

# Varme fra egenproduceret solcelle-el

Varme fra solcelle-el er blevet aktuelt for mange boligejere med solcelleanlæg, og en række nye løsninger for varmeproduktion og -lagring er kommet på markedet. Økonomien for boligejeren i de enkelte anlæg afhænger af en lang række forhold

Af seniorkonsulent Ivan Katic, Teknologisk Institut

Med nye vilkår for solcelleanlæg er der kommet stor opmærksomhed på, hvordan den enkelte forbruger kan aftage el produceret fra eget anlæg, og der kommer i øjeblikket mange produkter på markedet, som kan tilgodese dette behov, for eksempel batterier og lagring i form af varme.

For den enkelte bolig/solcelleejer kan det være vanskeligt at overskue, hvilken løsning der er den bedste, da økonomien i de forskellige systemer i høj grad afhænger af afregningsform, elforbrugets sammensætning, forbruget af varmtvand samt eventuelt rumvarme. Denne artikel fokuserer på muligheder for varmeproduktion og -lagring i forbindelse med solcelleanlæg.

## Nye forbrugstendenser

For få år siden ville det være blevet betegnet som en termodynamisk forbyrdelse at anvende dyrtproduceret solcellestrom til noget så banalt som varme til brusebadet, men det er den tendens, der begynder at vise sig, især på de europæiske markeder. En markedsoversigt i magasinet Sun & Wind Energy viser, at der er mere end 15 europæiske leverandører, som reklamerer med produkter, der kombinerer solcelleanlæg og elvarme.

Man kan se denne udvikling som en parallel til introduktio-

nen af batterier til hjemmebrug, idet formålet med begge løsninger er at minimere den mængde el, som bliver eksporteret ud på nettet. I Tyskland er nettet visse steder i perioder mættet med sol-el, og man støtter derfor decentral energilagring. Næsten alle lande, som aftager decentral VE-el, har desuden reduceret deres feed-in tarif kraftigt, og i Danmark er man ovenikøbet gået fra årsbaseret nettoafregning til timebaseret. Dette har sat gang i kreative løsninger, som kan øge egetforbruget, altså den del af solcelleanlæggets årsproduktion man selv kan udnytte. Der er derfor tale om en suboptimering af den privatøkonomiske gevinst og ikke nødvendigvis den bedste løsning i forhold til "smart grid" strategier og udnyttelse af elnettet, som indtil videre har plads til mange flere solceller. Samfundet har jo netop brug for mest el i dagtimerne, hvor både solcellerne og erhvervslivet arbejder på højtryk. Man må dog ikke underkende, at det ofte er den folkelige - og undertiden anarkistiske - kreativitet, der er med til at drive udviklingen og indhøste dyrekøbte erfaringer,

som senere kan omsættes til energianlæg i en mere rationel skala og til gavn for hele samfundets omstilling til vedvarende energi.

## Muligheder for øget egetforbrug

De tekniske løsninger, som allerede er på markedet, omfatter batteripakker, som lades op fra PV anlægget, når der er overskud af sol-el, automatik til styring af en eller flere elpatroner og til at tænde/slukke husholdningsapparater samt til styring af varmepumper. Batterisystemer er ofte dimensioneret, så de kan lagre op til et halvt døgn elproduktion, som så typisk kan afsættes om aftenen. Med de priser, der er på batterier i øjeblikket, er det endnu ikke en god forretning, men der er mange prognoser, som peger på, at litiumbaserede batterier kan falde så meget i pris, at det bliver en bæredygtig investering inden for få år.

Rentabiliteten af et batteri afhænger af mange faktorer, særligt hvordan forbrugsmønstret ser ud, og hvilken afregningsform der er gældende for den

pågældende anlægsejer. For solcelleejere med reel timeafregning (Energinet's gruppe 2) kan man sige, at de allerede har en times virtuelt batterilagring i form af nettet, mens andre (Energinet's gruppe 4) ikke har denne adgang. En batteriløsning vil derfor være særlig attraktiv for sidstnævnte gruppe, da selv et lille batteri vil kunne udjævne fluktuationer inden for timen. Forbrugsmønstret og installationen har også betydning, som vist her under "best case" og "worst case". For at gøre regnestykket endnu mere kompliceret kan egetforbruget også afhænge af fordelingen af produktion og forbrug på husinstallationens tre faser. Det er derfor en umulig, eller i bedste fald utaknemmelig, opgave at forhåndsbergne egetforbruget i praksis. Man må her ty til tommelfingerregler, som for eksempel ref. [4].

## El til varme - nye muligheder

På grund af den høje pris på batterianlæg er der nu kommet et alternativ i form af en "dump load" for ikke-anvendt solcellestrom. Denne anlægstype

Energinet "lager tid"		Afregning	Best case	Worst case
Gruppe 2	1 time	Netto salg ELLER køb opgøres hver time	Balance inden for en time mellem akkumuleret produktion og forbrug	Mismatch mellem produktion og forbrug (f.eks. nat)
Gruppe 4	0	Salg OG køb opgøres hver for sig	Jævn produktion og jævnt forbrug på alle faser eller kun énfas installation	Al produktion på én fase, kun forbrug på de øvrige

Principper for afregning efter de gældende regler for nettilsluttede egenproducenter. I praksis kan der være forskel på administration.

► Varme fra egen... *Fortsat*

fungerer ved, at en elpatron indsættes i en ny eller eksisterende varmtvandsbeholder, hvorved den kan opvarme beholderen i løbet af en solskinsdag. Resten af energien til det varme vand kommer fra den eksisterende forsyning, for eksempel en kedel, så det er vigtigt, at kedlen ikke varmer vandet op, hvis der er udsigt til overskud af solstrøm. Elpatronen kan enten være trinløst styret eller have en trinvis indkobling. Hvis man har timeafregning, kan man for eksempel vente til kort før, køb/salg beregnes hver timeslag, og så koble den ind med fuld kraft, hvis der er akkumuleret et overskud. Altså ikke en særlig hensigtsmæssig løsning set fra elforsyningens side, da det kan give spidsbelastning op til næste afregningstime, men en logisk konsekvens af de spillereg-

**Faktaboks**

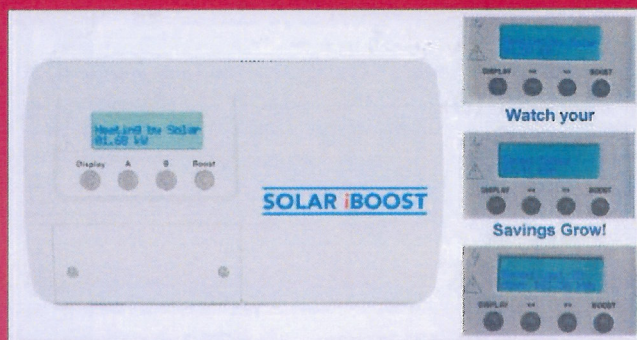
Et eksempel på varmeproducerende solcelleanlæg til ødrift. En ny mulighed for at sælge små solvarmeanlæg med lave installationsomkostninger?

[Alpensolar]



Styringsenhed for elpatron i forbindelse med solcelleanlæg.

[Solariboost]



ler, der er for egenproducenter i øjeblikket.

En trinløs styring vil være dyrere, men et bedre valg for kunder i afregningsgruppe 4. Disse har nemlig som udgangspunkt ikke glæde af timeudjævning, og en hurtigtvirkende elektronisk styring kan derfor være hensigtsmæssig for at absorbere overskuddet på øjebliksniveau. Styresignalet kan for eksempel komme fra en sensor,

som clipses på husets forsyningskabel.

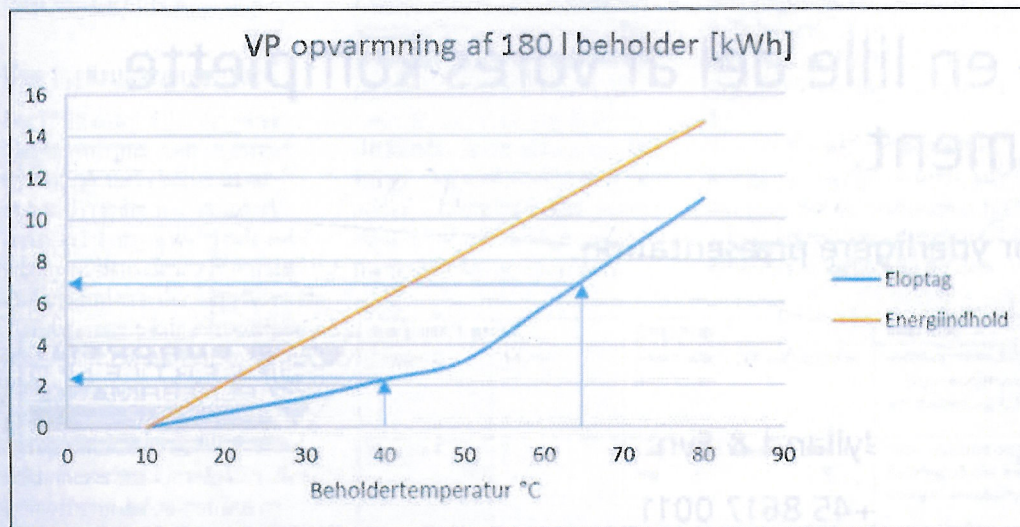
**Alternativ solvarme**

En særlig simpel type solcelleanlæg med elpatron har også fundet vej til markedet, nemlig et autonomt system, hvor strømmen fra solcellerne via en DC/DC eller DC/AC kobling afsættes direkte i en elpatron. Anlægget sparer således både

netttilslutning og måler, og det kan ses som en direkte konkurrent til traditionelle væskebaserede solvarmeanlæg. Fordele er en væsentlig nemmere installation, men til gengæld skal der bruges et større areal for at opnå samme dækningsgrad på det varme brugsvand. Det giver også en dårlig udnyttelse af solcellerne, idet der vil være perioder, hvor tanken er fuld, og strømmen kan dermed ikke afsættes. I modsætning til solfangere er der ikke risiko for overkogning, hvis varmen ikke aftages over længere perioder, da termostaten bare slukker for strømmen. Man må også antage, at drift og vedligehold er billigere, når det ikke er et væskebaseret system, ligesom man bør være forsånet for ekstra gebyrer fra netselskabet, da anlægget kører i ødrift. Eftersom ydelsen fra solceller vokser med faldende udetemperatur, vil der være en lidt jævnere produktion hen over året end for termisk solvarme, og man kan forvente mindst lige så god solenergi dækningsgrad, fordi temperaturen, der leveres fra anlægget, principielt ikke afhænger af solens styrke (men varmemængden gør naturligvis).

**PV smart grid og varmepumper**

For de nettilsluttede anlæg er der flere muligheder for at optimere brugen af "hjemmelavet" el, for eksempel har nogle SMA inverttere en feature, så de kan kommunikere med husholdningsapparater som vaskemaskine og tørretumbler. Det kræver en avanceret regulator at styre efter det øjeblikkelige solindfald, da det kan variere ekstremt hurtigt. Der skal derfor gerne være en prognosestyring, som fortæller, om det rent



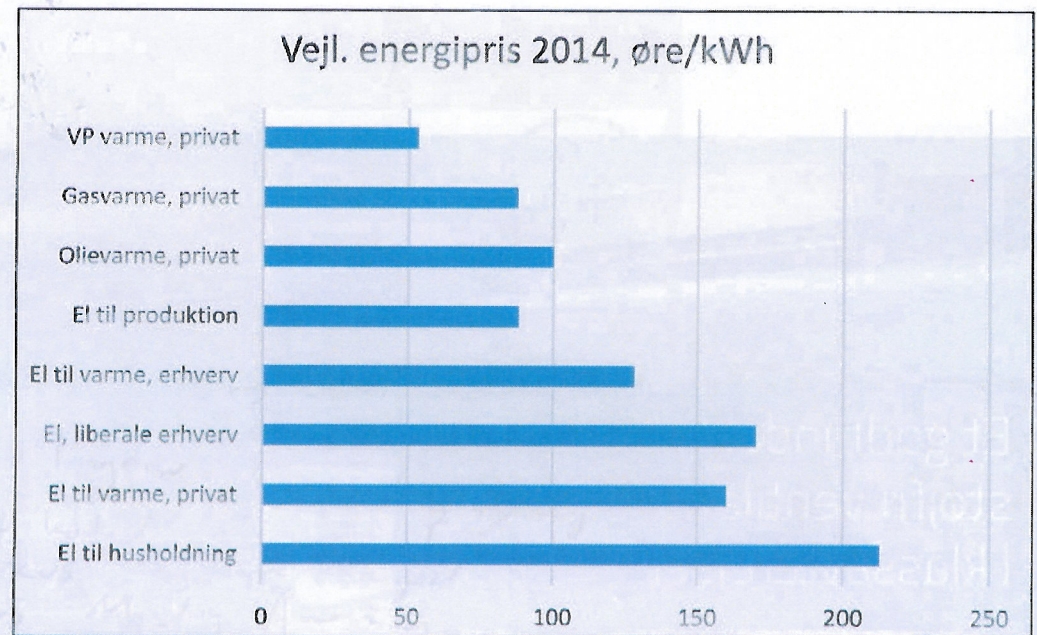
I det viste eksempel kan man afsætte cirka 7-2,3 = 4,7 kWh el ved en opvarmning fra 40 til 65 °C. Kapacitetsmæssigt svarer det til de mest almindelige batteripakker på markedet.

## ▷ Varme fra egen...

Fortsat

faktisk kan betale sig at starte en vask og køre den til ende ud fra de foregående timers solproduktion og ejendommens forventede elforbrug.

De "smart grid ready" varmepumper, som er på markedet, skulle i princippet kunne af-tage el på samme måde som en elpatron, men der er visse udfordringer med hensyn til at udnytte varmelagringsvevnen optimalt: For det første er den optagne effekt på en kompressor ofte højst 3 kW, da de så kan sluttes til en enkelt fase, mens man let kan sætte flere 3 kW elpatroner i samme beholder, dog med forskellig fasetilslutning. Da et typisk solcelleanlæg er på 6 kW, kan der være perioder, hvor 3 kW aftag ikke er nok. For det andet kan en varmepumpe ikke lide at blive stoppet og startet med korte intervaller, da det giver ekstra slid og dårlig virkningsgrad. Når den først er sat i gang, skal den helst køre. For det tredje er der grænser for, hvor høj temperatur en varme-



Priser på el og varme inklusive afgifter. Alt efter salgstarif kan forskellige kundegrupper og anvendelser være relevante at forsyne med PV overskudsstrøm. Minimumstarif er i dag 60 øre/kWh.

pumpe kan levere, typisk er 55 til 65 °C maksimum. Det er derfor ikke trivielt, hvordan varmepumpen skal styres, men som overslag kan man regne med, at en varmepumpe-beholder på et par hundrede liter kan absorbere minimum 2 kWh el ved at forhøje driftstemperaturen midlertidigt.

### Udvikling af nye beregningsværktøjer

Teknologisk Institut kører i øjeblikket et Elforsk projekt, hvor forskellige styringsstrategier er ved at blive undersøgt med henblik på at anvende solcellestøm til brugsvandsopvarmning via en varmepumpe.

Den simpleste strategi er at overstyre termostaten, således at beholderen bliver varmet op til en højere temperatur end normalt. I det konkrete tilfælde kunne man dog konstatere et drastisk fald i virkningsgraden, når temperaturen oversteg cirka 50 °C, idet varmepumpen da kobledes over på direkte elvarme. Det kræver derfor viden om den specifikke varmepumpes styring, for at man kan beregne, hvordan en opladning af beholderen med overskuds-el vil forløbe, som vist i figuren.

### Økonomiske overvejelser

Energipriser inklusive afgifter er afgørende, når man som an-

lægsejer skal vurdere, hvilke typer energiforbrug solcellestøm skal substituere. Man må desuden se på den pris, man kan få for eksporteret solcellestøm. I 2015 er prisen 1,06 kr./kWh for private anlæg med forhøjet pristillæg og 0,6 kr./kWh for alle anlæg uden forhøjet pristillæg. I 2018 vil satsen være nede på dette niveau for alle nye anlæg, og så er det ikke svært at forestille sig, at de her skitserede løsninger for alvor kommer i spil. Kun varme fra fjernvarme og varmepumper vil da formentlig være billigere pr. kWh end PV overskudsstrøm.

### Kilder:

- 1) Sun & Wind energy nr. 2/2015 Artikel om PV til varme: A question of priorities, s. 48
- 2) Sun & Wind energy nr. 3/2015 Artikel om varmepumper: SG-ready or not at all, s. 64.
- 3) Elforsk projekt "Optimal udnyttelse af solcelle-el i énfamiliehus", Teknologisk Institut og Lithium Balance. (Igangværende)
- 4) VE net projekt "Solcelleanlæg til fællesforbrug", Teknologisk Institut 2015. <http://www.teknologisk.dk/ydelsers/sol-energi/projekter/30336,3>

	Fordele	Ulemper
Traditionel solvarme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gennemprøvet løsning</li> <li>• God effektivitet</li> <li>• Ingen ændring af eltavle</li> <li>• Billig ved store anlæg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dyr installation ved små anlæg</li> <li>• Noget vedligehold</li> <li>• Udbyttet afhænger meget af varmtvandsforbruget</li> </ul>
Solceller og varmepumpe (på nettet)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• God systemeffektivitet</li> <li>• Begrænset ekstra investering, hvis varmepumpe alligevel findes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrænset effektoptag, typisk 1-3 kW</li> <li>• Kræver særlig styring</li> </ul>
Solceller og elpatron (i ødrift)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simpel løsning</li> <li>• Nem installation</li> <li>• Begrænset investering, hvis eksisterende beholder kan bruges til elvarme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lav effektivitet</li> <li>• Udbyttet afhænger meget af varmtvandsforbruget</li> </ul>

Sammenligning af de forskellige teknologier med varmelagring.