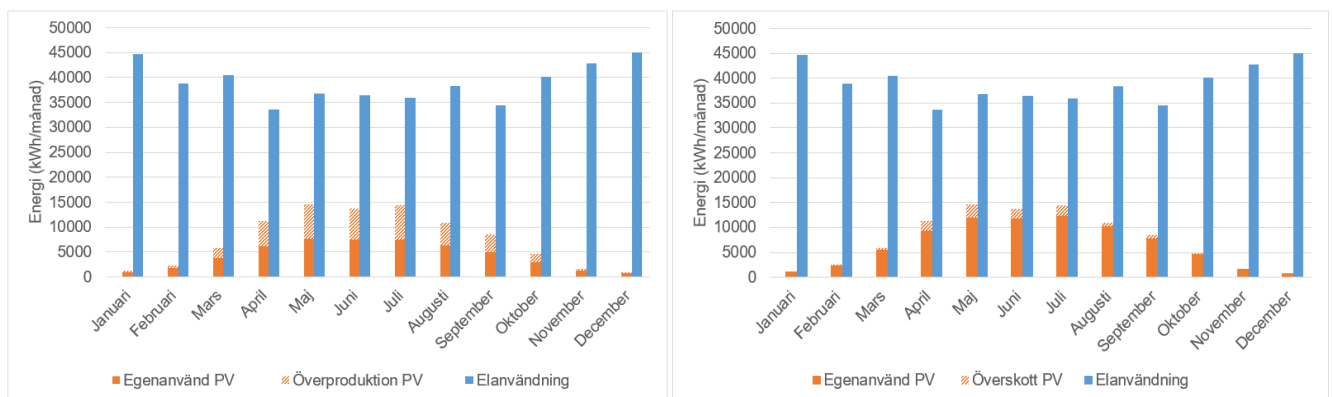
7.2. UTÖKAT FIKTIVT MIKRONÄT

Detta avsnitt redovisar beräknade värden för sammankoppling av nybyggnationer med befintliga byggnader i Ekstas område i Fjärås. Mätdata på elbehov liksom solelproduktion har utgjort underlag för beräkningar och har erhållits med timvärden från nätbolaget Ellevio respektive Eksta.

Elanvändning och solelproduktion

Följande avsnitt redovisar producerad solel uppdelat i värden för egenanvändning och överskott av solel liksom totalt elbehov för nybyggnationerna enskilt och sammankopplad i ett fiktivt mikronät. Överskottelen visas i två typer av diagram, ett stapeldiagram som presenterar den egenanvända solel, överproduktion och elbehov samt ett varaktighetsdiagram som jämför överskottsproduktionen då byggnaderna är enskilt samt i det fall de kopplas till ett mikronät.

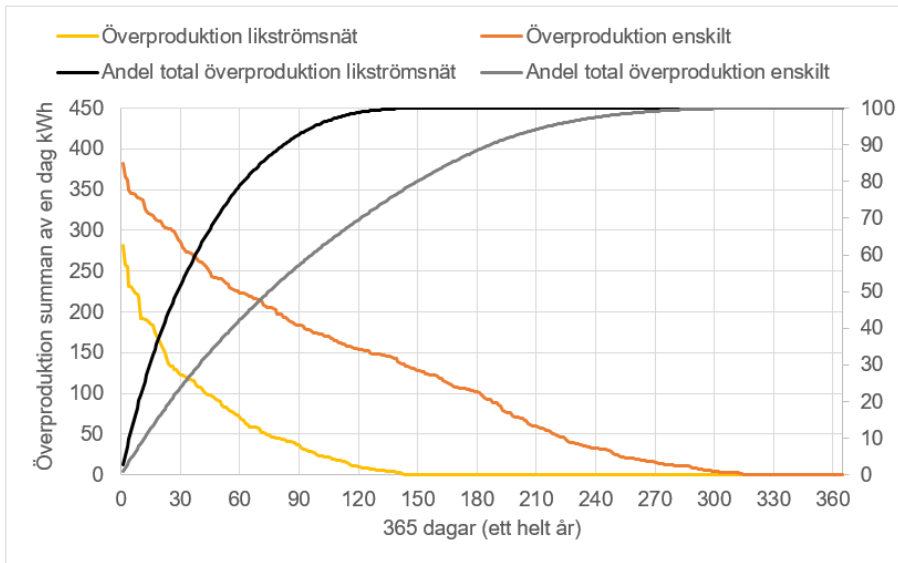
Resultatet för hela demonstrationsområdet, alltså nybyggnationerna inklusive de befintliga byggnaderna i ett teoretiskt mikronät, ger 11 % överskott av solel jämfört med summerade solelproduktion och elanvändning och överskott enskilt på 42 % för de enskilda byggnaderna, se figur 34.



Figur 34 Egenanvänd solel, överproduktion samt elanvändning per månad för hela demonstrationsområdet i ett enskilt respektive fiktivt mikronätsystem

Antal dagar med överproduktion minskar från 315 till 150 då solelen överförs mellan byggnaderna jämfört med ett enskilt system och maxeffekten minskar från 380 till 275 kWh/dag. Dvs. likströmsnätet möjliggör 165 färre

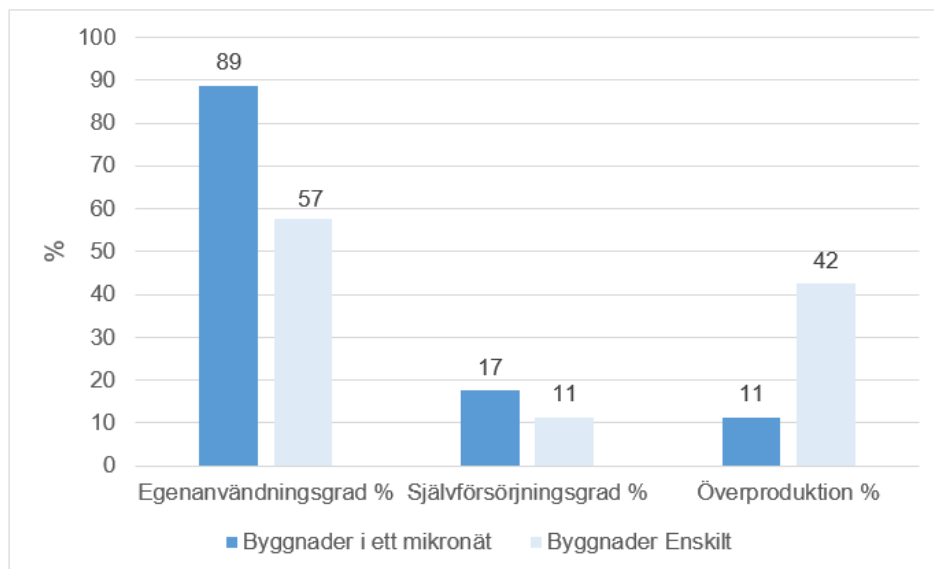
överskottsdagar samt en minskad topp effekt på ca. 100 kWh/dag, se figur 35.



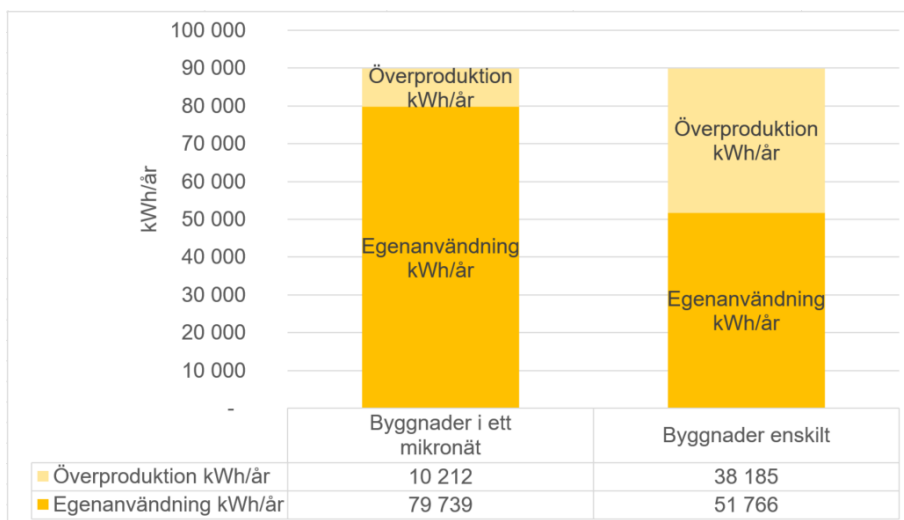
Figur 35 Antal dagar med överproduktion, överproduktionseffekt samt andel av det totala överskottet för hela demonstrationsområdet i ett enskilt respektive fiktivt mikronätsystem.

Potential till ökad egenanvändning

För hela demonstrationsområdet ökar egenanvändningsgraden med 32 %-enheter då byggnaderna befinner sig i ett likströmsnät vilket motsvarar 56 % mer solel som används inom området. Självförsörjningsgraden ökar med 6 %-enheter då överskottelen delas via ett likströmsnät vilket motsvarar en ökning på 54 %-enheter. Då egenanvändningen ökar minskar överskottet på solel med ca. en fjärdedel. Se resultat i figur 36.



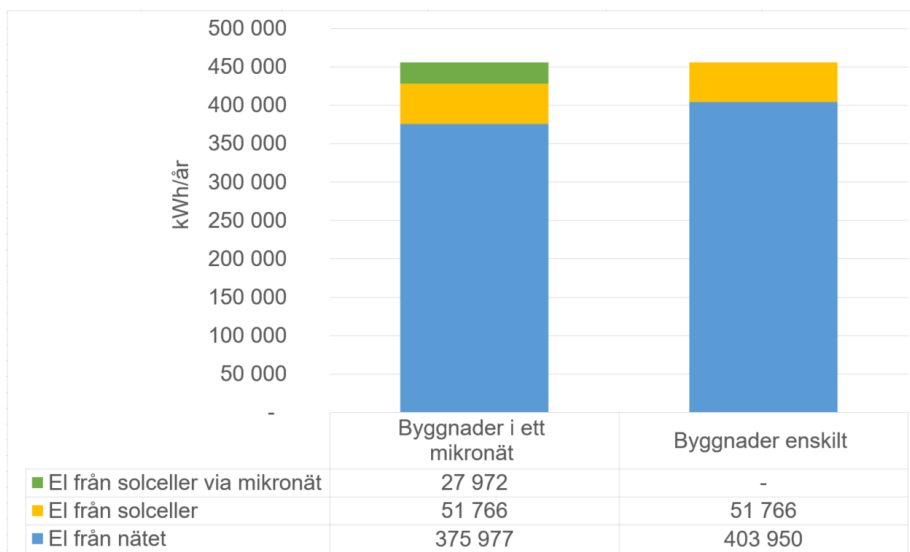
Figur 36 Egenanvändningsgraden, självförsörjningsgraden samt överproduktion för hela demonstrationsområdet i ett enskilt respektive fiktivt mikronätsystem



Figur 37 Egenanvänd soler respektive överproduktion för hela demonstrationsområdet i ett enskilt respektive fiktivt mikronätsystem

Figur 37 visar egenanvändningen och överproduktionen i enheten kWh/år. 89 % av solproduktionen används med ett gemensamt solelsystem jämfört med 57 % med ett enskilt system. Skillnaden på egenanvändningen motsvarar överföringspotentialen, d.v.s. solen som direkt används i demonstrationsområdet istället för elnätet.

Överföringspotential



Figur 38 Potential för ökad egenanvändning av soler med hjälp av ett fiktivt mikronät jämfört med enskilt system för hela demonstrationsområdet

Figur 38 visar att 82 % av områdets el köptes från elnätet då byggnaderna var kopplade via ett likströmsnät jämfört med 88 % i för enskilda system. Den soler som skulle kunna användas inom området istället för att köpa el från nätet utgör 6 % och motsvarar 28 000 kWh/år för området.

8. NATIONELL UPPSKALNING

I detta stycke används resultaten för ökad egenanvändning av solel baserat på mikronätsystemet installerad mellan flerbostadshusen. I medel ökade egenanvändningsgraden från 40 till 60 % då flerbostadshusen var i enskilda system respektive om de kopplades till ett mikronät. I detta stycke översätts den potentialen nationellt.

Utgångspunkten för beräkningarna har varit att ta undersöka vad ett incitament för ökad utbyggnad av solcellsanläggningar, exempelvis i detta fall möjligheten att dela solel till intilliggande byggnader antingen genom ett mikronät eller via det befintliga elnätet, skulle medföra i stor skala.

Aktuell potentiell lämplig takyta för solelproduktion vid flerbostadshus i Sverige har beräknats med underlag och information från Elisabeth Kjellsons rapport *Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige*, samt kompletteringar från den nationella statistikbasen^{13,14}. Beräkningsstegen redovisas i bilagan. Beräkningarna baseras på en årlig solelproduktion på 800 kWh/kW, en modulyta på 1,6 m² samt en topp effekt på 275 W.

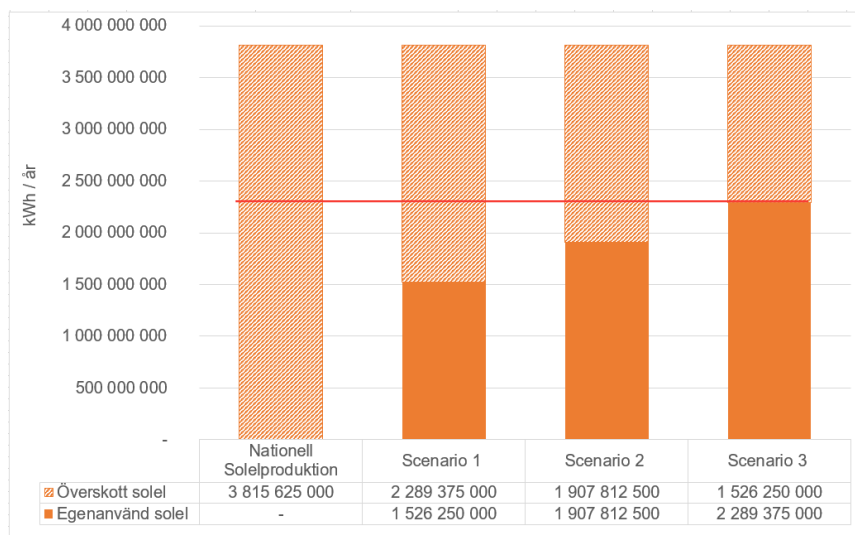
Den nationella solelproduktionspotentialen för beståndet för flerbostadshus i Sverige år 2018 beräknades vara 3 800 000 MWh (3,8 TWh). Potentialen till ökad solelproduktion med hjälp av möjlighet att dela solel med hjälp av ett mikronät och därmed öka egenanvändningen analyserades genom tre scenarier:

- **Scenario 1:** 100 % av flerbostadshustaken med bra förutsättningar producerar solel, 0 % av dessa delar med sig till lika många byggnader med dåliga förutsättningar
- **Scenario 2:** 100 % av flerbostadshustaken med bra förutsättningar producerar solel, 50 % av dessa delar med sig till lika många byggnader med dåliga förutsättningar
- **Scenario 3:** 100 % av flerbostadshustaken med bra förutsättningar producerar solel, 100 % av dessa delar med sig till lika många byggnader med dåliga förutsättningar

Figur 40 visar egenanvändning av solel respektive överskottselen för alla tre scenarier jämfört med den nationella möjliga solelproduktionen i kWh/år.

¹³ Kjellsson E, 2000

¹⁴ SCB, 2017



Figur 40 Beräknat nationell solelproduktion samt överskott respektive egenanvänd solel för scenario 1,2 och 3.

Resultaten från beräkningen för den nationella uppskalningen visar att om solel producerad vid flerbostadshus skulle öka genom införande av bättre ekonomiska förutsättningar för överproduktion i förhållande till den enskilda byggnaden (med hjälp av mikronät, det allmänna elnätet eller införandet av nettodebitering), skulle det kunna medföra motivation (genom ökad lönsamhet pga. delning) för en ökad utbyggnad som kan ge en årlig solelproduktion på 2,3 TWh.

9. DISKUSSION

Utgångspunkten för detta projekt har varit att Eksta, som projektutvecklare och fastighetsförvaltare, upplevt en begränsning vid utbyggnad av solcellsanläggningar vid nyproduktion. Dimensioneringen av anläggningarna begränsas till rådande elbehov vid de enskilda byggnaderna istället för möjligt utrymme på tak med goda förutsättningar för solelproduktion.

Ett huvudhinder för utbyggnadstakten ligger i låg ersättning för eller beskattning av den solel som inte används inom byggnaden.

Undersökningen av en möjlig lösning för att öka lönsamheten och därmed utbyggnationen av solcellsanläggningar i detta projekt har innefattats av installation av ett mikronät. Därtill även installation av smart styrning och batterilagring av solel. Utvärderingen har inte innefattat batteriernas funktion eller kostnadseffektivitet, varför ingen direkt jämförelse kan göras mellan system för byggnader enskilt och sammankopplade i ett mikronät. Andelen av batteriets nytta visas inte i utvärderingen, men den största nyttan av mikronätet hämtas från styrningen av systemets laster och delningen av solel mellan byggnaderna.

Utvärderingen av nyttan av ett mikronät har i detta projekt innefattat läro kostnader och inarbetning av system till befintliga tekniklösningar. Installationerna av både mikronät, likströmsteknik och styrsystem har varit förstagånginslag för beställare, installatörer och leverantörer, vilket medfört upprättande av nya arbetssätt för implementering. Utvärdering av mätdata har i denna rapport endast innefattat ett halvt års mätdata, med möjlighet att fortsätta utvärderingen inom Eksta i syfte att erhålla beslutsunderlag inför kommande utvecklingsprojekt. En fortsättning med fysisk inkoppling av det nu utvärderade fiktiva mikronätet skulle ge underlag för fortsatta studier kring mervärde, förstärkt utbyggnad av solcellsanläggningar och ökad lönsamhet av investeringarna. Därtill finns möjligheter att koppla elbilsaddning, vilket bidrar ytterligare last dagtid som skulle kunna öka egenanvändningen av området solel. För Ekstas del skulle en utbyggnad av ett mikronät även ge möjligheter att bygga ut de befintliga solcellanläggningarna. Det finns plats på tak i området med goda förutsättningar för solinstrålning. Möjlighet för delning av en ökad mängd producerad solel liksom elbilsaddning skulle kunna medföra god lönsamhet för förstärkt utbyggnad.

Den nationella uppskalningen av projektets resultat visar att det både finns stora outnyttjade taktytor, väl lämpade för solcellsanläggningar liksom att en ökad ekonomisk nytta genom system eller modeller för ersättning kan påskynda utbyggnadstakten av solcellssystem vid flerbostadshus i Sverige. En modell skulle kunna vara just ett fiktivt mikronät, där ägare av solcellsanläggning, elanslutning och även elbilsaddare skulle kunna taggas och krediteras liksom debiteras oberoende på var i elnätet "inloggningen" skulle ske. Genom flera aktörer på olika nivåer kan ett smart system, med utökade systemgränser, kanske även utanför Sveriges gränser förstärkt byggas upp för att uppnå målet 100 % förnybart energisystem. Politiken är viktigt för att möjliggöra utbyggnad, men det är aktörsledet som kommer bidra till ett decentraliserat elsystem.

10. SLUTSATSER

Resultatet från utvärderingen visar att om värdet för den överproducerade solelen som matas ut på nätet hade haft ett högre värde, hade det varit ett starkt incitament för uppförandet av större anläggningar. Detta resulterar i att i dagsläget istället maximera lönsamheten för soleanläggningen genom att optimera egenanvändningen av den producerade solelen på olika sätt. Ett av sätten är det som undersökts i detta projekt, delning av solem mellan egna byggnader.

För det nybyggda området har mikronätets installation medfört ökad egenanvändning av solelproduktion med 18 %-enheter, från 35 till 53 %. Självförsörjningsgraden för området är istället för 22 % för byggnaderna enskilt, 34 % i mikronätet.

Kostnaderna för installation av mikronät resulterat i ett nettonuvärde på 105 000 kr och en solelproduktionskostnad på 0,71 kr/kWh. Återbetalningstiden för hela anläggningen utgör 20 år.

Andra sätt är batterilagring eller exempelvis nettodebitering, där elnätet används som lagring och systemgränsen utökas till nationell nivå. Så länge investering i batterier inte medför kostnadsbesparingar för producerad, lagrad och därefter egenanvänd solem eller så länge ett nettodebiteringssystem har kunnat införas, skulle införandet av mikronät i bostadsområden kunna vara ett viktigt verktyg för ökad utbyggnad av solem i Sverige. För detta skulle ändringar i nätkoncessionslagen behövas. Nyligen redovisad utredning *Mindre aktörer i energilandskapet – förslag med effekt, Slutbetänkande av Utredningen om mindre aktörer i ett energilandskap i förändring, 2018:76* hänvisar till möjlig ändring av denna genom en nu pågående utredning som planeras redovisas i juni 2019.

För Eksta innebär projektresultaten möjligheter att utöka det faktiska mikronätet till det större område i Fjärås som studerats.

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 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. www.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



11. REFERENSER

- Gåverud H och Sernhed K, 2014. *Koncessionsplikten – i kollision med utbyggd mikroproduktion?* Elforsk. Rapport 14:01.
- Kadic Z, 2016. *Energimyndigheten har tagit fram förslag till solstrategi*. Energimyndigheten. <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solceller/forslag-till-solelstrategi/>
- Kjellsson E, 2000. *Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige. Rapport 2. Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor*. Rapport TVBH-7216. LTH, avdelningen för Byggnadsfysik, 2000.
- Lindahl J och Stoltz C, 2017. *National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2017*. IEA
- Lingfors D, 2017. *Solar Variability Assessment in the Built Environment*. Uppsala Universitet
- Notisum, 2017. *Ellag (1997:857)*. <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19970857.htm> [2018-07-30]
- Penttilä J. och Svantesson G. 2017. *Metoder och lösningar för att matcha solelproduktion och elanvändning – Förstudie*. BeBo
- Regeringskansliet, 2013. *Förordning (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen (1997:857)*. <http://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2007:215> [2018-07-30]
- Regeringskansliet, 2016. *Överenskommelse om den svenska energipolitiken*. <http://www.regeringen.se/artiklar/2016/06/overenskommelse-om-den-svenska-energiolitiken/> [2018-07-30]
- SCB, 2017. *Färdigställda lägenheter i nybyggda hus efter region, hustyp och lägenhetstyp. År 1991 – 2017*. http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BO_BO0101_BO0101A/LghReHtypLtAr/?rxid=6b64c10a-01ab-43c4-8aea-e2be8a9f5dc0
- Skatteverket, 2017. *Skattebefrielse för företag med omsättning på högst 30 000 kr*. <https://www4.skatteverket.se/rattsligvagledning/edition/2017.3/355541.html#h-Hur-beraknas-30000-kronorsgransen>
- Skatteverket, 2018. *Mikroproduktion av förnybar el*. <https://www.skatteverket.se/privat/fastigheterochbostad/mikroproduktionavfornybarel.4.12815e4f14a62bc048f41a7.html>
- Stridh B., 2016. *Investeringskalkyl för solceller*. Mälardalens Högskola. <https://www.mdh.se/forskning/inriktningar/framtidens-energi/investeringskalkyl-for-solceller-1.88119>
- Sveriges Riksdag, 2018. *Ellag (1997:857)*. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/ellag-1997857_sfs-1997-857

12. BILAGA

Bilagorna nedan redovisar resultat i detalj från beräkningar och som redovisats i sammanslaget i diagramform i rapporten. Dessutom redovisas jämförda värden mellan beräkningsresultat och mätdata för nybyggnationen sammankopplat i mikronät.

12.1. EGENANVÄNDNINGSGRADEN

Egenanvändningsgraden avser andel solel av den totala mängden producerad solel som används i fastigheten.

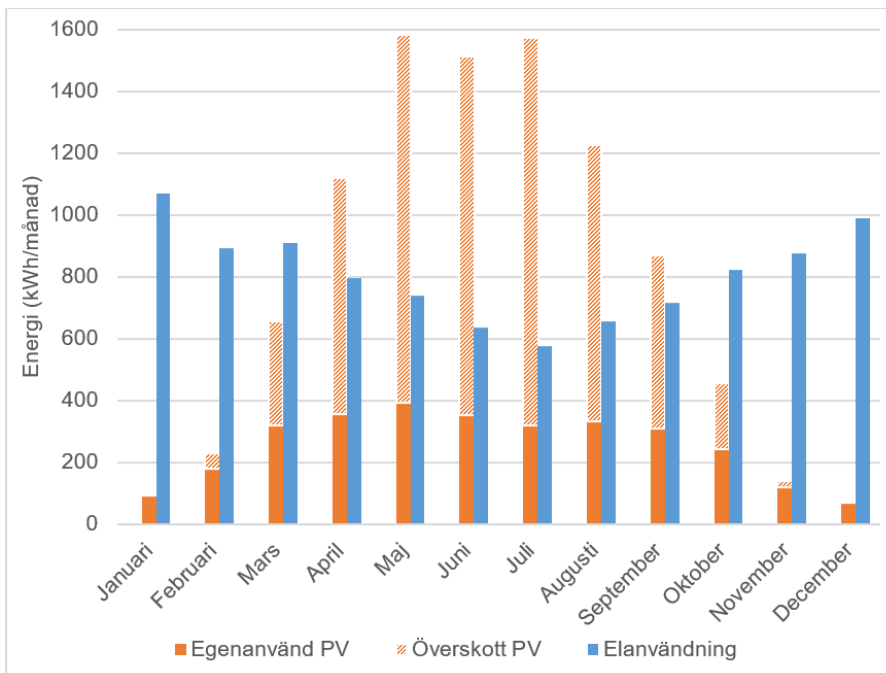
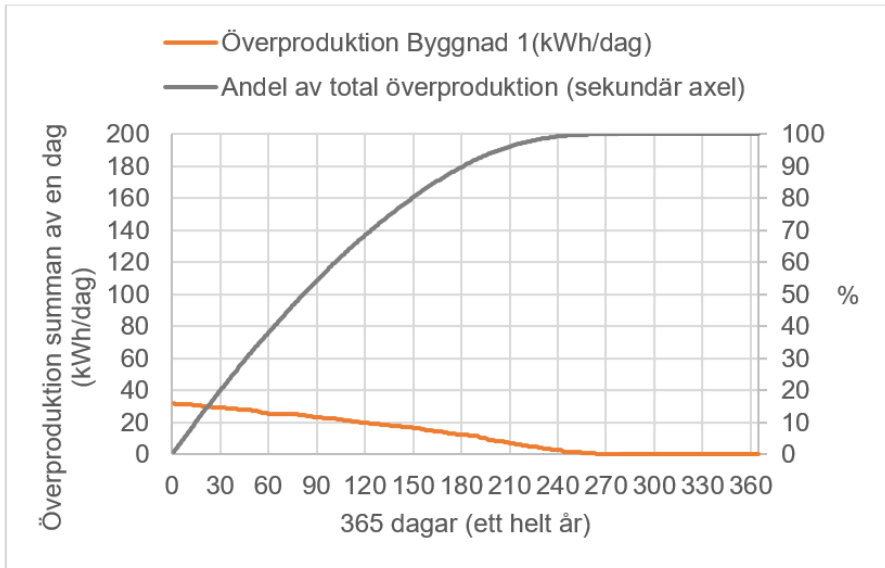
Självförsörjandegraden avser andel av fastighetens totala mängd el som kommer från solcellsanläggningen.

	EGENANVÄNDNINGSGRADEN	SJÄLVFÖRSÖRJNINGSGRADEN	SOLELPRODUKTION (kWh/år)	ELANVÄNDNING (kWh/år)
BYGGNAD 1	32 %	32 %	9 526	9 680
BYGGNAD 2	37 %	30 %	8 124	9 650
UC	43 %	36 %	5 802	6 832
FÖRSKOLA	22 %	13 %	27 076	46 523
GRUPPBOENDE	61 %	10 %	3 094	18 413
ÄLDREBOENDE	97 %	10 %	36 327	345 325

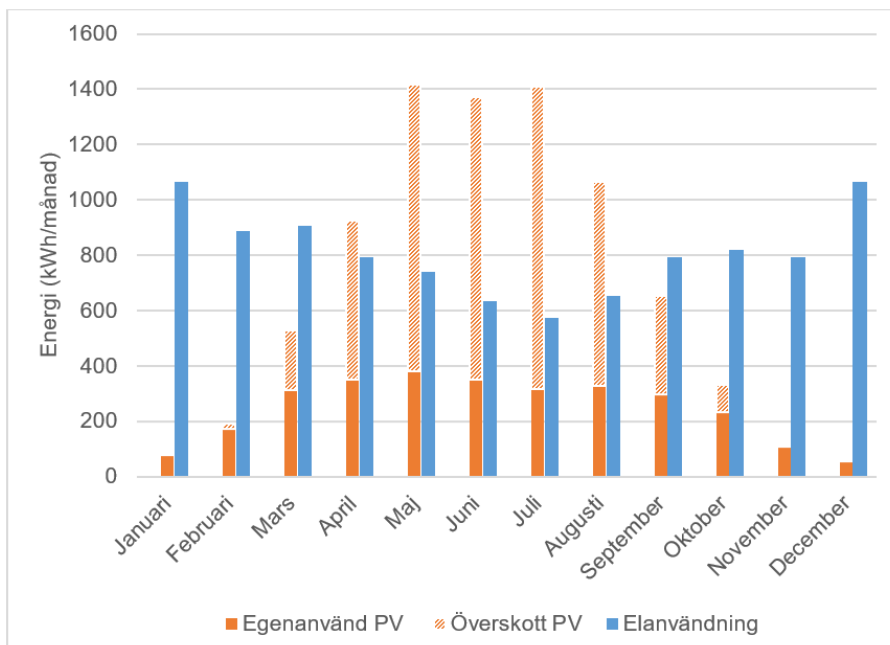
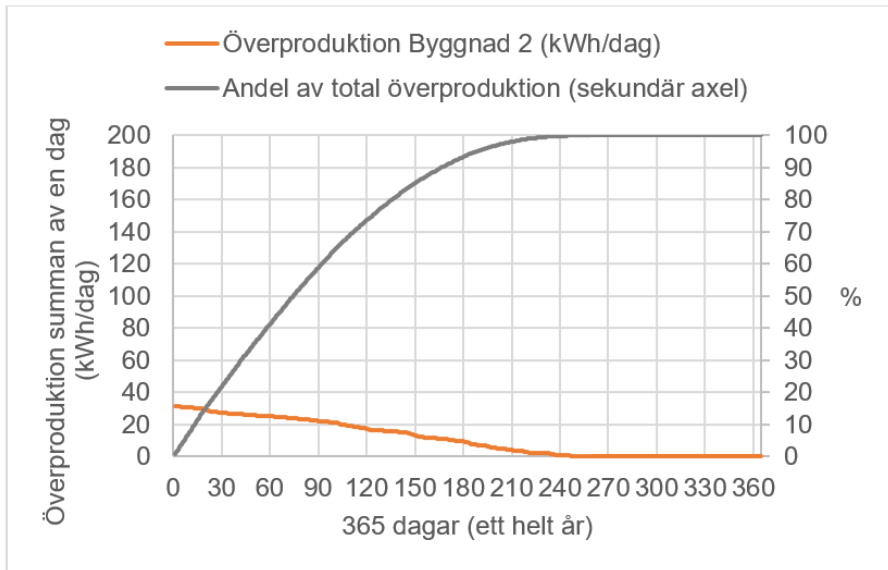
12.2. ÖVERSKOTTSEL

Överskottsel eller överproduktion av solel avser den solel som ej används i fastigheten utan matas in till elnätet.

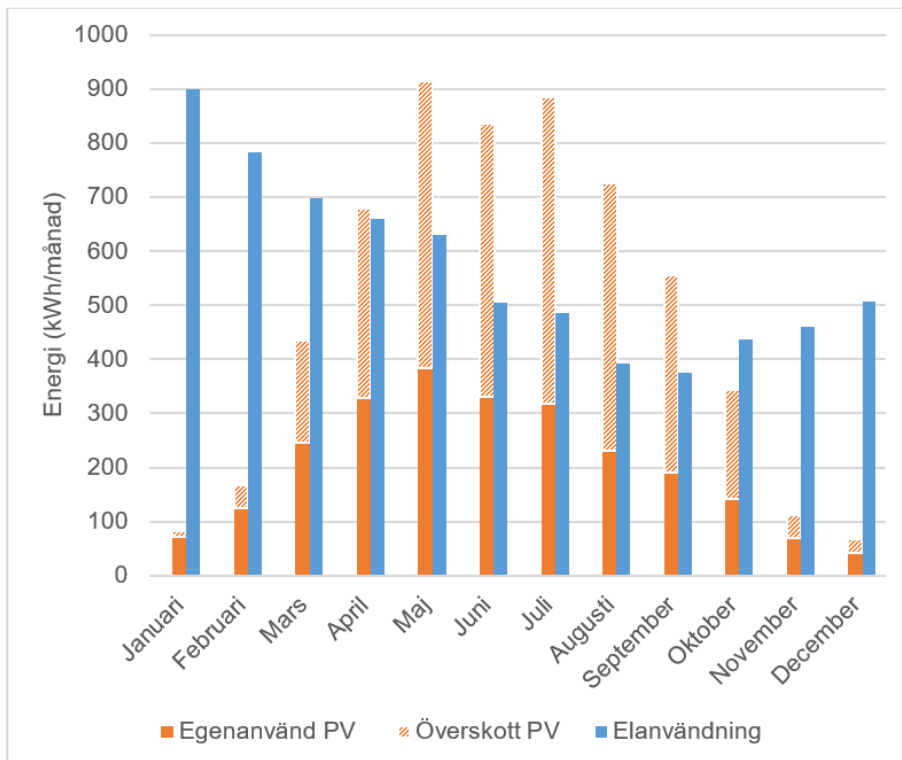
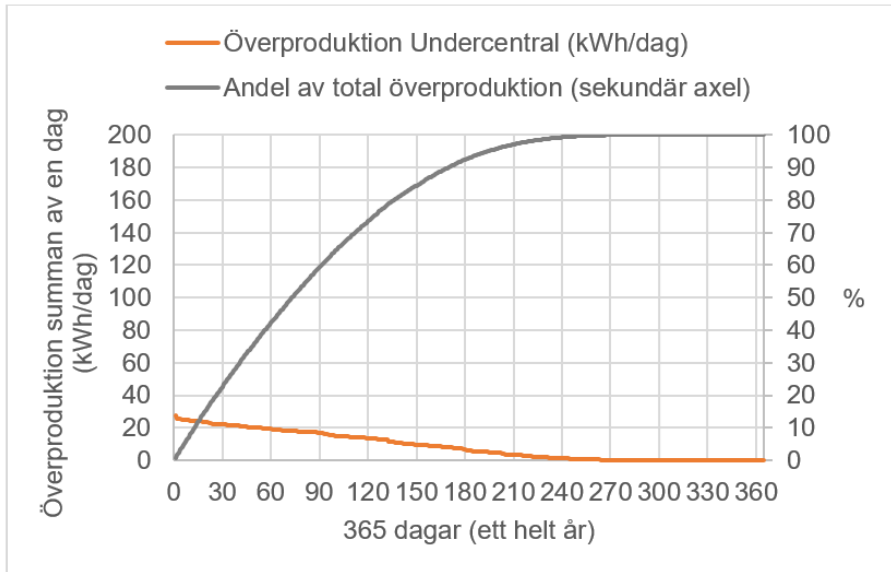
Nybyggnation byggnad 1



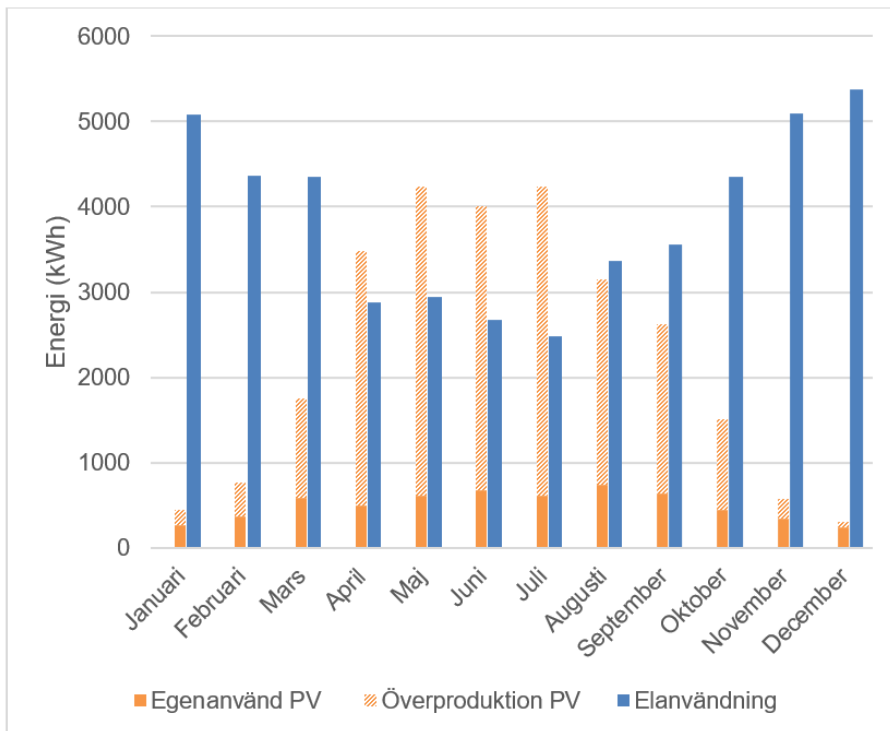
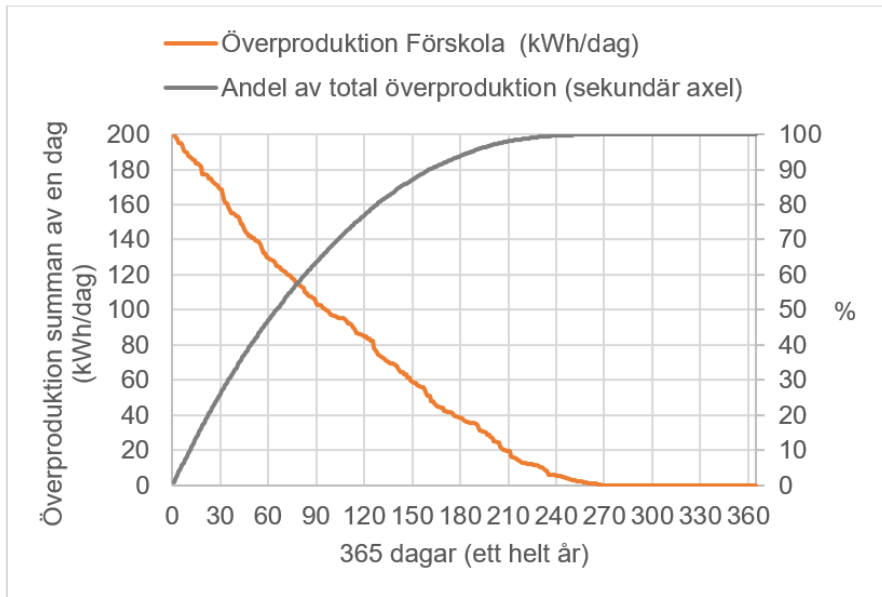
Nybyggnation byggnad 2



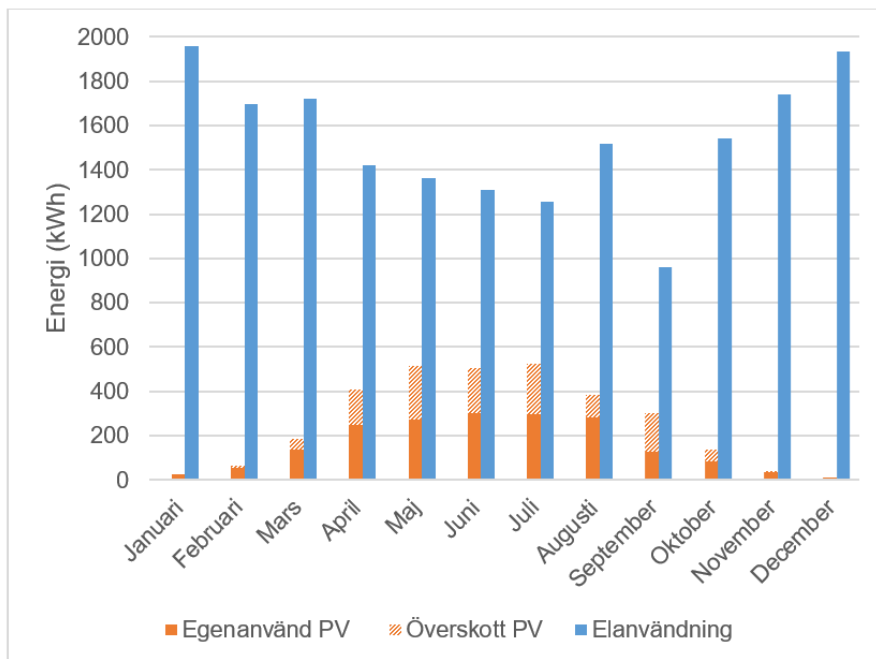
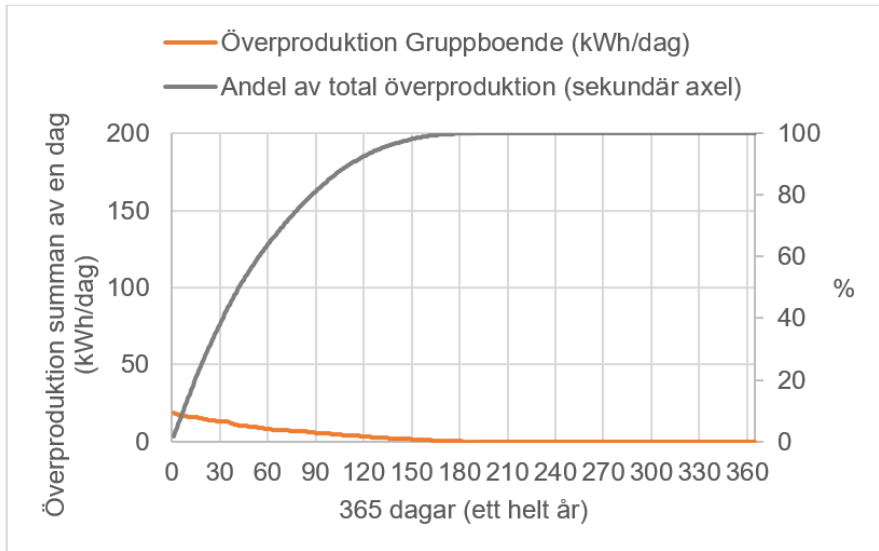
Nybyggnation undercentralen



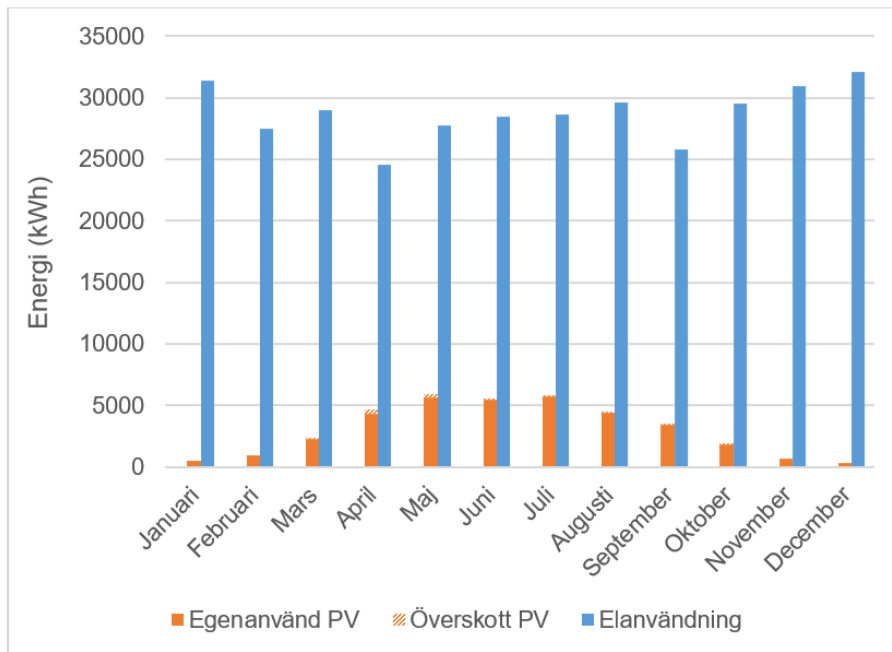
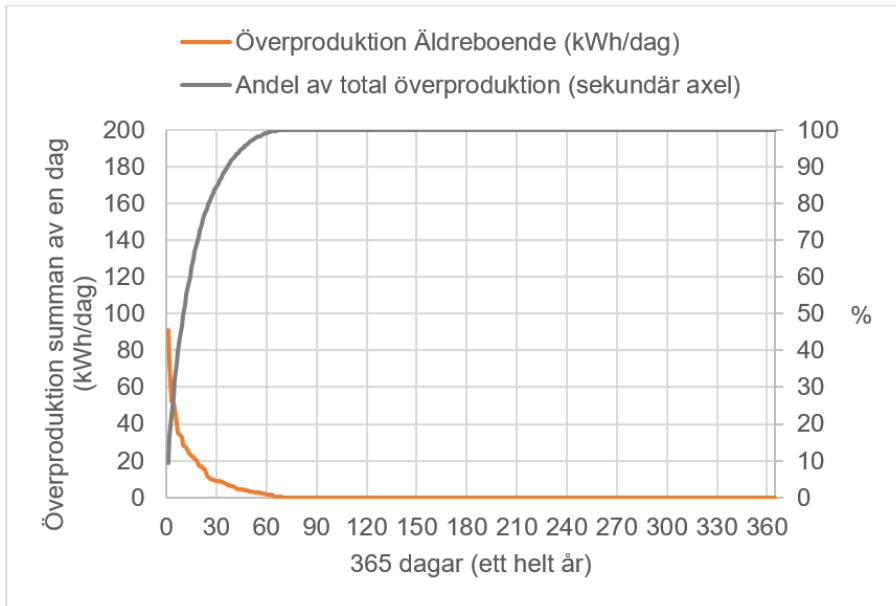
Förskolan



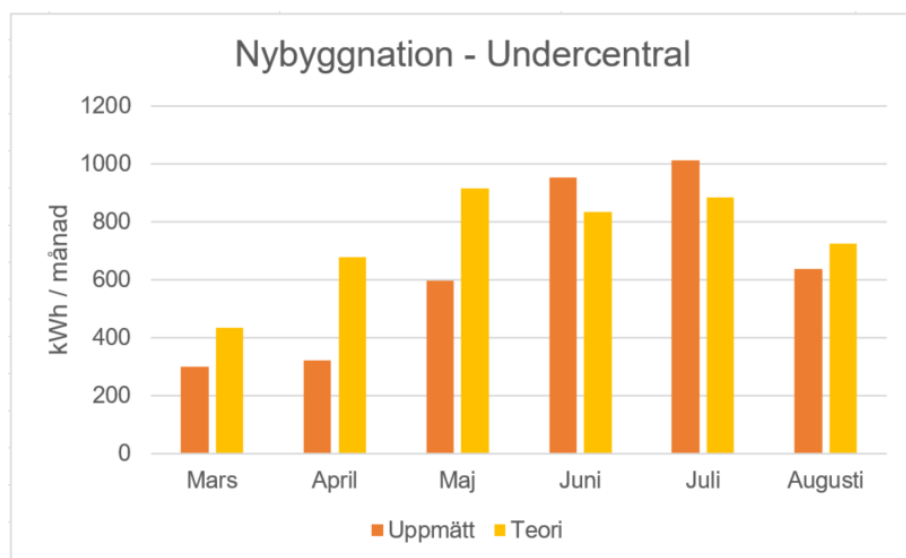
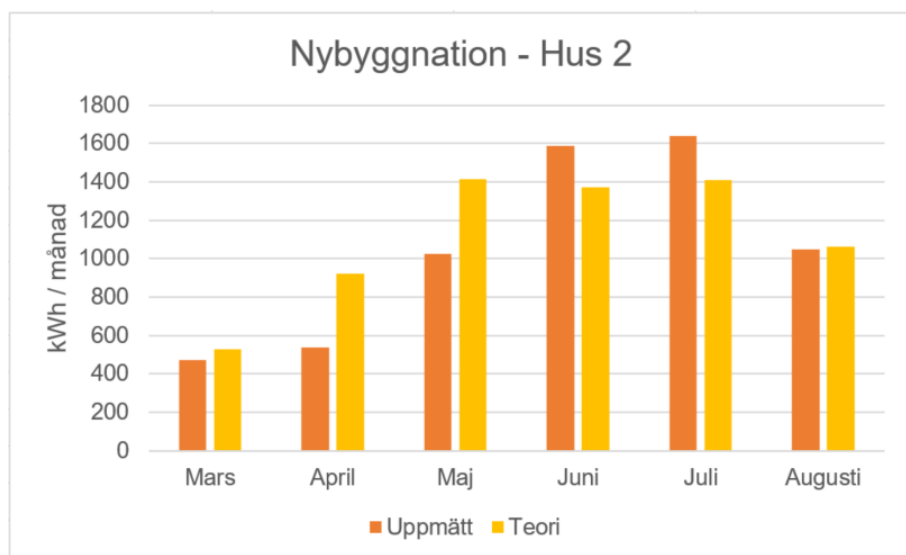
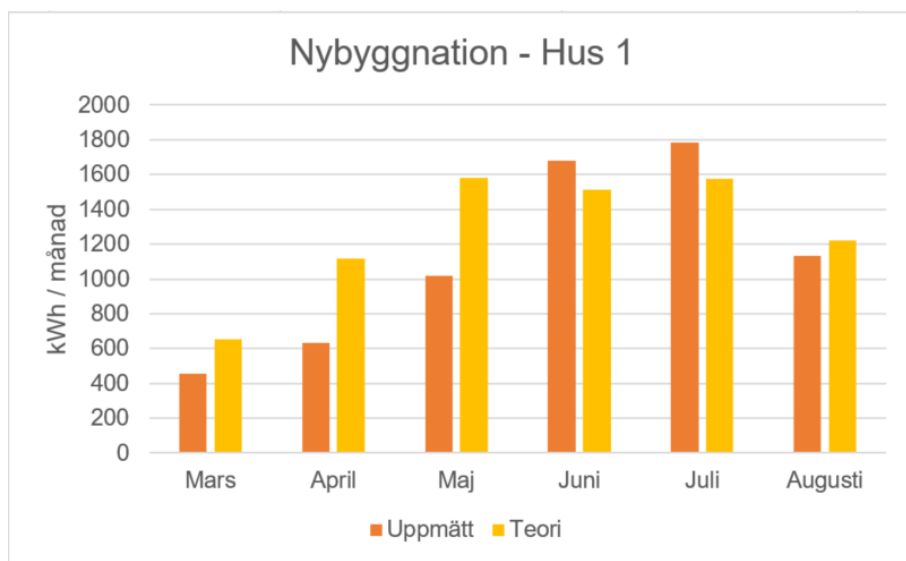
Gruppboende



Äldreboende



12.3. NYBYGGNATION - UPPMÄTT JÄMFÖRT MED BERÄKNADE VÄRDEN



12.4. NATIONELL UPPSKALNING

1. *Potentiell solel takyta flerbostadshus 2000 – 25 000 000 m²*
Referens: Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige. Rapport 2. Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor, Elisabeth Kjellsson. Rapport TVBH-7216. LTH, avdelningen för Byggnadsfysik, 2000.
2. *Potentiell solel takyta flerbostadshus 2018 – 27 750 000 m²*
Referens: 11 % ökning på flerbostadshus lägenheter mellan 2000 och 2018
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BO_B00101_BO0101A/LghReHtypLtAr/?rxid=6b64c10a-01ab-43c4-8aea-e2be8a9f5dc0
3. Effekt 275 W modul, 1,6 m² – 182 W/m²
4. Potentiell takyta flerbostadshus effekt 2018 =
27 750 000 m² * 182 W/m² = 4 769 531 W
5. *Årlig solelproduktion solcellsanläggning – 800 kWh/kW, år*
Referens: <http://bengtsvillablogg.info/2012/05/30/hur-mycket-ger-solceller-per-m2/>
6. Årlig solelproduktion flerbostadshus 2018 =
800 kWh/kW * (4 769 531 W) = **3 815 625 000 kWh**

SCENARIO 1

100 % av flerbostadshustaken med bra förutsättningar producerar solel, 0 % av dessa delar med sig till lika många med dåliga förutsättningar

Egenanvändningsgrad enskilt system (40 %) =
3 815 625 000 kWh * 0,4 = 1 526 250 000 kWh

Egenanvändningsgrad mikronätsyste (60 %) =

3 815 625 000 kWh * 0 = 0 kWh

Potentialen för ökad egenanvändning = 0 kWh

SCENARIO 2

100 % av flerbostadshustaken med bra förutsättningar producerar solel, 50 % av dessa delar med sig till lika många med dåliga förutsättningar

Egenanvändningsgrad enskilt system (40 %) =
3 815 625 000 kWh * 0,4 = 1 526 250 000 kWh

Egenanvändningsgrad mikronätsyste (60 %) =

$\frac{3\,815\,625\,000}{2} * 0,4 + \frac{3\,815\,625\,000}{2} * 0,6 = 1\,907\,812\,000 \text{ kWh}$

**Potentialen för ökad egenanvändning = 1 907 812 500 – 1 526 250 000 =
381 562 500 kWh**

SCENARIO 3

*100 % av flerbostadshustaken med bra förutsättningar producerar solel, 100
% av dessa delar med sig till lika många med dåliga förutsättningar*

Egenanvändningsgrad enskiltsystem (40 %) =
3 815 625 000 kWh * 0,4 = 1 526 250 000 kWh

Egenanvändningsgrad mikronätsystem (60 %) =
3 815 625 000 kWh * 0,6 = 2 289 375 000 kWh

**Potentialen till ökad egenanvändning = 2 289 375 000 – 1 526 250 000=
763 125 000 kWh**