

Solcelleelektricitet til énfamiliehuse

Mulighederne for lagring af solcelle-elektricitet i hhv. batterier og brugsvandsvarmepumpe undersøges i et projekt, som gennemføres i et samarbejde mellem Teknologisk Institut og Firmaet Lithium Balance. Fuldskalaforsøget, som er støttet af Elforsk, udføres på Teknologisk Instituts Energy-Flex-hus, hvor der er monteret to solcelleanlæg på hver 3,5 kW.

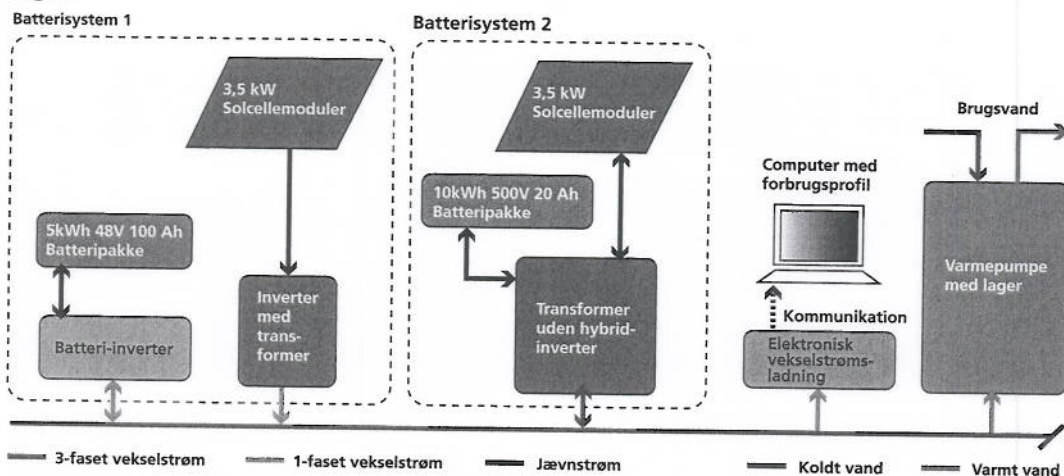
Et typisk 6 kW solcelleanlæg til et enfamiliehus producerer på en solrig sommerdag 20-30 kWh – med en effekt på 4-6 kW i de timer, hvor solen står højest på himlen. En almindelig families forbrug på en gennemsnitsdag er derimod kun ca. 10 kWh til husholdningsforbrug (køl, frys, lys, vaskemaskiner, fjernsyn) og omkring 5-10 kWh til varmt brugsvand. Dette forbrug ligger imidlertid for en stor dels vedkommende uden for den periode, hvor solcellerne producerer mest.

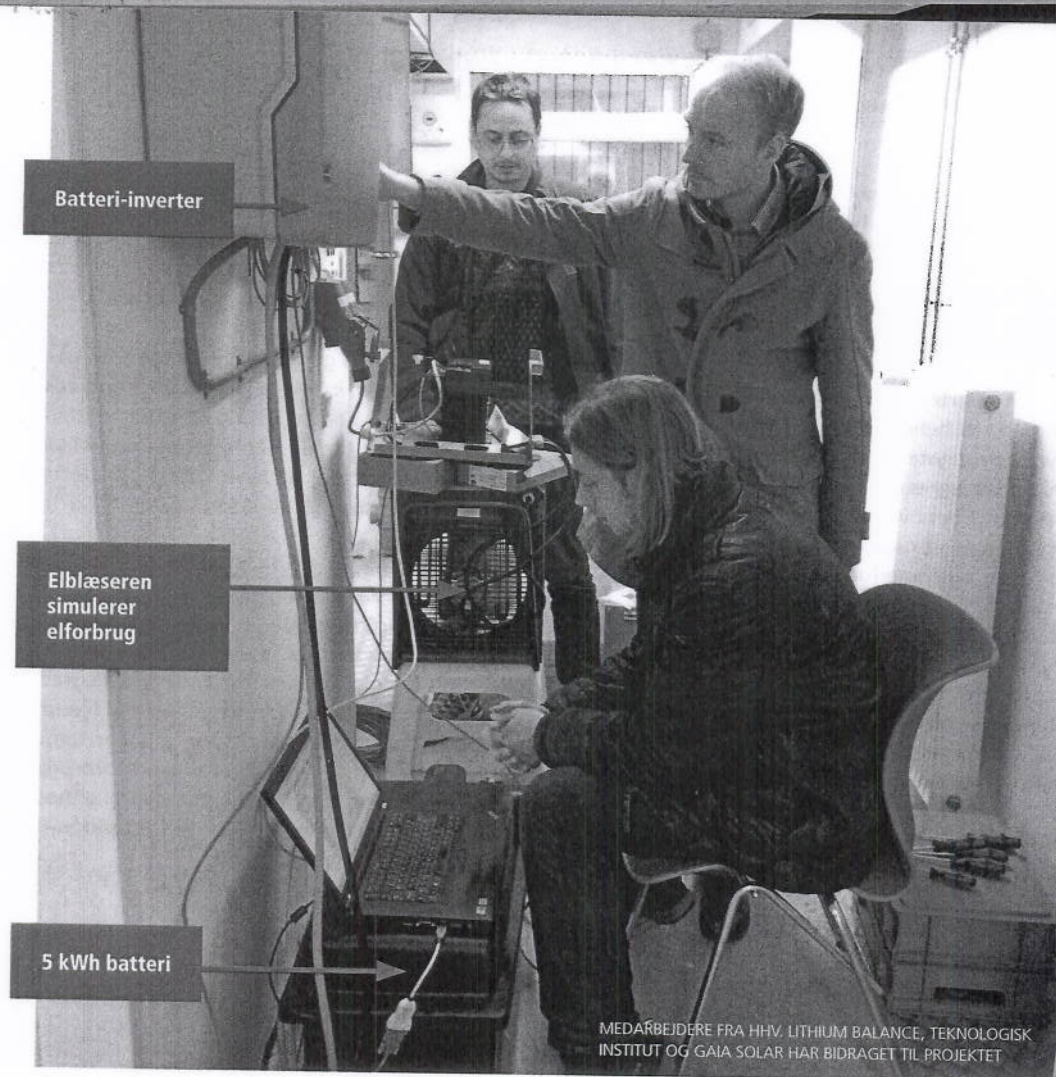
Udfordringen er derfor at gemme solcelle-el fra midt på dagen, til der er brug for det – enten samme døgn eller senere, og derved øge egetforbruget, altså mindske salget af elektricitet til nettet. Dette er specielt blevet aktuelt, fordi prisen, der betales til solcelleejeren, for den el, der sælges til nettet, bliver mindre år for år. En ganske lille del af forbruget kan skubbes (vask og opvask fx), men ellers er det en mulighed at lagre solcelle-elektriciteten på batterier og/eller i form af varmt vand opvarmet

Fig. 1

Batteri 10 kWh	Bly syre	Lithium Ion	Varmepumpe
Pris pr. kWh	4,44 kr./ kWh	2,88 kr. kr./ kWh	0,62 kr./kWh

Fig. 2





af en varmepumpe. Eventuelt kan energien også bruges som gulvvarme i overgangsperioden (forår – efterår), og til opvarmning af fx fugtige, kolde kældre om sommeren.

Projektet skal bl.a. undersøge hvor stor en del af solcelle-elproduktionen, der kan bruges hér og nu i en typisk husholdning, og hvor stor en del man kan lagre og benytte på batterier eller som brugsvand i en varmepumpe.

Batteri og/eller varmepumpe

Batterier er under kraftig udvikling, også prismæssigt, og ved tilførsel af ny viden i form af fx smart styring af lagring og forbrug kan lagringssystemet optimeres teknisk og energimæssigt. Prisen pr. lagret kWh på Lithium-ion-batterier er med de viste forudsætninger beregnet til 2,88 kr. Se fig. 1.

En anden mulighed er at benytte og/eller lagre solcelle-el som varme – enten til varmt vand eller rumopvarmning. For at gøre det mere effektivt kan der benyttes en varmepumpe, og her er lagerprisen ved merinvestering for styring til varmepumpen omkring 62 øre pr. kWh – altså billigere end batterier indtil videre. Men så har man heller ikke muligheden for at omsætte varmen til el igen. Og med

et solcelleanlæg på blot 3 kW vil der være brug for både batterier og varmepumpe til at oplagre den energi, der produceres på en solskinsdag.

Projektet afprøver forskellige muligheder for benyttelse af solcellestøm i et énfamiliehus i forskellige sammenhænge afhængigt af, om det er et allerede eksisterende solcelleanlæg med vekselretter, eller et nyt solcelleanlæg.

Udbygning af almindeligt solcelleanlæg med batteri

Den ene forsøgsopstilling - (PV Battery system 1 på figuren) – består således af et "almindeligt" solcelleanlæg på 3,5 kW med vekselretter (Danfoss inverter med transformer), som jo omformer jævnspændingen fra solcelleanlægget til vekselspænding. Denne vekselstrøm kan nu benyttes direkte i husholdningen, mens overskudselektricitet omformes til jævnspænding i en batteri-inverter for at kunne lagres på lithium-ion-batteriet. Lithium-jern-fosfat batteripakken er på 5 kWh, men kan effektivt lagre 4 kWh, idet det går meget ud over levetiden, hvis det aflades til mindre end 20%. Spændingen på batteripakken er 48 V, og der kan lagres 100 amperetimer. Op- og afladning

af cellerne i batteripakken styres af et batteri-management system, udviklet til kommercielt niveau af firmaet Lithium Balance, som også har leveret selve batteripakken.

Forsøget skal bl.a. vise, hvor stor effektiviteten er ved denne omformning til først jævnspænding til batteri, og dernæst fra batteri til omformning i samme inverter til vekselspænding, når der senere på dagen er behov for elektricitet i husholdningen. Styringen af systemet skal sikre, at elektriciteten hhv. bruges og lagres efter den ønskede prioritering.

Forbrugsbehovet skal simuleres ved hjælp af en typisk dagsforbrugsprofil for en familie med et typisk elforbrug og elforbrugsmønster – afhængig af årstiden. Dette forbrug simuleres så af en el-blæser. At finde en egnet – typisk forbrugsprofil har været overvejet nøje; det dur nemlig ikke at tage et gennemsnit af en masse forbrugsprofiler – idet toppene så bliver udjævnet, og forsøget skal også give erfaringer om, hvordan det kan håndtere de peaks, der jo er i en husholdning.

I projektet skal der udarbejdes et program, som skal bruges af husejer eller husejers rådgiver til at vurdere, hvor stort et batteri skal være for at opnå et vist egetforbrug – altså den andel af sol-celle-energi som kan bruges direkte i husholdningen eller lagres på batteri. Ud fra data om årsforbrug, solcelleanlæggets størrelse, retning og hældning fås så forslag til diverse batteristørrelser og deraf

følgende egetforbrug. I første omgang udføres ikke økonomiberegninger på forslagene, idet det afhænger af afregningspris for el m.m.

Batteri til solcelleanlæg med hybrid-inverter

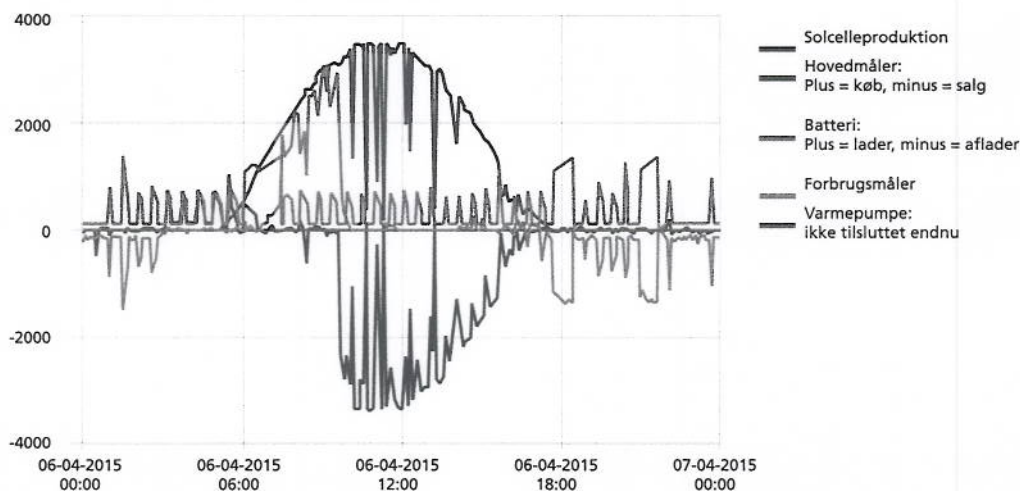
Projektet skal også gennemføre forsøg med en hybrid-inverter, som kan lade jævnspænding direkte fra solcellerne på batteriet, og derefter veksle til forbrug og til salg til el-nettet. Denne lader/inverter er tilsluttet et 10 kWh lithium-ion-batteri, som effektivt kan lagre ca. 8 kWh i alt. (PV Battery System 2 på fig. 2).

Forsøg med varmepumpe

Det 300 liter brugsvandslager i en jordvarmepumpe benyttes i forsøget til at lagre overskuds-el fra solcellerne. I forsøget opvarmes vandet fra 25 grader til hhv. 50 og 60 grader. Der simuleres ved hjælp af et tappeprogram brugsvandsforbrug for en familie på 4 personer med "typisk" varmtvandsforbrug på cirka 200 liter pr. døgn. Projektet skal bl.a. høste erfaringer om virkningsgrader ved en sådan opvarmning af brugsvand.

Projektet løber indtil foråret 2016.

Iben Østergaard, Teknologisk Institut, er projektleder på projektet, som er støttet af Elforsk.



På denne figur ses forløbet på en solskins-april-dag: Den mørkegrønne kurve viser solcelleproduktionen. Indtil ca. kl. 7 er forbruget (lilla) lidt større end solcelleproduktionen, så denne del må købes fra nettet (tilsvarende blå kurve nedenfor), idet batteriet er tømt kl. ca. 03 om natten (lysegrøn). Mellem 6 og 7 leverer solcellerne således en del af forbruget i huset, mens resten købes fra nettet. Fra ca. kl. 7 producerer solcellerne mere end der forbruges, og den overskydende solelektricitet lagres på batteriet (lysegrøn) indtil det er fyldt op med 5 kWh ca. kl. 11. Derefter sælges solcelleproduktionen (blå negativ kurve) indtil kl. ca. 17, hvor forbruget er større end solcelleproduktionen. Herefter tappes fra batteri indtil midnat – svarende til forbruget. I dette projekt købes således ikke el fra nettet, så længe der er el på batteriet. Styringen kan tænkes udbygget, så der fx kan købes el fra nettet ved billig vind- eller vandkraft. (Den typiske dagsprofil for én familie er ikke sat ind endnu. Det hér viste forbrug er gennemsnit for en række forbrug)