

Solel i lantbruket – realiserbar potential och nya affärsmodeller

Ida Norberg, Ola Pettersson, Alf Gustavsson,
Peter Kovacs, Magdalena Boork, Patrik Ollas,
Joakim Widén, David Lingfors, Jesper Marklund,
David Larsson, Daniel Ingman och Hans Jältorp

Solel i lantbruket – realiserbar potential och nya affärsmodeller

Solar electricity in agriculture – realizable potential and new business models

Ida Norberg, Ola Pettersson, Alf Gustavsson, Peter Kovacs, Magdalena Boork, Patrik Ollas, Joakim Widén, David Lingfors, Jesper Marklund, David Larsson, Daniel Ingman, Hans Jältorp



En referens till denna rapport kan skrivas på följande sätt:

Norberg, I., Pettersson, O. m.fl. 2015. Solel i lantbruket – realiserbar potential och nya affärsmodeller. Rapport 433, Lantbruk & Industri. JTI – Institutet för jordbruks- och miljö teknik, Uppsala

A reference to this report can be written in the following manner:

Norberg, I., Pettersson, O. et al. 2015. Report 433, Agriculture & Industry. JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering. Uppsala, Sweden

Innehåll

Förord.....	5
1 Sammanfattning	7
2 Summary	8
3 Bakgrund	9
3.1 Syfte och mål	11
3.2 Befintliga energikartläggningar	11
3.3 Potentialstudier	11
3.4 Ekonomi	12
4 Metoder	12
4.1 Intervjuer	12
4.2 Energimätning på gårdar	13
4.2.1 Urval av gårdar	13
4.2.2 EnergyWatch	13
4.2.3 Elanvändning per timme	14
4.3 Potential för att flytta elanvändning i tiden	15
4.4 Potential för solelproduktion	16
4.4.1 Byggnader	16
4.4.2 Marginalmarker	18
4.4.3 Potential för elleveranser i lokala elnät	19
4.4.4 Lönsamhetsbegränsningar	21
4.5 Potential i affärsmodeller	24
5 Resultat	25
5.1 Intervjuer med lantbrukare med solel	25
5.1.1 Solelanläggningarnas utformning, intervjustudie	26
5.1.2 Hur öka intresset för solel, intervjustudie	26
5.1.3 Val av storlek, intervjustudie	27
5.1.4 Produktionsekonomi, intervjustudie	27
5.1.5 Planering och installation, intervjustudie	27
5.1.6 Underhåll, intervjustudie	27
5.1.7 Säkerhet, intervjustudie	28
5.2 Intervjuer med intresserade lantbrukare	28
5.3 Energianvändning inom olika verksamhetsområden	28
5.3.1 Mätningar på gårdar	28
5.3.2 Mätning av elanvändning per dygn	29
5.3.3 Identifiering av elutrustning	29
5.3.4 Resultat från tidigare energikartläggningar	30
5.4 Teoretisk potential	38
5.4.1 Ytor på mark och tak	38

5.5	Realiserbar potential	41
5.5.1	Acceptansgräns för solel i eldistributionsnät	41
5.5.2	Lönsamhet	43
5.6	Förbättrad lönsamhet ("Affärsmodeller")	44
6	Kvalité, säkerhet och underhåll	45
6.1	Kvalité hos komponenter och system	45
6.1.1	Solcellsmoduler	46
6.1.2	Växelriktare	46
6.1.3	Kablage och kontakter	47
6.2	Säkerhet	47
6.2.1	Elsäkerhet	47
6.2.2	Brandsäkerhet	48
6.2.3	Säkerhet mot för höga taklaster	48
6.2.4	Stöld och skadegörelse	49
6.2.5	Försäkringsfrågor	49
6.3	Drift och underhåll	49
7	Informationsspridning – Solel i lantbruket	49
7.1	Folder	49
7.2	Pre-Folder	50
7.3	Hemsidor	50
7.4	Informationsspridning/föreläsningar	50
7.4.1	Konferens/Seminarium	50
7.4.2	Planerad resultatspridning	51
8	Diskussion och slutsatser	51
8.1	Potential	52
8.2	Uppskalning	53
8.3	Lönsamhet	53
8.4	Fortsatt arbete	54
9	Referenser	54
Bilaga 1.		57
	Intervjufrågor till del 1 (de som har en solelsanläggning)	57
	Intervjufrågor till del 2 (intresserade av att skaffa solel)	65

Förord

Det finns ett stort intresse hos svenska lantbrukare för att investera i solel. Tekniken ses som väldigt intressant då den är både tyst och driftsäker. Det finns även goda fysiska förutsättningar på många lantbruk, med stora takytor i bra sollägen. Osäkerheten som råder kring ekonomin för dessa anläggningar har dock en avgörande betydelse för investeringsviljan.

Föreliggande rapport beskriver vilka variabler och praktiska förutsättningar som har betydelse för om en större utbyggnadstakt av solkraft skall kunna ske inom lantbruket.

Projektet har utförts som ett samarbete mellan JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Energikontoret i Mälardalen, Uppsala Universitet, Solkompaniet AB samt LRF Lantbrukarnas riksförbund.

Projektet har genomförts med stöd av Energimyndigheten.

Vi vill tacka den referensgrupp som varit knuten till projektet och som har bidragit med kloka synpunkter. Referensgruppen har bestått av Johan Nyqvist, Solar Region Skåne (Energikontoret Skåne), Tommy Johansson, Föreningen Solel i Sala & Heby, och Jan-Olof Dalenbäck, Svensk Solenergi.

Uppsala i juni 2015

Anders Hartman

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

1 Sammanfattning

Projektet som ligger bakom denna rapport beskriver de förutsättningar som finns att installera, använda och sälja solproducerad el vid lantbruksföretag.

Både svenska och internationella energi- och klimatmål innebär en uttalad strävan mot att öka andelen förnybar energi. Solenergi väntas spela en betydande roll i det framtida energisystemet. Med dagens regelverk krävs dock att flera gynnsamma omständigheter sammanfaller för att solelproduktion ska vara lönsam inom lantbruket. Det faktum att de flesta tillverkande lantbruksföretag betalar en låg energiskatt, gör det svårt att producera solel till en lägre kostnad. Istället krävs det att investeringarna kan hållas låga, exempelvis genom investeringsbidrag eller att använda eget kapital i stället för lånefinansiering. Kalkylen stärks även om det går att utnyttja den nya skattereduktionen för el som levereras ut på elnätet. Beroende på möjlig stödnivå, investeringskostnad och intäkter från försäljning av el, är det möjligt att bedöma vilken solinstrålningsnivå som krävs för att nå den ekonomiska brytpunkten. Generellt kan sägas att utan investeringsstöd är det endast platser med hög och skuggfri instrålning som kan bli lönsamma i lantbruk med energiskattebefrielse. Med investeringsstöd blir även taktytor med lägre instrålning ekonomiskt intressanta.

I projektet har uppskattningar gjorts av de svenska lantbrukens tillgängliga taktytor och deras orientering, och därmed också hur lämpliga de är för solelproduktion. I en detaljerad fallstudie för Herrljunga kommun har potentiell solelproduktion på lantbruksbyggnader beräknats baserat på laserscannade höjddata (så kallad LiDAR-data) och Lantmäteriets fastighetskarta. Beräknad timvis solelproduktion har, tillsammans med timvis elanvändningsdata för Herrljungas elnät, legat till grund för simuleringar av spänning och ström i nätet. Studien visar att risken för överspänningar i mellanspänningsnäten (10 kV) på landsbygden är liten, om alla taktytor som har en årlig solinstrålning på över 1000 kWh per m² används för solelproduktion. För samtliga Sveriges lantbruk uppskattas solelproduktionen på dessa taktytor vara i storleksordningen 2 TWh per år. Solelinstallation på alla taktytor med instrålning på minst 900 kWh per m² och år kan dock skapa problem med överspänningar och överbelastningar i elnäten. Elnätets kapacitet innebär alltså en kraftig begränsning för hur mycket solceller som kan installeras.

Även markmonterad solel kan vara aktuell inom lantbruket, särskilt för storskaliga system. Icke produktiv mark i nära anslutning till jordbruken skulle då kunna bli aktuell. Lämpliga marktytor finns på i stort sett alla lantbruk. Förutom kapacitetsbegränsningar i elnätet utgör avståndet till lämplig inkopplingspunkt för el den största begränsningen för sådana installationer.

En genomgång av elanvändningsmönster inom lantbruk har genomförts. Utgångspunkten var att stor egenanvändning av den producerade solelen var ekonomiskt fördelaktigt. Större delen av förbrukningsmönstret är dock låst till verksamheter som är mycket svåra eller kostsamma att flytta i tiden. Det bedöms inte vara ekonomiskt realistiskt att genomföra ombyggnader för att flytta laster och därmed matcha solelproduktionen. Det visar sig även att hög egenanvändning inte nödvändigtvis ger bättre ekonomi, beroende på dagens regelsystem gällande bland annat energiskatter och skattereduktion.

För att samla in erfarenheter från redan genomförda solelinstallationer på lantbruk genomfördes en intervjuserie med 22 olika lantbruk. Erfarenheterna är överlag

goda, där elproduktionen har varit enligt förväntan eller över. Ekonomin har i flera fall fungerat tack vare solelstöd, vilket minskat kapitalkostnaderna.

Vidare har intervjuer genomförts med några lantbrukare som representerar verksamheter med stor elförbrukning även under soliga varma dagar, men som ännu inte har investerat i solel. Samtliga var intresserade av solelinstallationer, men upplevde en osäkerhet gällande systemens ekonomi och om solelstödet kommer att kunna betalas ut.

Det finns en allmänt utbredd önskan hos både lantbrukare och politiker att förskjuta det svenska jordbruket mot lägre samlade miljövetryck. Att använda solel är ett sätt att reducera de miljövetryck som elanvändning leder till. Utbyggnadstakten skulle kunna vara ännu högre än vad den faktiskt är idag, men utvecklingen tenderar att bromsas av att solelsystemen riskerar att visa dålig ekonomi. Detta beror delvis på att el från nätet idag subventioneras för tillverkande företag genom reducerad energiskatt. Dessutom råder en osäkerhet om investeringsstödens framtid. För att främja en mer positiv utveckling av solelbyggnaden på lantbruk behöver regelsystemen vara långsiktiga och förutsägbara, samtidigt som de utformas på ett sådant sätt att de tydligt stödjer även producerande jordbruk.

2 Summary

The project underlying this report describes the conditions for installation of equipment, use and sale of the solar electricity in agricultural enterprises.

Both Swedish and international energy and climate change goals represents a clear ambition to increasing the share of renewable energy. Solar energy is expected to play a significant role in the energy system of the future. With today's regulations it is required that several favorable circumstances coincide before solar power will be profitable in agriculture. The fact that most manufacturing agricultural enterprises pay a low energy tax for electricity makes it difficult to produce solar electricity at a lower cost. Instead, it requires that investments can be kept low, for example through investment grants or using equity or own funds instead of debt financing. The calculation is even more positive if you can use the new tax credits for electricity supplied to the grid. Depending on the possible level of grants and support, the investment cost and also the revenue from sales of electricity, it is possible to assess the insolation level needed to reach the economic break-even point. Generally speaking, without investment grants only shadow-free locations with high insolation are profitable in farming with the energy tax exemption. With investment grants, even roof areas with lower insolation become more economically interesting.

In the project there have been estimates of available roof surfaces on Swedish farms and their orientation, and thus their suitability for solar power. In a detailed case study of the Municipality of Herrljunga, the potential solar power in agricultural buildings have been calculated based on laser scanned elevation data (so-called LiDAR data) and Lantmäteriets property maps. Estimated hourly solar power production along with hourly electricity consumption data for Herrljunga municipality grids are the basis for simulations of voltage and current in the grid. The study shows that the risk of surges in the medium voltage grid (10 kV) in rural areas are small in case where all roof surfaces with an annual insolation of over 1000 kWh per m² are used for solar power. The total electricity production

from the Swedish agriculture, if all roof areas with this insolation level were used, is estimated to 2 TWh annually. With solar power on all roof surfaces with an annual insolation of at least 900 kWh per m² problems with surges and overloads in the electricity grid might occur. The electrical grids capacities thus substantially limit how much solar power can be installed.

Even ground-mounted solar power systems can be relevant in agriculture, especially large-scale systems. Non-productive areas close to the farms could then become relevant for installation. Suitable land surfaces are available in practically all agricultural enterprises. In addition to capacity constraints in the power grid, the distance to the appropriate connection points for electricity is the main limitation for such installations.

Reviews of the electricity consumption patterns in agriculture have been made. The starting point was that a large in-house consumption of the produced electricity should be economically advantageous. Most of the consumption patterns, however, are connected to activities that are very difficult or costly to move in time. It is assessed not to be economically realistic to make reconstructions only to move electrical loads in time and thereby match production of solar electricity. The reviews also found that high self-use does not necessarily give better economy, due to the current regulations concerning for example energy taxes and tax reductions.

To collect experiences from already completed solar power installations on farms, a series of interviews with 22 different farms were conducted. The experiences are generally good, the electricity production have been according to, or exceeding, expectations. The economy has in several cases been acceptable due to the investment grants for solar power installations which thereby reduced capital costs.

Furthermore, interviews were conducted with some farmers who represent businesses with large electricity consumption during even sunny and warm days, but who have not yet invested in solar electricity. All were interested in solar power, but experienced some uncertainty regarding the system economy and if the investment grants for solar power installations will be able to be paid out.

There is a widespread desire among both farmers and politicians to shift Swedish agriculture towards an overall lower environmental footprint. The use of solar energy is one way to reduce the environmental footprint of electricity production. The rate of expansion could be even higher than it currently is, but the trend tends to be slowed because of the risk for the solar power systems to show poor economy. This is partly due to electricity from the grid are currently subsidized for manufacturers, through reduced energy tax. In addition, there is an uncertainty about the future of the investment grants. To promote a more positive development for more solar power systems in agriculture, the regulatory systems needs to be long term and predictable, while they are designed in such a way that they also clearly support producing agriculture.

3 Bakgrund

De senaste åren har intresset för att installera solceller varit stort och varje år har en fördubbling skett av den installerade effekten. Under år 2014 installerades 36,2 MW i solcellsanläggningar i Sverige, vilket var nästan en fördubbling mot 2013 (IEA, 2014). De flesta anläggningarna är anslutna till elnätet och vid slutet av år 2014

fanns 69,9 MW nätuppkopplad soleleffekt. Ytterligare 10 MW finns i fristående solelsystem utan nätuppkoppling. Totalt beräknas solelanläggningarna 2014 stå för 0,06 % av landets totala elenergianvändning (IEA, 2014). En stor andel av anläggningarna är relativt små, vilket visas av att det för 2014 endast fanns 967 stycken i elcertifikatsystemet, motsvarande en produktion på 9 GWh (beräknat till 18 GWh på helårsproduktion). Ökningstakten för antalet anläggningar med elcertifikat är dock hög (Energimyndigheten, 2015c).

Orsaken till ökningen beror till stor del på att kostnaden för solceller har minskat, men även på ett ökande intresse för att producera egen elenergi. Priset för ett nyckelfärdigt solelsystem var vid slutet av år 2014 cirka 13 kr per W installerad effekt exklusive moms (IEA, 2014). Det är i stort sett en halvering av priserna jämfört med 2010.

År 2011 fanns det i Sverige 20 500 företag med nötkreatur, 1 500 företag med svin, 3 800 företag med höns och 9 400 företag med får (SCB, 2011). Antal företag som år 2010 bedrev växtodling var drygt 20 000 stycken (SCB, 2010a). Dessutom finns det hästar på ca 77 000 platser i Sverige, varav ca 1/3 finns på landsbygden (SCB, 2010b). Totalt finns det alltså omkring 80 000 lantbruksföretag i Sverige. Förutom bostadshuset finns det ladugårdar, maskinhallar och andra ekonomibyggnader med stora tak på lantbruk. Det utgör en stor potential för lantbruksföretag att producera hela eller en del av sin egen el från en förnyelsebar energikälla. Om 10 % av gårdarna skulle installera en solelanläggning med en genomsnittlig årsproduktion av 10 MWh (solelisalaheby.se), vilket motsvarar en takyta på 100 m², skulle elproduktionen från solceller öka med 80 GWh per år i Sverige. Det motsvarar en installerad effekt på 84 MW. Detta kan jämföras med den installerade solcellseffekten på 70 MW i Sverige enligt IEA, 2014.

De positiva effekter som en investering i en solcellsanläggning skulle kunna innebära för ett lantbruksföretag är bland annat möjligheten att kunna minska sin elkostnad genom att producera egen el, bli mer självförsörjande på el, och att bidra till en bättre miljö genom att utnyttja solenergin som kan ersätta fossil energi. Det ger också en form av riskspridning då företaget får en känd produktionskostnad för elen och kan undvika eventuella pristopp för inköpt el på marknaden. I det fall solelanläggningen kombineras med exempelvis ett batterilager som energireserv, gör det även lantbruket mindre sårbart vid elbortfall från nätet.

En förstudie som Innovatum gjorde år 2013 ”Solcellsanläggningar för lantbruket – nya affärsmodeller” visar att intresset för solel är stort bland lantbrukare (Innovatum, 2013). Där genomfördes bland annat en enkätstudie som fokuserade på intresset för att starta satsningar på solel. Enkäter skickades ut till 6800 lantbrukare. Efter bara sex dagar hade över 1000 svar inkommit. Av de svarande trodde 30 % att solel skulle förbättra lönsamheten i deras verksamhet och 45 % var positiva i att investera i solelproduktion. Drygt hälften svarade också att de ansåg att deras fastighet var lämplig för solelproduktion. Två viktiga aspekter var att intäkten bör vara stabil och förutsägbar samt att det inte ska kräva mycket tid.

Innovatums studie tittade också på möjliga affärsmodeller utifrån enkätsvaren och identifierade två möjliga kundbehov. Antingen investeras i en liten anläggning som täcker det egna elbehovet, där effekttaket styrs av elförbrukningen under sommaren, eller så investeras i en större anläggning med syfte att sälja överskottselen.

3.1 Syfte och mål

Syftet med projektet var att identifiera hinder och drivkrafter för att förbättra solelens förutsättningar på lantbruk. Projektets effektmål var att öka solelproduktionen, vilket leder till minskad klimatpåverkan samtidigt som det kan förbättra ekonomin i lantbruket och göra det mer självförsörjande på el.

3.2 Befintliga energikartläggningar

Flera olika undersökningar eller kartläggningar av energianvändningen i jordbruket finns publicerade. Uppgifter om jordbrukets årliga energianvändning uppdelat på olika energislag har gjorts av Energimyndigheten (2014). Kartläggningar av jordbrukets energianvändning på årsbasis inom verksamhetsområdena nöt, gris och fjäderfä har genomförts av Edström m.fl. (2005), Hörndahl (2007) och Neuman (2009). Dessa undersökningar har även redovisat energianvändningen för olika produktionsgrenar och arbetsmoment som nyckeltal, t.ex. antal kWh per ko eller kWh per kg producerad mjölk.

Däremot saknas uppgifter om energianvändning på timbasis för olika arbetsmoment eller utrustningar, vilket är viktigt för att kunna bedöma vilka delar av verksamhetens elförsörjning som skulle kunna ersättas med solel samt för att kunna studera möjligheten till lastförflyttningar.

3.3 Potentialstudier

Den övergripande målsättningen med detta projekt är att studera potentialen för en utbyggd solelproduktion inom svenskt lantbruk.

De typer av potentialer som har behandlats är:

- Tillgången på lämpliga takytor med bra solinstrålning.
- Elnätens kapacitet för inmatning av elkraft i de elnät som finns på landsbygden.
- Den möjlighet som lantbruk har att använda den egenproducerade elen själva lokalt istället för att mata ut el på nätet.
- Den ekonomiska potentialen för lantbruk att genomföra investeringar.

Potentialen för solelproduktion i Sverige har tidigare studerats av VBB (1983) och av Kjellsson (1999, 2000). Kjellsson kom fram till, utifrån byggnadsstatistik och olika antaganden om lantbrukets byggnader, att det i Sverige som helhet finns ungefär 150 km² tillgängliga ytor på lantbruksbyggnader, men redovisar inte den faktiska solenergipotentialen inom lantbruket specifikt. Potentialstudier inom Sverige har mer nyligen genomförts för Dalarnas län (Widén & Weiss, 2012) och Blekinge län (Lingfors & Widén, 2014). I den förra togs lantbrukets byggnader inte med på grund av brist på statistik, men i den senare uppskattades lantbrukets potential inom länet till 50 GWh (4 % av den totala potentialen). Det finns även exempel på internationella studier som har uppskattat den tekniska och ekonomiska potentialen för solel inom lantbruksverksamheter såsom hönserier (Byrne m.fl., 2005; Bazen och Brown, 2009).

Tidigare studier av vilken mängd intermittent elproduktion (t.ex. solel) ett elnät har kapacitet för, det vill säga elnätets *acceptansgräns*¹, visar på varierande potential för olika elnät. Elnät på landsbygden är i regel inte dimensionerade för storskalig intermittent elproduktion, och för dessa finns därför större begränsningar för storskalig anslutning av solel. Enligt Power Circles (2014) studie av elnät i södra Sverige finns det ”med måttliga förstärkningar” i genomsnitt 4,9 MW ledig kapacitet i distributionsnäten. En studie av ett av Fortums elnät i landsbygdsmiljö resulterade i en acceptansgräns på 60 % av elbehovet på årsbasis (Walla, 2012), det vill säga att det skulle få plats ytterligare 60 % av elbehovet i elnätet innan det uppstår oacceptabla avvikelser på elkvaliteten. En belgisk rapport visar att det finns potential för intermittent produktion, men det behövs förstärkningar i nätet för att tillgodose elkvaliteten i takt med den ökning av förnyelsebar elproduktion som förväntas fram till år 2020 (Fawzy et al., 2011). Liknande resultat kan ses i Australien där förnyelsebar elproduktion, i synnerhet solel, är inne i en kraftig expansionsfas (Collins & Ward, 2015).

3.4 Ekonomi

Vid Institutionen för ekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet, har ett examensarbete utförts under samma tidsperiod som, och i samarbete med, projektet Solel i lantbruket. Studenterna har under arbetets gång haft kontakt med flera av deltagarna i solelprojektet för att få underlagsmaterial och för att diskutera resultat m.m. Examensarbetets titel är ”Solar energy on Swedish Pig Farms – A sunny story?” där optimeringsberäkningar har utförts på olika alternativ för installationer av solel på ett fiktivt lantbruksföretag med grisuppfödning (200 suggor i produktion med integrerad slaktsvinsuppfödning). Slutsatsen av deras beräkningar visar att en investering i solenergi är ekonomiskt möjlig under förutsättning att det går att få investeringsbidrag, och att man kan handla med elcertifikat med de villkor som var gällande 2014 (Ekman & Jonsson (2014). Vilket investeringsalternativ som är optimalt för den enskilda gården är mycket beroende på vilket elbehov som gården har.

4 Metoder

4.1 Intervjuer

För att få en uppfattning om vilka hinder och drivkrafter som finns för investeringar i solel på lantbruk intervjuades 22 lantbrukare. Intervjuerna gjordes per telefon. De flesta (17 st) av de utfrågade hade installerat solel. Dessutom intervjuades fem lantbrukare som inte hade skaffat solel, för att även få med synpunkter från den kategorin.

De som intervjuades valdes ut på flera olika sätt. Genom sökningar på internet hittades många tidningsreportage om lantbrukare som har investerat i solel. Lantbrukarnas egen organisation, LRF, har även tagit fram några visningsgårdar som har byggt solelanläggningar. Några elbolag hade även information om både privatpersoner och företag som har installerat solel.

Intervjufrågorna som användes till lantbrukarna återfinns i bilaga 1.

¹ På engelska kallat *hosting capacity*.

4.2 Energimätning på gårdar

4.2.1 Urval av gårdar

Tanken bakom energimätningarna var att undersöka elanvändningen på gårdar som använder mycket el under sommarhalvåret. Det gäller exempelvis gårdar med djurhållning inomhus sommartid med energikrävande ventilationsanläggningar, gårdar med mjölkkor där elenergi krävs under hela året för mjölkning och kylning, men även gårdar med kyllager för t.ex. grönsaker.

Energimätningar gjordes på sammanlagt sex gårdar, varav tre i Mälardalen och tre i Boråstrakten, se Tabell 1. Två av gårdarna i Mälardalen hade svinproduktion och en hade slaktkycklingproduktion. Gårdarna i Boråstrakten var två stycken med mjölkkor – en med mjölkgrup och en med mjölkgrup + robotmjölkning – samt en gård med äggproduktion och livkycklinguppfödning.

Tabell 1. Driftsinriktningar för de studerade gårdarna.

Gård	Produktion	Övrigt
1	Slaktkyckling, spannmål	
2	Suggor och slaktsvin, spannmål	Ekologisk med utegrisar
3	Suggor och slaktsvin, spannmål	
4	Mjölkkor	Mjölkgrup
5	Mjölkkor	Mjölkgrup och robotmjölkning
6	Äggproduktion och livkycklinguppfödning	

4.2.2 EnergyWatch

EnergiWatch är ett mätinstrument utvecklat av Vattenfall, som både identifierar enskilda förbrukare och analyserar gårdens momentana elförbrukning. Fyra stycken EnergyWatch-utrustningar inköptes till undersökningen för att kontinuerligt mäta energianvändningen på de utvalda gårdarna. Utrustningen består av ett mätöga som monteras på elmätaren vid gårdens elcentral samt en databox och ett 3G-modem med WLAN-router. Mätögat registrerar ljusimpulserna från elmätarens lysdiod som blinkar i takt med elanvändningen. Antalet blinkningar eller impulser finns angivet på elmätaren, och ett vanligt värde är 10 000 impulser per kWh. Mätögat monteras i en särskild hållare på elmätaren för att få rätt position till lysdioden.

Databoxen består av en batterilåda med elektronik. Den är ansluten med kabel till mätögat, och samlar in och lagrar data från mätögat, se Figur 1.

Databoxen skickar data till WLAN-routern som sedan vidarebefordras via 3G-nätet till Vattenfalls server. Statistik på elanvändningen för de olika gårdar som mätutrustningarna är placerade på kan därefter studeras genom att logga in på internetadressen <https://pro.energywatch.se/>.



Figur 1. Mätöga och databox monterade i mätarskåp.

I EnergyWatch presenteras statistik över energianvändningen i diagramform, där upplösningen kan vara per månad, per dygn, per timme eller aktuell energianvändning för den senaste 12-minutersperioden. Dessutom finns en analysdel, där EnergyWatch försöker att identifiera enskild elutrustning och den tid som respektive elutrustning används. EnergyWatch använder sig vid identifieringen av den förändring i eleffekten som uppstår när en viss utrustning slås på eller stängs av. En viss elutrustning kan på så sätt kopplas till en viss eleffektshöjning eller sänkning, och listas med ett löpnummer. Det är möjligt att byta ut löpnumret på respektive elutrustning mot verkliga namn, t.ex. ”varmvattenberedare”.

EnergyWatch-utrustningen monterades så att elanvändningen på varje gård registrerades under minst en månad under sommaren och hösten 2014.

4.2.3 Elanvändning per timme

De elektroniska elmätare som numera finns installerade hos de flesta elabonnenter kan mäta elanvändningen per timme. För elabonnenter som har elavtal med rörligt elpris ger det möjligheten att styra elanvändningen till tider på dygnet med lägre elpris för att minska på elkostnaden. Som en service till dessa kunder har många nätbolag tagit fram lösningar där kunderna själva kan logga in sig på en kundportal för att ta fram statistik på elanvändningen per timme.

Från kundportalen kan data om elanvändningen per timme ofta även exporteras i format som går att hantera med vanliga kalkylprogram i en dator. Data om elanvändningen kan då studeras närmare för att t.ex. se hur behovet av el varierar under olika tidsperioder.

I denna studie hämtades data om timvis elanvändning under tolv månader för de sex gårdarna från de elhandels- eller elnätsbolag som respektive gård var ansluten till. Uppgifterna sparades därefter i Excel-format för vidare bearbetning.

4.3 Potential för att flytta elanvändning i tiden

För att så mycket som möjligt av elenergin från solet ska kunna användas för eget bruk inom gården, måste användningen av energikrävande elutrustning kunna styras så att den är inkopplad under tider på dygnet då solet produceras. Elutrustning som kopplas in manuellt och som har hög effekt bör därför användas under dygnets ljusa tider. Många elutrustningar styrs av automatik, t.ex. utrustningar för ventilation och värme, vilket gör att man inte kan styra inkopplingstiden på ett enkelt sätt. Däremot använder t.ex. ventilationsanläggningar mer elenergi under varma, soliga dagar då tillgången på solet är god.

Neuman (2008) och Hörndal et al. (2012) har gjort mätningar och kartlagt användning av elutrustning samt energianvändningen på lantbruksföretag med olika driftsinriktningar. I kartläggningsstudierna redovisas uppgifter om den direkta energianvändningen i form av el, diesel, eldningsolja och biobränslen för några olika driftsinriktningar. Nedanstående sammanställning redovisar de olika arbetsmoment som har studerats och den elutrustning som har använts.

Mjölkning

- vakuumpump
- mjöltk tank med kylaggregat och omrörare
- diskmaskin för mjölkkningsanläggning
- diskmaskin för mjöltk tank
- mjölkkningsrobot

Utgödsling

- linutgödsling
- hydraulisk skraputgödsling
- tryckutgödsling
- gödselpumpar

Utfodring

- eldriven mixervagn/foderblandare
- eldriven utfodringsvagn
- bandfoderfördelare
- upprullare av rundbalar
- kvarnar/krossar
- transports kruvar

Ventilation och värme

- mekanisk ventilation med fläktar
- styrsystem för värme och ventilation
- värmelampor för smågrisar

Övrigt

- värme i personalutrymmen
- frostskydd för vatten i isolerat stall
- högtryckstvätt
- varmvattenberedare
- belysning

4.4 Potential för solelproduktion

Herrljunga med omnejd har valts som studieobjekt för potentialberäkningarna eftersom högupplöst data vad gäller områdets elnätuppbyggnad, såväl som specifika data som last på timbasis och verksamhet per anslutningspunkt, finns att tillgå via Herrljunga Elektriska AB som äger nätet. Elnätsdata har kombinerats med byggnadsdata från GSD-Fastighetskartan, för att knyta byggnader till anslutningspunkter i lågspänningsnätet. Totalt finns i lågspänningsnätet 5 170 kunder fördelade på 3 331 anslutningspunkter.

4.4.1 Byggnader

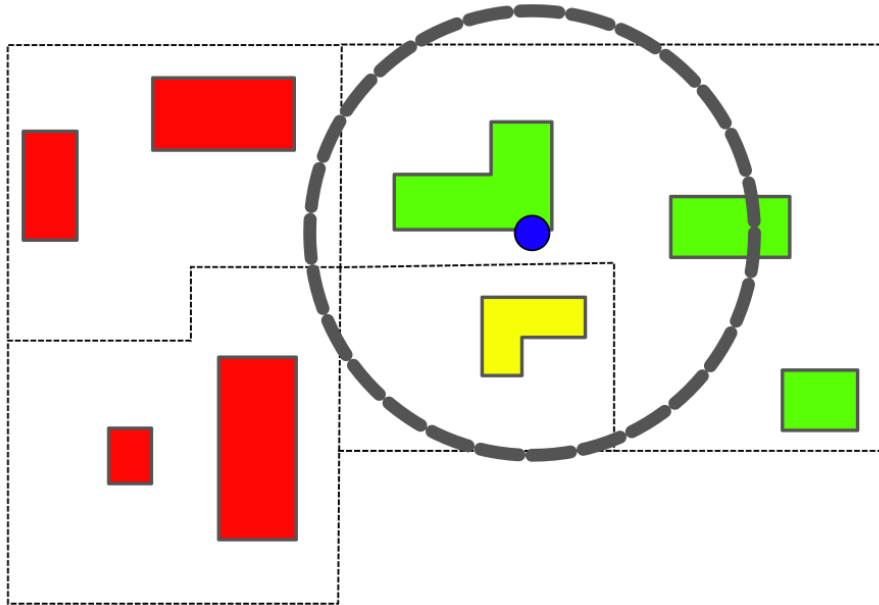
Nedan beskrivs hur byggnader har kopplats till lantbruksfastigheter respektive anslutningspunkter i lågspänningsnätet. På så sätt har potentialen för solelproduktion på lantbruksbyggnader kunnat beräknas, vilket sedan använts som indata till elnätsberäkningarna (se nästa kapitel).

Data

Byggnadsbeståndet för studieområdet har inhämtats från GSD-Fastighetskartan genom geodatasamverkan (Lantmäteriet, 2015a), varifrån även laserdata (höjddata) för byggnader har hämtats (Lantmäteriet, 2015b). Fastighetsgränser har beställts från Lantmäteriet (Lantmäteriet, 2015c). Timvis temperaturdata över 2014 hämtades från SMHI:s mätstation Rångedal A (SMHI, 2015a), vilken låg närmast det studerade elnätsområdet. Solinstrålningsdata för beräkningar av solenergi på byggnader hämtades från STRÅNG (SMHI, 2015b). Antalet lantbruksfastigheter per län, som används för uppskalning av resultaten till läns- och riksnivå, har hämtats från Skatteverket (Skatteverket, 2013)

Identifiering av byggnader och takytor

Varje byggnad i Fastighetskartan knöts till en anslutningspunkt i lågspänningsnätet om den låg inom samma fastighet som anslutningspunkten (se Figur 2). Byggnader som låg i fastigheter som saknade anslutningspunkter knöts till den närmaste anslutningspunkten inom en radie på 200 meter. Valet av radie baserades på Energimarknadsinspektionens rekommendationer för prissättning vid anslutning till elnätet, vilket ska vara fast upp till 200 meter från befintligt nät för att sedan öka. Om 200 meter är rimligt beror givetvis på lönsamhetskalkylen i det enskilda fallet för en solcellsinstallation.



Figur 2. Figuren visar hur byggnader (gröna och gula polygoner) knyts till anslutningspunkter i lågspänningsnätet (blå cirkel). Gröna byggnader knyts direkt till anslutningspunkten eftersom de ligger inom samma fastighet (streckat område). Gul byggnad knyts till anslutningspunkten eftersom den ligger inom 200 meter (stora cirkeln) från anslutningspunkten.

Solenergi på byggnader

Från laserdata eller höjddata insamlat av Lantmäteriet genom LiDAR-teknik (Light Detection And Ranging) togs en "Digital Surface Model" (DSM) fram över elnätsområdet, med en upplösning på 2×2 meter för varje rastercell. Från modellen kunde lutning och väderstreck på byggnadstaktytor beräknas i ArcGIS för varje rastercell som överlappade en byggnadspolygon i fastighetskartan. Den årliga solinstrålningen på varje byggnadstakyta beräknades med hjälp av det inbyggda verktyget "Solar Analyst" i ArcGIS (Fu & Rich, 1999). Den beräknade solinstrålningen användes sedan för att identifiera lämpliga byggnadstaktytor för solelproduktion genom indelning av taken i kategorier utifrån tröskelvärden för den årliga instrålningen (exempelvis "alla tak med en instrålning högre än 1000 kWh/m²/år"). Med dagens ekonomiska förutsättningar krävs hög instrålning (se kap. affärsmodeller) för att en solelinstallation ska bli lönsam, men den nivån kan komma att ändras med sänkta system- och installationskostnader och ökande elpriser i framtiden. De olika instrålningnivåerna kan därför också ses som lönsamhetsnivåer.

Uppskalning till nationell potential

Det är vanskligt att skala upp potentialen för alla Sveriges lantbruk baserat på lantbruken i det studerade området omkring Herrljunga, men det görs ändå för att få en uppfattning om storleksordningen hos den nationella potentialen. Totalt finns det 591 lantbruksfastigheter i området, vilket kan jämföras med 350 000 totalt i landet. Det är svårt att avgöra om Herrljunga är representativt för landet, och därför blir osäkerheten vid en uppskalning stor. I en mindre studie gjord på 10 församlingar utspridda i landet, från Källstorp i Skåne till Forsa i Hälsingland (Riksantikvarieämbetet, 2004), inventerades antalet ekonomibyggnader per lantbruk. I studien hade lantbruken 6,5 ekonomibyggnader i genomsnitt, vilket ger en fingervisning om hur många ekonomibyggnader det finns i varje lantbruk, men studien omfattar långt ifrån hela landet och är också den osäker. I Herrljunga finns det i genomsnitt 5,4

byggnader per lantbruksfastighet, vilket åtminstone faller inom samma storleksordning som resultatet från Riksantikvarieämbetets studie. I den här studien skalas potentialen för olika instrålningsnivåer upp linjärt med antalet lantbruksfastigheter i varje län:

$$\text{Länspotential} = \frac{[\text{Lantbruksfastigheter i länet}]}{[\text{Lantbruksfastigheter i Herrljunga}]} \times [\text{Potential i Herrljunga}],$$

där potential avser tillgänglig takyta, installerad solcellseffekt samt producerad solel vid olika instrålningsnivåer.

Lantbruksbyggnaders skick

Byggnadsbeståndet inom svenska lantbruk är skiftande gällande såväl användningsområde som skick. I Riksantikvarieämbetets studie 2004 inventerades samtliga 6 623 lantbruksbyggnader i de 10 församlingarna. Eftersom detta var en uppföljande inventering ingick inte lantbruk uppförda efter år 1996 (Riksantikvarieämbetet, 2004). I potentialbedömningen för solel i lantbruket används uppgifter från rapporten för att identifiera begränsningar gällande lantbruksbyggnaders skick och användning. Inventeringen genomfördes 2004, men andelen väl underhållna byggnader och byggnader i bruk antas vara jämförbara med dagens situation.

I inventeringen bedömde Riksantikvarieämbetet att 81 procent av byggnadsbeståndet² var i underhållet skick, medan 15 procent klassades vara i behov av underhåll och 4 procent vara förfallet. Bäst underhållna var byggnader för redskap, fordon och maskiner. Av de förfallna byggnaderna utgjorde 40 procent småhus.

Vidare var 69 procent av byggnaderna i fullt bruk vid inventeringen³. Bland dem som helt saknade funktion (14 procent helt, 9 procent delvis) ingick främst husdjursbyggnader och byggnader för spannmål, foder och annan skörd (Riksantikvarieämbetet, 2004).

4.4.2 Marginalmarker

Förutom taktytor kan solcellspaneler placeras på fasader eller på mark. De marker som kan komma i fråga är troligen sådana som inte aktivt används eller som idag har låg ekonomisk avkastning. För att uppskatta potentialen för markbaserad solproduktion i lantbruket används därför marginalmarker.

Det förekommer flera olika definitioner av marginalmark (FAO, OECD, EU:s miljöbyrå m.fl.). Generellt handlar det om att marken är olönsam. Jordbruksverket (i sammanhanget energigrödor (Tolke, 2013; Tolke, 2014)) har utgått från en definition av Pål Börjesson från Lunds tekniska högskola: ”Marginalmark är mark med begränsad konkurrensförmåga – ekonomiskt och/eller biofysiskt under dagens förutsättningar”.

I denna studie används marginalmarker för att göra en övergripande potentialuppskattning för solel i lantbruk. Utöver denna övergripande uppskattning görs fallstudier hos några av de lantbruk som är involverade i studien genom att identi-

² Underhållsstatus fanns för 58 % av byggnaderna, totalt 3 831 byggnader.

³ Överloppsstatus, d.v.s. om byggnaden saknar funktion eller är i bruk, fanns för 93 % av de inventerade byggnaderna.

fiera tillgängliga marker, begränsande faktorer samt huruvida det ur lantbrukarens perspektiv är önskvärt att använda dessa marker för solel.

Fördelning av marginalmarker över Sverige

Uppskattningen av tillgängliga marginalmarker liksom fördelningen av ytorna mellan olika län baseras på Jordbruksverkets rapport *Kartläggning av mark som tagits ur produktion* (Johnsson, 2008), se Tabell 2. Ytan inkluderar block som tagits bort från Jordbruksverkets blockdatabas och block där inget stöd har sökts under perioden 1998-2006. Däremot inkluderas inte marker som har anmälts som träda eller obrukad, då denna troligen ämnas återtas i bruk. Att uppskattningen baseras på data från år 2008 antas inte vara problematiskt, då ytorna är så stora att de inte kommer att utgöra den begränsande faktorn för solelpotentialen i lantbruk.

Tabell 2. Uppskattning av marginalmarker fördelat mellan län, baserat på uppgifter hämtade från (Johnsson, 2008).

Län	Yta (tusen ha)	Län	Yta (tusen ha)
Stockholm	11,5	Västra Götaland	48,0
Uppsala	11,8	Värmland	15,1
Södermanland	12,0	Örebro	9,3
Östergötland	20,6	Västmanland	6,9
Jönköping	12,0	Dalarna	13,2
Kronoberg	7,5	Gävleborg	9,1
Kalmar	21,5	Västernorrland	10,6
Gotland	11,7	Jämtland	7,2
Blekinge	8,1	Västerbotten	19,1
Skåne	36,0	Norrbottn	12,0
Halland	13,3		

Begränsningar för installation av solel på marginalmarker

All marginalmark kan i realiteten inte användas för solelproduktion. Begränsande faktorer kan bland annat vara:

- Avstånd till transformatorstation eller brukscentra. Det är troligt att många av de olönsamma och oanvända markerna befinner sig långt från själva lantbruket. Stora avstånd skulle medföra höga kostnader för anslutning av en solelanläggning.
- Skuggningar från omgivningen.
- Olämpliga lutningar/starkt kuperad mark.
- Otillgänglig mark.

Samtliga dessa faktorer kommer att reducera den tekniska solelpotentialen som den ekonomiska och realiserbara potentialen uppskattas ifrån.

4.4.3 Potential för elleveranser i lokala elnät

Enligt gällande föreskrifter om elkvalitet i Sverige accepteras kortvariga spänningsvariationer i eldistributionsnät upp till 10 procent från nominell spänning. Detta

innebär att under en period motsvarande en vecka ska tiominutersvärden av spänningens finnas i intervallet mellan 90 och 110 procent av referensspänningen. För mer information om kvalitet för överförd el, se Energimarknadsinspektionens föreskrifter (2013). I detta projekt simuleras Herrljungas distributionsnät (10 kV referensspänning) med avseende på begränsningar från strömmar och spänningar. För att skapa utrymme åt ytterligare spänningsvariationer i det ej simulerade lågspänningsnätet sätts högsta tillåtna spänningsvariation i simuleringarna till 5 procent. Information per ledningstyp om maximal belastningsström används som begränsning för vilka strömmar elnätet klarar av. Detta innebär att nätets acceptansgräns för solel nås genom att maximera installerad solcellseffekt under villkoren att spänningsvariationer inte överstiger 5 procent samt att strömmarna inte överstiger de gränser som framgår av typdata för ledningarna.

Data

Data som används i elnätssimuleringarna är lastdata för Herrljunga Elektriskas elnät samt information om elnätets struktur, kopplingar samt ledningarnas typer och längder. Lastdata för aktiv effekt på kundnivå och timbasis från Herrljungas elnät har använts från år 2014. Eftersom simuleringarna är på mellanspänningsnivå har lasterna aggregerats per nätstation. För att beräkna reaktiva laster i nätet har ett antagande gjorts om en generell effektfaktor på 0,95 vilket i liknande studier har ansetts vara typiskt för distributionsnät (Thomson & Infield, 2007). Herrljunga Elektriska innehåller två mottagningsstationer, Herrljunga och Ljung, med underliggande distributionsnät och lågspänningsnät. Mottagningsstationernas nät är maskade, vilket innebär att det finns kopplingar mellan näten som kan användas exempelvis vid felavhjälpning. Vid normal drift är dock näten fränkopplade från varandra och därför simuleras de två näten enskilt för att efterlikna typiska driftförhållanden i så stor utsträckning som möjligt.

Solenergiberäkningar

I ArcGIS-verktyget ”Solar Analyst” erhålls endast den årliga solinstrålningen på byggnadsytorna. Timvis produktion beräknades därför i Matlab med en enkel solelsmodell med solinstrålningsdata från STRÅNG (SMHI, 2015a). Modellen tar hänsyn till vissa förluster kopplat till omgivningstemperaturen (Duffie & Beckman 2006), typiska förluster i växelriktaren samt övriga systemförluster (Norton et al., 2011). Solcellernas verkningsgrad sätts till 15 %, vilket är vanligt med dagens teknik. I ett framtida scenario kan verkningsgraden mycket väl vara högre, men i den här studien antas verkningsgraden vara fix för alla beräkningar och simuleringar. 15 % av de tillgängliga ytorna för den studerade instrålningsnivån antas inte kunna användas för solelproduktion på grund av hinder på lantbrukstaken. Detta antagande baseras på studier av Kjellsson (1999, 2000), som även använts i andra potentialstudier (Lingfors & Widén, 2014). För elnätssimuleringarna aggregeras solelproduktionen från byggnaderna till anslutningspunkten i lågspänningsnätet Ekman & Jonsson (2014), och i sin tur aggregeras anslutningspunkterna till tillhörande nätstation i mellanspänningsnätet.

Effektflödesberäkningar

Effektflödesberäkningar genomförs i Matlab med ett skript som använder indata med information om nätets struktur, impedanser (elektriskt motstånd) samt last och produktion i varje nätstation. Som nämns ovan används verkliga lastdata från Herrljungas elnät under 2014 samt produktionsdata beräknade genom att simulera

solelproduktion på de takytor som tas med vid de olika instrålningsnivåerna. Skriptet använder Newton-Rahpsons metod för effektlödesberäkning, vilken beräknar spänningar i samtliga noder (nätstationer) och strömmar i samtliga ledningar i nätet. Resultaten jämförs med villkoren för accepterade strömmar (typdata för ledningar) och spänningar (± 5 procent från 10 kV), och därmed avgörs om nätet med dagens förutsättningar kan hantera den simulerade mängden solelproduktion.

Studerade fall

Ett antal olika fall har simulerats genom att använda tre tröskelnivåer för de tänkta takytornas solinstrålning. Vid simuleringen har de både mottagningsstationerna i Herrljungas distributionsnät (Herrljunga och Ljung) studerats separat. Samtliga fall har studerats dels med produktion från samtliga kundkategorier i nätet, dels med produktion från endast lantbrukare. De tre studerade tröskelnivåerna för solinstrålning är:

- $>700 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$
- $>950 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$
- $>1000 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$

Effektlödesberäkningar av elnätet med dessa instrålningsnivåer resulterar i olika stora belastningar på nätet i form av spännings- och strömvariationer. Med avseende på ovan nämnda villkor för spännings- och strömvariationer har därmed acceptansgränsen i elnätet fastställts. För att undersöka möjligheten att ytterligare frigöra potential i nätet genomförs simuleringar med mer utspridd produktion genom att använda tak med lägre årlig instrålning, men då med en faktor på hur stor del av takytorna som utnyttjas till solelproduktion. Resultatet är mer utspridd produktion över dagen, vilket minskar belastningen på elnätet. På så sätt kvantifieras mängden solel som kan anslutas till elnätet med bibehållen elkvalitet.

4.4.4 Lönsamhetsbegränsningar

Den realiserbara potentialen begränsas också av vad som är ekonomiskt lönsamt att genomföra. Här redovisas förutsättningarna för några grundfall som använts i potentialbedömningen. I nästkommande avsnitt redovisas sedan ett antal fall eller ”affärsmodeller” som möjliggör högre lönsamhet. Samtliga ekonomiska beräkningar har gjorts exklusive moms.

Elproduktionskostnad

Priset på solcellsanläggningar har sjunkit kraftigt under det senaste decenniet. År 2014 var medelpriset cirka 13 kr/ W_t för anläggningar över 20 kW_t (cirka 130 m^2) enligt en sammanställning från IEA-PVPS. Det angivna värdet är ett medelvärde av typiska systemkostnader, enligt uppgifter från tillfrågade svenska installatörer (IEA, 2015).

För att beräkna elproduktionskostnaden används en annuitetsberäkning med en antagen reell kalkylränta på 6 % och en förväntad livslängd på 30 år. Den årliga drifts- och underhållskostnaden har ansatts till 0,5 % av investeringskostnaden, vilket förväntas täcka ett växelriktarbyte efter halva livslängden.

Både kalkylränta och livslängd är parametrar som har stor inverkan på resultatet. Den antagna kalkylräntan kan anses hög och förväntas motsvara lånefinansiering med viss riskpremie, det vill säga tillräcklig lönsamhet för en kommersiell aktör.

Den antagna livslängden bedöms rimlig för tak i gott skick. Om något oförutsett inträffar kan den naturligtvis bli kortare och för markanläggningar är det inte omöjligt att den blir längre – uppemot 50 år i bästa fall.

Investeringsbidrag

Till och med år 2016 finns det ett statligt investeringsbidrag för solcellsanläggningar motsvarande högst 30 % av investeringen för företag och högst 20 % för övriga. Intresset för stödet är stort och fram till 2014 har de avsatta medlen endast räckt till knappt hälften av ansökningarna (Energimyndigheten, 2015a). Vi bedömer det som osannolikt att nya ansökningar kommer att kunna ta del av detta stöd. För den som blivit beviljad stödet förbättras dock lönsamheten avsevärt.

I landsbygdsprogrammet 2014-2020 är miljö, hållbar utveckling och innovation prioriterat (Jordbruksverket, 2015). Just nu (juni 2015) pågår arbetet med att ta fram regionala och lokala handlingsplaner för landsbygdsprogrammet. Enligt de indikationer vi fått kan det bli aktuellt med 40 % investeringsbidrag, som omfattar solcellsinstallationer i konkurrens med flera andra åtgärder.

I vår analys av lönsamhetsbegränsningar räknar vi utan bidrag. Dessa behandlas i stället i avsnittet Potential i affärsmodeller.

Intäkter vid egen användning

Intäkterna från solcellsanläggningen består av undvikna elinköp, för den del som används direkt i lantbruket, samt intäkter från försäljning av el och elcertifikat. Tillverkande företag (inklusive lantbruk) och yrkesmässig växthusodling betalar endast 0,5 öre/kWh i energiskatt, vilket gör att solcellerna har ett lågt elpris att konkurrera mot. Annan landsbygdsverksamhet, som exempelvis hästgårdar och turistverksamhet, betalar 29,4 öre/kWh⁴ i energiskatt vilket ger ett kraftigt ökat värde vid egenanvändning.

Elpriset på den nordiska elbörsen har under de senaste åren varierat runt cirka 25 öre/kWh (Energinet, 2015). Därtill kommer elhandlarens påslag som beror på aktuellt avtal med den enskilde lantbrukaren. Den rörliga nätavgiften varierar mellan olika elnätsägare och olika kundkategorier.

Värdet av undvikna elinköp för lantbruksverksamheter har ansatts till 45 öre/kWh, varav elpriset inklusive den begränsade energiskatten utgör 30 öre och elöverföringen 15 öre. Motsvarande värde för andra verksamheter har ansatts till 75 öre/kWh.

Energimyndigheten (2014b) gör bedömningen att elpriserna kommer att vara fortsatt låga fram till år 2020 för att därefter stiga med drygt 30 % fram till år 2030. Med utgångspunkt i detta har vi i våra beräkningar antagit en årlig reell intäktsökning under anläggningens 30 år på 1,5 % i samtliga fall. Bedömningar om framtida elpris är dock osäkra, och kan snabbt påverkas av t.ex. politiska beslut.

⁴ I vissa kommuner i norra Sverige gäller energiskatten 19,4 öre/kWh.

Intäkter vid försäljning

Företag som säljer överskott från en solcellsanläggning klassas i dagsläget som yrkesmässiga leverantörer av el, vilket gör dem skyldiga att betala energiskatt även för den egenanvända solelen. För lantbruksverksamheter har detta ingen betydelse eftersom verksamheten i sig är energiskattebefriad. För andra verksamheter innebär denna regel dock att det är mer lönsamt att skänka bort överskottet till elnätsägaren, vilket är det som i praktiken händer om den matas ut på elnätet utan att säljas. Regeringen arbetar för närvarande (juni 2015) på ett förslag som kan komma att ge förbättrade villkor vid företags försäljning av solel. Det skulle i så fall ge ökad lönsamhet för solceller i andra verksamheter än lantbruk.

Vid försäljning av el är priset ofta detsamma som på den nordiska elbörsen, vissa elhandlare tar också ut en avgift. Det finns också undantag med högre elpriser som behandlas i avsnittet Potential i affärsmodeller.

Utöver elpriset tillkommer en intäkt för så kallad nätnytta, som är en ersättning från elnätsägaren för dennes minskade energiförluster. Nivån på denna ersättning beräknas i varje enskilt fall.

Värdet vid försäljning från lantbruksverksamheter har i vår analys ansatts till 30 öre per kWh, varav elpriset utgör 25 öre och ersättning för nätnytta utgör 5 öre. För andra verksamheter räknar vi bara med 5 öre/kWh för nätnytta.

Intäkter från elcertifikat

Både den el som används på gården och den som matas ut på nätet är berättigad till elcertifikat under de första 15 åren. Priset på elcertifikat är marknadsstyrt, där efterfrågan skapats politiskt genom att ålägga elhandlare och vissa större elanvändare att köpa in elcertifikat för en viss andel eller kvot av sin försäljning respektive användning. Under 2015 har priset på elcertifikat varierat runt cirka 180 kr/MWh, det vill säga 18 öre/kWh (Energimyndigheten, 2015b).

Intäkterna från försäljning av elcertifikat har ansatts till 15 öre/kWh, efter avdrag för nätkostnader på 3 öre/kWh. Priset på elcertifikat har därefter antagits stiga reellt med 1 % per år.

Skattereduktion för överskottsel

Utöver ovanstående intäkter finns även från och med 2015 möjligheten till en skattereduktion på 60 öre/kWh, för den el som matas ut på nätet. Två begränsningar för denna möjlighet är att gårdens huvudsäkring får vara på högst 100 ampere och att skattereduktionen får göras för högst så många kWh som gården använt från nätet samt maximalt 30 000 utmatade kWh per år (Skatteverket, 2015)

Beräkning av lönsam potential

För att bedöma den lönsamma potentialen har vi utgått ifrån en solcellsanläggning som genererar högst 60 000 kWh/år (vilket motsvarar cirka 500 m²), varav hälften används på gården och hälften matas ut på elnätet. Den genomsnittliga ersättningsnivån för den solel som genereras blir då cirka 40 öre/kWh utan skattereduktion och 70 öre/kWh med skattereduktion, både för lantbruksverksamheter och för övriga verksamheter. (Ersättningsnivån vid egenanvändning är högre för övriga verksamheter, men i gengäld är värdet vid utmatning på elnätet lägre.) I beräkningarna har

vi antagit att solcellerna har en verkningsgrad på 15 % och anläggningen i övrigt 93 %.

En del av elanvändningen på ett lantbruk sker oftast i ett privathushåll, som betalar normal energiskatt. Ett tänkbart alternativ skulle därför vara att ansluta solcellsanläggningen till bostadshuset, så att elen i första hand används där. För en större solcellsanläggning är dock mervärdet av en sådan installation ringa och det innebär sannolikt också en merkostnad för installationen. Detta beräkningsalternativ har därför utelämnats, se Tabell 3. Även vanliga villainstallationer ger sämre lönsamhet på lantbruk än i vanliga villahushåll eftersom den el som inte används i villan, i de flesta fall, kommer att användas i lantbruket i stället för att matas ut på elnätet, och därmed i stor utsträckning går miste om skattereduktionen för överskottsel. Gällande momsregler gör också installationen mindre fördelaktig på en privatbostad.

Tabell 3. Beräkningsfall för lönsamhetsbedömningen.

	Investering [kr/kW _e]	Kalkylränta	Andel egenanvändning	Värde på producerad el* [öre/kWh]
Grundfall lantbrukare	13 000	6 %	50 %	38
Grundfall lantbrukare, skattereduktion	13 000	6 %	50 %	68
Grundfall annan verksamhet	13 000	6 %	50 %	40
Grundfall annan verksamhet, skattereduktion	13 000	6 %	50 %	70

* Dessutom tillkommer intäkter för elcertifikat med cirka 15 öre/kWh under 15 år

4.5 Potential i affärsmodeller

När detta projekt startades upplevdes solceller vara en i grunden lönsam investering på lantbruk, och ambitionen var att utveckla affärsmodeller som förpackar produkten på ett tilltalande sätt, så att ytterligare potential frigörs. Den uppfattningen byggde dock på att det fanns ett statligt investeringsbidrag till solcellsanläggningar. I detta avsnitt backar vi därför ett steg, och beskriver ett antal tänkbara sätt att höja lönsamheten (där investeringsbidrag är ett).

Investeringsbidrag

Som beskrivits i avsnittet *Investeringsbidrag* tidigare, finns ett investeringsbidrag för solceller som sannolikt inte räcker till för nya ansökningar. Däremot kan det bli aktuellt med ett investeringsbidrag på 40 % inom ramen för landsbygdsprogrammet. Vi gör därför beräkningar för ett fall där investeringskostnaden minskats med 40 %.

Sälja elen dyrare

Det finns i dagsläget ett flertal elhandlare som betalar mer för solel än el från andra energikällor, uppemot 1 kr extra per kWh. Det är dock mycket osäkert hur länge dessa prisnivåer kommer att bibehållas. Vi gör ändå en beräkning där överskottet säljs för 1,25 kr/kWh i stället för 0,25 kr/kWh.

Sänkt kostnad genom eget kapital

I de tidigare beräkningsfallen har solcellsanläggningen lånefinansierats (reell kalkylränta 6 %). Med tillgång till eget kapital sjunker kapitalkostnaden. I våra beräkningar antar vi i det här fallet en reell kalkylränta på 3 %.

Sänkt kostnad genom eget arbete

Genom att sköta installationsarbetet själv är det möjligt att sänka kostnaderna för inköpta tjänster. Markplacerade anläggningar bedöms särskilt lämpliga för detta eftersom man slipper riskmomentet i samband med arbete på tak. I våra beräkningar har vi antagit en investeringskostnad på 11 kr/W_t för en anläggning som genererar 60 000 kWh/år, efter att hela installationskostnaden för solcellsmoduler och monteringssystem dragits av.

Sänkt kostnad för storskalig anläggning

Solceller är en modulär teknik, men det finns ändå vissa skalfördelar vid en större installation. För ett solcellsält med en toppeffekt på 1 000 kW_t bedöms investeringskostnaden till 10 kr/W_t, utan insats av eget arbete. En anläggning av den här storleken behöver normalt anslutas till mellanspänningsnätet (10-20 kV). Med ett antaget avstånd på 500 meter (vilket inkluderar 90 % av alla gårdar i Herrljungas elnät) uppskattas anslutningskostnaden till 550 000 kr, utifrån Planeringskatalogen i EBR-e (Svensk Energi, 2015).

I de beräkningar som görs för solcellsältet antas att all el säljs direkt till elnätet, till ett värde av 30 öre/kWh enligt tidigare (varav nätnytta 5 öre/kWh).

Tabell 4. Beräkningsfall för lönsamhetshöjande åtgärder.

	Investering [kr/kW _t]	Kalkylränta	Andel egenanvändning	Värde på producerad el* [öre/kWh]
Investeringsbidrag 40%, skattereduktion	7 800	6%	50%	68
Sälja dyrare, skattereduktion	13 000	6%	50%	118
Eget kapital, skattereduktion	13 000	3%	50%	68
Eget arbete, skattereduktion	11 000	6%	50%	68
Storskaligt, eget kapital, investeringsbidrag 40%	6 000	3%	0%	30

* Dessutom tillkommer intäkter för elcertifikat under 15 år, med cirka 15 öre/kWh

5 Resultat

5.1 Intervjuer med lantbrukare med solel

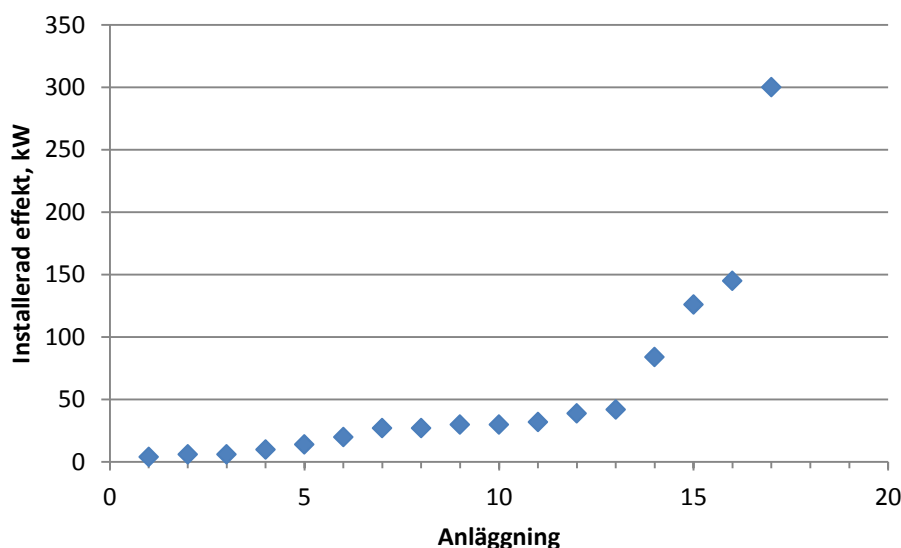
Telefonintervjuerna gjordes under våren 2014. Totalt intervjuades 17 lantbrukare som hade investerat i solelanläggningar. Intervjun bestod av 35 frågor om bakgrund till investeringen, erfarenheter av solel-tekniken, ekonomiskt utfall och framtidsplaner m.m. Den geografiska spridningen på de intervjuade lantbrukarna var från Halland i söder till Jämtland i norr.

De flesta av de utfrågade hade någon form av djurhållning på gården. Köttdjur fanns på sex gårdar, får på tre gårdar och mjölkkor respektive kycklinguppfödning fanns på två gårdar. En gård hade hästar och en hade grisar. Fyra av gårdarna saknade djurhållning. Tre av dessa hade växtodling som huvudsaklig produktionsgren, och en gård storskalig grönsaksodling med kyllager och packeri.

I enkäten togs också uppgifter in om de intervjuades ålder. Merparten (69 %) av lantbrukarna var födda på 1950- eller 1960-talet, med en spridning från 46 till 62 år. Två var födda på 1940-talet och tre på 1970-talet.

5.1.1 Solelanläggningarnas utformning, intervjustudie

Samtliga intervjuade hade byggt takmonterade solelpaneler. Storleken på anläggningarna varierade från 20 till 2 285 m² och med en installerad effekt från 4 till 300 kW, Figur 3.



Figur 3. Installerad effekt på solelanläggningarna hos de intervjuade lantbrukarna.

Anläggningarna var alla huvudsakligen byggda under åren 2012 och 2013. Den äldsta var byggd 2011. Taken var vanligtvis orienterade mot söder och hade taklutningar mellan 35 och 45 grader.

Många lantbrukare uppgav att de hade investerat i solel av miljöskäl. Flera ville också öka självförsörjningsgraden på energiområdet. Några angav att det var en följd av ett intresse för energiteknik inom elområdet. Det fanns också några bland de intervjuade som själva hade elektrikerkompetens. Några lantbrukare angav att investeringen var gjord för att minska mängden inköpt el då man hade en hög elanvändning under sommarmånaderna. Dessa lantbrukare hade produktionsinriktningar med lokaler där det finns behov av ventilation eller kylning sommartid, t.ex. slaktkyckling, slaktsvin, värphöns eller grönsaksodling med kyllager och packeri.

5.1.2 Hur öka intresset för solel, intervjustudie

Exempel på åtgärder som enligt de intervjuade skulle få fler att investera i solel var främst att ekonomin skulle bli bättre. Detta genom bättre betalning för elenergi som

säljs genom t.ex. nettodebiteringssystem samt att bidragssystemet skulle bli mer långsiktigt. Några nämnde också lägre investeringskostnader som en faktor. En annan synpunkt som nämndes flera gånger av de som intervjuades, var en önskan om mer information. Det som efterfrågades var framförallt information rörande soleltekniken och ekonomifrågor.

5.1.3 Val av storlek, intervjustudie

En viktig faktor för de flesta intervjuade när det gällde valet av storlek på anläggningen var den egna årliga elanvändningen. Den sätter gränsen för storleken enligt reglerna för mikroproducenter som därigenom inte ska kunna bli nettoproducenter av elenergi. Andra viktiga faktorer som nämndes var takets storlek, det investeringsutrymme som fanns, huvudsäkringens storlek samt eleffekten på den elutrustning som soleanläggningen skulle försörja med elenergi.

5.1.4 Produktionsekonomi, intervjustudie

Den årliga produktionen av solceller var i de flesta fall bättre än vad man hade räknat med från början. Flera av de intervjuade hade inte haft anläggningen i drift under ett helt år och hade därför svårt att avgöra om produktionssiffrorna skulle uppfyllas. Solåret 2013 var ett bra år, och några menade att en årsmånsvariation på plus/minus tio procent får man räkna med.

Det ekonomiska resultatet motsvarade för de flesta också vad man hade räknat med från början. Några hade däremot räknat med att stigande elpriser skulle förbättra ekonomin men eftersom produktionen blev större än beräknat blev ekonomin ändå sammantaget bättre än kalkylerat.

Alla intervjuade utom en hade fått solcellsbidrag med 35 till 60 % av investeringskostnaden.

5.1.5 Planering och installation, intervjustudie

De informationskällor som lantbrukarna använde sig av inför investeringen var skiftande. Många använde sig av internet, men information inhämtades även från företag i branschen, eller från personer i den närmaste omgivningen, eller från konsulter inom solcellnbranschen.

De flesta hade köpt soleanläggningen i form av ett paket med montering och installation. Några hade varit med själva under byggtiden och bidragit med hantlangning m.m. Några av de intervjuade hade även monterat och kopplat in utrustningen själva genom att de hade elbehörighet sedan tidigare. Inga av de intervjuade hade upplevt några problem under byggnationen, förutom i ett fall då taket som skulle användas visade sig vara för dåligt varför panelerna måste monteras på en annan byggnad.

5.1.6 Underhåll, intervjustudie

Behovet av underhåll på anläggningarna har varit litet och har i några fall gällt att rengöra panelerna genom att spola av dem med vatten. Den serviceåtgärd som flera av de intervjuade tror kan bli aktuell efter fem till tio år är utbyte av växelriktare.

5.1.7 Säkerhet, intervjustudie

Någon särskild information om elsäkerhetsfrågor i soleanläggningarna hade i det flesta fall inte förekommit från leverantörens sida. Några av de intervjuade nämnde att skyltar fanns uppsatta som talade om att elcentralen hade matning från två håll. I några fall hade behovet av åskskydd diskuterats. En av de intervjuade påpekade att det var viktigt att växelriktarna var placerade i ett brandklassat utrymme och att alla kabelgenomföringar var gnagarsäkrade.

5.2 Intervjuer med intresserade lantbrukare

Intervjuer genomfördes även med några lantbrukare som inte hade investerat i solet. Urvalet av dessa baserade sig på att de skulle ha en produktion där elanvändningen sommartid var relativt stor. Tre lantbrukare intervjuades i Uppsalatrakten. Två av dessa hade grisproduktion och en slaktkycklingproduktion. En av grisproducenterna hade konventionell produktion med djuren i uppvärmda djurstallar medan den andra hade ekologisk produktion där djuren hade möjlighet till utevistelse och djurstallarna var enklare. Alla de tre intervjuade var intresserade av solet, kände till tekniken och hade även diskuterat frågan med kollegor eller bekanta alternativt hade varit på informationsmöten där solet hade presenterats.

Ingen av de intervjuade hade planer på att i en nära framtid investera i solet. Skälen till detta var främst ekonomiska. En av grisproducenterna hänvisade till den dåliga lönsamheten i grisproduktionen, som för hans del gjorde att det inte fanns något investeringsutrymme för solet. Han var också skeptisk till investeringar som kräver att bidrag beviljas för att få ekonomin att gå runt. Den andra grisproducenten menade att lönsamheten med solet var för osäker och att det inte var säkert att bidragen för soletinstallationer skulle räcka till. Kycklingproducenten hade nyligen investerat i nya djurstallar och fokuserade resurserna på att få produktionen att fungera, och att det därför varken fanns tid eller pengar för att investera i solet. Bättre ekonomiska villkor och kalkyler med mindre osäkerhet skulle få fler lantbrukare att investera i solet, menade flera av de intervjuade.

Alternativet med att hyra ut plats för att låta någon annan bygga en soleanläggning var enligt en av lantbrukarna inte så intressant. En synpunkt som kom fram var att nyttan av att äga soleanläggningen borde vara direkt kopplad till det egna företaget för att miljönyttan skulle kännas tydlig.

De faktorer som man menade skulle avgöra storleken på den tilltänkta soleanläggningen var den egna årliga elanvändningen, för att villkoren för att bli mikroproducent skulle uppfyllas, samt den takytan som var lämplig.

Ingen av de tre lantbrukarna hade sökt bidrag för solet. Alla var positivt inställda till att vi genomförde mätningar av elanvändningen på gårdarna samt att vi fick ta del av timanvändningsdata från deras respektive elhandelsbolag.

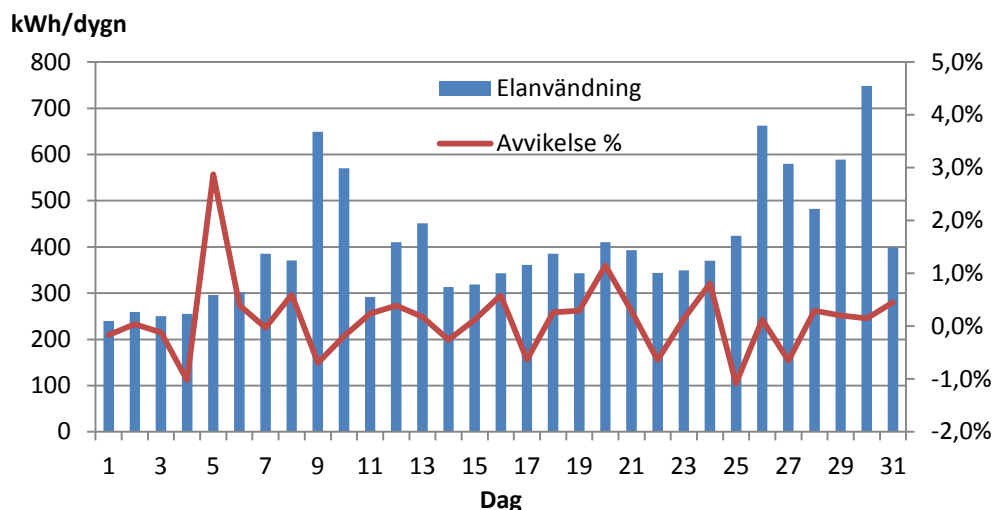
5.3 Energianvändning inom olika verksamhetsområden

5.3.1 Mätningar på gårdar

EnergyWatch-utrustningarna monterades upp på sex gårdar enligt de anvisningar som medföljde utrustningen. Mätperioden på varje gård var minst en månad. På två av gårdarna uppstod tekniska problem varför data enbart finns för fyra gårdar.

5.3.2 Mätning av elanvändning per dygn

För en av de studerade gårdarna (nr 2) har uppgifterna om elanvändning från EnergyWatch jämförts med vad gårdens elmätare har registrerat. Jämförelsen är gjord på data om elanvändningen per dygn under augusti månad 2014. Mätt på energianvändningen per månad var avvikelserna +0,1 %. Det maximala värdet på dygnsbasis var +2,9 %, se Figur 4.



Figur 4. Skillnad mellan uppmätt elanvändning per dygn under augusti månad 2014 mellan EnergyWatch och gårdens elmätare. Staplar visar elanvändning enligt elmätare och linjen avvikelserna i procent.

5.3.3 Identifiering av elutrustning

EnergyWatch skapar en lista på elutrustning vid analysen av elanvändningsdata. För gård nr 2 hittade analysfunktionen i EnergyWatch sju elutrustningar med effekter på 4 kW eller högre (se Tabell 4) och 16 utrustningar med effekter på 2 kW eller högre.

Tabell 4. Elutrustningar upptäckta av EnergyWatch med effekter över 4 kW på gård 2.

Utrustning nr	Effekt (kW)
259	11,527
153	8,288
383	7,834
216	6,477
135	5,755
226	5,406
144	4,965

På gård 2 togs en lista fram på de utrustningar som fanns med märkeffekter över 4 kW. I Tabell 5 redovisas dessa uppgifter.

Tabell 5. Elutrustning med effekt över 4 kW effekt på gård 2.

Utrustning	Märkeffekt	Användningstid
Varmvattenberedare	6/9 kW (två effektsteg)	Termostatstyrd, ständigt inkopplad
Spannmålskvarn	7,5 kW	Manuellt påslag under dagtid en eller flera gånger per vecka
Foderblandare, blötfoder	5 kW	Manuellt påslag dagligen
Spannmålstork, torkfläkt	7,5 kW	Vid spannmålstorkning på hösten, program- eller automatikstyrd drift dygnet runt
Spannmålstork, kylfläkt	7,5 kW	Drifttiden styrs av torkautomatiken

5.3.4 Resultat från tidigare energikartläggningar

Resultat baserat och tolkat från Neuman (2008) och Hörndal et al. (2012) där de har gjort kartläggningar av energianvändningen på lantbruksföretag med olika driftsinriktningar.

Mjölkproduktion

Den genomsnittliga elanvändningen uppmättes till 0,122 kWh/kg mjölk, (Neuman, 2008). I Tabell 6 nedan listas de viktigaste studerade arbetsmomenten samt några kommentarer kring möjligheterna att flytta momenten i tid, vilket är intressant för att kunna möta elanvändningen med egen produktion av solel.

Tabell 6. Energianvändning för olika arbetsmoment vid mjölkproduktion enligt Neuman (2008).

Arbetsmoment	Andel energi (el + värme) vid konventionell mjölkning	Andel energi (el + värme) vid robotmjölkning	Kommentar
Utfodring	27-28 %	26 %	Både el- och dieselanvändning. Går att förskjuta i tiden.
Ventilation	12-17 %	10 %	Utgör en relativt stor andel av elanvändningen, svår att ändra i tid. Är beroende av yttre omständigheter som exempelvis omgivningstemperatur.
Utgödsling	7 %	7 %	Motsvarar en liten andel av elanvändningen.
Belysning	16-18 %	19 %	Relativt stor andel av elanvändningen, svår att ändra i tid då den är beroende av dagsljus.
Mjölkning	28-29 %	33 %	Relativt stor andel av elanvändningen. Viss möjlighet finns att flytta disktider och att använda teknik för förkylning med t.ex. isbanker.

Nötköttproduktion

Exempeldata finns från två gårdar med amkor och ungnötsuppfödning. Energiförbrukningen skiljde stort då den ena gården hade modernare byggnader som medförde lägre energianvändning. En gård hade dubbelt så stor energianvändning per djur jämfört med den andra (522 kWh/djur jämfört med 1137 kWh/djur). Av den energin var cirka två tredjedelar från dieseldrivna maskiner och redskap (Neuman, 2008).

Smågrisproduktion

Energianvändningen kan variera stort. De gårdar som rapporteras i studien (Neuman, 2008) använder mellan 28 och 48 kWh/smågris. Energislagen varierar i huvudsak mellan el, brännolja och biobränslen. Uppvärmning står här för hälften av energianvändningen, se Tabell 7.

Tabell 7. *Energianvändning för olika arbetsmoment vid smågrisproduktion enligt Neuman (2008).*

Arbetsmoment	Andel energi (el + värme)	Kommentar
Utfodring	10 %	Utfodring är relativt tidsbundet. Viss beredning kan möjligtvis flyttas i tid.
Ventilation	19 %	Väldigt stor andel av elförbrukningen, svår att ändra i tid och beroende av de yttre förhållandena.
Utgödsling	4 %	Liten andel av elförbrukningen.
Belysning	14 %	Relativt stor andel av elförbrukningen, svår att ändra i tid och beroende av de yttre förhållandena.
Uppvärmning	51 %	Största förbrukaren. När el används för uppvärmning kan det vara svårt att flytta i tid. Det kan vara möjligt att flytta uppvärmningsperioden om värmen är vattenburen och ackumulatortankar finns som har möjlighet att lagra den termiska energin. I fallen med vattenburen värme brukar biobränslen dock vara första alternativet.
Övrigt	2 %	Till exempel tvättning av stall mellan djurbesättningar. Liten andel av elförbrukningen.

Slaktsvinsproduktion

Energianvändningen varierade stort, mellan 12,4 och 52,6 kWh/gris (Neuman, 2008). Energislagen är främst el, biobränslen och brännolja. Här svarar ventilation och utfodring för 75 % av energianvändningen och då är det främst el som förekommer, se Tabell 8.

Tabell 8. *Energianvändning för olika arbetsmoment vid slaktsvinsproduktion enligt Neuman (2008).*

Arbetsmoment	Andel energi (el + värme)	Kommentar
Utfodring	33 %	Utfodring är relativt tidsbundet. Viss beredning kan möjligtvis flyttas i tid, exempelvis blötutfodring av rundpumpningstyp.
Ventilation	42 %	Väldigt stor andel av elförbrukningen, svår att ändra i tid och beroende av de yttre förhållandena.
Utgödsling	2 %	Liten andel av elanvändningen.
Belysning	6 %	Relativt stor andel av elanvändningen, svår att ändra i tid.
Uppvärmning	14 %	Väldigt liten andel av energianvändningen.
Övrigt	3 %	Till exempel tvättning av stall mellan djurbesättningar. Liten andel av elförbrukningen.

Äggproduktion

Tre olika gårdar har ingått i LRF:s studie (Neuman, 2008). Dessa har haft väldigt olika bild av energianvändningen. En av gårdarna har haft stor förbrukning av eldningsolja för uppvärmning. Generellt för de tre gårdarna är att användningen av el sker i samband med belysning och ventilation, se Tabell 9. Energianvändningen varierade mellan 0,175 och 0,524 kWh/kg ägg.

Tabell 9. Elanvändning för olika arbetsmoment vid äggproduktion enligt Neuman (2008).

Arbetsmoment	Andel energi (el + värme)	Kommentar
Utfodring	5 %	Liten andel.
Ventilation	33 %	Väldigt stor andel av elförbrukningen, svår att ändra i tid och beroende av de yttre förhållandena.
Utgödsling	2 %	Liten andel av elförbrukningen.
Belysning	28 %	Relativt stor andel av elförbrukningen, svår att ändra i tid och är beroende av de yttre förhållandena (tillgängligt dagsljus).
Uppvärmning	24 %	Sker sällan med el.

Det som är påtagligt och bekräftas i Neumans studie är att det finns mycket stora variationer i energi- och elanvändning även inom samma verksamhetsområden. Det som får direkt stor betydelse är om djurhallarna har självdragsventilation eller fläktventilation. Även utformningen av utfodringssystemen får stor betydelse för mängden använd el. Den mängden står ofta i omvänt förhållande till dieselförbrukningen. Antingen har man satsat på ett system med elektrisk foderblandare och elektriska utfodringssystem, eller så har man satsat på att utföra dessa sysslor med hjälp av en traktor eller lastmaskin och energin tillförs då via diesel. Särskilt foderblandarna kan använda ganska mycket energi.

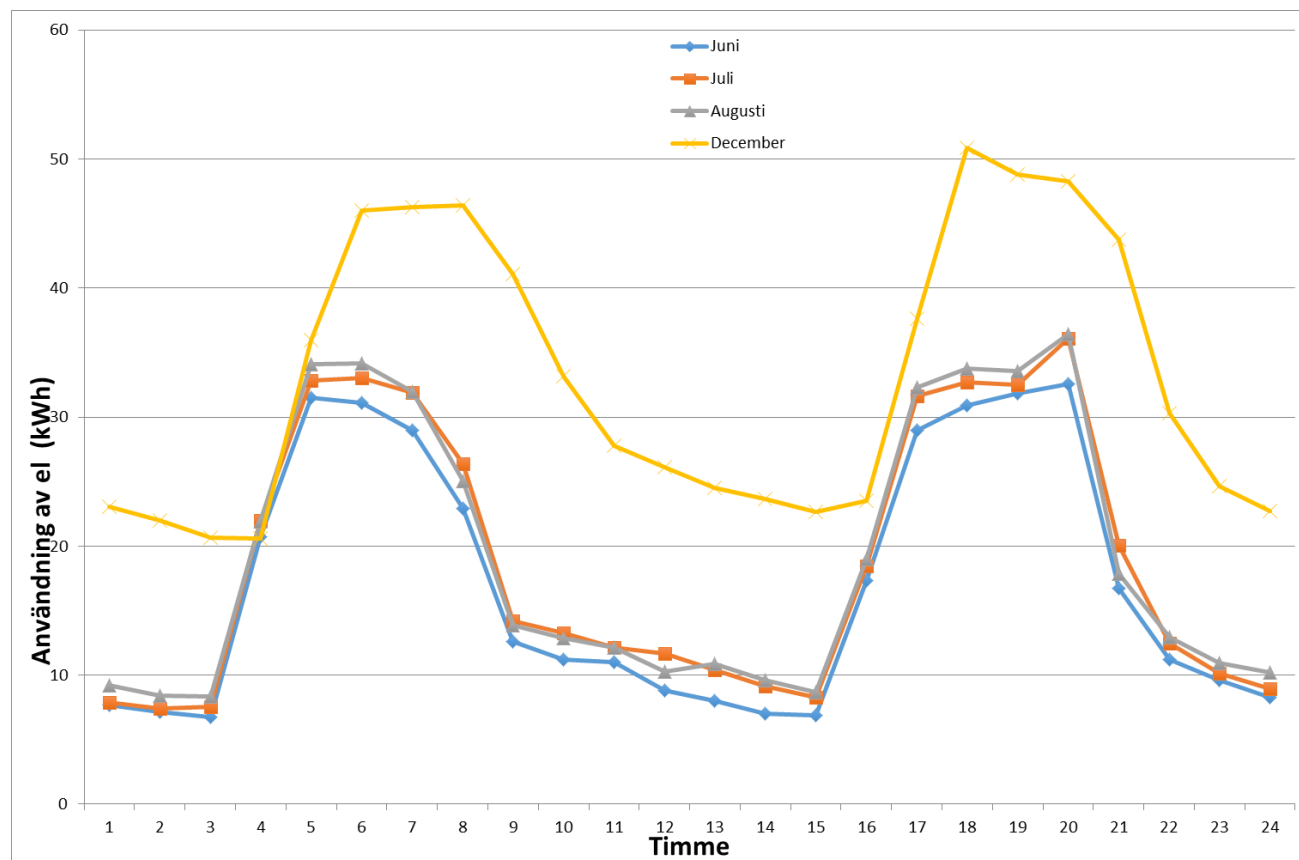
Frågan är hur stora möjligheter lantbrukaren har att flytta några av dessa laster, så att de tidsmässigt synkroniserar med producerad el via solceller. De flesta funktionerna på en djurgård med produktion är väldigt repetitiva arbetsmoment. Foder ska beredas, mjölk ska kylas, utrustning ska diskas m.m. Detta pågår i givna cykler varje dag året runt, med vissa uppehåll för byte av djur och tömning av stall vid slakt som exempel. Foderberedningen kan förberedas vid en tidigare tidpunkt, men det finns oftast inte utrymme att lagra färdigberedd fodersats utan den måste gå direkt ut till djuren efter beredning, vilket betyder att tidsförskjutningen kan vara max några timmar.

Mjölkkyla och diskning styrs av mjöltkankens storlek och tömningsintervall. Hygienkraven är mycket höga och har högsta prioritet tillsammans med det korta tidsintervallet som är tillåtet innan mjölken skall vara nedkyld.

Vid konventionella mjölksystem med två mjölkningstillfällen per dygn får man två väldigt tydliga effekttoppar i elanvändningen i samband med dessa mjölkningstillfällen, se Figur 5. En stor mängd mjölk ska kylas ner och systemen ska diskas. Vid system med robotmjölkning utjämnas dessa effekttoppar över dygnet då mjölkningen i princip pågår dygnet runt, och faller därmed bättre ut vid en jämförelse mot produktionen av solel. Vissa toppar kan ändå förekomma i samband med att systemen stoppar upp för rengöring. De tillfällena styrs i sin tur av mejeriernas hämtningstidpunkter.

En möjlighet för att flytta laster vid mjölkproduktion är att använda en så kallad isbank för att förkyla mjölken innan den hamnar i mjölktanken. I ett sådant läge kan man använda el vid ett lämpligt tillfälle och sedan lagra kyla ett antal timmar. Detta kräver dock en betydande investering. Ventilation via fläktssystem är i stort sätt omöjligt att flytta i tid. Det är ett direktkopplat system mellan elförbrukning och nyttiggörande. Många djurstall är byggda och konstruerade för mekanisk ventilation. De saknar helt funktion av självdragsventilation och är väldigt beroende av el för ventilationen, och tål inte något längre elavbrott utan att luftkvaliteten dramatiskt försämras. Vid produktion av ägg och slaktkyckling finns möjligheten att flytta dygnsrytmen i byggnaderna, då det är ljuset inomhus som blir styrande för djurens tidsuppfattning. Dygnsrytmen kan då förskjutas och elförbrukning kan ske på andra tider under dygnet. Hur detta påverkar djuretik och praktisk situation för personal måste utredas vidare. Ventilationen är annars väldigt beroende av de yttre förhållandena som finns i form av dagsljus och utomhustemperatur. För ett hönshus med äggproduktion är ventilationsbehovet som störst vid dagar med höga utomhustemperaturer och under den tiden som kycklingarna är vakna. Väljer man att förlägga dygnet så att det sammanfaller med ett vanligt dygn kan man få en bättre matchning mellan ventilationslasten och tillgänglig solelproduktion, eftersom behovet är som störst under dagtid då kycklingarna är vakna och utomhustemperaturen är som högst.

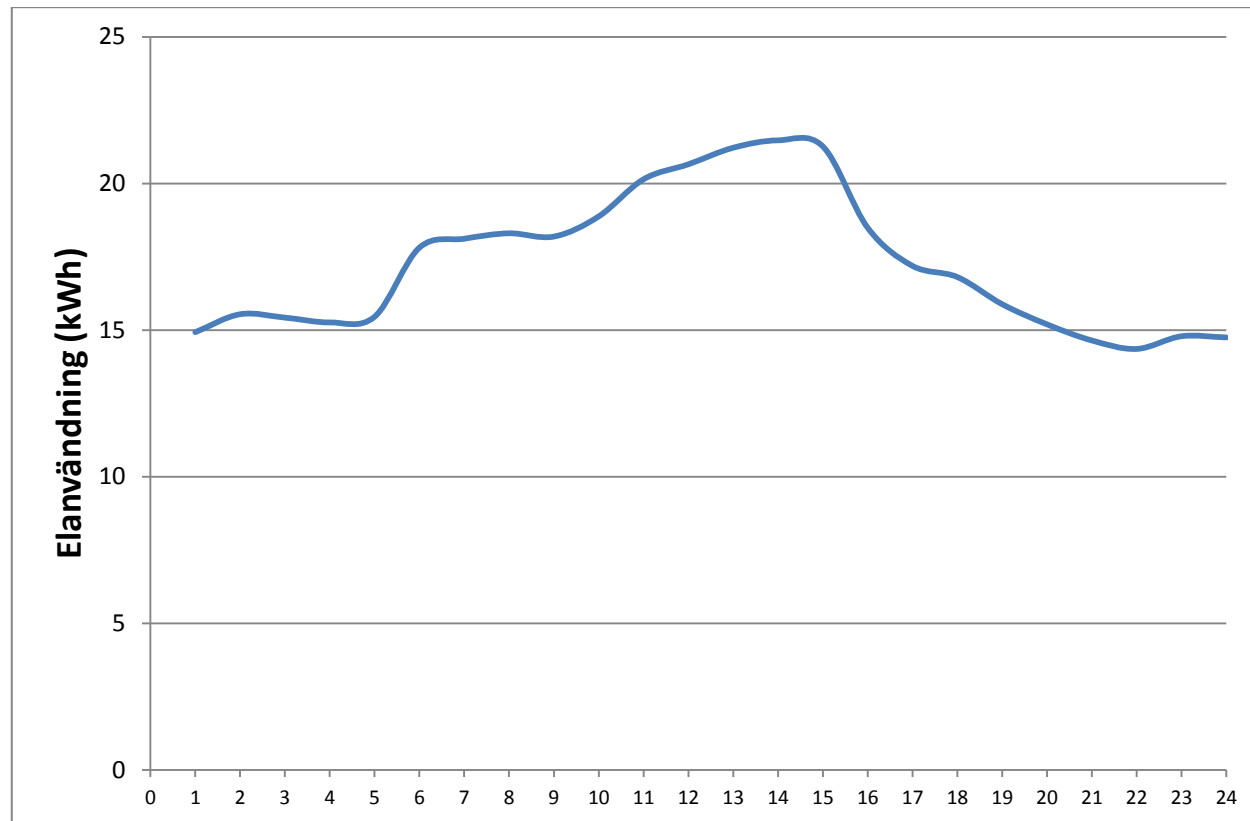
Tabell 10 visar en sammanställning över hur elanvändningen såg ut för en studerad gård med äggproduktion under september och oktober månad 2014. Noterbart är att den största elanvändningen (röda celler) infaller mitt på dagen. Figur 6 visar även en sammanställning över medelvärden för varje timme på dygnet under mätperioden 12/9 – 3/10. Även här är det tydligt att den största elanvändningen för hönstall inträffar mitt på dagen, och beror bland annat på att ventilationen i kycklingstallen måste hållas igång för att förse kycklingarna med ett behagligt omgivningsklimat.



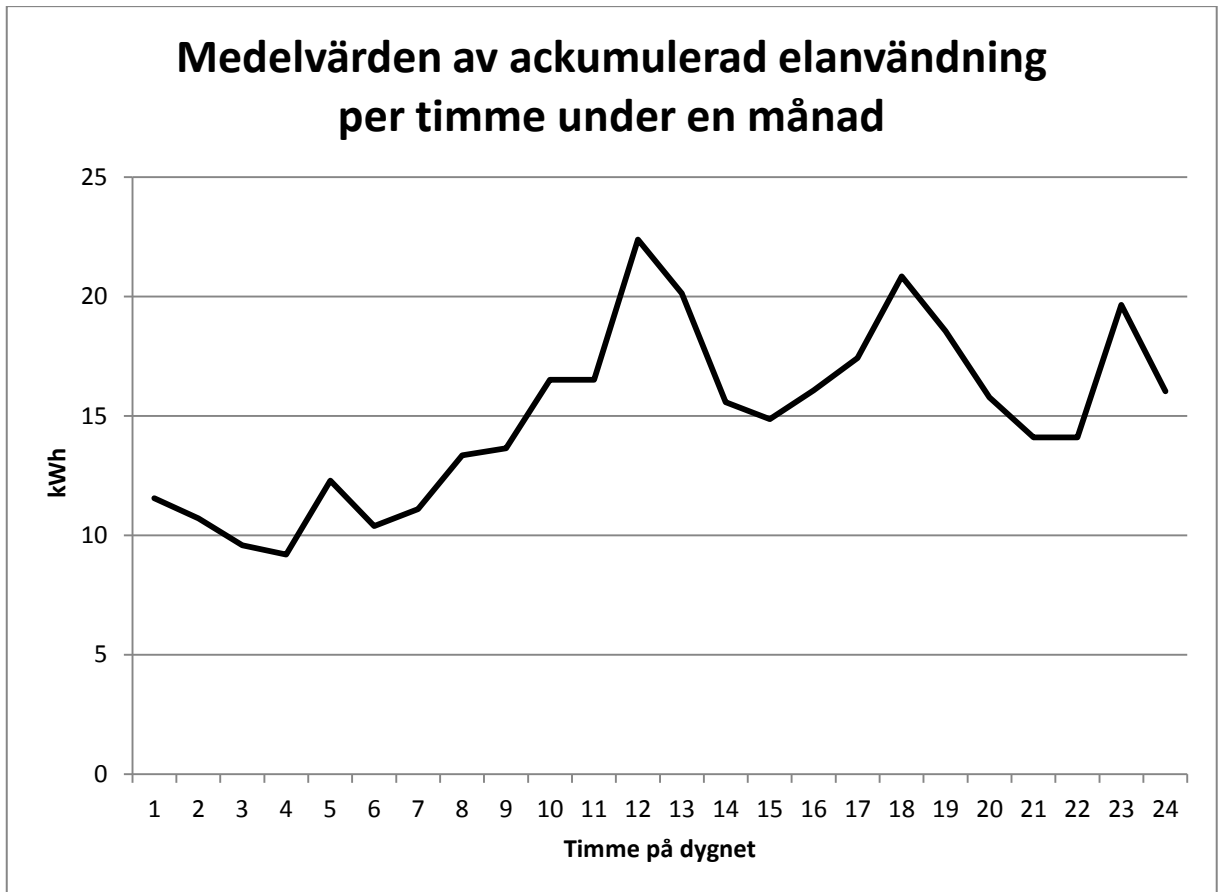
Figur 5. Elanvändning över dygnets 24 timmar för fyra olika månader under samma år från en gård med mjölkproduktion och konventionell mjölkning två ggr/dygn.

Tabell 10. Elanvändning för gård med äggproduktion (3 stall) uppdelat i kWh per timme och dag under september - oktober 2014.

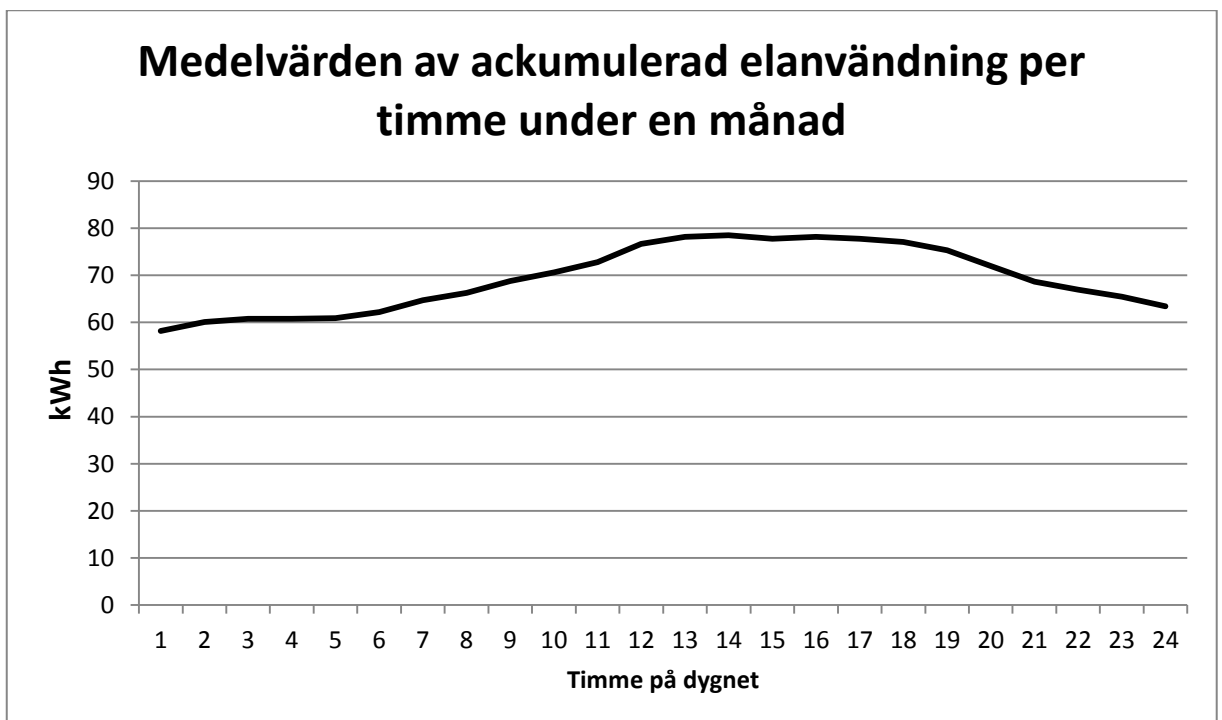
Tid	12-sep	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep	20-sep	21-sep	22-sep	23-sep	24-sep	25-sep	26-sep	27-sep	28-sep	29-sep	30-sep	01-okt	02-okt	03-okt	Medel
01:00	14.8	17.6	15.4	16.3	15.2	14.6	14.8	14.9	13.2	16.3	13.7	12.9	14.2	14.1	16.4	16.0	15.8	17.1	13.2	13.4	15.6	13.0	14.9
02:00	15.2	17.4	16.6	16.7	16.1	15.8	15.4	16.0	14.2	16.3	14.3	13.7	15.6	14.5	16.9	16.4	16.2	17.4	13.6	13.9	15.8	13.9	15.5
03:00	15.5	17.8	16.2	16.2	16.0	15.1	15.3	15.6	14.1	16.5	13.9	13.2	16.2	13.9	17.0	16.3	16.3	17.5	13.5	13.8	16.0	13.6	15.4
04:00	14.8	17.2	16.2	15.9	15.7	14.1	15.4	15.5	13.7	16.4	13.6	12.8	16.5	14.1	17.2	16.3	16.3	17.4	13.3	13.9	16.1	13.4	15.3
05:00	14.8	16.7	16.5	16.0	15.3	14.2	15.2	15.4	13.7	17.0	13.8	12.7	16.9	15.7	17.4	16.8	16.6	17.7	13.5	13.9	16.9	13.2	15.5
06:00	16.6	19.8	18.1	18.1	15.7	15.1	18.2	17.6	16.6	19.4	16.7	15.9	17.4	19.3	20.4	18.4	18.0	20.7	17.4	14.4	21.0	17.2	17.8
07:00	17.2	19.4	18.6	18.7	17.5	17.1	16.5	17.9	15.8	19.9	16.0	16.2	18.4	19.5	20.3	18.7	20.0	20.9	15.9	16.1	20.7	17.3	18.1
08:00	17.9	19.8	19.0	20.0	17.5	17.2	16.8	19.0	17.3	19.9	18.0	15.9	18.7	17.5	20.9	19.5	18.6	21.1	16.1	16.1	20.3	15.4	18.3
09:00	21.0	20.9	19.0	20.7	18.2	16.6	19.7	18.0	17.1	17.2	17.2	15.2	19.8	17.1	18.8	17.9	17.1	20.8	16.7	16.8	18.9	15.6	18.2
10:00	21.8	19.5	20.7	23.2	19.3	15.7	21.0	19.5	21.8	18.3	16.6	15.5	17.5	17.6	18.5	19.2	18.3	22.4	18.1	16.0	18.1	16.8	18.9
11:00	23.6	20.0	20.4	24.7	21.6	18.8	22.7	22.1	21.9	19.7	15.7	16.2	17.7	19.9	20.2	19.9	18.8	23.4	19.9	17.2	19.9	18.7	20.1
12:00	24.9	21.2	21.6	24.0	23.4	22.1	25.1	23.1	22.9	20.2	15.7	16.0	18.9	20.2	20.0	18.9	18.3	21.5	19.7	17.4	20.6	18.8	20.7
13:00	23.1	22.3	22.5	23.4	23.6	22.9	23.8	23.1	24.1	21.6	15.9	17.5	18.4	20.5	20.7	20.5	18.9	23.4	21.8	18.5	23.0	17.5	21.2
14:00	24.0	22.4	22.4	23.2	23.9	24.3	23.3	22.6	24.2	21.6	16.5	17.2	18.4	19.6	21.1	21.4	21.1	23.9	21.8	18.3	23.3	17.9	21.5
15:00	22.9	22.0	22.0	23.9	23.4	22.8	23.1	23.1	24.2	21.2	17.1	16.6	17.5	20.1	22.5	21.4	21.3	23.0	19.8	18.9	22.5	18.6	21.3
16:00	21.5	21.0	21.0	21.2	21.7	21.5	22.0	21.0	21.4	18.7	15.4	13.8	14.3	16.0	18.7	17.1	18.7	19.2	15.8	14.5	17.0	15.4	18.5
17:00	20.5	20.3	20.3	20.7	20.6	20.5	20.6	20.4	20.8	16.9	13.7	11.9	13.3	14.4	15.8	15.9	15.8	16.6	14.8	14.0	15.2	14.9	17.2
18:00	20.5	19.0	20.3	20.8	19.7	20.8	20.6	20.4	19.9	15.9	13.3	12.0	13.3	13.9	15.4	15.7	15.3	15.3	13.8	14.2	14.6	15.1	16.8
19:00	20.1	17.9	20.3	17.5	15.8	18.0	18.7	17.2	16.8	15.5	12.5	12.1	13.8	14.1	15.3	15.7	15.7	14.9	13.7	14.6	13.7	15.5	15.9
20:00	18.7	17.6	19.8	15.9	14.9	15.4	16.9	15.0	15.5	14.5	12.0	12.8	13.9	14.9	14.9	15.9	16.3	13.9	12.8	14.7	12.5	15.8	15.2
21:00	16.8	16.4	19.0	14.9	14.6	14.3	16.1	13.6	14.6	14.4	11.9	12.5	13.9	14.6	15.0	15.8	15.9	12.9	12.3	14.6	12.5	15.7	14.6
22:00	17.6	15.5	17.3	15.3	14.3	14.2	14.9	12.8	15.5	14.1	11.2	12.3	13.5	14.9	14.8	14.5	15.9	12.2	12.3	14.5	12.3	16.1	14.4
23:00	18.8	14.9	17.4	15.4	14.5	14.7	15.0	12.8	18.0	13.8	11.6	12.9	13.8	15.3	15.2	15.1	16.5	12.7	12.8	14.8	12.4	16.9	14.8
00:00	19.5	15.4	16.8	15.3	14.7	14.7	14.8	13.1	16.6	13.2	12.0	13.4	13.4	15.5	15.4	15.3	16.5	12.6	12.7	14.7	12.5	16.4	14.8



Figur 6. Medelvärden av elanvändning i kWh per timme under mätperioden september - oktober för gård med äggproduktion.



Figur 7. Elanvändning på gård med suggor och slaktsvin. Medelvärden under en månad.

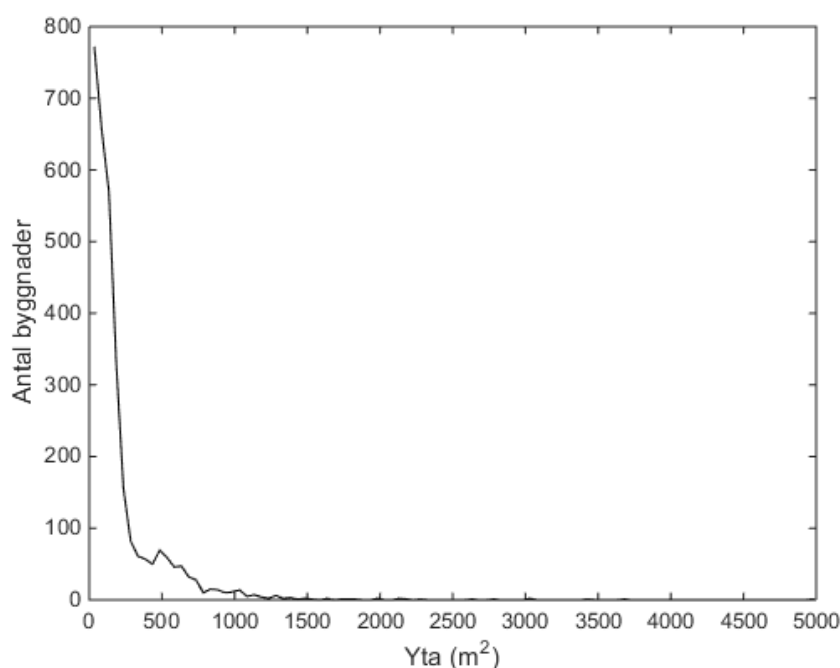


Figur 8. Elanvändning på gård med slaktkycklingsproduktion. Medelvärden under en månad.

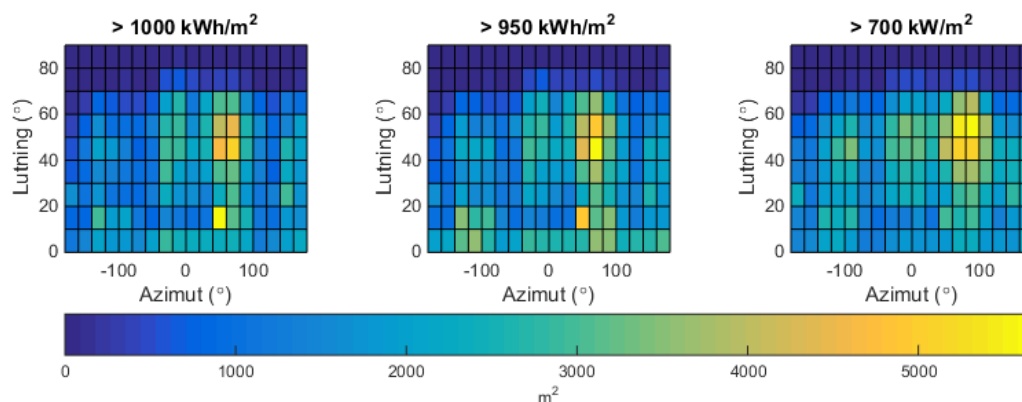
5.4 Teoretisk potential

5.4.1 Ytor på mark och tak

I Figur 9 presenteras storleksfördelningen på alla tillgängliga takytor på lantbruksbyggnader i Herrljungas elnät. Totalt är det 3 165 byggnader. De flesta byggnader är relativt små ($< 300 \text{ m}^2$), men det finns en relativt stor andel takytor på $400\text{--}750 \text{ m}^2$ och därefter endast ett fåtal byggnader med väldigt stora takytor ($> 1500 \text{ m}^2$). Figur 10 visar fördelningen av takytor för olika takorienteringar och instrålningsnivåer. Värt att notera är att det finns en koncentration av tillgängliga ytor i sydöst, och med runt 40 graders lutning, vilket de gulare (ljusare) områdena i diagrammen indikerar.



Figur 9. Storleksfördelning av takytor för samtliga byggnader på lantbruksbyggnader i Herrljunga-området.



Figur 10. Tillgänglig yta för olika takorienteringar (lutning och azimuth) för tre olika instrålningsnivåer; $> 1000 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$, $> 950 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ samt $> 700 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$. Azimut anger vinkeln i förhållande till syd i grader där 0 =rakt mot söder.

För markmontering uppskattades de ytor som teoretiskt skulle kunna användas för solceller utifrån tillgänglig statistik, vilket presenteras uppdelat på län i Tabell 2. Nationellt handlar det om drygt 316 tusen hektar mark. Med antagandet att solpaneler med 15 % verkningsgrad och 900 kWh elproduktion per kW topp effekt placeras på samtliga dessa marker, i glesa rader (drygt 5 meters avstånd) för att undvika internskuggning och med orientering rakt mot söder, uppskattas att det genomsnittliga utbytet bli 40 kWh/m² markyta och år. Den totala nationella potentialen för markmonterad solceller blir då drygt 126 TWh/år. Detta kan jämföras med att vattenkraften år 2013 tillförde 61 TWh el till det svenska energisystemet (Energimyndigheten, 2015). Även om samtliga ytor i praktiken inte kommer att användas för solcellerproduktion kan det konstateras att solcellspotentialen inte främst begränsas av mängden tillgänglig mark, utan snarare av faktorer såsom nätets kapacitet, markernas avstånd till en transformatorstation samt ytans utformning och omgivning.

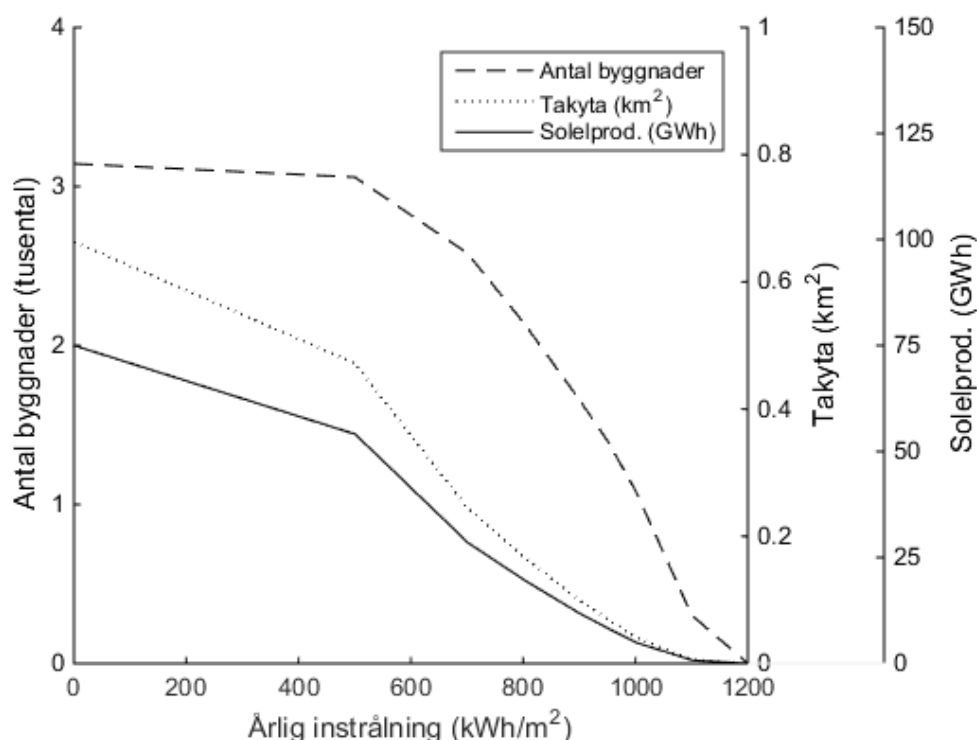
Solinstrålning och solcellproduktion på tak

I Tabell 11 redovisas nyckeltal för ett genomsnittligt lantbruk i Herrljungas elnät med avseende på förutsättningarna för solcellproduktion. Varje fastighet har i genomsnitt 5,4 byggnader, vilket kan jämföras med 6,5 byggnader/fastighet i den tidigare studien av Riksantikvarieämbetet (2004).

Tabell 11. Nyckeltal för ett genomsnittligt lantbruk i Herrljungas elnät vad gäller förutsättningar för solcellproduktion vid olika instrålningsnivåer (alla tak, > 700 kWh/m², > 1000 kWh/m²).

Nyckeltal (per fastighet)	Alla tak	> 700 kWh/m ²	> 1000 kWh/m ²
Takyta (m ²)	1100	410	70
Solinstrålning (MWh/år)	940	360	62
Solcellskapacitet (kW)	170	62	10
Solcellproduktion (MWh/år)	128	48	8.3

Den teoretiska potentialen för solcellproduktion i lantbruket redovisas i Figur 11 för Herrljunga kommun. Figuren visar hur potentialen beror av vald instrålningsnivå, där 0 på x-axeln motsvarar alla tak, och där exempelvis 1000 motsvarar alla tak med en årlig instrålning som är större än 1000 kWh/m²/år.



Figur 11. Potential för antal lantbruksbyggnader i Herrljunga, total tillgänglig takyta samt årlig solelproduktion. X-axeln representeras av instrålningsnivån, där 0 motsvarar alla tak och exempelvis 1000 motsvarar alla tak med en årlig instrålning som är större än 1000 kWh/m²/år.

Uppskalning av potential

Tabell 12 visar den årliga uppskalade elproduktionen från solceller på lantbrukstak uttryckt i TWh för varje län i Sverige. Potentialen redovisas för alla tak, samt begränsat till två instrålningsnivåer, >700 kWh/m²/år respektive >1000 kWh/m²/år. Det som är värt att nämna är att uppskalningen har skett linjärt över hela landet utan hänsyn till varierande solinstrålningsförhållanden. Potentialen har också reducerats med 19 % med tanke på att vissa tak inte anses dugliga för installation av solceller (Riksantikvarieämbetet, 2004).

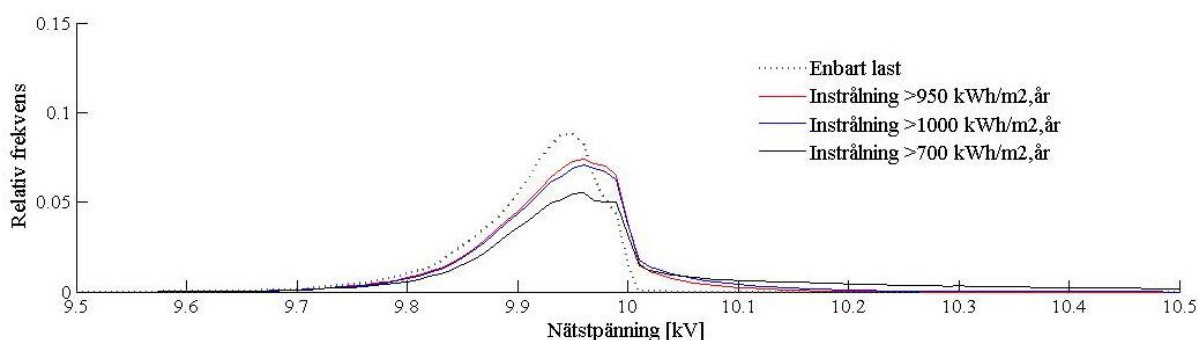
Tabell 12. Länsvis årlig produktion från solceller (TWh) för alla lantbrukstak samt begränsat till två instrålningsnivåer, >700 kWh/m²/år respektive >1000 kWh/m²/år.

Län	Antal lantbruks-fastigheter	Alla takytor	> 700 kWh/m ²	> 1000 kWh/m ²
Stockholms	7278	0,7	0,3	0,0
Uppsala	8308	0,9	0,3	0,1
Södermanlands	5709	0,6	0,2	0,0
Östergötlands	10421	1,1	0,4	0,1
Jönköpings	15380	1,6	0,6	0,1
Kronobergs	14281	1,5	0,6	0,1
Kalmar	12882	1,3	0,5	0,1
Gotlands	6416	0,7	0,3	0,0
Blekinge	6443	0,7	0,3	0,0
Skåne	30706	3,2	1,2	0,2
Hallands	11869	1,2	0,5	0,1
Västra Götalands	49358	5,1	1,9	0,3
Värmlands	25874	2,7	1,0	0,2
Örebro	10385	1,1	0,4	0,1
Västmanlands	4447	0,5	0,2	0,0
Dalarna	29824	3,1	1,2	0,2
Gävleborgs	15129	1,6	0,6	0,1
Västernorrlands	19387	2,0	0,8	0,1
Jämtlands	18500	1,9	0,7	0,1
Västerbottens	25850	2,7	1,0	0,2
Norrbottens	18963	1,9	0,7	0,1
Hela Sverige	347410	35,7	13,6	2,3

5.5 Realiserbar potential

5.5.1 Acceptansgräns för sol i eldistributionsnät

Nedan presenteras resultaten från elnätssimuleringarna för de studerade fallen. Figur 12 visar de resulterande histogrammen över spänningarna i nätet för de olika instrålningsnivåerna samt enbart laster.



Figur 12. Histogram av nätspänning i noderna för de studerade fallen samt enbart last. Spänningarna är under årets alla timmar och för båda mottagningsstationerna.

Notera att spänningarna som förväntat inte överstiger den nominella nätspänningen (10 kV) i fallet med endast laster. Spänningen är samtidigt frekvent högre än 10 kV i resterande fall, med varierande mängd solelproduktion. Särskilt då takytor med en solinstrålning på $>700 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ utnyttjas.

Tabell 13 nedan visar maximal och minimal spänning under året för näten under de båda mottagningsstationerna Herrljunga och Ljung i de studerade fallen.

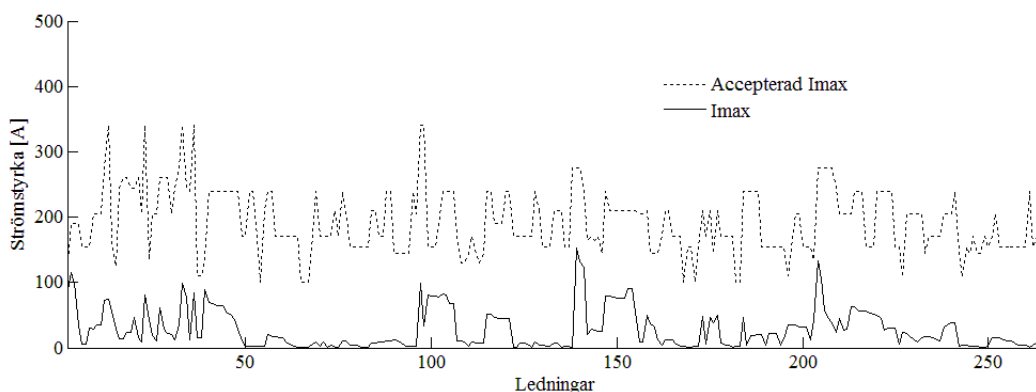
Tabell 13. Högsta och lägsta spänningar för respektive mottagningsstations nät för de studerade fallen. Notera att lägsta spänningen under året är densamma för samtliga fall, vilket beror på att den inte påverkas av varierande mängd solelproduktion.

Instrålning [$\text{kWh/m}^2, \text{år}$]	Mottagningsstation	U_{max} [kV]	U_{min} [kV]
700	Herrljunga	12,1	9,7
	Ljung	12,2	9,6
950	Herrljunga	10,7	9,7
	Ljung	10,9	9,6
1000	Herrljunga	10,3	9,7
	Ljung	10,5	9,6

Elnätets acceptansgräns för solel nås i fallet då ytornas solinstrålning är $>1000 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Detta kan ses i Tabell 13 ovan, vilken visar att högsta spänning under året då är 10 476 V och därmed mindre än 5 procent över 10 kV (vilket som nämnts tidigare är den högsta tillåtna spänningshöjningen). Vidare ses att maximal spänning överstiger accepterad nivå för övriga två instrålningsnivåer. Nätet i Herrljunga kan hantera en total installerad solcellseffekt på 7 MW i lantbruket, vilket uppskalat på nationell nivå ger en potential på drygt 2 TWh solel per år.

För att ytterligare frigöra potential i elnätet genomfördes simuleringar i fallet med årlig solinstrålning $>700 \text{ kWh/m}^2$ men med en faktor på utnyttjad takyta för solelproduktion. Därmed utnyttjas fler takytor med lägre solinstrålning vilket innebär större azimuth. Det leder i sin tur till att solelproduktionen sprids ut mer över dagen, vilket minskar belastningarna på elnätet. Resultatet är att då 23 % av total tillgänglig yta utnyttjas frigörs 30 procents årlig produktion jämfört med fallet med årlig solinstrålning $>1000 \text{ kWh/m}^2$, med bibehållen nätbelastning. Det innebär en potential om 3 TWh/år uppskalat på nationell nivå.

Även strömmarna i nätet ökar i takt med att den installerade solcellseffekten ökar. Det är dock spänningen i första hand som begränsar elnätets acceptansgräns. Figur 13 visar att strömmarna inte överstiger ledningarnas maximalt tillåtna strömmar i fallet med instrålningsnivå $>1000 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$.



Figur 13. Maximal strömstyrka i ledningarna ($I_{\max}$). Instrålningsnivå 1000 kWh/m²,år.

Herrljunga Elektriskas elnät är inte nödvändigtvis representativt för svenska distributionsnät i allmänhet. För att dra fullständiga slutsatser om elnätets begränsningar för storskalig anslutning av sol i det svenska lantbruket behövs fler liknande studier och simuleringar. Däremot visar resultatet att både strömmar och spänningar blir för höga vid stora mängder solexproduktion utifrån dagens förutsättningar i distributionsnätet.

För att öka nätets acceptansgräns krävs någon form av åtgärd. Traditionellt har omsättningskopplare i nätstationens transformator använts för spänningsreglering i mellanspänningsnätet. Genom manuell ändring av lindningsförhållandet mellan transformatorns primär- och sekundärsida kan både spänningsfall och spänningshöjningar undvikas (Shavemaker & van der Sluis, 2008). Ledningsförstärkningar är en metod som är lämplig för att långsiktigt stärka elnätet och möjliggöra ökad installation av sol. Nätspänningen kan också regleras genom åtgärder direkt i anslutning till solexproduktionen. Moderna växelriktare har möjligheten att begränsa utmatningen av effekt i nätet beroende på aktuella spänningsförhållanden. En åtgärd som får ökat fokus är lagring av elektricitet i batterilager. Genom att lagra överskottsel vid hög produktion minskar utmatad effekt på elnätet. Därmed minskar risken för överbelastning och nätets acceptansgräns ökar.

5.5.2 Lönsamhet

Med de ekonomiska antaganden som gjorts i metodavsnittet är solceller inte en lönsam investering utan skattereduktion för överskottsel. Inte heller med hjälp av skattereduktionen blir det lönsamt att installera solceller, annat än på de allra bästa taken. För att nå 6 % reell avkastning krävs en årlig solinstrålning på minst 1 150 kWh/m²,år. Inom Herrljunga Elektriskas elnät finns det endast ett hundratal sådana byggnader (se Figur 11), med en total solexpotential på cirka 0,5 GWh. Uppskalat till nationell nivå innebär detta en årlig solexpotential på 0,23 TWh, sedan byggnader i icke underhållet skick (19 % enligt avsnitt Uppskalning av potential) räknats bort.

I Tabell 14 redovisas den reella avkastningen vid olika instrålningsnivåer vid sidan av uppskattad nationell potential på tak till lantbruksbyggnader. I den sista kolumnen har de utnyttjade takytorna per fastighet begränsats så att den årliga elproduktionen uppgår till högst 60 000 kWh (varav 30 000 kWh antas matas ut på elnätet).

Tabell 14. Beräknad reell avkastning för en solcellsanläggning på tak samt uppskattad nationell årlig solelpotential vid olika instrålningsnivåer.

Instrålning [kWh/m ² ,år]	Reell årlig avkastning		Nationell potential [TWh/år]	
	Utan skattereduktion	Med skattereduktion	Obegränsad skattereduktion	Högst 30 MWh skattereduktion
700	0,0 %	1,7 %	14	11
800	0,0 %	2,8 %	10	8
900	0,0 %	3,8 %	7	5
1000	0,7 %	4,7 %	3	3
1100	1,4 %	5,6 %	0,5	0,5
1200	2,1 %	6,4 %	0	0

5.6 Förbättrad lönsamhet ("Affärsmodeller")

I Tabell 15 redovisas potentialen för de studerade lönsamhetshöjande åtgärderna. Beräkningarna har enligt tidigare genomförts för en solcellsanläggning där halva elproduktionen används på gården och andra halvan matas ut på elnätet, utom i fallet med solcellsfältet då all el matas ut på elnätet.

Åtgärden *eget arbete* förutsätter markplacerade anläggningar, varför tillgängliga taktytor inte är en begränsande faktor. Den redovisade potentialen har beräknats genom att multiplicera det totala antalet underhållna lantbruksfastigheter i riket med 60 000 kWh/år.

Åtgärden *storskaligt* är inte lönsam i sig, då all el förutsätts säljas direkt till elnätet där värdet är lågt. I kombination med ett investeringsbidrag på 40 % och insats av eget kapital (kalkylränta 3 %) blir det dock lönsamt att bygga stora solcellsfält. I potentialbedömningen har vi antagit att solcellsfält på 1 000 kW_t installerats på 90 % av alla gårdar i riket. Observera att detta endast är en ekonomiskt lönsam potential ur lantbrukarens perspektiv och under antagandet att bidragsmedlen i landsbygdsprogrammet skulle räcka till detta.

Samtliga fall med redovisad lönsam potential kommer att begränsas av landsbygdsnätens acceptansgräns, som enligt tidigare har beräknats till 3-4 TWh.

Tabell 15. Åtgärder för ökad lönsamhet och vilken potential de beräknas frigöra.

Åtgärd	Lönsam instrålnings- nivå [kWh/m ²]	Nationell potential [TWh/år]	
		Obegränsad skattereduktion.	Högst 30 MWh skattereduktion.
Investeringsbidrag 40 %	700	14	15
Sälja elen dyrare	700	14	15
Eget kapital	850	9	8
Eget arbete	1000	-	21
Solcellsfält, eget kapital, investeringsbidrag 40 %	800	281*	

* Elen från solcellsfältet förutsätts säljas direkt till elnätet, utan möjlighet till skattereduktion

6 Kvalité, säkerhet och underhåll

Osäkerhet kring frågor om kvalité, säkerhet och underhåll bedöms vara en bidragande orsak till att många avvaktar med att investera i solel. I detta avsnitt redogörs för hur dessa frågor hanteras generellt i solel-sammanhang samt speciella aspekter som kan vara väsentliga att beakta i samband med lantbruksinstallationer.

6.1 Kvalité hos komponenter och system

Generellt gäller att solelprodukter som uppfyller de hårda kraven i dagens internationella standarder håller hög kvalité oavsett ursprungsland. Vissa modulproducenter marknadsför sig med olika tilläggskvalitéer som extra hårda tester eller garantier för återvinning av uttjänta produkter. Produktgarantier täcker som regel eventuella fel som, i de sällsynta fall de uppkommer, erfarenhetsmässigt ger sig tillkänna under de första 1-2 åren.

Den som planerar att investera i en solelanläggning skall vara medveten om att det som regel finns ett samband mellan pris och kvalité. Restlager eller sekunda produkter säljs ibland ut till mycket låga priser, vilket kan se ut som en god affär, men med tanke på att anläggningen skall leverera el i 20-30 år finns det all anledning att försäkra sig om en hög kvalité.

Att anlita en installatör med gedigen erfarenhet av solel kan också vara en god investering eftersom erfarenheter pekar på att brister, i de fall de uppträder, främst kan hänföras till felaktigheter i installationen. Uttrycket ”själv är bäste dräng” kan också passa bra i detta sammanhang eftersom eget installationsarbete, som tidigare nämnts, kan spara pengar och dessutom vara en garanti för väl utfört arbete. En behörig installatör måste dock alltid utföra anslutningen av produktionsanläggningen till den egna elanvändningen och till elnätet. Om man avser att göra merparten av arbetet själv kan det vara en god idé att inledningsvis ha med sig installatören.

- Installationsanvisningar skall finnas tillgängliga på svenska och i allt väsentligt uppfylla kraven i SS EN 62446 ”Nätanslutna solcellsanläggningar – Minimifordringar på dokumentation, kontroll och provning för idrifttagning”.
- På Solelprogrammets hemsida finns vägledningar för installation och besiktning av solelanläggningar (Energimyndigheten, Installationsguide nätanslutna solcellsanläggningar och Elforsk, 2011).
- Frågan om en eventuell CE-märkning av den kompletta anläggningen kommer ofta upp, men då en större anläggning normalt inte ”sätts på marknaden” som en komplett produkt så finns inget krav på CE-märkning annat än för dess komponenter. För anläggningen i sin helhet skall dock ansvarig installatör utfärda en så kallad deklaration om överensstämmelse. Denna ska intyga att ingående komponenter är CE-märkta med referens till de direktiv och standarder som gäller för den aktuella tillämpningen samt att kombinationen av komponenterna är i enlighet med respektive produkts specifikationer.

6.1.1 Solcellsmoduler

Livslängden för en solcellsmodul i svenskt klimat brukar antas till 25-30 år, men den kan mycket väl vara ännu längre. Garantin gäller normalt i fem år om anläggningen handlats upp i enlighet med ABT 06 – allmänna bestämmelser för totalentreprenader. Följande märkningar och/ eller tester skall finnas dokumenterade för en solcellsmodul, oavsett typ.

- CE-märkning med referens till de EU-direktiv som gäller för denna typ av utrustning, nämligen lågspänningsdirektivet, LVD, 2006/95/EG och, i de fall aktiva elektroniska komponenter finns inbyggda i modulen, EMC-direktivet 2004/108/EG. För den absoluta majoriteten av moduler gäller endast LVD.
- Moduler ska vara testade och verifierade av ackrediterat labb med avseende på prestanda, elsäkerhet, brandsäkerhet, hållbarhet och livslängd enligt IEC 61215 (Kristallint kisel) eller IEC 61646 (Tunnfilm) samt enligt IEC 61730. De två förra standarderna kommer inom kort att slås samman till en gemensam standard för prestanda och hållbarhet hos solcellsmoduler.
- Certifiering av produkterna genom t.ex. tyska TUV (Certipedia, www.certipedia.com) eller VDE innebär att den inledande typprovningen följs upp av regelbundna oberoende kontroller i fabrik för att på så sätt fortlöpande garantera kvalitén.

För solcellsmoduler som ska placeras i särskilt utsatt miljö inom lantbruket, t.ex. svin- och fjäderfäuppfödning, finns särskilda tester utformade för att säkerställa produkternas tålighet mot t.ex. ammoniakånga eller kondensat (SIS, 2014). I litteraturen finns dock inga belägg för att detta skulle vara ett utbrett problem.

6.1.2 Växelriktare

De flesta växelriktare är enbart utformade för att omvandla likström till växelström. Vill man kombinera sin anläggning med en batteribank och använda anläggningen som ett reservkraftssystem krävs ytterligare funktioner. Produkter som kombinerar dessa funktioner finns också att tillgå från de större växelriktartillverkarna. Livslängden för en växelriktare brukar antas till 15 år och garantin gäller även här normalt i fem år. Följande märkningar och/ eller tester skall finnas dokumenterade för en växelriktare, oavsett typ.

- CE-märkning som redovisar överensstämmelse med lågspänningsdirektivet, LVD, 2006/95/EG och EMC-direktivet 2004/108/EG.
- Växelriktare testade enligt tillämpliga säkerhetsstandarder (brand, el), t.ex. EN 62109-1 Omformare för solcellsanläggningar – Säkerhet – Del 1: Allmänna fordringar, EN 62109-2. Del 2: Särskilda fordringar på växelriktare, samt EN 62116 Solcellsanläggningar – Provning av anordningar för förhindrande av ö-drift.
- Växelriktare monterade utomhus ska vara godkända för detta.
- Transformatorlösa växelriktare kan inte användas med alla tillgängliga typer av solceller.

Så kallade mikroväxelriktare, där var modul har sin egen växelriktare, har de senaste åren börjat marknadsföras som ett alternativ till centrala växelriktare som kopplas till hela rader av moduler. Mikroväxelriktaren gör systemet betydligt mindre känsligt för delskuggning och för så kallad mismatch mellan moduler. En annan fördel kan vara att systemet blir enklare att bygga ut bit för bit, och det kan också vara enklare att diagnostisera eventuella fel i enskilda moduler i systemet. Elsäkerhet framhålls ofta som ytterligare ett skäl till att använda någon form av decentraliserad styrning eftersom det gör det möjligt att stänga av modulerna direkt vid deras anslutningar, t.ex. vid en brand, eller om man vill byta ut en modul i ett större nät under drift, vilket i grundutförande inte är möjligt med en central enhet. Samtidigt ger användningen av mikroväxelriktare fler väderutsatta kopplingspunkter i systemet, vilket kan vara en svaghet med tanke på att ett solesystem förväntas ha en livslängd på flera tiotals år. En variant på mikroväxelriktare är så kallade effektoptimerare eller ”power optimizers” där själva växelriktarfunktionen finns kvar i en central enhet men vissa optimerande funktioner är utlokaliserade till en enhet som ansluts till varje modul eller möjligen par av moduler.

Det finns i dagsläget inga krav på DC-brytare annat än centralt i en soleanläggning. Har man dessutom hela solcellsanläggningen placerad i ett väsentligen skuggfritt läge är därför mervärdet av decentraliserade växelriktare eller optimerare tveksam.

Dimensionering av växelriktare i förhållande till typ, antal och placering av solcellsmoduler i en större anläggning är ingen trivial uppgift och bör lämnas till en erfaren anläggningsprojektör.

6.1.3 Kablage och kontakter

Följande kvalitetsaspekter ska beaktas då det gäller kablar och kontakter i en soleanläggning.

- Använd dubbelisolerade UV-beständiga DC-kablar med minst 30 % överkapacitet i förhållande till systemets effekt vid STC (Standardiserade testförhållanden).
- MC4-kontakter ska användas, och två kontakter i en koppling ska alltid vara av samma fabrikat.
- Alla kablar dras och klamras enligt god teknisk praxis. Dolda/ inbyggda installationer skall undvikas.

6.2 Säkerhet

6.2.1 Elsäkerhet

En soleanläggning kan med avseende på elsäkerhet i de flesta fall betraktas som vilken annan elanläggning som helst. Den mest aktuella vägledningen till de svenska regelverk, föreskrifter och standarder som styr detta är Svensk Energis tredelade skrift ”Handledning för anslutning av elproduktion i elnätet” (Svensk Energi, 2014). Den första delen, MIKRO, behandlar anslutning av mikroproduktionsanläggningar till konsumtionsanläggningar, den andra, AMP, anslutning av mindre produktionsanläggningar till elnätet, och den tredje, ASP, dito för större anläggningar.

En soleanläggning skiljer sig dock från de flesta andra elanläggningar i ett par viktiga avseenden. En tydlig skillnad är att samtliga moduler och externa kablage är exponerade för de spänningspulser som kan uppkomma vid åsknedslag. En viktig skyddsåtgärd både för personsäkerheten och för att skydda anläggningen är därför att alla ledande anläggningsdelar som kan spänningssättas vid fel skall skyddsjordas. Åskledare bör installeras om modulerna placeras i utsatta lägen och överspänningsskydd på båda sidor om växelriktaren rekommenderas. En annan riskfaktor, som är speciell i sammanhanget, är att matningen från modulerna i de flesta fall inte går att stänga av på ett enkelt sätt. Anläggningen måste därför skyltas med information om att den kan vara spänningssatt trots att matningen från det externa elnätet är bruten.

6.2.2 Brandsäkerhet

För brandsäkerhetsfrågor hänvisas återigen till vad som gäller för varje lågspänningsanläggning. Räddningstjänsten har tidigare ifrågasatt säkerheten för insatspersonal vid bränder i soleanläggningar, och en handledning har därför tagits fram av MSB (MSB, 2014). Denna beskriver bland annat hur anläggningens skyltning bör utformas för att göra räddningspersonal uppmärksamma på om en byggnad har solex installerad.

Med tanke på att miljön i ett lantbruk kan vara hårdare än normalt bör man särskilt beakta placeringen av växelriktare, eftersom de behöver kylning av cirkulerande luft och eventuellt skulle kunna bli överhettade om de placerades i ett extremt dammigt och oventilerat utrymme. En väderskyddad placering utomhus kan vara att föredra. Utomhusplacering kan dessutom bidra till minimerade längder på ej fränkskiljningsbara likspänningskablar. Om växelriktaren trots allt ska placeras i en smutsig miljö bör en högre kapslingsklass än normalt övervägas.

I en av de mer omfattande studier som genomförts kring brandrisker i soleanläggningar har ett antal tyska brandtillbud i soleanläggningar studerats (PVSEC, 2013). Slutsatserna redogör för vilka typer av installations- och/eller komponentfel som orsakat tillbudet och att installations- eller designfel stod för ca 60 % av dem. Vanligast förekommande komponentfel förekom i DC-kretsen, därefter i moduler och sedan i växelriktare. En rekommendation i rapporten gäller regelbunden motionering av DC-brytare för att motverka risken för ökande övergångsmotstånd med överhettning som följd. En annan kommentar gäller placering av växelriktare, där övertemperaturer ibland orsakat brand i näraliggande lättantändliga material.

6.2.3 Säkerhet mot för höga taklaster

Trots att solcellsmoduler är förhållandevis lätta, 10-15 kg per kvadratmeter, så kan denna extralast utgöra ett problem vid takkonstruktioner som inte är överdimensionerade. I synnerhet gäller detta vid låga taklutningar, där soleanläggningen kan försvåra snöröjning och kanske även bidra till större ansamlingar av snö än normalt. Observera att den säkerhetsfaktor som normalt ingår i en byggnadskonstruktions dimensionering inte innebär att det finns utrymme för denna extralast. Är man tveksam på hur takkonstruktionen är dimensionerad kan det därför vara en god idé att låta en byggnadstekniker göra en beräkning.

6.2.4 Stöld och skadegörelse

En markplacerad anläggning kan vara att föredra framför en takplacerad då den förenklar installation, kontroll och eventuell service på moduler. Om en takinstallation kräver förstärkningsarbeten kan markplacering utgöra ett billigare alternativ, och kanske finns det bättre tillgång till oskuggad lågproduktiv mark nära inkopplingspunkter än motsvarande taktytor. Markuppställda moduler bör dessutom, i alla fall i Syd- och Mellansverige, vara snötäckta under kortare tid än dito takplacerade. Risken för stöld eller skadegörelse på moduler är dessvärre en faktor som måste tas i beaktande vid markplacering.

Erfarenheter från England beskriver i positiva ordalag möjligheterna till samutnyttjande av lågproduktiv mark för solcellsparker och härbärgerande av mindre betesdjur (Scurlock, 2014). En ilsken bagge kan därmed tänkas utgöra ett bra skydd om dessa risker bedöms vara avgörande.

6.2.5 Försäkringsfrågor

I anslutning till ovan avhandlade risker är en relevant fråga vad som gäller för en soleanläggning i försäkringshänseende. Eftersom användningen av soles i Sverige än så länge är så liten, finns ingen gemensam policy från försäkringsbranschen och frågan måste därför avhandlas från fall till fall.

6.3 Drift och underhåll

En soleanläggning kräver normalt inget underhåll, men en regelbunden översyn och uppföljning av elproduktionen bör alltid ingå i driftsrutinerna. För en säkrare uppföljning bör solinstrålningsgivare alltid ingå i en större anläggning.

Vid avlämnande och driftsättning av en anläggning ska leverantören eller installatören hålla en ordentlig genomgång av anläggningens funktion, och förklara hur översyn och driftuppföljning kan gå till. En sådan genomgång bör, liksom en ordentlig slutbesiktning, efterfrågas redan i förfrågningsunderlaget då anbudet begärs in.

Normalt sköter regnet avlägsnandet av damm och pollen från modulerna, men hård nedsmutsning från t.ex. fågelspillning kan behöva avlägsnas mekaniskt. Snötäckta moduler levererar ingen el, men snöskottning av moduler för att ta tillvara vintersolen är knappast mödan värd. Mindre än fem procent av årsproduktionen äger rum under tre vintermånader.

7 Informationsspridning – Soles i lantbruket

En plan för informationsspridning togs tidigt fram för projektet. Nedan beskrivs de moment som ingått.

7.1 Folder

JTI har tagit fram en separat folder i samverkan med samtliga aktörer i projektet. Energimyndigheten erbjöds enligt beslut möjlighet att godkänna framtaget material innan det spreds.

- Foldern är tryckt i mindre upplaga och utskickad till projektets samarbetspartners samt målgrupper enligt beslut.
- Foldern är även framtagen i format för både print- och nedladdning, PDF i A4-format, flerfärg.
- Samtliga i projektet deltagande organisationer har erbjudits att lägga upp foldern på sin hemsida.
- Även andra intressenter kan erbjudas att publicera foldern som print-/nedladdningsbar efter samråd med JTI, förutsatt att intressenterna distribuerar foldern gratis och i sitt originalskick.

Utskick av folder och information, dess användning och spridning:

- Sveriges kommunala energi- och klimatrådgivare
 - i. via regionala utvecklingsledare vid energikontoren
- Sveriges miljöinspektörer
 - i. via länsstyrelsernas energi- och klimatsamordnarnätverk (LEKS)
- Sveriges lantbrukare
 - i. via JTI:s kommunikationskanaler
 - ii. via LRF:s kommunikationskanaler
- Sveriges energikontor
 - i. direkt till energikontorens verksamhetsledare
- Sveriges länsstyrelser
 - i. via nätverket för LEKS

7.2 Pre-Folder

En folder producerades hösten 2014 för att tydligt berätta om projektets pågående arbete. Foldern togs fram av JTI:s kommunikatör i samarbete med projektledningen och Energikontoret.

- Foldern skapades som en print- och nedladdningsbar PDF i formatet 1/3 A4 på högkant i flerfärg.
- Samtliga i projektet deltagande organisationer uppmanades att lägga upp foldern på sin hemsida. Detta medförde även möjlighet till publik nedladdning och utskrift
- Även andra intressenter kunde publicera foldern som print-/nedladdningsbar på sina hemsidor.

7.3 Hemsidor

Deltagarna har uppmanats att informera om projektet fortlöpande via respektive organisations hemsida.

7.4 Informationsspridning/föreläsningar

7.4.1 Konferens/Seminarium

Slutseminarium har arrangerats vid Brunnby lantbrukardagar 1-2 juli för att berätta om projektets genomförande, metod och resultat.

- JTI informerade, i samverkan med de andra deltagande organisationerna, om projektet via sin egen monter.
- Seminarium i två etapper erbjöds besökare för att sprida kännedom om projektets resultat.

Konferensen **Solforum** arrangerades av Energimyndigheten den 22 oktober 2014 i Linköping. Peter Kovacs deltog och presenterade projektet samt spred foldern.

Det framtida biobaserade samhället, den 11 december 2014, en konferens med fokus på de gröna näringarnas möjligheter att bli producent av förnybar energi i det framtida biobaserade samhället. Arrangörer: LRF Sörmland, Länsstyrelsen i Södermanland, Energikontoret i Mälardalen, Biogas Öst. Målgrupp var lantbrukare och politiker. Föreläsare: David Larsson, Solkompaniet.

Svenska Solelmässan, den 9 oktober 2014, riktade sig till stora och små fastighetsägare, bygg- och fastighetsutvecklingsföretag samt ägare av soleanläggningar. På mässan deltog drygt 300 personer ur målgruppen. Arrangörer: Energikontoret i Mälardalen och STUNS Energi.

Övrig informationsspridning om projektet

Almedalen 2015. Spridning av projektets resultat och resultatbroschyr i anslutning till Almedalen 2015.

David Lingfors och Jesper Marklund, Uppsala universitet, presenterade delar av projektet vid konferensen ASES Solar 2015, 28-30 juli 2015, Pennsylvania State University, USA.

7.4.2 Planerad resultatspridning

Svenska Solelmässan 2015 den 25 november på Uppsala Konsert och Kongress, föredrag om projektresultaten planeras.

Nätverket för energi- och klimatrådgivare i Mälardalen, hösten 2015 planeras föredrag om resultaten i projektet.

En tidskriftsartikel baserad på potentialberäkningar (på tak) och elnätssimuleringar skickas till tidskriften Energy efter sommaren.

Ett abstract baserat på hela projektet skickas till konferensen ISES Solar World Congress 2015, 8-12 november 2015, Korea.

Vid all presentation av projektet har det framgått att projektet finansierats av Energimyndigheten.

8 Diskussion och slutsatser

De intervjuer som har genomförts bland lantbrukare med drifttagna soleanläggningar visar att besluten att skaffa soles många gånger tas på andra grunder än rent ekonomiska, såsom miljöskäl eller teknikintressen. De lantbruk som verkligen har haft minskad mängd köpt el och minskade elkostnader som drivande ambition, är gårdar med stor elanvändning sommartid för kylning och ventilation, det vill säga sådana laster som matchar solinstrålningen väl. Detta gäller t.ex. gårdar med äggproduktion, kycklingproduktion eller svinuppfödning.

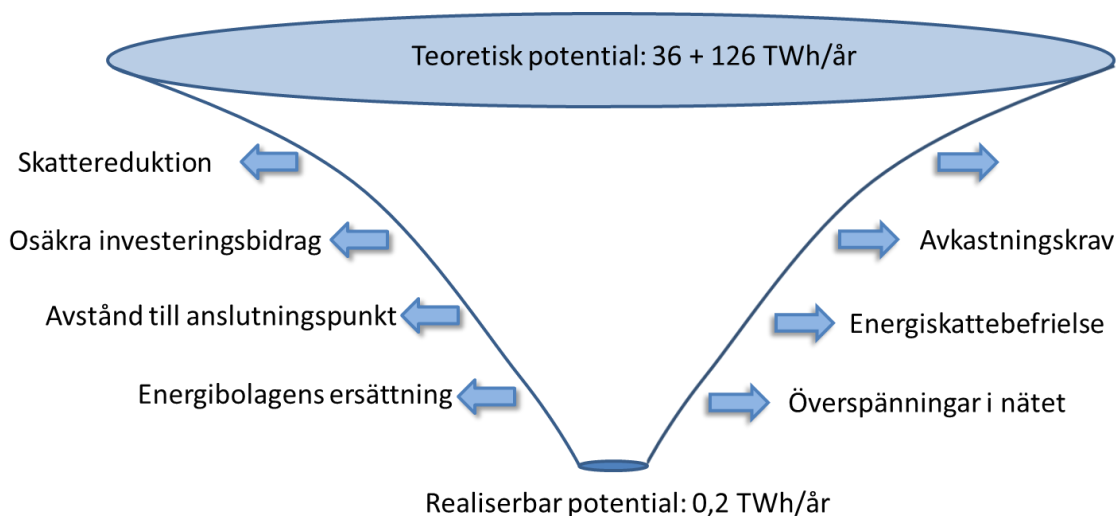
Vidare visar intervjuerna tydligt, att det var betydelsefullt för det ekonomiska resultatet att investeringskostnaderna har kunnat begränsas med hjälp av investeringsbidrag.

Funktion och installation av solelanläggningarna har i de allra flesta fall fungerat bra enligt de intervjuade.

En hypotes i projektet var att lönsamheten för solel i lantbruken kan förbättras genom att öka den direkta egenanvändningen av elen. Detta kan ske genom att flytta laster i tiden. Beräkningarna inom projektet visar dock att ökad egenanvändning inte självklart ökar lönsamheten med dagens regelsystem (skattereduktion). Genomförda mätningar, tillsammans med inventeringen gällande elförbrukning på gårdar, visar att merparten av elanvändningen är svår att flytta inom dygnets timmar. Det finns även tekniska metoder för att lagra energi eller skjuta upp behovet av elanvändning. Dessa kan möjligen vara aktuella vid ny- eller ombyggnad av ladugårdar, men bedöms alltför kostsamma med enbart solel som drivande ekonomisk faktor. Ökad egenanvändning kan dock bli nödvändig i ett framtidsscenario med stor solelproduktion långt ut i elnätet, för att minska nätbelastningen och undvika kostsamma nätförstärkningar.

8.1 Potential

Den totala potentialen för solel på svenska lantbruk inkluderar installation av både tak- och markmonterade solceller. Den teoretiska potentialen för takmonterad solel uppgår (enligt Tabell 12) till nära 36 TWh per år, medan markmonterad solel på nationell basis teoretiskt skulle kunna tillföra drygt 126 TWh per år. Elnätets kapacitet, markernas placering och utformning, liksom lantbrukens lönsamhetskrav utgör de största begränsningarna för att realisera denna potential. Med dagens ekonomiska förutsättningar begränsas därför den realiserbara potentialen inom svenskt lantbruk till ca 0,2 TWh per år. Se figur 14.



Figur 14. Den teoretiska potentialen för solel reduceras av olika skäl till en betydligt lägre nivå.

8.2 Uppskalning

På grund av tillgång till detaljerad data och god kännedom om elnätet och bygden har Herrljunga använts som utgångspunkt för beräkningar av potential, liksom för att studera näteffekter av ökad solelinstallation. Resultaten har sedan skalats upp till nationell nivå. Det bör poängteras att Herrljunga, med sina 591 lantbruksfastigheter, utgör mindre än två promille av landets 350 000 lantbruksfastigheter, och förhållandena i övrigt är heller inte nödvändigtvis representativa för Sverige i allmänhet. Möjliga skillnader vad gäller driftinriktning, solinstrålning, fastigheternas storlek, elnätets kapacitet etc. diskuteras nedan utgående från nationell statistik och tillgänglig statistik för Västra Götalands län. Ytterligare geografisk nedbrytning har inte varit möjlig.

Lantbrukens driftinriktning påverkar energibehov och förbrukningsmönster, vilket också påverkar möjligheten till egenanvändning av solel. Fördelningen mellan olika driftinriktningar på lantbruken i Västra Götaland speglar i stort landet som helhet. Den inbördes skillnaden mellan enskilda län är dock betydande. Vad gäller husdjurs-hållningen utmärker sig Västra Götaland genom att både mängden nötkreatur, får och höns är betydligt större än genomsnittet (SCB, 2014). I denna studie har konstaterats att typ av husdjur påverkar både det totala energibehovet och lantbrukets lastkurva. En större eller mindre mängd lantbruk med djurhållning kan därmed även påverka solelpotentialen positivt eller negativt.

Vidare är antalet småbruk i Västra Götalandsregionen något högre än i landet i stort (SCB, 2014). Det kan även noteras att antalet byggnader per lantbruksfastighet i Herrljunga är 5,4, vilket kan jämföras med en inventering gjord av Riksantikvarieämbetet (2004), där det genomsnittliga antalet byggnader var 6,5 per lantbruksfastighet. Troligen varierar även storleken på byggnaderna, och därmed tillgängliga takytor för solelinstallation, mellan olika delar av landet beroende på bland annat driftinriktning. Detta i sin tur påverkar den nationella solelpotentialen.

8.3 Lönsamhet

Med de antagna beräkningsförutsättningarna är solceller i grunden endast lönsamt i undantagsfall, även om den nya skattereduktionen för överskotts- el utnyttjas. Det finns sannolikt fall med lägre investeringskostnad, eller en annan fördelning mellan egenanvändning och utmatning till elnätet, som ger högre lönsamhet. Den generella bilden kvarstår dock, att solceller inom lantbruk och landsbygdsföretag medför svag lönsamhet.

Det finns dock flera ljuspunkter. Om det förväntade investeringsbidraget inom landsbygdsprogrammet införs frigörs en mycket stor potential, då i princip alla gårdar kommer att ha takytor som är intressanta. Skattereduktionen för överskottsel ger också ett viktigt ekonomiskt bidrag. Anläggningarnas storlek kommer sannolikt att begränsas utifrån gällande regelverk, så att de ger ett överskott så nära 30 000 kWh/år som möjligt.

Ersättningen för solel som matas ut på nätet varierar idag markant mellan olika energibolag. Att sälja elen dyrare till välvilliga energibolag ger möjlighet till ökad lönsamhet, men osäkerheten kring hur länge ett sådant erbjudande kvarstår gör det svårt att basera en investeringskalkyl på detta.

Att sänka investeringskostnaden med hjälp av eget kapital och eget arbete är intressanta åtgärder som också kan frigöra en stor potential.

Om tillräcklig lönsamhet uppnås kommer istället elnätet att bli den begränsande faktorn.

8.4 Fortsatt arbete

Denna studie har pekat på att elnätet sätter begränsningar för storskalig introduktion av solelproduktion i de svenska landsbygdsnäten. Hur dessa nätbegränsningar kan hanteras behöver utredas ytterligare, såsom i vilken utsträckning det är rimligt och ekonomiskt försvarbart att förstärka elnätet eller hur stor solelpotential som kan frigöras genom ökad lagring i form av exempelvis batterilager eller gårdsproduktion av syntetisk diesel.

Tvetydiga politiska signaler genom lagar och regler samt kortsiktiga eller begränsade bidrags- och ersättningssystem påverkar lantbruksföretagens investeringsvilja. Flera idag gällande regelverk främjar snarare privata installationer än solel i lantbruk. Hur ekonomiska styrmedel kan utformas för att främja solelinstallation inom just lantbrukssektorn, samt vilka positiva och negativa effekter detta kan väntas få, bör därför utredas ytterligare.

Vidare pekar diskussionen i avsnitt 8.2 på vissa osäkerheter i de nationella potentialuppskattningarna, men också på ett behov av att öka kunskapen kring lantbrukets byggnader och oanvända marker, liksom hur dessa kan brukas för att uppnå största möjliga nytta för såväl lantbrukare som samhälle.

9 Referenser

- Baky, A., Sundberg, M., Brown, N., 2010. Kartläggning av jordbrukets energianvändning. Ett projekt utfört på uppdrag av Jordbruksverket. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Bazen, E.F., Brown, M.A., 2009. Feasibility of solar technology (photovoltaic) adoption: A case study on Tennessee's poultry industry. *Renewable Energy* 34, 748-754.
- Scurlock E. J., 2014. Agricultural Good Practice Guidance for Solar Farms. BRE National Solar Centre
- Byrne, J., Glover, L., Hegedus, S., VanWicklen, G., 2005. The Potential of Solar Electric Applications for Delaware's Poultry Farms. Center for Energy and Environmental Policy, University of Delaware.
- Certipedia, www.certipedia.com
- Duffie, J.A., & Beckman, W.A., 2006. *Solar Engineering of thermal processes*. Hoboken, 2006.
- Edström, M., Pettersson, O., Nilsson, L., Hörndahl, T. 2005. Jordbrukets energianvändning. JTI-rapport Lantbruk och Industri nr 342. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Ekman L., Jonsson E., 2014. Solar Energy on Swedish Pig Farms – A sunny story? Master's thesis 30 hec. Advanced level Agricultural Programme – Economics and Management Degree thesis No 881 ISSN 1401-4084, Uppsala 2014.
- Elforsk, 2011. Kvalitetssäkring av nätanslutna solcellsanläggningar. Elforsk rapport 11:79.

- <http://www.solelprogrammet.se/Verksamhet/Arkiv1/Rapporter/Kvalitetssakring-g-av-natanslutna-solcellsanlaggningar/>
- Energimarknadsinspektionen, 2013. Energimarknadsinspektionens författningssamling - EIFS 2013:1. ISSN 2000-592X.
- Energimyndigheten. Installationsguide nätanslutna solcellsanläggningar. http://www.solelprogrammet.se/Global/installationsguide_solceller.pdf?epslanguage=sv
- Energimyndigheten, 2014a. Energianvändning inom jordbruket 2013. Rapport ES 2014:07, ISSN 1654-7543.
- Energimyndigheten, 2014b. Scenarier över Sveriges energisystem. Rapport ER 2014:19, ISSN 1403-1892.
- Energimyndigheten, 2015a. Stöd till solceller. Information under kategorin hushåll, aktuella bidrag, hämtat från www.energimyndigheten.se.
- Energimyndigheten, 2015b. Prisstatistik om elcertifikat, hämtat från cesar.energimyndigheten.se.
- Energimyndigheten, 2015c. Årsrapport, en svensk-norsk elcertifikatsmarknad
- Energinet, 2015. Marknadsdata för spotpris på el 2014-2015, nedladdat från www.energinet.dk.
- Fawzy, T., Premm, D., Blettarie, B. & Gorsek, A., 2011. Active contribution of PV inverters to voltage control – from a smart grid vision to full-scale implementation. e & i Elektrotechnik und Informationstechnik, 128(4), pp. 110-115.
- Hörndahl, T., 2007, Energiförbrukning i jordbrukets driftsbyggnader – en kartläggning av 16 gårdar med olika driftsinriktning, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT), SLU, Alnarp.
- IEA International Energy Agency, 2013. PVPS Report: A Snapshot of Global PV 1992-2012, Report IEA-PVPS T1-22:2013.
- IEA International Energy Agency, 2015. Svensk sammanfattning av IEA-PVPS National Survey Report of PV power applications in Sweden 2014.
- Innovatum Teknikpark. 2013. Solcellsanläggningar för lantbruket. En förstudie om intressenter, affärsmodeller, kvalitet, säkerhet och underhåll. Trollhättan.
- Johnsson, B., 2008. Kartläggning av mark som tagits ur produktion. Jordbruksverket Rapport 2008:7.
- Jordbruksverket, 2015. Landsbygdsprogrammet 2014-2020. Information under kategorin landsbygdsutveckling, hämtat från www.jordbruksverket.se (2015-06-11).
- Kjellsson, E. (1999), Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige – Rapport 1: Ytor på byggnader, Rapport TVBH-7210, Lunds tekniska högskola, Lund.
- Kjellsson, E. (2000), Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige – Rapport 2: Instrålningsnivåer på byggnadsytor, Rapport TVBH-7216, Lunds tekniska högskola, Lund.
- Lantmäteriet, 2015a. Fastighetskartan Vektor, licensnummer: 249189687.
- Lantmäteriet, 2015b. Laserdata Vektor, licensnummer: 37987217
- Lantmäteriet, 2015c. Fastighetskartan Vektor, licensnummer: 50127958
- Lingfors, D., & Widén, J. 2014. Solenergipotentialen för Blekinges bebyggelse enligt två framtidsscenarier. Rapport 2014:10, Länsstyrelsen i Blekinge, 2014.
- LRFs Energistrategi, Riksförbundsstämman, 2011.
- Länsstyrelsen Dalarnas län: <http://www.lansstyrelsen.se/dalarna/SiteCollectionDocuments/Sv/Publikationer/Rapporter-2012/12-05.pdf>
- MSB, 2014. Kartläggning risker vid räddningsinsats i samband med brand i solcellsanläggning.

- Neuman, L., 2009, Kartläggning av energianvändning på lantbruk 2008, LRF Konsult AB, www.bioenergiportalen.se/attachments/42/451.pdf
- Norton, B. et al., 2011. Enhancing the performance of building integrated photovoltaics, *Solar Energy* 85: 1629-1664.
- Power Circle, 2014. Anslutning av förnybar elproduktion till distributionsnäten i Södra Sverige, Stockholm: Power Circle.
- PVSEC, 2013. PV fire hazard-analysis and assessment of fire incidents. Laukamp et al. 28th PVSEC 2013, Paris.
- Riksantikvarieämbetet, 2004. Lantbrukets byggnader 1993-2003: Tillstånds- och förändringsanalys i 10 av LiM:s referensområden. Rapport från Riksantikvarieämbetet 2004:9.
- SCB, 2010a. Jordbruksföretag och företagare 2010. Sveriges officiella statistik, JO 34 SM 1101. Statistiska centralbyrån.
- SCB, 2010b. Hästar och anläggningar med häst 2010. Sveriges officiella statistik, JO 24 SM 1101. Statistiska centralbyrån.
- SCB, 2011. Husdjur i juni 2011. Sveriges officiella statistik, JO 20 SM 1102. Statistiska centralbyrån.
- SCB, 2014. Jordbruksstatistisk årsbok 2014.
- Schavemaker, P. & van der Sluis, L., 2008. *Electrical Power System Essentials*. 1:a uppl. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- SIS, 2014. SS-EN 62716. Solceller-Korrosionsprovning av solcellsmoduler med ammoniakhaltig atmosfär. Svensk Elstandard SEK
- Skatteverket, 2013. Nya taxeringsvärden för 350 000 lantbruksfastigheter (Bilaga: Länsvis information, antal lantbruksfastigheter och förändring av taxeringsvärden). Pressmeddelande från Skatteverket 2013-09-23. Tillgänglig via www.skatteverket.se
- Skatteverket, 2015. Skattereduktion för mikroproduktion av förnybar el. Information till privatpersoner från Skatteverket, under kategorin fastigheter & bostad. Tillgänglig via www.skatteverket.se.
- SMHI, 2015a. SMHI - öppna data. URL: <http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/> (Tillgänglig 2015-05-11).
- SMHI, 2015b. STRÅNG - a mesoscale model for solar radiation. URL: strang.smhi.se (Tillgänglig 2015-05-12).
- Solel i Sala och Heby: <http://solelisalaheby.se/anlaggningarna>
- Svensk Energi, 2014.Handledning för anslutning av elproduktion i elnätet. www.svenskenergi.se.
- Svensk Energi, 2015. Planeringsverktyget EBR-e, Planeringskatalog P1. Tillgänglig med inloggning på www.svenskenergi.se.
- Tolke, C. L. (Jordbruksverket), 2014. Personlig kommunikation, 2014-03-12.
- Tolke, C. L. (Jordbruksverket), 2013. Arealer och förutsättningar för odling av energigrödor. Dokumentation från presentation vid konferensen Marginalmarkernas roll vid genomförandet av Färdplan 2050, 2013-10-29.
- Walla, T., Widén, J., Johansson, J., Bergerland, C., 2012. Determining and increasing the hosting capacity for photovoltaics in Swedish distribution grids, Proceedings of the 27th European Photovoltaic Energy Conference (EU-PVSEC), Frankfurt, Germany, September 24-28, 2012.
- VBB (1983), Solceller i bebyggelsen, Delrapport Efn-projekt 5260 241.
- Walla, T., 2012. Hosting capacity for photovoltaics in Swedish distribution grids, Uppsala: Uppsala Universitet.
- Widén, J., Weiss, P., 2012. Solenergi i Dalarnas bebyggelse: Potential till år 2020 och 2050, Rapport 2012:05, Länsstyrelsen Dalarnas län.

Bilaga 1. SolEI – Intervjufrågor

I enkäten används genomgående begreppet solEI i stället för solceller eller solpaneler.

Text inom parentes i kursiv stil är tänkt att fungera som stöd för den som intervjuar vid telefonintervju.

Intervjufrågor till del 1 (de som har en solelsanläggning)

A. Grunduppgifter

A1/ Namn (brukare eller kontaktperson):	
A2/ Ålder/födelseår:	
A3/ Företagsnamn/gårdsnamn:	
A4/ Produktion på gården (växtodling, djurhållning, arealer m.m.):	
A5/ Data för anläggning på mark (installationsår, storlek, toppeffekt [kW], väderstreck, panellutning):	
A6/ Data för anläggning på tak eller vägg (installationsår, storlek, toppeffekt [kW], väderstreck, taklutning, panellutning, takbeläggning):	
A7/ Investeringskostnad för anläggningen (värde av eget arbete, bidrag):	

B. Övergripande frågor

B1a/ Varför har du investerat i solel? B1b/ Hur fick du idén till detta?	
B2/ Vad tycker du om din solelsanläggning – vad är du nöjd eller missnöjd med?	
B3/ Hur har intresset varit från grannar eller bekanta för din solelsanläggning?	
B4a/ Har du sökt och fått bidrag för investeringen i solelsanläggningen? (svårt att söka bidrag?) B4b/Vilken typ av bidrag har du fått?	
B5/ Har du någon annan energiproduktion på gården? (<i>salix, flis, ved, halm, biogas, spannmål</i>)	
B6/ Vilka tips och råd vill du ge till andra som funderar på att investera i solel?	

C. Frågor om planering av installationen för solel

C1/ Var hittade du information om solel? (<i>tidningar, internet, elbolag, rådgivare, muntliga kontakter</i>)	
C2a/ Var det lätt att få den information som du ville ha? C2b/ Fanns det information som var svår att få tag på?	
C3/ Vilka eller vem gav den bästa informationen tycker du? (<i>kollegor, rådgivare, elbolag, grannar</i>)	
C4/ Vilken informationskälla uppfattade du som mest trovärdig?	

D. Frågor om affärsmodeller

D1/ Hur utnyttjas elenergin från din solelsanläggning? (<i>egen förbrukning, mängd/andel som matas ut på nätet</i>)	
D2/ Producerar du ett överskott av el? (<i>tidsperiod, mängd</i>)	
D3a/ Hur får du betalt för den elmängd som matas ut på nätet? D3b/ Vilken typ av avtal har du med elhandelsbolaget? (<i>elcertifikat, nätnytta, pris per kWh</i>)	
D4a/ Är det viktigt för dig att du själv äger solelsanläggningen? D4b/ Kan du tänka dig andra alternativ eller ägandeformer, t.ex. att hyra ut mark eller takyta, delägarskap i större anläggningar?	
D5/ Vad var avgörande för att du skaffade en solelsanläggning?	
D6/ Vad tror du krävs för att få fler lantbrukare att investera i solelsanläggningar? (<i>bidrag, elpris, attityd, intresse</i>)	
D7a/ Har du anslutit dig till systemet för elcertifikat? D7b/ Om nej. Känner du till att det finns möjlighet att få betalt för egenproducerad el via elcertifikat?	

E. Frågor om potential

E1/ En solelsanläggning levererar maximal effekt under soliga dagar mellan kl 10 till 14 under maj till september. Finns det någon elutrustning på din gård som effektmässigt skulle kunna drivas helt med solen under den tiden (<i>effektbehov och tid på dygnet/året</i>)	
E2/ Har du flyttat på användningen av någon elutrustning i tiden för att minska på toppbelastningarna på elnätet? Till exempel foderberedning.	
E3/ Vad avgjorde i ditt fall storleken på solelsanläggningen? (<i>lämplig tak- eller väggyta, lämplig markyta, investeringskostnad, lånekostnad, egen elförbrukning</i>)	
E4/ Vad avgjorde i ditt fall placeringen av solelsanläggningen? (<i>tak-, vägg-, markplacering, byggnadsanvändning, markanvändning, marktyper</i>)	
E5/ Finns det någon mark på gården som skulle passa för en markplacerad solcellsanläggning? Motivera! (<i>marktyp, skötselbehov, placering m.m.</i>)	

F. Service, drift och underhåll

F1a/ Vilket underhållsbehov har solelsanläggningen? (<i>räknat i kr eller tim</i>) F1b/ Vilket underhållsbehov räknade ni med från början?	
F2/ Har ni råkat ut för några driftsproblem eller andra problem med solelsanläggningen? (<i>reklamationer, garantier, har leverantören ställt upp</i>)	
F3/ Vem ansvarar för service av anläggningen och har ni något serviceavtal?	

G. Ekonomi, elproduktion

G1/ Har anläggningen producerat enligt vad kalkylen visade och vad leverantören av anläggningen utlovade? (<i>var kalkylen realistisk, ja/nej, mer/mindre, vet ej därför att..</i>)	
G2/ Hur är anläggningens ekonomi idag jämfört med vad som kalkylerades? (<i>bättre/ sämre, vet ej därför att...</i>)	

H. Frågor om själva byggnationen

H1/ Vad gick bättre än planerat/förväntat under byggnationen? (<i>enligt kalkyl, tidsplaner mm</i>)	
H2/ Vad gick sämre än planerat/förväntat?	
H3/ Uppfattade du att det fanns några särskilda hinder eller problem i de olika faserna av bygget? (<i>planering, byggnation och drift</i>)	
H4/ Hur var bygget organiserat och vilka olika entreprenörer anlätades?	
H5/ Gjorde du något arbete själv?	
H6/ Kunde tidsplanen hållas under bygget?	
H7/ Vilket moment tog mest tid?	
H8/ Hur stämde slutliga byggkostnader överens med de beräknade?	
H9/ Finns det planer på utbyggnad av anläggningen?	
H10/ Tidpunkt och storlek för ev utbyggnad?	
H11/ Någonting som du skulle ha gjort annorlunda om du byggt idag?	
H12/ Övriga värdefulla tips till andra som funderar på solel.	

I. Frågor om säkerhet

I1/ Vilken information har du fått om säkerhetsaspekter i solelsanläggningar?	
I2/ Vilka funderingar har du själv när det gäller säkerhetsfrågor i anläggningen?	
I3/ Hur följer du upp driften i anläggningen?	
I4/ Vilka kvalitetskrav har ni valt att anläggningen ska uppfylla? (<i>kvalitetsmärkning [CE], behörig installatör</i>)	
I5/ Vid takmonterade solelspaneler: Hur togs hänsyn till takets bärförmåga vid byggnationen?	

Intervjufrågor till del 2 (intresserade av att skaffa solel)

A1/ Namn (brukare eller kontaktperson):	
A2/ Ålder/födelseår:	
A3/ Företagsnamn/gårdsnamn:	
A4/ Produktion på gården (växtodling, djurhållning, arealer mm):	

J. Allmänna frågor

J1/ Har du planer på att investera i solel och hur fick du i så fall idén till detta?	
J2a/ Var har du hittat information om solel? (<i>tidningar, internet, elbolag, rådgivare, muntliga kontakter</i>) J2b/ Vilka har du haft kontakt med för att diskutera solel? (<i>kollegor, rådgivare, elbolag, grannar</i>)	
J3/ Vilka eller vem gav den bästa informationen tycker du? (<i>kollegor, rådgivare, elbolag, grannar</i>)	
J4/ Vilken informationskälla uppfattade du som mest trovärdig?	
J5b/ Vad avgör storleken i ditt fall? (<i>lämpliga takytor, lämpliga markytor, elförbrukning, ersättningsnivå</i>)	
J6a/ Är det viktigt för dig att du själv äger solelsanläggningen? J6b/ Kan du tänka dig andra alternativ eller ägandeformer, t.ex. att hyra ut mark eller takyta, delägarskap i större anläggningar?	

J7a/ Vad är det som gör att du inte har investerat i en solelsanläggning idag?	
J7b/ Vilka andra motiv än ekonomiska har gjort att du inte har satsat?	
J8/ Vad tror du krävs för att få fler lantbrukare att investera i solelsanläggningar? (<i>bidrag, elpris, attityd, intresse</i>)	
J9/ Har du sökt bidrag för att installera sol? Vilken typ av bidrag?	

K. Övrigt

K1/ Är du intresserad av att vi kommer och gör mätningar på elanvändningen på din gård?	
K2/ Får vi i så fall ta del av de uppgifter om elanvändningen timme för timme under det senaste året som elbolaget kan ta fram?	
K3/ Lämplig tid för ett sådant besök?	

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Vi är ett tekniskt jordbruksinstitut med tydlig miljö- och energiprofil. Institutets fokus ligger på innovation och utveckling i nära samarbete med företag, organisationer och myndigheter.

På vår webbplats publiceras regelbundet notiser om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Gratis mejlutskick av JTI:s nyhetsnotiser kan beställas på www.jti.se

På webbplatsen finns publikationer som kan läsas och laddas hem gratis. Se www.jti.se under fliken Publicerat.

Vissa publikationer kan beställas i tryckt form. För trycksaksbeställningar, kontakta oss på tfn 010-516 69 00, e-post: info@jti.se



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Box 7033, 750 07 Uppsala
Telefon: 010-516 69 00, Telefax: 018-30 09 56
E-post: info@jti.se
www.jti.se