



Projektrapport för SLF Projektet

FÖRUTSÄTTNINGAR OCH MÖJLIGHETER FÖR SOLCELLER I LANTBRUKET - EN FÖRSTUDIE

Sven Nimmermark

Biosystem och Teknologi, SLU, Alnarp

SAMMANFATTNING

Solceller är ett mycket miljövänligt sätt att producera el på och intresset för solceller har på senare år ökat i lantbruket och den gröna näringen. Den typ av solceller som för närvarande är vanligast på marknaden är kristallina solceller och dessa har ofta en verkningsgrad på 15-17%, medan på marknaden förekommande tunnfilmssolceller oftast har en verkningsgrad på upp till ca 14%. Solceller som monteras ovanpå ett befintligt tak och ansluts till elnätet är den vanligaste utformningen av solcellsanläggningar också i lantbruket. Byggnadsintegrerade solcells-anläggningar som t.ex. ersätter det befintliga takets funktion som väderskydd kan vara intressanta t.ex. i fall då man på en lantbruksbyggnad har ett befintligt tak som måste bytas ut. Solcellsanläggningar med solföljare monterade på stativ och som riktar in solpanelen optimalt mot solen under varje tidpunkt kan också vara intressanta bl.a. då elproduktionen per ytenhet räknat blir något bättre än för fast monterade solpaneler.

Hög temperatur hos solpanelen minskar verkningsgraden och det är därför viktigt att se till att det finns ventilation runt panelerna, t.ex. genom att montera solcellspaneler på distans över ett befintligt yttertak. Damm är oftast inget problem för solceller då regn och vindar oftast håller dem rena. Minskningen av producerad el p.g.a. att snö ansamlas på solpanelerna är oftast liten i södra Sverige

Ammoniak kan orsaka skada på en del solpaneler och om dessa är tänkta på lantbruk med djurhållning bör säljaren bör kunna presentera dokumentation över att de tänkta solcellerna blivit godkända i tester avseende ammoniakbeständighet.

Nätanslutna solcellsanläggningar är den intressantaste och vanligaste tillämpningen i lantbruket. Elen som produceras av solcellerna kan då användas på gårdens alla förbrukningsställen, t.ex. på en mjölkgård och el kan säljas och köpas efter behov. Även växthusanläggningar kan förses med solpaneler och forskning avseende avancerade koncentrerande solcellsanläggningar för växthus görs i Nederländerna.

Fristående system där solcellerna inte är anslutna till elnätet kan vara intressanta i vissa fall, t.ex. då det finns behov av el på platser långt ifrån det fasta nätet. El som produceras lagras då i batterier för användning vid behov. Exempel på sådana användningar av solceller som studerats är: Pumpning av vatten till djur på bete, koncentratutfodring av djur utomhus, elstängsel, bekämpning av hästflugor, bevattning och täckning av vattenreservoarer, samt självkörande solcellsdrivna båtar i vattenbruk för t.ex. vattenkontroll och för att skrämma bort fåglar som äter av den odlade fisken.

Trots att personer som arbetar på lantbruk och i den gröna näringen oftast är miljömedvetna och tänker på kommande generationer faller ekonomin ändå till sist det slutliga avgörandet för en investering i en solcellsanläggning. För konventionella takmonterade och nätanslutna solcellsanläggningar har priserna på senare år sjunkit rejält, vilket ökat möjligheterna att göra en ekonomiskt lönsam investering i solceller.

INLEDNING

Alternativa energikällor blir ständigt alltmer intressanta med tanke på utsläpp av klimatgaser och andra nackdelar för traditionella energikällor samt en förändrad prisbild. Solceller har en stor potential i framtiden då verkningsgraden ständigt förbättras och priserna på anläggningarna sjunker. Redan idag byggs det en hel del anläggningar även i Sverige. På ett lantbruk kan det produceras energi för egen förbrukning, men också för försäljning. Ett argument som ibland förs fram för etablering av solenergi på lantbruk är tillgången på stora takytor. Projektet "Förutsättningar och möjligheter för solceller i lantbruket – en förstudie" har huvudsakligen genomförts som en litteraturstudie, framförallt för att undersöka vilken forskning avseende solceller i de gröna näringarna som pågår i andra länder och vilka applikationer som anses intressanta. Fokus i studien har varit teknik för landsbygdsföretag. Ett övergripande mål har varit att ge en god överblick över aktuell utveckling och erfarenheter inom forskningsområdet. Sådan kunskap är av vital betydelse för tillämpningar på svenska landsbygdsföretag och utveckling av den svenska landsbygden som energiproducent och

miljövänlig näring. Förutom litteraturstudier har två studiebesök gjorts, ett i Schweiz och ett i Nederländerna

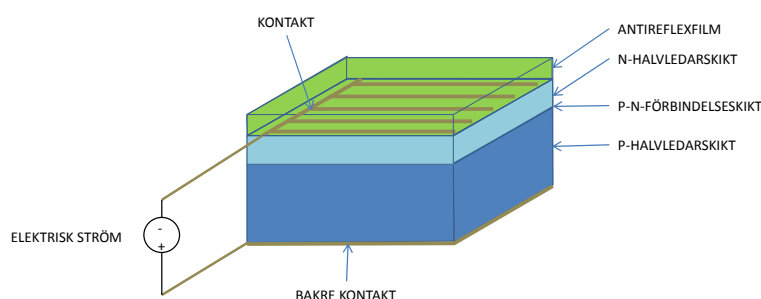
SOLCELLER – TYPER, TOPPEFFEKT OCH VERKNINGSGRAD

TYPER AV SOLCELLER

Då man pratar om solceller delar man ofta in dem i två typer, kristallina solceller (kiselceller) och tunnfilmssolceller (Energimyndigheten, 2010). Dock finns också andra mindre vanliga typer såsom Grätzel-solceller (färgsensibiliserade solceller), tunna böjliga organiska solceller (plastsolceller) som är tillverkade av organiska polymerer och nanotrådsolceller med tunna nanotrådar (Energimyndigheten, 2014d). Solceller av tunnfilmsteknik innebär minskad materialåtgång och möjlig applicering på ett bärande lager av t.ex. glas (Energimyndigheten, 2010).

Kristallina solceller/kiselceller – hur fungerar solceller

Kiselceller är den i nuläget vanligaste typen av solceller (Energimyndigheten, 2014d). Dock finns också andra typer, t.ex. tunnfilmssolceller (Energimyndigheten, 2014d).



Figur 1. Principiell uppbyggnad av en kristallin kisel solcell (SEAI, 2010).

Tunnfilmssolceller – amorfa solceller

Tunnfilmssolceller (även kallade amorfa solceller) har för närvarande en världsmarknadsandel på 10-15% (Energimyndigheten, 2014a). Tunnfilmssolcellerna består av ett några mikrometer tunt skikt av ett ljusabsorberande material.

Grätzel-solceller - färgsensibiliserade solceller

Tekniken med Grätzel solceller som fått sitt namn efter schweizaren Michael Grätzel bygger på färgade nanopartiklar av titandioxid (Energimyndigheten, 2014c; Grätzel, 2011). I dessa färgade nanopartiklar skapar ljuset exciterade elektroner och en spänning i solcellen. Tekniken som är under utveckling kan innebära låga kostnader vid tillverkning, men verkningsgraden är fortfarande ganska låg (Energimyndigheten, 2014c).

TOPPEFFEKT

Som mått på kapaciteten att producera elektrisk ström för en solpanel eller en solcellsanläggning används begreppet toppeffekt. Toppeffekten redovisas vanligen i enheten kWp ("kilowatt peak") eller Wp ("watt peak") och med detta avses hur stor effekt som erhålls i ett standardiserat test vid en instrålning på 1000 W/m^2 och 25°C .

VERKNINGSGRAD

Verkningsgraden för olika typer av solceller skiljer sig åt. En vanlig verkningsgrad för de solceller som är vanliga på marknaden idag är ca. 15-17% och upp till ca 21%. Dessa solceller är ofta av kiseltyp. Monokristallina solceller som säljs har en verkningsgrad på upp till ca 21%. De polykristallina solceller som säljs har en verkningsgrad på ca 17% eller lägre och för tunnfilmssolceller på marknaden (CIS och CIGS) är verkningsgraden lägre, upp till ca 14%.

Att investera i solceller med högsta möjliga verkningsgrad behöver inte vara den bästa lösningen. Priser och tillgänglig yta kan i stället innebära att den bästa solcellsanläggningen är den med lite lägre verkningsgrad på en större yta.

Temperatur

I litteraturen anges att vid temperaturer över 25 °C så minskar verkningsgraden med 0,4-0,5% om panelens temperatur ökar med 10°C (SEAI, 2010). Att hålla nere solcellernas temperatur så mycket som möjligt är eftersträfvansvärt med tanke på att man vinner i verkningsgrad ju kallare solcellerna är.

Damm

Energimyndigheten menar att smuts och damm på solcellerna påverkar verkningsgraden mindre än man skulle kunna förvänta sig (Energimyndigheten, 2005). Man menar att rengöring ofta inte behöver göras då regn och blåst håller solcellerna acceptabelt rena.

Snö

Snö på solcellerna minskar verkningsgraden, men om lutningen är tillräcklig, så glider snön av och i en publikation av Energimyndigheten anges att även snörika år så är förlusterna små (högst 4%) i södra Sverige (Energimyndigheten, 2005).

LIVSLÄNGD

Livslängden på solceller är lång. Det anges i litteraturen att solceller håller i över 20 år och att tillverkare brukar ge 25 års garanti (Energimyndigheten, 2005).

Ammoniak

I anslutning till djurstallar finns förhöjda halter av ammoniak, vilket kan orsaka korrosion och försämrad verkningsgrad och minskad livslängd för solceller. Ammoniumhydroxid som bildas av ammoniak kan leda till korrosion av solcellspanelerna.

Problemet med ammoniak uppmärksammades i Tyskland då de som stod i begrepp att installera solceller på stallbyggnader ville ha kunskap om hur beständiga solcellerna var innan de gjorde en dyr investering. Detta ledde till att det togs fram tyska testmetoder för ammoniakbeständighet (Petzold, 2011). Ett av dessa tester utförs av DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) och ett annat utförs vid TÜV Rheinland. Vid investering i solceller som man tänker montera i anslutning till byggnader för djurhållning bör man från solcellstillverkarna efterfråga dokumentation som visar på motståndskraft mot ammoniak, exempelvis testprotokoll från de ovan nämnda tyska testerna.

Förutom ammoniak finns också andra atmosfäriska föroreningar som kan orsaka angrepp på solceller (exempelvis salter från t.ex. halkbekämpning på vägar).

NÄTANSLUTNA ELLER FRISTÅENDE SYSTEM

Nätanslutna system är ihopkopplade med elnätet och levererar el till elnätet i form av växelström i de fall elen inte förbrukas i den egna anläggningen. Elenergi från solcellsanläggningen kan i sådana system säljas soliga sommandagar och köpas perioder då solcellerna producerar alltför lite för den egna förbrukningen, t.ex. vintertid. I anläggningarna finns växelriktare som kan behöva bytas en gång under solcellernas livstid (Energimyndigheten, 2005).

I fristående system förbrukas elen i den egna anläggningen och batterier används för att lagra energi. En fördel med dessa system är att man kan utnyttja el som energikälla på platser där nätanslutning inte är ekonomiskt intressant. Sådana applikationer kan för enskilda förbrukare och samhälle t.ex. vara sommarstugor, segelbåtar och nödtelefoner (Energimyndigheten, 2005). I lantbrukssammanhang finns andra intressanta applikationer.

SOLCELLER MONTERADE OVANPÅ BEFINTLIGA TAK

Det vanligast sättet att montera solceller i anslutning till byggnader är att placera dem på det befintliga yttertak (Figur 4). För att undvika att solcellerna blir alltför varma monteras de

med distans till det befintliga taket och en ventilerad spalt undertill. Enligt en studie vid LTH (Lunds Tekniska Högskola) finns inom lantbruket en brutto-takarea på 127 km² som i lämpliga delar kan användas för elproduktion med hjälp av takmonterade eller byggnadsintegrerade solceller (Kjellsson, 2000).



Figur 4. Placering av solceller ovanpå ett befintligt tak. Foto: Sven Nimmermark

BYGGNADSINTEGRERADE SOLCELLER

Det finns anläggningar med solceller som förutom att generera el även uppfyller en funktion för byggnaden. Dessa benämns byggnadsintegrerade solcellsanläggningar (BIPV; "Building Integrated PhotoVoltaics") och den vanligaste funktionen är att de fungerar som klimatskydd (van Noord, 2010).

KONCENTRERANDE SYSTEM

Möjligheter finns att koncentrera solstrålarna till en mindre yta med hjälp av speglar eller linser. Om detta görs kan man reducera ytan med solceller och därmed kostnaden för anläggningen då själva solcellerna ofta står för en stor del av kostnaden.

SOLFÖLJARE

Rörliga solceller/solpaneler som följer solen och orienterar sig så att infallsvinkeln blir bästa möjliga under dygnets alla ljusa timmar kan vara intressanta och dessa har också studerats med tanke på lantbruket (Bae, Chung, Kong, & Huh, 2012). Studier har visat att sådana system kan ge ca. 10% högre effekt än stationära system för en viss yta på solcellerna (Bae et al., 2012). Exempel på en solföljare ses i Figur 5.



Figur 5. Solföljare. En solföljare följer solen och riktar in sig så att infallsvinkeln alltid är den bästa. Foto: Sven Nimmermark

SOLCELLER I LANTBRUKET OCH DE GRÖNA NÄRINGARNA

NÄTANSLUTNA SOLCELLSANLÄGGNINGAR OCH ANDRA TILLÄMPNINGAR

El från solceller kan utnyttjas på gårdens alla förbrukningsställen av el, men det finns en rad tillämpningar inom lantbruk och de gröna näringarna där utnyttjande av solceller kan vara speciellt intressanta.

Då det gäller solceller och utnyttjande av solcellsproducerad el som produceras i lantbruket är följande applikationer intressanta enligt en några år gammal amerikansk studie (EREC, 2002):

- Kyla mjölk – stora energimängder kan gå åt för detta i mjölkproduktionen
- Elförsörjning på platser med större avstånd till fast nät kan reducera investeringskostnaden då kostnaderna för anslutning till ett fast nät i dessa fall kan vara betydande
- Vattenpumpning – utnyttjande av solceller kan vara kostnadseffektivt

En del tillämpningar är redan i användning, medan andra kan förväntas komma inom nära framtid. Sådana tillämpningar anges i en Irländsk rapport (SEAI, 2010) exempelvis vara:

- Elektriska stängsel
- Fågelskrämmor
- Pumpning av vatten för djur
- Belysning i stallar och uthus
- Luftning av fiskodlingsdammar/bassänger
- Utfodringssystem i fiskodling
- Belysning och uppvärmning

SOLCELLER PÅ MJÖLKGÅRDAR

På Irland fanns tidigt tankar på att utnyttja solceller på mjölkgårdar och i slutet av 1980-talet gjordes där en studie av en solcellsanläggning som producerade energi till mjölkning på en gård med 100 mjölkkor (Anonymous, 1986). I Tyskland produceras el från solceller på ett antal lantgårdar och där har det sedan ett antal år tillbaka gjorts studier av solceller i lantbrukssektorn (Muller, Reuss, & Schulz, 1995). En applikation för solceller i lantbruket som tidigt studerades i Tyskland är solceller på taken på mjölkkostallar (Irps & Sonnenberg, 1997). I Tyskland är också de ekonomiska förutsättningarna för produktion av el från solceller goda med bra priser på elen. Även i andra europeiska länder finns goda förutsättningar för solceller i lantbruket.

Solceller på mjölkgårdar i Schweiz

I Schweiz finns många gårdar med mjölkproduktion som har investerat i solceller. Ost är i många fall den produkt som tillverkas av mjölken i Schweiz. Då ensilage kan ge upphov till sporer i mjölken och skada osten kräver schweiziska mejerier som tillverkar kvalitetsostar att speciell teknik används på gårdarna (Everitt & Christiansson, 1996). Förbud finns i dessa kontrakt mot att använda sig av ensilage i uppfödningen och även i en del fall mot att använda melass (Everitt & Christiansson, 1996).

Dessa krav på att inte använda ensilage i fodret innebär att man i stället använder sig av hö i stor utsträckning och i processen att torka höet finns möjligheter att använda sig av solenergi. Figur 9 visar solceller på en schweizisk gård med mjölkproduktion.



Figur 9 Solceller på en schweizisk mjölkgård med 60 kor. Foto: Sven Nimmermark

FRISTÅENDE SOLCELLSSYSTEM FÖR DJURHÅLLNING

Vatten till djur

Solcellsdriven pumpning av dricksvatten till nötkreatur har undersökts bl.a. i en tysk studie och man fann att systemet fungerade bra och var säkert (Brunsch & Scholz, 2003). Motsvarande system finns också i USA. I systemen driver solceller en vattenpump och batterier kan användas som backup för att säkerställa att vatten alltid finns tillgängligt för djuren. I en studie från USA publicerad 2008 anges att det under de senaste 15 åren framgångsrikt installerats solcellsdrivna system för att pumpa vatten i mindre anläggningar (500 till 1500 liter per dag med pumpdjup 5 till 30 m) och även i större anläggningar (2000-10 000 liter per dag med pumpdjup 5 till 75 m) (Clark & Vick, 2008).

Koncentratutfodring till mjölkkor

I Pennsylvania i USA gjordes en studie där en mobil solcellsdriven foderautomat för koncentrat till mjölkkor utvecklades (Gardner, Buckmaster, & Muller, 1995). I studien byggdes en datorstyrd koncentratautomat med individuell utfodring och registrering för 16 kor som betade i ett roterande system med 9 paddockar. Förflyttning gjordes genom att den placerades på ett mobilt chassi som bogserades runt. Vid valet av strömförsörjning övervägdes batteridrift, men detta valdes bort då frekvent laddning skulle behövas och i stället valde man att strömförsörja enheten med solceller. I beräkningar uppskattade man att en solpanel med toppeffekten 372 Wp skulle behövas för strömförsörjningen, men av kostnadsskäl beslutade man att göra en prototyp med en lägre toppeffekt. Solpanelerna kopplades ihop med en batteribank och likströmmen från solcellerna omformades till växelström. Man konstaterade att solpaneler tekniskt sett var ett bra sätt att strömförsörja foderautomater.

I en något senare studie i Pennsylvania studerades en mobil solcellsdriven kraftfoderautomat för nötkreatur (10 kor och kvigor) där upp till 5 olika fodertyper kunde användas (Thomas & Buckmaster, 2003). Enheten strömförsörjdes av solceller ihopkopplade med en batteribank och extra energi i form av tryckluft lagrades också i två tankar. Energin i tryckluften hjälpte till vid uppmätning och dosering av fett eller melassbaserat flytande koncentrat. Solpanelerna monterades så att deras orientering gick att justera från ca 10° lutning till helt vertikalt. Man konstaterade att elförsörjning via solpanelerna var tillräcklig för driften och att upp till 20 djur kunde försörjas av automaten, men att en komplettering med en stängande säkerhetsventil vid tryckbortfall i systemet med flytande koncentrat behövdes.

Stängsel för djur

System för elektriska stängsel för djur har en spänning på ca 500V och en låg strömstyrka (lågt amperetal) och man har därför ansett att el från solceller kan vara intressant för detta ändamål (Fischer, Johnson, Finnell, & Price, 2009). Man har funnit att sådana solcellsdrivna system kan fungera upp till två veckor utan sol (Fischer et al., 2009).

Begränsning av mängden hästflugor

Hästflugor kan vara ett problem i djurhållningen bl.a. med hänsyn till smitta och en typ av fällor för dessa insekter som tagits fram och studerats i Ungern bygger på polariserat ljus och solceller (Blaho et al., 2012). Man har funnit att många arter av hästflugor attraheras av horisontellt polariserat ljus. En utvecklad typ av fälla bygger på att fånga hästflugorna med hjälp av en solcell och att oskadliggöra dem med hjälp av el producerad av solcellen. Utseendet av arrangemanget kan liknas vid en svamp där solcellen är hatten, ca 60 cm i diameter. Den horisontellt orienterade solcellen producerar p.g.a. reflexer det polariserade ljus som lockar till sig flugorna. En vajer snurrar runt över solcellens yta med hjälp av en motor som drivs av solcellen och de insekter som försöker landa dödas när de träffas av vajern. I försöken fann man att över 90% av de attraherade insekterna (hästflugorna) kunde träffas av vajern och förgöras (Blaho et al., 2012).

SOLCELLER I VÄXTHUSSAMMANHANG

I växthusanläggningar finns takytor på t.ex. förbindelsegångar och oftast också ytor vid sidan om växthusen som kan förses med solceller för produktion av el. Möjligen kan det också i vissa fall vara intressant att installera solceller direkt på växthustak eller att med annan teknik använda sig av solinstrålning mot växthuset för produktion av el i solceller.

Takintegrerade solceller

I Italien har det gjorts försök där solceller placerats på och integrerats med växthustak (växthusglas) och man har studerat effekterna på några olika grödor (Minuto, Bruzzone, Tinivella, Delfino, & Minuto, 2009). I studien installerades semitransparanta solceller på växthustak i ett integrerat system. Två identiska växthus som var 24 m långa, 9,2 m breda och 3,5 m höga användes i studien. I ena växthuset ersattes 48,6 m² glas i taket med solpaneler

(Würth Solergy CIS) vilket gav en topeffekt på 4,1 kWp för anläggningen. Elproduktionen för CIS solcellerna på taket jämfördes med den från monokristallina solceller placerade på marken och effekten av skuggningen på olika växter studerades också. För basilika fann man inga större skillnader mellan växthusen. För tomater erhöll man i försöket ingen större skillnad avseende planthöjd och skörd, men frukterna var större i växthuset med solceller. Dock erhöll man pga. skuggningen i växthuset med solceller förhållanden som gynnade mjöldagg.

Koncentrerande solceller i växthus

I Nederländerna har ett antal studier av solceller i anslutning till växthusodling gjorts. Studier har där gjorts av solcellsmoduler med koncentrerande solcellssystem (P. Sonneveld, Zahn, & Swinkels, 2010). I växthus med skuggväxter (krukväxter) som inte kräver så mycket ljus kan det vara en fördel att avlägsna den direkta strålningen så att man kan begränsa kylbehovet i växthuset. Systemet med koncentrerande solceller som studerades bygger på att koncentrera solinstrålningen med hjälp av Fresnel-linser mellan dubbelglas i växthusets skal och att koncentrera solstrålningen till en (upp till ca 3 cm bred) fokallinje med solceller och samtidig kylning med vatten för att begränsa temperaturen och bibehålla en acceptabel verkningsgrad. Ett antal försök med lite olika utformning har gjorts.

Systemen i studierna är tekniskt avancerade och man har bl.a. undersökt möjligheterna till positionering av mottagaren (solceller och solfångare) i förhållande till strimman av koncentrerat ljus som erhålls från linserna under olika tider på året (P. J. Sonneveld, Swinkels, & van Tuijl, 2012).



Figur 13. Interiör från ett försöksväxthus vid Wageningen WUR i Nederländerna där man gör studier av koncentrerande solcellssystem. Fresnel-linser i taket reflekterar solljuset till positionerbara längsgående profiler i nivå med takrännorna. Foto Sven Nimmermark.

TILLÄMPNINGAR I VATTENBRUK OCH VATTENMILJÖ – SOLCELLSDRIVNA BÅTAR

Vattenkontroll och bekämpning av biologiska skadegörare

Soleldrivna elektriska båtar kan användas i diverse applikationer för kontroll av vattenmiljön i dammar med akvakultur eller andra typer av vattenmiljöer. En tillämpning som studerats är för kartläggning av temperaturer och syrehalter på olika platser och djup med hjälp av GPS positionering (S. Hall, Price, & Mandhani, 2004).

Bekämpning av fågelangrepp på fisk

I en annan studie gjordes försök att reducera antalet fiskätande fåglar i en fiskodlingsdamm med hjälp av autonoma soleldrivna båtar

Skörd av vattenväxter

Autonoma soleldrivna båtar har också utvecklats och studerats i tillämpningar för att skörda vattenväxter och biomassa av t.ex. andmat, vattensallad och vattenhyacinter (Taylor et al., 2014).

SOLCELLSDRIVEN BEVATTNING I JORDBRUK OCH HORTIKULTUR

Bevattning med hjälp av solcellsdriven utrustning är en intressant tillämpning. Försök med ett litet soldrivet pivot-bevattningssystem har gjorts i Kanada (Derdall & Fonstad, 2006). Trots att tekniken med solcellsdriven pumpning av vatten fungerar, så kan kostnaderna vara för höga för fattiga bönder i länder som Ghana, Indien eller Kina och en utveckling pågår därför för att reducera kostnaderna i sådana bevattningssystem. Det kan i sådana tillämpningar då man önskar lägsta möjliga investeringskostnad vara lönsamt att koncentrera solstälarna och använda en mindre yta med solceller (Jack Keller, Polak, Storaci, & Yoder, 2013).

Solceller för täckning av vattenreservoar och pumpning av vatten

I Spanien och också på andra ställen finnas behov av system för begränsning av avdunstning från vattenreservoarer för bevattning samtidigt med att man har ett behov av energi för pumpning av bevattningsvattnet. I Spanien har man därför studerat en flytande täckning av vattenreservoarer med solceller integrerat i täckmaterialet (Ferrer Ferrer et al., 2011).

SOLCELLER FÖR BATTERILADDNING OCH MINDRE MOTORER

Trots att det kan finnas kraftledningar i närheten kan el från solceller vara kostnadseffektiva också det gäller att ladda batterier och driva mindre motorer såsom handverktyg etc. (Fischer et al., 2009)

LÖNSAMHET

Lönsamheten i att investera i solceller bestäms förutom av investeringskostnaden också av vilket pris man kan räkna med per producerad kWh. Beroende på avtal avseende priser på köpt och såld energi kan lönsamheten variera. På senare år har en hel del svenska lantbruk investerat i solcellsanläggningar. I Lantbrukspressen presenterade man för några år sedan kalkyler med en återbetalningstid på 15-20 år. Nyare sådana kalkyler pekar på kortare återbetalningstid, mindre än 15 år, och även kalkyler med statligt stöd och 7 års avbetalningstid har presenterats. Lönsamheten för en anläggning måste bedömas från fall till fall.

FRAMTIDA STUDIER

Då det gäller svenska förhållanden kan det vara intressant att i framtida studier undersöka möjligheter och förutsättningar för solceller i bl.a. följande applikationer:

- Byggnadsintegrerade solceller för ersättning av yttertak på gamla lantbruksbyggnader där taket behöver bytas
- Ansamling av damm på solceller i svensk landsbygdsmiljö
- Möjligheter för solcellsdriven bevattning av jordbruksgrödor och kanske speciellt för hortikulturella grödor under svenska förhållanden

Samarbetspartners i eventuella framtida undersökningar av solceller i de gröna näringarna kan vara industriella partners med intressanta produkter och andra lärosäten inom och utom Sverige där forskning avseende solceller i lantbruket genomförs

RESULTATFÖRMEDLING

1. En rapport har skrivits (37 sidor) och är på väg att publiceras i SLUs Rapportserie vid LTV-fakulteten i Alnarp
2. En poster har presenterats på Borgeby - utställningen
3. Information om projektet har publicerats på SLUs Web (BTs hemsida)
4. Framtaget material har börjat användas i undervisningen i Alnarp (Teknologiska och biologiska grunder för trädgårdsingenjörer och hortonomer; Energisystem och energihushållning för landsbygdsföretag för lantmästare; kurs om förnybar energi för växthusodling)

REFERENSER

- Anonymous. (1986). The power of the sun for milking. *Agriculture International*, 39(9), 277-277.
- Bae, K.-S., Chung, S.-O., Kong, J.-W., & Huh, Y.-K. (2012). *Estimation of Electricity Generation for a Solar-Tracking Photovoltaic System*. Paper presented at the 2012 ASABE Annual International Meeting, July 29 – August 1, 2012, Dallas, Texas.
- Blaho, M., Egri, A., Barta, A., Antoni, G., Kriska, G., & Horvath, G. (2012). How can horseflies be captured by solar panels? A new concept of tabanid traps using light polarization and electricity produced by photovoltaics. *Veterinary Parasitology*, 189(2-4), 353-365. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.04.016
- Brunsch, R., & Scholz, V. (2003). Individual water intake of cattle at photovoltaic pasture drinkers. [Individuelle Wasserversorgung von Rindern an einer Photovoltaik-Weidezentrale.]. *Landtechnik*, 58(6), 396-397.
- Clark, R. N., & Vick, B. D. (2008). *Livestock Water Pumping with Wind and Solar Power*. Paper presented at the ASABE Annual International Meeting, June 29 – July 2, 2008, Providence, Rhode Island.
- Derdall, E. B., & Fonstad, T. A. (2006). *Optimal Management of Solar Powered Mini-pivots for High Value Crops*. Paper presented at the 2006 North Central Inter-Sectional Conference, October 5-7, Saskatoon, SK Canada.
- Energimyndigheten. (2005). Solceller i byggnader - nya möjligheter. OH-presentation.
- Energimyndigheten. (2010). Solcellssystem (2010) Retrieved 03-10, 2014, from <http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Testresultat/Testresultat/Solcellssystem-/?tab=3>
- Energimyndigheten. (2014a). CIGS tunnfilmssolceller Retrieved 11-03, 2014, from <http://www.energimyndigheten.se/Forskning/Kraftforskning/Solkraft/Solceller/CIGS-tunnfilmssolceller/>
- Energimyndigheten. (2014b). Fortsatt starkt intresse för solceller gav solcelleffekt på 43,1 MW under 2013, from <http://www.energimyndigheten.se/press/pressmeddelanden/fortsatt-starkt-intresse-for-solceller-gav-solcelleffekt-pa-431-mw-under-2013/>
- Energimyndigheten. (2014c). Färgsensibiliserade solceller, from <http://www.energimyndigheten.se/Forskning/Kraftforskning/Solkraft/Solceller/Fargsensibiliserade-solceller/>
- Energimyndigheten. (2014d). Solceller Retrieved 11-03, 2014, from <http://www.energimyndigheten.se/Forskning/Kraftforskning/Solkraft/Solceller/>
- EREC. (2002). EREC Brief: Agricultural Applications of Solar Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse (EREC), 2014, from <http://infohouse.p2ric.org/ref/24/23989.htm>
- Everitt, B., & Christiansson, A. (1996). Sporer i mjölk - omfattning, orsak och betydelse för vidareförädlingen. Del 1. Mjök SLU Info rapporter. Allmänt (Vol. 197, pp. 1-8): SLU Info/Redaktionen.
- Ferrer Ferrer, C., Ferrer Gisbert, C., Redon Santafe, M., Ferran Gozalvez, J. J., Sanchez Romero, F. J., Torregrosa Soler, J. B., & Pons Puig, E. (2011). *Technical performance of a photovoltaic floating cover system*. Paper presented at the International Conference on Agricultural Engineering - AgEng 2010: towards environmental technologies, 6-8 September 2010, Clermont-Ferrand, France.
- Fischer, J. R., Johnson, S. R., Finnell, J. A., & Price, R. P. (2009). Renewable Energy Technologies in Agriculture - Solar, wind, geothermal, and anaerobic digestion. *RESOURCE*, April/May 2009, 4-9.
- Gardner, M. O., Buckmaster, D. R., & Muller, L. D. (1995). Development of a mobile solar-powered dairy concentrate feeder. *Applied Engineering in Agriculture*, 11(6), 785-790.
- Grätzel, M. (2011). Molecular photovoltaics mimic photosynthesis. *European Biophysics Journal with Biophysics Letters*, 40, 37-37.
- Hall, S., Price, R. R., & Mandhani, N. (2004). *Use of Autonomous Vehicles for Drinking Water Monitoring and Management in an Urban Environment*. Paper presented at the ASAE/CSAE Annual International Meeting, 1 - 4 August 2004, Ottawa, Ontario, Canada.
- Irps, H., & Sonnenberg, H. (1997). Renewable energy in dairy cow housing. [Erneuerbare Energien im Milchviehstall.]. *Landtechnik*, 52(4), 200-201.
- Jack Keller, P. E., Polak, P., Storaci, P., & Yoder, R. (2013). Sun-Powered Irrigation. *RESOURCE*, November/December 2013, 20-22.
- Kjellsson, E. (2000). Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige - Rapport 2. Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor Rapport TVBH-7216. Lund: Avdelningen för Byggnadsfysik, LTH (Lunds Tekniska högskola), Lunds universitet.
- Minuto, G., Bruzzone, C., Tinivella, F., Delfino, G., & Minuto, A. (2009). Photovoltaics on greenhouse roofs to produce more energy. [Fotovoltaico sui tetti delle serre per produrre anche energia.]. *Informatore Agrario Supplemento*, 65(10,Supplemento), 16-19.
- Muller, J., Reuss, M., & Schulz, H. (1995). Photovoltaics in agriculture. Operational results of a demonstration project. [Photovoltaik in der Landwirtschaft. Betriebsergebnisse des Demonstrationsvorhabens.]. *Landtechnik*, 50(1), 24-25.
- Petzold, K. (2011). Ammonium hydroxide attacks panels *PV Magazine*, 2011(9).
- SEAI. (2010). Best practice guide photovoltaics (PV): SEAI, Sustainable energy agency of Ireland.
- Sonneveld, P., Zahn, H., & Swinkels, G.-J. (2010). A CPV System with Static Linear Fresnel Lenses in a Greenhouse. In A. W. Betts, F. Dimroth, R. D. McConnell & G. Sala (Eds.), *6th International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems* (Vol. 1277, pp. 264-267).
- Sonneveld, P. J., Swinkels, G. L. A. M., & van Tuijl, B. A. J. (2012). Up Scaling and Test Results of an Advanced Fresnel Greenhouse. In C. Kittas, N. Katsoulas & T. Bartzanas (Eds.), *International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys2011* (Vol. 952, pp. 531-537).
- Taylor, A., Tykol, A., Silvia, C., Smith, D. D., Cotlar, S., & Hall, S. G. (2014). *Development of an Autonomous Boat for Sustainable Aquatic Plant Biomass Collection*. Paper presented at the 2014 ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting, July 13 – 16, 2014, Montreal, Quebec Canada.
- Thomas, R. S., & Buckmaster, D. R. (2003). A programmable, multiple supplement cattle feeder for pasture use. *Applied Engineering in Agriculture*, 19(4), 511-520.
- van Noord, M. (2010). Byggnadsintegrerade solcellsanläggningar. Europeisk Best-Practice *ELFORSK* 10:41.