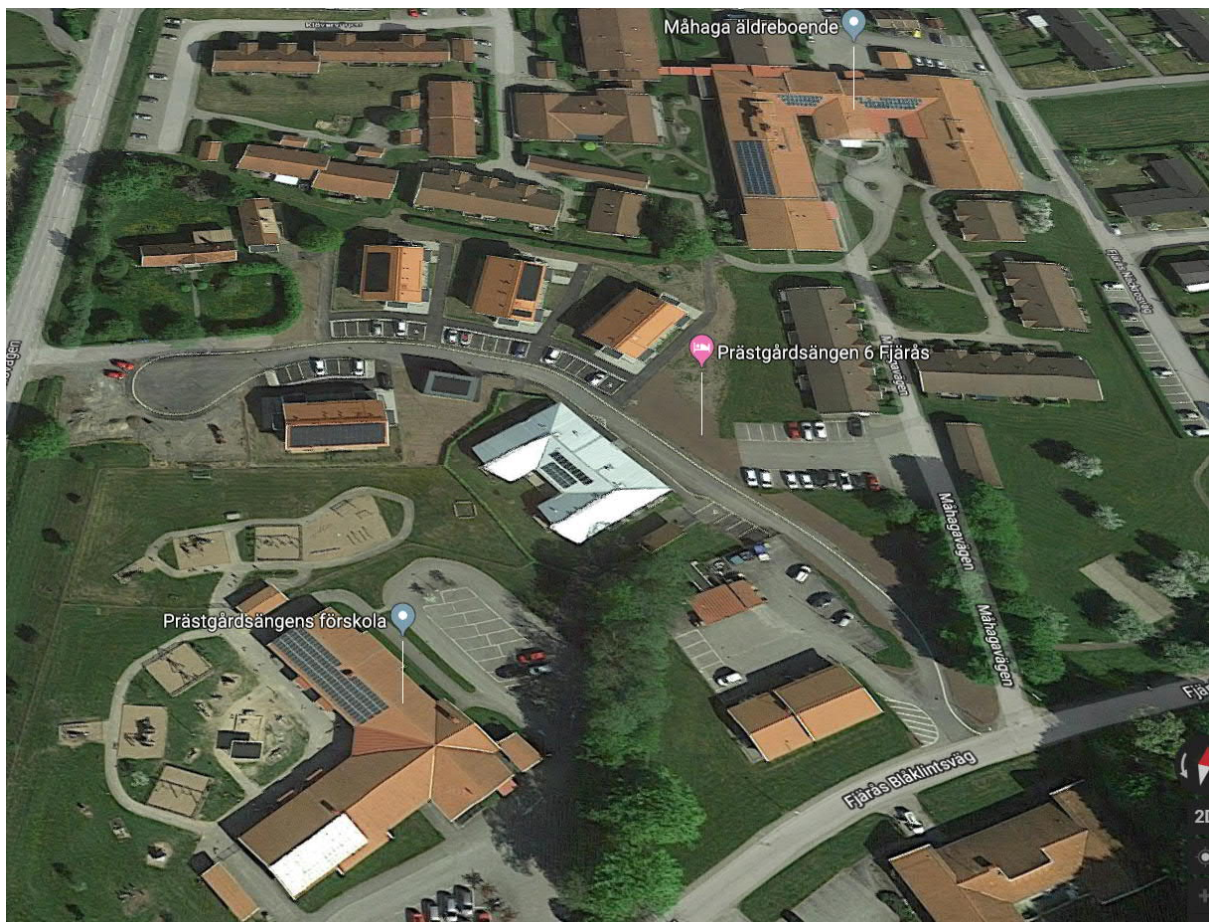


UTVECKLING AV HELHETSLÖSNING FÖR SOLEL I BEBYGGELSEN DEVELOPMENT OF TOTAL PV SOLUTION USING A MICROGRID

2019-10-31



UTVECKLING AV HELHETSLÖSNING FÖR SOLEL I BEBYGGELSEN DEVELOPMENT OF TOTAL PV SOLUTION USING A MICROGRID

Slutrapport

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

Förord

I detta projekt har Eksta Bostads AB, med finansiering från Energimyndigheten, testat teknik och systemlösningar för att maximera lönsamheten och nyttan med solcellsanläggningar i nybyggnation kopplat till befintlig bebyggelse. Utöver Eksta Bostads AB har även Ferroamp Elektronik AB varit projektdeltagare samt medfinansiär och på uppdrag av Eksta Bostads AB har WSP Sverige AB lett projektet liksom utfört analyser och beräkningar.

Sammanfattning

I detta projekt har Eksta Bostads AB, med finansiering från Energimyndigheten, testat teknik och systemlösningar 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 solceller som säljs till elnätet. Projektets mål har därför varit att utvärdera hur ett mikronät kan bidra till ökad egenanvändning av solceller genom att överföra solceller mellan byggnader med hjälp av två koncept. Det ena är att utvärdera energianvändning samt solcellerproduktion från ett installerat mikronätsystem mellan fyra nybyggda flerbostadshus. Det andra är att teoretiskt utvidga mikronätet även till fyra närliggande byggnader i Ekstas bestånd (äldreboende, förskola, gruppboende och expedition) och utvärdera energianvändning samt solcellerproduktion i ett mikronät även där.

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 solceller. Starkströmsledning får inte anläggas för delning av solceller mellan byggnader som tjänar som bostäder enligt Nätkoncessionslagen. Dock finns undantag från koncessionsplikten i vissa fall. För att kunna genomföra detta pilotprojekt har undantagen i Förordning (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen, 22 a § och 30 § tolkats som giltiga för att överföra solceller mellan byggnaderna, vilket bekräftats i samtal med elnätägaren.

Utvärderingen av nybyggnationens mikronät baserades på tolv månaders mätdata från Ferroamps uppföljningsportal. Mikronätets bidrag till ökad egenanvändning av solceller mättes till 4 347 kWh/år vilket motsvarade 20 procentenheter mer ökning av egenanvänd solceller. Utvärdering av hela områdets teoretiska potential för ökad egenanvändning av solceller baserades på alla byggnaders elanvändning samt solcellerproduktion. Det teoretiska mikronätets bidrag till ökad egenanvändning av solceller beräknades till 28 000 kWh/år vilket motsvarar att 32 procentenheter mer solceller 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 solcellerproduktionskostnad på 0,71 kr/kWh. Återbetalningstiden för anläggningen är 20 år.

Överföring av solceller mellan byggnader med hjälp av ett mikronät bidrar till ökad egenanvändning av solceller och kan därmed bidra till att maximera lönsamheten för den producerade solelen. Detta i sin tur skulle ge incitament för fastighetsägare att bygga större solcellsanläggningar än enbart för användning av solceller inom byggnaden. I dagsläget är Nätkoncessionslagen liksom regler kring energiskatt största hindren för en stark utbyggnation av solcellsanläggningar i Sverige. En utredning kring Nätkoncessionen och reglerna för icke-koncessionspliktiga nät har genomförts och resultaten presenterades i 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 Elektronik AB. 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. First, the project 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 office) 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 from regulation 2007:215, article 22a and 30, were used to install a microgrid in this project enabling the transfer of solar electricity between buildings. The usage of these exceptions was approved by the electricity grid owner.

The evaluation of the installed microgrid between the residential buildings was based on twelve months measurement data from Ferroamps monitoring program. The installed microgrid contributed to an increase of 4 347 kWh solar electricity per year directly used by the residential buildings instead of delivered to the grid, which corresponded to a 20-percentage increase in self-consumed solar electricity. The theoretical microgrid contribution to an increase of self-consumed solar electricity was calculated to 28 000 kWh per year which corresponded to a 32-percentage increase in 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 payback time of 20 years.

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 strong increase of PV-system installations. Consequently, an investigation evaluating the current exceptions in the Swedish electricity laws has been conducted and the results were presented in June 2019.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	8
2. BAKGRUND	8
3. FÖRUTSÄTTNINGAR	10
4. MIKRONÄT	13
5. GENOMFÖRANDE	16
6. STUDERADE BYGGNADER	19
7. RESULTAT	31
8. NATIONELL UPPSKALNING	43
9. DISKUSSION	45
10. PUBLIKATIONSLISTA	46
11. SLUTSATSER	47
12. REFERENSER	48
BILAGOR – REDOVISNING AV BERÄKNINGAR	50

ORDLISTA

Toppeffekt	Den effekt som solcellsmoduler märks med utifrån test vid tillverkning under så kallade STC-förhållanden (standardtestförhållanden). Anges i enheten W_t , alternativt W_p (eng. "peak").
Installerad effekt	Summan av solcellsmodulernas toppeffekt i en solcellsanläggning. Anges i enheten W_t , alternativt W_p (eng. "peak").
Egenanvändning	Den el som produceras i en solcellsanläggning under en given tidsperiod och som 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 till 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 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 för 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.

Slutredovisning av projektet till Energimyndigheten sker enligt beslut 2019-10-31.

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 nyttjandegrad 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. Det 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 var att utvärdera möjligheten att öka egenanvändning av solel genom ett mikronät, samt undersöka möjligheten till energieffektivisering genom applikation av likströmsteknik.

Ytterligare mål med projekt var att dess resultat skulle kunna bidra till nya möjligheter och modeller för Kungsbacka kommun inom solenergiområdet. Dessa modeller skulle tillföra ett systemperspektiv samt integrera och optimera användningen av den egengenererade solen genom optimerad styrning.

Potentialen för ökat mervärde av solel genom ett mikronät skulle också skalas upp till nationell nivå. Detta för att visa potentialen för utökad utbyggnad om förutsättningarna för delning av egengenerad solel skulle ändras tack vare nya regler.

Syftet var att projektresultatet skulle kunna 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 skulle användas som underlag för att belysa tekniska och juridiska aspekter kopplat till möjligheter att förflytta förnybar el mellan byggnader.

I projektet användes Ferroamps produkt EnergyHub och dess likströms-mikronät. Systemet, som använder likströmsteknik, gav fördelar i form av minskade transmissionsförluster och möjliggjorde sammankoppling av byggnader till ett mikronät i vilket solcellsanläggningar och batterilager kunde anslutas.

Hittills har branschens arbete med energieffektivisering i fastigheter ofta bestått i att utvärdera energianvändning (kWh), där underlaget levereras av elmätare som anger total energianvändning under en given timme. Problemet med mätning på traditionellt vis är att fastighetsägare inte får tillräckligt med information om hur energin används. Systemet som testades i detta projekt använde högupplöst data på sekundnivå, för fastighetens tre fasledare. Mervärdet förväntades bestå i att få ett strategiskt verktyg och ett bättre underlag för energieffektivisering.

2.2. AVGRÄNSNINGAR

Projektet begränsades 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 begränsades till tolv månaders mätdata.

Utvärderingen av mikronätets bidrag till ökad egenanvändning av solel baserades på mätdata från byggnadernas solelproduktion och elanvändning. I det uppförda mikronätet för de nya bostadshusen installerades även ett batterilager. Batterilagrets inverkan på systemet undersöktes till viss del, men inte på detaljerad nivå.

Till följd av att mikronätssystemet från Ferroamp endast installerades mellan flerbostadshusen, baserades beräkningarna för hela området på ett fiktivt mikronätssystem.

3. FÖRUTSÄTTNINGAR

Rådande förutsättningar kring skatter, avgifter, lagar och bestämmelser påverkar möjligheterna att optimera egenanvändningen av 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 styr mot en ökad utbyggnad av solenergianläggningar. Till exempel enades Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna 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 den senaste nationella rapporteringen kring installerade solcellsanläggningar i Sverige bedöms den årliga elproduktionen av solel vara cirka 0,3 TWh.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. Lönsamheten beror både på regler kopplat till skattelagar och ellagen, och dimensioneringen av solcellsanläggningarna. Som exempel blir överskott av solel som matas in till det koncessionspliktiga nätet belagt med energiskatt och mängd köpt el i aktuell anslutningspunkt över året påverkar möjligheten för skattereduktion.⁵ Solel som matas in till elnätet ersätts på olika sätt beroende på elhandelsbolagets taxemodell, men det är fortfarande vanligast att säljaren enbart får ersättning motsvarande marknadens spotpris. Figur 1 visar värdet på köpt el för olika aktörer. Det är det denna köpta el som ersätts av egenproducerad solel och inköpskostnaden visar värdet för den egenproducerade elen.

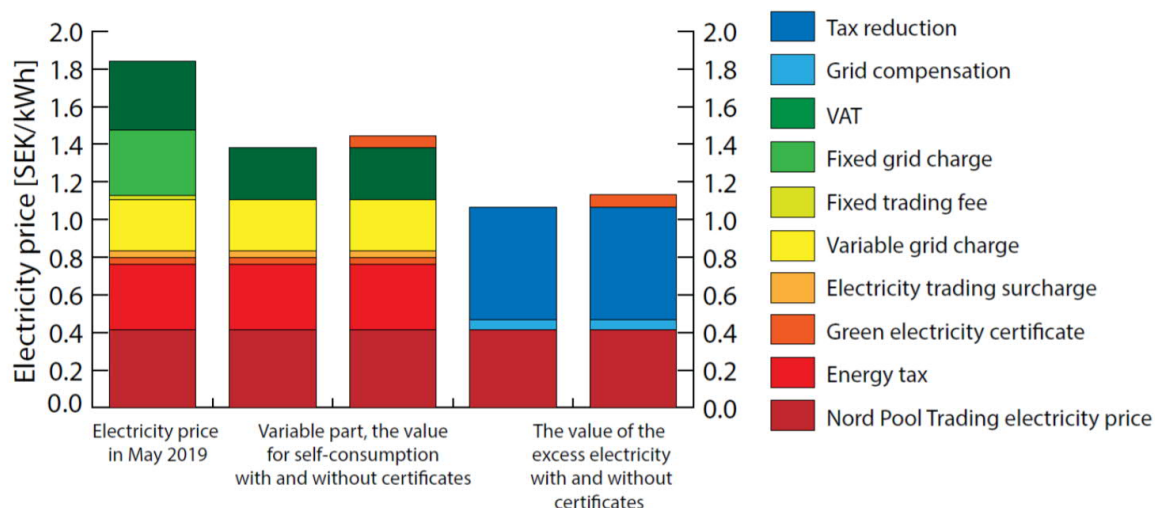
¹ Regeringskansliet 2016

² Kadic 2016

³ Lindahl m fl, 2019

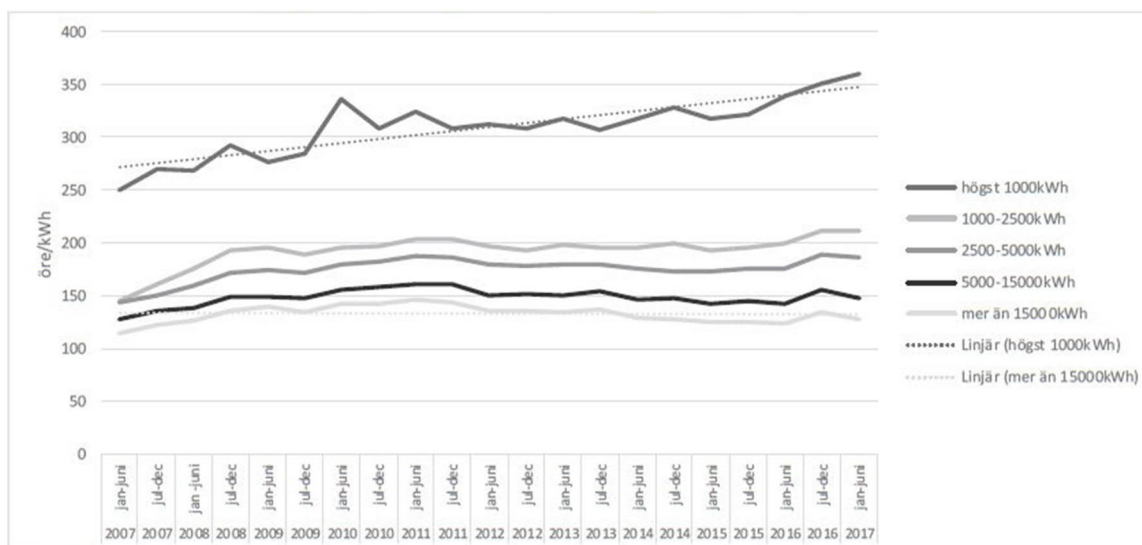
⁴ Undantag finns tex för industri och lantbrukare som är energiskattbefriade

⁵ Skatteverket 2017 och 2018



Figur 1 Värdet av en kWh producerad sol i relation till en kWh köpt el.
Källa National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2018, J. Lindahl m fl, 2019

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
- Elbehovets profil, alltså vid vilken tidpunkt byggnaden har behov av el
- Solcellsanläggningens elproduktion
- Tidpunkt då solelen genereras
- Eventuell energilagring och lagerkapacitet, exempelvis batterier eller elbilsladdning

Förutom den ekonomiska nyttan av den egenanvända solelen kan produktion av solceller även bidra till en positiv betygssättning inom miljöcertifieringssystem (Miljöbyggnad, LEED, BREEAM). Ur elnätsägarens perspektiv kan lokalt producerad och använd solceller minska transmissionsförluster i elnätet.

Det finns olika tillvägagångssätt att matcha solcellerproduktionen mot elbehovet. Tre metoder för denna matchning undersöktes inom ramen för ett förstudie inom Energimyndighetens beställarnätverk för energieffektiva flerbostadshus, BeBo.⁶ Inom ramen för projektet utvärderades möjligheterna för matchning genom att variera riktning och lutning av solcellermoduler, med hjälp av energilagring och genom styrning av laster. Samtliga metoder visade teoretisk möjlighet att öka egenanvändningen av producerad solceller. Genom projektet identifierades också 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 användningen av egenproducerad solceller i tiden visade sig vara mer kostsamt än mervärdet för ökad egenanvändning. Styrning av laster gav den högsta teoretiska potentialen för ökad lönsamhet genom ökad egenanvändningsgrad.⁶

3.2. ELKONCESSIONSLAGEN

Ur ett systemperspektiv när det gäller 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 solcellerkonsumenten 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 starkströmsledningar (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 förordning (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen. Undantagen skrevs för att underlätta byggandet av främst vindkraft men också på längre sikt solcelleranläggningar. Industriplanläggningar, flygplatser och byggarbetsplatser har tillstånd att bygga ett internt nät utan nätkoncession men undantaget gäller inte bostadshus.⁸ Området Fjärås består av flera byggnader med egengenererad 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)

⁶ Penttilä et al. 2017

⁷ Sveriges Riksdag 2018

⁸ Regeringskansliet 2013

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)

Med utgångspunkt från dessa undantag samt avstämning med den lokala elnätsägaren Ellevio 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 energi kan distribueras och användas i form av 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 sker 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 över långa distanser. Ett "universalsystem" baserat på växelström utvecklades till dagens överföring och distributionsnät.

Likströmstekniken har utvecklats och uppnått popularitet för kabelöverföring med sjökabel och lokala likströmsmikronät.

Fördelarna och nackdelarna med likströmstekniken beror på spänningsnivån och de aktuella applikationerna.

Vid högspänningsapplikationer över långa distanser är ett likströmssystem fördelaktigare än växelström, t.ex. högspänningstransmissionsledningar (HVDC High Voltage Direct Current) förlagda på havsbotten. Nackdelarna är behovet av komplexa och ofta dyra växelriktare, behov av löpande

underhåll och att störningar i nätverket kan uppstå pga. omvandlingsprocessen.

4.1. SOLCELLSANLÄGGNINGAR OCH DESS PÅVERKAN PÅ ELNÄTET

En solcellsanläggning genererar likström som kan användas direkt för lågspänningsapplikationer såsom laddning av batterier i elfordon.

Utvecklingen av solcellstekniken och fallande priser har resulterat i en växande marknad och ett tilltagande antal solcellsanläggningar som ansluts till distributionsnätet. Att distribuera 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 kan 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 mindre områden. Det vanligaste LVDC-systemet matas av solceller med en bipolär topologi som genererar ± 760 V DC.

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

I studier från Uppsala universitet på enskilda elnät har man 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 för generella applikationer, men de visar att det finns mycket utrymme kvar för anslutning av solcellsanläggningar innan elnäten påverkas avsevärt.⁹

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

4.2. MIKRONÄT MED SVENSK TEKNIK

Ferroamp är ett svenskt företag som bildades 2010, med en affärsidé som baseras på en ny uppfinning, EnergyHub-systemet, som optimerar elanvändningen i en fastighet eller mikronät. EnergyHub 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 funktionalitet för backup kan adderas.

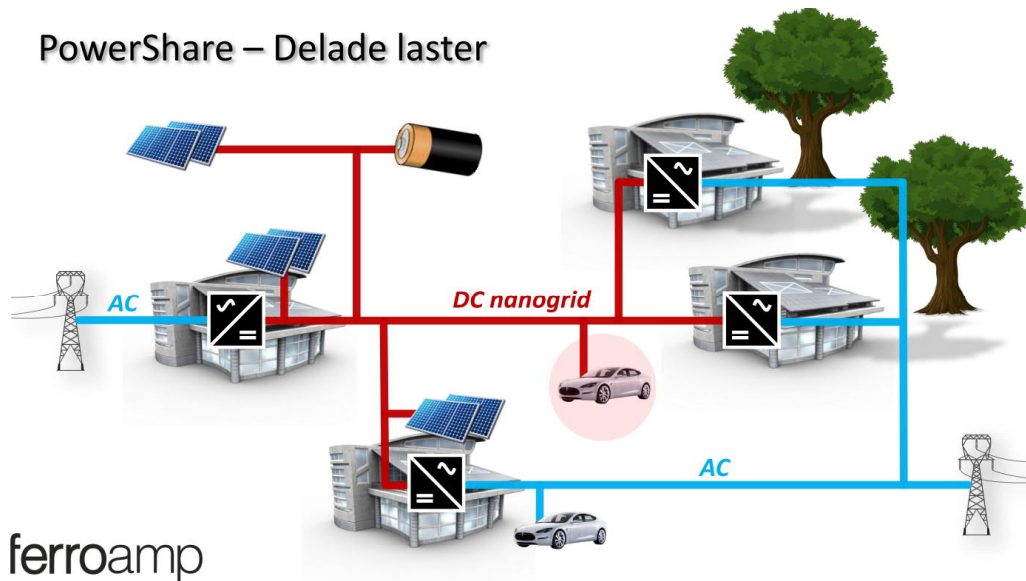
Systemet har ursprungligen utvecklats för att fungera som ett strategiskt verktyg för energi och effektoptimering i fastigheter, där högupplöst mätning av fastighetens förbrukningsdata används för beslutsstöd och systemets operativa styrning. Solelproduktion, lagring av elenergi och styrning av elflöden möjliggörs med flexibel kraftelektronik. EnergyHub kopplar samman

⁹ Lingfors 2017

likströmsdrivna resurser såsom sol, laddning av elfordon och backupfunktioner i ett gemensamt likströmsnät i syfte att använda lokalt producerad sol och samtidigt minska omvandlings- och kabelförluster jämfört med traditionella växelströmsystem.

EnergyHub-systemet används normalt i en byggnad för att optimera energiproduktion och egenanvändning. Företagets PowerShare-teknik är en vidareutveckling där sol, lagring och lastvariationer delas mellan flera byggnader i ett lokalt mikronät. Detta gör att byggnader med dåliga förutsättningar för produktion av sol kan användas för att konsumera lokalt producerad sol och minska inmatning av el till elnätet.

PowerShare – Delade laster



Figur 3 Likströmsnät med delad sol 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 och har egna förutsättningar, men enligt Ferroamp är generella fördelar med ett mikronät som bygger på likström t ex:

- 5 – 40 % lägre behov av kraftelektronik
- Minst 50 % reduktion av omvandlings- 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 en tänkt sammankoppling av flera byggnader med olika funktioner i ett större område. Denna lösning har simulerats och utvärderats teoretiskt.

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 området Fjärås i Kungsbacka kommun.

Mikronätet bygger på likströmsteknik. De mätdata som har samlats in för systemet innefattar

- byggnadernas elbehov och förläggning i tiden,
- solcellsanläggningarnas produktion och förläggning i tiden,
- mängden solel som delas mellan byggnaderna i mikronätet, mätdata.¹⁰

Flerbostadshusen färdigställdes hösten 2017, inflyttning skedde i november och december 2017, varefter insamling av mätdata startade.

Det installerade systemet, som använder Ferroamps teknik, består av:

- 5 st EnergyHub á 14 kW
- 5 st solsträngsoptimerare (SSO) anslutna till solcellsmodulerna
- 3 st energilagringsmoduler á 7,2 kW med varsin optimerare (Energy Storage Optimizer ESO)¹¹

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. Styrningen av upp- och urladdning av batterilagret sker enligt tre principer.

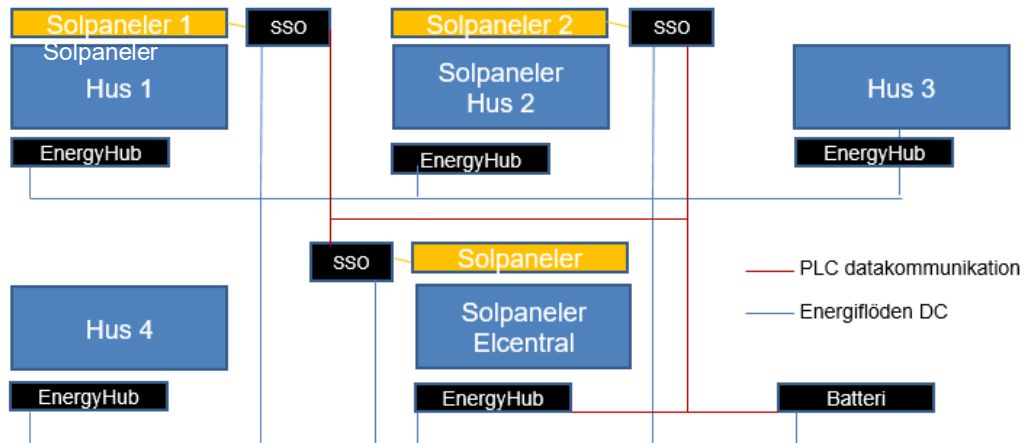
- Om nivån i batterilagret är högre än 90 % och el köps från elnätet sker urladdning av batterierna.
- Om nivån i batterilagret är mindre än 85 % och det finns överskott av el från solceller sker laddning av batterierna.

¹⁰Se vidare information om Ferroamps teknik i kapitel 4

¹¹Se vidare information om Ferroamps teknik i kapitel 4

- Om nivån i batterierna är lägre än 5 % stoppas urladdning.

Figur 4 visar systemets uppbyggnad och kommunikationstopologi.



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 de tidigare nämnda fyra flerbostadshusen samt ytterligare befintliga byggnader i området; en förskola, en fastighetspedition, ett äldreboende och en gruppboende. Dessa sammankopplades via ett fiktivt mikronät som utvärderades teoretiskt. Samtliga byggnader finns inom samma fastighet som ägs av Eksta. Ett års mätdata från perioden september 2016 – augusti 2017 av elbehov samt solelproduktion per byggnad har utgjort underlag för beräkningar. Timvärden i kWh/h har tillhandahållits av 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 elnätbolagets kundportal. 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 solel som används i fastigheten

$$\text{Egenanvändningsgraden} = \frac{\text{Egenanvänd solel}}{\text{Totala solelproduktion}} * 100 \text{ [\%]}$$

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

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

- **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 livscykelkostnadskalkyl (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.¹² Kalkylmodellen ger flera ekonomiska nyckeltal, till exempel

- diskonterat nuvärde [kr],
- återbetalningstid [år],
- produktionskostnad för solelen över den tekniska livslängden, så kallad *levelized cost of energy*, LCOE [kr/kWh].
LCOE beräknas enligt principen att alla kostnader under anläggningens livslängd divideras med solelproduktionen under livslängden. Värdet på LCOE i kr/kWh kan jämföras med priset på el som köps från elnätet, vilket ger en uppfattning om anläggningens lönsamhet.

En uppskalning till nationell nivå har gjorts för installationer där solel delas genom mikronät till närliggande bostadsbyggnader. Detta visar den storskaliga potentialen för möjligt mervärde om reglerna kring delning av solel skulle ändras.

¹² Stridh B. 2016

6. STUDERADE BYGGNADER

De byggnader som har ingått i det fiktiva utökade mikronätet ligger alla i anslutning till de fyra nybyggda flerbostadshusen. Alla byggnader ägs av Eksta Bostads AB. Området som studerats i detta fiktiva mikronät består av fyra flerbostadshus, en förskola, ett gruppboende, ett äldreboende och Ekstas 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 solelproduktion 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 de har fyra lägenheter vardera. 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, torktumlarna innehåller värmepumpsteknik och kylskåpen samt frysarna har marknadens högsta energiklassning. Varje hyresgäst debiteras elbehov, varmvatten och kallvatten individuellt.



Figur 6 Humlevägen, flerbostadshus. Källa: Google maps

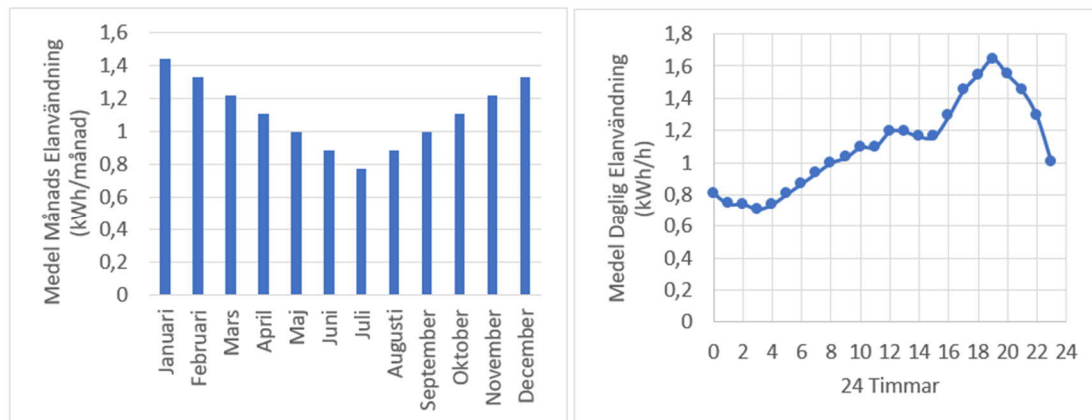
Ett EnergyHub-system är installerat i samtliga fyra flerbostadshusen samt i undercentralen. Ett mikronät med likströmsteknik förbinder alla byggnaderna. Solelsystemet optimeras med hjälp av Ferroamps solsträngsoptimerare (SSO).

Energiprestanda

Information om flerbostadshusens byggnadsår samt energisystem redovisas i tabell 1. Medelvärden per månad för elanvändningen per byggnad samt elanvändningen över ett dygn visas i figur 7. Elanvändningen varierar över året med högre användning 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

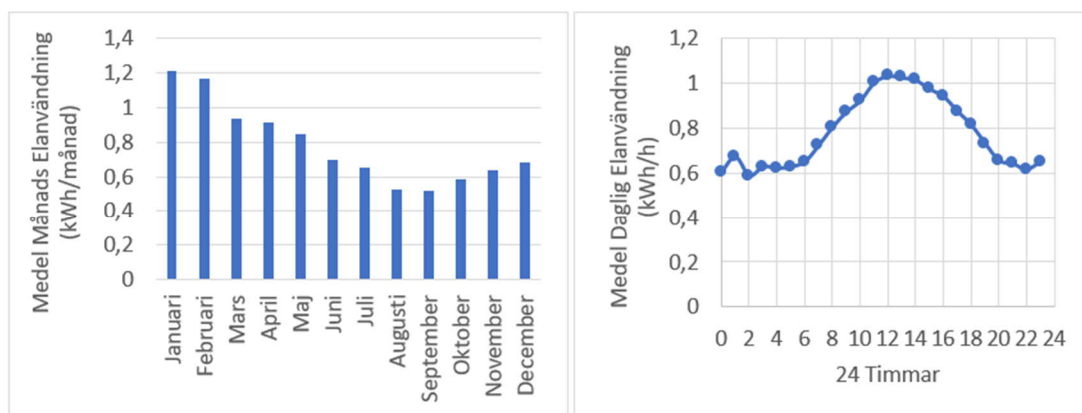


Figur 7 Medelvärde per månad för elanvändning samt genomsnittlig dygnselanvändning för byggnad 1

Undercentralen

Undercentralen har plats för 33 m² av områdets solcellsanläggning, och fjärrvärmecentralen. 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.



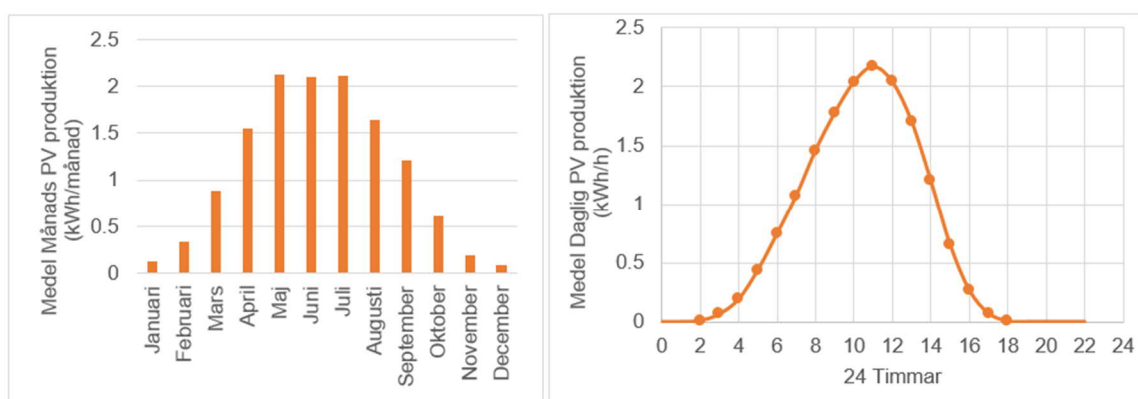
Figur 8 Medelvärde per månad för elanvändning samt genomsnittlig dygnselanvändning för undercentralen

Solelproduktion

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

Tabell 2 Information om solcellsanläggningen i byggnad 1

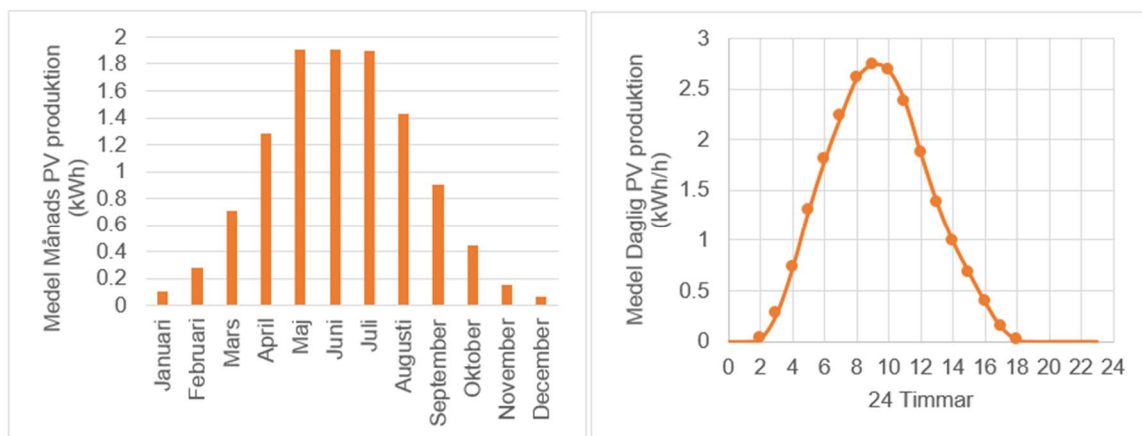
Solcellsmodul	ASM6610M (BL)
Verkningsgrad	18 %
Solelproduktion	9 526 kWh/år
Solelproduktion per installerad effekt	805 kWh/kW
Installerad toppeffekt	11 kW
Solcellsyta	65 m ²
Lutning	30°
Azimut	80° (sydväst)



Figur 9 Medelvärde per månad samt per dygn för solelproduktion för byggnad 1

Tabell 3 Information om solcellsanläggningen i byggnad 2

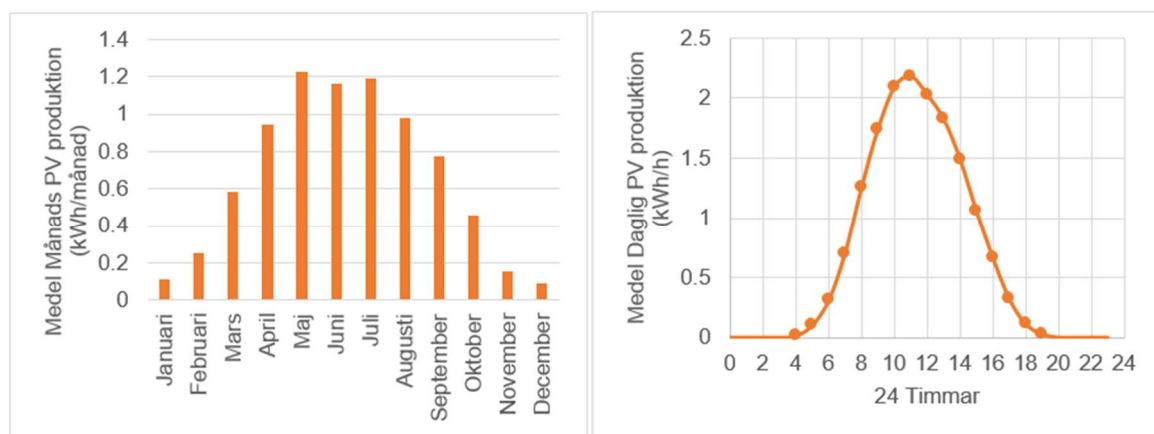
Solcellsmodul	ASM6610M (BL)
Verkningsgrad	18 %
Solelproduktion	8 124 kWh/år
Solelproduktion per installerad effekt	686 kWh/kW
Installerad toppeffekt	11 kW
Solcellsyta	65 m ²
Lutning	30°
Azimut	-110° från söder (nordöst)



Figur 10 Medelvärde per månad samt per dygn för solelproduktion för byggnad 2

Tabell 4 Information om solcellsanläggningen i undercentralen

Solcellsmodul	ASM6610M (BL)
Verkningsgrad	18 %
Solelproduktion	5 802 kWh/år
Solelproduktion per installerad effekt	980 kWh/kW
Installerad toppeffekt	6 kW
Solcellsyta	33 m ²
Lutning	33°
Azimut	0° från söder (rakt söderläge)



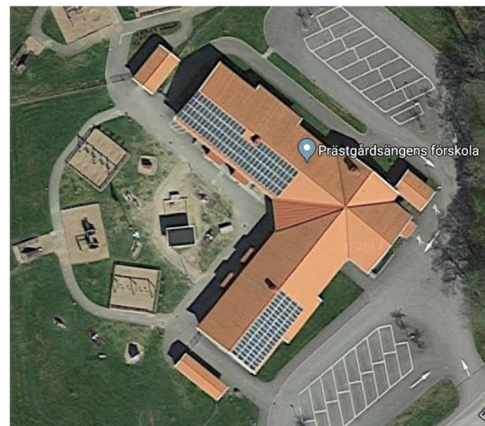
Figur 11 Medelvärde per månad samt per dygn för solelproduktion för undercentralen

6.2. FÖRSKOLA

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

Energiprestanda

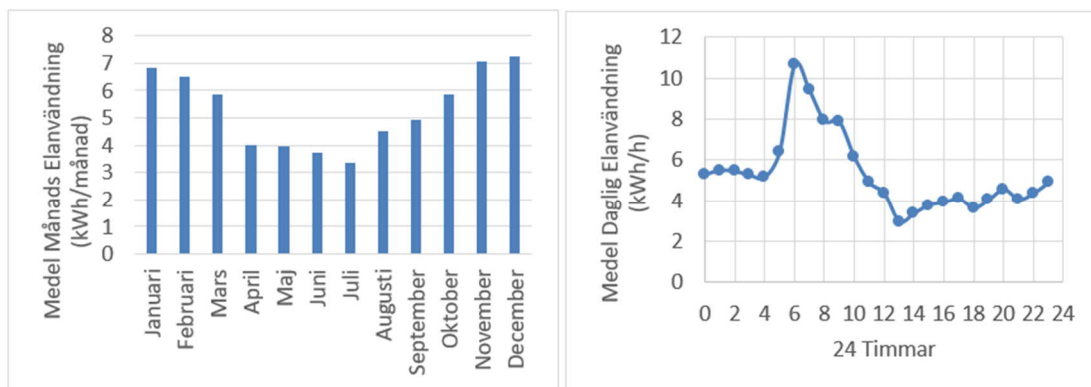
Förskolans elanvändning varierar årligen beroende på väder- och ljusförhållanden, med högre elanvändning under vinterhalvåret jämfört med sommarmånaderna. Toppeffekt inträffar klockan 06, i samband med skolstart. Ingen matlagning sker i byggnaden eftersom lunchmaten lagas i äldreboendet.



Tabell 5 Energiinformation för förskolan

Figur 12 Förskolan. Källa: Google maps

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



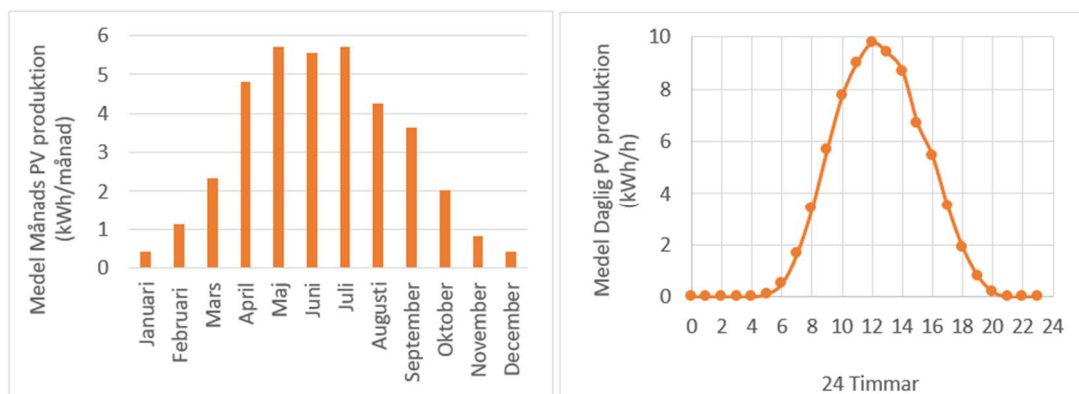
Figur 13 Medelvärde per månad för elanvändning samt genomsnittlig dygnselanvändning för förskolan

Solelproduktion

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

Tabell 6 Information om förskolans solcellsanläggning

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



Figur 14 Medelvärde per månad samt per dygn för solelproduktion för förskolan

6.3. ÄLDREBOENDE

Måhaga äldreboende byggdes 1916, 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

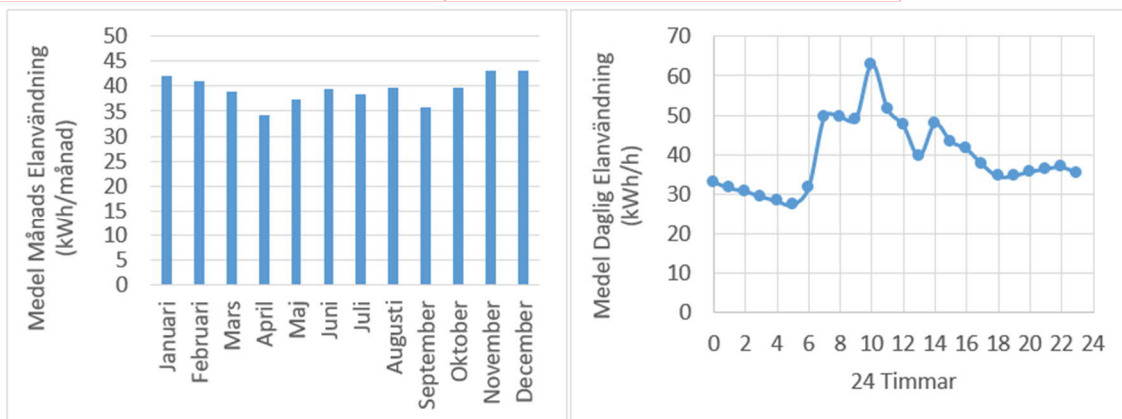
Figur 16 visar att byggnadens elanvändning under året är relativt konstant. Elanvändningens toppeffekt inträffar klockan 10, i samband med matlagning för både äldreboendet och förskolan.



Tabell 7 Energiinformation äldreboendet

Nybyggnadsår	1998
A _{temp}	4 123 m ²
Energianvändning	143 kWh/m ² , år
Elanvändning	345 325 kWh/år
Ventilationssystem	FTX
Värmesystem	Fjärrvärme

Figur 15 Äldreboendet. Källa: Google maps



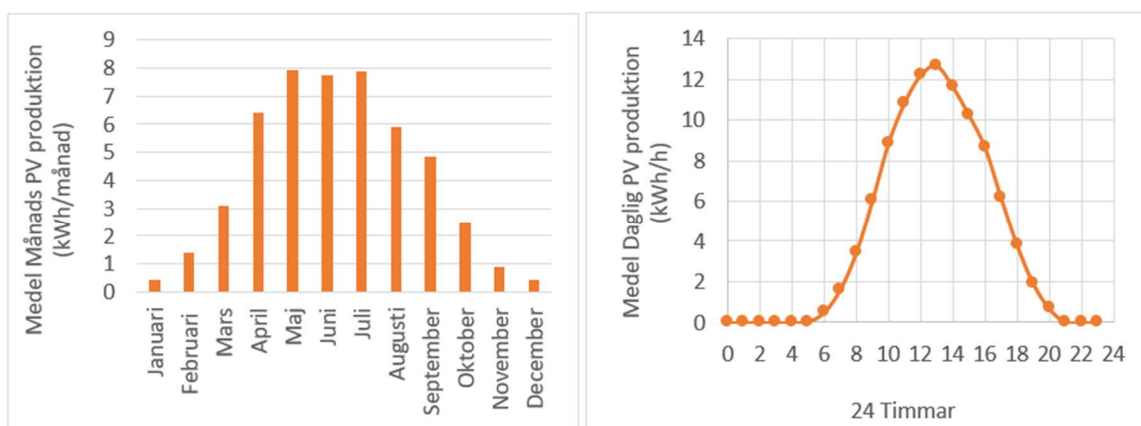
Figur 16 Medelvärde per månad för elanvändning samt genomsnittlig dygnselanvändning för äldreboendet

Solelproduktion

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

Tabell 8 Information om äldreboendets solcellsanläggningar

	Tak i sydost	Tak i sydväst
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 Medelvärde per månad samt per dygn för solelproduktion för äldreboendet

6.4. GRUPPBOENDE

Prästgårdsängens gruppboende byggdes 2016 och har också ett installerat solelsystem.

Energiprestanda

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

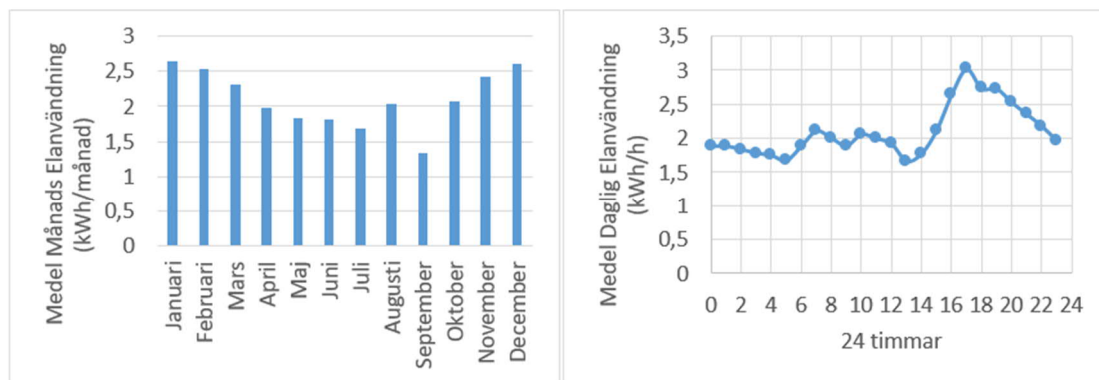
Figur 19 visar gruppboendets elbehov.



Figur 18 Gruppboendet. Källa: Google maps

Tabell 9 Energiinformation gruppboendet

Nybyggnadsår	2016
A _{temp}	444 m ²
Energianvändning	179 kWh/m ² , år
Elanvändning	18 413 kWh/år
Ventilationssystem	FTX
Värmesystem	Fjärrvärme



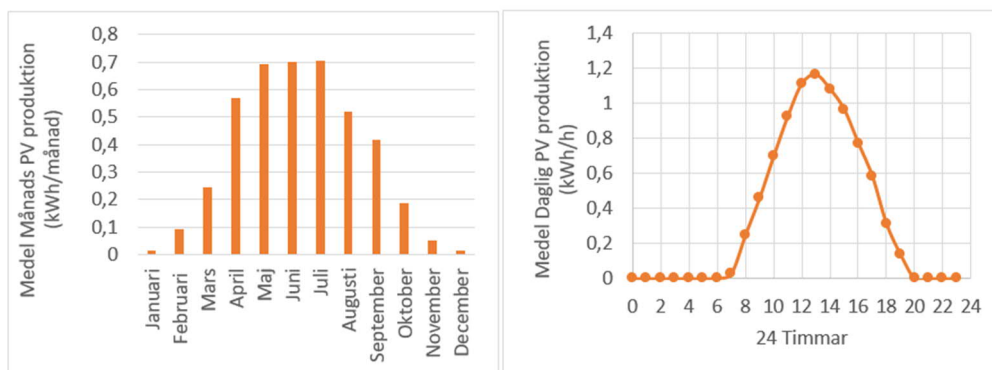
Figur 19 Medelvärde per månad för elanvändning samt genomsnittlig dygnselanvändning för gruppboendet

Solelproduktion

Gruppboendets solelproduktion varierar med årstiderna, där högst produktion sker under 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
Solcellsyta	23 m ²
Lutning	15°
Azimut	85° från söder (sydväst)



Figur 20 Medelvärde per månad samt per dygn för solelproduktion för gruppboendet

6.5. EXPEDITION

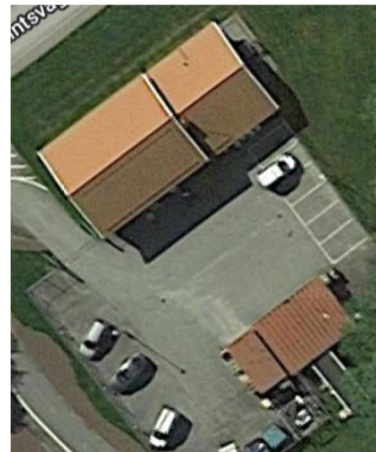
Denna byggnad används av Eksta Bostads AB som expedition. Byggnaden har ingen solcellsanläggning.

Energiprestanda

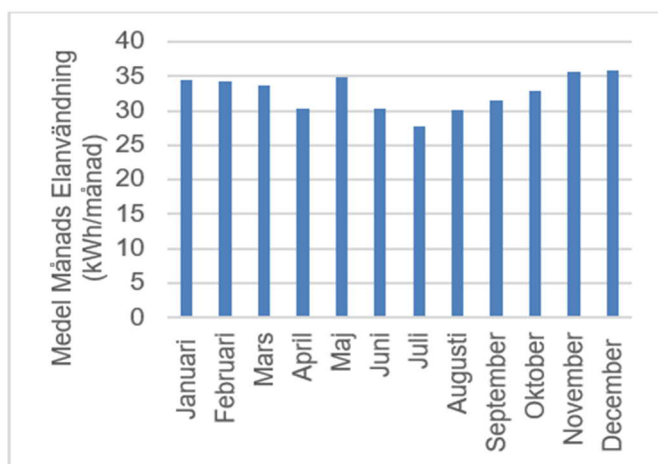
Tabell 11 visar expeditionens energiprestanda. Byggnadens elanvändning finns tillgänglig i upplösningen kWh/månad vilket presenteras i figur 22.

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 Medelvärde per månad för elanvändning samt genomsnittlig 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 utökat mikronät.

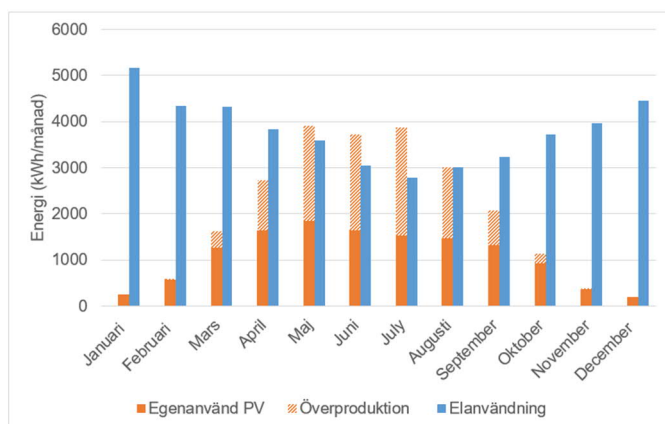
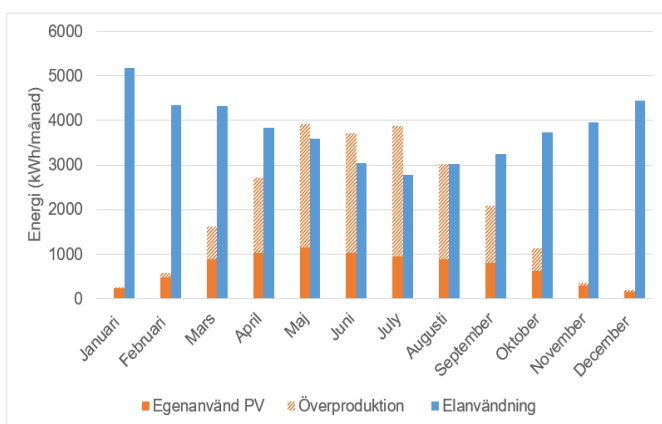
7.1. NYBYGGNATION ENSKILT OCH SAMMANKOPPLADE BYGGNADER

Eftersom projektet påbörjades innan november 2017 när inflyttning i nybyggnationen skedde, baserades den första potentialberäkningar för ökad egenanvändning på teoretiska värden kring flerbostadshusens elanvändning samt beräknad solexproduktion. Elanvändningen baserades på SVEBYs anvisningar för brukarrelaterade indata till energiberäkningar, och solexproduktionen för varje byggnad beräknades med programmet SAM.¹³

Elanvändning och solexproduktion

Figur 23 visar beräknade värden i medelvärde per månad för solexproduktion samt elanvändning för de fyra flerbostadshusen. Mängd solexproduktion visas med orange markering och är uppdelad i egenanvänd solex respektive överproduktion. Det vänstra diagrammet visar förhållandet mellan egenanvändning och överproduktion för den enskilda byggnaden och det högra diagrammet visar hur detta förhållande ser ut när flerbostadshusen sammankopplas i ett mikronät och solexproduktionen kan användas för att täcka elbehovet i flera byggnader.

Då byggnaderna studeras separat ger de enskilda solcellsanläggningar en överproduktion på 64 %. Vid beräkningar för sammankopplade i byggnaderna i ett mikronät reduceras överproduktionen till 44 %.

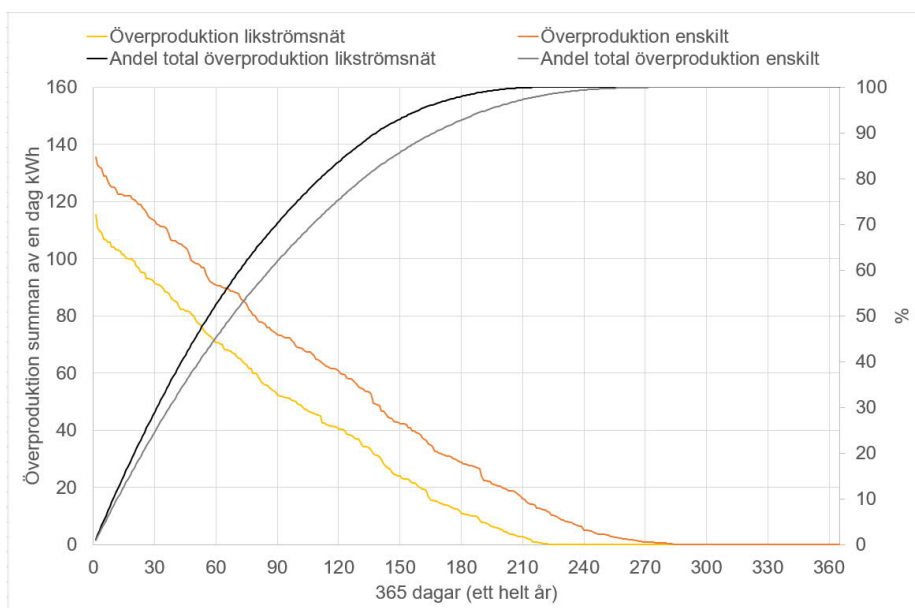


Figur 23 Egenanvänd solex, överproduktion samt elanvändning per månad för flerbostadshusen i ett enskilt respektive mikronät baserat på teoretiska värden för ett helt år

¹³ Beräkningsprogram för solexproduktion, <https://sam.nrel.gov/> 2018

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

Om byggnaderna betraktas enskilt, inträffar överproduktion under cirka 270 dagar om året, med ett maximalt värde på 138 kWh/dag. Vid sammankoppling i ett mikronät uppstod överproduktion under cirka 220 dagar om året med ett maximalt värde på 118 kWh/dag. Här möjliggjorde alltså en sammankoppling i ett mikronät 50 färre dagar med överskottsproduktion samt en minskad toppeffekt på cirka 20 kWh/dag.

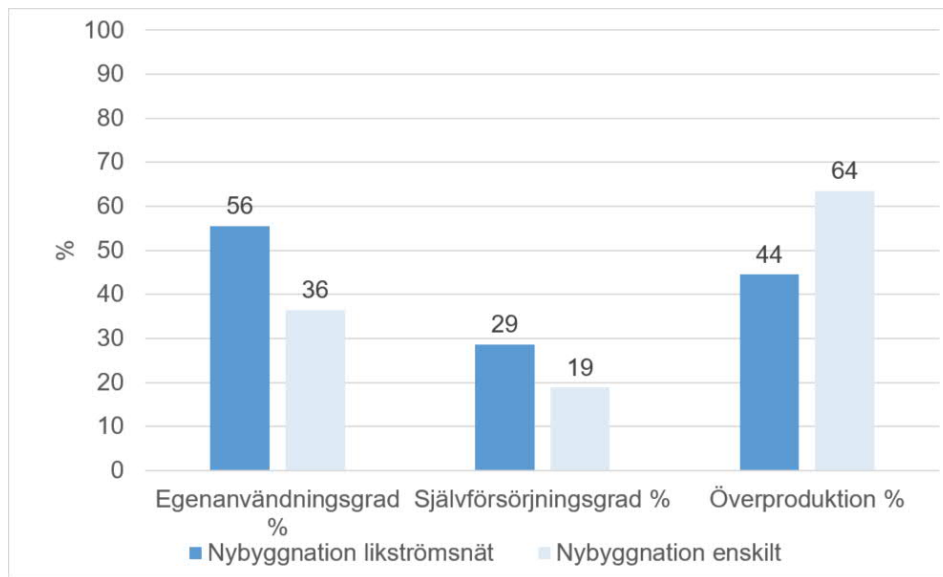


Figur 24 Antal dagar med överproduktion, överproduktionseffekt samt andel av det totala överskottet för nybyggnationen i det enskilda respektive mikronätsystemet, baserat på teoretiska värden

Potential till ökad egenanvändning

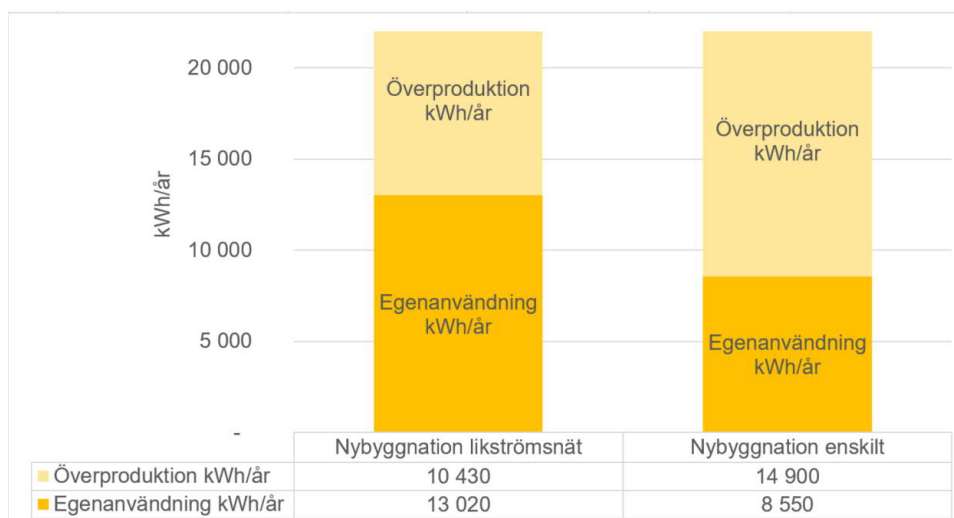
Variationen i de nybyggda flerbostadshusens egenanvändning av producerad solen då byggnaderna kopplas samman i ett mikronät jämfört med enskilda system visas i följande avsnitt.

Figur 25 visar att egenanvändningsgraden och självförsörjningsgraden ökar från 36 % till 56 % genom ett mikronät jämfört med enskilda system. Som följd av att egenanvändningen ökar, minskar överproduktionen med från 64 % till 44 %. Självförsörjandegraden för området ökas från 19 % vid enskilda system till 29 % i mikronätet.



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. I ett enskilt system uppgår egenanvändningen av producerad solen till 8 555 kWh/år, jämfört med 10 430 kWh/år med ett gemensamt likströmsnät.

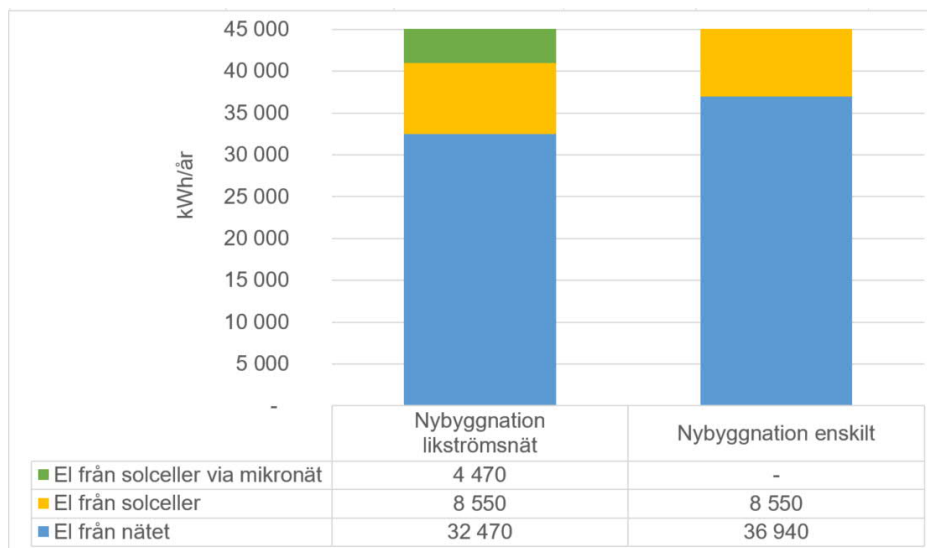


Figur 26 Egenanvänd solen respektive överproduktion för nybyggnationen i ett enskilt jämfört med mikronätsystem baserat på teoretiska värden

7.1.1. Överföringspotential

Figur 27 visar mängden köpt el från nätet jämfört med egenanvänd solen för de två fallen att byggnaderna delar på solenöverskottet respektive fungerar som enskilda byggnader. Skillnaden i egenanvändningsgraden (56 % respektive 36 %) representerar nybyggnationens överföringspotential, d.v.s. den el som kan användas lokalt istället för matas ut på elnätet.

Överföringspotentialen för nybyggnationen beräknades till 4 470 kWh/år, se figur 27.



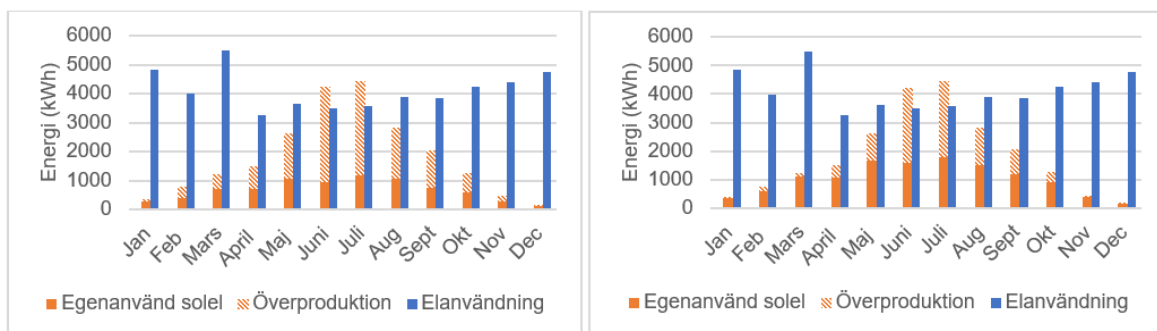
Figur 27 Potential för ökad egenanvändning av solen med hjälp av ett mikronät jämfört med enskilt system baserat på teoretiska värden

7.1.2. Nybyggnation mätningar

Ferroamps system mäter solelproduktion samt elbehov från de fyra flerbostadshusen. Utöver den teoretiska utvärderingen redovisad ovan, genomfördes ytterligare en utvärdering av nybyggnationens mikronätsystem baserat på mätdata från det första året. Mätningarna ligger till grund för den smarta styrningen som ger optimering av energiproduktion, energianvändning och energilagring, se beskrivning i avsnitt 4.2 ovan. Nedan presenteras resultaten för nybyggnationen för mätperioden mars 2018 till februari 2019.

Elanvändning och solelproduktion

Figur 28 presenterar totala elanvändningen, egenanvändningen av solen samt överproduktionen per månad för hela nybyggnationen. När byggnaderna analyseras som enskilda system utgör 63 % av solelproduktionen överskott, jämfört med 43 % då byggnaderna sammankopplas, dvs. då de delar på solelöverskottet.



Figur 28 Egenanvänd solen, överproduktion samt elanvändning per månad för flerbostadshus i ett enskilt respektive mikronätsystem baserat på tolv månaders mätvärden

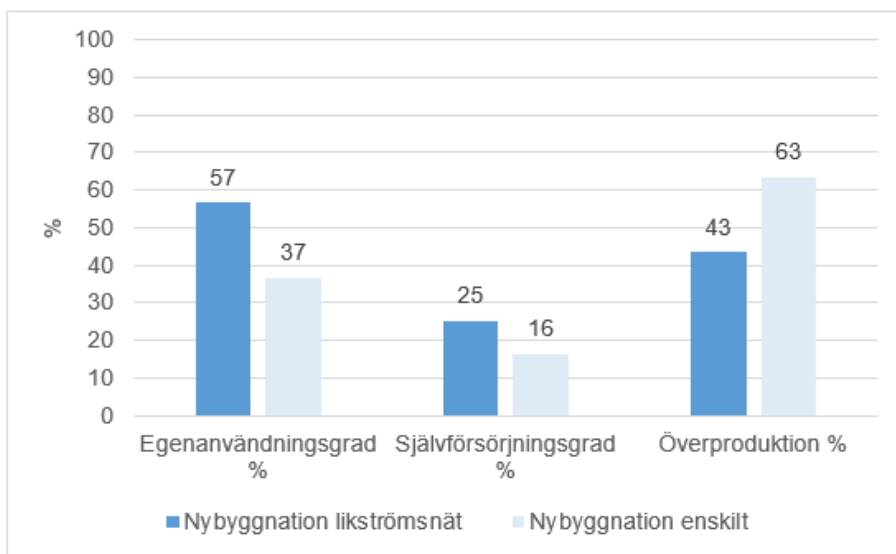
Systemets batterier

Batteriernas funktion har studerats under en veckas drift för att få en uppfattning av batteriförlusternas storleksordning. Den valda tidsperioden är första veckan i juni månad 2018. Under perioden var solelproduktionen

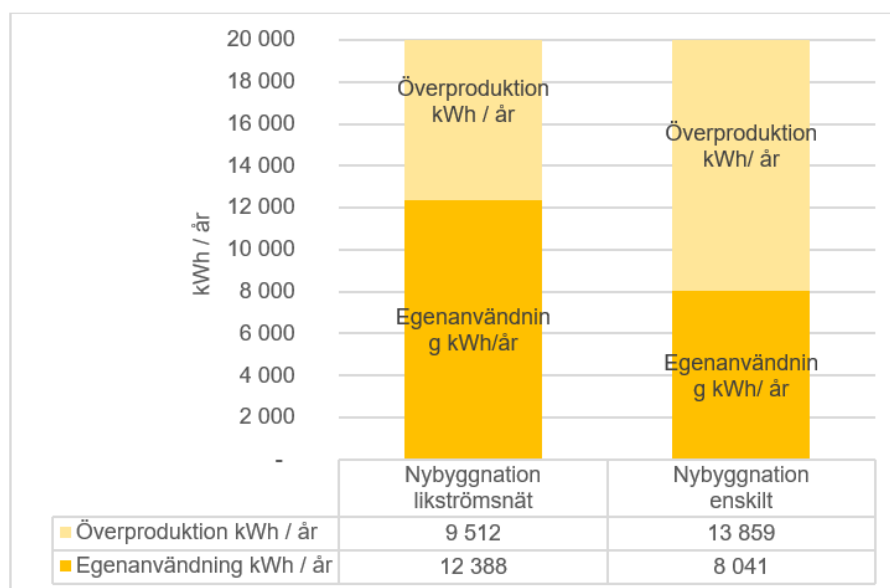
normal för årstiden och batterilagret laddades respektive laddades ur på ett representativt sätt. Batteriets laddningsnivå var lika vid mätperiodens start och slut. För perioden laddades batterilagret med 174 kWh och under samma period skedde urladdning av totalt 155 kWh vilket resulterar i batteriförluster strax under 10 %.

Potential till ökad egenanvändning

Siffror baserade på mätvärden för den ökade egenanvändningen visas i figur 29 och 30. Egenanvändningsgraden och självförsörjningsgraden ökar från 37 % till 57 % respektive från 16 % till 25 % när byggnaderna sammankopplades jämfört med om de skulle fungera som enskilda system. Överproduktionen av solceller minskade under mätperioden från 13 859 kWh/år till 9 512 kWh/år.



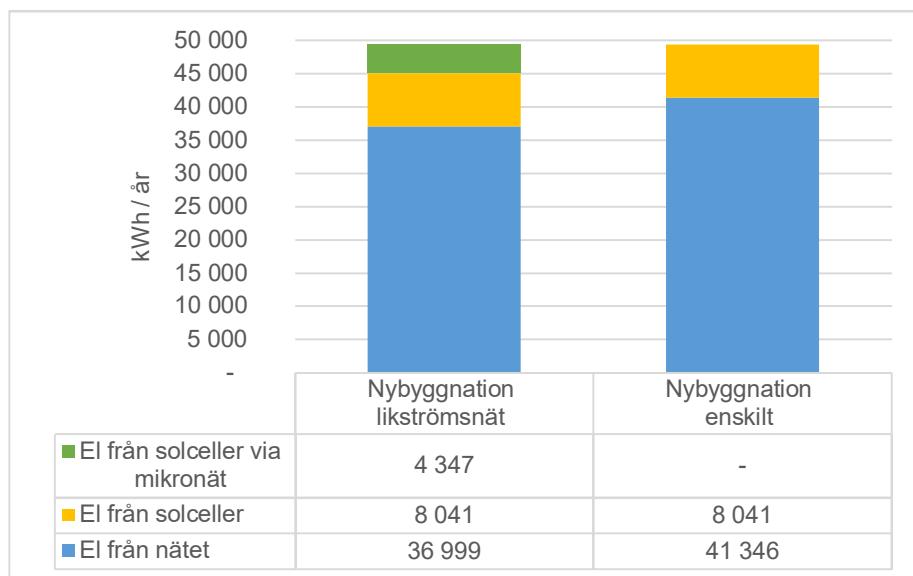
Figur 29 Egenanvändningsgraden, självförsörjningsgraden samt överproduktion för nybyggnationen i ett enskilt jämfört med mikronätsystem baserat på 12 månaders mätvärden



Figur 30 Egenanvänd solceller respektive överproduktion för nybyggnationen i ett enskilt jämfört med mikronätsystem baserat på tolv månaders mätvärden

Överföringspotential

Under mätperiodens 12 månader, och om de enskilda byggnaderna analyserades, köptes 84 % (motsvarande 41 346 kWh) av den årliga elanvändningen från elnätet. Detta ska jämföras med 75 % (36 999 kWh) vid sammankoppling. Överföringspotentialen för nybyggnationen var 4 347 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 matas in till elnätet.



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

Tabell 12 jämför resultatet för likströmsnätet baserat på beräknade värden jämfört med resultatet baserat på första årets uppmätta data. De beräknade värdena är mycket närliggande de uppmätta värdena.

Tabell 12 Jämförelse resultat uppmätt data vs teoretiska värden.

	Resultat baserat på ett års uppmätt data	Resultat baserat på teoretiska värden
Egenanvändning (kWh/år)	12 388	13 020
Egenanvändning (%)	57	56
Överproduktion (kWh/år)	9 512	10 430
Överproduktion (%)	43	44
El från solceller via mikronät (kWh/år)	4 437	4 470
El från solceller via mikronät (%)	9	10

7.1.3. Ekonomisk analys

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

Kostnader

Tabell 13 visar kostnadsskillnaden mellan en standardsolcellsanläggning, dvs. fallet då byggnaderna har individuella solcellsanläggningar, jämfört med ett system där solcellsanläggningar sammankopplas i ett mikronät. Solcellsanläggningarnas totala effekt är desamma för båda systemen; 30,24 kW. Prisskillnaden mellan systemen beräknades till 73 600 kr dvs. en skillnad på 2 433 kr/kW.

Tabell 13 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 mikronätet i tabell 14. Kostnaderna är baserade på underlag från installatören av solcellsanläggningarna och mikronätet liksom kostnadsuppgifter från Ferroamp.

Tabell 14 Merkostnader för mikronätsystemet

Merkostnader mikronät	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 mikronätet	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

mikronät. De faktorer som skiljer systemen i kostnadskalkylen är investeringskostnaden och egenanvändningsgraden. För den producerade solelen erhåller Eksta intäkter genom elcertifikatsystemet, såld överskottsel samt egenanvänd sol. 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 15.

Tabell 15 Indata livscykelkostnadsanalys

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

* Pris på el till hyresgästerna från Ekstas solcellsanläggningar

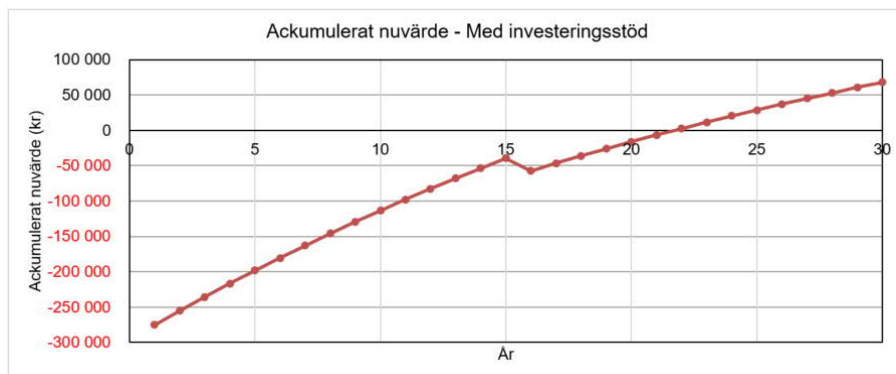
** Värde på sol såld till elnätet, exklusive skatter och moms

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 16 och figur 32 är 21 år.

Tabell 16 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



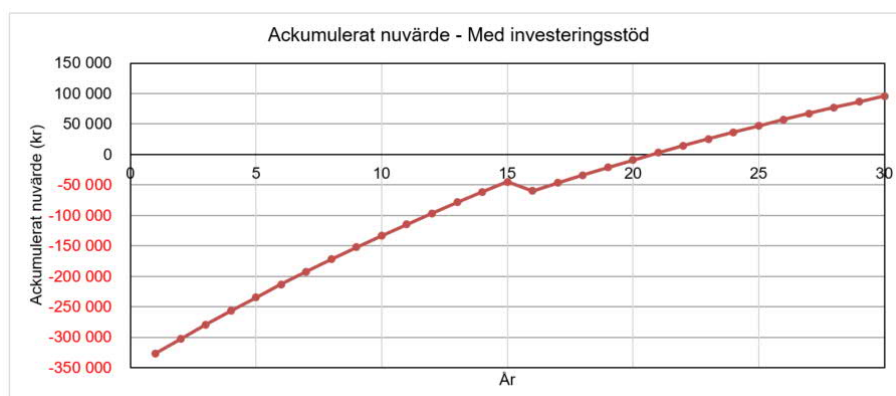
Figur 32 Ackumulerat nuvärde med investeringsstöd för det enskilda systemet

Mikronät

Resultat från LCC analysen för mikronät visas i tabell 17 och figur 33. LCOE 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 ett år kortare, 20 år.

Tabell 17 Beräknad LCOE, nuvärde och diskonterad återbetalningstid för mikronätet

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



Figur 33 Ackumulerat nuvärde med investeringsstöd för mikronätet

Kommentar till kostnader

Det är viktigt att poängtera att mikronätet, 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 i lönsamhetsberäkningarna som har belastat installationen av mikronätet respektive komponenterna från Ferroamp är inte direkt jämförbara med kostnader för enskilda solcellsanläggningar. Detta eftersom tekniken från Ferroamp ersätter en traditionell växelriktare men ger mervärde i form av effektstyrning och optimering av anläggningens egenanvändning av solet. Systemet med Ferroamps produkter innefattar även batterier, vars kostnad och funktion inte ingår i analysen av 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 ett något högre LCOE-värde och nettonuvärde samt ett år kortare återbetalningstid för mikronätsystemet jämfört med de enskilda systemen. Detta eftersom mikronätet medförde en ökad egenanvändning av solet på 20 procentenheter. Mervärdet för den ökade egenanvändning av solet motsvarade därför investeringen för mikronätet.

Det är viktigt att poängtera att resultatet av livscykelkostnadsberäkningarna 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 gör att den totala årsproduktionen av solet 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 påverkar lönsamheten negativt.

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

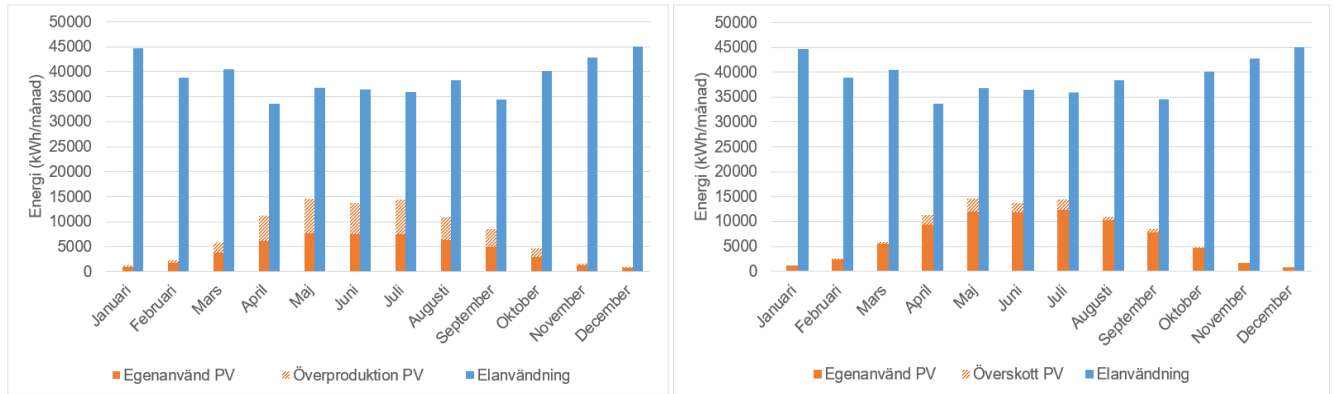
7.2. UTÖKAT FIKTIVT MIKRONÄT

Detta avsnitt redovisar beräknade värden för sammankoppling av nybyggnationer med befintliga byggnader i Ekstas område i Fjärås. Mätdata för faktisk elanvändning och soletproduktion har utgjort underlag för beräkningar och timvärden har tillhandahållits av nätbolaget Ellevio respektive Eksta.

Elanvändning och soletproduktion

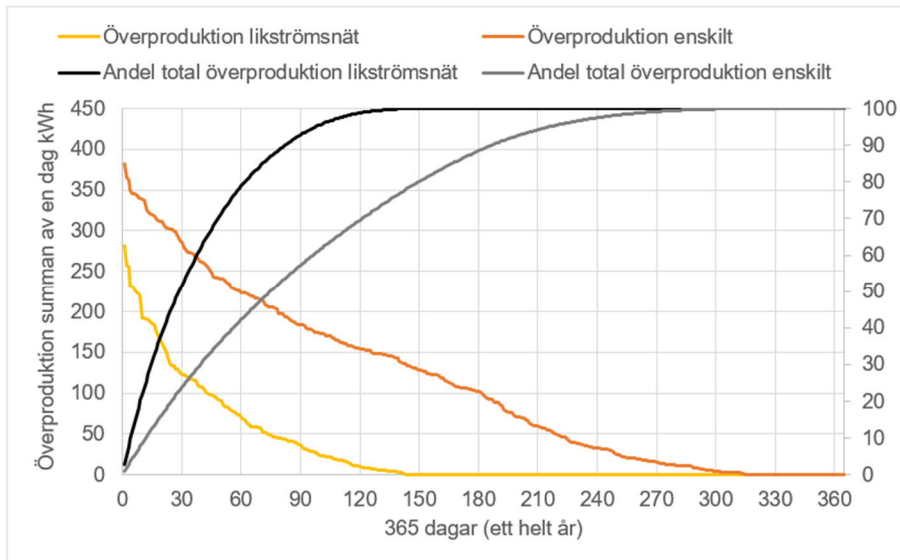
Följande avsnitt redovisar producerad solet uppdelat i värden för egenanvändning och överskott av solet samt totalt elbehov för nybyggnationerna enskilt och sammankopplad i ett fiktivt mikronät. Överskottelen visas i två typer av diagram, ett stapeldiagram som presenterar den egenanvända solet, överproduktion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

I den högra delen av figur 34 visas att för hela demonstrationsområdet, alltså nybyggnationerna inklusive de befintliga byggnaderna hopkopplade i ett teoretiskt mikronät, ger anläggningen 11 % överskott av solen. I den vänstra delen av figuren visas motsvarande förhållande för de enskilda byggnaderna, där överskottet av solen blir 42 %.



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

Antal dagar med överproduktion minskar från 315 då byggnaderna ses som enskilda system, till 150 då solen överförs mellan byggnaderna och maxeffekten minskar från 380 till 275 kWh/dag. Det innebär i praktiken att mikronätet möjliggör 165 färre överskottsdagar samt en minskad toppeffekt på ca. 100 kWh/dag, se figur 35.

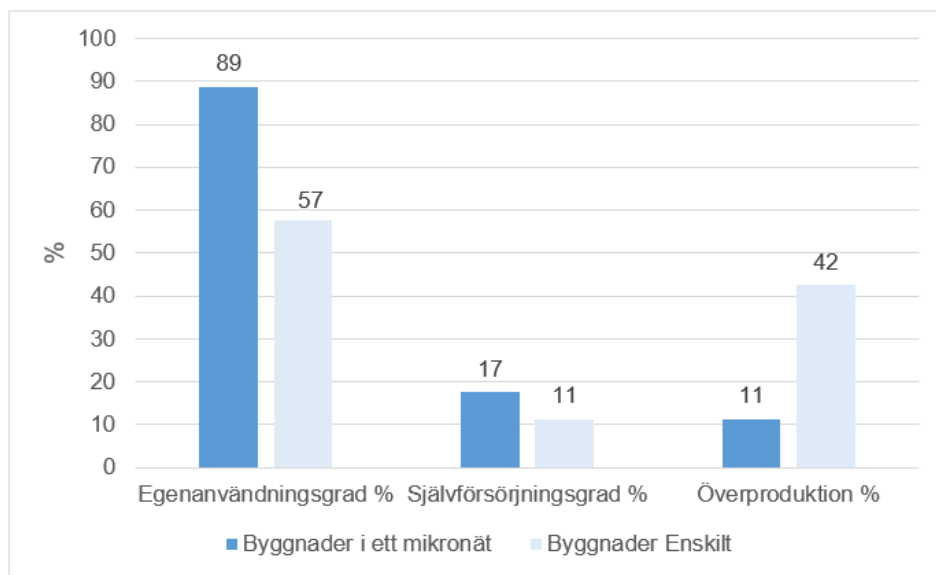


Figur 35 Antal dagar med överproduktion, överproduktionseffekt samt andel av det totala överskottet för hela demonstrationsområdet i ett enskilt respektive fiktivt mikronätsystem.

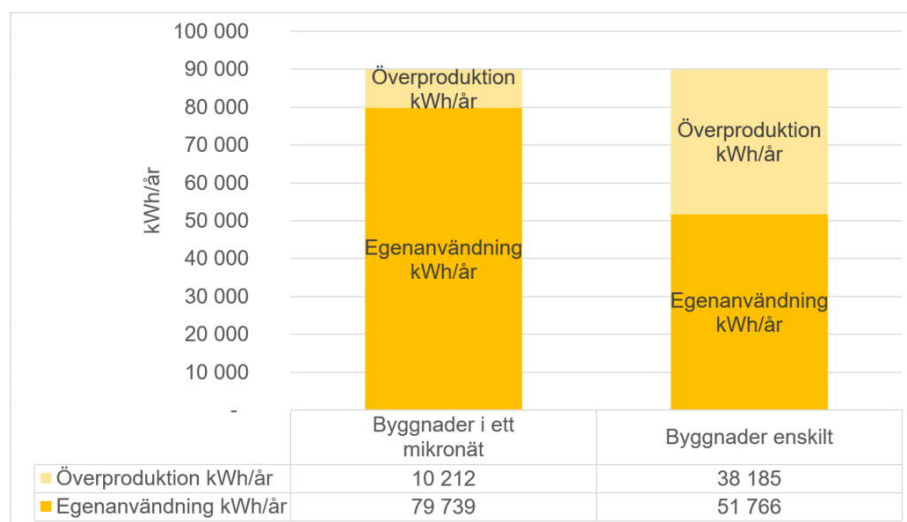
Potential för ökad egenanvändning

För hela demonstrationsområdet ökar egenanvändningsgraden från 57 % till 89 % då byggnaderna befinner sig i ett mikronät. Självförsörjningsgraden

ökar från 11 % till 17 % då överskottelen delas via ett mikronät. Som följd av att egenanvändningen ökar, minskar överproduktionen av solceller från 42 % till 11 %. Se resultat i figur 36.



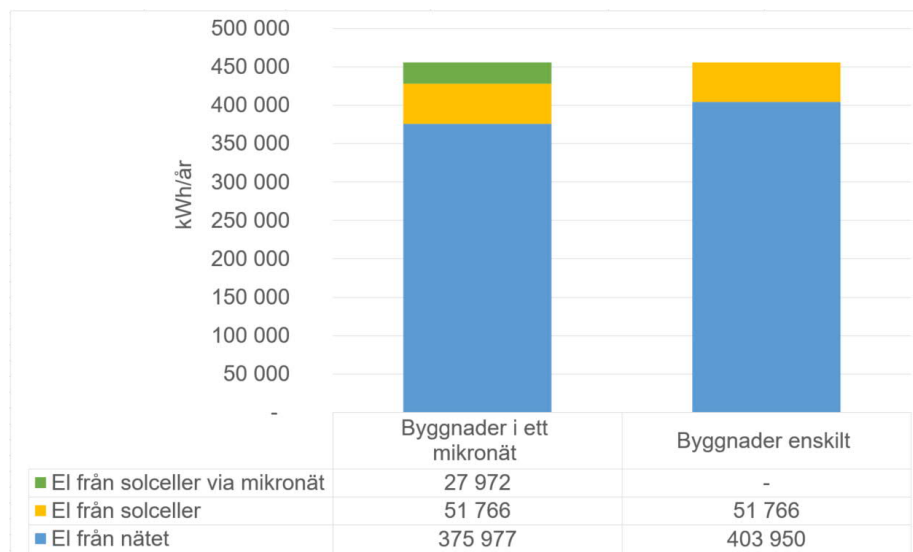
Figur 36 Egenanvändningsgraden, självförsörjningsgraden samt överproduktion för hela demonstrationsområdet i ett enskilt respektive fiktivt mikronätsystem



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

Figur 37 visar egenanvändningen och överproduktionen i enheten kWh/år. 79 739 kWh solceller används med ett gemensamt solcellssystem jämfört med 51 766 kWh solceller i enskilda system. Skillnaden på egenanvändningen motsvarar överföringspotentialen, d.v.s. solcellerna som direkt används i demonstrationsområdet istället för elnätet. Den solceller som skulle kunna användas inom området istället för att köpas från elnätet utgör 27 972 kWh/år för området. Detta visas med grön markering i Figur 38. Figur 38 visar även att 375 977 kWh av områdets el köptes från elnätet då byggnaderna var kopplade via ett mikronät, jämfört med 403 950 kWh för enskilda system.

Överföringspotential



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

7.3. FRAMTIDA AFFÄRSMODELLER

Resultaten, som visar ökad lönsamhet genom systemlösningen har även givit Eksta uppslag att involvera sina hyresgäster i arbetet att maximera egenanvändningen av soler genom införandet av nya affärsmodeller. Som del av det undersöks i kommande projekt inom Kungsbacka kommun hur solerproduktion liksom förbrukning av el kan visualiseras och kopplas till ett ekonomiskt incitament för brukarna att medverka till ökad egenanvändning av soleren. I de affärsmodeller som nu tas fram involverar Eksta hyresgästerna i en varierad prismodell med syftet att gynna båda parter ekonomiskt.

8. NATIONELL UPPSKALNING

I detta avsnitt används resultaten för ökad egenanvändning av soler baserat på mikronätsystemet installerad mellan flerbostadshusen. I genomsnitt ökade egenanvändningsgraden från 40 till 60 % då flerbostadshusen var i enskilda system respektive om de kopplades till ett mikronät. Här skalas den potentialen upp till nationell nivå.

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

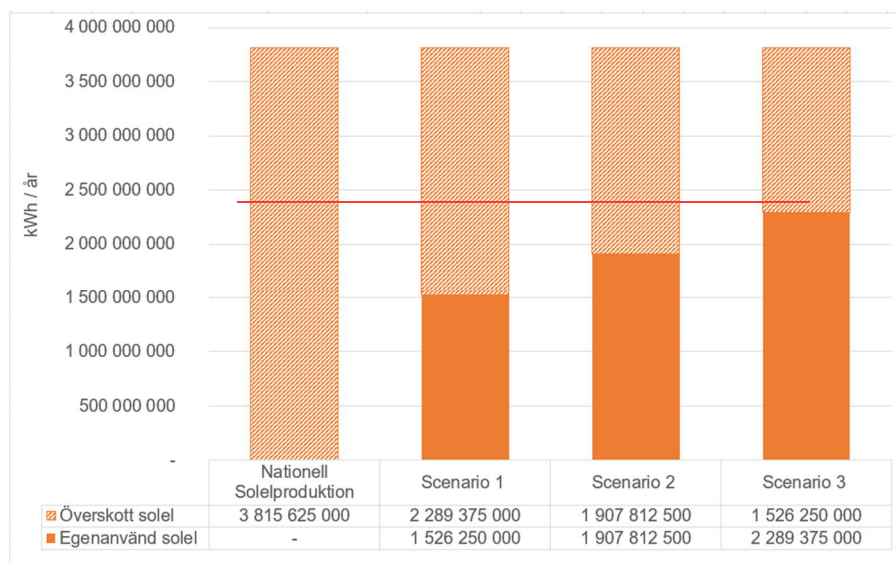
Aktuell potentiell lämplig takyta för solerproduktion på flerbostadshus i Sverige har beräknats med underlag och information från Elisabeth Kjellsons rapport *Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige*, samt

kompletteringar från den nationella statistikbasen^{14,15}. Beräkningsstegen redovisas i bilaga 1. Beräkningarna baseras på en årlig solelproduktion på 800 kWh/kW, en modulyta på 1,6 m² samt en topp effekt på 275 W per modul.

Den nationella solelproduktionspotentialen för beståndet för flerbostadshus i Sverige år 2018 beräknades vara 3 800 000 MWh (3,8 TWh). Potentialen för 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.



Figur 39 Beräknat nationell solelproduktion samt överskott respektive egenanvänd solel för scenario 1,2 och 3.

Resultaten från beräkningen för den nationella uppskalningen visar att det finns en årlig potential för solel producerad på flerbostadshus, och som används lokalt, på 2,3 TWh. Detta förutsätter att solelproduktionen ökar genom införande av bättre ekonomiska förutsättningar för överproduktion i förhållande till den enskilda byggnaden, med hjälp av mikronät, det allmänna

¹⁴ Kjellsson E, 2000

¹⁵ SCB, 2017

elnätet eller införandet av nettodebitering. Den ökade lönsamheten pga. delning kan resultera i en ökad installation av solceller.

9. DISKUSSION

Utgångspunkten för detta projekt har varit att Eksta, som projektutvecklare och fastighetsförvaltare, varit begränsade vid utbyggnad av solcellsanläggningar vid nyproduktion. Dimensioneringen av anläggningarna begränsas till rådande elbehov i de enskilda byggnaderna istället för till det möjliga utrymmet på tak med goda förutsättningar för solelproduktion.

Ett huvudhinder för utbyggnadstakten av solelanläggningar är låg ersättning för överskottsel samt beskattning av den solel som matas in till elnätet. Här spelar nätkoncessionslagen en viktig roll. I detta projekt har undersökningen av en möjlig lösning för att öka lönsamheten, och därmed utbyggnationen av solcellsanläggningar, innefattats av installation av ett mikronät samt installation av smart styrning och batterilagring av solel. Utvärderingen har inte innefattat batteriernas funktion eller kostnadseffektivitet, varför ingen direkt jämförelse kan göras för just batterilager i system för enskilda byggnader respektive byggnader som är sammankopplade i ett mikronät. Andelen av batteriets nytta visas inte i utvärderingen, men utredningen visar att den största nyttan av mikronätet kommer 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 sammansättning 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. Projektsresultaten har bidragit till beslutsunderlag för Eksta Bostads AB att gå vidare med installation av mikronät i det större området. En fortsättning där man fysiskt kopplar in det fiktiva mikronät som har utvärderats teoretiskt, ger underlag för fortsatta studier kring mervärde, förstärkt utbyggnad av solcellsanläggningar och ökad lönsamhet av investeringarna. Därtill finns möjligheter att koppla in elbilsaddning i systemet, vilket bidrar ytterligare elanvändning dagtid som skulle kunna öka egenanvändningen av områdets solel. För Ekstas del ger en utbyggnad av mikronätet även möjligheter att bygga ut de befintliga solcellsanläggningarna med bibehållen lönsamhet. Det finns plats på tak i området med goda förutsättningar för solinstrålning. Möjlighet för delning av en ökad mängd producerad solel liksom elbilsaddning kan medföra god lönsamhet för en utbyggnad.

Beräkningar kring en nationell uppskalning av projektets resultat visar att det både finns stora outnyttjade takytor, väl lämpade för solcellsanläggningar, och att en ökad ekonomisk nytta kan påskynda utbyggnadstakten av solcellssystem vid flerbostadshus i Sverige. En modell skulle kunna vara just ett fiktivt mikronät, där ägare av solcellsanläggning, elanslutning och elbilsaddare skulle kunna taggas och debiteras och krediteras oberoende av var i elnätet "inloggningen" sker. Genom flera aktörer på olika nivåer kan ett smart system med utökade systemgränser, kanske även utanför Sveriges gränser, byggas upp för att uppnå målet om ett 100 % förnybart

energisystem. Politiska beslut är viktiga för att möjliggöra utbyggnad, men det är aktörsledet som kommer bidra till ett decentraliserat elsystem.

10. PUBLIKATIONSLISTA

Projektet har aktivt arbetat med resultatspridning genom flera artikelpublikationer i tidningarna Ny Teknik, Energi och Miljö samt Hem och Hyra. Nedan redovisas publiceringsdatum, tidningsnummer och titel.



Figur 40 Projektartiklar Ny teknik. Källa Ny teknik 2018, 2019.

2017-05-05 Ny Teknik nr 18 – *Likström växlar upp ett steg till*

2017-08-08 Energi och Miljö nr 8 – *Internt likströmsnät ska ge billigare solel*

2017-05-29 Hem och Hyra – *Unika solenergihus invigs i Fjärås*

2018-11-05 Ny Teknik nr 11 – *Så minskar likström energiförlusten från solcellsel*

2019-03-03 Energi och Miljö – *Utveckling av totallösning för solel i bebyggelsen*

2019-03-08 Ny Teknik – *Mer solel gav liten besparing- nu byggs likströmsnätet ut*

11. SLUTSATSER

Resultatet från utvärderingarna visar att värdet på den överproducerade solelen som levereras till elnätet påverkar incitamentet för att uppföra större solelanläggningar. I dagsläget maximeras lönsamheten för en solelanläggning genom att optimera egenanvändningen av den producerade solelen på olika sätt. Ett av sätten är det som undersökts i detta projekt, delning av solel mellan egna byggnader.

För det nybyggda området har mikronätets installation medfört ökad egenanvändning av solelproduktion från 37 till 57 % och självförsörjningsgraden för området har ökat från 16 % till 25 %. Teoretiska beräkningar för det större området i studien visar en potential att öka egenanvändningen av solel från 57 % till 89 % och att självförsörjningsgraden i detta större område skulle kunna ökas från 11 % till 17 %.

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 är 20 år.

Andra sätt att öka egenanvändningen av solel är batterilagring eller exempelvis nettodebitering, där elnätet används som lagring och systemgränsen utökas till nationell nivå. Så länge som investeringen i batterier inte medför kostnadsbesparingar för producerad, lagrad och därefter egenanvänd solel eller så länge ett nettodebiteringssystem saknas, kan mikronät i bostadsområden vara ett viktigt verktyg för ökad utbyggnad av solel i Sverige. Projektet har visat att lokalt producerad solel som delas till omkringliggande byggnader har stor potential att bidra till en ökad utbyggnad av solelanläggningar i Sverige. För detta skulle ändringar i nätkoncessionslagen behövas. Den nyligen redovisade statliga utredningen *Mindre aktörer i energilandskapet – förslag med effekt, Slutbetänkande av Utredningen om mindre aktörer i ett energilandskap i förändring, 2018:76* hänvisar till en möjlig ändring av nätkoncessionslagen.

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

12. 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, Stoltz C, Oller-Westerberg A, Berard J, 2019. *National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2018.* 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]
- Ny Teknik, 2018. *Så minska likström energiförluster från solcellsel.*
<https://www.nyteknik.se/premium/sa-minskar-likstrom-energiforlusten-fran-solcellsel-6937806> [2019-10-01]
- Ny Teknik, 2019. *Mer sol gav liten besparing – nu byggs likströmsnätet ut.*
<https://www.nyteknik.se/premium/mer-solel-gav-liten-besparing-nu-byggs-likstromsnatet-ut-6950817> [2019-10-01]
- 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/mikroproduktionavfor-nybarel.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

BILAGOR – REDOVISNING AV BERÄKNINGAR

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

EGENANVÄNDNINGS- OCH SJÄLVFÖRSÖRJNINGSGRAD

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

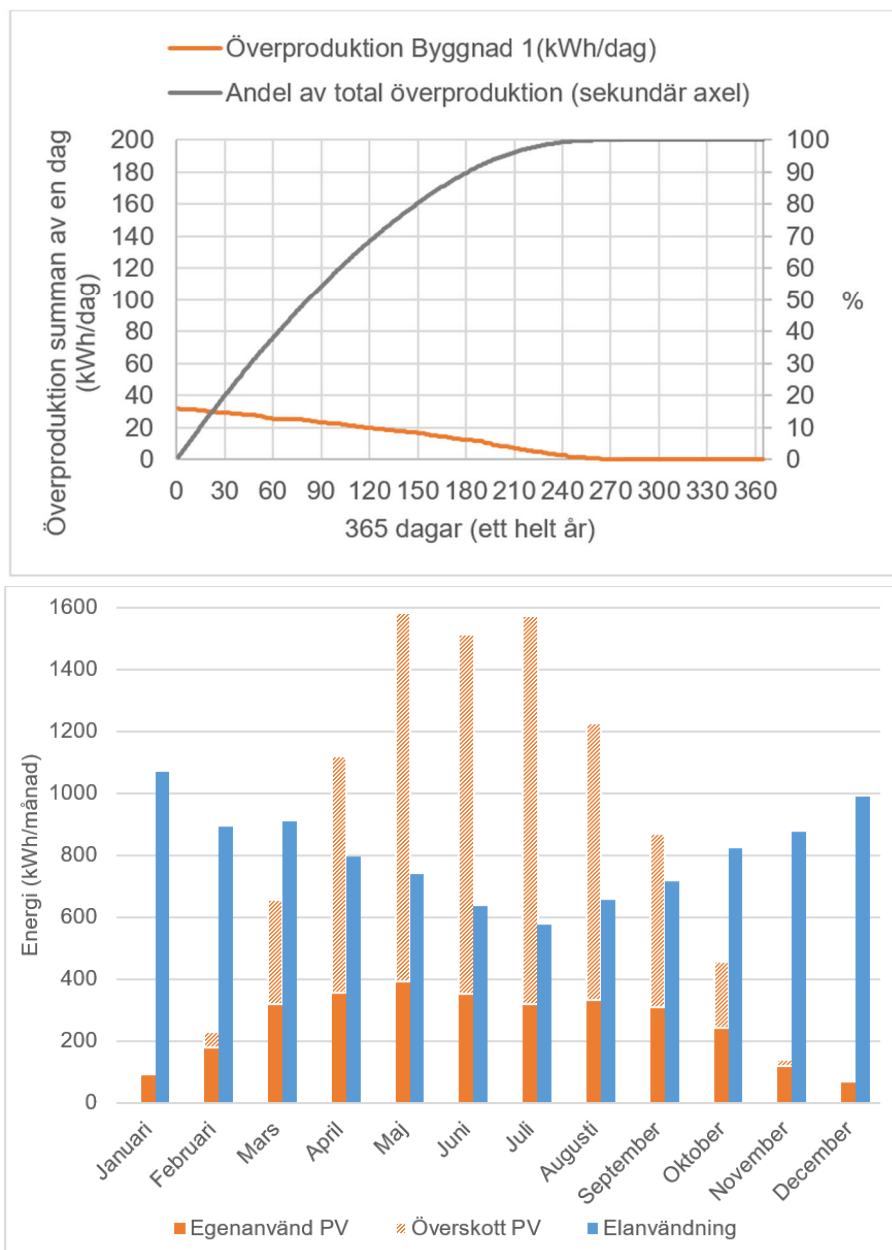
Självförsörjandegraden avser den andel av fastighetens totalt använda el som kommer från solcellsanläggningen.

	EGENANVÄNDNINGS- GRAD (%)	SJÄLVFÖRSÖRJNING- GRAD (%)	SOLEL- PRODUKTION (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

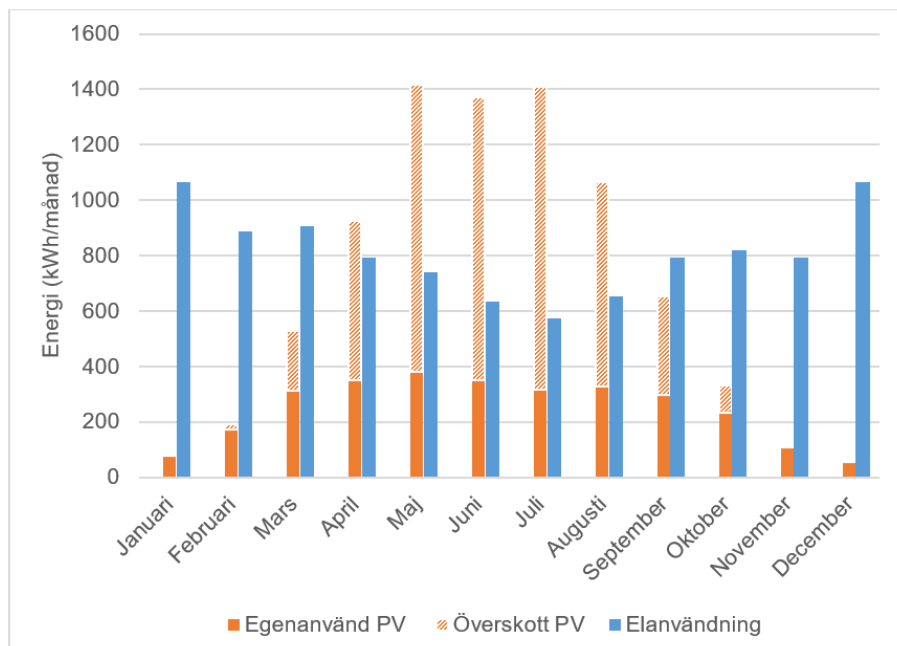
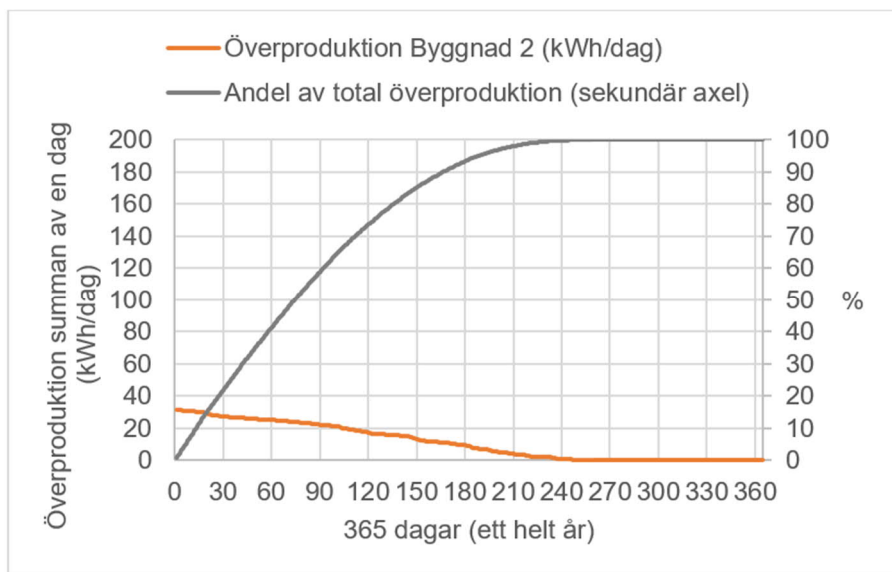
ÖVERSKOTTSEL

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

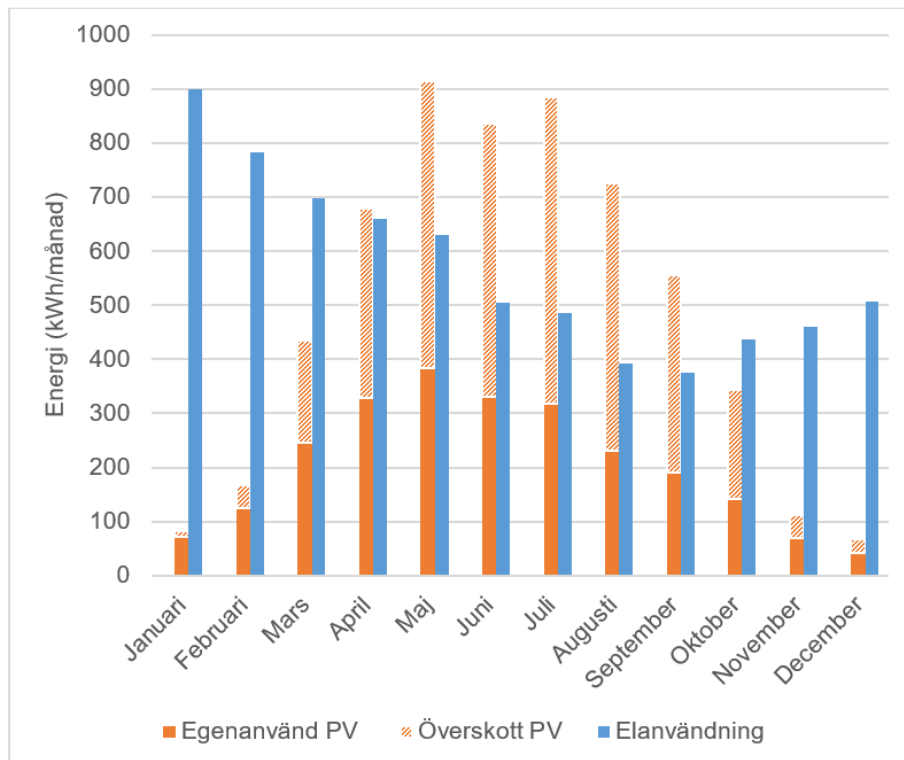
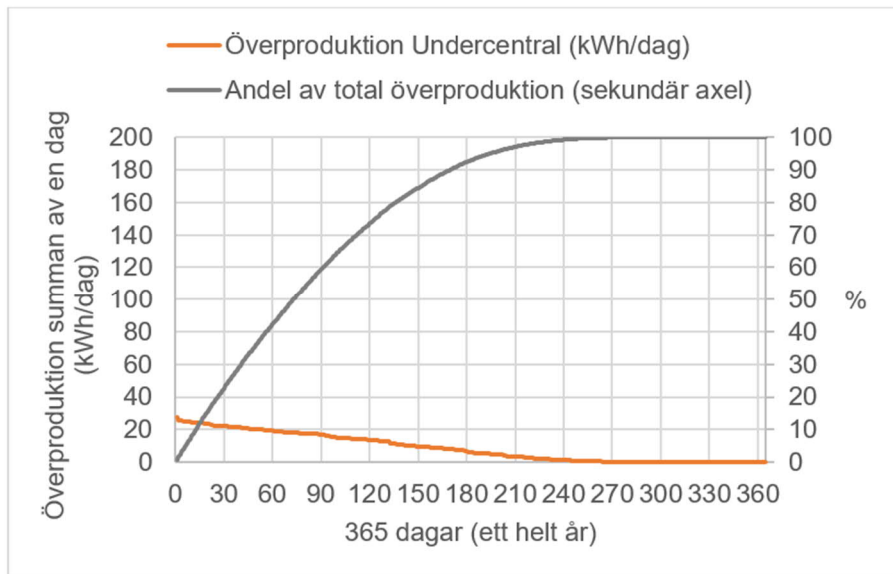
NYBYGGNATION BYGGNAD 1



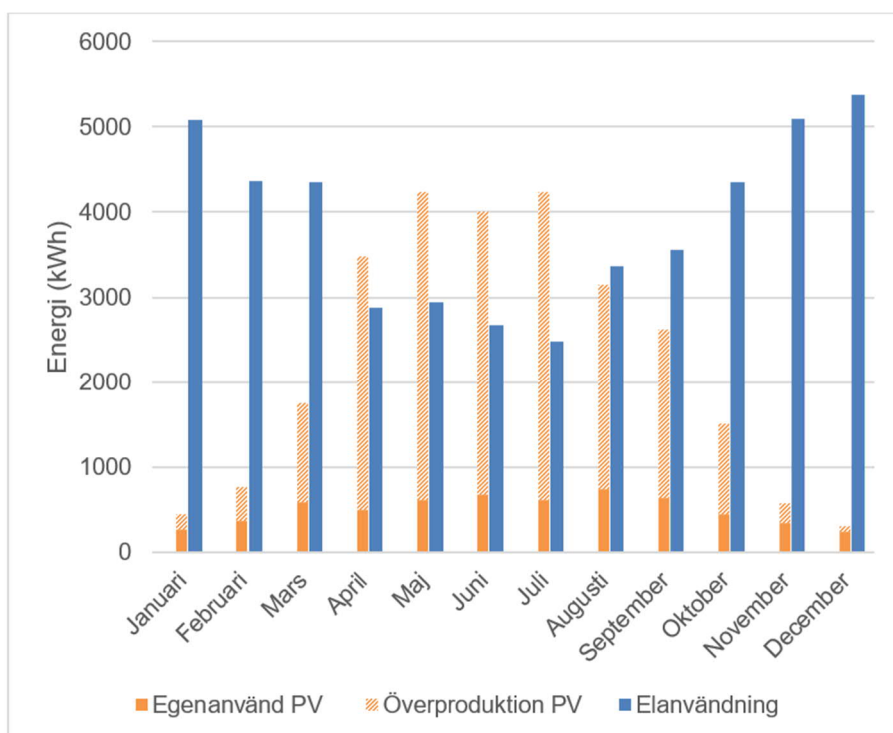
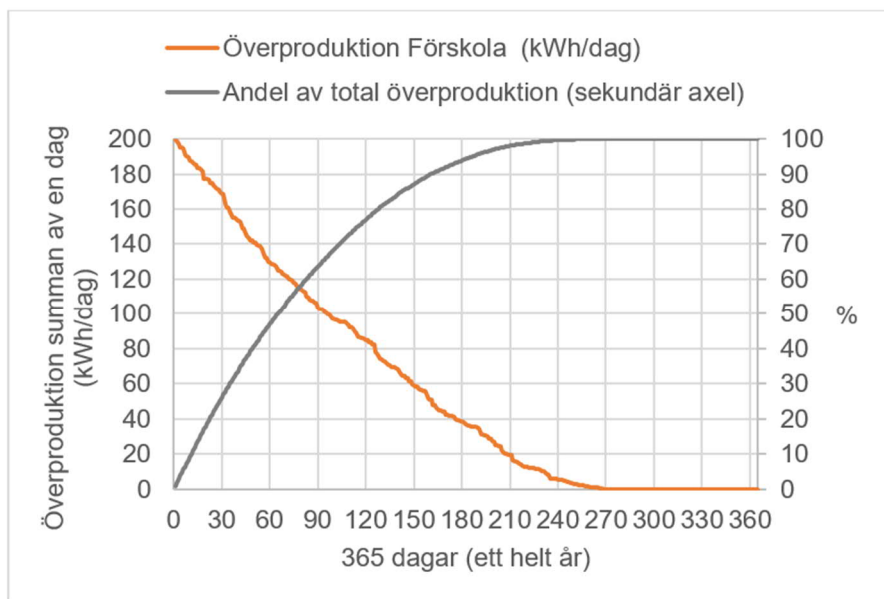
NYBYGGNATION BYGGNAD 2



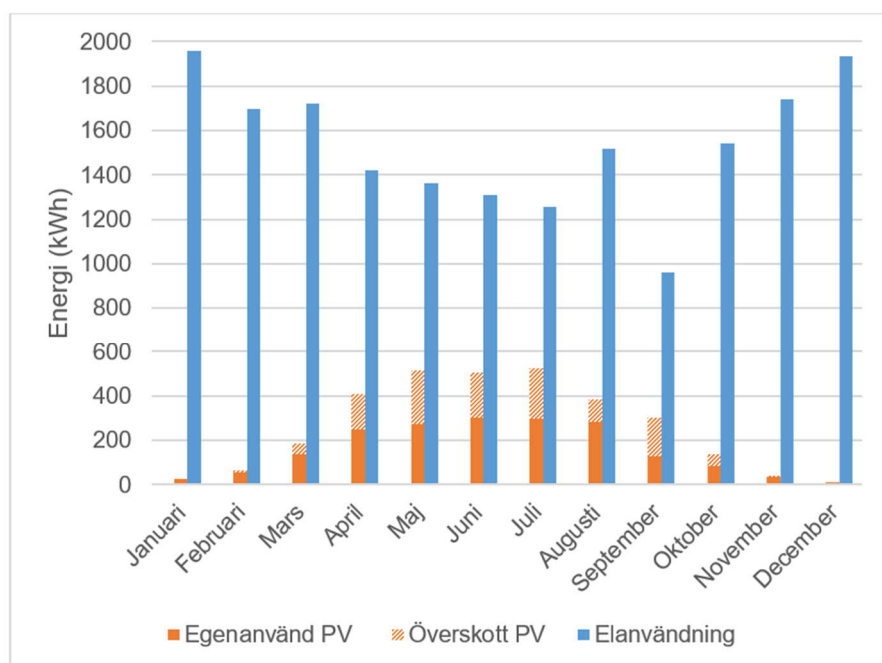
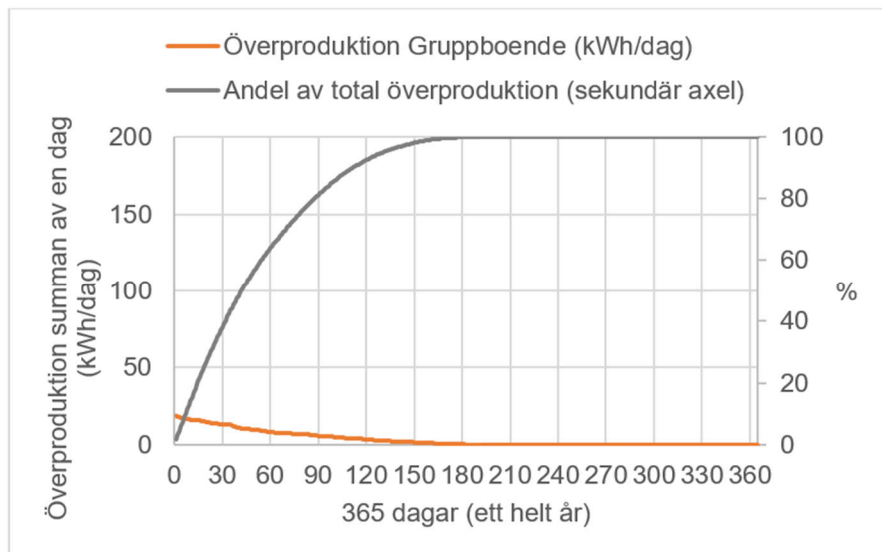
NYBYGGNATION UNDERCENTRALEN



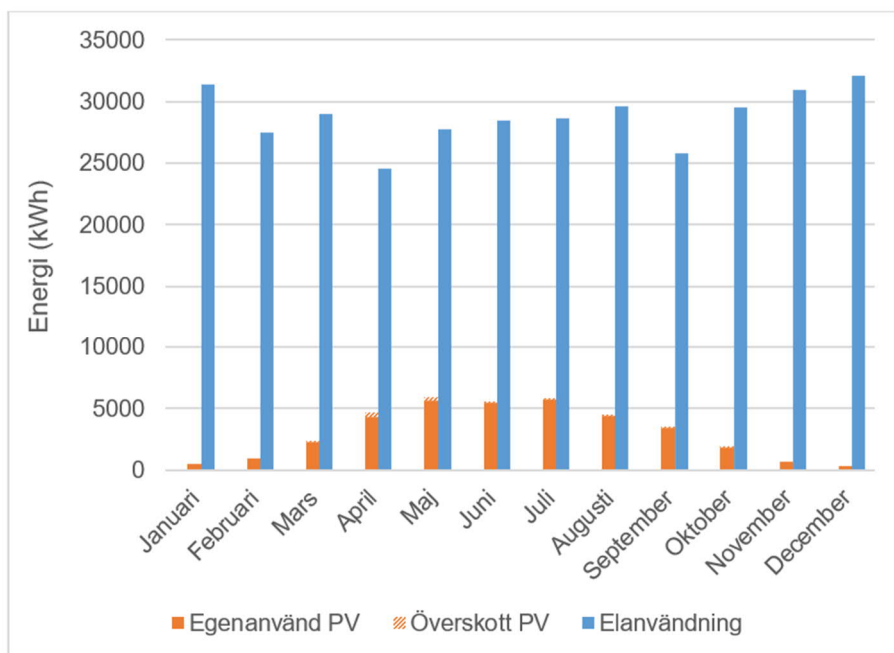
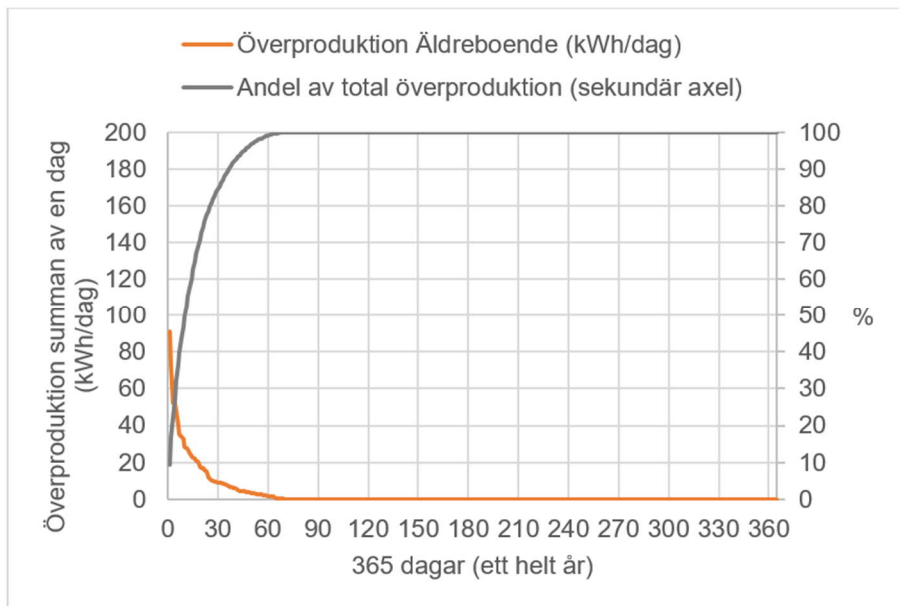
FÖRSKOLA



GRUPPBOENDE



ÄLDREBOENDE



NATIONELL UPPSKALNING

Förutsättningar för beräkningarna:

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 av antalet lägenheter i flerbostadshus mellan 2000 och 2018
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BO_BO01_01_BO0101A/LghReHtypLtAr/?rxid=6b64c10a-01ab-43c4-8aea-e2be8a9f5dc0
3. Effekt 275 W modul, 1,6 m² – 182 W/m²
4. Möjlig solcellseffekt om den potentiella takytan flerbostadshus 2018 utnyttjas fullt
 $27\,750\,000\text{ m}^2 \cdot 182\text{ W/m}^2 = 4\,769\,531\text{ W}$
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 =
 $800\text{ kWh/kW} \cdot (4\,769\,531\text{ W}) = 3\,815\,625\,000\text{ kWh}$

Scenario 1

100 % av flerbostadshustaken med bra förutsättningar producerar solen,
0 % av dessa delar med sig av elen till lika många byggnader med dåliga
förutsättningar.

Egenanvändningsgrad enskiltsystem = 40 %
 $3\,815\,625\,000 \text{ kWh} * 0,4 = 1\,526\,250\,000 \text{ kWh}$

Egenanvändningsgrad mikronätsystem = 60 %
 $3\,815\,625\,000 * 0,4 * 1 + 3\,815\,625\,000 * 0,6 * 0 = 1\,526\,250\,000 \text{ kWh}$

Potentialen för ökad egenanvändning = $1\,526\,250\,000 - 1\,526\,250\,000 = 0 \text{ kWh}$

Scenario 2

100 % av flerbostadshustaken med bra förutsättningar producerar solen,
50 % av dessa delar med sig av elen till lika många byggnader med dåliga
förutsättningar.

Egenanvändningsgrad enskiltsystem = 40 %
 $3\,815\,625\,000 \text{ kWh} * 0,4 = 1\,526\,250\,000 \text{ kWh}$

Egenanvändningsgrad mikronätsystem = 60 %
 $\frac{3\,815\,625\,000}{2} * 0,4 + \frac{3\,815\,625\,000}{2} * 0,6 = 1\,907\,812\,500 \text{ kWh}$

Potentialen för ökad egenanvändning = $1\,907\,812\,500 - 1\,526\,250\,000 = 381\,562\,500 \text{ kWh}$

Scenario 3

100 % av flerbostadshustaken med bra förutsättningar producerar solen,
100 % av dessa delar med sig av elen till lika många byggnader med dåliga
förutsättningar

Egenanvändningsgrad enskiltsystem = 40 %
 $3\,815\,625\,000 \text{ kWh} * 0,4 = 1\,526\,250\,000 \text{ kWh}$

Egenanvändningsgrad mikronätsystem = 60 %
 $3\,815\,625\,000 \text{ kWh} * 0,6 = 2\,289\,375\,000 \text{ kWh}$

Potentialen för ökad egenanvändning = $2\,289\,375\,000 - 1\,526\,250\,000 = 763\,125\,000 \text{ kWh}$