



# Hållbara energilösningar på framtida Jägersro Hästcenter

- dimensionering av solcellssystem och batterilager

Hanna Olsson och Malin Rauhala

Examensarbete på Civilingenjörsnivå  
Avdelningen för Energihushållning  
Institutionen för Energivetenskaper  
Lunds Tekniska Högskola | Lunds Universitet





---

# Hållbara energilösningar på framtida Jägersro Hästcenter

- dimensionering av solcellssystem och batterilager

---

Hanna Olsson och Malin Rauhala

24 juni 2021

*Examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola  
Institutionen för Energivetenskaper  
VT 2021*

Föreliggande examensarbete på civilingenjörsnivå har genomförts vid Avd. för Energihushållning, Inst. för Energivetenskaper, Lunds Universitet - LTH samt vid E.ON i Malmö.Handledare på E.ON: civilingenjör Damir Radoncic; handledare på LU-LTH: universitetslektor Kerstin Sernhed; examinator på LU-LTH: universitetslektor Martin Andersson.

Examensarbete på Civilingenjörsnivå

ISRN: LUTMDN/TMHP-21/5483-SE

ISSN: 0282-1990

© 2021 Hanna Olsson, Malin Rauhala samt Energivetenskaper

Energihushållning  
Institutionen för Energivetenskaper  
Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola  
Box 118, 221 00 Lund

[www.energy.lth.se](http://www.energy.lth.se)



## Förord

Det här examensarbetet genomfördes under vårterminen 2021 inom civilingenjörsutbildningen Ekosystemteknik på Lunds tekniska högskola. Vidare genomfördes examensarbetet på uppdrag av E.ON i Malmö som en del av det EU-finansierade projektet Smart Cities Accelerator+.

Vi vill börja med att rikta ett stort tack till vår huvudsakliga handledare samt biträdande handledare på E.ON, Damir Radoncic respektive Magnus Nelson. Med hjälp av ert tålamod och ständiga vilja att bidra med er kunskap har vi kunnat ro detta examensarbete i land. Vi vill också rikta ett tack till de personer som Damir och Magnus har hjälpt oss att komma i kontakt med och som har svarat på alla våra frågor och funderingar. Speciellt Annie Olofsson, konsult på Sweco, har varit ett stort stöd för oss.

På Lunds tekniska högskola vill vi så klart tacka vår underbara handledare Kerstin Sernhed som vid flera tillfällen funnit tid att ställa upp på kort varsel. Arbetsprocessen har varit allt annat än rak och det har betytt mycket att ha med dig i svängarna.

Ett stort tack till Skånska Travsällskapets VD Kent Öhlander, din samarbetsvilja och öppenhet har underlättat arbetsprocessen. Det var roligt att i slutskedet av vår studie bli inbjudna till lunchtrav på Jägersro och uppleva ett sådant evenemang. Vi ser fram emot att återuppleva detta i den nya publika byggnaden på framtida Jägersro Hästcenter!

Vi känner oss också tacksamma över att ha fått arbeta sida vid sida med Oskar Heimer som skrivit sitt examensarbete parallellt med oss på E.ON. Det har betytt mycket att dela kafferaster och kontakter samt genomföra gemensamma studiebesök.

Och så klart, tack till familj och vänner och djur för all pepp!

*Hanna Olsson och Malin Rauhala*

24 juni 2021

## Sammanfattning

Nuvarande Jägersro trav- och galoppbana i sydöstra Malmö ska bytas ut mot bostäder. Skånska Travsällskapet planerar bygga nya Jägersro Hästcenter på sin privata mark precis bredvid. De önskar att hästcentret blir Europas ledande med fokus på hållbarhet. I juli 2024 planeras den första byggnaden invigas, den avsedd för publik, som antas tecknas till ett effektabonnemang.

Det förutspås att lokal effektbrist riskerar uppstå i Malmö i framtiden. Det är därför viktigt att utveckla metoder och teknologi för en mer flexibel elanvändning och elenergilagring. Denna studies syfte formulerades till att undersöka den eventuella nyttan av att installera solpaneler och batterilager på framtida Jägersro Hästcenter. Syftet var också att undersöka hur en lastprofil kan se ut som elproduktion och elenergilagring ska optimeras för. Målet var delvis att bidra med metodutveckling gällande framtagandet av lastprofiler i nya områden.

Den publika byggnaden, en byggnad som kommer bli unik med avseende på arkitektur och verksamhet, blev fokus för beräkningar. En trolig lastprofil togs fram genom 'byggstensmetoden' (som studiens författare namngav metoden till). Denna metod bygger på att identifiera olika laster i den framtida önskade enheten och finna motsvarigheter till dessa i andra befintliga enheter, varpå motsvarigheterna adderas till en graf som visar energianvändning över tid. Denna metod kan användas för andra unika byggnader som ännu inte existerar.

En lastprofil skapades för en typisk månad med en baslast på 42 kW, dagliga lunchtoppar på 26 kW, tre små evenemang på 91 kW, fyra mellanstora evenemang på 107 kW samt ett stort evenemang på 140 kW. Elektriskt driven värme och kyla inkluderades inte.

Vid simulering av solcellssystem för den publika byggnaden visade det sig att egenanvändningen behövde vara hög för att systemet skulle bli lönsamt och minska driftkostnader. Det valda systemet på 164 kWp fick en återbetalningstid på 17 år. I kombination med litiumjonbatterier på 12kW-25,9kWh eller 24kW-51,8kWh blev återbetalningstiderna istället 18 år eller 19 år, det vill säga inom batterilagrens antagna tekniska livslängd men inte inom batterilagrens antagna ekonomiska livslängd.

Eftersom investeringskostnaden för batterilager är proportionell mot dess kapacitet innebär det att man vill kapa maximal effekt under så kort tid som möjligt. Det visade sig att om investeringskostnaden skulle vara återbetald inom batterilagrens ekonomiska livslängd var batterilagren tvungna att kapa effekt utefter sin maximala förmåga varje månad. Detta var endast fallet under sommarmånaderna då den publika byggnadens lasttoppar redan 'smalnats av' tack vara solcellssystemets inverkan.

Det finns en stor potential att installera flera solcellssystem på Jägersro Hästcenter men idag kommer största nyttan från att maximera egenanvändningen av solel. Gällande batterilager finns andra enheter inom området som kan passa bättre, såsom travbanebelysningen vilket dock kräver vidare studier. Vidare nyttor diskuterades såsom att dela/lagra el inom/utanför området men tyvärr kunde inget entydigt svar hittas för vad som blir lagligt tillåtet.

*Nyckelord: Lastprofil, solcellssystem, batterilager, effektkapning, nybyggnation*

## Abstract

The current Jägersro horse racetrack in southeast Malmö will be replaced with apartments. Alongside this area Skånska Travsällskapet plans to build a new Jägersro Horse Center on their private land. They wish the center to be Europe's most prominent with a focus on sustainability. In July 2024, the first building is planned to be inaugurated, which is assumed to be subscribed for a power rating contract.

It is predicted that local power shortages are likely to occur in Malmö in the future. It is therefore important to develop methods and technology for a more flexible use of electricity and electricity storage. The purpose of this study was formulated to examine the possible benefits of installing photovoltaic (PV) systems and battery storage at the future Jägersro Hästcenter. The purpose was also to investigate how a load profile can look like which electricity production and storage should be optimized for. The goal was partly to contribute with method development regarding the calculation of load profiles in new areas.

The public building became the focus of calculations, a building that will be unique in terms of architecture and activities. A probable load profile was developed through the 'building block method' (named by the authors of this paper). This method is based on identifying different loads in the future desired unit and finding equivalents to these in other existing units, whereupon the equivalents are added to a graph that shows energy use over time. This method can be used for other unique buildings that do not yet exist.

A load profile was created for a typical month with a base load of 42 kW, daily lunch peaks of 26 kW, three small events of 91 kW, four medium-sized events of 107 kW and a large event of 140 kW. Electric heating and cooling were not included.

When simulating PV systems for the public building, it turned out that the own use had to be large for the system to be profitable. The selected system of 164 kWp had a payback time of 17 years. In combination with lithium-ion batteries of 12kW-25.9kWh or 24kW-51.8kWh, the payback times were instead 18 years and 19 years, i.e., within the assumed technical life time, but not within the assumed economical life time, of the batteries.

Since the investment cost for the battery storage is proportional to its capacity it is desirable to cut the maximum power for as short time as possible. It turned out that if the investment cost was to be repaid within the economic life of the battery storage, the batteries had to cut power according to their maximum capacity each month. This was only the case during the summer months when the load peaks of the public building had already been 'narrowed' due to the impact of the PV system.

The PV system potential at Jägersro Hästcenter is great, but today the greatest benefit comes from maximizing self-use of solar electricity. As for battery storage there are probably other units in the area that are better suitable, such as the lightning along the racetrack, but it requires further studies. Additional benefits were discussed such as sharing/storing electricity within/outside the area, but unfortunately no definite answer could be found for what is legally allowed.

*Keywords: Load profile, PV system, battery storage, peak shaving, new building*

# Innehåll

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduktion</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1      | Syfte, mål och frågeställning . . . . .                      | 9         |
| 1.2      | Omfattning och avgränsningar . . . . .                       | 10        |
| 1.3      | Disposition . . . . .  | 10        |
| <b>2</b> | <b>Projekt Jägersro Hästcenter</b>                           | <b>12</b> |
| 2.1      | Skånska Travsällskapet . . . . .                             | 12        |
| 2.2      | E.ON . . . . .   | 13        |
| 2.3      | Smart Cities Accelerator . . . . .                           | 13        |
| 2.4      | Verksamheter inom befintligt och nytt område . . . . .       | 14        |
| <b>3</b> | <b>Elenergi</b>  | <b>17</b> |
| 3.1      | Elanvändning . . . . .                                       | 17        |
| 3.2      | Solelsproduktion . . . . .                                   | 18        |
| 3.3      | Batterilager . . . . .                                       | 19        |
| <b>4</b> | <b>Ekonomi</b>   | <b>21</b> |
| 4.1      | Elpris . . . . .   | 21        |
| 4.2      | Lönsamhetskalkyler . . . . .                                 | 23        |
| <b>5</b> | <b>Delning av elenergi</b>                                   | <b>26</b> |
| 5.1      | Ellagen . . . . .  | 26        |
| 5.2      | Nätkoncession . . . . .                                      | 27        |
| 5.3      | Moderna tillståndsprocesser för elnätet . . . . .            | 28        |
| <b>6</b> | <b>Det svenska elsystemet</b>                                | <b>29</b> |
| 6.1      | Svenska elmixen . . . . .                                    | 29        |
| 6.2      | Elområden . . . . .  | 30        |
| 6.3      | Effektbalans . . . . .                                       | 30        |
| 6.4      | Batteriers roll i framtidens elnät . . . . .                 | 32        |
| 6.5      | Framtidsprognoser kopplat till elsystemet . . . . .          | 32        |
| 6.6      | Elflexibilitet och balansering på efterfrågesidan . . . . .  | 33        |
| 6.7      | Energigemenskaper . . . . .                                  | 34        |
| 6.8      | Kapacitets- och flexibilitetssmarknad . . . . .              | 35        |
| <b>7</b> | <b>Pilotprojekt i Simris</b>                                 | <b>36</b> |
| <b>8</b> | <b>Metod</b>   | <b>40</b> |
| 8.1      | Elanvändning . . . . .                                       | 40        |
| 8.1.1    | Metoder för att fram en lastprofil för den publika byggnaden | 41        |
| 8.1.2    | Skapa baslast till den publika byggnaden . . . . .           | 42        |



|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 8.1.3     | Skapa lasttoppar till den publika byggnaden . . . . .   | 44        |
| 8.1.4     | Slutlig lastprofil till den publika byggnaden . . . . . | 46        |
| 8.2       | Solelsproduktion . . . . .                              | 47        |
| 8.2.1     | System Advisory Model . . . . .                         | 47        |
| 8.2.2     | Simulering och beräkningar . . . . .                    | 48        |
| 8.3       | Batterilager . . . . .                                  | 52        |
| 8.3.1     | Storlek på batterilager . . . . .                       | 52        |
| 8.3.2     | Simulering . . . . .                                    | 52        |
| 8.4       | Investeringskalkylering . . . . .                       | 53        |
| 8.4.1     | Elpriser och effektagift . . . . .                      | 53        |
| 8.4.2     | Enbart solcellssystem . . . . .                         | 54        |
| 8.4.3     | Solcellssystem och batterilager . . . . .               | 56        |
| 8.4.4     | Enbart batterilager . . . . .                           | 58        |
| <b>9</b>  | <b>Resultat och analys</b>                              | <b>59</b> |
| 9.1       | Elanvändning . . . . .                                  | 59        |
| 9.1.1     | Baslast . . . . .                                       | 59        |
| 9.1.2     | Topplast . . . . .                                      | 60        |
| 9.1.3     | Lastprofil: baslast + topplast . . . . .                | 60        |
| 9.2       | Elproduktion . . . . .                                  | 61        |
| 9.2.1     | Systemdesign . . . . .                                  | 61        |
| 9.2.2     | Produktionsprofiler . . . . .                           | 61        |
| 9.3       | Elenergilagring . . . . .                               | 62        |
| 9.4       | Ekonomi . . . . .                                       | 64        |
| 9.4.1     | Lösamhet: Enbart solcellssystemet . . . . .             | 65        |
| 9.4.2     | Lösamhet: Solcellssystem + batterilager . . . . .       | 66        |
| 9.4.3     | Lösamhet: Enbart batterilager . . . . .                 | 68        |
| 9.5       | Känslighetsanalys . . . . .                             | 68        |
| 9.5.1     | Billigare laddel . . . . .                              | 69        |
| 9.5.2     | Effektagift . . . . .                                   | 69        |
| 9.5.3     | Försäljningspris . . . . .                              | 70        |
| 9.5.4     | Inköpspris . . . . .                                    | 71        |
| 9.5.5     | Maximalt gynnsamt scenario . . . . .                    | 71        |
| 9.6       | Vidare analyser . . . . .                               | 72        |
| <b>10</b> | <b>Metoddiskussion</b>                                  | <b>76</b> |
| 10.1      | Elanvändning . . . . .                                  | 76        |
| 10.2      | Elproduktion . . . . .                                  | 78        |
| 10.3      | Elenergilagring . . . . .                               | 79        |
| 10.4      | Ekonomi . . . . .                                       | 79        |
| <b>11</b> | <b>Diskussion</b>                                       | <b>81</b> |
| 11.1      | Publika byggnaden-nivå . . . . .                        | 81        |
| 11.2      | Jägersro Hästcenter-nivå . . . . .                      | 84        |
| 11.3      | Stadsdelsnivå . . . . .                                 | 87        |
| <b>12</b> | <b>Slutsats</b>   | <b>88</b> |
| <b>13</b> | <b>Förslag på vidare studier</b>                        | <b>91</b> |
| <b>14</b> | <b>Bilagor</b>  | <b>93</b> |
|           | <b>Litteratur</b>                                       | <b>98</b> |

# Kapitel 1

## Introduktion

Internationella Energirådet, IEA, skrev i sin senaste rapport från maj 2021 att solkraften antas öka de kommande åren och år 2050 utgöra världens största energikälla (IEA 2021). Än är användningen av solkraft liten i förhållande till andra energikällor i Sverige, men ökar kraftigt varje år (Energimyndigheten 2021a).

Sverige står inför utmaningar när det kommer till elförsörjning i samhället och redan idag råder kapacitetsbrist i flera tätbebyggda områden, liksom effektbrist i Skåne i perioder (Sonnsjö 2020). För att nå det svenska energimålet om 100 % förnybar energi till 2040, eller 2030 enligt Malmö stads energimål, krävs en stor omställning (Malmö stad 2019 ; Regeringskansliet 2021). Samtidigt fasas kärnkraft ut och ersätts av mer förnybar energiproduktion såsom vindkraft och solkraft. Dessa intermittenta energikällor leder dock föga till ökad energisäkerhet, eftersom deras produktion inte är tillförlitlig under årets alla timmar. Detta drabbar i synnerhet storstadsregioner i Skåne (Svenska Kraftnät 2020).

I Länsstyrelsen Skånes rapport på uppdrag av regeringen, *Förutsättningar för trygg elförsörjning*, lyfts flera olika metoder för att uppnå ökad elsäkerhet. Utöver att uppgradera och bygga ut stamnätet nämns lokal förnybar elproduktion samt utveckling av metoder och teknologi för en mer flexibel elanvändning och elenergilagring (Länsstyrelsen 2020).

I sydöstra Malmö ligger ett markområde som ägs av Skånska Travsällskapet och som innehåller Jägersro trav- och galoppbana med tillhörande byggnader. Skånska Travsällskapet är en ideell förening som anordnar regelbundna evenemang på området, som mestadels fokuserar på travsporten (STS 2020b). Sällskapet har sedan några år tillbaka planerat för att skapa Jägersro Hästcenter som kommer bli ett nytt, hållbart och framåtsträvande område (STS 2020a). Det kommer att vara beläget precis bredvid det nuvarande området vars mark sålts (Malmö Stad 2021). Många aktörer är nu involverade i projekt Jägersro Hästcenter och den första byggnaden, den avsedd för publik, planeras invigas år 2024 tillsammans med travbanan<sup>1</sup>.

Förutom den publika byggnaden planeras Jägersro Hästcenter bestå av flera andra byggnader såsom en shop, en veterinärklinik, en travskola, servicebyggnader, en idrottsanläggning, tävlingsstallar med mera<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>Kent Öhlander, nuvarande extern verkställande direktör för Skånska Travsällskapet, studiebesök 8 februari 2021.

<sup>2</sup>Arkitekterna Krook & Tjäder, tillgång till beskrivningar och ritningar från BIM360 mellan januari och juni 2021

Genom att tidigt anta ett systemperspektiv samt planera och samordna väl kan hållbara nybyggnationer uppnås och besparingar göras. Framtidens byggnader bör vara energi- och resurseffektiva, anpassningsbara och ha ett lågt koldioxidavtryck. Energi- och koldioxidskatter har ökat incitamenten för att bygga mer energisnålt och det blir allt vanligare att låta miljöklassa byggnader enligt olika kriterier (Boverket n.d.).

Malmö stad strävar efter att främja etablering av solenergianläggningar (Malmö stad 2019). Att installera solceller i samband med nyproduktion av byggnader kan även vara en kostnadsmässig fördel jämfört med att installera dem i efterhand. Investeringen kan ses som en marginell extrakostnad som lättare samordnas än vid en separat investering. Tidig planering innebär dessutom att taket som solpanelerna ska placeras på kan optimeras med avseende på säkerhetsföreskrifter, elanslutningar och störande objekt med mera (Svensk Byggtjänst 2021). Detta gäller även för det rum som batterilagret ska placeras i som tidigt kan optimeras med avseende på säkerhet, ventilation och temperatur (Elsäkerhetsverket 2020). Installationskostnader för solcellssystemet och batterilagret kan också minska om installationen samordnas med övriga byggnadsfaser<sup>3</sup> <sup>4</sup>. För nya byggnader gäller dessutom särskilda villkor med avseende på energieffektivitet. Att installera solceller och använda denna till driftel bidrar till att uppfylla dessa krav (Svensk Byggtjänst 2021).

E.ON (energilösningar AB och energidistribution AB), i samarbete med det EU-finansierade projektet Smart Cities Accelerator+, är involverade i arbetet med Jägersro Hästcenter. Målet är att området ska kunna bli en del av ett effektoptimerat stadsområde och att lärdomar ska kunna spridas till andra liknande projekt (Projektbeskrivning 2021). I detta arbete ville E.ON engagera studenter varpå ett par examensarbeten på masternivå utlystes för vårterminen 2021 i syfte att undersöka möjligheter kring energisystem i området - det ena med fokus på värme och det andra med fokus på el, bedrivna parallellt med handledare från E.ON.

Detta examensarbete fokuserar på el och har i ett första steg undersökt den publika byggnaden på framtida Jägersro Hästcenter med avseende på elanvändning, solelsproduktion och batterilagring. I ett andra steg berördes även resterande område kopplat till tidigare nämnda utmaningar i samhället. För att kunna dimensionera ett solcellssystem och batterilagring till den publika byggnaden behövdes en lastprofil med avseende på el som skulle kunna representera den framtida byggnaden. En viktig del av denna studie var därför att ta fram en metod för att skapa en sådan lastprofil, något som generellt sett kan vara svårt ifall många uppskattningar och antaganden behöver göras, särskilt om byggnaden är ovanligt utformad och ska bestå av en blandad verksamhet.

## 1.1 Syfte, mål och frågeställning

Skånska Travsällskapet vill bygga ett toppmodernt och hållbart Jägersro Hästcenter på sin nuvarande obebyggda mark. Samtidigt står södra Sverige inför stora utmaningar när det kommer till att balansera efterfråga och tillförsel av el. Med detta som utgångspunkt är syftet med denna studie att, ur ett systemperspektiv, undersöka den eventuella nyttan av att installera solpaneler och batterilagring på framtida Jägersro Hästcenter. För att kunna göra detta är syftet också att undersöka hur en lastprofil som elproduktion och elenergilagring ska optimeras för kan se ut.

<sup>3</sup>Affärsutvecklare inom sol och batterier på E.ON i Malmö, mailkonversation 28 april 2021

<sup>4</sup>Projektledare och projektägare på E.ON i Malmö, mailkonversation 6 maj 2021

Målet med den här studien är att leverera ett förslag på en dellösning till projekt Jägersro Hästcenter. Studien kan ses som en potentialutredning med avseende på elanvändning. Målet är också att bidra med metodutveckling gällande beräkning av lastprofiler i nya områden. Sammanfattningsvis kan detta vara av intresse inte bara för Skånska Travsällskapet, E.ON och SCA+ utan också andra aktörer såsom byggherrar, fastighetsägare och energiföretag.

För att kunna svara på syftet och uppnå målsättningen genomfördes en fallstudie på den framtida publika byggnaden på Jägersro Hästcenter. Den planeras att invigas år 2024. Följande frågeställningar har studerats:

1. Vad karakteriserar en lastprofil för den publika byggnaden och vilka parametrar spelar in?
2. Vilken metod kan användas för att uppskatta en lastprofil för den publika byggnaden?
3. Vad är en lämplig systemdimensionering för den publika byggnaden gällande solesproduktion och batterilager?

## 1.2 Omfattning och avgränsningar

Fallstudien omfattar den publika byggnaden som kommer att byggas på Jägersro Hästcenter samt dess elanvändning, elproduktion (enbart solex) och elenergilagring (enbart litiumjonbatterier). Den del av arbetet som avser elanvändningen inkluderar även att ta fram en metod för att skapa en lastprofil, vilket kan ge insikter för en mer generisk applicering.

Vid framtagandet av en lastprofil till den publika byggnaden räknas inte elanvändning kopplat till uppvärmning eller kyla in, såsom bergvärmepumpar och luftkonditioneringssystem. Vid studiens startskede var det osäkert hur byggnaden skulle värmas upp eller kylas, inga beslut hann tas av projektgruppen mellan januari och juni. Författarna till denna studie ansåg att detta hade behövts undersökas med grundligt än vad hade hunnits göras i denna studie.

Enligt VD Kent Öhlander<sup>5</sup> planeras publika byggnaden att invigas 2024 (på Hugo Memorial Day) och vara en av de första byggnaderna som anläggs.

Andra enheter inom området utöver publika byggnaden, inklusive travbanan och dess belysning, inkluderas inte i kvantitativa beräkningar men diskuteras kvalitativt med resultat från publika byggnaden som utgångspunkt.

## 1.3 Disposition

Studiens första kapitel 2-7 berör grundläggande koncept för att öka läsarens förståelse för ämnet. Kapitel 2 ger en bakgrund till området för Jägersro, från befintlig till framtida verksamhet. Kapitel 3 behandlar teknisk teori kopplad till elanvändning och lastprofiler, solesproduktion samt batterilager. Kapitel 4 berör ekonomiska parametrar och lönsamhetskalkyler. Även teori kopplad till elpriser återfinns här. Kapitel 5 förklarar hur lagstiftningen i Sverige ser ut kopplat till solesproduktion och att dela el inom områden. Kapitel 6 behandlar hur den svenska elmixen ser ut, vilka utmaningar det svenska elsystemet står inför framöver och vilken roll områden som

---

<sup>5</sup>Kent Öhlander, nuvarande extern verkställande direktör för Skånska Travsällskapet, studiebesök 8 februari 2021.

Jägersro Hästcenter kan ha i framtidens effektbalans. Vidare beskrivs pilotprojektet i Simris i kapitel 7, ett projekt vars lärdomar delvis kan appliceras på Jägersro Hästcenter.

Kapitel 8 innehåller en beskrivning av de metoder som användes för att få fram studiens resultat. I kapitel 9 presenteras resultaten och de analyseras även kort. Kapitel 9 innehåller också vidare analyser, bland annat med avseende på känslighet där inköpspris och försäljningspris av el samt effektavgift förändras. I kapitel 10 diskuteras metoden kritiskt och huruvida alternativa vägar hade varit möjliga. Kapitel 11 innehåller en diskussion med författarnas egna tankar och åsikter. Kapitel 12 sammanfattar studiens slutsatser medan kapitel 13 ger förslag på vidare studier.

## Kapitel 2

# Projekt Jägersro Hästcenter

I denna sektion presenteras Skånska Travsällskapet som är en privat aktör och beställare av ett nytt Jägersro Hästcenter med travbana. Vidare presenteras energiföretaget E.ON och dess delaktighet i projektet Smart Cities Accelerator+ (SCA+), som denna studie utgår ifrån. Slutligen introduceras en områdesbeskrivning för både Jägersro Hästcenter och nuvarande Jägersro trav- och galoppbana med tillhörande byggnader.

### 2.1 Skånska Travsällskapet

Skånska Travsällskapet är en ideell förening som anordnar travtävlingar och verkar som intresseorganisation för travsporten. Föreningen är ansluten till Svensk Travsport och styrelsen har sitt säte i Malmö där Kent Öhlander är nuvarande extern verkställande direktör (VD) (STS 2020b).

Den första tävlingsdagen hölls den 20 maj 1907 och man har sedermera anordnat tävlingar för både trav och galopp. Hugo Åberg Memorial är ett viktigt lopp som startade 1970 och som anordnas än idag under sista tisdagen i juli. En annan viktig dag är Gentlemannadagen som är en stor folkfest på Kristi Himmelfärdsdagen varje år (Jägersro.se [n.d.](#)).

“...skapa en modernare och flexibel anläggning för morgondagens behov...tillsammans med Malmö Stad utveckla upplevelser i världsklass...vara en del i Malmö satsning på hållbara boenden och livsmiljöer”.

---

*Styrelsemöte, 2017*  
*STS 2020a*

Enligt Skånska Travsällskapet har spelreglerna förändras och Jägersro måste ta ett steg in i framtiden. Skånska Travsällskapet vill skapa förutsättningar att locka alla målgrupper och morgondagens “Jägersro-are” som prioriterar sammanhang, socialt ansvar, personlig utveckling och mening. För att kunna göra detta har marken för nuvarande Jägersro sålts och ett Jägersro Hästcenter ska byggas bredvid. Detta ansågs vara den mest ekonomiskt lössamma lösningen efter att ha utvärderat olika förslag (STS 2020a).

För att skapa Europas ledande hästcenter har Arkitekterna Krook & Tjäder anlåtats. Enligt Krook & Tjäder ska arkitekturen inom Jägersro travbana åldras med värdighet enligt principer för hållbar arkitektur. Materialval är exempelvis trästomme, träribb, betong, plåt, grus, stål, glas och korrugerad plast. Den skånska landsbygden är en inspirationskälla (Krook & Tjäder 2021).

I området ska det finnas aktiviteter och evenemang för alla. Mat, spel, umgänge, tävlingar, konferenser, utställningar, marknader, mässor, uppvisningar, branschdagar, konserter och allsång är några önskemål enligt Skånska Travsällskapet (STS 2020a).

Eftersom travsporten har fått konkurrens från bland annat e-sport så vill Skånska Travsällskapet utveckla Jägersro Hästcenter till en så kallad Smart Arena. Med innovationsbidrag från Vinnova ska Skånska Travsällskapet samarbeta med Malmö universitet och Aakermount för att kunna börja använda artificiell intelligens (AI) (Skånska Travsällskapet 2021).

Planen, och VD Kent Öhlanders<sup>1</sup> önskan, är att en första etapp av det totala byggprojektet, inklusive den publika huvudbyggnaden samt den 1400 meter långa päronformade travbanan, ska vara klar för invigning på dagen för Hugo Åberg Memorial i juli 2024.

## 2.2 E.ON

E.ON Sverige har sitt huvudkontor i Malmö och verksamheten utgörs av främst två affärsområden, smarta distributionsnät och innovativa energilösningar åt ungefär en miljon privat- och företagskunder i Sverige. Ett av E.ON:s mål är att all erbjuden energi till kunder ska vara förnybar eller återvunnen år 2025 (E.ON 2021b).

E.ON vill gärna vara i framkant och jobbar med att utveckla olika lösningar för framtidens energisystem. Som ett led i detta arbete så driver och deltar E.ON i flera projekt, bland annat ett projekt vid namn SWITCH som beskrivs närmre i kapitel 6 och pilotprojektet i Simris som beskrivs i kapitel 7.

## 2.3 Smart Cities Accelerator

SCA drevs mellan 2016 och 2020 med visionen att skapa smarta städer och en fossilfri framtid i Öresundsregionen. Projektet finansierades av Europeiska regionala utvecklingsfonden genom programmet Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak tillsammans med andra parter. SCA+, ett förlängt projekt som utgår från SCA, drivs mellan 1 december 2020 och 31 maj 2022. Det programspecifika målet är att minska energiförbrukning i offentlig verksamhet vilket bland annat kommer att minska koldioxidutsläpp. I SCA+ deltar olika partners såsom E.ON, Lunds universitet, Malmö stad, Sustainable Business Hub samt flera aktörer i Köpenhamnsregionen. Alla resultat ska delas över sundet och spridas vidare genom en kommunikationsstrategi (Projektbeskrivning 2021).

E.ON anser att SCA+ är helt i linje med den utveckling som E.ON vill bedriva med målet att använda mindre effekt och energi samt öka andelen förnybar energi i systemen. Genom att planera rätt från start kan man utveckla nya energisystem som

---

<sup>1</sup>Kent Öhlander, nuvarande extern verkställande direktör för Skånska Travsällskapet, studiebesök 8 februari 2021.

klarar flexibilitet både ur ett användarperspektiv och försörjarperspektiv (Projektbeskrivning 2021).

Projektet är indelat i fyra kategorier. Den första kategorin innebär att verktyg ska tas fram till kommunal energiplanering och för utveckling av befintliga och nya stadsområden. I denna kategori deltar E.ON genom att å ena sidan ta fram ett visualiserings- och dialogverktyg för aktörer i planeringsfasen och å andra sidan planera ett effektoptimerat stadsområde (Projektbeskrivning 2021).

Arbetet med det effektoptimerade stadsområdet implementeras där det finns privata markägare. När det gäller Jägersro Hästcenter är Skånska Travsällskapet markägare. Helhetsmässigt förväntas stadsområdet innefatta systemdimensionering, förnybar elproduktion, elenergilagring, delning och balansering. Förhoppningen är att resultat och slutsatser kommer att kunna generaliseras så att lärdomar kan spridas till andra liknande projekt (Projektbeskrivning 2021).

## 2.4 Verksamheter inom befintligt och nytt område

I sydöstra Malmö finns stadsdelen Jägersro och centralt för denna stadsdel är området där en trav- och galoppbana är belägen. Idag står stadsdelen Jägersro inför stora förändringar; travbanan ska flyttas österut och kvarvarande mark ska rymma bostäder, skolor, kontor, handel och service (Malmö Stad 2021).

Området för nuvarande Jägersro trav- och galoppbana består av flera byggnader och verksamheter. Några utav dem kommer flytta med till nya Jägersro Hästcenter, medan några kommer falla bort. Nedan följer en lista med områdets byggnader och verksamheter. Se tabell 2.1 för sammanställning av vilka byggnader och verksamheter som finns på nuvarande Jägersro trav- och galoppområde och vilka byggnader och verksamheter som planeras på framtida Jägersro Hästcenter.

Tabell 2.1: I tabellen sammanfattas de byggnader som finns på nuvarande Jägersro trav- och galoppområde, samt de verksamheter och byggnader som planeras på framtida Jägersro Hästcenter.

|                                    | Befintliga området | Framtida området |
|------------------------------------|--------------------|------------------|
| Publik byggnad med restauranger    | JA                 | JA               |
| Galoppbana för träning och tävling | JA                 | NEJ              |
| Uthyrda stall                      | JA                 | NEJ              |
| Travbana 1000 m                    | JA                 | NEJ              |
| Travbana 1400 m                    | NEJ                | JA               |
| Shop                               | JA                 | JA               |
| Tävlingsstallar                    | JA                 | JA               |
| Servicebyggnader                   | JA                 | JA               |
| Travskola                          | JA                 | JA               |
| Polisrytteri                       | JA                 | KANSKE           |
| Veterinär                          | JA                 | KANSKE           |
| Idrottsanläggning                  | NEJ                | KANSKE           |

De som tillhör Skånska Travsällskapet är den nuvarande publika byggnaden, shopen, travbanan och stallarna. Stallarna hyrs dock ut till enskilda aktörer som har hästar uppstallade permanent under året. Restaurangerna i den publika byggnaden hyrs ut och drivs av ett externt företag. Polisrytteriet liksom veterinären är båda enskilda aktörer i området. Galoppverksamheten har tidigare samarbetat med Skånska Trav-



sällskapet men kommer inte följa med och vara en del utav Jägersro Hästcenter<sup>2</sup>.

Nya Jägersro Hästcenter planeras för ett område på 40 ha strax österut från den befintliga anläggningen, figur 2.1 visar en översikt. I nuläget finns en travbana för träning i detta område men i övrigt är det icke exploaterat och utgör därför en bra grund för nybyggnation<sup>3</sup>).



Figur 2.1: Plan och översikt av Jägersro Hästcenter (figuren används med tillåtelse av Arkitekterna Krook & Tjäder<sup>4</sup>).

De uthyrda stallen för permanent uppehåll av hästar på nuvarande Jägersro kommer inte att finnas på framtida Jägersro. Istället tillkommer tävlingstall för de tillresta hästarna som ska tävla. Tävlingsstallarna kan i viss mån användas för hästuppehåll under kortare perioder men är främst så kallade utomhusstall<sup>5</sup>.

Det råder vissa större osäkerheter kring ett antal byggnader. Vilken verksamhet som skall inhysas i fritidsanläggningen är ännu ej bestämt. Huruvida veterinären kommer vilja flytta med är osäkert. Dessutom gör den hotbild som finns mot polisrytteriet det även osäkert om de kan flytta med<sup>6</sup>.

### Den publika byggnaden på framtida Jägersro Hästcenter

Den publika byggnaden på Jägersro Hästcenter är en byggnad med fem våningar som planeras stå klar år 2024. Dess design, med ett tak som bildar en krona, kommer att utgöra en tydlig symbol för Jägersro. Byggnaden kommer att placeras i söderläge mot travbanan och en stor glasfasad gör det möjligt för besökare att titta på travtävlingar från gradänger och läktare inuti byggnaden. Eftersom det kommer finnas flertalet restauranger och pubar i byggnaden ska det även vara möjligt att ta sig förfriskningar eller tilltugg medan man beskådar travtävlingarna. I publika byggnaden kommer

<sup>2</sup>Kent Öhlander, nuvarande extern verkställande direktör för Skånska Travsällskapet, studiebesök 8 februari 2021.

<sup>3</sup>Kontakt med arkitekt och vice kontorschef på Arkitekterna Krook & Tjäder, tillgång till beskrivningar och ritningar från BIM360 mellan januari och juni 2021

<sup>5</sup>Miljösamordnare för Skånska Travsällskapet, studiebesök 8 februari 2021.

<sup>6</sup>Miljösamordnare för Skånska Travsällskapet, studiebesök 8 februari 2021.

även rumsavdelare finnas för att på ett smidigt sätt kunna anpassa storleken på utrymmet efter behov för olika evenemang. Detta öppnar även för mer energismarta sätt att använda belysning och ventilation<sup>7</sup>.

Följande verksamheter kommer att finnas i publika byggnaden:

- Restauranger
- Pubar
- Utställningsutrymmen
- Föreläsning- och konferensutrymmen
- Lounger
- Uteplatser mot banan
- Kök
- Gradänger och läktare
- Balkonger och terrasser
- Spel
- Domartorn
- Teknikrum

Utöver travtävlingar tillkommer även andra evenemang under året på Jägersro Hästcenter. Se kapitel 14 figur 14.1 för en sammanfattning av evenemangskalendern framtagen av VD Kent Öhlander och arkitekterna på Krook & Tjäder<sup>8</sup>. Evenemang klassas som 'små', 'mellanstora' och 'stora' vilket framgick efter samtal med Kent Öhlander<sup>9</sup>. Till 'stora' hör travlopp som V75 och temadagar som Gentlemannadagen. Till 'mellanstora' hör travlopp som V64 och V86 och till 'små' hör travlopp som V5 och V6.

---

<sup>7</sup>Kontakt med arkitekt och vice kontorschef på Arkitekterna Krook & Tjäder, tillgång till beskrivningar och ritningar från BIM360 mellan januari och juni 2021

<sup>8</sup>Kontakt med arkitekt och vice kontorschef på Arkitekterna Krook & Tjäder, tillgång till beskrivningar och ritningar från BIM360 mellan januari och juni 2021

<sup>9</sup>Kent Öhlander, nuvarande extern verkställande direktör för Skånska Travsällskapet, studiebesök 8 februari 2021.

# Kapitel 3

## Elenergi

I detta kapitel beskrivs teoretisk fakta kring elanvändning (lastprofil), elproduktion (solenergi) och elenergilagring (batterier).

### 3.1 Elanvändning

Elanvändning kan definieras på olika nivåer såsom ett lands, ett samhälles eller en byggnads elanvändning. För att beskriva hur elanvändning varierar över tid används så kallade 'förbrukningsprofiler' eller 'lastprofiler'. I den här sektionen förklaras mer ingående vad en lastprofil för en större byggnad med offentlig verksamhet och köksverksamhet består av och hur den kan se ut.

#### Lastprofil

Förenklat består en lastprofil av topplast och baslast. Baslast är det effektuttag som sker kontinuerligt varje timme dygnet runt över året. Dess storlek noteras som det lägsta värdet i lastprofilen och infinner sig typiskt på natten hos verksamheter som har aktiviteter på dagen. Baslasten utgörs normalt av ventilation, uppvärmning (beroende på vilket uppvärmningssystem som valts) och maskiner som aldrig stängs av. I en bostad eller byggnad med köksverksamhet är typiska maskiner som aldrig stängs av kyl- och frysmaskiner. Baslastens storlek kan dock variera över året. Den kan till exempel vara större på vintern om byggnaden värms av eldrivna luftvärmepumpar eller vara större på sommaren om byggnaden kräver extra mycket ventilation (Energimyndigheten 2017).

Till baslasten tillkommer topplaster. Topplasterna betecknar de högsta effektuttagen under de verksamma timmarna under dygnet. Dessa beror på hur el används i byggnaden och kan variera en hel del beroende på verksamhet. Bostäder har ofta en topp på morgonen och en på kvällen vilket speglar rutinen att göra frukost på morgonen, lämna bostaden under dagen och kommer hem på kvällen för att göra middag. För företag och andra kommersiella verksamheter ser topplasterna annorlunda ut, trenden är ofta tydligare toppar under dagen (Energimyndigheten 2017).

#### Elförbrukning i ett restaurangkök

Eftersom den publika byggnaden planeras ha köksverksamhet med flera restauranger är det relevant för uppsatsen att förstå hur el används i restaurangkök. Ett restaurangkök har många installationer på en liten yta som kräver el. Utöver belysning

och ventilation använder köken el vid tillagning av mat och vid diskning. Dessutom använder köken el kontinuerligt dygnet runt genom förvaring och lagerföring av matvaror i kylmaskiner och frysar (Energimyndigheten 2012). Dessa utgörs av centrallagring genom kylrum och frysrum, samt plug-in kylar och frysar. De senare är billigare, men mindre energieffektiva. Vid nybyggnationer rekommenderas därför att i högre grad fokusera på centralförvaring genom kyl och frysrum (Lane 2015).

I en rapport från Energimyndighetens Beställargrupp Livsmedelslokaler (BeLivs) gjordes en energikartläggning av snabbmatsrestauranger för att identifiera möjliga energibesparingsåtgärder. I restaurangkök i nybyggnationer är målet att mängden köpt energi ska vara 50 % av energianvändningen i ett genomsnittligt motsvarande kök som finns idag (Lindahl 2017).

## 3.2 Solelsproduktion

Genom att sätta solpaneler på sitt tak kan man producera el till den egna användningen och till försäljning. Det finns flera lagar som styr hur solpanelerna får placeras och hur mycket som får produceras. Bidrag och skatteavdrag styr hur lönsam produktionen kan bli för solpanelsinnehavaren. Tekniska parametrar såsom hur solpanelerna är vinklade eller vilken typ av solpanel som används påverkar hur mycket el som kan produceras. I denna sektion beskrivs teori kopplat till elproduktion från solpaneler.

### Fakta om solpaneler

Det finns olika typer av solpaneler. De som dominerar marknaden idag är polykristallina och monokristallina solceller. Dessa baseras till största del på kisel. De skiljer sig bland annat i utförande då de monokristallina normalt är svarta och de polykristallina skimrar i blått. Mer betydande skillnader är att de monokristallina solcellerna är något dyrare (p.g.a. tillverkningsprocessen) men har högre verkningsgrad. De brukar ligga på 15 - 22 % jämfört med verkningsgraden för polykristallina solceller som ligger på runt 15 - 17 % (Energimyndigheten 2019b).

Den ekonomiska livslängden på kiselpaneler är 25-30 år. Det kan vara svårt att exakt uppskatta hur länge paneler håller, men leverantörer brukar räkna med en effektgaranti på 25 år. Det innebär att panelen efter 25 år har kvar minst 80 % av effektutbytet. Många leverantörer ger även en effektgaranti på 30 år för kiselpaneler (Stridh och Larsson 2017).

Varje panel har en karaktäristisk så kallade IV-kurva. IV-kurvan beskriver vid vilken spänning och strömstyrka modulen har sin maximala effekt. Denna punkt brukar i tekniska termer benämnas Maximal Power Point (MPP). Vanligtvis kopplas flera paneler samman i serier och paralleller. För paneler som är kopplade i serie är spänningen additiv. För paneler kopplade i paralleller är strömstyrkan additiv. Det är önskvärt att strömstyrkan inte blir för hög. Det är därför viktigt att fundera på hur panelerna placeras så att för många paneler inte placeras i paralleller (Beckman och Duffie 2013).

Vilken riktning solpanelerna har mot solen har givetvis stor betydelse för hur mycket energi panelerna kan producera. Det är önskvärt att panelerna i största möjliga mån är vinkelrätt riktade mot solen så stor del av de ljusa timmarna som möjligt. För att beskriva panelernas orientering i rummet används vilket väderstreck panelen är riktad i, samt vilket lutning panelen har. Om panelen ligger horisontellt mot marken har den ingen riktning vad gäller väderstreck och ingen lutning (Beckman och Duffie

2013). I Sverige producerar söderriktade paneler mest. Paneler riktade mot öster eller väster producerar cirka 80 % av en söderriktad panel (Solcellskollen 2020).

För solpaneler i Skåne är den optimala vinkeln  $35^\circ$  även om en lutning mellan  $15^\circ$  och  $50^\circ$  också fungerar och inte innebär stor skillnad i producerad solel (Solcellskollen 2021).

### Växelriktare

En växelriktares främsta uppgift är att omvandla solcellernas likström till växelström som kan användas i exempelvis en byggnad. De flesta växelriktare gör detta med en verkningsgrad på omkring 95% (Wallnér 2021).

Växelriktaren är den näst dyraste komponenten i ett solcellssystem efter solpanelerna. Under solcellssystemets livslängd är det även den komponent som behöver bytas först samt står för högsta underhållskostnaden. Växelriktaren beräknas ha en livslängd på mellan 10 år och 20 år men garantierna ligger normalt mellan 5 år och 12 år (Wallnér 2021).

Det är vanligt att man underdimensionerar växelriktarnas kapacitet i förhållande till solcellssystemets topp effekt med 10 % till 20 %. En förklaring till detta är att det faktiskt är väldigt sällan som solpanelerna producerar enligt sin systemstorlek och topp effekt på grund av olika förluster (Wallnér 2021).

En växelriktare måste också ha en adaptiv optimeringsfunktion som tidsteg för tidsteg belastar solcellsmodulerna så att de uppnår sin maximala effekt. Denna optimeringsfunktion kallas Maximum Power Point Tracker (MPPT). En strängväxelriktare, den vanligaste på marknaden idag, kan både omvandla likström till växelström och optimera maximal effekt per sträng (rad) (Vattenfall n.d.).

En strängväxelriktare kan också ha flera uttag för MPPT som kan kopplas till olika delarrangemang inom det totala solcellssystemet. På så vis kan varje delarrangemang optimeras var för sig, och uppnå olika MPP, men ändå skötas av samma växelriktare. En fördel med flera MPPT är om delsystemen är monterade i olika vädersträck vilket gör att solpanelerna får olika mycket solljus vid olika tidpunkter (Energimyndigheten 2015).

## 3.3 Batterilager

Ibland önskas el användas vid ett annat tillfälle än när tillgången på el är god. Då kan elenergilager vara en god idé även om el egentligen inte kan lagras. Med elenergilager menas att energin i elektriciteten överförs till en annan energibärare för att vid ett senare tillfälle återgå till elektricitet. Denna omvandling är sällan 100 % utan det förekommer alltid en viss förlust vid överföringen. De lagringssätt, utöver lagring av vattendepåer i vattenkraftverk, som antas vara de vanligaste framöver, är batterier och vätgas (Svenska Kraftnät 2017).

Det vanligaste batteriet är litiumjonbatterier. Dess livslängd brukar hänvisas till cykler, det vill säga en laddning och urladdning, och ligger normalt kring 6 - 15 år beroende på hur ofta det används. Andra faktorer såsom temperatur och luftfuktighet påverkar också batteriets livslängd (WSP 2021).

Ett batteri består av tre huvuddelar; två elektroder och en elektrolyt. Katoden utgörs av den negativa elektroden och anoden utgörs av den positiva elektroden medan elektrolyten är det material som förbinder anoden och katoden. Elektrolyten

har förmågan att transportera joner, men inte elektroner. Det som kännetecknar ett litiumjonbatteri är att elektrolyten innehåller litiumjoner. Katoden består av en grafitmix, ofta med en viss inblandning av kisel för att öka energitätheten. Beroende på vilka egenskaper som önskas hos batteriet kan anoden bestå av olika material där diverse metalloxider är vanligast. Litiumjonbatterier används framförallt på grund av dess förmåga att laddas och laddas ur (Rathi och Dottle 2021).

Eftersom ett litiumjonbatteri enbart kan leverera likström behövs en växelriktare. Växelriktarens uppgift är att omvandla likström till växelström samt öka elektricitetsens spänning till 230 V, eftersom det är den spänning de flesta hushållsapparater är anpassade efter. Vid val av växelriktare är det viktigt att fundera över vad batteriet ska användas till och hur mycket effekt det ska kunna leverera (Malmqvist 2018).

### Säkerhet

Litiumjonbatterier är temperaturkänsliga och kräver noggran övervakning av den inbyggda elektroniken för att se till säkerhet. Om energiinnehåll och spänning är högt krävs extra höga krav på en säker installation och att ett bra utrymme väljs ut där batterilagret ska installeras. Rummet bör ha en god ventilation och inte bli för varmt eller för kallt. Anläggningsinnehavaren är också skyldig att med jämna mellanrum kontrollera batterilagret och göra en riskanalys med koppling till person- och sakskada. Säkerhetsrisker måste tas hänsyn till, exempelvis är elektrolyten hos en litiumjoncell brandfarlig. Ett åldrande batterilager blir dock inte farligt bara för att det förlorar kapacitet. Batterilager som uppfyller gällande regelverk och standarder anses som säkra (Elsäkerhetsverket 2020).

# Kapitel 4

## Ekonomi

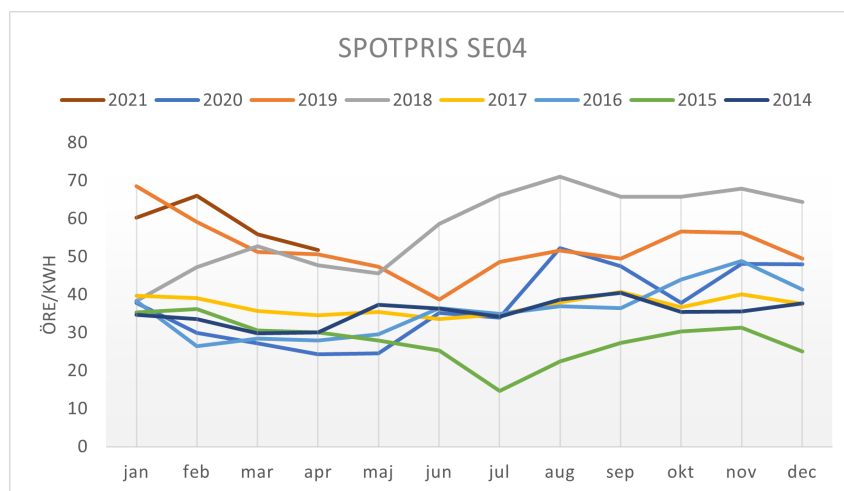
I det här kapitlet presenteras teori kopplat till investering av solcellssystem och batterilager, samt teori kring lönsamhetskalkyler och dess beståndsdelar. För att kunna göra en lönsamhetskalkyl behöver man förstå vad som orsakar de intäktsströmmar som uppstår kopplat till en solcells- och batterilagersanläggning. Därför berör även kapitlet vad el kostar och vilka delar elpriset består av.

### 4.1 Elpris

Elpriset består av flera komponenter; spotpris (marknadspriset på el), skatt och moms. Utöver dessa tillkommer avgifter från elleverantören och nätägaren (Energimarknadsinspektionen [2020](#)).

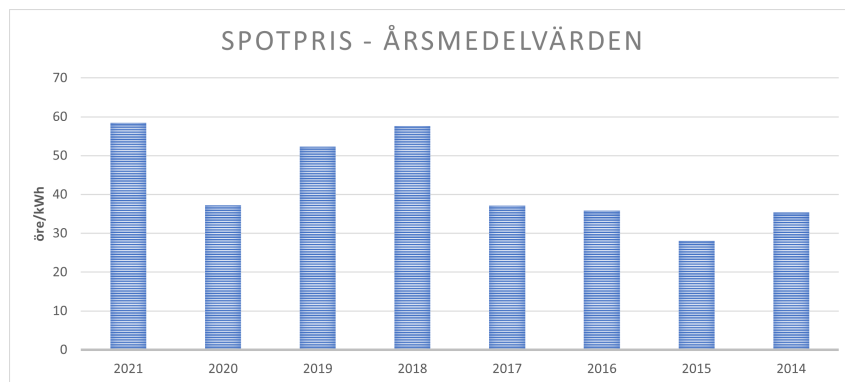
#### Spotpris

Spotpriset är det elpris som elleverantörerna köper in elen för och beror på tillgång och efterfrågan. Därför är spotpriset ofta högre i de sydliga elprisområdena jämfört med de nordliga eftersom elproduktionen är mindre samtidigt som efterfrågan är större (Konsumenternas Energimarknadsbyrå [2021](#)). Läs mer om elområden i sektion 6.2.



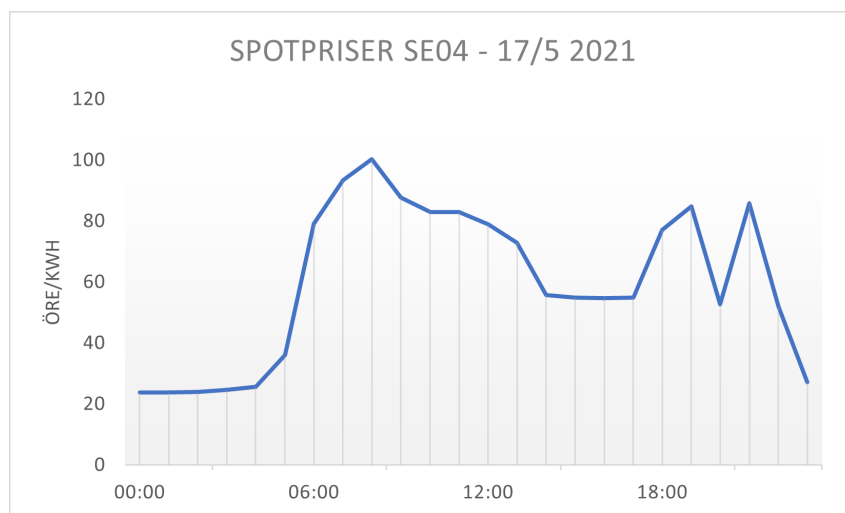
Figur 4.1: Månadsmedelvärden för spotpriset i elområde SE4 (där Skåne ingår) från 2014 till april 2021 (Vattenfall [2021](#)).

I figur 4.1 presenteras hur månadsmedelvärdet av spotpriset varierat sedan 2014. Spotpriset bestäms av den elmarknad, NordPool, som Sverige är en del utav tillsammans med 16 andra europeiska länder (NordPool 2021). Som framgår i figuren varierar spotpriset mycket från månad till månad. Årsmedelpriset är jämnare, men varierar en hel del också. Medel för de senaste fyra åren (inklusive 2021) ligger på 51 öre per kWh. I stapeldiagrammet i figur 4.2 visas årsmedelvärden över spotpriset från 2014 till 2021. Medelvärden från 2021 är beräknat för januari till och med april.



Figur 4.2: Årsmedelvärden över spotpriset i elområde SE4 från 2014 till 2021. Medelvärdet för 2021 är beräknat för januari till april (Vattenfall 2021).

Under 2020 varierade det månatliga elpriset i elområde SE4 från 14,91 öre/kWh i maj till 41,67 öre/kWh i augusti. Samtidigt varierar elpriset över dygnet. För att visualisera hur spotpriset kan variera över ett dygn visas i figur 4.3 spotprisets utveckling under en dag i maj, närmare bestämt 17/5 2021. Elpriset ses här variera från 23 till 100 öre per kWh över dygnet just den här dagen (Vattenfall 2021).



Figur 4.3: Hur elpriset varierar över ett dygn den 17e april 2021 (Vattenfall 2021).

Läs mer om framtidsprognoser gällande elpris i sektion 6.3.

## Elnätstariffer

Som elkonsument består elkostnaderna av två delar. Dels *nätkostnaden* som utgörs av kostnaden för att vara ansluten till nätet, dels *elhandelskostnaden* som utgörs av kostnaden för inköp av den el du använder. Nätkostnaden betalas till elnätsföretaget



som äger elnätet. De har lokalt monopol, varför elnätsbolag inte är valbart. Elhandelskostnaden betalas till elhandelsföretaget som elkunden kan välja själva. De flesta elhandelsbolag säljer el över hela landet, även om vissa bolag siktar in sig på lokala kunder (Energimarknadsinspektionen 2020).

**Nätkostnaden** utgörs av framförallt två delar; en *överföringsavgift* och en *abonnemangavgift*. Överföringsavgiften är en kostnad per kWh och betalas för transporten av el (Konsumenternas Energimarknadsbyrå 2020b).

Beroende på hur elanvändningen ser ut i verksamheten finns två olika nätabonnemang. För företag finns *säkringsabonnemang* och *effektabonnemang*. Säkringsabonnemanget består av en årlig avgift som beror på hur stor huvudsäkring är som i sin tur beror på hur mycket ström som tas ut vid högsta belastningstillfället. Effektabonnemanget består dels av en årlig fast avgift och dels av en rörlig del som betalas per månad och baseras på månadens högsta effektuttag (E.ON 2021a).

**Elhandelskostnaden** utgörs av elpriset, elcertifikatkostnad, moms, skatt, samt övriga kostnader från elhandlaren (Konsumenternas Energimarknadsbyrå 2020b).

## 4.2 Lönsamhetskalkyler

Det finns olika sätt att räkna på lönsamheten i en investering. I den här studien används återbetalningsmetoden och nuvärdesmetoden. Dessutom beräknas Levelized Cost of Energy (LCOE) för solcellssystem.

**Återbetalningsmetoden**, eller paybackmetoden som den också kallas, används för att räkna ut hur lång tid det tar innan en investering är återbetald. Metoden kräver att investeringen är förknippad med besparingar eller inbetalningar. Metoden används främst för att den är enkel, men den lämpar sig också bra för att i ett tidigt skede belysa eventuella risker med en längre återbetalningstid. Nackdelar med återbetalningsmetoden är att den inte tar hänsyn till tidsvärdet av kapital eftersom den inte nuvärdesberäknar. Dessutom tas ingen hänsyn till in- och utbetalningar som sker efter återbetalningstiden. Vanligen tas ingen hänsyn till kalkylränta (Skärvad 2017).

**Nuvärdesmetoden**, eller kapitalvärdesmetoden som den också kallas, räknar fram en investerings kapitalvärde. I nuvärdesmetoden görs lönsamhetsjämförelsen vid nu-tidpunkten, det vill säga vid tidpunkten då grundinvesteringen görs. Detta innebär att förväntade framtida kassaflöden behöver räknas om, diskonteras, till nutidpunkten med hänsyn till kalkylränta. Fördelar med nuvärdesmetoden är att den tar hänsyn till tidsvärdet av kapital genom kalkylräntan samt att den tar hänsyn till samtliga betalningar under den totala ekonomiska livslängden (Skärvad 2017).

**LCOE**, Levelized Cost of Electricity, är ett mått på produktionskostnaden för en investering per kWh som är giltig under hela den ekonomiska livslängden. LCOE är en etablerad och internationell standard när det kommer till lönsamhetskalkyler kopplat till elproduktionsinvesteringar. Resultatet av en LCOE kan betraktas som det lägsta priset den producerade elektriciteten bör säljas för om investeringen ska gå jämt ut med kostnaderna under livslängden (Konsumenternas Energimarknadsbyrå 2020c).

## Intäkter

I en solcellsanläggning med batterilager finns flera inkomster, men även potentiella besparingar, nämligen följande:

- Besparingar genom minskat inköp av nätel,
- minskad effektabonnemangskostnad och
- intäkter genom försäljning av överproducerad solel till nätet, samt
- marginella inkomster från nätnytta och elcertifikat.

Med ett solcellssystem uppstår inkomster genom försäljning av producerad el som överstiger användningen, men även inkomster i form utav besparingar av den el som i frånvaro av solcellssystemet köpts in från nätet (Konsumenternas Energimarknadsbyrå 2020c). För större verksamheter som stundtals tar ut stora effekter finns ytterligare en besparing som både solcellssystemet, men i synnerhet batterilagret, kan bidra till. Denna besparing fås genom att minska kostnaden för den rörliga delen i effektabonnemanget. När solcellerna och batterilagret kapar högsta effektuttaget en månad innebär det en minskad effektabonnemangskostnad (Energimarknadsinspektionen 2020).

För varje kWh solel som säljs till nätet uppstår ytterligare en inkomst i form av nätnytta. När solelen används i samma område behöver nämligen inte elnätsföretaget transportera ny el till området och denna nytta ska betalas ut till den lokala producenten. Nätnyttan ligger idag på omkring 2 öre per kWh (Energimyndigheten 2019a).

Som producent av förnybar elenergi finns ytterligare en inkomst att få, nämligen genom elcertifikat. För varje producerad MWh tilldelas producenten ett elcertifikat av staten. Elhandelsföretag är skyldiga att köpa in en viss andel elcertifikat och är därmed kvotpliktiga. Lagen bestämmer hur stor andel elcertifikat en elhandlare måste köpa (Holmström 2021).

Marknaden för elcertifikat har funnits sedan 2003 och sedan 2012 är den gemensam med Norge. I maj 2021 låg priset på elcertifikat på 2,1 kr. Det kan jämföras med priset på elcertifikat i oktober 2018 som låg på 250 kr eller i augusti 2008 som låg på 370 kr. Det sistnämnda priset var det högsta hittills (Holmström 2021). Elcertifikatpriset har legat på mycket låga nivåer de senaste åren. Eftersom det finns planer på att avveckla systemet har Energimyndigheten fått i uppdrag att ge förslag på en möjlig stoppmekanism (Energimyndigheten 2020c).

## Utgifter

Ett solcellssystem innebär flera utgifter. Dels investeringskostnader och installationskostnader vid själva köptillfället, men även löpande kostnader i form av underhåll och nyinvestering av växelriktare när den ursprungliga är uttjänad (Wallnér 2021). Ett batterilager innebär också investerings- och installationskostnader och underhåll.

Från januari 2021 finns ett så kallat skatteavdrag för grön teknik för privatpersoner. Detta har kommit för att ersätta det tidigare investeringsstödet för mikroproducenter. För solcellsinvesteringar innebär grön teknik ett skatteavdrag på 15 % och för energilagerinvesteringar ett skatteavdrag på 50 %. Avdraget kommer i båda fallen kunna användas för material- och installationskostnader. För företag och bostadsföreningar ligger det befintliga investeringsstödet på 10 % kvar på solceller (Infrastrukturdepartementet 2020). I nuläget finns inget bidrag eller avdrag för kommuner,

företag eller bostadsrättsföreningar när det kommer till investeringar gällande batterilager. Möjligheten finns dock att skicka en ansökan till klimatklivet. I ansökan motiveras hur investeringen hade minskat samhällets klimatpåverkan. Naturvårdsverket läser igenom ansökningarna och delar ut stödet (Naturvårdsverket [2021](#)).

# Kapitel 5

## Delning av elenergi

Detta kapitel handlar om lagstiftning kopplat till elenergi. Många källor påpekar att lagändringar, som vore viktiga för samhällets möjlighet till god elförsörjning, inte har kunnat ske i samma takt som teknikutvecklingen. Det kan därför vara svårt att få lov att genomföra innovativa lösningar med modern teknologi, exempelvis att med intelligent styrning dela egenproducerad solcell från en fastighet till en annan genom en elledning.

Detta kapitel är även bra att ha i åtanke under vidare läsning av sektion 6.7 om energigemenskaper och kapitel 7 om pilotprojektet i Simris.

### 5.1 Ellagen

I en rapport som handlar om elnätets roll i framtidens energisystem kan följande läsas:

Försöken att anpassa lagstiftningen till den teknikutveckling som skett har lett till ett lapptäcke med undantag, riktade stöd, gråzoner och vissa motstridiga direktiv. Denna situation motverkar också teknikneutralitet och möjligheten för nya tekniker och lösningar att komma in. En utredning behöver därför tillsättas för att se över både skattelagstiftningen, ellagen och elnätregleringen.

---

*(Power Circle 2018)*  
s.10

Ellag (1997:857) reglerar produktion och försäljning av el samt överföring av el vilket också kallas nätverksamhet (Regeringkansliet [n.d.](#)). Samtidigt beskriver ellagen de roller som elmarknadens aktörer har för att det inte ska uppstå stora problem med exempelvis säkerhet eller konkurrens. Elnätverksamhet och elhandelsverksamhet får inte bedrivas av samma juridiska person (Svensk Elmarknadshandbok 2020) varför exempelvis E.ON är uppdelat i två företag. Enligt 3 kap 1§ står att 'ett företag som bedriver nätverksamhet ansvarar för drift och underhåll och, vid behov, utbyggnad

av sitt ledningsnät och, i tillämpliga fall, dess anslutning till andra ledningsnät. Företaget svarar också för att dess ledningsnät är säkert, tillförlitligt och effektivt och för att det på lång sikt kan uppfylla rimliga krav på överföring av el.' Med andra ord har nätägaren en stor roll när det kommer till överföring av el och huruvida aktörer inom elnätsområdet ska kunna dela elenergi sinsemellan, utan att skicka ut det på nätet.

## 5.2 Nätkoncession

I ellag (1997:857) beskrivs nätkoncession som ett tillstånd som berör elektrisk starkströmsledning. Det är nätmyndigheten, och i vissa särskilda fall regeringen, som prövar frågor om nätkoncession. Eftersom Energimarknadsinspektionen (Ei) är nuvarande nätmyndighet så tillhandahåller de vägledning på sin hemsida (Energimarknadsinspektionen [n.d.\(a\)](#)).

Nätkoncession innebär att företag måste ansöka om tillstånd hos Ei för att bedriva elnätsverksamhet. Detta gäller för alla starkströmsledningar placerade antingen i linje (transmissionsnät och regionnät) eller i ett område (lokálnät). Det finns dock också vissa icke koncessionspliktiga nät (Energimarknadsinspektionen [n.d.\(a\)](#)).

Ei har skrivit om vilka ledningar som omfattas av undantaget från kravet på nätkoncession. Det går även att göra en kostnadsfri ansökan till denna inspektion för att få ett bindande besked (som dock kan överklagas hos Mark- och miljödomstolen). Besked baseras på IKN-förordningen (2007:215), som innehåller paragrafer angående vilka elledningar och elnät som inte kräver nätkoncession, samt den tillhörande förordningsmotiven Fm (2007:1) och tidigare vägledande ärenden/beslut (Energimarknadsinspektionen [n.d.\(a\)](#)).

Sammanfattningsvis innefattar icke koncessionspliktiga nät interna elledningar eller elnät som används av innehavaren för egen räkning. Dessutom får inte det icke koncessionspliktiga nätet ha för stor utbredning och det undantagna området måste vara lätt att avgränsa. Om det interna nätet ligger på eller i en enda byggnad krävs inte nätkoncession, däremot krävs nätkoncession om det ligger i en kulvert (Energimarknadsinspektionen [n.d.\(b\)](#)).

Ei har tidigare tagit två beslut (ärende 2018-102080 och ärende 2018-102252) angående ledningar som ska placeras mellan bostadshus i syfte att överföra el från solelsproduktion från taken. Utredning resulterade i att ledningarna krävde nätkoncession såvida de inte placerades inom eller på en byggnad (Energimarknadsinspektionen [n.d.\(b\)](#)).

I ett annat ärende (2016-102080) beslutade Ei att en campingplats fick undantag (E.ON Elnät Sverige AB var berörd sakägare). IKN-förordningens §16 säger att nätkoncession inte gäller för ett internt nät inom ett område för fritidsverksamhet dit allmänheten har tillträde. Detta kan enligt Ei även gälla för ex. travbanor, nöjesfält eller idrottsplatser (Energimarknadsinspektionen [n.d.\(b\)](#)).

Ett annat exempel på ett undantag gäller en krematoriebyggnad på Svenska kyrkans mark i Örebro. Kyrkan ville placera solpanel på krematoriebyggnaden men det var inte möjligt då taket var i för dåligt skick. Därför ville de placera solpanelerna på en annan byggnad inom kyrkogården och överföra elen till krematoriet. I ett första skede hindrades detta p.g.a. nätkoncessionsplikten men sedan beviljades undantag i enlighet med 'överföring mellan produktionsenheter' och i samarbete med nätägaren E.ON. Sedan kunde 254 solpaneler placeras på en fastighet på norra kyrkogården me-

dan en enda solpanel placerades på krematoriet. Därefter kunde el överföras mellan de två produktionsenheterna genom en 600 m lång kabel, på samma sätt som vinkraftverk kan sammankopplas inom en park. En förutsättning var att byggnaderna hade samma ägare (Fastighetsnätverket 2018).

Futurum fastigheter i Örebro fick även de undantag från nätkoncession. De förvaltar skolor och på Änglalundskolan kunde en nätanslutningspunkt användas till alla delenheter inom skolområdet. Därmed kunde solel delas mellan byggnaderna. Detta tyckte Futurum fastigheter förenklade dialogen med nätägaren (Fastighetsnätverket n.d.).

### 5.3 Moderna tillståndsprocesser för elnätet

Den 6 maj 2021 publicerades en uppdatering på Regeringkansliets webbplats att en proposition angående “moderna tillståndsprocesser för elnätet” hade lämnats in till Riksdagen den 29 april 2021. I den föreslås ändringar i ellagen (1997:857) och ledningsrättslagen (1973:1144) i syfte att förenkla utbyggnad av elnät samt att tillståndsprocesser ska bli mindre resurskrävande för både elnätsföretagen och de berörda myndigheterna (Prop.2020/21:188 2021). Förändringen får dock inte leda till negativa konsekvenser för miljöskydd, nätstabilitet och resurseffektivitet (Regeringkansliet 2019). Lagändringar föreslås träda i kraft den 1 augusti 2021 (Prop.2020/21:188 2021).

Även om branschen välkomnar propositionen så menar Energiföretagen Sverige att fler åtgärder behövs för att tillståndsprocesserna ska bli effektiva så att omställningen till fossilfri el kan uppnås enligt nationell målsättning. Förslagen underlättar dock både vid förvärvandet av nätkoncessioner och vid utbyggnaden av befintliga anläggningar (Johannesson 2021).

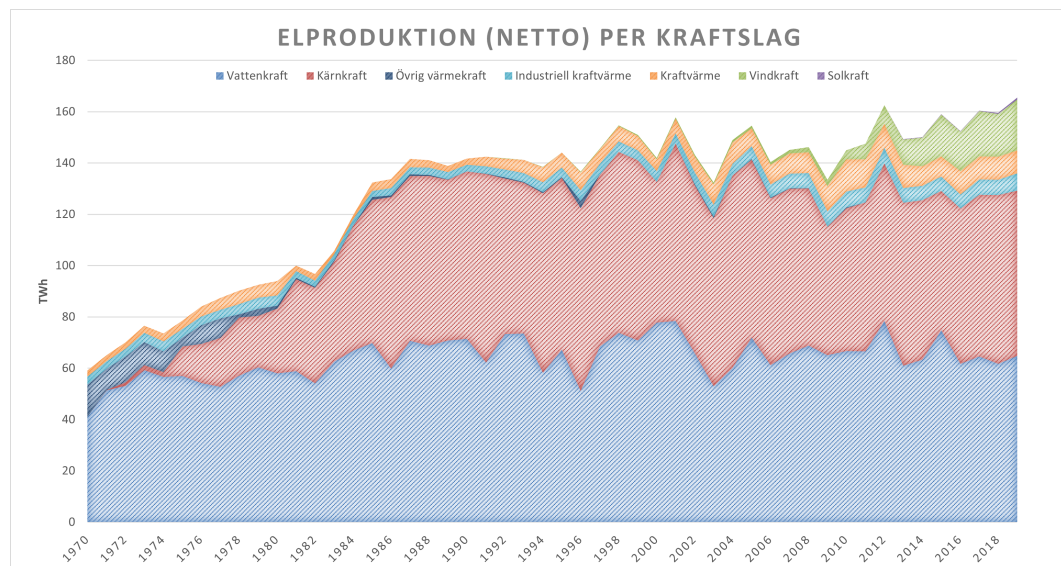
# Kapitel 6

## Det svenska elsystemet

I det här kapitlet beskrivs grunderna i det svenska elsystemet. Det förklaras vad den svenska elmixen består utav och hur fördelningen sett ut historiskt, samt hur Sverige är indelat i elområden. Vidare förklaras hur effektbalansen fungerar översiktligt i det svenska elsystemet samt vilka utmaningar elsystemet står inför. Framtidsscenarioer och vilken plats *energigemenskaper* och *flexibilitetsmarknader* har i Sverige idag och kan ha framöver berörs även i det här kapitlet. Detta har betydelse för vilken roll framtida Jägersro Hästcenter kommer kunna ha för Malmö stad och samhället i stort.

### 6.1 Svenska elmixen

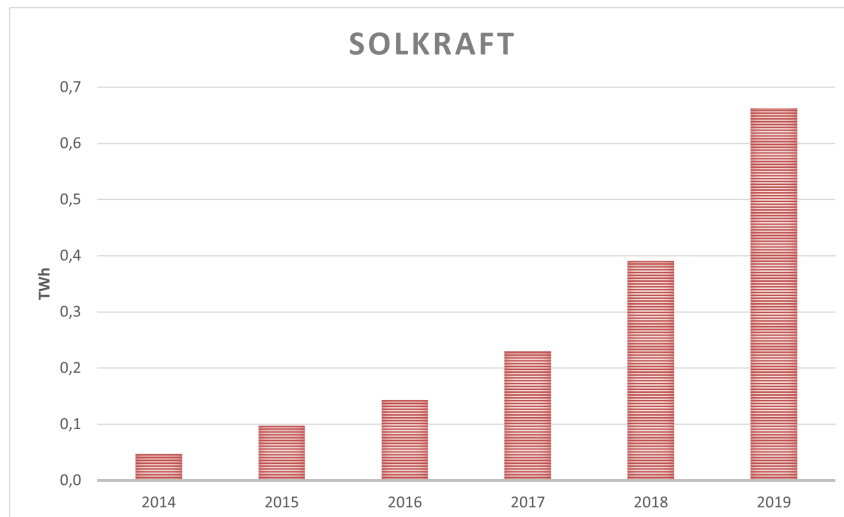
För att förstå hur utvecklingen kommer se ut framöver kan det vara intressant att blicka bakåt och se hur utvecklingen sett ut tills idag. Se figur 6.1.



Figur 6.1: Figuren beskriver hur elproduktionen i Sverige varierat från 1970 till 2019 per kraftslag (Energimyndigheten 2020a).

I Sverige har elproduktionen ökat de senaste 40 åren. Användningen, de senaste 20 åren, har däremot minskat en aning, trots ökande befolkning. Detta innebär att Sverige de senaste 10 åren exporterat el till angränsande länder. 2019 och 2020 var båda rekordår, då exporterade Sverige 26 000 TW och 25 000 TW (Holmström 2020).

Solkraft utgör fortfarande en till helheten liten andel av den svenska elmixen, men ökningen de senaste 10 åren är stor. I slutet av 2019 var den installerade solkraftskapaciteten 698 MW, en ökning med 67 % jämfört med föregående år. Dessförinnan var ökningen 78 %. Se figur 6.2. I takt med att solceller blir allt vanligare på hus-tak i Sverige har även investeringskostnaden sjunkit markant. Sedan 2004 har priset sjunkit med 94 % och sedan 2010 med 85 % (Lindahl 2020).



Figur 6.2: Figuren beskriver hur solesutvecklingen sett ut fram till 2019 i Sverige (Energimyndigheten 2020a).

## 6.2 Elområden

Sverige är indelat i fyra elområden, där elområde SE1 utgörs av norra Norrland, SE2 av södra Norrland, SE3 av Svealand och norra Götaland och SE4 utgörs av södra Götaland (inkluderat Skåne). I elområde SE1 och SE2 sker mer produktion än förbrukning samtidigt som elområde SE3 och SE4 har större förbrukning än produktion. Detta ställer krav på stamnätet och goda transmissionsledningar från norra till södra Sverige. Förutom att överföring av stora mängder el ställer krav på stamnätet innebär långväga transporter även energiförluster. Ett varierat elpris gör elen dyrare där det råder lokal elbrist och billigare där det råder lokal överproduktion (Konsumenternas Energimarknadsbyrå 2020a).

## 6.3 Effektbalans

Kopplat till studiens syfte att undersöka nyttan med solcells- och batterilösningar för Jägersro Hästcenter i framtiden när byggnaderna ska stå klara är det relevant att undersöka hur effektbalansering fungerar i samhället idag och kan förväntas fungera i framtiden när Jägersro Hästcenter ska stå klart. Detta kan nämligen indikera om det finns samhällsnyttor med att större verksamheter som Jägersro Hästcenter minskar sitt effektuttag.

När efterfrågan på el är större än tillgången råder effektbrist. Eftersom Sverige har en stor elproduktion är det sällan effektbrist i Sverige. Å andra sidan varierar elproduktion kraftigt inom Sverige. I norra Sverige sker överproduktion av el, medan södra Sverige har en underproduktion, vilket kan leda till lokal effektbrist (Holmström 2021).



2018 var Skånes elanvändning 13 TWh, varav 3 TWh producerades lokalt. Detta innebär att en stor del av eltillförseln kom från andra delar av landet och grannländer. Den här typen av skeenden ställer höga krav på överföringskapaciteten i transmissionsnätet. När kärnkraftverket i Barsebäck togs ur drift 2005 fanns en rad åtgärder som skulle genomföras för att ersätta dess elproduktion. Flera av dessa åtgärder har försenats, inte förverkligats ännu eller till och med tagits ur bruk. Detta effektunderskott lokalt gör att Skånes elsystem ställs inför stora utmaningar vid de begränsande faktorer som uppstår under vissa timmar och situationer (Sonnsjö 2020).

Om lokal effektbrist inte kan lösas genom inhemsk överföring är Sverige uppkopplat till sina grannländer för elhandel mellan länderna. För att skapa balans i elnäten importeras och exporteras el utefter hur användning och produktion förhåller sig till varandra. Detta är inte bara bra för att trygga elförsörjningen i områden där lokal effektbrist ofta förekommer, såsom södra Sverige, utan är också ett smidigt sätt för Sverige att göra sig av med el, när produktionen är för stor för att skydda nätet. Mätt över året har Sverige en tydlig nettoexport av el, och nettoexporten har ökat de senaste åren och förväntas fortsätta att öka framöver till följd av ökad vindkraftsutbyggnad. På sekundbasis exporterar och importerar Sverige el hela tiden i princip samtidigt. Detta beror bland annat på att el är en energibärare som är svår att lagra i stor skala och behöver användas i princip samtidigt som den produceras (Energimyndigheten 2020a).

I Sverige är vindkraft det kraftslag som ökar mest och ökningen antas fortsätta. Detta gäller även för de angränsande länderna. Vindkraften producerar endast el när det blåser vilket gör dess bidrag till effektbalansen begränsad jämfört med kärnkraften som just nu fasas ut. Samtidigt antas elanvändningen i Sverige öka successivt. I en rapport från Svenska kraftnät presenteras en svag försämring av effektbalansen kommande fyra år. Detta innebär att importbehovet av el vid ansträngda timmar kommer att öka (Svenska Kraftnät 2020).

### Elprisutveckling kopplat till balans

En omställning till mer väderberoende elenergiproduktion kommer innebära stor skillnad gällande tillgång på effekt i nätet. Elbalansen regleras både genom import och export som ovan nämnt, men även genom elpriset. Stor variation i tillgång på el kommer därmed också innebära stor variation i elpriset. Det kan handla om några timmar då det blåser kraftfullt vilket orsakar överproduktion av el. För att inte belasta nätet alltför mycket regleras uttaget med sjunkande elpriser. Med en stor variabel elproduktion i Sverige kommer det inte vara ovanligt med negativa elpriser. På samma gång antas elpriset sjunka i norra Sverige där vindkraftsutbyggnaden ökar mest och öka i södra Sverige där utbyggnaden antas vara mindre markant (Byman 2016).

Samtidigt som negativa elpriser antas bli vanligare framöver kommer också riktigt höga priser bli vanligare i perioder. När elpriset är högt skapar det incitament för ny elproduktion eftersom elproducenterna då tjänar mer. Därför finns det anledning att inte trycka ner elpriserna för mycket, i sådant fall skulle det nämligen inte längre vara lönsamt att lägga solceller på taket eller investera i vindkraftsverk (Energimyndigheten 2021b).

## 6.4 Batteriers roll i framtidens elnät

I ett framtida elsystem med fler intermittenta energikällor såsom sol och vind, kommer det ställas högre krav på förbrukningsflexibilitet och lagring av el. Att integrera batterier i elnätet kommer ha stor betydelse för framtidens elnät. För elnätsbolag innebär mer batterilager en reservkraft för att minska avbrott. Gentemot alternativet att bygga ut elnätet för att möta högre effektefterfrågan är batterier en mycket snabbare lösning. Dessutom blir användning av batterier i elnätet mer flexibelt, vilket lämpar sig särskilt bra i ett elnät med en efterfrågan som varierar i hög grad (PowerCircle 2020).

Samtidigt är användningen av batterier till den egna solcellsanläggningen liten i Sverige. Genom att undersöka hur många som använt sig av investeringsstödet för batterier kan en uppfattning fås om hur många som använder batterier idag. Mellan 2016 och 2018 fick energimyndigheten in 360 ansökningar och beviljade 60 av dem (Wallner 2018). Trots att intresset var lågt beslutade regeringen att förlänga möjligheten att söka investeringsstödet om 60 % avdrag vid investeringen fram till 31/12-2020 (Karlsson 2019). Från 2021 finns dock inte längre ett investeringsstöd. Detta har ersatts med ett grönt skatteavdrag om 50 % av material- och installationskostnader av energilager, som beskrivits ovan (Ferroamp 2021). Detta avser batterilager kopplat till privata hushåll.

Tack vare ett ökat intresse för elbilar har utvecklingen av batterier gått väldigt fort. Vad gäller batterianvändningen kopplat till solceller eller byggnader används batterier främst småskaligt vid hemmaproduktion av el från solceller. På så vis kan den el som produceras på dagen användas senare på kvällen. Många ser nämligen en batteriinvestering som ett sätt att öka egenanvändning från sin solelsproduktion. I större fastigheter lyfts i stället den stora vinningen i kapning av effekttoppar. Elpriset är helt enkelt inte tillräckligt högt i Sverige för att ökad egenanvändning ensamt är den största vinningen. Större verksamheter med effektabonnemang, det vill säga där den månatliga elkostnaden baseras på högsta effektuttaget under månaden, har däremot stora möjligheter att sänka sina elkostnader genom att kapa effekttoppar. Enligt en rapport från Power Circle som utreder batterilagrets roll i framtiden är batterier det billigare alternativet jämfört med säkringshöjning vid utökning av verksamheten (PowerCircle 2020).

Batterimarknaden av laddningsbara batterier domineras av litiumjonbatterier och priset på dessa har de senaste 10 åren (från 2010 till 2020) sjunkit med 87 % i Europa (Fossilfritt Sverige 2020). I takt med att priset sjunker antas användningen av batterier öka. År 2017 fanns 10 GW stationär installerad batterikapacitet i världen. Denna antas öka med 40 % per år och resultera i en 8 gånger så stor installerad batterikapacitet till 2025 (International Renewable Energy Agency 2019).

## 6.5 Framtidsprognoser kopplat till elsystemet

Eftersom Jägersro Hästcenter inte finns ännu utan skall byggas i framtiden, där första byggnaden planeras stå klar till 2024, är det av högsta relevans att undersöka vad prognoserna för framtidens elsystem säger. Detta avgör vilken energilösning som bör rekommenderas till Jägersro Hästcenter.

Att sia om framtiden när det kommer till energianvändning är svårt. Vartannat år tar dock energimyndigheten fram både en kortsiktsprognos och en långtidsprognos. I senaste kortsiktsprognosen antas elanvändningen till 2023 öka svagt med en dipp

2020 på grund av coronapandemin. Vad gäller elproduktion antas vindkraften öka från 28 TWh (2020) till 42 TWh (2023) och solkraften öka likaså från 0,7 TWh (2020) till 2,5 TWh (2023). Solkraftsutbyggnaden innebär en ökning med 250 %. Nettexporten av el antas också öka från 25 TWh (2020) till 38 TWh (2023). Denna ökning förklaras med vindkraftsutbyggnaden (Energimyndigheten 2021b).

Senaste långtidsprognosen presenterar i huvudsak tre framtidsscenarioer; ett referensscenario samt två känslighetsfall om högre och lägre koldioxidutsläpp. Dessa utgör även ett underlag till Naturvårdsverkets klimatrapporering till EU. Utöver dessa scenarioer undersöker Energimyndigheten i den senaste rapporten även ett scenario om ökad elektrifiering i samhället och vilken utvecklingspotential det har för energisystemet. I rapporten kollar de även på vad som sker ifall transportsektorn och fler arbetsmaskiner går över till biobränslen som ett led i att fasa ut fossila bränslen (Energimyndigheten 2021c).

I långtidsprognoserna ser rapporten till en tidshorisont fram till 2050. Tills dess uppskattas elanvändningen öka i samtliga scenarioer. I scenariot för ökad elektrifiering kommer elanvändningen öka mest, nämligen till 234 TWh 2050 jämfört med övriga scenarioer där elanvändningen antas landa på 170-178 TWh 2050. Samtidigt prognostiseras elproduktionen att öka. I scenariot *ökad elektrifiering* antas elproduktionen öka mest till följd av att det högre elpriset som i sin tur blivit en följd av den ökade efterfrågan på el. Elproduktionen i scenariot antas ligga på 282 TWh 2050. I samtliga scenarioer sker en stor överproduktion av el, men exporten kommer bli som störst i scenariot om ökad elektrifiering (Energimyndigheten 2021c).

Vad gäller elproduktion antas kärnkraft finnas kvar i samtliga scenarioer, medan scenariot *ökad elektrifiering* även kommer inkludera utbyggnad av kärnkraft efter 2045. I övrigt byggs framförallt vindkraft ut både på land och till havs. Även solkraften byggs ut och antas stå för 9-11 TWh av Sveriges elproduktion 2050. Denna utbyggnad är möjlig till följd av skattereduktion vid elinmatning i nätet. Vindkraften förväntas finansiera sig själv, även utan bidrag och subventioner (Energimyndigheten 2021c).

Sett till världen antas solkraft utgöra världens största energikälla 2050 (IEA 2021).

## 6.6 Elflexibilitet och balansering på efterfrågesidan

Energimyndigheten definierar efterfrågefleksibilitet, eller 'demand side flexibility' på engelska, som följande:

'Frivillig ändring av efterfrågad elektricitet från elnätet under kortare eller längre perioder till följd av någon typ av incitament'

*Energimyndigheten 2016*  
s.17

Denna definition utgår från att elkundens elförbrukning inte alltid är densamma som den efterfrågade nätelen. Efterfrågefleksibilitet hos kund ökar genom exempelvis egen elproduktion, egen elenergilagring, smart laststyrning m.h.a. elmätare samt energieffektivisering (Energimyndigheten 2016).

Energimyndigheten har till uppgift att underlätta efterfrågefleksibilitet på elmarknaden. De arbetar med att ta fram åtgärder för att uppmuntra detta koncept hos kund för att bidra till balans i det svenska elsystemet. Detta beräknas bidra till

stor samhällsekonomisk nytta. Exempelvis så kompletterades ellagen år 2018 med funktionskrav på elmätare som måste uppfyllas senast 2025. Dessa funktionskrav innebär bland annat möjlighet till mätning var femtonde minut och att kunna göra justeringar på distans (Energimyndigheten 2020b).

Elkunder kan med hjälp av smarta elmätare, med vilka de får översikt på sin elanvändning i realtid, påverka sin elanvändning och därmed gynnas ekonomiskt av sin egen flexibilitet. Elkunden kan med styrningsutrustning minska sin förbrukning när elnätet är hårt belastat eller öka sin förbrukning när elpriset är lågt och det finns god tillgång på förnybar elproduktion (Energimyndigheten 2019c).

Andra aktörer i det svenska elsystemet, såsom elnät företag och elhandelsföretag, gynnas av efterfrågeflexibilitet på olika sätt. Intresset för att erbjuda tjänster för efterfrågeflexibilitet är överlag stort och många pilotprojekt pågår, exempelvis att elnätsföretag testar nättariffer för mer flexibla avtal med kund. Många elnätsföretag anser att 'optimering av aggregerad lastprofil mot överliggande nät' är en eftertraktad nytta med konceptet. Vidare så innebär en jämnare belastning på nätet minskade nätförluster medan sänkta effektoppar innebär frigjord kapacitet i nätet vilket minskar risken för avbrott (Energimyndigheten 2019c).

Enligt en undersökning (Energimyndigheten 2019c) finns dock flera upplevda hinder för att erbjuda tjänster för efterfrågeflexibilitet. Några exempel är:

- Brist på mät- och strukturdata i realtid samt otillräckliga krav på elmätare.
- Oklar ansvarsfördelning och brist på samverkan mellan olika aktörer.
- Svårigheter att påverka elkundernas beteende samt en konservativ bransch.
- Begränsningar och oklarheter i regelverk (ex. kopplat till energilager). Lagstiftning förändras för långsamt.
- Krångliga regler kring försäljning av överskottsenergi.
- Kostnadskrävande ny teknik.

## 6.7 Energigemenskaper

Energigemenskaper syftar till att gemensamt äga, helt eller delvis, produktionsanläggningar av el och att dela el mellan involverade byggnader. Definitionen är flytande och kan ha olika innebörd beroende på situation. Det kan handla om vad som är tillåtet enligt lagen, eller hur många eller få som är del av gemenskapen, eller hur ägandet är fördelat (Hunkin och Krell 2018).

På grund av hur koncessionsplikten fungerar idag, som förklarades i sektion 5.2, är det inte lagligt att dela el mellan byggnader hur som helst. Många av de energigemenskapsprojekt som finns i Sverige idag har beviljats undantag och fått extern finansiering tack vare att de fungerar som pilotprojekt. Två alldeles nya projekt kopplade till bostadsområden som startades den 31:a mars 2021, ett i Örebro och ett i Stockholm är exempel på detta.

Gemenskaperna kommer båda inkludera solcellssystem, batterilager och ellaststyrning. Man tror att effektopparna kommer kunna minska rejält på det här viset, men också minska energibehovet med 30 % i de involverade byggnaderna. Förhoppningen är att det här projektet ska kunna utgöra en grund för hur en omställning mot fler energigemenskaper i Sverige kan gå till. Projektobjekten är nämligen valda för att vara replikerbara mot 80 % av alla fastigheter i Sverige (Axell 2021).

## 6.8 Kapacitets- och flexibilitetsmarknad

Utifrån studiens syfte att studera nyttan med en elenergilösning för Jägersro Hästcenter är det av intresse att undersöka vilka marknadslösningar som kan tänkas finnas framöver som kan vara applicerbara för de byggnader som ska finnas på Jägersro Hästcenter.

En trend i elnätet är att elleverantörerna får det allt lättare att leverera el, men svårare att leverera effekt. Här finns förslag om en alternativ lösning, en marknadslösning som avser effekt. En så kallad kapacitetsmarknad har som syfte att vara en dellösning i områden i Sverige där det råder kapacitetsbrist, vilket orsakar effektbrist. En sådan här marknad där man köper och säljer elanvändning och produktion, kan också kallas flexibilitetsmarknad eftersom det är varje aktörs flexibilitet som är tjänsten (Svenska Kraftnät 2021a). Utmaningar i en kapacitetsmarknad eller flexibilitetsmarknad är att säkerställa att tillräckligt med effekt finns tillgängligt vid behov. Den bygger på att varje enskild aktör betalar för sitt effektuttag och att den som kan garantera effekt ska tjäna pengar på det, för att säkerställa nyinvestering. Kontentan i en sådan här marknad är att trygghet kostar (WSP 2021).

E.ON:s projekt SWITCH, finansierat genom CoordiNet av EU, syftar till att bygga upp en digital marknadsplattform för flexibilitet kopplat till värme och el. SWITCH låter nätägare skapa en egen effektmarknadsplats med anslutna flexleverantörer, det vill säga elkonsumenter och elproducenter som kan avvara en viss effekt vid en viss tidpunkt och därmed sälja den. I SWITCH kan nätägaren visualisera nätlasten och göra prognoser för effekttoppar i elnätet, sedan kan nätägaren köpa flexleverantörens effekt och använda den för att undvika överbelastning eller lösa flaskhalsar i elnätet (E.ON 2021c).

## Kapitel 7

# Pilotprojekt i Simris

Att ta inspiration och lära sig av pilotprojekt kopplat till elenergi är viktigt i utvecklandet av Jägersro Hästcenter, speciellt eftersom Skånska Travsällskapet önskar att området håller sig modernt under en lång tid framöver. I följande kapitel beskrivs pilotprojektet i det lilla samhället Simris som genomfördes mellan januari 2017 och december 2019 av E.ON och det EU-finansierade projektet Interflex.

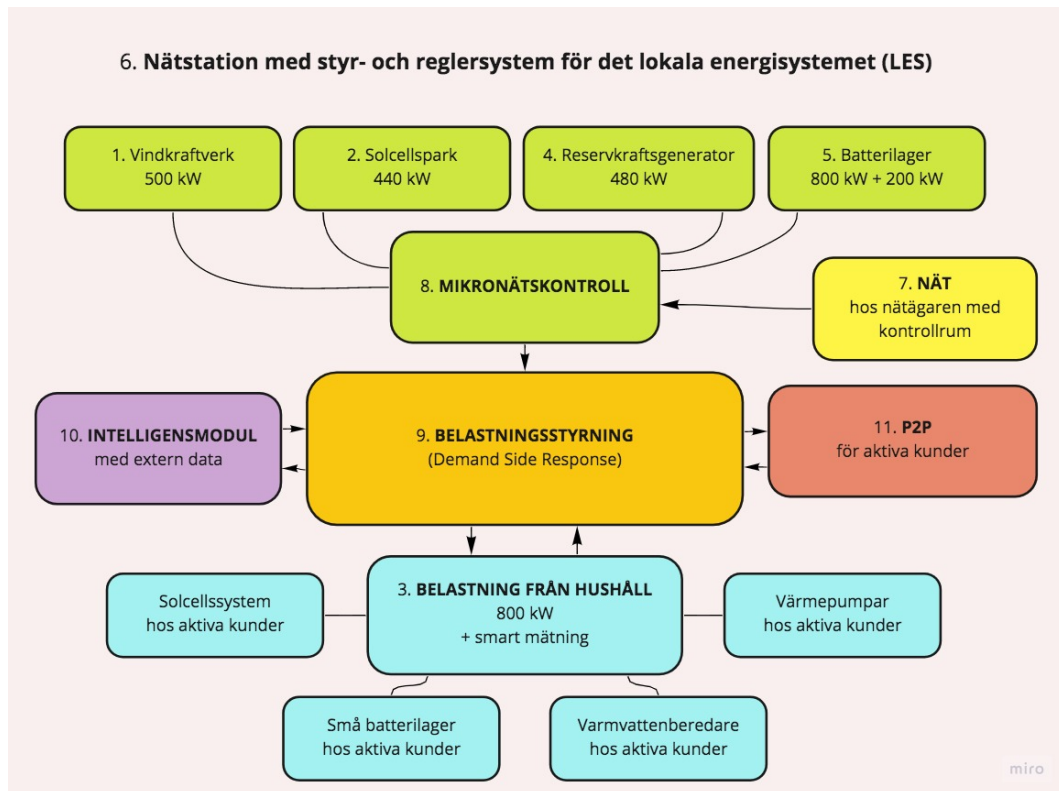
### Bakgrund

Syftet med Interflex var att undersöka möjligheten till användning av lokal flexibilitet för att lindra och förhindra begränsningar i distributionsnät. Ett av de sex europeiska pilotprojekten inom Interflex var placerat i byn Simris i södra Sverige, där det fanns omkring 150 elkunder. Totalt kostade projektet drygt 35 miljoner kronor varav 30 % finansierades av E.ON och resterande av EU (Langels och Syrjä 2020).

Inom Simrisprojektet ingick att utveckla ett lokalt energisystem med möjligheter till ö-drift samt efterfrågestyrning av energi (Interflex 2020). Ödrift förekommer då ett system av elanvändare kopplat till elproduktionsanläggningar drivs inom ett geografiskt avgränsat elnät, utan någon koppling till omkringliggande elnät (Svenska Kraftnät 2021b). Dessutom ingick att identifiera en passande affärsmodell och engagera kunderna i området. Man testade en flexibilitetsmarknad och utförde simuleringar av en peer-to-peer (P2P)-marknad genom verkliga värden (Interflex 2020). Det vill säga, att två hushåll kunde interagera direkt med varandra via P2P-tjänsten utan mellanhand av en tredje part.

Eftersom det lokala energisystemet i Simris blev det första i Sverige så fick E.ON dispens från lagen för att kunna genomföras, främst med avseende på nätkoncession. Istället för att E.ON som nätägare ansökte om nätkoncession för område så ansökte de om undantag att få utvidga sin redan befintliga nätkoncession för huvudledningarna i området. Detta beviljades inom ramen för pilotprojektet i samarbete med Interflex. Nu när pilotprojektet är avslutat används området fortfarande som en slags forskningsstation, men inte på samma vis som förut. Tester måste ske inom ramen för den svenska lagstiftningen. Batterilagren håller på att avvecklas och planeras att säljas då de har andrahandsvärde<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Affärsutvecklare på E.ON i Malmö, videosamtal 24 maj 2021



Figur 7.1: Beståndsdelar samt styr- och reglersystem i Simris lokala energisystem (LES).

## Det lokala energisystemet

I figur 7.1 presenteras en schematisk bild över de olika delarna i Simris lokala energisystem och hur de samverkade med varandra.

Följande lista ger information om varje beståndsdel i figur 7.1:

1. Simris vindkraftverk fanns redan på plats då E.ON:s projekt startade. Vindkraftverket täckte omkring 65% av Simris årliga elkonsumtion (Energidistribution 2020), hade en nominell effekt på 500 kW och producerade omkring 1,5 GWh per år (Interflex 2020).
2. Simris solcellsanläggning fanns redan på plats då E.ON:s projekt startade. Solcellsanläggningen täckte omkring 20% av Simris årliga elkonsumtion (Energidistribution 2020), hade en installerad effekt på 440 kW och producerade omkring 0,45 GWh per år (Interflex 2020).
3. Det fanns en installerad effekt på 800 kW hos de ca. 150 elkunderna som förbrukade omkring 2,1 GWh per år (Interflex 2020). Utmaningen med ett lokalt energisystem är att hantera tillfälliga maxuttag. Vissa hushåll hade energiresurser i form av solpaneler, batterier, värmepumpar och varmvattenberedare vilken beskrivs mer längre ner. Solpanelerna täckte resterande 15% av Simris årliga elkonsumtion tillsammans med reservkraftsgeneratoren (Energidistribution 2020).
4. Reservkraftsgeneratoren, som drivs av biobränslet HVO Diesel 100, producerade el vid behov. Detta gällde endast då Simris kördes i ö-drift eftersom sol- och vindel är intermittenta energikällor. Den kunde leverera effekt i 48 timmar vid full tank (480 kW) (Energidistribution 2020).

5. I det lokala energisystemet fanns två typer av batterikontainrar, ett med litiumjonbatterier och ett med redox-flödesbatterier, som kunde ses som 'hjärtat' i systemet. Litiumjonbatterierna hade en samlad effekt på 800 kW och kunde leverera 0,33 MWh. Redox-flödesbatterierna hade en samlad effekt på 200 kW och kunde leverera 1,05 MWh (Interflex 2020).

Litiumjonbatterierna användes för att i ö-drift generera artificiell svängmassa för att kunna motverka snabba frekvensförändringar och förse det lokala energisystemet med 50 Hz +/- 0,5. Det tog upp och avgav effekt vid behov i syfte att bibehålla balansen i mikronätet. Annars fanns en risk att systemet släcktes ner på grund av för lite tillgänglig effekt. Redox-flödesbatterierna användes för att lagra energi vid produktionsöverskott och förse det lokala energisystemet med el vid produktionsunderskott (Langels och Syrjä 2020).

Batterilagren såg till, genom styr- och reglersystemet, att det lokala energisystemet och det centrala nätet var synkroniserade vid ihopkoppling eller frånkoppling. Det vill säga, batterilagren hjälpte till att reglera spänning, frekvens och fasvinkel vilket innebar att de aldrig fick vara fulladdade eller tomma (Energidistribution 2021).

6. Nätstationen var 'hjärnan' i det lokala energisystemet och här fanns ett avancerat styr- och reglersystem som såg till att el av god kvalitet hela tiden kunde levereras. Omkring 50 gånger per sekund såg nätstationen till att spänningen var rätt. Nätstationen gav information om den momentana produktionen från varje enhet i det lokala energisystemet. Till nätstationen var också det överliggande elnätet inkopplat (Langels och Syrjä 2020).
7. Eftersom att det lokala energisystemet var inkopplat till det överliggande nätet var det också noggrant övervakat av E.ON:s centrala kontrollrum. Operatörerna kunde på så sätt ha koll på vanliga varningsmeddelanden och alarm och stänga av eller sätta på olika delar i det lokala energisystemet vid behov (Interflex 2017).
8. Styr- och reglersystemet bestod av olika delar, ex. en så kallade mikronätskontroll (Micro Grid Control) som hjälpte till att synkronisera solcellsparken, vindkraftverket, de stora batterilagren och reservkraftsgeneratoren (Interflex 2017).
9. Vidare bestod styr- och reglersystemet av belastningstyrning (Demand Side Response) som övervakade hushållens laster, det vill säga solcellssystem, mindre batterilager, värmepumpar och varmvattenberedare. Denna del fick också information om elkonsumtionen från varje hushåll genom smarta mätare och kommunicerade med mikronätskontrollen, P2P-plattformen och intelligensmodulen. (Interflex 2017).
10. Intelligensmodulen innehöll smarta algoritmer i syfte att öka flexibilitetspotentialen i det lokala energisystemet. Förutom tillgång till alla aktuella processvärden hade den tillgång till väderprognoser, lastprognoser, produktionsprognoser, elprisprognoser och historisk data. Syftet med detta var förutse beteenden i det lokala energisystemet och därmed optimera olika enheter, exempelvis batteriets i- och urladdning (Interflex 2017).
11. P2P-plattformen hade två syften, dels att hjälpa kunder att få insikter om sin elkonsumtion och dels låta dem tjäna pengar. Detta skulle i sin tur hjälpa till att balansera det lokala energisystemet och minska kostnader till följd av obalans i och beroende av huvudnätet (Interflex 2017). Elkunderna tillfrågades



ifall de ville vara delaktiga med ett speciellt framtaget elavtal som kallades 'avtal flex' i vilket det ingick ett avdrag på hundra kronor på varje månadsräkning. De kunder som tackade ja, 21 stycken av 150, blev även erbjudna att köpa varsitt solcellsystem, ett mindre batterilager, en smart värmepump (luftvatten) och/eller en smart varmvattenberedare till ett kraftigt reducerat pris. Dessa kopplades in i det lokala energisystemet och kunde styras av E.ON eller kunden själv via ett kontrollkort och internetuppkoppling. Elanvändningen mättes genom en elmätare som uppdaterades var femte minut och gav information om elkonsumtionen i realtid. Elkunden fick en ekonomisk ersättning per kWh ifall E.ON exempelvis höjde eller sänkte kundens inomhustemperatur i syfte att balansera det lokala energisystemet. Vidare användes P2P-plattformen för att demonstrera hur aktiva kunder sinsemellan skulle kunna handla med el på en lokal marknad genom att göra ett utbyte av flexibilitet. Istället för att sälja överskott av solel till huvudnätet kunde det säljas till närliggande hushåll inom det lokala energisystemet (Langels och Syrjä 2020).

## Lärdomar

Genom pilotprojektet lyckades man effektivt demonstrera att en specifik kombination av kraftelektronik och förnybar energi kan fungera på ett stabilt sätt, med eller utan det överliggande nätet. Resultatet är därför inte rakt av replikerbart i andra områden. Det visade sig vara en stor utmaning att upprätthålla spänning och frekvens i det lokala energisystemet med hjälp av batterilagren, även om man till slut lyckades stabilisera systemet genom några ändringar i växelriktarna (Interflex 2019a).

Tekniskt sett är belastningsstyrning en bra lösning för att öka förnybar energi. Kunderna kan dock vara en begränsning ifall de inte är tillräckligt intresserade eller inte förstår syftet. Tydlig kommunikation behövs därför för att alla parter ska kunna vara delaktiga på ett sätt som gynnar alla. Kunder måste vara villiga att investera i elektronik som kan styras och låta en tredje part styra (Interflex 2019a).

Simuleringar med hjälp av intelligensmodulen visade sig vara både tekniskt och ekonomiskt fördelaktigt eftersom det ökade prestandan. För att utveckla prognosmetoder är kvaliteten på data och mängden data mycket viktig (Interflex 2019c).

Den konceptuella P2P-marknaden visade sig ha potentiella fördelar om den genomförs korrekt. För att nå full potential bör marknaden ha ett visst förhållande mellan produktion och konsumtion eftersom konsumenterna annars får köpa 'vanlig' nätel. Detta är något som måste förstås om marknaden sprids till områden med olika förhållanden (Interflex 2019b).

Alternativa marknader som gynnar småskaliga energigemenskaper, där minskad skatt och nätavgift skapar besparingar för konsumenter och prosumenter, kan också gynna nätägare så att de slipper bygga om och förstärka nätet. Det krävs dock en kombinerad förståelse för alla aktörer i elsystemet, kopplat till lagstiftning, beskattning, tariffer och kraftdistribution m.m, så att inte vissa missgynnas för mycket. Om nätägare ska möjliggöra P2P-marknader kanske de behöver kompenseras för sina minskade inkomster från överföringsavgifter. Kanske även elhandlare behöver kompenseras för den kraft som normalt sett skulle ha exporterats till nätet. Samtidigt kommer innovativa teknologilösningar gällande decentraliserade energisystem och småskaliga marknadslösningar sannolikt spela en viktig roll i framtiden allt eftersom modernisering av kraftsystemen sker. Därför behövs regler och riktlinjer (Interflex 2019b).

# Kapitel 8

## Metod

Detta kapitel går igenom studiens alla steg för att ta fram en lastprofil som kan representera den publika byggnaden, ett solcellssystem som passar den publika byggnaden och dess lastprofil och ett batterilager som kan kapa lastprofilens högsta toppar. Till detta hör också en ekonomidel för att kunna beräkna lönsamhet för Skånska Travskällskapet.

Denna studie är fokuserad kring en fallstudie som är en slags forskningsstrategi. Inom fallstudien kan en blandning av både kvantitativa och kvalitativa datainsamlingsmetoder och dataanalyser användas vilket är önskvärt för att skapa en bra helhetssyn (Denscombe 2014).

En fallstudie innebär att man studerar ett specifikt fall, snarare än ett större urval, som har en utmärkande identitet och en viss kontext. Syftet med detta är att forskaren kan upptäcka fenomen eller insikter som inte hade varit lika uppenbara i en masstudie (Denscombe 2014).

En fallstudies upptäckter används för att utveckla och generalisera teorier. Detta kan leda till att fallstudien blir en förklarande eller undersökande bas för vidare forskning och en komplettering till andra metoder. En specifik fallstudie bör dock inte betraktas som en del av det hela. Resultatet från en fallstudie är inte absolut utan måste sättas i olika sammanhang. En enskild fallstudie kan dock ge goda resultat i både byggandet och testandet av teorier. Målet är att belysa det allmänna genom att titta på det specifika (Denscombe 2014).

### 8.1 Elanvändning

Det är inte helt enkelt att förutsäga hur elektrisk energi kommer att användas på nya Jägersro Hästcenter och områdets byggnader. För att kunna göra en energianalys, och planera för områdets balansering av el, behövs uppskattade lastprofiler. I sektion 3.1 finns information om vad en lastprofil innebär.

Den publika byggnaden undersöktes initialt eftersom byggnaden är en av de viktigaste komponenterna i området tillsammans utöver själva travbanan. Olika metoder för att ta fram en lastprofil, som kan anses vara representativ för den publika byggnaden, undersöktes och testades. Hinder som dök upp under processens gång gjorde att den första metoden fick ersättas med den andra metoden och så vidare. Detta resulterade i att den sista metoden, nummer fyra i följande lista, är den som slutligen valdes:

1. Simulera lastprofil
2. Utveckla framtida lastprofil baserat på nuvarande lastprofil
3. Använd lastprofil från en likvärdig modern byggnad
4. 'Byggstensmetoden'

I följande sektioner förklaras de olika metoderna mer grundligt.

I sektionerna nedan nämns programmet Navigator. Det är ett kostnadsfritt program som E.ON tillhandahåller sina företagskunder i syfte att samla allt om företagets energianvändning på ett ställe. I Navigator kan man följa förbrukningen i företagets olika anläggningar (E.ON 2021).

### 8.1.1 Metoder för att fram en lastprofil för den publika byggnaden

#### Metod 1: Simulera lastprofil

Metoden inkluderade att en lastprofil skulle skapas genom noggranna analyser av den publika byggnaden och dess verksamhet, med tillgång till de verktyg som finns inom energisimulering idag.

Metoden prövades genom att nyckelpersoner inom projektet kontaktades. Dessvärre hade inte någon hunnit beröra specifika frågor kopplade till el eftersom projektet var i ett annat skede där andra frågor prioriterades. Därför drogs slutsatsen att det inte skulle bli möjligt att tilldela den publika byggnaden en färdig lastprofil framtagen genom simulering inom ramen för denna studie.

#### Metod 2: Utveckla lastprofil baserat på den nuvarande publika byggnaden

Nästa metod blev att studera lastprofiler från området för nuvarande Jägersro trav- och galoppbana, och genom en översättningsfaktor uppskatta lastprofiler för Jägersro Hästcenter. Denna metod lämpar sig bra om verksamheten i de byggnader som ska jämföras, den gamla och den nya, är väldigt lika.

Genom Navigator analyserades lastprofiler från byggnader på nuvarande Jägersro trav- och galoppbana, och framför allt den nuvarande publika byggnaden. Dessvärre noterades att data för byggnaderna var i oordning. Det var otydligt vilken lastprofil som hörde ihop med vilken byggnad och vilka laster som ingick i vilken lastprofil. Flera försök gjordes för att reda ut detta, till exempel genom studiebesök i syfte att identifiera elmätare och koppla dem till lastprofilerna i Navigator. Dessutom framgick att nuvarande Jägersro hade viss elanvändning som troligen inte kommer att användas på Jägersro Hästcenter vilket försämrade möjligheten att jämföra.

Speciellt den nuvarande publika byggnaden visade på tvetydig data. En mer omfattande undersökning hade behövts för att reda ut vilka elmätare som hör ihop med vilka laster, kartlägga samtliga säkerhets- och effektabonnemang som finns, samt undersöka vad den elanvändning som finns mer specifikt används till. Det ansågs det bli för osäkert att approximera fram en lastprofil för den publika byggnaden med hjälp av de lastprofiler som fanns att tillgå från befintlig verksamhet. Jägersro Hästcenter kommer bestå av nya, moderna byggnader jämfört med nuvarande Jägersro som består av ett omgivande kluster av byggnader som tillkommit vid olika årtal från 1907 då travet invigdes. Den nuvarande publika byggnaden byggdes 1966 och sedan har ombyggnationer gjorts 1968, 1971 och 1991. Värmesystemet har också

förändrats under dessa år och i nuvarande elenergilaster ingår även en stor andel luftvärmepumpar <sup>1</sup>.

### Metod 3: Använd lastprofil från en likvärdig modern byggnad

Nästa metod byggde på att hitta och analysera en tillgänglig lastprofil till en modern byggnad som är likvärdig den publika byggnaden med avseende på form och verksamhet. Metoden inkluderade att ringa in nyckelparametrar och mönster i lastprofilen, modifiera något vid behov och sedan anta att den skulle kunna representera den publika byggnadens lastprofil.

I ett första steg analyserades den publika byggnaden genom att kartlägga dess ytor, volymer och besökskapacitet samt undersöka tänkt evenemangskalender. Detta var möjligt genom informationsprogrammet BIM 360, som användes av projektgruppen för Jägersro Hästcenter. Dessutom undersöktes en befintlig evenemangskalender från 2019 gällande travtävlingar på nuvarande Jägersro trav- och galoppbana. Den framtagna informationen sammanställdes i en digital presentation i Microsoft Power Point.

Med presentationen som grund hölls en digital workshop med ett antal anställda på E.ON, placerade på olika orter i Sverige, med den gemensamma nämnaren att de arbetat med nybyggnationer som på olika sätt liknar den publika byggnaden. Workshopen resulterade i flera lastprofiler framtagna ur Navigator.

Efter att ha studerat de framtagna lastprofilerna och de tillhörande byggnaderna ansågs att det istället vore bättre att kombinera och sätta ihop dem i Excel. Det fanns nämligen inte enbart en lastprofil som verkade helt representativ för den publika byggnaden. Därför påbörjades metod nummer fyra.

### Metod 4: 'Byggstensmetoden'

'Byggstensmetoden' är vad författarna till denna studie kallar sin metod för att skapa en helt ny lastprofil åt en byggnad som ännu inte finns. Den lämpar sig bra om man vet karaktärsdragen för den icke befintliga byggnaden och förstår sig på karaktärsdragen för befintliga likvärdiga byggnader. Då kan man välja ut, modifiera och sammanfoga delar av de befintliga lastprofilernas mönster och skapa en lastprofil för den framtida byggnaden. Man kan också göra tillägg där något fattas. Tillvägagångssätt kan liknas vid att bygga ihop olika slags bitar som i ett lego.

Efter workshopen, som beskrevs under Metod 3 ovan, valdes till slut två stycken referensbyggnader ut. Den ena, *Referensbyggnad 1*, var en publik byggnad kopplad till en travanläggning byggd 1962. Den andra, *Referensbyggnad 2*, var en konferensbyggnad byggd 2008. Dessa byggnader valdes eftersom de var tillgängliga i E.ON:s Navigator och på olika sätt ansågs likna den publika byggnaden när det kommer till verksamhet och utseende. Den publika byggnadens baslast approximerades med Referensbyggnad 2 medan lasttopparna approximerades med Referensbyggnad 1 vilket förklaras i följande sektioner.

#### 8.1.2 Skapa baslast till den publika byggnaden

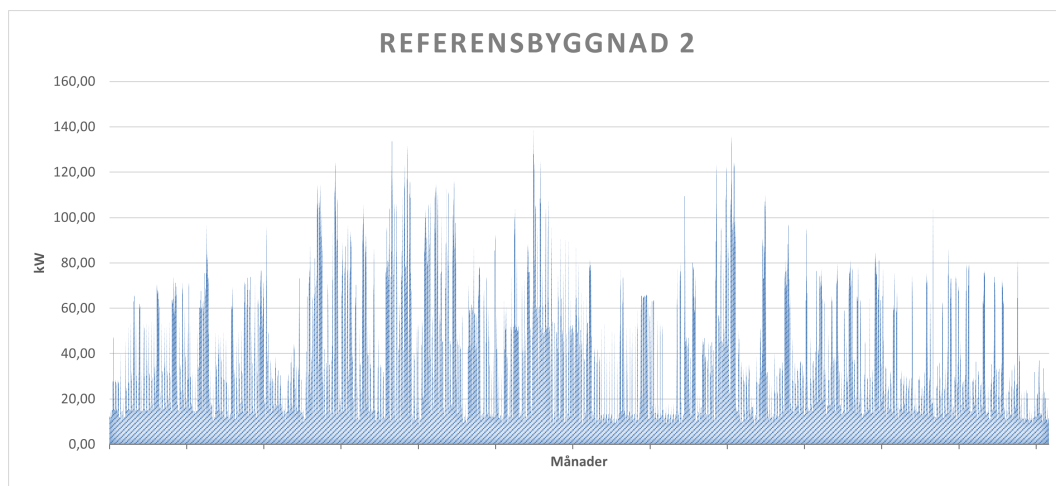
För att kunna uppskatta den framtida storleken på den publika byggnadens baslast identifierades först dess centrala beståndsdelar såsom ventilation, belysning, datorer samt kyl- och frysmaskiner inom byggnadens köksverksamhet inklusive restauranger.

<sup>1</sup>Miljösamordnare för Skånska Travsällskapet, mailkonversation 31 maj 2021

Detta gjordes genom att studera arkitekternas ritningar för den publika byggnaden och föra samtal med VD Kent Öhlander.

Eftersom Referensbyggnad 2 ansågs ha många likheter när det gäller baslastanvändning av el med den publika byggnaden som ska byggas på framtida Jägersro Hästcentrum, valdes Referensbyggnad 2 som utgångspunkt för framtagandet av baslastprofilen av den publika byggnaden på Jägersro Hästcentrum. Till exempel ansågs byggnaderna vara likvärdiga gällande funktion, fasad och modernitet. Referensbyggnad 2 byggdes 2008 och består till stor del av glasfasader som släpper in ljus. Referensbyggnad 2 är dessutom en konferensbyggnad med stora öppna ytor som kan skärmars av vid önskemål. Detta gör att Referensbyggnad 2 anses representera den publika byggnaden väl när det kommer till ventilationsbehov och ljusinsläpp. De är dessutom ungefär lika stora och rymmer ett liknande antal personer och bedriver en liknande konferensverksamhet som den publika byggnaden delvis planerar att göra.

I lastprofilen för Referensbyggnad 2 från år 2019 noterades att baslasten låg på omkring 12 kW oavsett årstid. Se figur 8.1.



Figur 8.1: Figuren visar lastprofilen för Referensbyggnad 2 år 2019. Baslasten är jämn över året och ligger på omkring 12 kW.

$$Baslast_{PB}[kW] = Baslast_{R2}[kW] - Köksbaslast_{R2}[kW] + Köksbaslast_{PB}[kW] \quad (8.1)$$

För att räkna ut köksbaslasten (det vill säga kyl- och frysmaskinernas elanvändning) för Referensbyggnad 2 och den publika byggnaden användes ett nyckeltal gällande elanvändning, se tabell 8.1 nedan. Följande beräkning gjordes:

$$Köksbaslast [kW] = \frac{andel \cdot Nyckeltal [kWh/m^2/\text{år}] \cdot Köksyta [m^2]}{8760[h/\text{år}]} \quad (8.2)$$

Tabell 8.1: Värderna för energianvändning, effektuttag och andel kyl/frys-rum/maskiner i ett typiskt restaurangkök (Energimyndigheten 2012).

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Energianvändning per år och $m^2$ | 751 kWh |
| Effektuttag per $m^2$             | 87 W    |
| Andel kyl/frys-rum/maskiner       | 37 %    |

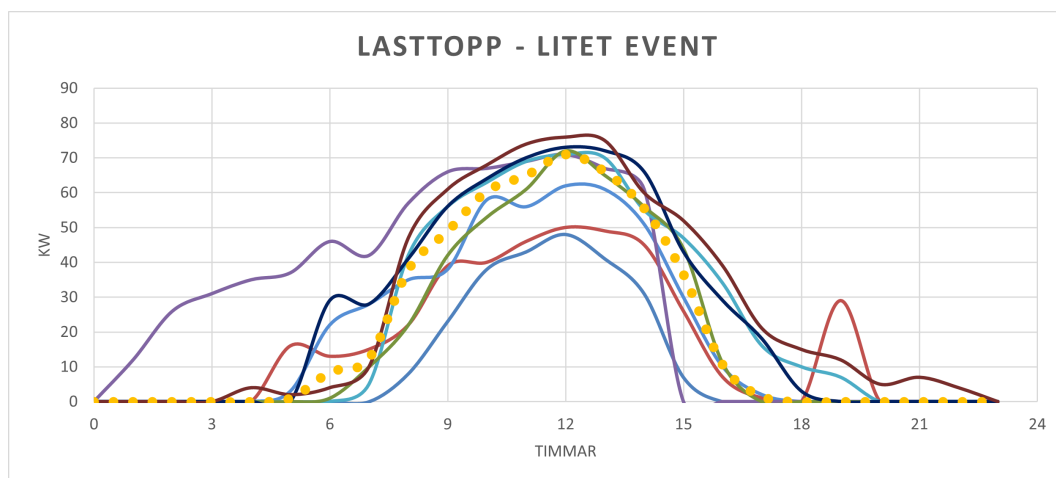
Resultatet från formel 8.2 visar den del av elanvändningen i ett restaurangkök som utgörs av rum med kyl- och frysmaskiner som antas vara igång dygnet runt och därför utgöra en del av baslasten.

### 8.1.3 Skapa lasttoppar till den publika byggnaden

För att skapa lasttoppar söktes en verksamhet som kan tänkas ha lasttoppar likvärdiga de som tros förekomma i den publika byggnaden. En liknande tävlingskalender återfanns hos Referensbyggnad 1 och dess verksamhet. Här förekommer travtävlingar i kategorierna små, mellan och stora vilket kan kopplas till besökare, mat, dryck, extra belysning, datorer, bevakningskamerautrustning och tv-sändning. Referensbyggnad 1 är visserligen inte nybyggd utan är från 60-talet precis som befintlig publik byggnad på Jägersro. Till skillnad från den nuvarande publika byggnaden på Jägersro har dock Referensbyggnad 1, enligt kontakt med en affärsansvarig<sup>2</sup> på E.ON, tydligare elmätning. Till Referensbyggnad 1 hör endast ett elabonnemang hos E.ON:s Navigator. Därför gav det mer mening att titta på Referensbyggnad 1 för att ta fram lasttoppar.

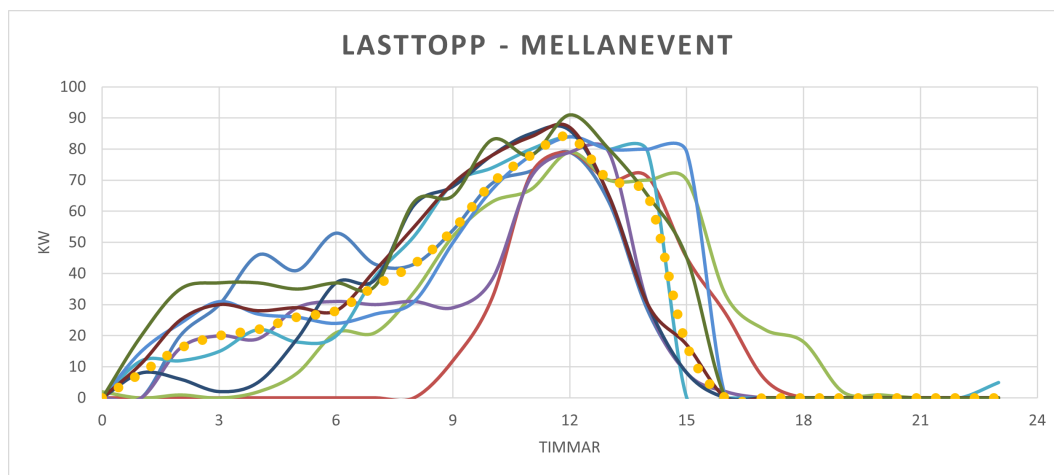
I enlighet med tävlingskalendern från 2019 extraherades samtliga tävlingsdagar i lastprofilen för Referensbyggnad 1. Detta gjordes med hjälp av Excel. De analyserades utifrån tävlingens typ enligt kategorierna; 'liten', 'mellanstor' och 'stor' tävling. I de fall där tävlingen inföll kvällstid eller en mörk vinterdag sågs en hög effekttopp på grund av påkopplad banbelysning. Eftersom banbelysning ligger utanför denna studies omfattning togs banbelysningens effekttopp bort. Vidare lades lastprofilerna för respektive evenemangstyp bredvid varandra för att tidsmässigt centrera effekttopparna mot varandra. För respektive evenemangstyp togs en 'medianprofil' fram över ett dygn. Om medelvärde använts istället hade den sammanfattande profilen blivit en 'typplastkurva'. I detta fall var det dock önskvärt att extremvärden inte räknades in och median användes därför som statistiskt mått. Se figurer 8.2, 8.3 och 8.4.

Exceltabeller med lastdata från evenemangen, klassificerade som 'litet', 'mellanstort' och 'stort', finns presenterade i kapitel 14 med samtliga rådata från Referensbyggnad 1 i figurerna 14.4, 14.5, 14.6, 14.7.

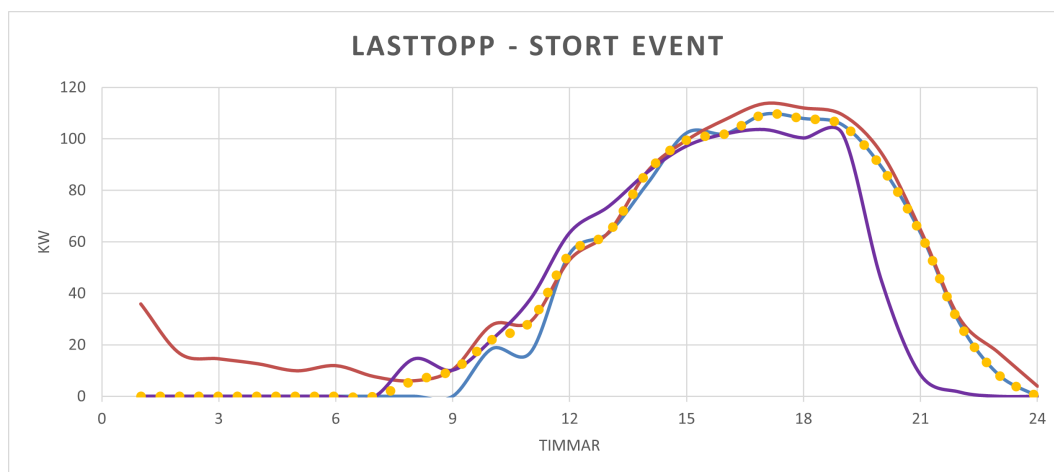


Figur 8.2: Varje enskild linje motsvarar elanvändningen (exklusive banbelysning) för ett litet evenemang kopplat till Referensbyggnad 1. Lasttoppen förkommer olika klockslag, men är i figuren centrerad till timme 12 i syfte att jämföra. Den gula streckade linjen är lasttopparnas median.

<sup>2</sup>Affärsansvarig på E.ON, mailkonversation 23 april 2021



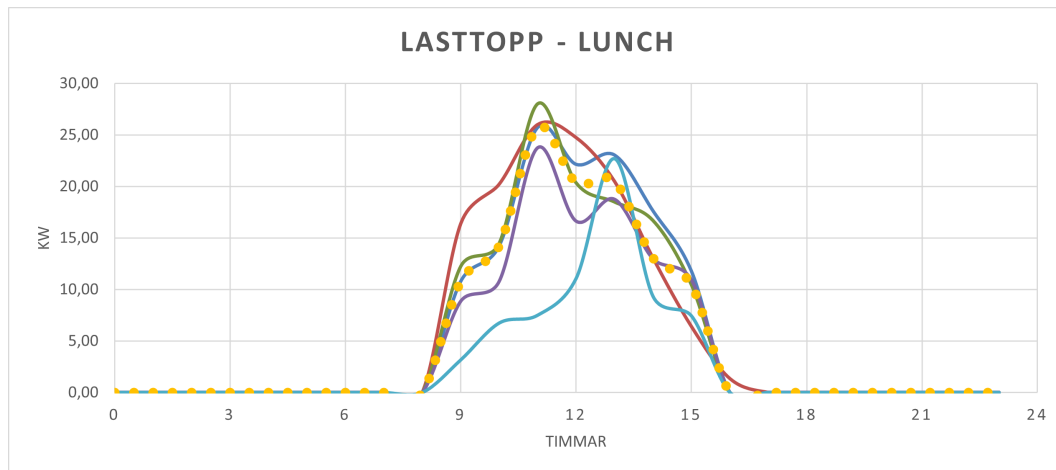
Figur 8.3: Varje enskild linje motsvarar elanvändningen (exklusive banbelysning) för ett mellanevenemang kopplat till Referensbyggnad 1. Lasttoppen förkommer olika klockslag, men är i figuren centrerad till timme 12 i syfte att jämföra. Den gula streckade linjen är lasttopparnas median.



Figur 8.4: Varje enskild linje motsvarar elanvändningen (exklusive banbelysning) för ett stort evenemang kopplat till Referensbyggnad 1. Lasttoppen förkommer olika klockslag, men är i figuren centrerad till timme 17 i syfte att jämföra. Den gula streckade linjen är lasttopparnas median.

I detta skede uppmärksammades att lasttopparna för de små tävlingarna var tämligen lika dem för mellanstora. Därför behandlades dessa lasttoppar tillsammans. De sorterades i storleksordning efter högsta effekttopp. Listan delades sedan på mitten. Den hälft med de högsta effekttopparna fick definiera evenemang av storleken 'mellanstora' och den hälft med de lägre effekttopparna fick definiera evenemang av storleken 'små'.

Utöver evenemang (inklusive travtävlingar) kommer den publika byggnaden sannolikt även ha lunchservering varje dag enligt VD Kent Öhlander. Denna verksamhet bedrivs också i Referensbyggnad 1 där lunchen dock serveras måndag till fredag. Vid noggrann beskådning av Referensbyggnad 1:s lastprofil kunde tydliga jämnstora lasttoppar identifieras på vardagar. Dessa var lägre än de vid tävlingsdagar och återfanns över hela året med en topp kring lunchtid. Således definierades dessa kontinuerliga vardagstoppar som så kallade lunchtoppar. För en typvecka i maj extraherades fem dygnsprofiler och en medianprofil från dessa laster togs fram enligt processen ovan. Se figur 8.5, lastdata från beräkningarna finns i 14.8 i kapitel 14.



Figur 8.5: Varje enskild linje motsvarar elanvändningen (exklusive banbelysning) för lunchservering kopplat till Referensbyggnad 1. Den gula streckade linjen är lasttopparnas median.

#### 8.1.4 Slutlig lastprofil till den publika byggnaden

När baslast och lasttoppar definierats från Referensbyggnad 2 respektive Referensbyggnad 1 (inklusive beräkningen gällande kök- och restaurang) började arbetet med att sammanställa dem till en ny lastprofil åt den publika byggnaden.

Först definierades en typisk månad utefter den framtida evenemangskalendern, se figur 14.1 i appendix. Antalet travtävlingar, av typerna 'små', 'mellanstora' och 'stora', noterades. Utöver de traditionella travloppen som finns på Jägersro idag noterades ytterligare evenemang i den framtida eventkalendern, ungefär ett övrigt evenemang i veckan. Dessa övriga evenemang antogs ha samma typfördelning som travevenemangen. Eftersom den framtida eventkalendern saknade tidsangivelser vad gäller tid på dygnet användes 2019 års eventkalender för att placera ut evenemangen tidsmässigt. Utöver evenemangstopparna placerades lunchtoppar ut alla dagar. Se tabell 8.2 för resultat från kartläggningen.

Tabell 8.2: Kolumn två och tre är resultat från kartläggning av de traditionella travevenemang som planeras för den framtida publika byggnaden utifrån eventkalendern. Kolumn fyra och fem beskriver fördelningen av evenemangen baserat på 2019 års evenemangskalender.

| Evenemangstyp   | Per år | Per månad | Kvällstid | Helger |
|-----------------|--------|-----------|-----------|--------|
| Små evenemang   | 20     | 1.7       | 40 %      | 10 %   |
| Mellanevenemang | 26     | 2.2       | 100 %     | 0 %    |
| Stora evenemang | 7      | 0.6       | 25 %      | 75 %   |
| Totalt          | 53     | 4.4       | 70 %      | 14 %   |

Sammanslagning och ihopräkning gjordes i Excel där varje kategori laster skrevs in i enskilda kolumner om 8760 timvärden (ett år). I en summakolumn adderades lasterna horisontellt för varje timme i syfte att få fram en slutgiltig typlastprofil. I de fall där en evenemangstopp sammanföll med en lunchtopp inkluderades endast det högre toppvärdet från evenemanget i summan. Således skedde ingen dubbelräkning då lunch antogs vara inkluderad i evenemangstopparna.

För topplasterna användes en översättningsfaktor för att modifiera lasterna att passa den publika byggnaden bättre. Denna faktor räknades fram baserat på hur många sittande restauranggäster som rymdes i lokalerna totalt,  $1340/1050 = 1,27$ .

Se sektion 9.1.3 i resultatkapitlet för slutgiltig lastprofil.



## 8.2 Solelsproduktion

På Jägersro Hästcenter planeras solpaneler att installeras på de tak som vetter mot söder, väster eller öster. Solpanelerna med dess solceller kan då stå för områdets egenproducerade el. För att kunna ta fram potentialen för egenproducerad el gällande den publika byggnaden användes simulering i SAM och beräkningar i Excel.

I följande sektioner beskrivs de olika delmomenten som genomfördes för att få ut en produktionsprofil från SAM, men först ges bakgrund kring hur SAM fungerar och hur programmet användes. Övrig teori kopplad till solelsproduktion finns i sektion 3.2.

Underlag till beräkningar gavs från arkitektbyrån Krook & Tjäder genom projektprogrammet BIM 360 och genom mejlkonversation<sup>3</sup>. Simulering i SAM och resultatberäkningar gjordes med stöd av en konsult från Sweco.

### 8.2.1 System Advisory Model

System Advisory Model (SAM) är en gratis tekno-ekonomisk programvarumodell som underlättar beslutsfattande för aktörer som på olika sätt arbetar med förnybar energi. Med hjälp av SAM kan man modellera och simulera olika förnybara energisystem och dess prestanda, exempelvis små och stora solcellssystem med eller utan batterilagring. SAM är utvecklad och distribueras av US Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory (NREL). Programmets källkod också öppen för allmänheten vilket gör att den som är intresserad kan studera koden och bidra med förbättringar. Programmet skapades 2005 och har sedan dess utvecklats år efter år. Instruktionsfilmer finns tillgängliga på hemsidan (Blair 2017).

Om användaren har detaljerad information om den utrustning som ska användas i det önskade solcellssystemet kan användaren välja projektet Detailed PV modell för att modellera och simulera solelsproduktion. Denna modell beräknar ett nätanslutet solcellssystem och dess solelsproduktion baserat på olika val som användaren kan göra. Modellen kan också beräkna förluster på grund av temperaturskillnader som påverkar solpanelernas prestanda, skuggning med mera. Användaren kan i biblioteket välja, eller ladda upp en egen, väderfil med solinstrålningsdata samt ange Sky Diffuse Model (Perez används som standard). Användaren kan sedan välja typ av solpanel och växelriktare från biblioteket eller skriva in data från produktblad. Vidare måste användaren specificera systemets storlek i form av antalet solpaneler och växelriktare. Solpanelerna kan placeras seriekopplade i rader/strängar som i sin tur kan parallellkopplas. Solpanelernas lutning och väderstreck ska också anges. Det finns även andra parametrar att ändra om användaren så vill. När allt är ifyllt kan simulering av solelsproduktion ske vilket också kan jämföras mot vald elanvändning. SAM kan ge användaren månadsvärden, dygnsvärden och timvärden för flera olika utdata (SAM n.d.(b)).

Modellen för att simulera batterilagring finns att välja till 'Detailed PV model' och blir då 'Detailed PV-Battery'. I den kan batterilager simuleras både framför och bakom solcellssystemets växelriktare men inte fristående (SAM kan inte simulera en fristående batterimodell, i så fall måste en annan modell användas som heter 'Generic Battery Configuration' med en anläggningsförlust på 100 %). Batterilagret kan laddas med solel och/eller nätel. Prestanda kan analyseras för olika batterityper så som litiumjon (SAM n.d.(a)).

<sup>3</sup>Kontakt med arkitekt och vice kontorschef på Krook & Tjäder, tillgång till beskrivningar och ritningar från BIM360 mellan januari och juni 2021

Det finns vissa begränsningar med SAM, såsom att vissa val eller kombinationer inte är möjliga att göra, men för denna typ av studie var det inget som upplevdes som ett hinder.

### 8.2.2 Simulering och beräkningar

För att simulera solcellsproduktion för den publika byggnaden valdes projektet 'detailed PV model, distributed, residential owner' i SAM.

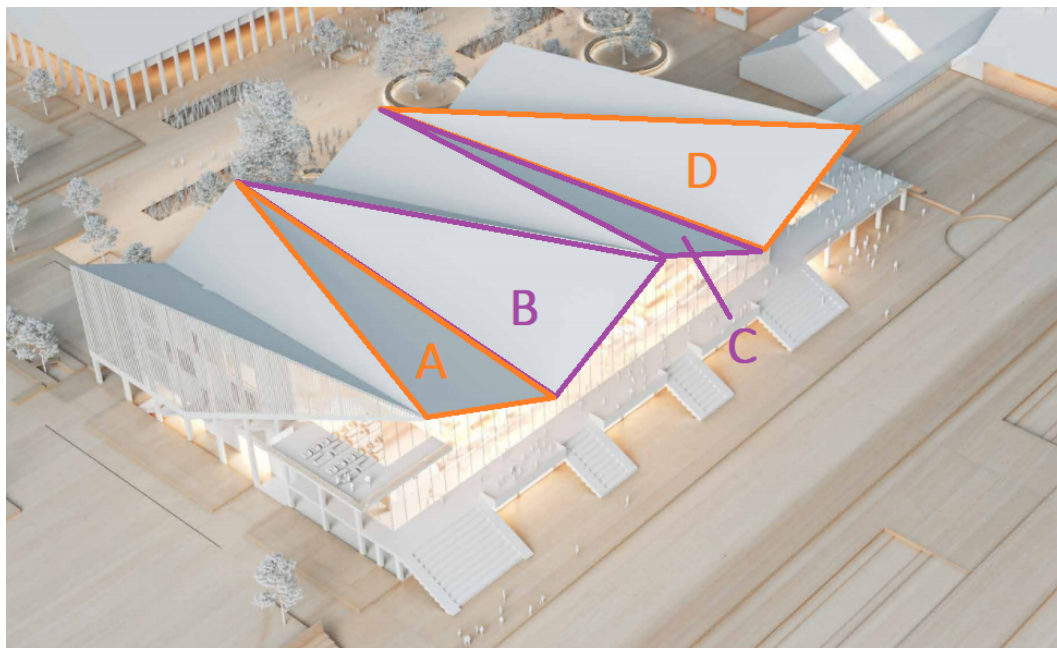
Simulering i SAM är en iterativ process. Först och främst är det lämpligt att veta på ett ungefär hur stort system man vill simulera. Då kan man göra en handberäkning och använda sig av formeln 8.3 där  $A$  är den area på taket som är möjlig att täcka med solpaneler,  $v$  är panelernas verkningsgrad och  $S$  är solinstrålningen under standard test conditions (STC).

$$\text{Systemstorlek/toppeffekt [kWp]} = \frac{A [m^2] \cdot S [W/m^2] \cdot v}{1000[W/kW]} \quad (8.3)$$

I följande sektion 8.2.2 beskrivs hur den publika byggnadens tak analyserades för att ta fram yta och antal paneler.

#### Takyta

Ett av de första stegen i analysens process var att studera den publika byggnadens tak. I ritningarna framgick att byggnaden planeras ha tio olika sammanhängande taktytor. Av dessa vetter sex stycken mot norr och planeras bli gröna växttak. Resterande fyra taktytor undersöktes vidare. I figur 8.6 nedan har de fyra taktytorna som vidare undersökts fått namnen A, B, C och D.



Figur 8.6: Den publika byggnaden på nya Jägersro Hästcenter har fyra taktytor där solpaneler kan placeras, taktriangelarna A-D, som är markerade i bilden. Bilden används med tillåtelse från arkitekterna Krook & Tjäder.

I ritningarna är de fyra taktytorna formade som trianglar. De är snarlika och är cirka  $800 m^2$  stora. Triangel A och D har sidorna 74 m, 67 m och 24 m. Triangel B och C

har sidorna 69 m, 67 m och 24 m.

Genom att använda ekvation 8.3 kunde en maximal systemstorlek på 160 kWp per taktriangel eller 640 kWp totalt räknas fram (med en verkningsgrad på 0,2 och solinstrålning på  $1\ 000\ W/m^2$ ).

### Val av växelriktare

När den maximala systemstorleken hade räknats fram kunde växelriktarens storlek bestämmas genom förhållandet i ekvation 8.4. Det är vanligt att sätta förhållandet till omkring 1,2. Teori om växelriktare finns i 3.2.

$$\text{Förhållande} = \frac{\text{Toppeffekt, solcellssystem [kWp(DC)]}}{\text{Kapacitet, växelriktare [kW(AC)]}} \quad (8.4)$$

Detta gav en storlek på 533 kW. En växelriktare så nära denna storlek som möjligt valdes i SAM, alltså 540 kW. Detta ledde till att även den totala systemstorleken behövdes skalas ner till 637 kWp.

Växelriktarens maximala MPPT-spänning vid likström noterades till 800 V. Det valdes också att växelriktaren skulle ha fyra stycken MPPT, en för varje taktriangel och dess paneler.

I SAM valdes alltså att de fyra taktriangelarna skulle tilldelas varsin så kallad subarray, eller varsitt delarrangemang, med varsin MPPT. Detta betyder i det här fallet att varje delarrangemang är parallellkopplad till en enda växelriktare med fyra MPPT:s.

### Val av solpanel

I denna studie användes en solpanelsmodell som heter 'JA Solar JAM60S09 330/PR' och består av 60 monokristallina kiselceller. Dess spänning vid öppen krets uppgår till 40,8 V, dess bredd till 1 m och dess längd till 1,63 m. Den nominella verkningsgraden är 20,2 % och den maximala effekten är 330 Wp.

I SAM behöver man ange hur många solpaneler som ska seriekopplas i en rad och hur många rader som ska parallellkopplas. För att få en idé om vad som är möjligt, utan att få felmeddelanden i SAM, kan man använda sig av formel 8.5. I täljaren anges växelriktarens maximala MPPT-spänning vid likström i volt och i nämnaren anges solpanelens spänning vid öppen krets (open circuit) i volt. Detta ger en siffra på hur många solpaneler som maximalt skulle kunna seriekopplas i varje rad. I det här fallet blev resultatet 19 stycken.

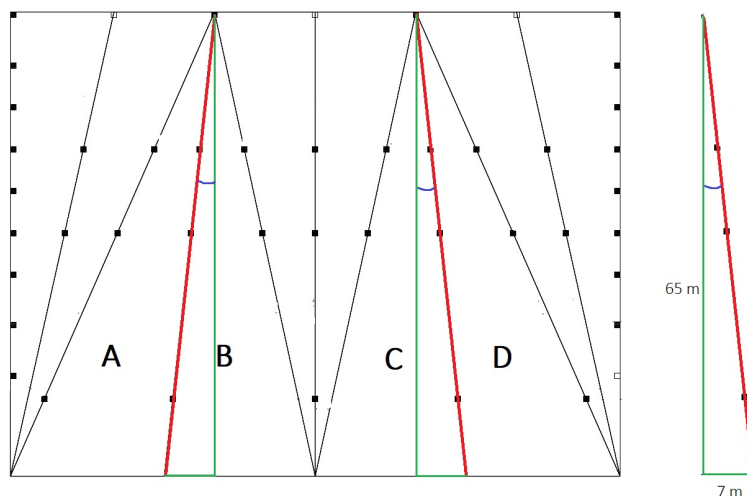
$$\text{Max. solpaneler i seriekoppling} = \frac{\text{Max. MPPT-spänning, växelriktare[V]}}{\text{Spänning, OC, solpanel[V]}} \quad (8.5)$$

Om varje solpanel har en maxeffekt på 330 Wp och systemstorleken är 640 kWp så leder detta till 1940 solpaneler. Dock spelar även lutning och väderstreck in vilket förklaras i de följande två sektionerna.

### Panelernas väderstreck

I denna studie definieras norr som  $0^\circ$ , öst som  $90^\circ$ , söder som  $180^\circ$  och väst som  $270^\circ$ .

PB planeras att byggas i  $175^\circ$ , alltså i söderläge men med en  $5^\circ$  vridning åt öster. De fyra taktriangelarna ligger dock inte i linje med byggnaden, vilket framgår i följande beräkningar.



Figur 8.7: Bilden användes för att beräkna väderstrecken för taktriangelarna A-D. Den blå vinkeln beskriver hur takytan är vriden från den publika byggnadens väderstreck. Bilden används med tillåtelse från arkitekterna Krook & Tjäder.

I figur 8.7 är skärningspunkterna mellan två taktriangelpar presenterad som två röda linjer. Tillsammans med de gröna linjerna bildas två lika stora rätvinkliga trianglar. Lutningen på de röda linjerna bestämdes genom trigonometriska beräkningar utifrån den kända datan om kateternas längder (som är inskriven längst till höger i figur 8.7). Den önskade vinkeln är markerad som en blå båge. Denna vinkel beskriver hur takytan är vriden från den publika byggnadens väderstreck.

Utifrån denna vinkel och byggnadens väderstreck beräknades taktriangelarnas väderstreck till  $269^\circ$ ,  $89^\circ$ ,  $181^\circ$  och  $101^\circ$  vilket återfinns i tabell 9.3 i resultatkapitlet. Dessa lades in i SAM där varje delarrangemang fick ett väderstreck.

### Lutning

De fyra taktriangelarnas lutningar från det horisontella planet är samma och beräknades med hjälp av en tredimensionell ritning.

I ritningen avlästes vinkeln mellan två taktrianglar, som lutar mot varandra, till  $128^\circ$ . Eftersom taktriangelarnas lutning från markplanet är lika stora bildar halva vinkeln mellan taktriangelarna vinkeln mot det lodräta planet. Vinkeln,  $v$ , från det horisontella planet blir således:

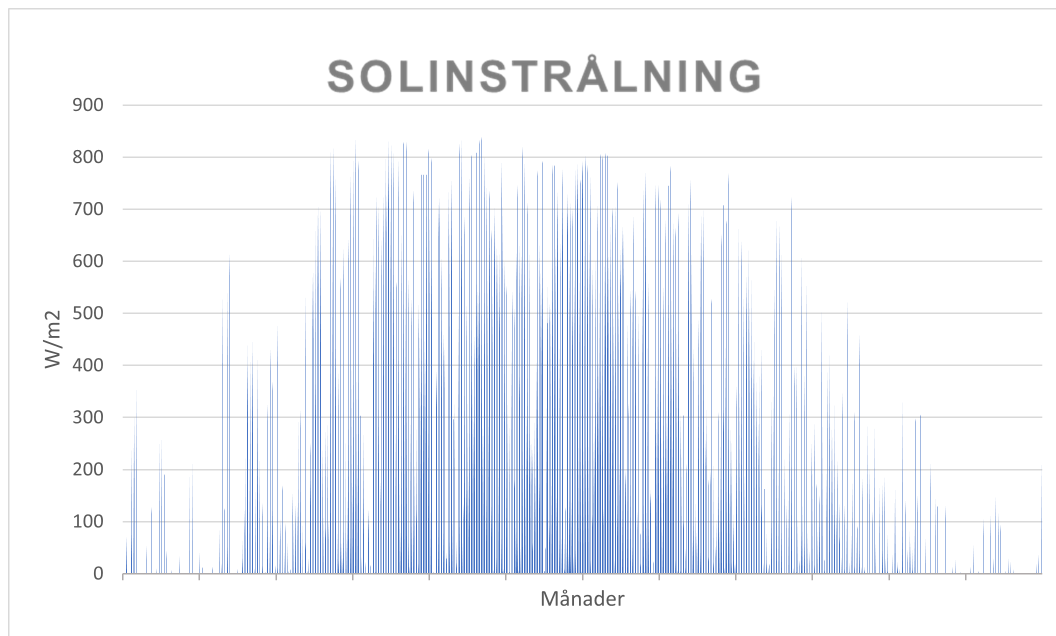
$$v = 90^\circ - 128^\circ/2 = 26^\circ$$

Denna lutning på  $26^\circ$  användes sedan i SAM och återfinns i tabell 9.3 i resultatkapitlet.

### Val av väderfil

Det finns många olika sätt att hitta en passande väderfil som visar solinstrålning för en specifik plats och som kan användas för simulering. I denna studie laddades en väderfil ner från en hemsida som heter [Climate.OneBuilding.Org](http://Climate.OneBuilding.Org) som erbjuder

klimatdata för byggnadsmodeller. Väderfilen är av typen Typical Meteorological Years (TMY) Energyplus Weather Format (EPW) och innehåller en sammansättning data mellan åren 2004 och 2018. Den innehåller alltså 8760 timvärden för ett typiskt väderår. Den representerar Malmö, närmre bestämt Jägersro med latitud 55,57140 och longitud 13,07360 och kan ses i figur 8.8.



Figur 8.8: På den vertikala axeln visas den totala solinstrålningen i W per  $m^2$  för Jägersro med latitud 55,57140 och longitud 13,07360. På den horisontella axeln visas årets månader.

### Övriga val

I SAM valdes Ground coverage ratiotill 0,99 som är högsta värdet. Eftersom varje panel placeras platt mot taket tillkommer ingen extra lutning och därmed simulerades ingen självskuggning (i.e. att solpanelerna skuggar varandra).

Snöfall antogs vara noll.

De extra förluster som valdes, som inte redan räknats in i andra grundval, var enligt standardinställningar:

- Kopplat till solinstrålning: 5 %
- Kopplat till likströmmen från solpanelerna: 4,4 %
- Kopplat till växelströmmen från växelriktaren: 1 %

Ingen systemdegradering sker första året.

### Slutliga solcellssystem i SAM

Genom att även ladda upp den skapade lastprofilen för den publika byggnaden i SAM, vars framtagning har beskrivits i 8.1, kunde analys mellan last och solelsproduktion göras. Efter att ha kontrollerat återbetalningstiden för det maximala solcellssystemet, vilket förklaras i 8.4.2, minskades systemet ner till cirka hälften av det maximala ('medel') samt cirka en fjärdedel av det maximala ('min'). I dessa fall ändrades växelriktarens storlek samt antal solpaneler i seriekoppling och parallellkoppling. Dessa parametrar presenteras i tabell 8.3. Förändringen resulterade i att

andelen egenanvänd solet ökade medan andelen såld solet minskade vilket presenteras i tabell 9.4 i resultatkapitlet.

I figur 9.4 i resultatkapitlet visas solesproduktionerna.

Tabell 8.3: Följande inställningar användes i SAM och skildes åt mellan de olika solcellssystemen. Resterande inställningar var samma för alla solcellssystemen så som en panelstorlek på 330Wp.

| Solcellssystem        | Max  | Medium | Min | enhet              |
|-----------------------|------|--------|-----|--------------------|
| Systemstorlek         | 641  | 334    | 164 | kW <sub>p</sub> DC |
| Växelriktare (4 MPPT) | 540  | 270    | 139 | kW AC              |
| Paneler i en rad      | 18   | 11     | 31  | st                 |
| Rader i parallell     | 4x27 | 4x23   | 4x4 | st                 |
| Tot. paneler          | 1944 | 1 012  | 496 | st                 |
| Tot. yta paneler      | 3168 | 1 650  | 808 | m <sup>2</sup>     |

### 8.3 Batterilager

Skånska Travsällskapet funderar på att installera batterilager i kombination med solcellssystem på Jägersro Hästcenter. För att pröva batterilager till ett solcellssystem på den publika byggnadens tak användes simulering i SAM samt beräkningar i Excel.

Teori om batterier finns i sektion 3.3.

#### 8.3.1 Storlek på batterilager

Konsult Annie Olofsson på Sweco hjälpte till att visa hur man kan göra initiala beräkningar i Excel för att ta reda på möjliga storlekar på batterilager att mata in i SAM.

Till en början undersöktes hur stora batterier som hade behövts för att kapa önskvärda toppar. Initialt togs en nettolastprofil fram. Med solesproduktion blir eluttaget från nätet mindre och denna nettolastprofil beskriver således elbehovet från nätet.

Den första batterilagerstorleken som testades valdes utifrån att effekttoppar för 'stora evenemang' på 182 kW skulle kapas ner till samma nivå som effekttoppar för 'mellanevenemang' på 150 kW. Detta skulle alltså kräva en maxeffekt på 32 kW. Effekttopparnas varaktighet var något olika vilket ledde till en kapacitet på minimalt 135 kWh och maximalt 224 kWh. En kapacitet på 160 kWh var det som slutligen valdes och testades.

Eftersom det visade sig att denna storlek på batterilager inte var lönsam, enligt beräkningar i 8.4, testades inte större batterilager vilket var idén från början. Efter dialog med en affärsingenjör på E.ON<sup>4</sup> testades istället två mindre storlekar på batterilager. Det ena batterilagret hade en effekt på 12 kW och kapacitet på 25,9 kWh. Det andra batterilagret var dubbelt så stort och hade en effekt på 24 kW och kapacitet 51,8 kWh. Storlekarna innebär cirka två timmars effektiv kapning.

#### 8.3.2 Simulering

För att simulera solesproduktionen tillsammans med ett batterilager, valdes projektet 'detailed PV-battery, distributed, residential owner' i SAM.

<sup>4</sup>Affärsingenjör på E.ON i Malmö, dialog under maj 2021

Batterilagren på 32 kW - 160 kWh, 24 kW - 51,8kWh och 12 kW - 25,9 kWh matades in och siffrorna gäller före omvandling och förluster.

Den batterityp som valdes var av typ standard litiumjonbatteri som finns i SAM, 'nickel-mangan-kobolt-oxid (NMC/grafit)'.

För själva simuleringen valdes 'peak-shaving one-day look ahead' vilket innebär att SAM tittar på den inmatade lastprofilen en dag i förväg och sedan bestämmer hur stora effekttoppar som kan kapas beroende på batteilagrets status. Det valdes att batterilagret kunde laddas både med nätel och med solet.

Kvarvarande inställningar lämnades enligt standardval av SAM.

Några exempel på detta är att batterilagret skulle vara kopplat till AC-sidan av solcellssystemets växelriktare med en AC till DC omvandlingseffektivitet på 96 %, och att minimum State of Charge (SOC) lämnades till 15 % medan maximum SOC lämnades till 95 %.

Efter simulering valdes olika utdata i form av timserier som lades in i Excel för vidare beräkningar. Först och främst kontrollerades att effektkapningen hade skett på önskad nivå och att inte för stora effekttoppar hade skapats vid laddning av batterierna.

## 8.4 Investeringskalkylering

Följande sektioner beskriver de ekonomiska ekvationer som använts och vilka antaganden som gjorts för att beräkna lönsamhet. Resultat och analys av lönsamhet presenteras senare i sektion 9.4.

Beteckningarna 's' står för solcellssystem, 'sb' står för solcellssystem tillsammans med batterilagret och 'b' står för enbart batterilagret men inklusive synergieffekter från solcellssystemet. Skillnaderna förklaras vidare i metoden.

### 8.4.1 Elpriser och effektagift

I de ekonomiska beräkningarna gjordes antaganden angående inköpspris av nätel, försäljningspris av solet samt effektagift. Antaganden valdes efter samtal med olika personer på E.ON, observation av spotpris samt genom att titta på fakturor i Navigator för Skånska Travsällskapet. Eftersom det var svårt sia om framtidens elpriser, vilket beskrevs i Kapitel 4, så gjordes en känslighetsanalys i sektion 9.5 med avseende på olika elpriser och effektabbonnemang.

Det har antagits att investering i solcellssystem och batterilagret infaller någon gång under år 2024 då den publika byggnaden ska invigas. Följande antas gälla då och framåt:

- Inköpspris av nätel: 80 öre per kWh inkl. spotpris, energiskatt och övriga avgifter.
- Försäljningspris av solet: 50 öre per kWh inkl. spotpris och nätnytta.
- Effektagift för högsta effekttoppen varje månad: 88,4 kr per kW.

Eftersom nätnyttan och elcertifikatpriset är så låga nu (se sektion 4.2) antas försäljningspriset vara samma som spotpriset. Detta antagande godtog av affärsingenjörer<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Affärsingenjörer på E.ON i Malmö, mailkonversation 28 april 2021 samt videosamtal den 5 maj 2021

på E.ON. Försäljningspriset baserades således på vad spotpriset legat på de senaste åren. Se sektion 4.1.

### 8.4.2 Enbart solcellssystem

De tre solcellssystemen (max, medium, min, se tabell 8.3) testades i följande lönsamhetsberäkningar gällande ett solcellssystem utan batterilager. Beräkningar gjordes dels enligt nuvärdemetoden och dels enligt återbetalningsmetoden.

#### Beräkningar enligt nuvärdemetoden

Formel 8.6 användes för att beräkna nettonuvärdet (NNV) vilket betyder att det totala nuvärdet ( $N_{tot}$ ) adderas till den negativa grundinvesteringen ( $G$ ). Om NNV visar sig vara större än noll är  $G$  lönsam under solcellssystemets ekonomiska och tekniska livslängd som båda är satta till 30 år (motivering i sektion 3.2). Restvärde exkluderades.

Efter samtal med en affärsutvecklare<sup>6</sup> inom sol och batterier på E.ON antogs  $G$  vara 8500<sup>7</sup> kr per kWp för min-systemet och medel-systemet och 7500<sup>8</sup> kr per kWp för max-systemet. Siffrorna gäller i samband med nybyggnation, inkluderar växelriktare och installation samt exkluderar moms.

ROT-avdrag eller skattereduktion för Grön teknik kunde inte inkluderas då Skånska Travsällskapet inte är en privatperson och det för tillfället inte finns något liknande för företag eller organisationer. Investeringsstödet som ligger kvar för företag på 10 % räknades inte heller in eftersom det är osäkert om det kommer finnas kvar 2024.

$$NNV_s[kr] = N_{tot_s}[kr] + G_s[kr] \quad (8.6)$$

$N_{tot}$  är summan av varje nuvärde ( $N$ ) vid år  $t$  enligt formel 8.7. Varje  $N$  summerar olika kassaflöden som nuvärdesberäknas med en nuvärdesfaktor ( $nf$ ) enligt formel 8.8. Kassaflödena är en ny investering ( $I$ ), underhållskostnaden ( $U$ ) enligt formel 8.9, sparad el ( $SPAR$ ) enligt formel 8.10, såld el ( $SLD$ ) enligt formel 8.11 samt sparad effektabonnemangskostnad ( $EFF$ ) enligt formel 8.13.

Investeringskostnaden för en ny växelriktare antogs vara 1 500 kr per kWp vid det 15:e året efter att solcellssystemet installerats.

$$N_{tot_s}[kr] = \sum_{t=1}^{t=30} N_{st}[kr] = \sum_{t=1}^{t=30} nf_t \cdot (I_{st} + U_{st} + SPAR_{st} + SLD_{st} + EFF_{st})[kr] \quad (8.7)$$

$$nf_t = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (8.8)$$

, där det antagits en kalkylränta ( $r$ ) på 0,05 (5 %) per år baserat på vad som normalt används hos Skånska Travsällskapet enligt VD Kent Öhlander<sup>9</sup>.

<sup>6</sup>Affärsutvecklare inom sol och batterier på E.ON i Malmö, mailkonversation 28 april 2021

<sup>7</sup>Uppskattad preliminär uppskattning som kan justeras vid mer detaljerad projektering.

<sup>8</sup>Uppskattad preliminär uppskattning som kan justeras vid mer detaljerad projektering.

<sup>9</sup>Kent Öhlander, nuvarande extern verkställande direktör för Skånska Travsällskapet, mailkonversation 26 maj 2021.



$$U_s t[kr] = u_t[kr] \cdot i^t \quad (8.9)$$

, där  $u$  är varje årlig kostnad för underhåll såsom kontroll, städning eller lagning. I denna studie antogs en årlig underhållskostnad på 6 000 kr för solcellssystemet och en inflation ( $i$ ) på 2 % ökning per år baserat på konversation med affärsingenjör<sup>10</sup> på E.ON.

$$SPAR_s t[kr] = a \cdot (Es[kWh] \cdot (1 - d_s)^{t-1}) \cdot (ke[kr/kWh] \cdot i^t) \quad (8.10)$$

, där  $Es$  är första årets solesproduktion,  $d_s$  är solcellssystemets degraderingsfaktor,  $a$  är andelen använd soles och  $ke$  är priset för köpt nätel. I denna studie antogs att  $d_s$  var 0,005 (0,5 %) per år i enlighet med standardinställningar i SAM. Den soles som används av den publika byggnaden kallas sparad el eftersom den annars hade behövts köpas in från nätet.

$$SLD_s t[kr] = (1 - a) \cdot (Es[kWh] \cdot (1 - d_s)^{t-1}) \cdot (se[kr/kWh] \cdot i^t) \quad (8.11)$$

, där  $se$  är priset för såld soles. Den soles som överproduceras av solcellssystemet, främst under sommarhalvåret, kan säljas till nätet.

$$EFF_s t[kr] = (ea[kr/kW] \cdot i^t) \cdot (eff.spar_s[kW] \cdot (1 - d_s)^{t-1}) \quad (8.12)$$

, där  $ea$  är effektagiften. Effektsparningen ( $eff.spar_s$ ) beräknades genom formel 8.13.

$$eff.spar_s[kW] = \left( \sum_{mn=1}^{mn=12} Effekttopp^L_{mn} - \sum_{mn=1}^{mn=12} Effekttopp^S_{mn} \right) [kW] \quad (8.13)$$

, där  $Effekttopp^L$  avser lastprofilens högsta effekttopp som uppkommer varje månad före solcellssystemet installeras.  $Effekttopp^S$  avser den högsta effekttopp som uppkommer varje månad efter att solcellssystemet installeras. Dessa siffror beräknades för första året.

### Återbetalningstid

Återbetalningstiden beräknades på två vis:

- Återbetalningstid, inkl. nuvärdesfaktor ( $nf_t$ ) med kalkylränta ( $r$ ), beräknades genom att addera summan av varje årligt nuvärde ( $Nt$ ) till negativa  $G$  tills summan blev noll.
- Rak återbetalningstid beräknades genom att ta summan av det första årets inkomster och utgifter, utan att lägga på inflation ( $i$ ) eller  $nf_t$ , och addera den år för år till negativa  $G$  tills resultatet blev noll.

<sup>10</sup> Affärsingenjör på E.ON i Malmö, mailkonversation 28 april 2021

### Levelized Cost of Electricity (LCOE)

LCOE beräknades för enbart solcellssystemet med formel 8.14.

$$LCOE[kr/kWh] = \frac{Tot.livscykelkostnad[kr]}{Tot.energiproduktion[kWh]} \quad (8.14)$$

Den kan skrivas mer detaljerad enligt formel 8.15 där förkortningar förklarades i sektion 8.4.2.

$$LCOE[kr/kWh] = \frac{G_s[kr] + (\sum_{t=1}^{t=30} nft \cdot I_{st} \cdot U_{st})[kr]}{\sum_{t=1}^{t=30} (nft \cdot (Es[kWh] \cdot (1 - d_s)^{t-1}))} \quad (8.15)$$

### 8.4.3 Solcellssystem och batterilager

För lönsamhetsberäkningar gällande ett solcellssystem tillsammans med batterilager utvecklades nuvärdesmetoden från sektion 8.4.2. Därför beskrivs inte alla formler på nytt här utan enbart de som tillkom. Kalkylräntan ( $r$ ) är fortfarande 0,05 (5 %) och inflationen ( $i$ ) är fortfarande på 2 % i ökning per år.

Återbetalningstiden beräknades på samma sätt som för enbart solcellssystemet. LCOE beräknades dock inte.

### Beräkningar enligt nuvärdesmetoden med tillägg

Formel 8.6 blir nu formel 8.16.

$$NNV_{sb}[kr] = Ntot_{sb}[kr] + G_{sb}[kr] \quad (8.16)$$

Efter mailkonversation med sakkunnig person<sup>11</sup> på E.ON antogs en grundinvestering för batterilager på 7000<sup>12</sup> kr per kWh före moms. Grundinvesteringen inkluderar kostnader för själva batterilagret inklusive installering med de rätta förutsättningarna i en nybyggnation.

Batterilagret antogs ha en ekonomisk livslängd på 15 år med en degraderingsfaktor ( $d_b$ ) på 0,01 (1 %) per år.

Den tekniska livslängden på batterilagret antogs dock vara 25 år vilket gjorde att det fanns ett restvärde efter 15 år och att batterilagret skulle kunna säljas till ett andrahandsvärde. I denna studie inkluderades inte en ny batterilagerinvestering vid år 15. Anledningen till detta var att i första hand studera resultatet från investeringskalkylering för ett batterilager i taget. Dessutom ansågs att kostnaden för ett nytt batterilager år 15 var en för osäker siffra att ange utan en större analys.

Totala nuvärdet,  $Ntot$ , för solcellssystemet och batterilagret beskrivs i formel 8.17.

$$Ntot_{sb}[kr] = \sum_{t=1}^{t=30} N_{st}[kr] + \sum_{t=1}^{t=15} N_{bt}[kr] \quad (8.17)$$

, där  $N_s$  innehåller samma delar som förklarades i sektion 8.4.2 för solcellssystemet.

<sup>11</sup>Projektledare och projektägare på E.ON i Malmö, mailkonversation 6 maj 2021

<sup>12</sup>Uppskattad preliminär uppskattning som kan justeras vid mer detaljerad projektering.

$$\sum_{t=1}^{t=15} N_{bt}[kr] = \sum_{t=1}^{t=15} nft \cdot (REST_{bt} + U_{bt} + EFF_{bt} + LADDN_{bt} + LADDS_{bt})[kr][kr] \quad (8.18)$$

, där nuvärdesfaktorn ( $nf$ ) beräknas på samma vis som i sektion 8.4.2.

$$REST_{bt}[kr] = G_b \cdot (1 - d_{b2}) \cdot ((Tek.livsl. - Ekon.livsl.) / Tekn.livsl.) \quad (8.19)$$

, där  $d_{b2}$  är den totala degraderingen under batterilagrets ekonomiska livslängd som i denna studie har antagits till 0,15 (15 %) eftersom  $d_b$  är 0,01 (1 %).

I den här studien antogs att underhållskostnaden för batteriet ( $U_b$ ) ingår i solcellssystemets underhållskostnad och är därmed satt till noll.

Den sparade effektabonnemangskostnaden p.g.a. enbart batterilager ( $EFF_b$ ), men med närvaro av solcellssystemet vilket gav synergieffekter, beräknades genom formel 8.20.

$$EFF_{bt}[kr] = ea[kr/kW] \cdot i^t \cdot eff.spar_b[kW] \cdot (1 - d_b)^{t-1} \quad (8.20)$$

Den sparade effekten ( $eff.spar_{solbat}$ ), till följd av solcellssystem och batterilager tillsammans, kunde beräknas med formel 8.21.

$$eff.spar_{sb}[kW] = \left( \sum_{mn=1}^{mn=12} Effekttopp_{mn}^L - \sum_{mn=1}^{mn=12} Effekttopp_{mn}^{SB} \right) [kW] \quad (8.21)$$

, där  $Effekttopp^L$  avser den högsta effekttopp som uppkommer varje månad före solcellssystemet och batterilager installerats.  $Effekttopp^{SB}$  avser den högsta effekttopp som uppkommer varje månad efter solcellssystemet och batterilager installerats. Dessa siffror beräknades för första året.

För att beräkna den sparade effekten till följd av enbart batterilager ( $eff.spar_b$ ), men med närvaro av solcellssystemet vilket gav synergieffekter, antogs formel 8.22. Den sparade effekten till följd av enbart solcellssystemet ( $eff.spar_s$ ) beräknades i sektion 8.4.2.

$$eff.spar_b[kW] = eff.spar_{sb}[kW] - eff.spar_s[kW] \quad (8.22)$$

I formel 8.18 är termen LADDS, solelen som laddas till batterilagret och dess värde, satt till noll eftersom simuleringen resulterade i noll kWh solel till batterilagret i fallet för det minsta solcellssystemet. Om termen inte hade varit noll hade det ökat andelen egenanvänd solel och andelen såld solel vilket hade förändrat den ekonomiska kalkylen för solcellssystemet.

$$LADDN_{bt}[kr] = i^t \cdot L[kWh] \cdot (ke - ke_2)[kr/kWh] \quad (8.23)$$

, där  $L$  är mängden el som laddas till batteriet antingen på dagen eller på natten (antas samma vid båda tillfällena). Som tidigare nämnts är  $ke$  priset på köpt nätel som

i grundscenariot sattes till 80 öre. Termen  $ke_2$  beskriver ett annat elpris som laddelen till batteriet specifikt köps in för. Detta kan vara relevant att ta in i beräkningarna i ett scenario då elpriset antas variera mycket över dygnet. I känslighetsanalysen 9.5 presenteras ett scenario där batteriet endast laddas då elpriset understiger ett visst värde. När  $ke_2$  är mindre än  $ke$  blir LADDN en besparing.

#### 8.4.4 Enbart batterilager

Det genomfördes ingen enskild simulering för batterilager utan solcellssystem eftersom det inte går att använda en sådan fristående batterimodell i SAM (se sektion 8.2.1). Det genomfördes heller ingen enskild simulering där batterilagret uteslutande laddades från nätet. I scenariot med solcellssystem 'min' var egenanvändningen ändå så pass hög att batterilagret laddades mestadels från nätet. Dock uppstod ju vissa synergieffekter mellan solcellssystemen och batterilagren på sommaren, som kommer att analyseras i sektion 9.3.

För att ändå få en uppfattning om den lönsamhet som kunde tilldelas enbart batterilagren i den publika byggnaden, undersöktes lagrens beteende under de månader då solcellssystemen producerade väldigt lite el (november, december och januari). Besparingen, i form av minskad effektabonnemangskostnad, räknades ut för dessa månader och vidare för ett helt år. Därefter beräknades rak återbetalningstid. Detta resultat jämfördes med den raka återbetalningstiden för batterilagren inklusive synergieffekter från solcellssystemet på sommaren.

# Kapitel 9

## Resultat och analys

I aktuellt kapitel redogörs de resultat som framkom under metodarbetets gång. Sista sektionen innehåller en känslighetsanalys där några ekonomiska parametrar ändras för att se hur det påverkar återbetalningstid.

### 9.1 Elanvändning

I denna del presenteras resultat från metodavsnitt 8.1, det vill säga från framtagandet av en lastprofil som kan representera publika byggnaden. Beräkningarna baserades på nyckeltal från kartläggningen av den publika byggnaden och referensbyggnaderna i tabell 9.1 nedan. PB anger den publika byggnaden, R1 referensbyggnad 1 och R2 referensbyggnad 2.

Tabell 9.1: En sammanställning av nyckelparametrar rörande den publika byggnaden på Jägersö hästcenter (PB) samt referensbyggnaderna 1 (R1) och 2 (R2).

| Byggnad | Total yta ( $m^2$ ) | Köksyta ( $m^2$ ) | Antal besökare ( $st$ ) |
|---------|---------------------|-------------------|-------------------------|
| PB      | 11 900              | 1 030             | 1 340                   |
| R2      | -                   | 110               | 1 470                   |
| R1      | 550                 | -                 | 1 050                   |

#### 9.1.1 Baslast

Eftersom Referensbyggnad 2 hade en tiondel så stor köksverksamhet jämfört med publika byggnaden fick extra köksverksamhet läggas till enligt metodavsnitt 8.1.2. Köksbaslasterna för den publika byggnaden och Referensbyggnad 2 räknades ut till följande utifrån formel (8.2):

$$\begin{aligned}Köksbaslast_{PB} &= 0,37 \cdot 0,087[kW/m^2] \cdot 1033[m^2] = 34kW \\Köksbaslast_{R2} &= 0,37 \cdot 0,087[kW/m^2] \cdot 114[m^2] = 4kW\end{aligned}$$

Med hjälp av formel (8.1) räknades totala baslasten för publika byggnaden ut enligt följande:

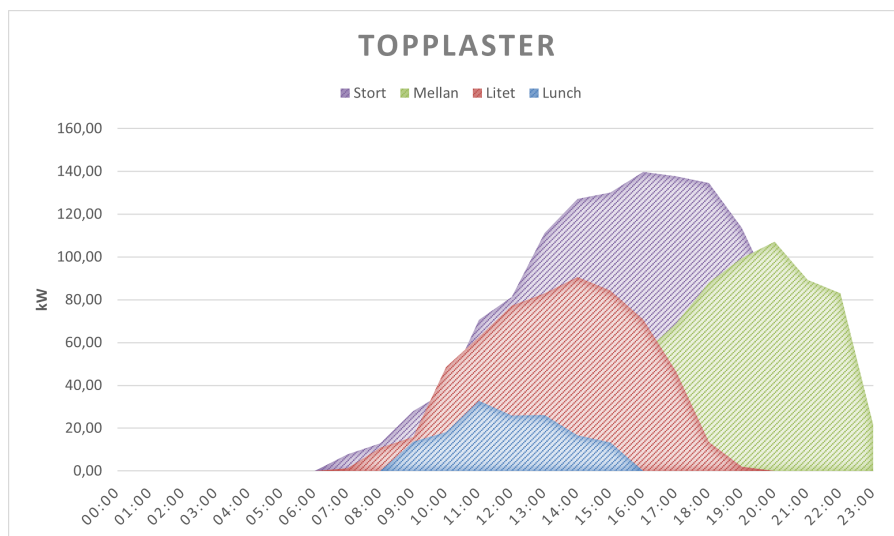
$$Baslast_{PB} = 12 - 4 + 34 = 42kW$$

### 9.1.2 Topplast

I tabell 9.2 presenteras den framtagna evenemangsfördelningen för publika byggnaden. Förslaget innebär att 38 % av evenemangen är dagsevenemang, 50 % kvällsevenemang och 13 % är eftermiddagsevenemang. I figur 9.1 presenteras topplasternas slutliga storlek och fördelning över ett dygn inklusive lunchtoppar.

Tabell 9.2: Uppskattad evenemangsfördelning för en typisk månad (28 dagar) i publika byggnaden.

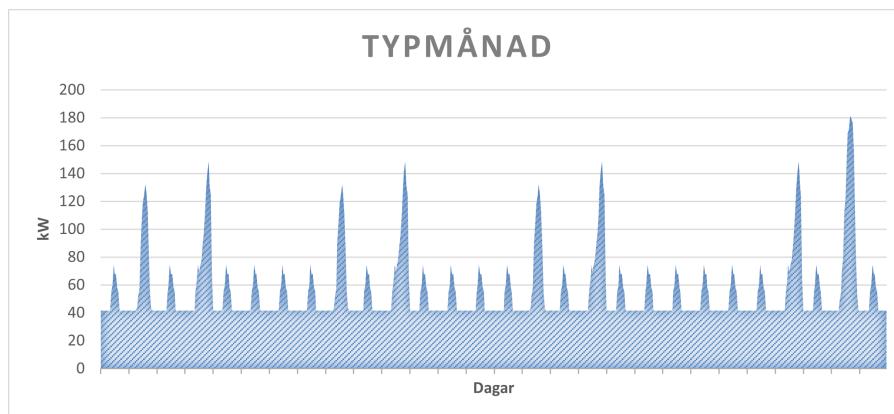
| Evenemangstyp       | Små evenemang | Mellanevenemang | Stora evenemang |
|---------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Tid                 | Dagtid        | Kvällstid       | Eftermiddag     |
| Tävlingar per månad | 3 st          | 4 st            | 1 st            |



Figur 9.1: Figuren visar topplasternas storlek och placering över dygnet.

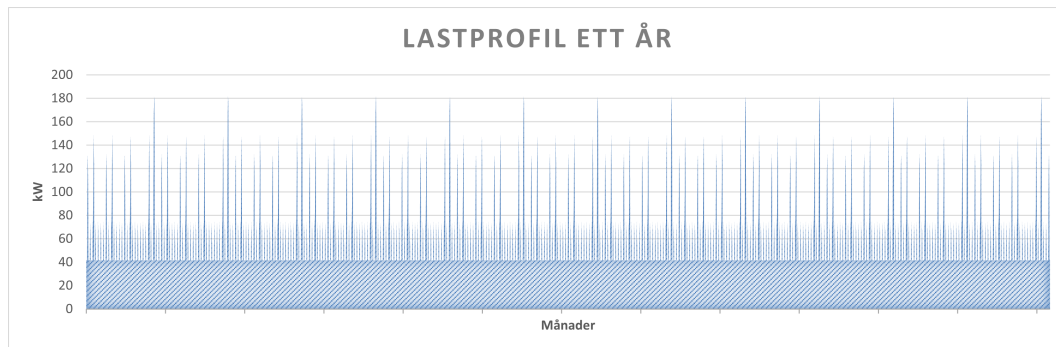
### 9.1.3 Lastprofil: baslast + topplast

Topplasterna placerades ut på baslasten enligt 'Byggstensmetoden' 8.1.1 för att få fram en slutgiltig lastprofil som kan representera publika byggnaden. I figur 9.2 presenteras en lastprofil för en typmånad för publika byggnaden. Fördelningen av evenemang är baserad på resultat från tabell 9.2.



Figur 9.2: Figuren visar en lastprofil framtagen för en typisk månad bestående av 28 dagar, för att antal evenemang skulle stämma över året.

Figur 9.3 är ett typår för publika byggnaden där typmånaden i figur 9.2 multiplicerats.



Figur 9.3: Figuren visar den framtagna lastprofilen för publika byggnaden över ett typiskt år.

## 9.2 Elproduktion

I denna del presenteras resultat från metodavsnitt 8.2, det vill säga från framtagandet av ett solcellssystem på publika byggnaden.

### 9.2.1 Systemdesign

I tabell 9.3 presenteras värden för publika byggnadens taktrianglar, det vill säga deras lutningar och vädersträck. Taktrianglarnas area är ca  $800m^2$ .

Tabell 9.3: Lutningar och vädersträck för publika byggnadens fyra taktrianglar där solpaneler kan placeras.

| Taktriangelyta | Lutning | Väderstreck |
|----------------|---------|-------------|
| A              | 26°     | 101°        |
| B              | 26°     | 281°        |
| C              | 26°     | 89°         |
| D              | 26°     | 269°        |

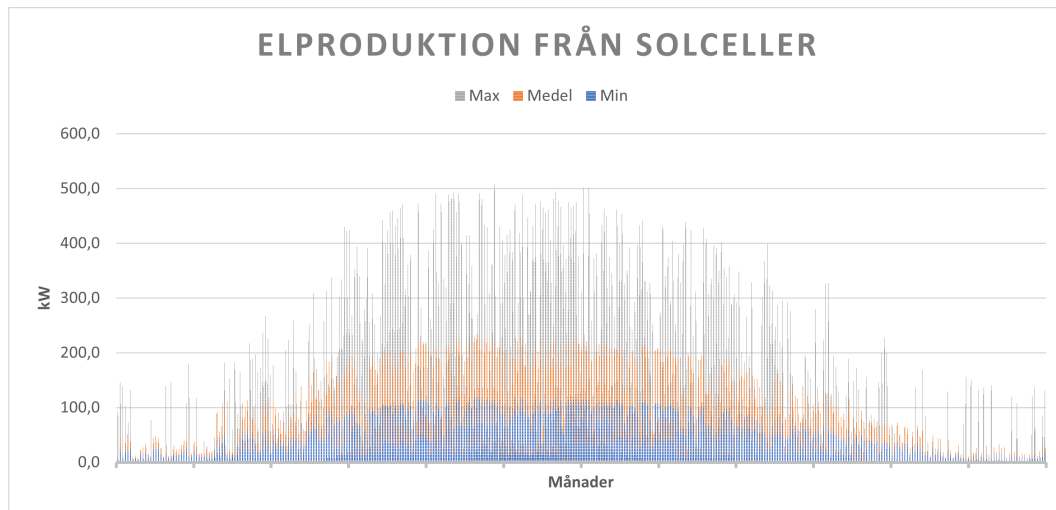
### 9.2.2 Produktionsprofiler

Initialt studerades tre scenarier gällande täckningsgrad av taktrianglarna, ett så kallade maxscenario, ett medelscenario och ett minscenario. Detta resulterade i tre storlekar på solcellssystem som presenteras i figur 9.4. I figuren framgår att elproduktionen är betydligt högre under sommarmånaderna än under vintermånaderna.

För att få en uppfattning om vilket system som skulle vara ekonomiskt lönsamt söktes en profil med låg överproduktion och hög egenanvändning av sol, på grund av att värdet på såld sol inte är så högt idag enligt sektion 4.1. Se tabell 9.4 för den publika byggnadens egenanvändning.

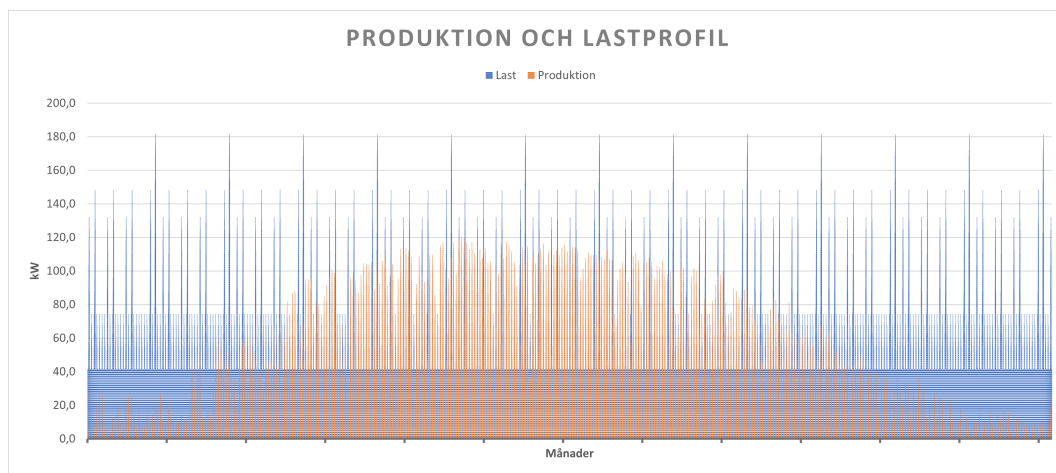
Tabell 9.4: Andel egenanvänd sol i publika byggnaden för scenario max, medel och min.

| Scenario | Egenanvändning (%) |
|----------|--------------------|
| Max      | 33                 |
| Medel    | 57                 |
| Min      | 85                 |



Figur 9.4: Solelsproduktion för de tre olika scenarierna och storlekarna av solcellssystem.

Vid beräkning av återbetalningstid upptäcktes att endast min-scenariot (164 kWp) resulterade i lönsamhet inom solcellssystemets livslängd varpå endast detta scenario undersökts vidare. I figur 9.5 presenteras elproduktionen för min-scenariot samt lastprofilen för publika byggnaden. I figuren framgår att större delen av den el som producerats tangerar lastprofilen och därmed kan användas direkt i byggnaden.



Figur 9.5: I figuren syns elproduktion för min-scenariot samt lastprofilen för publika byggnaden.

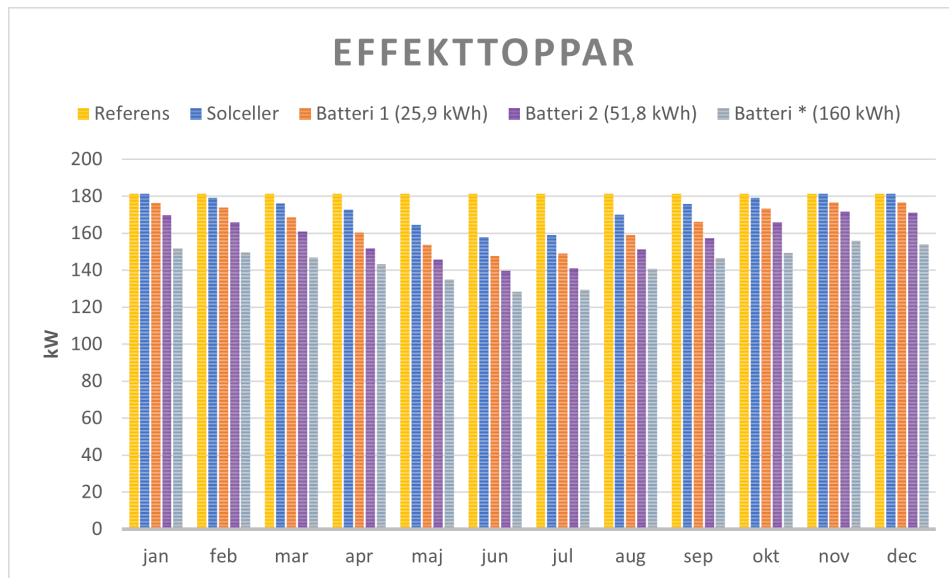
### 9.3 Elenergilagring

I figur 9.6 presenteras det högsta effektuttaget från nätet varje månad i fem olika fall, det vill säga utan solcellssystem, med solcellssystem men utan batterilager samt två fall med solcellssystem inklusive batterilager. Det är detta effektuttag som den rörliga delen av effektabonnemanget baseras på. Se tabell 9.5 för batteridata.

Tabell 9.5: De tre batterilager som undersöktes genom simulering i SAM.

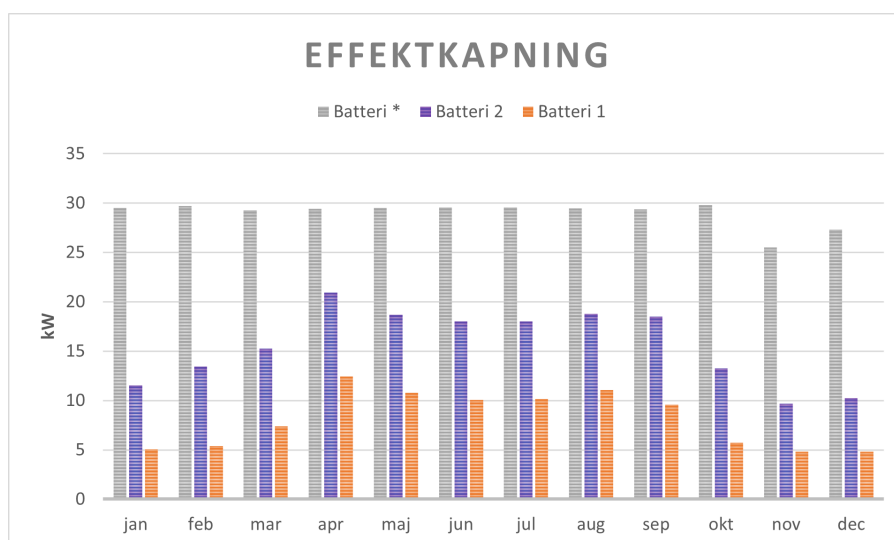
| Batterilager   | Effekt | Kapacitet |
|----------------|--------|-----------|
| Batterilager*  | 32 kW  | 160 kWh   |
| Batterilager 1 | 12 kW  | 25,9 kWh  |
| Batterilager 2 | 24 kW  | 51,8 kWh  |





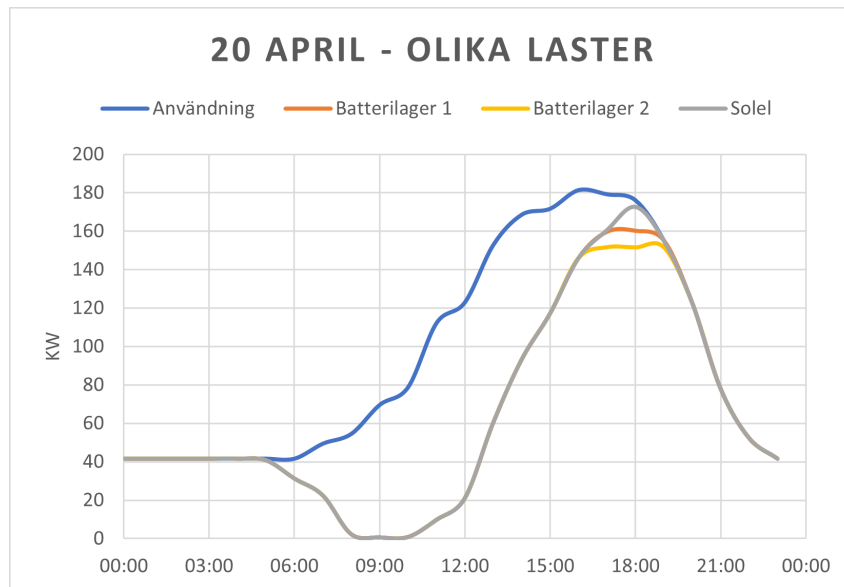
Figur 9.6: Staplarna visar det högsta effektuttaget för respektive månad. De gula staplarna motsvarar den framtagna lastprofilen utan solcellssystem och batterilager. De blå staplarna motsvarar den framtagna lastprofilen med solcellssystem 'min'. Resterande staplar inkluderar solcellssystem samt batterilager.

För att få en uppfattning om hur stor effektkapning batterilagren står för, och i jämförelse med varandra, togs figur 9.7 fram. I den framgår att batterilager 1 och 2 har ett årligt mönster i sitt effektkapande, de kapar effekttoppar mer effektivt under månaderna med mer sol medan batterilager \* kapar effekttoppar ungefär lika bra året om. Detta kan jämföras med informationen i tabell 9.5. Batterilager \* har en maximal effekt på 32 kW och kan således inte kapa större lasttoppar än så. I figur 9.7 ses att batterilager \* kapar med nästan sin fulla effekt, runt 30 kW varje månad. Dess höga kapacitet på 160 kWh gör att det lämpar sig bra till att kapa toppar under en längre tid. Detta är dock inte ekonomiskt lönsamt då investeringskostnaden i nuläget är för hög i jämförelse med vinsterna från minskad årlig effektabonnemangskostnad.



Figur 9.7: Figuren visar hur stor effektkapning respektive batterilager står för. Den grå stapeln motsvarar effektkapningen gjord av batterilager\*, den orangea stapeln motsvarar effektkapningen gjord av batterilager 1 och den lila stapeln motsvarar effektkapningen gjord av batterilager 2.

Batterilager 1 och 2 har högre effekt i förhållande till sin kapacitet jämfört med



Figur 9.8: I figuren presenteras lastdata från en utvald dag i april (enligt det typår som skapades och simulerades). Den blå linjen beskriver elbehovet, den grå linjen beskriver eluttaget från efter att den solel som producerats har använts. De övriga två linjerna, gul och orange, inkluderar eltillförsel från batterilager 1 och 2.

batterilager\*. Således kapar de inte enligt sin fulla effektförmåga när effekttoppen är bred och varar under flera timmar - de kan helt enkelt inte leverera tillräckligt mycket energi för det. Å andra sidan kan de kapa förhållandevis höga effekttoppar när topparna varar färre timmar och därmed är 'smalare' (cirka 2 timmar för full effektkapning). Detta blir fallet under de ljusa sommarmånaderna. Då bidrar solcellssystemet till att göra effekttopparna 'smalare', genom att kapa mer effektivt dagtid. När kvällstoppen blir spetsigare kan batterilager 1 och 2 kapa mer. I figur 9.8 synliggörs detta fenomen under en utvald dag i april. Den grå linjen visar hur solcellssystemet gör effekttoppen smalare. Batteri 2 kapar här drygt 20 kW (vilket är nära dess fulla effektkapningsförmåga på 25 kW) medan batteri 1 kapar enligt sin maximala effekt på 12 kW.

Solcellssystemets bidrag till effektkapning var liten i november, december och januari. Under dessa månader stod batterilager 1 och 2 för en effektkapning på 5 kW respektive 10 kW. Detta kan jämföras med medelvärdet för effektkapning sett till hela året på 8 kW respektive 16 kW.

## 9.4 Ekonomi

Här presenteras resultat från lönsamhetskalkylen för enbart solcellssystemet 'min' på 164 kWp, för solcellssystem 'min' kombinerat med batterilager 1 och 2 samt enbart batterilager 1 och 2.

Det visade sig att solcellssystemen 'max' och 'medel' inte hade återbetalningstider inom sina egna livstider utifrån de antaganden som gjorts i den här studien.

### Sammanfattning värden från metoden

I lönsamhetsberäkningarna användes olika värden enligt tabell 9.6, 9.7, 9.8 och 9.9 som presenterades i metodkapitlet.

Tabell 9.6: Konstanter som användes i lönsamhetsberäkningar.

|                |      |         |
|----------------|------|---------|
| Kalkylränta    | 5    | %       |
| Inflation      | 2    | %/år    |
| Elpris köpt el | 80   | öre/kWh |
| Elpris såld el | 50   | öre/kWh |
| Effektavgift   | 88,4 | kr/kW   |

Tabell 9.7: Kostnader för solcellssystem och batterilager. Underhållskostnaderna för batteriet är inkluderade i underhållskostnaderna för solcellssystemet.

|                              | Solcellssystem | Batterilager |
|------------------------------|----------------|--------------|
| Grundinvestering             | 8 500 kr/kWp   | 7 000 kr/kWh |
| Nyinvest. växelriktare år 15 | 1 500 kr/kWp   | -            |
| Underhållskostnad per år     | 36 kr/kWp      | Inklu. i sol |

Tabell 9.8: Värderna för solcellssystemet från min-scenariot som simulerades i SAM.

|                             | Solcellssystemet |
|-----------------------------|------------------|
| Systemstorlek               | 164 kWp          |
| Solelsproduktion år 1       | 158 MWh          |
| Livslängd (ekon. och tekn.) | 30 år            |
| Degraderingsfaktor per år   | 0,5 %            |

Tabell 9.9: Antagna värden för batterilager 1 och 2.

|                           | Batterilager 1 | Batterilager 2 |
|---------------------------|----------------|----------------|
| Kapacitet                 | 25,9 kWh       | 51,8 kWh       |
| Effekt                    | 12 kW          | 24 kW          |
| Ekonomisk livslängd       | 15 år          | 15 år          |
| Teknisk livslängd         | 25 år          | 25 år          |
| Degraderingsfaktor per år | 1 %            | 1 %            |

#### 9.4.1 Lönsamhet: Enbart solcellssystemet

I tabell 9.10 presenteras resultat från rak återbetalningstid för investeringen av solcellssystemet.

Tabell 9.10: Beräkning av rak återbetalningstid för solcellssystem 'min'.

|                         | Solcellssystemet |
|-------------------------|------------------|
| Grundinvestering        | 1 390 000 kr     |
| Sparad effektkostnad    | 8 700 kr/år      |
| Såld el                 | 12 000 kr/år     |
| Sparad el               | 104 000 kr/år    |
| Underhållskostnad       | 6 000 kr/år      |
| Invest. växelrik. år 15 | 245 000 kr       |
| Återbetalningstid (rak) | 11 år            |

Den raka återbetalningstiden för solcellssystemet räknades fram till 11 år. Värt att notera att investering av ny växelriktare tillkommer år 15. För att få en uppfattning om hur stor investering det innebär räknades rak återbetalningstid ut för grundin-

vesteringen inklusive investering av ny växelriktare. Återbetalningstiden blev då 13 år. Detta indikerar att inbetalningsöverskotten mellan år 11 och år 15 är tillräckligt stora för att täcka en grundinvestering inkl. ny växelriktare.

En lönsamhetskalkyl enligt nuvärdesmetoden genomfördes för att på ett mer grundligt sätt räkna ut systemets lönsamhet vilket ses i tabell 9.11. Här inkluderas även resultat från beräkningen av LCOE samt beräkningen av återbetalningstid inkl. kalkylränta. Solcellssystemet blir lönsamt inom sin livslängd med de antaganden som använts.

Tabell 9.11: Resultat från beräkning av nuvärden, nettonuvärde, LCOE och återbetalningstid inkl. nuvärdesfaktor med kalkylränta för solcellssystem 'min'.

|   | Solcellssystemet |         |
|---|------------------|---------|
| Grundinv.                               | 1 390 000        | kr      |
| Nuvärde sparad effektkost. under livsl. | 161 100          | kr      |
| Nuvärde såld el under livsl.            | 227 000          | kr      |
| Nuvärde sparad el under livsl.          | 1 990 000        | kr      |
| Nuvärde underhållskost. under livsl.    | 118 500          | kr      |
| Nuvärde invest. växelrik. år 15         | 118 000          | kr      |
| Totalt nuvärde                          | 2 140 000        | kr      |
| Nettonuvärde                            | 750 000          | kr      |
| LCOE under hela livsl.                  | 70               | öre/kWh |
| Återbetalningstid (kalkylränta 5 %)     | 17               | år      |

Nettonuvärdet blev starkt positivt vilket betyder att grundinvesteringen är lönsam inom livslängden och att Skånska Travsällskapet kan tjäna pengar på solcellssystemet under en 30-års period.

LCOE landade på 70 öre per kWh vilket alltså speglar vad solcellssystemet kostar per kWh under dess livslängd enligt sektion 8.14. Försäljningspriset av solel antogs vara 50 öre per kWh vilket är 20 öre mindre per kWh. Med dessa siffror vore det inte ekonomiskt lönsamt att sälja mer solel än vad som är nödvändigt utan istället använda så mycket solel som möjligt i publika byggnaden, eftersom besparingen innebär en större vinst då inköpspriset är 80 öre per kWh. Solcellssystem 'min' har en hög procentuell egenanvändning vilket presenterades i tabell 9.4.

Annan kostnad för underhåll och ny växelriktare påverkar nettonuvärde, LCOE och återbetalningstid uppåt och nedåt. Förändrad effektavgift samt förändrat pris för köpt och såld el testas i känslighetsanalysen i sektion 9.5.

#### 9.4.2 Lönsamhet: Solcellssystem + batterilager

Rak återbetalningstid räknades ut för det totala systemet, det vill säga solcellssystem tillsammans med batterilager. Se resultat i tabell 9.12.

Det framgår att återbetalningstiderna är kortare än batterilagrens ekonomiska livslängd, varför inte restvärde år 15 räknades in. Investeringen av en ny växelriktare år 15 infaller även den efter den framräknade återbetalningstiden.

En lönsamhetskalkyl enligt nuvärdesmetoden genomfördes för att på ett mer grundligt sätt räkna ut systemets lönsamhet vilket ses i tabell 9.13.

Återbetalningstiderna enligt nuvärdesmetoden innebar en något bättre lönsamhet för det mindre batterilagret jämfört med det större. Detta kan förklaras med den lägre investeringskostnaden. Skillnaden i lönsamhet kan kanske även hänföras till

Tabell 9.12: Resultat från beräkning av rak återbetalningstid för solcellssystem 'min' tillsammans med batterilager 1 eller 2.

|                         | Sol. + Batterilager 1 | Sol. + Batterilager 2 |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Solcellssystem:</i>  |                       |                       |
| Grundinv.               | 1 390 000 kr          | 1 390 000 kr          |
| Sparad effektkost.      | 8 700 kr/år           | 8 700 kr/år           |
| Såld el                 | 12 000 kr/år          | 12 000 kr/år          |
| Sparad el               | 104 000 kr/år         | 104 000 kr/år         |
| Underhållskost.         | 6 000 kr/år           | 6 000 kr/år           |
| Inves. växelrik. år 15  | 245 000 kr            | 245 000 kr            |
| <i>Batterilager:</i>    |                       |                       |
| Grundinv.               | 181 000 kr            | 363 000 kr            |
| Sparad effektkost.      | 8 700 kr              | 16 500 kr             |
| Restvärde år 15         | 61 600 kr             | 123 300 kr            |
| Återbetalningstid (rak) | 13 år                 | 15 år                 |

Tabell 9.13: Resultat från beräkning av nuvärdet, nettonuvärde och återbetalningstid inkl. nuvärdesfaktor med kalkylränta för solcellssystem 'min' tillsammans med batterilager 1 eller 2.

|                                       | Sol. + Batterilager 1 | Sol. + Batterilager 2 |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Solcellssystem:</i>                |                       |                       |
| Grundinv.                             | 1 390 000 kr          | 1 390 000 kr          |
| Nuvärde sparad eff.kost. under livsl. | 161 100 kr            | 161 100 kr            |
| Nuvärde såld el under livsl.          | 227 000 kr            | 227 000 kr            |
| Nuvärde sparad el under livsl.        | 1 990 000 kr          | 1 990 000 kr          |
| Nuvärde underhåll under livsl.        | 118 500               | 118 500               |
| Nuvärde invest. växelrik. år 15       | 118 000 kr            | 118 000 kr            |
| <i>Batterilager:</i>                  |                       |                       |
| Grundinv.                             | 181 000 kr            | 363 000 kr            |
| Nuvärde sparad eff.kost. under livsl. | 97 800 kr             | 185 300 kr            |
| Nuvärde restvärde år 15               | 29 650 kr             | 59 300 kr             |
| <i>Solcellssystem + batterilager:</i> |                       |                       |
| Total grundinv.                       | 1 571 000 kr          | 1 753 000 kr          |
| Totalt nuvärde                        | 2 267 500 kr          | 2 384 600 kr          |
| Nettonuvärde                          | 696 500 kr            | 631 600 kr            |
| Återbetalningstid (kalkylränta 5 %)   | 18 år                 | 19 år                 |

batterilagrens effektkapningsförmåga. I figur 9.7 framgår att batterilager 1 når sin fulla effektkapningsförmåga på 12 kW, medan batterilager 2 alltid ligger under sin fulla effektkapningsförmåga på 24 kW.

Om underhållskostnaden för batterilagren inte ingår i solcellssystemets underhållskostnad, som antagits i denna studie, ökar återbetalningstiderna.

Om restvärdet för batterilagren inte stämmer år 15 då de ska säljas, eller om efterfrågan på andrahandsmarknaden inte är stor, så ökar återbetalningstiderna.

Förändrad effektagift samt förändrat pris för köpt och såld el testas i känslighetsanalysen 9.5.

### 9.4.3 Lönsamhet: Enbart batterilagrar

Som tidigare nämnt simulerades inte batterilagren utan närvaro av solcellssystemet (se sektion 8.4.4). Men för att få en uppfattning om batterilagrens raka återbetalningstid utan synergieffekter användes batterilagrens effektkapning under vintermånaderna. Resultatet presenteras i 9.14.

Tabell 9.14: Raka återbetalningstider för batterilagrar 1 och 2 med och utan synergieffekter från solcellssystem 'min'.

|                         | Batterilager 1 | Batterilager 2 |
|-------------------------|----------------|----------------|
| Grundinvestering        | 181 000 kr     | 363 000 kr     |
| Sparad effektkost.      | 5 000 kr/år    | 10 000 kr/år   |
| - inkl. synergier       | 8 700 kr/år    | 16 500 kr/år   |
| Rak återbetalningstid   | 36 år          | 35 år          |
| - inkl. synergieffekter | 21 år          | 22 år          |

I tabell 9.14 framgår att batterilagren inte är lönsamma fristående, och heller inte med de inkluderade synergieffekterna från solcellssystemet. Detta gäller alltså för de antaganden som gjorts för att kunna beräkna den lönsamhet som kan tilldelas enbart batterilagren, simuleringen genomfördes ju med närvaro av solcellssystem i SAM (se metodsektion 8.4.4).

För att få en uppfattning om när batterilagren blir lönsamma användes återbetalningsmetoden för att omvänt räkna ut hur stora effektkapningar som hade behövt göras för att täcka investeringen på 7000 kr per kWh. Återbetalningstiden sattes till 15 år som är densamma som batterilagrens antagna ekonomiska livslängd. Effektaavgiften är satt till 84,4 kr per kW enligt beräkningar ovan. Se tabell 9.15 för resultat.

Tabell 9.15: Om den raka återbetalningstiden sätts till batterilagrens ekonomiska livslängd på 15 år (som antagits i denna studie), blir den nödvändiga effektkapningen varje månad 11,4 kW för batterilager 1 och 22,8 kW för batterilager 2. Detta gäller för en effektaavgift på 88,4 kr per kW.

|                  | Batterilager 1 | Batterilager 2 |
|------------------|----------------|----------------|
| Årlig besparing  | 12 000 kr      | 24 000 kr      |
| Månatlig kapning | 11,4 kW        | 22,8 kW        |

Resultatet i tabell 9.15 visar att batterilagren behöver kapa utefter sin maximala förmåga varje månad för att investeringen enligt återbetalningsmetoden ska vara lönsam. Med den lastprofil som tagits fram för publika byggnaden är detta inte möjligt då topparna under vinterhalvåret är för breda.

Om investeringskostnaden för batterilagrar istället sjunker till följd av snabb teknikutveckling och om investeringsstöd införs åt företag, organisationer och föreningar, så kan återbetalningstiderna minska. Om besparingarna antas vara samma (utefter hur batterilagren kapat de effektoppar som finns i lastprofilen) enligt tabell 9.14 inklusive synergieffekter innebär det att grundinvesteringen behöver sjunka från antagna 7 000 kr per kWh till mellan 4 800 och 5 000 kr per kWh för båda batterilagren för att få en återbetalningstid inom den ekonomiska livslängden på 15 år.

## 9.5 Känslighetsanalys

I denna känslighetsanalys ändras några parametrar från föregående ekonomiska beräkningar genom att gissa att de ökar eller minskar. På så vis kan en uppfattning

fås om hur det påverkar grundscenariot. Detta är viktigt att göra eftersom studien avser den publika byggnaden som ska stå klar först om flera år. Likväl har solcellssystemet och batterilagren livslängder på tiotals år vilket skapar osäkerheter kopplade till framtiden. De parametrar som studeras är följande:

- Billigare laddel från nätet till batterilagren
- Varierad effektavgift
- Varierat försäljningspris av solel
- Varierat inköpspris av nätel

Det tillkommer även ett hypotetiskt scenario där de mest gynnsamma parametrarna, oberoende av sannolikhetsgrad, sammanställs i ett så kallade 'maximalt gynnsamt' scenario.

### 9.5.1 Billigare laddel

Som presenteras i teorisektionen 4.1 varierar spotpriset mycket över dygnet. En specifik dag i maj 2021 varierade spotpriset med 80 öre per kWh. Flera framtidsprognoser pekar mot en elmarknad med starkt varierade priser, även negativa under vissa timmar, läs mer i sektion 6.3. I det här scenariot undersöks därför hur återbetalningstiden, inklusive nuvärdesfaktorn med kalkylränta, påverkas om batterilagren endast tillåts laddas med nätel då elpriset understiger 80 öre per kWh. Två olika laddelspriser testas, dels ett blygsamt laddelspris på 30 öre per kWh och dels ett negativt laddelspris på - 30 öre per kWh. Se tabell 9.16. Detta kan jämföras med resultatet från tabell 9.13.

Om batterilagren hade kunnat laddas till ett negativt elpris på - 30 öre per kWh skulle de raka återbetalningstiderna minska med 1 år. Dessa tidsspann är inom den antagna tekniska livslängden för batterilagren, men inte den ekonomiska livslängden.

Tabell 9.16: Återbetalningstider (inkl. nuvärdesfaktor med kalkylränta) med lägre pris på laddel än referensfallet på 80 öre per kWh. Gäller för solcellssystem 'min' tillsammans med batterilager 1 eller 2.

| Laddelspris       | Återbet.tider (inkl. kalkylränta 5 %) |                       |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------|
|                   | Sol. + batterilager 1                 | Sol. + batterilager 2 |
| 80 öre/kWh (ref.) | 18 år                                 | 19 år                 |
| 30 öre/kWh        | 18 år                                 | 19 år                 |
| - 30 öre/kWh      | 17 år                                 | 18 år                 |

Det undersöks också hur rak återbetalningstid påverkas av laddelspris på 30 öre per kWh och - 30 öre per kWh vilket ses i tabell 9.17. Återbetalningstiderna gäller för enbart batteriflager men inkl. synergieffekter från solcellssystemet vilket kan jämföras med resultatet i tabell 9.14. Om batterilagren hade kunnat laddas till ett negativt elpris på 30 öre per kWh skulle den raka återbetalningstiden minska med 3 år. Dessa tidsspann är inom den antagna tekniska livslängden för batterilagren, men inte den ekonomiska livslängden.

### 9.5.2 Effektavgift

Om effektavgiften ändras kommer också besparingen vid kapning av effekttoppar att ändras. I denna sektion undersöks hur besparingen påverkas av en ökad och minskad effektavgift, samt hur det i sin tur påverkar återbetalningstid. Återbetalningstiderna,

Tabell 9.17: Raka återbetalningstider med lägre pris på laddel än referensfallet på 80 öre per kWh. Gäller för enbart batterilager 1 och 2 inklusive synergieffekter från solcellssystem 'min'.

| Laddelspris           | Återbetalningstider (rak) |                |
|-----------------------|---------------------------|----------------|
|                       | Batterilager 1            | Batterilager 2 |
| 80 öre/kWh (referens) | 21 år                     | 22 år          |
| 30 öre/kWh            | 20 år                     | 20 år          |
| - 30 öre/kWh          | 18 år                     | 19 år          |

inkl. nuvärdesfaktorn med kalkylränta, gäller för solcellssystemet 'min' tillsammans med batterilager 1 eller 2. Effektbesparing sker alltså till följd av både solcellssystemet och batterilagren tillsammans. Resultat ses i tabell 9.18.

Tabell 9.18: Återbetalningstider (inkl. nuvärdesfaktor med kalkylränta 5 %) med annan effektavgift än referensfallet på 88,4 kr per kW. Gäller för solcellssystem 'min' tillsammans med batterilager 1 eller 2.

| Effektavgift          | Återbetalningstider (inkl. kalkylränta 5 %) |                       |
|-----------------------|---|-----------------------|
|                       | Sol. + batterilager 1                       | Sol. + batterilager 2 |
| 88,4 kr/kW (referens) | 18 år                                       | 19 år                 |
| 150 kr/kW             | 16 år                                       | 17 år                 |
| 50 kr/kW              | 19 år                                       | 21 år                 |

Vad gäller ökande effektavgifter förkortas återbetalningstiden för batterilager 1 och 2 med 2 år. Om effektavgiften istället minskar påverkas det större batterilagret mer då dess återbetalningstid ökar med 2 år, medan batterilager 1 endast får en förlängd återbetalningstid med 1 år. Se tabell 9.18.

### 9.5.3 Försäljningspris

Framtidsscenarier pekar åt ett mer föränderligt elpris, med högre toppar och lägre dalar. I den här sektionen undersöks vad som händer om försäljningspriset för solel ökar eller minskar.

Tabell 9.19: Återbet.tider (inkl. nuvärdesfaktor med kalkylränta 5 %) med andra försäljningspriser än referensfallet på 50 öre per kWh. Gäller för solcellssystem 'min' tillsammans med batterilager 1 eller 2.

| Försäljningspris      | Återbetalningstider (inkl. kalkylränta 5 %) |                       |
|-----------------------|---|-----------------------|
|                       | Sol. + batterilager 1                       | Sol. + batterilager 2 |
| 50 öre/kWh (referens) | 18 år                                       | 19 år                 |
| 20 öre/kWh            | 19 år                                       | 20 år                 |
| 80 öre/kWh            | 16 år                                       | 17 år                 |
| 110 öre/kWh           | 14 år                                       | 16 år                 |

Återbetalningstiderna minskar ganska mycket när försäljningspriset går upp. Solcellssystemet 'min' har inte designats med så stor överproduktion, egenanvändningen är på 85 %. Om försäljningspriset skulle bli högre än 50 öre per kWh, och även högre än 70 öre per kWh vilket blev LCOE för enbart solcellssystemet, skulle det bli mer lönsamt att sälja solel. I så fall skulle det också bli mer lönsamt att överdimensionera solcellssystemet i förhållande till lastprofilen.



### 9.5.4 Inköpspris

I den här sektionen undersöks vad som händer med återbetalningstiderna om inköpspriset för nätel ökar eller minskar.

Tabell 9.20: Återbet.tider (inkl. nuvärdesfaktor med kalkylränta 5 %) med andra inköpspriser än referensfallet på 80 öre per kWh. Gäller för solcellssystem 'min' tillsammans med batterilager 1 eller 2.

| Inköpspris       | Återbetalningstider (inkl. kalkylränta 5 %) |                       |
|------------------|---|-----------------------|
|                  | Sol. + batterilager 1                       | Sol. + batterilager 2 |
| 80 öre/kWh (ref) | 18 år                                       | 19 år                 |
| 40 öre/kWh       | >30 år                                      | >30 år                |
| 60 öre/kWh       | 25 år                                       | 27 år                 |
| 100 öre/kWh      | 13 år                                       | 14 år                 |
| 120 öre/kWh      | 11 år                                       | 12 år                 |

När inköpspriset är lägre än referensfallets 80 öre per kWh ökar återbetalningstiderna. Detta beror på att värdet på den så kallade sparade elen då minskar vilket kan förstås genom formel 8.10 i metodavsnitt 8.4.2.

LCOE för enbart solcellssystemet 'min' landade på 70 öre per kWh. Därför är det mer gynnsamt när inköpspriset för nätel är högre än LCOE eftersom det leder till en besparing.

### 9.5.5 Maximalt gynnsamt scenario

Ett maximalt gynnsamt scenario skulle vara om både försäljningspris för solel och inköpspris för nätel ökade, liksom rörliga delen av effektabonnemanget. I detta scenario räknas även in att batterilagren kan laddas med negativa priser för nätel. Värden kan ses i 9.21 och återbetalningstider i 9.22. Återigen är det värt att nämna att värdena inte är statiska utan kan förändras från tidpunkt till tidpunkt både upp och ner, men de kan ses som önskade medelvärden över ett år.

I det maximalt gynnsamma scenariot halverades återbetalningstiderna jämfört med referensfallet.

Tabell 9.21: Värden till scenario 'referens' samt 'maximalt gynnsamt'.

|                        | Referens   | Maximalt gynnsamt |
|------------------------|------------|-------------------|
| Effektavgift           | 88,4 kr/kW | 150 kr/kW         |
| Laddelspris            | 80 öre/kWh | - 30 öre/kWh      |
| Försäljningspris solel | 50 öre/kWh | 110 öre/kWh       |
| Inköpspris nätel       | 80 öre/kWh | 120 öre/kWh       |

Tabell 9.22: Återbet.tider (inkl. nuvärdesfaktor med kalkylränta 5 %) med värden från tabell 9.21. Gäller för solcellssystem 'min' tillsammans med batterilager 1 eller 2.

| Scenario          | Återbetalningstider (inkl. kalkylränta 5 %) |                       |
|-------------------|---|-----------------------|
|                   | Sol. + batterilager 1                       | Sol. + batterilager 2 |
| Referens          | 18 år                                       | 19 år                 |
| Maximalt gynnsamt | 9 år  | 10 år                 |

## 9.6 Vidare analyser

I denna sektion görs ytterligare kopplingar till teorin som inte behandlats i de tidigare sektionerna i detta kapitel samt några sammanfattningar. Sektionen delas upp i tre delar där frågor på byggnadsnivå (Publika byggnaden), kvartersnivå (området för Jägersro Hästcenter) och stadsdelsnivå (samhället) behandlas.

### Publika byggnaden-nivå

Av de tre storlekar på solcellssystem som undersöktes, presenterade i tabell 8.3, hade endast solcellssystem 'min' på 164 kWp en återbetalningstid inom den ekonomiska och tekniska livslängden. Givetvis med avseende på den skapade lastprofilen i figur 9.3 som solcellssystemet jämfördes med och de antaganden vars sammanfattning finns presenterade i 9.4.

LCOE landade på 70 öre per kWh vilket är en siffra att jämföra med priset för såld solel och köpt nätel. I dagsläget är överdimensionerade solcellssystem sällan lönsamma eftersom producenten inte får så mycket betalt för såld el i Sverige idag. Sverige har som helhet en stor elproduktion vilket medför att priserna pressas ner vilket utvecklas i sektionerna 6.2 och 6.3. Att solceller trots allt räknas som en trygg och lönsam investering idag kan antas bero på att investeringskostnaderna sjunkit markant sedan solceller tog sig in på marknaden i Sverige (Lindahl 2020), se sektion 6.1.

Studiens ekonomiska kalkyler baserades på inköpspris och försäljningspris av el aktuella för våren 2021. Som beskrivits i sektion 6.3 kommer elprisutvecklingen med största sannolikhet gå mot mer varierade elpriser (Energimyndigheten 2021b). Det är därför svårt att med säkerhet säga vilka priser som kommer gälla 2024 när publika byggnaden förväntas stå klar.

Angående simulerad placering av solpaneler så placerades dessa i riktningar mot öst, väst, sydöst och nordväst utefter hur taket var utformat samt med lutningarna 26 . I Skåne är det mest gynnsamt att placera solpaneler i sydlig riktning med en lutning på omkring 35 , och i andra hand sydvästlig och sydostlig riktning (Solcellskollen 2020; Solcellskollen 2021). Det kan sägas att studiens val av placering därför var tillfredställande, men hade kunnat vara mer optimal utefter vad som är mest effektivt på platsen.

Angående lagring av el undersöktes tre storlekar på batterilager enligt tabell 9.5. I den ekonomiska kalkylen noterades dock att det största batterilagret, batterilager\*, inte hade en återbetalning av investeringskostnad inom den antagna ekonomiska livslängden. De två mindre batterilagren 1 och 2 undersöktes vidare med avseende på lönsamhet, med och utan koppling till solcellssystem, varpå återbetalningstider blev mellan 13 år och 36 år beroende på kalkylränta och synergieffekter.

Kombinationen solcellssystem 'min' och batterilager 1 eller 2 hade en rak återbetalning av investeringskostnader inom 13 respektive 15 år vilket var inom alla de antagna ekonomiska livslängderna. Resterande scenarier som presenterades i resultatdel 9.4.2 och 9.4.3 innebar dock längre återbetalningstider med de antaganden som gjordes.

Det upptäcktes att de mindre batterilagren (1 och 2) kapade mer last under sommarmånaderna än under vintermånaderna, orsak analyserades i 9.3. Eftersom solcellssystemet gjorde lasttopparna smalare på sommaren kunde batterilagren alltså effektkapa maximalt då. I resultatdelen gjordes en beräkning för hur stora effektoppar

som behöver kapas varje månad för att batterilagren enligt rak återbetalningsmetod skulle vara lönsamma, se tabell 9.15. Beräkningen visade att batterilagren måste kapa efter sin fulla förmåga varje månad. Detta blev alltså fallet under sommarmånaderna då solcellerna kunde göra effekttopparna smalare och därmed mer lämpliga för batterilagren att kapa. Eftersom de vintertid inte kan kapa maximalt blir dock investeringen totalt sett inte lönsam.

För att investeringen skulle bli lönsam utifrån antagen lastprofil hade investeringskostnaden behövt sjunka till mellan 4 800 kr och 5 000 kr per kWh, se resultatsektion 9.4.3. När det kommer till litiumjonbatterier har priset sjunkit med 87 % i Europa mellan 2010 och 2020 (Fossilfritt Sverige 2020), men vad som kommer hända till 2024 är svårt att säga. Dock antas användandet av batterilagrar i samhället att öka (International Renewable Energy Agency 2019).

I känslighetsanalysen undersöktes inte en varierad investeringskostnad utan enbart vad som händer när intäktsströmmarna varierar. Dessa beror till stor del på hur elpriset varierar och elpriset i Sverige bestäms till stor del av elbörsen NordPool. Det är alltså framförallt här den stora osäkerheten finns, varför just elprisberoende delar var särskilt intressant att undersöka i en känslighetsanalys.

Eftersom en mer intermitterande energiproduktion i Sverige troligen kommer leda till mer variabla elpriser undersöktes hur återbetalningstiden påverkas av att kunna ladda batterilagret med billigare nätel, till och med negativ vid tillfällena (Konsumenternas Energimarknadsbyrå 2021). Detta hade varit möjligt genom en så kallad intelligensmodul. I Simris lokala energisystem användes en sådan i syfte att förutse hur batterilagret skulle laddas (Interflex 2017). Exempelvis kan man programmera en optimering efter historiskt elpris, laddningsstatus samt förutsägelse om morgondagens elpris. Givetvis är det inte säkert att intelligensmodulen alltid gissar rätt men alternativet vore att manuellt styra i- och urladdning eller programmera en i- och urladdning som sker när som helst utan att ta hänsyn till extern data.

En annan del av känslighetsanalysen undersökte hur lönsamheten varierar med förändrad effektagift. Under den senaste tiden, då kärnkraftverk fasats ut (Regeringskansliet 2021), har elsäkerheten sjunkit i Skåne med en större risk för lokal effektbrist (Sonnsjö 2020). Om effektbrist ökar lokalt i perioder framöver är det möjligt att effektagiften kommer spegla detta, speciellt om efterfrågan på effekt är lika stor eller större. I resultatet från tabell 9.18 syns att besparing från kapning av effekttoppar med ett batterilagrar ökar med en större effektagift.

Vad gäller inköpspris varierade återbetalningen enligt samma mönster som för försäljningspriset. Intressant att notera är att om inköpspriset halveras, det vill säga sjunker från 80 öre per kWh till 40 öre per kWh, så är de totala systemen, presenterade i tabell 9.20, inte lönsamma inom 30 år. Tvärtom, om inköpspriset ökar med 40 öre per kWh till 120 öre per kWh minskar återbetalningstiden med nästan 40 %.

### Jägersro Hästcenter-nivå

Angående områdesnivå finns idéer om att skapa en energigemenskap av samtliga byggnader på Jägersro Hästcenter, det vill säga koppla samman byggnaderna och tillåta energioptimering för hela området tillsammans. Enligt en undersökning av Energimyndigheten är detta koncept intressant för elnätsföretag och pilotprojekt pågår där de testar sådan optimering samt flexibla kundavtal (Energimyndigheten 2019c). Elnätsföretag anser att det är en dellösning för att i förlängningen utjämna belastning på nätet istället för att bygga om och förstärka det (Energimyndigheten

2019c).

Föregångsexempel presenterades i sektion 6.7 där två bostadsområden togs upp. De inkluderade båda solceller och batterilager precis som den här studien behandlat i avseende Jägersro Hästcenter (Axell 2021). Resultaten från dessa projekt kommer vara mycket intressant att titta på vad gäller optimering för Jägersro Hästcenter.

Ett annat energigemenskapsprojekt som är mycket intressant att titta på, med avseende på energioptimering på områdesnivå, är pilotprojektet i Simris. I projektet för Jägersro Hästcenter uttrycktes tidigt visioner om att Jägersro Hästcenter skulle kunna bli ett "urbant Simrisdär E.ON som nätägare skulle kunna styra Jägersro Hästcenter med avseende på elenergi likt de kunde göra med det lokala energisystemet i Simris genom ett kontrollrum (Interflex 2017). Det konstaterades dock att pilotprojektet i Simris inte är rakt av replikerbart i vissa avseenden (Interflex 2019a; Interflex 2019b). Simris lokala energisystem innehöll andra komponenter, vilket kan ses i figur 7.1 i sektion 7.1, än vad som kan tänkas bli aktuellt för Jägersro Hästcenter, exempelvis ett vindkraftverk och en reservgenerator. Dessutom hade Simris flera privata elkunder som deltog med sina hushåll snarare än som på Jägersro Hästcenter där det istället kommer finnas större verksamheter. Skånska Travsällskapet är en privat aktör och en ideell förening (STS 2020b) som kommer äga området och dess byggnader.

En lärdom från pilotprojektet i Simris var att belastningsstyrning med intelligensmodul är fortsatt intressant att använda så länge kunden är engagerad och god kommunikation sker mellan parter (Interflex 2019a; Interflex 2019c). Skånska Travsällskapet är engagerade vilket styrks av beskrivningen i sektion 2.1. Därför handlar det återigen om vad som är tillåtet att göra och vad det kostar.

I det lokala energisystemet i Simris användes väldigt stora batterilager av två typer på 800 kW och 200 kW, främst för lagring samt reglering och balansering av mikronätet så att det skulle fungera under ö-drift (Interflex 2020). Batterilagren (mellan 12 och 32 kW) har i denna studie haft som syfte att kapa effekttoppar, något som var sekundärt i Simris. Även utan behovet av att kunna gå i ö-drift så kan det tänkas att Jägersro Hästcenter kan få användning för större batterilager som har fler syften än enbart effektkapning.

Lagen om nätkoncession, och möjliga undantag från den, är en avgörande faktor för möjligheten att dela el mellan fastigheter på Jägersro Hästcenter (Energimarknadsinspektionen n.d.(a); Energimarknadsinspektionen n.d.(b)). De undantagsfall som finns, exempelvis den om kyrkan (Fastighetsnätverket 2018), den om campingplatsen och den om skolan (Energimarknadsinspektionen n.d.(b)) som beskrevs i sektion 5.2, är troligen inte direkt replikerbara på Jägersro Hästcenter då varje enskilt fall måste prövas hos Ei. Dock kan de fungera som tidigare vägledande ärenden/beslut för Ei i processen att bestämma vad som blir tillåtet på Jägersro Hästcenter (Energimarknadsinspektionen n.d.(a))

Om man läser om icke koncessionspliktiga nät på Ei:s webbplats så framkommer att elledningar som placeras i eller på en enda byggnad inte kräver nätkoncession (Energimarknadsinspektionen n.d.(b)), vilket är intressant att ha i åtanke vid design av byggnader. Exempelvis planeras den publika byggnaden på Jägersro Hästcenter sitta ihop med tävlingsstallarna genom en slags gång. Andra byggnader på området ser inte ut att sitta ihop enligt figur 2.1.

Ellagen håller sakta på att förändras för att sammanfalla mer med teknikutvecklingen. Lagändringen om moderna tillståndprocesser föreslås träda i kraft den 1 augusti

2021 (Prop.2020/21:188 [2021](#)). Dock menar Energiföretagen Sverige att fler åtgärder behövs för att tillståndprocesserna ska bli mer effektiva så att omställningen till fossilfri el enligt Sveriges energimål ([Johannesson 2021](#)).

### Stadsdelsnivå

Lokal elproduktion fyller en viktig roll i samhället. I Skåne är elproduktionen lägre än användningen vilket ställer höga krav på att överföringskapaciteten är god mellan elområden, så att Skåne får ta del av den överproduktion som sker i norra Sverige och i angränsande länder ([Svenska Kraftnät 2020](#)). Ett alternativ till att förlita sig på import och tillförsel av el till Skåne hade kunnat vara att göra det mer gynnsamt för lokala producenter, så som Skånska Travsällskapet i framtiden, inte bara att producera för egenbruk utan även till försäljning eller lagring.

Idag finns investeringsstöd i form av det gröna teknikavdraget för batteriinvesteringar för privatpersoner, men för industrier och kommersiella verksamheter finns inte detta ännu ([Naturvårdsverket 2021](#)). När priset på elcertifikat var högre blev också försäljningspriset av förnybar el högre. Nu när systemet för elcertifikat håller på att fasas ut likställs ofta försäljningspriset med spotpriset vilket är lågt, även om det vanligtvis är lite högre i södra jämfört med norra Sverige ([Konsumenternas Energimarknadsbyrå 2021](#)).

Framtidsprognoser gällande elsystemet, både korta och långa, presenterades i sektion 6.5 och innehåller scenarier med olika utfall. Scenarierna har samma riktning, men går lite olika vägar. Gemensamt för dem är att solenergiutbyggnaden kommer öka i Sverige. Malmö stad ska exempelvis främja etablering av solenergianläggningar så att målet om 100 % förnybar energi eller återvunnen energi kan nås till 2030 ([Malmö stad 2019](#)). Här kan Jägersro Hästcenter vara en del i det målet.

# Kapitel 10

## Metoddiskussion

I detta kapitel diskuteras alternativa vägar eller tankesätt till den metod som presenterades i 8.

### 10.1 Elanvändning

I framtagningen av publika byggnadens lastprofil användes 'Byggstensmetoden' där baslast och topplast bestämdes. För ett så realistiskt resultat som möjligt bör varje byggsten undersökas ordentligt innan de appliceras. Om vår studie hade varat en längre tid hade vi kunnat göra en djupare undersökning och energikartläggning. Dock var det många frågetecken kopplade till Jägersro Hästcenter-projektet som nyckelpersoner inom projektet inte hunnit beröra. Sådana frågetecken kan ju komma att rätas ut längre fram, i sådant fall kan den framtagna lastprofilen modifieras vidare efter behov. Därför anser vi att 'Byggstensmetoden' och det vi genomförde inom metoden är 'good enough' för det skede projektet befann sig i just då.

I denna studie valdes att inte göra en känslighetsanalys angående lastprofilen, det vill säga öka eller minska baslasten och/eller lasttopparna. Istället gjordes en ekonomisk känslighetsanalys kring elpriser. Lastprofilens möjliga förändringar diskuteras dock i följande två sektioner.

#### Baslast

Referensbyggnad 2 är en byggnad från 2008. Önskvärt hade varit att titta på en byggnad som liknar publika byggnaden ännu mer, gärna från 2021 med travsport och lunchservering, men det hittades tyvärr inte i Navigator. Med mer tid hade vi kanske kunnat begära information om en byggnad som inte E.ON har data på. Såvida sekretess inte hade försvårat den processen.

Vid definition av baslast delades denna upp i två delar, det vill säga baslast kopplat till rum med kyl- och frysmaskiner samt övrig baslast. Det fanns dock osäkerheter kring vad som exakt ingick. Från en karta, publicerad på Referensbyggnad 2:s hemsida på internet, noterades väldigt lite egen köksverksamhet vilket också bekräftades via mejlkonversation med Referensbyggnad 2:s platschef<sup>1</sup>. I övrigt var det svårt att få tag på de rätta personerna som i tid kunde svara på våra frågor om baslasten p.g.a permissioner i samband med coronapandemin. Dock skrevs att byggnaden ofta står tom mellan evenemang och att baslasten mestadels består av kylar, frysar och

---

<sup>1</sup>Platschef för Referensbyggnad 2, mailkonversation, 20 april 2021

ventilation. Återigen hade en mer noggrann kartläggning av byggnaden resulterat i en mer träffsäker 'översättning' till publika byggnaden, om den varit möjlig inom studiens ramar.

Angående kyl- och frysmaskiner hittades data från 2012. Önskvärt hade varit att använda nyare data angående storleken på energiförbrukningen från rum med kyl- och frysmaskiner. Å andra sidan kunde parametern för årlig förbrukning per kvadratmeter bekräftas i en rapport från 2017. Denna data var dock baserad på befintliga restauranger och inte nybyggda restauranger. Således bör en restaurang som står klar 2024, med nyaste tekniken och en stor andel centraliserad kylning och frysning, vara ännu mer energieffektiv.

I sektion 3.1 benämns att nybyggda restaurangkök ska ha 50 % lägre effektuttag. Det är svårt att säga om den siffran går att applicera direkt på publika byggnaden eller om det enbart gäller snabbmatskedjor, vilket rapporten specifikt berörde. För att tydliggöra detta hade vidare undersökningar för att reda ut vad som skiljer snabbmatskök från andra kök behövts. Utöver detta gällde de rapporterade siffrorna all elanvändning som finns i en restaurang, inte enbart vad som brukas av köket. Dessutom kommer publika byggnaden ha stor andel kylrum och frysrum vilket har lägre elanvändning än motsvarande plug-in-varianter.

## Topplast

Topplasterna i publika byggnadens lastprofil baserades på tävlingstopparna kopplade till Referensbyggnad 1. En översättningsfaktor som baserades på antalet sittande restauranggäster i byggnaderna användes. Denna faktor användes eftersom det antogs vara människorna i byggnaden som skulle påverka topplasterna mest, till exempel i form av ökad restaurangaktivitet.

Topplasterna i den framtagna lastprofilen kunde blivit högre om topeffekterna i högre grad beror av yta. Eftersom publika byggnaden är ungefär dubbelt så stor som Referensbyggnad 1 skulle en starkt ytberoende elanvändning leda till att översättningsfaktorn från basscenariot skulle vara lite högre.

Å andra sidan kanske topplasterna egentligen blir lägre från år 2024 till följd av effektivisering av t.ex. belysning, fläktar och elektronik kopplat till tv-sändning m.m.. Sverige har ett energieffektiviseringsmål som det är troligt att även publika byggnaden kommer jobba efter.

Samtidigt bör trådlöst internet kunna erbjudas på hela Jägersro Hästcenter och därtill kanske tillkommer annan elektrisk apparatur till följd av ökad digitalisering. Kanske ska publika byggnaden kunna erbjuda laddning av besökarnas elektronik, allt från mobiltelefoner till elcyklar. I så fall kan topplasterna bli högre.

Något som kan mitigera detta är att Jägersro är en del av projektet 'Smart arena' och förhoppningen är att stor del av verksamheten ska bli så 'smart' som möjligt när det kommer till elektronik (Skånska Travsällskapet 2021). I nuläget finns det långa rader av stora skärmar där personer kan stå och spela på hästar under loppet. I och med en smart arena kan man anta att en stor andel av skärmarna kommer tas bort eftersom besökarna har med sig egna skärmar att spela genom. Detta skulle i sådana fall innebära en reduktion av lasttopparna i och med visionerna om en smart arena. Huruvida konceptet om en 'smart arena' kommer reducera eller öka elbehovet är alltså svårt att säga.

En byggsten som hade kunnat inkluderas i lastprofilen specifikt är kylning dagtid

under sommarmånaderna. Kylningen hade kunnat matcha när elproduktionen är som störst och således öka egenanvändningen och därmed göra solcellsinvesteringen mer lönsam. Detta var dock inget som vidare undersöktes.

## 10.2 Elproduktion

Studiens avgränsning innebar att vi inte gick in på detaljer i hur solcellssystemet optimalt skulle kunna utformas genom att testa många olika alternativ. Här diskuterar vi dock våra val och alternativa val.

Det maximala solcellssystemet på 641 kWp hade kunnat göras större om solpanelerna fick större lutning än taktriangeln och raderna placerades med så korta mellanrum som möjligt. Samtidigt hade vi behövt simulera solpanelernas självskuggning för att hitta det optimala radavståndet. Vidare tror vi inte att detta skulle vara estetiskt visuellt och att det skulle kunna störa det totala takets form av en krona. Dessutom skulle det troligen kosta mer att montera solpanelerna med en sådan lutning då en stödanordning skulle behövas. Det kan ändå vara värt att veta att det går att göra systemet ännu större och att en större lutning på panelerna kan fånga in mer solljus på hösten och våren.

I samband med att placera solpaneler platt mot takytan hade vi kunnat utreda ifall byggnadsintegrerade solpaneler hade varit mer lönsamt. Ett argument för detta är att panelerna då ersätter en viss mängd byggnadsmaterial som taket annars hade bestått av. Dock är det troligt att sådana paneler fortfarande är något dyrare varpå vi valde att utesluta den undersökningen.

Metoden ledde fram till ett resultat där endast solcellssystemet av storleken 'min', det vill säga cirka 25 % av det maximala scenariot, blev lönsamt inom sin livslängd. En större lastprofil, med avsevärt mycket mer last på sommaren, hade passat med en större systemstorlek. Alternativt om det hade varit mer lönsamt att sälja överproducerad el som uppkommer främst på sommaren eller om det hade varit tillåtet att dela solel till andra byggnader på Jägersro Hästcenter. Detta diskuteras vidare i diskussionskapitlet 11.

Vi simulerade att man installerar solpaneler platt mot alla fyra taktrianglar, lika många på varje. På så vis sprider man ut solpanelerna mot olika väderstreck och undviker att behöva placera dem i skarven mellan två taktrianglar där självskuggning riskerar att uppstå. Det kan dock innebära fler strömsladdar att koppla än om man placerar alla solpaneler på bara en eller två taktrianglar.

För de två mindre scenarierna, solcellssystem 'min' och 'medel', hade man kunnat placera solpanelerna enbart på de två taktrianglar som vetter mest mot söder. Tyvärr var detta något som vi kom på för sent i processen. Vid en snabb testsimulering i SAM gav inte alternativet avsevärt mycket mer solelproduktion. Vi tror därför inte det påverkar vårt resultat så mycket, men i optimeringssynpunkt kan det vara bra att testa fler alternativ.

Den solpanel vi valde hade måtten 1 m x 1,6 m och toppeffekten 330 Wp. Vi hade också kunnat testa olika typer av paneler, exempelvis en 1 m x 1,7 m med 370 Wp, för att kunna producera mer solel med färre och dyrare paneler. Tyvärr fanns det inte utrymme för sådana tester i denna studie utan vi valde en paneltyp som vi vet att E.ON säljer i sitt så kallade 'baspaket'.

Det finns vissa begränsningar med SAM som gör att det verkliga solcellssystemet kan bli annorlunda än det simulerade. Exempelvis så angav vi att den växelriktare



vi valt skulle ha fyra MPPT-uttag, en för varje taktriangel. Detta är inget som SAM kontrollerar utan detta måste man själv kontrollera genom att läsa produktbladet för den specifika växelriktaren. Eftersom det heller inte går att simulera två växelriktare med två MPPT-uttag vardera så vore alternativet att simulera fyra växelriktare med ett varsitt MPPT-uttag. Eftersom växelriktaren är den dyraste komponenten efter solpanelerna, enligt sektion 8.2.2, så ville vi simulera ett system med endast en växelriktare. Då blir det bara en växelriktare att byta ut vid behov. Det kan dock finnas fördelar med att istället installera fyra växelriktare ifall en går sönder och de andra kan fortsätta som vanligt. Då stängs inte hela systemet ner.

Vi valde att simulera med enbart en slags väderfil som verkade representativ då den innehöll väderdata för ett typiskt år över Jägersro. Det hade dock varit intressant att byta väderfil och se skillnader ifall det blir ett väldigt soligt år eller ett väldigt molnigt år. I takt med klimatförändringar p.g.a mänskliga aktiviteter så är det möjligt att Jägersro får erfara mer extremväder som kan påverka solesproduktionen både positivt och negativt.

### 10.3 Elenergilagring

Som förklarades i metoden var vår första tanke att kapa större effekttoppar med större batterilager. Förutom de tre batterilager som nämndes i metoden diskuterades två till. Det ena skulle kapa effekttoppar för 'stora evenemang' och 'mellanevenemang' ner till samma nivå som effekttoppar för 'små evenemang' på 130 kW. Detta skulle krävas en maxeffekt på 52 kW och en kapacitet på minimalt 275 kWh och maximalt 364 kWh. Det andra skulle kapa effekttoppar för 'stora evenemang', 'mellanevenemang' och 'små evenemang' ner till samma nivå som effekttoppar för 'lunchtoppar' på 70 kW. Detta ledde till en maxeffekt på 117 kW och en kapacitet på minimalt 860 kWh och maximalt 1 344 kWh.

Med den lastprofil vi tagit fram, inklusive formen på lasttopparna, var det inte lönsamt med så stora batterilager. Det kanske hade kunnat bli lönsamt ifall de också fick ha andra funktioner än enbart effektkapning så som frekvensreglering eller effekttjämningskopplat till nätet. Detta diskuteras vidare i diskussionskapitlet 11.

I SAM valdes simulering enligt 'peak shaving one-day look ahead'. Vi testade alltså inga andra val eller definierade batterilagrets beteende manuellt eftersom det var utanför studiens omfattning. I verkligheten kan man inte förutse lastens storlek en dag i förväg såvida inte verksamheten är väldigt förutsägbar. I vårt fall har vi tagit fram en lastprofil för publika byggnaden som vi tror kan gälla för ett typiskt år, men det finns många osäkerheter. I verkligheten får man programmera batterilagret att kapa vid en viss nivå och se till att i och urladdning sker på önskat sätt. Ju mer förutsägbara lasttoppar när det gäller dag, tid och storlek desto bättre. Trots dessa förenklingar, tror vi att den simulering som genomfördes räcker för lönsamhetsberäkningarna och ger en tillräckligt god indikation angående investering.

### 10.4 Ekonomi

I metodens ekonomidel inkluderas inte effekter till följd av 'goodwill', exempelvis att Skånska Travsällskapet kan få ökad besöksnäring eller nya slags kunder genom enkel marknadsföring av solcellssystemet och batterilagret på sociala medier. Vi tänker oss koncept såsom att '*gå på trav och ladda din elbil*'. Dessutom har publika byggnaden breda möjligheter att bedriva olika typer av evenemang. Det kan locka mässor

att hålla till just på Jägersro Hästcenter om man då kan 'hållbarhetsstämpla' sitt evenemang. Det vore svårt att kvantifiera en sådan intäkt. Pilotprojektet i Simris har medfört att människor reser dit för att studera det lokala energisystemet; ett nytänkande elsystem på Jägersro Hästcenter skulle kunna ge liknande publicitet.

Produktion, avveckling och återvinning av solcellssystemet eller batterilagret ingick inte heller då vi tänker oss att dessa kostnader till största delen tillfaller någon annan än Skånska Travsällskapet.

Det hade varit intressant att undersöka mer vilka (indirekta) besparingar som kan göras vid installering av solcellssystem och batterilager i samband med nybyggnation, något som nämns kort i sektion 4.2.

Vi valde ganska optimistiska livslängder men ändå i enlighet med rapporten *Beslut och balans i elsystemet* (WSP 2021) i sektion 3.3. Att batterilagret har en ekonomisk livslängd på 15 år är i det högsta laget men kan ändå vara rimligt. Vi baserade antagandet på att publika byggnaden troligtvis kommer använda batteriet främst en gång i månaden (för urladdning under det största evenemanget) och att det således skulle åldras långsammare. Vidare baserade vi antagandet på att det är möjligt att förvara batterilagret på ett så gynnsamt sätt som möjligt. I och med att publika byggnaden är en nybyggnation kan det i förväg planeras för ett rum och läge där batterilagrets optimala levnadsförhållanden kan säkerställas. Därför antog vi också att det kommer finnas ett restvärde även om batterilagret inte kommer kunna användas på samma sätt. Visserligen är återvinningensmarknaden för batterilager fortfarande ganska okänd men vi är optimistiska med att det kan hända mycket på 15 år på den fronten. Det är trots allt ett viktigt ämne kopplat till miljö och resurseffektivitet.

Dessutom utgick vi ifrån optimistiska antagande gällande investeringskostnaden. Samtidigt kan grundinvesteringen ske först om tre år och kostnaderna för litiumjonbatterier sjunker för varje år (Fossilfritt Sverige 2020) med bibehållen kvalitet. Frågan är dock om de kommer sjunka lika snabbt som för solceller, men mycket tyder på detta.

För företag och bostadsföreningar ligger det befintliga investeringsstödet på 10 % kvar på solceller (Infrastrukturdepartementet 2020). Det är dock högst oklart ifall det kommer finnas kvar år 2024 då Skånska Travsällskapet kanske väljer att göra en investering. Därför räknade vi inte in ett sådant stöd i vår kalkyl. I nuläget finns inget bidrag eller avdrag för kommuner, företag eller bostadsrättsföreningar när det kommer till investeringar gällande batterilager. Möjligheten finns dock att skicka en ansökan till klimatklivet. I ansökan motiveras hur investeringen hade minskat samhällets klimatpåverkan. Naturvårdsverket läser igenom ansökningarna och delar ut stödet (Naturvårdsverket 2021). Dock tog vi inte hänsyn till detta i vår kalkyl då det inte går att förutse vad som gäller 2024.

# Kapitel 11

## Diskussion

I detta kapitel diskuteras allt som kan kopplas till syfte och frågeställning som presenterades i kapitel 1. Det som redan nämnts i metoddiskussionen 10, som främst gällde forskningsfråga 1 och 2, kommer inte att upprepas men vävs ihop med detta kapitel i slutsatsen 12. Detta kapitel fokuserar därför mer på forskningsfråga 3.

Syftet med den här studien har alltså varit att, ur ett systemperspektiv, undersöka den eventuella nyttan av att installera solpaneler och batterilager på framtida Jägersro Hästcenter. För att kunna göra detta är syftet också att undersöka hur en lastprofil som elproduktion och elenergilagring ska optimeras för kan se ut.

Frågeställningarna definierades som följande:

1. Vad karaktäriserar en lastprofil för publika byggnaden och vilka parametrar spelar in?
2. Vilken metod kan användas för att uppskatta en lastprofil för publika byggnaden?
3. Vad är en lämplig systemdimensionering för publika byggnaden gällande solesproduktion och batterilager?

Kapitlet delas upp i tre större sektioner där frågor på byggnadsnivå (Publika byggnaden), kvartersnivå (området för Jägersro Hästcenter) och stadsdelsnivå (samhället) behandlas.

### 11.1 Publika byggnaden-nivå

I denna sektion diskuteras resultat kopplat till den publika byggnaden.

#### Solcellssystemet

Av studiens tre solcellssystem var det endast det minsta som resulterade i återbetalningstider inom systemets livstid. Den kanske viktigaste anledningen till detta var att egenanvändningen för 'min'-systemet var störst. Att just andelen egenanvändning är av så stor vikt beror på att besparingen från minskat inköp av nätel - och inte försäljningen av solel - är den största intäktsströmmen. Detta beror på att Skånska Travsällskapet idag har ett mycket högre inköpspris än försäljningspris. Om försäljningspriset på förnybar el ökar, kan lönsamheten för ett större solcellssystem på den publika byggnaden bli större även om egenanvändningen fortfarande är densamma.

Att försöka sig på att förutspå prisutvecklingar är dock väldigt svårt, en av de största svårigheterna i denna studie. Periodvis kommer priserna vara riktigt höga och då kommer intäktsströmmarna från solcellsanläggningen att öka. Samtidigt kommer perioder av riktigt låga elpriser och minskar intäktsströmmarna. Vi tror att möjligheterna att anpassa sin verksamhet utefter elpriserna eller använda sig av olika styrsystem kommer påverka investeringskalkylerna mycket framöver.

På grund av det höga inköpspriset i förhållande till försäljningspriset tror vi att återbetalningstiden för ett större solcellssystem ('medium' och 'max') blivit kortare med ökad egenanvändning. För att öka egenanvändningen i ett system med hög överproduktion kan man antingen öka elanvändningen under de timmar solcellssystemet producerar el eller förflytta elanvändningen till de timmarna. Det senare alternativet skulle kunna inkludera elenergilagring, till exempel genom batterier (vilket diskuteras längre ner) eller genom smart laststyrning. I analysen togs smart laststyrning genom användning av en intelligensmodul upp i syfte att ladda batteriet baserat på elpriset. Man kan tänka att det skulle kunna vara möjligt att styra vissa aktiviteter utefter när solen lyser. Till exempel att till viss del styra hur starkt lamporna i byggnaden tillåts lysa, fläktsystem baserat på tillgänglig el från solcellssystemet. Detta är spekulationer, men om den här typen utav åtgärder kan göras hade det påverkat egenanvändningen positivt och således ökat lönsamheten för systemet och varit ekonomiskt fördelaktigt för Skånska Travsällskapet.

Det första åtgärden som nämns ovan angående ökad egenanvändning vore att öka elanvändningen ljusa timmar. Detta skulle kunna uppnås genom att koppla fler eldrivna aktiviteter till byggnaden. Till exempel eldriven kylning som främst används på sommaren. Ett annat alternativ hade varit om Skånska Travsällskapet hade bytt ut sina fossildrivna fordon till eldrivna och använde el från solcellssystemet till att ladda dem. Att så småningom byta ut sina fordon till eldriva fordon hade även varit i linje med Sveriges klimatmål om fossiloberoende fordonsflotta till 2030.

Det hade varit intressant att inkludera den här typen av förslag, kanske i synnerhet kylning eftersom publika byggnaden med största sannolikhet kommer behöva en kylsystem under sommaren. Dessvärre fanns inte utrymme för detta inom studiens ramar, men vi vill ta höjd för att ett större solcellssystem än det vi föreslår skulle kunna vara lönsamt om någon av ovanstående åtgärder görs.

Angående solcellssystemet hade återbetalningstiden överlag förkortats om investeringen per producerad kWh varit lägre. Så hade varit fallet om solpanelerna placerats på ett så optimalt sätt som möjligt eftersom produktionen hade varit maximal. I studien antogs att solpanelerna kommer placeras platt mot publika byggnadens fyra möjliga taktrianglar som har lutningar på 26°. Det fanns dock vissa nackdelar med att placera solpanelerna på andra vis vilket diskuterades i metoddiskussionen 10.2.

Eftersom det finns miljömål om mer förnybar energi och den lokala elproduktionen i Skåne hade kunnat minska den effektbrist som förväntas öka i tätbebyggda områden i Skåne såsom Malmö är det av största intresse att planera vid nybyggnationer i ett tidigt skede planera hur solceller kan placeras på byggnaden. Att fundera i termer om 'vilken takdesign ger mest solelsproduktion' tycker vi skulle vara en rimlig rekommendation till företag som arbetar med att designa nya byggnader i Malmö idag. Det handlar om att fundera över solpanelernas potentiella placering samt takets riktning och lutning, i synnerhet om byggnaden förväntas använda mycket el dagtid. I framtiden förväntas trots allt mängden solcellssystem öka drastiskt och byggnaders tak är viktiga komponenter i den utvecklingen. Det är smart att använda takens ytor i mer än ett syfte.

## Batterilagren

Angående studiens tre batterilagren hade två av dem, batterilagren 1 och 2, betydligt mindre kapacitet än batterilagren\*. Under sin maxeffekt kunde batterilagren 1 och 2 arbeta i 2 h jämfört med batterilagren\* som kunde arbeta i 6 timmar under maxeffekt. Vi fann att investeringen var proportionell mot antalet timmar batteriet kan jobba i maxeffekt. Därför bör batterilagret arbeta så få timmar som möjligt. För att samtidigt öka besparingen från minskad abonnemangskostnad är det av största intresse att kapa så höga toppar som möjligt. Kombinationen går dock inte ihop ekonomiskt om topparna varar för länge. Detta innebär att om man vill använda ett lager av litiumjonbatterier idag så bör man noga undersöka sin elanvändning. Det räcker inte att de högsta lasttopparna är förutsägbara vilket kommer vara fallet på Jägersro Hästcenter där man vet när det är stor tävling i förväg, utan effekttopparna måste även vara av gynnsam karaktär för att batterierna på ett lönsamt sätt ska kunna kapa topparna. Med gynnsam karaktär menas att de ska vara så kort tid som möjliga, helst max 2 h.

Det är svårt för oss att rekommendera ifall Skånska Travsällskapet borde investera i ett batterilagren till publika byggnaden eller inte. Att i dagsläget räkna med en återbetalningstid på omkring 20 år för ett batterilagren kopplat till ett solcellssystem verkar rimligt. Frågan är också ifall Skånska Travsällskapet är villiga att räkna in andra potentiella värden som handlar om hållbarhet, miljö och marknadsföringsmöjligheter vilket nämdes i metoddiskussion 10.4 och om Skånska Travsällskapet vill ta ledningen tillsammans med andra pionjärer och visa vägen vilken troligen kommer skapa en förändring i samhället. Återbetalningstiden kan också komma att krympa snabbare i takt med att teknikutveckling och lagändringar sker i enlighet med nationella energi- och miljömål.

Det är också intressant att spekulera i vilka andra användningsområden batterier kan ha på Jägersro Hästcenter kopplat till verksamheter där elanvändningen har en tydligare karaktär av höga och smala effekttoppar. När vi skapade en lastprofil för publika byggnaden kom vi i kontakt med travbanebelysning som avgränsades bort i beräkningarna. En lastprofil för sådan belysning innebär väldigt höga och ganska korta effekttoppar. Med lärdomen från denna studie tror vi att det skulle kunna bli lönsamt att installera batterilagren kopplat till travbanebelysningen istället. Detta bör undersökas vidare. I kapitel 9.6 presenteras fler förslag på framtida studier kopplat till användningsområden för batterier med mera på framtida Jägersro Hästcenter.

## Lönsamhet i framtiden - känslighetsanalysen

I känslighetsanalysen undersöktes hur återbetalningstiden kan komma att variera framöver genom att ändra osäkra parametrar och testa ett 'maximalt gynnsamt' scenario för Skånska Travsällskapet. Det hade varit intressant att testa fler scenarier och ändra fler parametrar men vi var tvungna att begränsa oss för att inte göra studien alltför komplex.

I resultatdelens tabell 9.16 och 9.17 framgår att återbetalningstiderna förkortas när laddelspriset (nätelen som batteriet laddas med) sjunker. Det är inte helt självklart vilken effekt detta faktiskt har utifrån våra resultat, eftersom flera olika parametrar spelar in i vår kalkyl. I ett sådant här scenario kan vi dock tänka oss fler användningsområden för batterilagren. Det vore inte längre enbart intressant att kapa de högsta topparna, utan också att förflytta elkonsumention i syfte att minska Skånska Travsällskapet elkostnader. Detta kan till exempel göras genom att ladda batterilagret vid låga elpriser och använda det vid tillfällena då elpriset är högt. Detta hade å and-

ra sidan inneburit att batterilagret använts oftare och således kortat dess livslängd vilket bör tas hänsyn till i en ekonomisk kalkyl.

Både en ökad och en minskad effektagift testades, men vi tror att det är mest sannolikt att effektagiften kommer öka till följd av ökad lokal effektbrist i tätbebyggda områden i Skåne framöver. Därför tror vi att besparing genom effektkapning kommer att öka i Jägersro i framtiden.

Angående försäljningspriset på solceller varierade återbetalningstiden enligt vår hypotes, att ett ökat elpris ger kortare återbetalningstid, vilket diskuterades i sektion 11.1. Detta visades i tabell 9.19.

Om ett nytt system som liknar elcertifikatsystemet införs, det vill säga ökar inkomsterna vid såld el, hade lönsamheten kunnat ökat för solcellerproducenter. Vi tror att det skulle kunnat vara effektivt att införa riktade stöd för solcellerproducenter i områden där det råder, eller riskerar att råda, kapacitetsbrist eller effektbrist. Detta skulle även vara i linje med Malmös och Sveriges energi- och miljömål om mer förnybar elproduktion och säker elförsörjning.

Eftersom inköpspriset på el påverkar lönsamheten så mycket är det mycket intressant att läsa om hur elpriset varierat historiskt, hur det varierar idag och hur det kommer variera i framtiden för att få en uppfattning om det totala systemets lönsamhet på sikt. Vissa tidpunkter kommer leda till en besparing och andra tidpunkter till en förlust.

I vårt hypotetiska scenario om maximal gynnsamhet för Skånska Travsällskapet halverades återbetalningstiderna vilket presenterades i tabell 9.22. Detta scenario var intressant att titta på för att få en uppfattning om hur utvecklingen bör gå för att Skånska Travsällskapet ska kunna tjäna så bra som möjligt på sin investering. Dock finns det flera aktörer med olika viljor att ta hänsyn till. Därför tror vi inte att just detta scenario kommer infinna sig under längre tider men kanske vid vissa tidpunkter.

## 11.2 Jägersro Hästcenter-nivå

I denna sektion diskuteras resultaten för publika byggnaden i relation till Jägersro Hästcenter och tillhörande byggnader.

### Resterande byggnader på Jägersro Hästcenter

Vid studiens början var tanken att vi skulle göra samma procedur, som vi gjorde för publika byggnaden, för alla planerade byggnader inom Jägersro Hästcenter, men med tiden insåg vi att det var för ambitiöst inom ramen för examensarbetet. Istället valde vi att koncentrera fallstudien kring publika byggnaden och dra slutsatser utifrån den.

Någon av de fyra föreslagna tillvägagångssätten, i vår metod 8.1 om att ta fram en lastprofil, hade kunnat appliceras på varje byggnad på Jägersro Hästcenter. Ju närmre deadline för projektet Jägersro Hästcenter desto mer information kommer finnas att basera antaganden på. I studiens början hade vi inte så mycket information att utgå ifrån då projektet var i ett tidigt skede. Dessutom var vi tvungna att avgränsa oss gällande olika detaljer för att hinna behandla större perspektiv. En annan aspekt var att det tog olika lång tid att få svar från personer som besatt viktig data, speciellt på grund av den rådande coronapandemin.

Om samma procedur görs för alla byggnader inom Jägersro Hästcenter kan man i god tid få en idé om vilka byggnader som lämpar sig för solceller och/eller batterilagrar.

Vidare kan man planera för och simulera hur byggnaderna ska samverka i syfte att skapa mer beslutsunderlag. Alternativet är att vänta tills byggnaderna står färdiga då man kan göra mätningar och se lastprofiler i realtid. Dock har Skånska Travsällskapet ekonomiska intressen i att installera solcellssystem och batterilager redan i byggnadsfasen, exempelvis genom att tidigt ta hänsyn till de säkerhetsföreskrifter som gäller för batterilager och det rum det ska placeras i, utnyttja byggherrens ställningar med mera vid installering av solcellssystemet samt tidigt planera för olika anslutningar. Detta var något vi inkluderade i grundinvesteringarna i våra lönsamhetskalkyler och vars antaganden nämns i metoden. Vidare kan man med ett tidigt systemtänk förutse positiva och negativa konsekvenser av olika lösningar, hur lösningarna kommer påverka olika led samt vilka aktörer som kommer beröras och hur.

### Balansering och flexibilitet - vad är möjligt?

Vi tror att den svenska lagstiftningen tillsammans med flera ekonomiska aspekter blir de avgörande faktorerna för vad som är möjligt att åstadkomma på Jägersro Hästcenter gällande balansering och flexibilitet. Med pilotprojektet i Simris visade E.ON med partners att teknologier, idéer och lösningar finns för att skapa decentraliserade energigemenskaper med förnybar energi som dessutom kan köras i ö-drift. Som tidigare nämnts finansierades projektet till stor del av EU vilket innebar att E.ON gavs en större chans att genomföra lösningarna. Samtidigt ledde det till nya viktiga kunskaper inför framtiden för flera olika aktörer.

De lösningar som är lämpliga i en liten by som Simris är inte nödvändigtvis lämpliga på Jägersro Hästcenter i Malmö. Att låta en stadsdel gå i ö-drift blir nog inte aktuellt inom många år, om ens då, eftersom den elektriska infrastrukturen trots allt finns tillgänglig runt omkring och fungerar. Dessutom tillkommer lagar och föreskrifter som i så fall måste tillåta ö-drift. Att områdesbalansera Jägersro Hästcenter utan ö-drift men utnyttja efterfrågefleksibilitet och energieffektivisering tillsammans med förnybar energi är en annan sak.

För att spinna vidare på idén om Jägersro Hästcenter som en potentiell energigemenskap hade ett lokalt energisystem behövts och sådana är inte helt oproblematiska. I stora drag kan vi tänka oss att det kan medföra stora kostnader för vissa aktörer om den här typen av parallella lokala energisystem med mikronät får installeras hur som helst. Detta är dock inte en anledning till att sluta utveckla konceptet energigemenskaper, men det är ett komplext ämne som kräver en omställning. Frågor såsom 'vem ska äga och sköta mikronäten?', 'vad händer om mikronätsägaren går i konkurs?', 'vilka regler ska finnas när fastigheter inom gemenskapen säljs till någon annan?' och 'är Skatteverket villigt att kompromissa?' och så vidare kan dyka upp. Kundernas säkerhet får inte äventyras och därför är elnätsföretagens främsta uppgift att överföra el på ett säkert och icke-diskriminerande sätt till sina kunder.

Anledningen till att vi funderat över möjligheten att dela el mellan byggnader är att varje fastighet kommer ha olika verksamheter som troligen kommer ge lastprofiler med toppar och dalar vid olika tillfällen. Dessutom kommer varje fastighet placeras i olika väderstreck där inte alla tak är gynnsamma för placering av solpaneler vilket kan ses i figur 2.1. Här tillkommer dock andra viktiga aspekter som Arkitekterna Krook & Tjäder haft i åtanke i samband med design och placering av byggnader. Sammanfattningsvis vore det därför en bra lösning att kunna maximera solelsproduktion på de byggnader som har bäst förutsättningar och sedan dela solel till nära placerade byggnader vid behov om man kan finna en lösning på det juridiska.

Som diskuterats ovan är att öka egenanvändningen ett sätt att öka lönsamheten för

solcellssystemet och en metod för detta är att öka elanvändningen. En sätt att göra detta skulle helt enkelt kunna vara att koppla fler elanvändare till solcellssystemet. Som diskuterats ovan finns dock problem med detta och vi rekommenderar snarare att detta utreds vidare.

Angående den juridiska biten gällande undantag från nätkoncessionsplikt tror vi att det inneburit en fördel att Jägersro Hästcenter kommer att placeras på en mark som Skånska Travsällskapet själva äger (enligt sektion 2.4) och att det vidare vore en fördel ifall Skånska Travsällskapet äger alla fastigheter och komponenter inom området.

Andra frågor som har uppstått gäller Jägersro Hästcenters möjligheter att bygga ihop planerade byggnader så att de kan räknas som en enda stor fastighet. Om man studerar figur 2.1 i sektion 2.4 så planerar arkitekt Krook & Tjäder att sammanlänka publika byggnaden och samlingen med travstall genom en slags passage. Därför kan det finns möjlighet att placera ett icke koncessionspliktigt nät (IKN) mellan publika byggnaden och travstallen om det placeras i eller på passagen.

En annan sak som vi funderar över är ifall hela Jägersro Hästcenter kan räknas som ett område för fritidsverksamhet för allmänheten, i egenskap av att innehålla en travabana och idrottsanläggning. I så fall kan det finnas chans till undantag från nätkoncession likt undantag för idrottsplatser och skolor.

Det är dock allt annat än tydligt vilka slags områden som kan få undantag från nätkoncession och varje fall är unikt. Ei beskriver undantag på flera olika sätt och det är svårt att läsa sig till ett entydigt svar. Den som ansöker om att skapa ett IKN (i detta fallet vore det E.ON) eller ansöker om ett undantag från nätkoncession (i detta fallet vore det Skånska Travsällskapet) bör troligen förbereda sig på en lång väntetid. Vi vågar heller inte uttala oss om eventuella successiva förändringar i ellagen kommer underlätta delning av el på Jägersro Hästcenter. Det är viktigt att komma ihåg att de utredningar som görs inför lagändringar måste ta hänsyn till alla aktörer, viljor, risker, konsekvenser och säkerhet för att kunna ge beslutsunderlag åt Riksdagen. Därför tar lagändringar tid även om det är för ett gott syfte.

Ett alternativ, som troligen inte skulle behöva nätkoncession, är om E.ON i samband med byggnadsfasen av Jägersro Hästcenter kunde placera en så kallade 'miljöstation' (förslagsvis i servicebyggnaden på området) dit alla laster, elproduktion och elenergilagring kopplas in. I 'miljöstationen', som i sin tur är sammankopplad med elnätet, optimeras sedan Jägersro Hästcenter:s aggregerade lastprofiler mot det överliggande nätet. Detta kan ske med hjälp av intelligent styrning, som förklarades i kapitlet om pilotprojektet i Simris, även om denna styrningen troligen utvecklats sedan dess. Konceptet skulle kunna låta Jägersro Hästcenter behålla den solel som produceras inom området istället för att sälja den till nätet för ett eventuellt icke gynnsamt pris. Förhoppningvis skulle konceptet också innebära långt färre el-abonnemang att hålla reda på, både för Skånska Travsällskapet och E.ON, vilket kan jämföras med dagens situation. I metodsektion 8.1.1 beskrev vi svårigheterna med att ta fram lasten utifrån elmätarna för nuvarande Jägersro.

Det är dock viktigt att förutse hur andra aktörer i energisystemet skulle påverkas. E.ON har pilotprojekt igång för att utreda konceptet vidare och ta reda på vad som är fullt möjligt att göra inom de närmsta åren. Kanske har de hunnit komma fram till något i god tid före 2024.

Det som vi med större säkerhet kan säga gäller idag, och år 2024, är att det vore lönsamt att installera ett solcellssystem på publika byggnaden och troligen också på



flera byggnader inom Jägersro Hästcenter.

Vidare kommer troligen Skånska Travsällskapet väldigt långt med att energieffektivera de nya fastigheterna och bygga rätt från början, vilket kan leda till att fastigheter med säkringsabonnemang kan säkras till en lägre nivå än vad som används på Jägersro idag. Det är redan idag fullt möjligt att optimera varje byggnad var för sig och använda smart styrning.

### 11.3 Stadsdelsnivå

I denna del diskuteras resultaten för publika byggnaden i relation till inte enbart Jägersro Hästcenter, utan även det omkringliggande området och samhället.

I takt med att kärnkraft fasas ut uppstår utmaningar när en ökad elanvändning ska matcha tillgång på förnybar el. Detta kommer troligen skapa en instabil variabilitet som måste förutses och motverkas i framtidens energisystem. Detta kan komma att ske med hjälp av områdesbalansering på efterfrågesidan och aggregering samt försäljning av batterikapacitet på tillgångssidan. Vidare kan optimering komma att ske på byggnadsnivå, kvartersnivå och stadsdelsnivå. På byggnadsnivå kan det innebära solcellssystem, elenergilager, E-mobilitet (elektrifiering av transporter), smart mätning och smart batterioptimering (något som vi delvis berört i denna studie). På kvartersnivå kan det innebära smart styrning av batterilager så att batterikapacitet kan aggregeras kvartersvis. Det kan också innebära en digital handelsplattform för kvarteret så att överskott av solel kan delas mellan byggnader. På liknande sätt kan det på stadsdelsnivå innebära smart styrning av batterilager så att batterikapacitet kan aggregeras och användas mellan kvarter. Det kan också innebära en digital handelsplattform för försäljning av el mellan kvarter. Vidare kan det innebära försäljning av el till resten av omgivande stad för att lösa lokal kapacitetsbrist. Det kan också innebära att aggregerad kapacitet ska kunna säljas till Svenska kraftnät i frekvensreglerande syfte.

Ovanstående är visionära tankar samtidigt som innovativa teknologilösningar och marknadslösningar sannolikt kommer spela en viktig roll i framtiden. Områden omkring Jägersro Hästcenter i Jägersro villastad, så som Elisedal och Almgården, kan komma att samarbeta i framtiden med avseende på energi. Som nämnts tidigare kan detta vara betydelsefullt för Malmö i avseende på effektbalans. Att balansera en byggnad kan antas ha en begränsad inverkan på samhället, men om balanseringen appliceras på större nivå blir effekten mer betydande.

Balansering av effekt på landskapsnivå sker idag bland annat genom import och export. Ett alternativ till att förlita sig alltför mycket på detta är att producera egen el. Det hade kunnat gynna samhället att göra det mer gynnsamt för lokala producenter i Malmö att inte bara producera för egenbruk utan även till försäljning eller lagring. I sektion 6.8 nämndes E.ON:s pilotprojekt SWITCH som syftar till att bygga upp en digital marknadsplattform för flexibilitet kopplat till värme och el. Kan Skånska Travsällskapet bli en flexleverantör? Det är inget vi vågar svara på i denna studie men god potential finns, inte minst om det finns användning för stora batterilager på Jägersro Hästcenter, det vill säga större än de vi tog fram för den publika byggnaden.

# Kapitel 12

## Slutsats

I den här studien genomfördes en fallstudie där den publika byggnaden som planeras byggas på framtida Jägersro Hästcenter kring år 2024 undersöktes. Slutsatserna som drogs blev följande...

### Svar på forskningsfrågor:

- Vad karaktäriserar en lastprofil för publika byggnaden och vilka parametrar spelar in?*
  - En lastprofil generaliseras till att bestå av en baslast och topplast. Dessa i sin tur beror på publika byggnadens arkitektur och innehåll samt vad för verksamhet som bedrivs inuti publika byggnaden. I denna studie inkluderades 'yta' och 'antal besökare' som parametrar för att bestämma en lastprofil.
  - En lastprofil för en trolig typisk månad togs fram och multiplicerades för att skapa ett troligt typiskt år för publika byggnaden.
  - Den baslast som togs fram för publika byggnaden karakteriseras till stor del av kylar och frysar och ligger på 42 kW.
  - Den topplast som togs fram för publika byggnaden karakteriseras av dagliga lunchtoppar på 26 kW, tre stycken små evenemang på 91 kW i månaden, fyra stycken mellanstora evenemang på 107 kW i månaden samt ett stort evenemang på 140 kW i månaden.
  - Elektriskt driven värme och kyla inkluderades inte i lastprofilen.
- Vilken metod kan användas för att uppskatta en lastprofil för publika byggnaden?*
  - Metoden som kan användas avgörs av hur mycket information som finns tillgänglig och går att ta reda på. Vid studiens början hade inte projekt Jägersro Hästcenter kommit så långt med avseende på frågor kring elektricitet. Dessutom var osäkerheterna stora kring nuvarande publika byggnad på Jägersro trav- och galoppbana. Vidare fanns inte en lastprofil för en enskild referensbyggnad som på egen hand ansågs kunna representera publika byggnaden. Den sista så kallade Byggstensmetoden användes till slut för att ta fram en lastprofil som kunde anses representera publika byggnaden. Den innebar att flera referensbyggnader studerades och modifierades samt att annan relevant data inkluderades för att få fram

ett rimligt mönster. Detta utgick från publika byggnadens önskade form och verksamhet samt vilka referensbyggnader som fanns att tillgå genom E.ON.

3. *Vad är en lämplig systemdimensionering för publika byggnaden gällande solelsproduktion och batterilager?*

- I denna studie fanns att ett solcellssystem av storleken 160 kWp vore lämpligt och lönsamt att installera på publika byggnadens tak. Vid simulering placerades cirka 500 solpaneler platt mot fyra av publika byggnadens taktrianglar med lutningar 26 och väderstrecken öst, väst, sydost och nordväst. Med den framtagna lastprofilen blev egenanvändningen då 85 %. Det finns dock plats för långt fler solpaneler på publika byggnadens tak.
- Egenanvändningen av solel bör vara så hög som möjligt för en ökad lönsamhet. Med det i åtanke är det idag bättre att öka på verksamhet som kräver el under de ljusaste timmarna, och framförallt på sommaren.
- Vidare fanns att de två mindre batterilager som testades inte var lönsamma inom deras antagna ekonomiska livslängder, men dock inom deras antagna tekniska livslängder. Dessa var batterilager av storlekarna 24kW-51,8kWh och 12kW-25,9kWh. En sänkt investeringskostnad och en höjd effektagift kan öka lönsamheten.
- Batterilager lämpar sig bäst för smala och höga effekttoppar för att effektabonnemangsbesparingen ska bli större i förhållande till investeringskostnaden. Den framtagna lastprofilen hade inte sådana effekttoppar.
- I fallet med publika byggnaden lämpade sig batterilagren 24kW-51,8kWh och 12kW-25,9kWh bättre i kombination med solcellssystemet på 160 kWp snarare än utan. Batterilagren kunde mer effektivt kapa en topp som solcellssystemet 'gjort smalare' under dagens ljusa timmar.

**Syftet med denna studie var att...**

1. *ur ett systemperspektiv undersöka den eventuella nyttan av att installera solpaneler och batterilager på framtida Jägersro Hästcenter.*
  - Det finns en stor potential att installera flera solcellssystem på Jägersro Hästcenter men lönsamhet beror på varje enskild lastprofil som solcellsproduktionen ska optimeras för.
  - Nyttan för Malmö: Lokal elproduktion som bidrar till en tryggad elförsörjning i området och att en annars stor effektkonsument tar ut lägre effekt.
  - Nyttan för samhället: Sätta en standard för andra nybyggnationer. För detta behövs det i så fall göras en erfarenhetsåterföring för att se till att lärdomarna sprids.
  - I studien undersöktes vidare nyttor med solcellssystem och batterilager på Jägersro Hästcenter, så som att dela/lagra solel/nätel mellan byggnader/enheter inom området eller delta i kapacitets- och flexibilitetsmarknader. Dock kunde inget entydigt svar hittas för vad som är lagligt tillåtet idag och vad som kommer att bli lagligt tillåtet i framtiden. Pilotprojekt

som givit lärdomar har förekommit, och förekommer även idag, och de tekniska lösningarna finns.

2. *undersöka hur en lastprofil som elproduktion och energilagring ska optimeras för kan se ut.*

- Det är en utmaning att förutspå lastprofiler till byggnader som ännu inte finns, speciellt om de har en unik arkitektur och en blandad verksamhet. Dock kan en potentialutredning bidra till bättre planering och dimensionering och att osäkerheter lättare upptäcks i ett tidigt skede av utvecklingsprocessen.
- Byggnaderna som planeras på Jägersro Hästcenter är alla olika med avseende på arkitektur och verksamhet. Därför går det inte att direkt ta resultat från fallstudien gällande publika byggnaden utan varje byggnad måste undersökas enskilt. Dock kan en liknande metod och tillvägagångssätt användas, där verktyg som Excel och System Advisory Model nyttjas för beräkningar och simuleringar.

## Kapitel 13

# Förslag på vidare studier

Målet med den här studien var att leverera ett förslag på en delösning till projekt Jägersro Hästcenter. Studien kan ses som en potentialutredning med avseende på elanvändning. Målet var också att bidra med metodutveckling gällande beräkning av lastprofiler i nya områden. Sammanfattningsvis kan detta vara av intresse inte bara för Skånska Travsällskapet, E.ON och SCA+ utan också andra aktörer såsom byggherrar, fastighetsägare och energiföretag.

Under arbetets gång har vi stött på flera intressanta områden vi inte haft möjlighet att studera. Flera avgränsningar var nödvändiga att göras. I detta kapitel sammanfattas därför i punktform möjliga studier som vi tror skulle vara intressanta att arbeta vidare med, speciellt då arbetet med Jägersro Hästcenter kommer att fortskrida under flera år framåt.

### Förslag på vidare studier:

- Upprepa denna studiens metod för att ta fram lastprofiler åt de resterande byggnaderna på Jägersro Hästcenter. Detta i syfte att kunna planera vidare för investeringar av solcellssystem och batterilager samt i förväg undersöka hur en områdesbalansering skulle kunna gå till på Jägersro Hästcenter. Vore det möjligt att optimera aggregerade lastprofiler i en nätanslutningspunkt? Vad är för- och nackdelar med detta? Vilka möjligheter och begränsningar finns? Ellagen och andra lagar eller föreskrifter samt olika styr- och reglersystem är troligen viktiga att undersöka i sådant fall..
- Denna studie med fokus på PB inkluderade inte miljömässig och social hållbarhet eller cirkulär ekonomi. Det vore intressant att få in de perspektiven mer.
- Travbanebelysningen visade sig ge upphov till höga och ganska smala effekt-toppar vilket borde undersökas vidare kopplat till batterilager och lönsamhet.
- Göra en studie med fokus på batterier, vad de kan användas till och deras utveckling i framtiden, och koppla detta till Jägersro Hästcenter.
- Utreda möjligheten att anlägga en solcellspark på utsidan av omgivande reklamskyltar runt travbanan (likt Simris har en solcellspark en bit utanför samhället) och eventuellt koppla detta till en energistation med elenergilagring och laddstolpar till Jägersro Hästcenter:s parkering.
- Undersöka Sveriges lagstiftning kopplat till energigemenskaper. Hur påverkas olika aktörer? Vilka nya roller och ägarstrukturer behövs? Vad vore möjligt att

genomföra på Jägersro Hästcenter kopplat till detta?

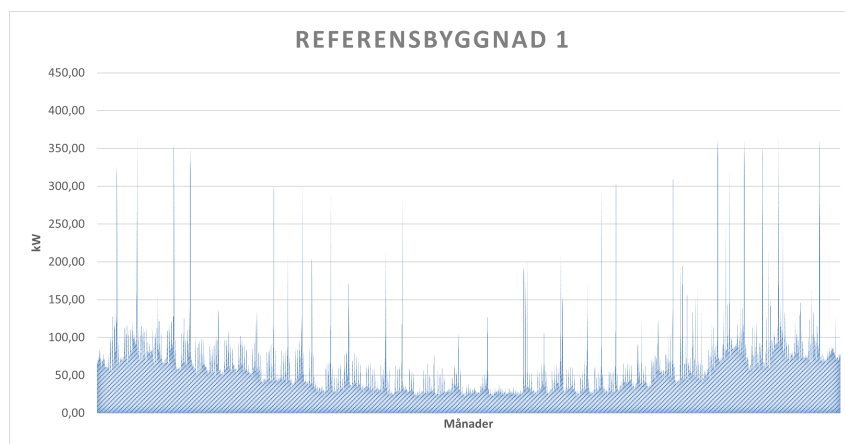
- Undersöka potentialen för Jägersro Hästcenter att vara en aktör i framtida kapacitets- och flexibilitetsmarknader samt koppla denna till lönsamhet vad gäller en utbyggd park med elenergilagring.
- Undersöka PB och andra byggnader på Jägersro Hästcenter med avseende på energieffektivisering. Hur kan de använda minsta möjliga mängd el? Hur kan detta styras?
- I linje med Sveriges miljömål om 100 % förnybar energianvändning 2040 lär Jägersro Hästcenter:s fordon så småningom elektrifieras. Hur kan denna övergång optimeras? Hur kan det kopplas till områdesbalansering?
- Undersöka Jägersro Hästcenter ur ett energiperspektiv som inkluderar el, värme och kyla samt göra kopplingar mellan dessa. Hur påverkar olika uppvärmningsmetoder den totala elanvändningen? Hur påverkar olika kylmetoder den totala elanvändningen?
- Hur ska datahantering och datasäkerhet ske på Jägersro Hästcenter? Detta skulle vara kopplat till områdesbalansering, smart styrning och AI.



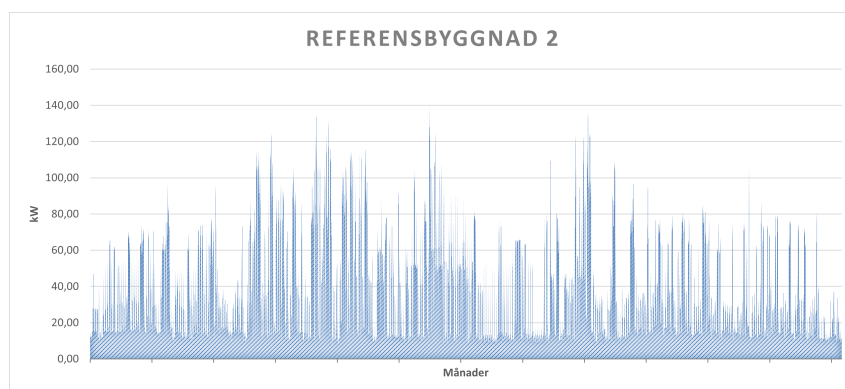
## Elanvändning

### Referensbyggnaders lastprofiler

Nedan presenteras lastprofiler för referensbyggnad 1 (figur 14.2) och för referensbyggnad 2 (figur 14.3).



Figur 14.2: Lastprofil för Referensbyggnad 1 (travanläggning) från 2019.



Figur 14.3: Lastprofil för Referensbyggnad 2 (konferensbyggnad) från 2019.

### Lasttoppar

Vid framtagning av lasttoppar för 'små' och 'mellan' evenemang slogs samtliga dessa samman och sorterades i storleksordning efter högsta toppen. Referensbyggnad 1 användes för detta. Se figur 14.4.



|       | Last 1 | Last 2 | Last 3 | Last 4 | Last 5 | Last 6 | Last 7 | Last 8 | Last 9 | Last 10 | Last 11 | Last 12 | Last 13 | Last 14 | Last 15 | Last 16 | Last 17 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 00:00 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 2       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 01:00 | 0      | 0      | 0      | 12     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 12      | 15      | 8       | 11      | 20      |
| 02:00 | 0      | 0      | 0      | 26     | 0      | 0      | 0      | 0      | 20     | 0       | 1       | 16      | 12      | 24      | 6       | 25      | 35      |
| 03:00 | 0      | 0      | 0      | 31     | 0      | 0      | 0      | 0      | 30     | 0       | 0       | 20      | 15      | 31      | 2       | 30      | 37      |
| 04:00 | 0      | 0      | 0      | 35     | 0      | 0      | 0      | 4      | 46     | 0       | 2       | 19      | 22      | 27      | 5       | 28      | 37      |
| 05:00 | 0      | 16     | 3      | 37     | 0      | 0      | 0      | 2      | 41     | 0       | 8       | 29      | 18      | 26      | 19      | 29      | 35      |
| 06:00 | 0      | 13     | 22     | 46     | 0      | 1      | 29     | 4      | 53     | 0       | 21      | 31      | 20      | 24      | 37      | 28      | 37      |
| 07:00 | 0      | 15     | 28     | 42     | 5      | 10     | 28     | 10     | 43     | 0       | 21      | 30      | 39      | 27      | 38      | 41      | 36      |
| 08:00 | 8      | 22     | 35     | 57     | 42     | 22     | 41     | 47     | 43     | 0       | 34      | 31      | 52      | 31      | 62      | 55      | 63      |
| 09:00 | 23     | 39     | 38     | 66     | 56     | 42     | 56     | 61     | 54     | 12      | 52      | 29      | 69      | 50      | 68      | 69      | 65      |
| 10:00 | 38     | 40     | 58     | 67     | 63     | 53     | 64     | 68     | 69     | 32      | 63      | 38      | 74      | 67      | 78      | 78      | 83      |
| 11:00 | 43     | 46     | 56     | 69     | 69     | 61     | 70     | 74     | 73     | 72      | 67      | 71      | 80      | 78      | 85      | 84      | 78      |
| 12:00 | 48     | 50     | 62     | 71     | 71     | 72     | 73     | 76     | 79     | 79      | 79      | 79      | 84      | 84      | 86      | 87      | 91      |
| 13:00 | 41     | 49     | 61     | 67     | 70     | 65     | 72     | 75     | 63     | 70      | 70      | 79      | 80      | 80      | 65      | 65      | 80      |
| 14:00 | 31     | 45     | 51     | 61     | 55     | 56     | 66     | 60     | 28     | 71      | 70      | 30      | 79      | 80      | 30      | 30      | 65      |
| 15:00 | 7      | 26     | 30     | 0      | 47     | 44     | 43     | 52     | 8      | 45      | 70      | 8       | 0       | 79      | 8       | 17      | 45      |
| 16:00 | 0      | 7      | 10     | 0      | 34     | 11     | 29     | 39     | 0      | 27      | 33      | 2       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 17:00 | 0      | 1      | 2      | 0      | 16     | 0      | 18     | 21     | 0      | 6       | 22      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 18:00 | 0      | 0      | 0      | 0      | 10     | 0      | 3      | 15     | 0      | 0       | 18      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 19:00 | 0      | 29     | 0      | 0      | 7      | 0      | 0      | 12     | 0      | 0       | 2       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 20:00 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 5      | 0      | 0       | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 21:00 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 7      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 22:00 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 4      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 23:00 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 5       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| rden  | 48     | 50     | 62     | 71     | 71     | 72     | 73     | 76     | 79     | 79      | 79      | 79      | 84      | 84      | 86      | 87      | 91      |

Figur 14.4: Samtliga 'mellan' och 'små' evenemang uppräddade i storleksordning med sin topplast vid samma klockslag. Värderna i kW. Den hälft med lägsta maxtoppar kallades 'små' och markerades i en gröntonad skala. Den hälft med högsta maxtoppar kallades 'mellan' och markerades i en lilatonad skala. Se figurer 14.5 och 14.6.

|       | De åtta event med lägst peak |       |       |      |       |       |       |       |       |       |      |      |   |   |      |   | Median |   |
|-------|------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---|---|------|---|--------|---|
| 00:00 | 0                            | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 01:00 | 0                            | 0     | 0     | 0    | 12,3  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 02:00 | 0                            | 0     | 0     | 0    | 25,8  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 03:00 | 0                            | 0     | 0     | 0    | 31    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 04:00 | 0                            | 0     | 0     | 0    | 35,3  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 4,08 | 0 | 0      | 0 |
| 05:00 | 0                            | 15,66 | 3,3   | 36,8 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,2   | 28,58 | 3,92 | 8,52 | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 06:00 | 0                            | 13,12 | 22,4  | 46   | 0     | 0,9   | 28,58 | 3,92  | 8,52  | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 07:00 | 0                            | 14,74 | 27,56 | 42,2 | 4,7   | 9,84  | 28,04 | 9,7   | 12,29 | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 08:00 | 7,5                          | 22,46 | 34,56 | 56,8 | 42,32 | 21,52 | 40,98 | 47,32 | 37,77 | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 09:00 | 22,76                        | 38,88 | 38,32 | 66   | 56,22 | 41,56 | 55,82 | 61,22 | 48,69 | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 10:00 | 37,82                        | 39,9  | 58,46 | 67   | 62,62 | 53,06 | 63,7  | 67,62 | 60,54 | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 11:00 | 42,56                        | 45,76 | 56,42 | 68,9 | 68,8  | 60,8  | 69,54 | 73,8  | 64,8  | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 12:00 | 47,9                         | 49,84 | 61,62 | 70,5 | 71,44 | 71,84 | 72,62 | 76,44 | 70,97 | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 13:00 | 41,42                        | 48,62 | 61,02 | 67   | 70,12 | 64,58 | 72,04 | 75,12 | 65,79 | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 14:00 | 31,2                         | 44,8  | 50,94 | 60,5 | 54,78 | 55,58 | 65,96 | 59,78 | 55,18 | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 15:00 | 6,62                         | 25,74 | 29,54 | 0    | 47,44 | 44,06 | 42,96 | 52,44 | 36,25 | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 16:00 | 0                            | 6,88  | 9,82  | 0    | 34,24 | 11,4  | 29,02 | 39,24 | 10,61 | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 17:00 | 0                            | 1,06  | 1,66  | 0    | 15,76 | 0     | 17,5  | 20,76 | 1,36  | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 18:00 | 0                            | 0,02  | 0     | 0    | 9,84  | 0     | 3,32  | 14,84 | 0,01  | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 19:00 | 0                            | 28,78 | 0     | 0    | 6,62  | 0     | 0     | 11,62 | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 20:00 | 0                            | 0,12  | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 4,58  | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 21:00 | 0                            | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 7,02  | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 22:00 | 0                            | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 4,44  | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |
| 23:00 | 0                            | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 | 0    | 0 | 0      | 0 |

Figur 14.5: De 'små' evenemangen uppräddade i storleksordning. Medianprofil längst till höger. Värderna i kW.

|       | De nio event med högst peak |      |       |       |       |      |       |       |      |       | median |   |
|-------|-----------------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|--------|---|
| 00:00 | 0                           | 0    | 2,16  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0 |
| 01:00 | 0                           | 0    | 0     | 0     | 12,18 | 14,7 | 8,28  | 11,28 | 20,4 | 8,28  | 0      | 0 |
| 02:00 | 20,02                       | 0    | 0,7   | 16,38 | 12,04 | 23,7 | 6,1   | 25,42 | 35,3 | 16,38 | 0      | 0 |
| 03:00 | 29,82                       | 0    | 0     | 19,98 | 14,9  | 31   | 2,32  | 30,48 | 37,4 | 19,98 | 0      | 0 |
| 04:00 | 45,88                       | 0    | 2,02  | 19,34 | 21,72 | 27,1 | 4,9   | 28,28 | 37,3 | 21,72 | 0      | 0 |
| 05:00 | 40,76                       | 0    | 8,48  | 29,42 | 17,9  | 25,5 | 18,68 | 29,28 | 34,9 | 25,5  | 0      | 0 |
| 06:00 | 52,78                       | 0    | 20,86 | 31,34 | 19,5  | 23,9 | 37,28 | 28,44 | 37,2 | 28,44 | 0      | 0 |
| 07:00 | 43,28                       | 0    | 21,32 | 30,36 | 38,52 | 26,5 | 38,02 | 40,76 | 36,2 | 36,2  | 0      | 0 |
| 08:00 | 42,76                       | 0    | 34,42 | 30,52 | 51,82 | 30,8 | 62,22 | 54,84 | 62,7 | 42,76 | 0      | 0 |
| 09:00 | 53,94                       | 12,1 | 51,8  | 28,96 | 68,64 | 50,3 | 68,36 | 68,84 | 65   | 53,94 | 0      | 0 |
| 10:00 | 68,9                        | 31,7 | 63,06 | 38,36 | 74,32 | 67,4 | 78,3  | 78,06 | 82,9 | 68,9  | 0      | 0 |
| 11:00 | 72,78                       | 72,2 | 67,14 | 70,86 | 80    | 77,9 | 84,86 | 84,24 | 78,1 | 77,9  | 0      | 0 |
| 12:00 | 78,74                       | 79   | 79,14 | 79,3  | 83,64 | 83,8 | 85,68 | 87    | 90,9 | 83,64 | 0      | 0 |
| 13:00 | 63,46                       | 70,2 | 69,66 | 79,24 | 80    | 80   | 64,72 | 64,72 | 80,3 | 70,2  | 0      | 0 |
| 14:00 | 28,44                       | 71,4 | 70    | 30,38 | 78,86 | 80   | 30,38 | 30,38 | 65   | 65    | 0      | 0 |
| 15:00 | 8,44                        | 44,5 | 70    | 8,36  | 0     | 78,6 | 8,44  | 17,06 | 45,3 | 17,06 | 0      | 0 |
| 16:00 | 0                           | 26,5 | 33,08 | 1,66  | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0 |
| 17:00 | 0                           | 6,3  | 21,72 | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0 |
| 18:00 | 0                           | 0    | 17,9  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0 |
| 19:00 | 0                           | 0    | 2,4   | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0 |
| 20:00 | 0                           | 0    | 1,1   | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0 |
| 21:00 | 0                           | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0 |
| 22:00 | 0                           | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0 |
| 23:00 | 0                           | 0    | 0     | 0     | 4,7   | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0 |

Figur 14.6: Alla 'mellan' evenemang uppräddade i storleksordning. Medianprofil längst till höger. Värden i kW.

|       | V75    |        |        | Median |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 00:00 | 0,00   | 35,94  | 0      | 0,00   | 0,00   |
| 01:00 | 0,00   | 16,7   | 0      | 0,00   | 0,00   |
| 02:00 | 0,00   | 14,64  | 0      | 0,00   | 0,00   |
| 03:00 | 0,00   | 12,72  | 0      | 0,00   | 0,00   |
| 04:00 | 0,00   | 9,98   | 0      | 0,00   | 0,00   |
| 05:00 | 0,00   | 11,98  | 0      | 0,00   | 0,00   |
| 06:00 | 0,00   | 7,68   | 0      | 0,00   | 0,00   |
| 07:00 | 0,00   | 6,1    | 14,52  | 6,10   | 6,10   |
| 08:00 | 0,00   | 10,44  | 10,16  | 10,16  | 10,16  |
| 09:00 | 18,44  | 27,74  | 21,96  | 21,96  | 21,96  |
| 10:00 | 17,08  | 29,14  | 37,94  | 29,14  | 29,14  |
| 11:00 | 55,38  | 53,1   | 63,6   | 55,38  | 55,38  |
| 12:00 | 63,44  | 63,8   | 73,8   | 63,80  | 63,80  |
| 13:00 | 82,72  | 87,54  | 87,2   | 87,20  | 87,20  |
| 14:00 | 102,28 | 99,56  | 97,3   | 99,56  | 99,56  |
| 15:00 | 102,00 | 107,66 | 102    | 102,00 | 102,00 |
| 16:00 | 109,56 | 113,82 | 103,68 | 109,56 | 109,56 |
| 17:00 | 107,88 | 112,08 | 100,4  | 107,88 | 107,88 |
| 18:00 | 105,40 | 109,42 | 102    | 105,40 | 105,40 |
| 19:00 | 89,06  | 94,52  | 44,84  | 89,06  | 89,06  |
| 20:00 | 63,46  | 64,72  | 8,36   | 63,46  | 63,46  |
| 21:00 | 28,44  | 30,38  | 1,66   | 28,44  | 28,44  |
| 22:00 | 8,44   | 17,06  | 0      | 8,44   | 8,44   |
| 23:00 | 0,00   | 4      | 0      | 0,00   | 0,00   |

Figur 14.7: Figuren visar samtliga 'stora' evenemang uppräddade med medianprofil längst till höger. Värden i kW. Endast evenemang som benämndes 'V75' i den studerade kalendern för Referensbyggnad 1 klassades som 'stora' evenemang.

|       | Last 1 | Last 2 | Last 3 | Last 4 | Last 5 | Median |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 00:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 01:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 02:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 03:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 04:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 05:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 06:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 07:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 08:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 09:00 | 10,78  | 16,38  | 12,24  | 8,84   | 3,16   | 10,78  |
| 10:00 | 14,22  | 20,22  | 14,48  | 10,76  | 6,74   | 14,22  |
| 11:00 | 25,74  | 26,02  | 28,02  | 23,74  | 7,50   | 25,74  |
| 12:00 | 22,16  | 24,76  | 20,36  | 16,62  | 11,06  | 20,36  |
| 13:00 | 23,06  | 20,50  | 18,50  | 18,74  | 22,70  | 20,50  |
| 14:00 | 17,64  | 13,06  | 16,70  | 12,96  | 9,34   | 13,06  |
| 15:00 | 11,78  | 6,40   | 10,46  | 10,92  | 7,44   | 10,46  |
| 16:00 | 0,00   | 1,34   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 17:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 18:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 19:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 20:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 21:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 22:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 23:00 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |

Figur 14.8: Figuren visar fem lunchprofiler för Referensbyggnad 1 samt en medianprofil längst till höger. Värden i kW.

|       | Lunch | Litet | Mellan | Stort  |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| 00:00 | 0,00  | 0     | 0      | 0,00   |
| 01:00 | 0,00  | 0     | 0      | 0,00   |
| 02:00 | 0,00  | 0     | 0      | 0,00   |
| 03:00 | 0,00  | 0     | 0      | 0,00   |
| 04:00 | 0,00  | 0     | 0      | 0,00   |
| 05:00 | 0,00  | 0     | 0      | 0,00   |
| 06:00 | 0,00  | 0     | 0      | 0,00   |
| 07:00 | 0,00  | 1,29  | 0      | 6,10   |
| 08:00 | 0,00  | 8,52  | 0      | 10,16  |
| 09:00 | 10,78 | 12,29 | 8,28   | 21,96  |
| 10:00 | 14,22 | 37,77 | 16,38  | 29,14  |
| 11:00 | 25,74 | 48,69 | 19,98  | 55,38  |
| 12:00 | 20,36 | 60,54 | 21,72  | 63,80  |
| 13:00 | 20,50 | 64,8  | 25,5   | 87,20  |
| 14:00 | 13,06 | 70,97 | 28,44  | 99,56  |
| 15:00 | 10,46 | 65,79 | 36,2   | 102,00 |
| 16:00 | 0,00  | 55,18 | 42,76  | 109,56 |
| 17:00 | 0,00  | 36,25 | 53,94  | 107,88 |
| 18:00 | 0,00  | 10,61 | 68,9   | 105,40 |
| 19:00 | 0,00  | 1,36  | 77,9   | 89,06  |
| 20:00 | 0,00  | 0,01  | 83,64  | 63,46  |
| 21:00 | 0,00  | 0     | 70,2   | 28,44  |
| 22:00 | 0,00  | 0     | 65     | 8,44   |
| 23:00 | 0,00  | 0     | 17,06  | 0,00   |

Figur 14.9: Figuren visar en sammanfattning av evenemangstopparna från Referensbyggnad 1 utplacerade tidsmässigt enligt önskad fördelning enligt studiens metod.

# Litteratur

- Axell, Monica (2021). *Energigemenskaper kan ge energibesparingar på 30 procent / RISE*. URL: <https://www.ri.se/sv/press/energigemenskaper-kan-ge-energibesparingar-pa-30-procent> (hämtad 2021-05-19).
- Beckman, William A och John A Duffie (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. 4. utg. Wiley. ISBN: 9780470873663.
- Blair N. DiOrio, N. Freeman J. Gilman P. Janzou S. Neises T. (2017). *SAM general description. National Renewable Energy Laboratory. Golden, CO*. URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/70414.pdf>.
- Boverket (n.d.). *Bygg hållbart*. URL: <https://sverige2025.boverket.se/bygg-hallbart.html> (hämtad 2021-06-09).
- Byman, Karin (2016). *Sveriges Framtida elproduktion. En delrapport*. Tekn. rapport. IVA.
- Denscombe, M. (2014). *The Good Research Guide : For Small-scale Research Projects (5. uppl., Maidenhead.)* Berkshire: McGraw-Hill Education.
- Elsäkerhetsverket (2020). *Installation av batterilager*. URL: <https://www.elsakerhetsverket.se/privatpersoner/din-elanlaggning/bygga-och-renovera/installation-av-batterilager/> (hämtad 2021-05-30).
- Energidistribution, E.ON (2020). *Direkt från Simris. Se hur elen produceras och används i Simris*. URL: <https://www.eon.se/om-e-on/innovation/lokala-energisystem/direkt-fran-simris> (hämtad 2021-05-20).
- (2021). *Följ med till Simris*. URL: <https://www.eon.se/om-e-on/innovation/lokala-energisystem/vi-foernyar-simris> (hämtad 2021-05-20).
- Energimarknadsinspektionen (2020). *Elavtal*. URL: <https://www.ei.se/Elpriskollen/vad-ar-det-du-betalar-for-och-till-vem/> (hämtad 2021-05-20).
- (n.d.[a]). *Nätkoncession*. URL: <https://www.ei.se/sv/for-energiforetag/el/Natkoncession/mer-om-natkoncessioner/> (hämtad 2021-05-24).
- (n.d.[b]). *Undantag från kravet på nätkoncession - IKN*. URL: <https://www.ei.se/sv/for-energiforetag/el/Natkoncession/undantag-fran-kravet-pa-natkoncession-ikn/> (hämtad 2021-05-24).

- Energimyndigheten (2012). *Energi i hotell och restauranger*. Eskilstuna:Energimyndigheten. URL: <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=2667#:~:text=M%C3%A5nga%20hotell%20har%20eget%20k%C3%B6k,till%20tv%C3%A4ttmaskiner%20en%20blygsam%20post> (hämtad 2021-04-21).
- (2015). *Solceller växelriktare*. URL: <https://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/solceller-vaxelriktare/> (hämtad 2021-05-25).
  - (2016). *Åtgärder för ökad efterfrågefleksibilitet i det svenska elsystemet - Ei R 2016:15*. Eskilstuna:Energimyndigheten. URL: <https://www.ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/rapporter-och-pm/2016/atgarder-for-okad-efterfragefleksibilitet-i-det-svenska-elsystemet---ei-r-201615> (hämtad 2021-05-19).
  - (2017). *Så skriver du en energikartlägningsrapport*. Eskilstuna:Energimyndigheten. URL: <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/energieffektivisering/stod-att-soka/energikartlaggningsstodet/sa-skriver-du-energikartlaggningsrapport.pdf> (hämtad 2021-05-16).
  - (2019a). *Ellagen och solceller*. URL: <https://www.energimarknadsbyran.se/solceller/konsumentratt/regler-och-beslut/ellagen-och-solceller/> (hämtad 2021-05-20).
  - (2019b). *Olika typer av solceller*. URL: <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/olika-typer-av-solceller/> (hämtad 2021-05-16).
  - (2019c). *Tjänster för efterfrågefleksibilitet 2019. Sammanställning av tekniska krav och andra villkor för tillhandahållandet av tjänster i form av ändrad elanvändning*. Eskilstuna:Energimyndigheten. URL: <https://www.ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/rapporter-och-pm/2019/tjanster-for-efterfragefleksibilitet-2019---ei-r201904> (hämtad 2021-05-19).
  - (2020a). *Energiläget 2020*. Eskilstuna:Energimyndigheten.
  - (2020b). *Flexibilitet i energisystemen*. Eskilstuna:Energimyndigheten. URL: <https://www.ei.se/bransch/flexibilitet-i-energisystemen> (hämtad 2021-05-19).
  - (2020c). *Solcellskalkyler och prisutveckling - oberoende vägledning om el och gas*. Eskilstuna:Energimyndigheten. URL: <https://www.energimarknadsbyran.se/solceller/kopa-solceller-och-salja-solel/ar-solceller-for-villalonsamt/solcellskalkyl-och-prisutveckling/> (hämtad 2021-05-16).
  - (2021a). *Energiindikationer 2021*.
  - (2021b). *Kortsiktsprognos vinter 2021*. Eskilstuna:Energimyndigheten.
  - (2021c). *Scenarier över Sveriges energisystem*. Eskilstuna:Energimyndigheten.
- E.ON (2021a). *Elnätsabonnemang för företag*. URL: <https://www.eon.se/foeretag/elnaet/elnaetsavgiften> (hämtad 2021-05-21).
- (2021b). *Snabba fakta om E.ON Sverige*. URL: <https://www.eon.se/om-e-on/om-foeretaget> (hämtad 2021-05-20).
  - (2021c). *SWITCH: kapacitet med flexibilitet*. URL: <https://www.eon.se/foeretag/elnaet/switch> (hämtad 2021-05-20).

- E.ON (2021). *Verktuget för en effektiv och hållbar verksamhet*. URL: [https://www.eon.se/foeretag/e-on-navigatort?\\_ga=2.175111012.759695764.1616852202-235698381.1616852202](https://www.eon.se/foeretag/e-on-navigatort?_ga=2.175111012.759695764.1616852202-235698381.1616852202) (hämtad 2021-06-10).
- Fastighetsnätverket (2018). *Svenska kyrkan producerar egen solel*. URL: <http://fastighetsnatverket.se/nyheter/svenska-kyrkan-producerar-egen-solel/> (hämtad 2021-05-24).
- (n.d.). *Dela el mellan byggnader*. URL: <http://fastighetsnatverket.se/inspiration/dela-el-mellan-byggnader/> (hämtad 2021-05-24).
- Ferroamp (2021). *Grönt avdrag för solceller, smart energihub, batterier och laddboxar under 2021*. URL: <https://ferroamp.com/sv/solcellsbidrag-till-batteribidrag/> (hämtad 2021-05-18).
- Fossilfritt Sverige (2020). *Strategi för fossilfri konkurrenskraft*. URL: <https://fossilfrittsverige.se/wp-content/uploads/2020/12/Strategi-for-en-hallbar-batterivardekedja.pdf> (hämtad 2021-04-21).
- Holmström, Christian (2020). *Rekordexport av el och elbrist – samtidigt*. URL: <https://www.ekonomifakta.se/Artiklar/2020/februari/rekordexport-av-el-och-elbrist-samtidigt/> (hämtad 2021-04-21).
- (2021). *Elcertifikat - Ekonomifakta*. URL: <https://www.ekonomifakta.se/fakta/energi/styrmedel/elcertifikat/> (hämtad 2021-05-16).
- Hunkin, Simon och Katharina Krell (2018). *A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Low-carbon economy Renewable Energy Communities*. Tekn. rapport. Interreg Europe. URL: [https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user\\_upload/plp\\_uploads/policy\\_briefs/2018-08-30\\_Policy\\_brief\\_Renewable\\_Energy\\_Communities\\_PB\\_T04\\_final.pdf](https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/plp_uploads/policy_briefs/2018-08-30_Policy_brief_Renewable_Energy_Communities_PB_T04_final.pdf) (hämtad 2021-05-19).
- IEA (2021). *Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector*. Tekn. rapport. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad0d4830-bd7e-47b6-838c-40d115733c13/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf> (hämtad 2021-05-26).
- Infrastrukturdepartementet (2020). *Förlängt stöd för installation av solceller för kommuner och företag*. URL: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/12/forlangt-stod-for-installation-av-solceller-for-kommuner-och-foretag/> (hämtad 2021-05-18).
- Interflex (2017). *Detailed Use Case Planning V1.0*. URL: <https://interflex-h2020.com/results/deliverables/> (hämtad 2021-05-21).
- (2019a). *D8.11 Lessons learnt from islanding demonstrations in use case SE3 Version 1.0*. URL: <https://interflex-h2020.com/results/deliverables/> (hämtad 2021-05-22).
- (2019b). *D8.12 Lessons learnt to draw business models in use case 4 Version 1.0*. URL: <https://interflex-h2020.com/results/deliverables/> (hämtad 2021-05-21).

- Interflex (2019c). *D8.13 Lessons learnt to draw business models in use case SE5 Version 1.0*. URL: <https://interflex-h2020.com/results/deliverables/> (hämtad 2021-05-21).
- (2020). *Interflex project summary Januari 2017 December 2019*. URL: <https://interflex-h2020.com/wp-content/uploads/2019/11/Interflex-Summary-report-2017-2019.pdf> (hämtad 2021-05-20).
- International Renewable Energy Agency (2019). *Utility-scale batteries innovation landscape brief*. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA\\_Utility-scale-batteries\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Utility-scale-batteries_2019.pdf) (hämtad 2021-04-21).
- Johannesson, A. (2021). *Kortare och effektivare tillståndsprocesser för investeringar i omställningen*. URL: <https://www.energiforetagen.se/fardplan-energi/del-tidslinjer-tidslinje-fardplan-energi/tidslinje-kortare-och-effektivare-tillstandsprocesser-/> (hämtad 2021-05-24).
- Jägersro.se (n.d.). *Om Jägersro*. URL: <https://www.jagersro.se/om-jagersro/> (hämtad 2021-05-20).
- Karlbom, Lars (2019). *Fortsatt möjlighet att söka stöd för energilager i hemmet*. URL: <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/fortsatt-mojlighet-att-soka-stod-for-energilager-i-hemmet/> (hämtad 2021-04-21).
- Konsumenternas Energimarknadsbyrå (2020a). *Elområden*. URL: <https://www.energimarknadsbyran.se/el/elmarknaden/elomraden/> (hämtad 2021-04-21).
- (2020b). *Elräkningen*. URL: <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elrakningen/> (hämtad 2021-05-21).
- (2020c). *Är solceller för villa lönsamt?* URL: <https://www.energimarknadsbyran.se/solceller/kopa-solceller-och-salja-solel/ar-solceller-for-villa-lonsamt/> (hämtad 2021-04-21).
- (2021). *Elpriser - prognos och utveckling*. URL: <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elpriser-statistik/elpriser-prognos-och-utveckling/> (hämtad 2021-05-21).
- Krook & Tjäder (2021). *Övergripande presentation. Jägersro. Ett nytt ledande hästcenter*.
- Lane Anna-Lena och Alonzo, Ylva (2015). *Plug-in jämfört med central kylanläggning*. Tekn. rapport. Energimyndighetens Beställargrupp Livsmedelslokaler. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. URL: <http://belivs.se/wp-content/uploads/Dok/forstudier/BF12.pdf> (hämtad 2021-04-21).
- Langels, H. och O. Syrjä (2020). "Potentialen för lokala energisystem i Sverige En fallstudie av projektet med ödrift i Simris ur ett socialt perspektiv." Examensarb. Uppsala universitet. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1444328/FULLTEXT01.pdf> (hämtad 2021-05-20).

Lindahl Johan, Berard Jeffrey Oller Westerberg Amelia Dahlberg Rosell Mårten (2020). *National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2019*. Tekn. rapport. Swedish Energy Agency.

Lindahl Markus och Rolfsman, Lennart och Lidbom Peter (2017). *Energieffektiviseringspotentialer i professionella kök-Snabbmatsrestaurang*. Tekn. rapport. BeLivs innovationskluster. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. URL: <http://belivs.se/wp-content/uploads/Dok/rapporter/BP08.pdf> (hämtad 2021-04-21).

Länsstyrelsen (2020). *Förutsättningar för en trygg elförsörjning*. Tekn. rapport. Länsstyrelsen Skåne.

Malmqvist, Simon (2018). *Batterier i elnätet*. Tekn. rapport. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1221319/FULLTEXT01.pdf> (hämtad 2021-05-26).

Malmö stad (2019). *Översiktsplan för Malmö. Översyn 2019–22. Underlag för samråd. Godkänd av kommunstyrelsen 4 mars 2020*.

Malmö Stad (2021). *Jägersro*. URL: <https://malmo.se/Stadsutveckling/Stadsutvecklingsomraden/Jagersro.html> (hämtad 2021-02-17).

Naturvårdsverket (2021). *Om Klimatklivet*. URL: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Om-Klimatklivet/> (hämtad 2021-05-18).

NordPool (2021). *Trading*. URL: <https://www.nordpoolgroup.com/trading> (hämtad 2021-05-20).

Power Circle (2018). *Elnätets roll i framtidens energisystem. Möjligheter, hinder och drivkrafter för smarta elnätslösningar. Kortversion januari 2018*. URL: [https://powercircle.org/wp-content/uploads/2020/05/2018-Kort\\_KAN2.0-Elna\%CC%\%88tets-roll-i-framtidens-energisystem.pdf](https://powercircle.org/wp-content/uploads/2020/05/2018-Kort_KAN2.0-Elna\%CC%\%88tets-roll-i-framtidens-energisystem.pdf) (hämtad 2021-05-24).

PowerCircle (2020). *Batterilager i framtidens elsystem*. URL: [https://powercircle.org/wp-content/uploads/2020/11/Batterilager\\_i\\_framtidens\\_elsystem\\_SampEL.pdf](https://powercircle.org/wp-content/uploads/2020/11/Batterilager_i_framtidens_elsystem_SampEL.pdf) (hämtad 2021-04-21).

Projektbeskrivning (2021). *Projektbekrivning av SCA+ kopplat till del olika aktörerna samt ansökan till Interreg*.

Prop.2020/21:188 (2021). *Regeringens proposition 2020/21:188 Moderna tillståndprocesser för elnät*. URL: <https://www.regeringen.se/499383/contentassets/757332217d104892a121f29dd6b39917/prop.-202021188-moderna-tillstandsprocesser-for-elnat.pdf> (hämtad 2021-05-24).

Rathi, Akshat och Rachel Dottle (2021). *How Batteries Work: Inside The Batteries Powering Your Car, Phone and More*. URL: <https://www.bloomberg.com/graphics/2021-inside-lithium-ion-batteries/> (hämtad 2021-05-21).



- Regeringskansliet (2019). *Remiss från Infrastrukturdepartementet Remiss av betänkandet Moderna tillståndprocesser för elnät (SOU 2019:30)*. Diarienummer: I2019/01809/E. URL: <https://www.regeringen.se/remisser/2019/06/remiss-av-betankandet-moderna-tillstandsprocesser-for-elnat-sou-201930/> (hämtad 2021-05-24).
- (n.d.). *Regeringskansliets rättsdatabaser. Regeringskansliets rättsdatabaser innehåller lagar, förordningar, kommittédirektiv och kommittéregistret*. URL: <http://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=1997:857> (hämtad 2021-05-24).
- Regeringskansliet (2021). *Mål för energipolitiken*. URL: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/energi/mal-och-visioner-for-energi/> (hämtad 2021-05-24).
- SAM (n.d.[a]). *Battery Storage*. URL: <https://sam.nrel.gov/battery-storage.html>.
- (n.d.[b]). *System Advisor Model Version 2017.9.5 (SAM 2017.9.5) Website*. URL: <http://www.nrel.gov/photovoltaic/>.
- Skärvad Per-Hugo, Olsson Jan (2017). *Företagsekonomi 100*. 18. utg. Liber AB. ISBN: 9789147113170.
- Skånska Travsällskapet (2021). *Innovationsprojekt med vinnov-stöd*. URL: <https://www.jagersroastcenter.se/> (hämtad 2021-05-20).
- Solcellskollen (2020). *Vilken lutning och väderstreck är bäst för solceller?* URL: <https://www.solcellskollen.se/vanliga-fragor/vilken-lutning-och-vaderstreck-ar-bast-for-solceller> (hämtad 2021-05-28).
- (2021). *Vilken lutning och väderstreck är bäst för solceller?* URL: <https://www.solcellskollen.se/vanliga-fragor/vilken-lutning-och-vaderstreck-ar-bast-for-solceller> (hämtad 2021-05-29).
- Sonnsjö, Hannes (2020). *Trygg elförsörjning i Skåne län -underlagsrapport*. Tekn. rapport. Malmö: Länsstyrelsen Skåne.
- Stridh, Bengt och David Larsson (2017). *Investeringskalkyl för solceller*. Tekn. rapport. Stockholm: Energimyndigheten. URL: <https://www.e2b2.se/library/2705/slutrapport-investeringskalkyl-foer-solceller.pdf> (hämtad 2021-05-16).
- STS (2020a). *Det nya Jägersro. Förutsättningarna som ska skapa Europas ledande hästcenter. Viljeförklaring utarbetad av Skånska travsällskapet*.
- (2020b). *Skånska travsällskapets stadgar*. URL: [https://www.jagersro.se/wp-content/uploads/2021/02/Stadgar\\_STS\\_2021-1.pdf](https://www.jagersro.se/wp-content/uploads/2021/02/Stadgar_STS_2021-1.pdf) (hämtad 2021-05-20).
- Svensk Byggtjänst (2021). *Guide: Solel i renovering och nybyggnation*. URL: <https://omvarldsbevakning.byggtjanst.se/artiklar/2021/februari/guide-solel-i-renovering-och-nybyggnation/> (hämtad 2021-06-09).
- Svensk Elmarknadshandbok (2020). *Svensk elmarknadshandbok*. Utgåva nr 20A version 2020-04-01. Svenska kraftnät, Oberoende elhandlare och Energiföretagen.

- Svenska Kraftnät (2017). *Systemutvecklingsplan 2018 - 2027*. Sundbyberg: Svenska Kraftnät. URL: <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2017/svenska-kraftnats-systemutvecklingsplan-2018-2027.pdf> (hämtad 2021-04-21).
- (2020). *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden, rapport 2020*. Sundbyberg: Svenska Kraftnät. URL: <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2020/kraftbalansen-pa-den-svenska-elmarknaden-rapport-2020.pdf> (hämtad 2021-04-21).
  - (2021a). *Lokala flexibilitetsmarknader*. URL: <svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/lokala-flexibilitetsmarknader2/> (hämtad 2021-05-27).
  - (2021b). *Ödrift*. URL: <https://www.svk.se/sok/?search-field=Ödrift> (hämtad 2021-06-08).
- Vattenfall (2021). *Prishistorik över Rörligt elpris*. URL: <https://www.vattenfall.se/elavtal/elpriser/rorligt-elpris/prishistorik/> (hämtad 2021-05-20).
- (n.d.). *Växelriktare för solceller*. URL: <https://www.vattenfall.se/solceller/solpaneler/vaxelriktare/#:~:text=F%C3%B6rdelarna%20med%20en%20MPPT%20per,som%20f%C3%B6r%20den%20klassiska%20str%C3%A4ngv%C3%A4xelriktaren> (hämtad 2021-05-25).
- Wallnér, E. (2021). *Så väljer du en bra växelriktare*. URL: <https://www.solcellskollen.se/blogg/sa-valjer-du-en-bra-vaxelriktare> (hämtad 2021-05-25).
- Wallnér, Erik (2018). *Är det lönsamt att lagra sol i Sverige?* - *Solcellskollen*. URL: <https://www.solcellskollen.se/blogg/ar-det-lonsamt-att-lagra-solel-i-sverige> (hämtad 2021-04-21).
- WSP (2021). *Beslut och balans i elsystemet*. URL: <https://www.wsp.com/sv-SE/insikter/brister-beslut-och-balans-i-elsystemet> (hämtad 2021-05-21).