

# **EUDP Projektet Solprisme Task Force**



**Journal nr: 64009 - 0252**

**December 2014**

**Peder Vejsig Pedersen  
Cenergia Energy Consultants**

# Solprisme Task Force

## Indhold

|   |  |
|---|--|
| Final report  | 3  |
| 1.1 Project details   | 3  |
| 1.2 Overordnet målsætning med projektet   | 3  |
| 1.3 Executive Summary   | 3  |
| 1.4 Målsætning og hovedresultater   | 4  |
| 1.5 Energibalance og økonomi med solceller til 60 energineutrale 2020 huse i Tranbjerg ved Aarhus                           | 6  |
| 1.6 Nye løsninger med solcelle assisterede, bygningsintegrerede og varmebaserede ventilationsløsninger med varmegenvinding. | 12                                       |
| 1.7 Enfamiliehus demonstrationsprojekt med Solprisme  | 17                                       |
| 1.8 Hyldeespjældet – 5 års driftserfaringer   | 28                                       |
| 1.9 Konklusioner og udbredelse af projektresultater   | 36                                       |
| 1.10 Målerapport v. Teknologisk Institut  | 36                                       |
| 1.11 Bilag ( i rapport for sig )  | 50                                       |
| 1.2 Short description of project objective and results  | <b>Fejl! Bogmærke er ikke defineret.</b> |



## Solar Solution

Solar Solution – the beginning of simplicity in energy renovation and energy supply for new buildings.

Solar Solution is a robust response to the general carbon footprint debate and the energy challenges we are facing mainly in the existing housing stock. Solar Solution aims at reducing energy costs and improving indoor climate, simplifies energy renovation and makes a positive impact on global and environment issues. Solar Solution is a mindset with a single point of entry; Solar Surface for sloped roofs and Solar Prism for flat roofs.

The Solar Prism (as shown) consists of three main elements – the solar energy surface including VELUX roof

Windows, VELUX solar collectors and photovoltaic elements, all smooth and integrated. Secondly, it includes Danfoss energy sources, emitters and controls, and thirdly the hosting prism as the interface. The combination of these contributes to safe, reliable and simple transformation, changing from fossil fuel to renewable energy and better indoor comfort – a design that is in balance with the need for daylight, heating, ventilation and cooling.

The time has come for simplicity in energy renovation as well as in new buildings.



# Final report

## 1.1 Project details

|  |   |
|--|---|
| <b>Project title</b>   | Solprisme Task Force  |
| <b>Project identification (program abbrev. and file)</b>       | J. nr. 64009 - 0252   |
| <b>Name of the programme which has funded the project</b>      | EUDP  |
| <b>Project managing company/institution (name and address)</b> | Cenergia<br>Herlev Hovedgade 195 st., 2730 Herlev                                       |
| <b>Project partners</b>  | VELUX, Danfoss, Rubow Arkitekter, Teknologisk Institut, Kuben Byfornyelse Danmark, FBBB |
| <b>CVR</b> (central business register)                         | 71195414  |
| <b>Date for submission</b>                                     | December 2014   |

## 1.2 Overordnet målsætning med projektet

EUDP projektet Solprisme Task Force blev igangsat i forlængelse af EUDP projektet "Albertslund Konceptet", hvor der bl.a. var blevet udviklet en præfabrikeret installationsenhed til montage på flade tage, med stor engagement fra bl.a. VELUX og Danfoss, men også fra Albertslund Kommune og boligselskabet BO-Vest.

Hensigten med det nye projekt var at sikre en videreudvikling af Solprisme konceptet, bl.a. rettet mod flere praktiske demonstrationsprojekter.

Som det fremgår af nærværende slutrapport, er det bl.a. lykkedes at få gennemført en Solprisme demonstration for 60 nybyggede boliger i Tranbjerg ved Aarhus. Her dog uden solvarme og med en udeluft varmepumpe fra Danfoss.

Der er desuden udviklet flere eksempler på solcelledrevne ventilationsløsninger, som er velegnet i Solprisme sammenhæng og der er samtidigt, med VELUX og Danfoss' engagement i "Solar Solutions" konceptet, blevet udviklet på tilpassede Solar Surface løsninger, som indgår i dette. Dette har ført til en egentlig demonstration ifm. renovering af et ældre enfamilieshus i Sorø med Danfoss udeluftvarmepumpe, VELUX vinduer og æstetisk tilpassede bygningsindpassede solceller, hvor Teknologisk Institut har gennemført målinger (vist i bilag)

Endelig har der i hele projektperioden været støtte til opfølgning af Solprismet i Albertslund i samarbejde med BO-Vest, bl.a. med en bedre tæthed af ventilationsløsningen.

## 1.3 Executive Summary

The Solar Prism Task Force EUDP project was realised from 2010 to 2014 and was a follow-up on the prototype development of a Solar Prism connected to housing renovation in the city of Albertslund.

Based on a very limited budget, important continuity and results has been secured including 60 new build houses with Solar Prisms in Aarhus, improved PV assisted ventilation design and a full scale renovation for a one family house based on the VELUX and Danfoss "Solar Solution" concept

## 1.4 Målsætning og hovedresultater

Solprisme Task Force EUDP projektet, som er gennemført fra 2010 til 2014, blev igangsat på basis af den betydelige interesse, der var for det præfabrikerede "Solprisme", som i relation til EUDP projektet "Albertslund konceptet", blev udviklet til en enkel energirenoveret almenbolig i Hyldebjerg i Albertslund tilhørende boligselskabet BO-Vest. Dette skyldtes ikke mindst at det blev indviet i december 2009, hvilket var lige før klimatopmødet i København.

Solprismet blev i den forbindelse samtidigt udgangspunkt for en stærk satsning på at udvikle det såkaldte "Solar Solutions" koncept, som firmaerne VELUX og Danfoss gik ind i et samarbejde om. Og i den forbindelse har nærværende EUDP projekt haft stor betydning med hensyn til at bakke dette samarbejde op, ligesom det har sikret en løbende opfølgning på det udførte Solprisme i Hyldebjerg, som i høj grad viste sig nødvendigt fordi det var tydeligt at selvom det var en god ide at udvikle en præfabrikeret energienhed til renovering af boliger, som indeholdt alle de vigtigste installationer til en "næsten 0-energi" eller egentlig "0-energi" løsning, så var det en knap så god ide at gøre det med en bagkant, der hed klimatopmødet, således at der kun var ca. et halvt år til at få udført den færdige prototype inkl. noget meget forceret arbejde op til indvielsen.

Konsekvensen var at det efterfølgende viste sig at lufttætheden af installerede luftkanaler, der var integrerede i de præfabrikerede konstruktioner, ikke var i orden, ligesom der var store problemer med de udviklede delprototyper, både for varmepumpen, varmtvandsbeholderen og spildevandstanken i jord, som varmepumpen var tilkoblet.

Nok alt i alt lidt for mange forsøg på én gang. Men også en meget lærerig proces for alle involverede.

| E. KLINK                          |                        |                        | Indreguleringsliste    |              |                 |         |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------|-----------------|---------|
| Kunde:                            | WicoteKirkvejerg       |                        |                        | Side nr.:    | 1 af 2          |         |
| Afdeling:                         | Hyldebjergdel          |                        |                        | Dato:        | 05-11-2013      |         |
| Sted:                             | Høkerlænge 2           |                        |                        | Udført af:   | G.E.            |         |
| Anlæg:                            | Øland AHU-250-M.E.G.   |                        |                        | Instrument:  | TSI 9555        |         |
| Placering:                        | Taghus                 |                        |                        | Serie Nr     | P9555 - 0622010 |         |
| Ordre nr.:                        | 51670                  | Sagbehandler:          | JAK                    | Tegnings Nr. | 59.03           |         |
| <b>Hovedluft måling Udsugning</b> |                        |                        |                        |              |                 |         |
| Mp                                | Proj m <sup>3</sup> /h | Dim                    | Målt m <sup>3</sup> /h | % avv.       | Pa i kanal      | Anlæg % |
| Taghus                            | 260                    | Ø160                   | 267                    | 6.80         | 52,2            | 60      |
| <b>Udsugning stue køkken</b>      |                        |                        |                        |              |                 |         |
| Rum                               | Mp                     | Proj m <sup>3</sup> /h | Målt m <sup>3</sup> /h | % avv.       |                 |         |
| Køkken                            |                        | 50                     |                        | -47          |                 |         |
| Køkken                            |                        | 100                    |                        | 101          |                 |         |
| Sum                               | Sum                    | 150                    |                        | 148          | -1,3            |         |
| <b>Udsugning Toilet og bad</b>    |                        |                        |                        |              |                 |         |
| Rum                               | Mp                     | Proj m <sup>3</sup> /h | Målt m <sup>3</sup> /h | % avv.       |                 |         |
| Toilet og bad                     |                        | 50                     |                        | 49           | -2,0            |         |
| Sum                               | Sum                    | 50                     |                        | 49           | -2,0            |         |
| <b>Udsugning 1 Sal Stue</b>       |                        |                        |                        |              |                 |         |
| Rum                               | Mp                     | Proj m <sup>3</sup> /h | Målt m <sup>3</sup> /h | % avv.       |                 |         |
| 1 sal Stue                        |                        | 50                     |                        | 48           | -4,0            |         |
| Sum                               | Sum                    | 50                     |                        | 48           | -4,0            |         |
| Total Sum                         |                        | 290                    |                        | 245          | -2,0            |         |
| <b>Bemærkninger</b>               |                        |                        |                        |              |                 |         |
|                                   |                        |                        |                        |              |                 |         |
|                                   |                        |                        |                        |              |                 |         |
|                                   |                        |                        |                        |              |                 |         |
|                                   |                        |                        |                        |              |                 |         |
|                                   |                        |                        |                        |              |                 |         |

Fig 1.4. 1 Efter tætning af luftkanaler i præfabrikerede bygningskonstruktioner i Høkerlængen 2, hvor Solprismet var installeret, var det muligt at dokumentere en god funktion af det installerede ventilationssystem med varmegenivinding.

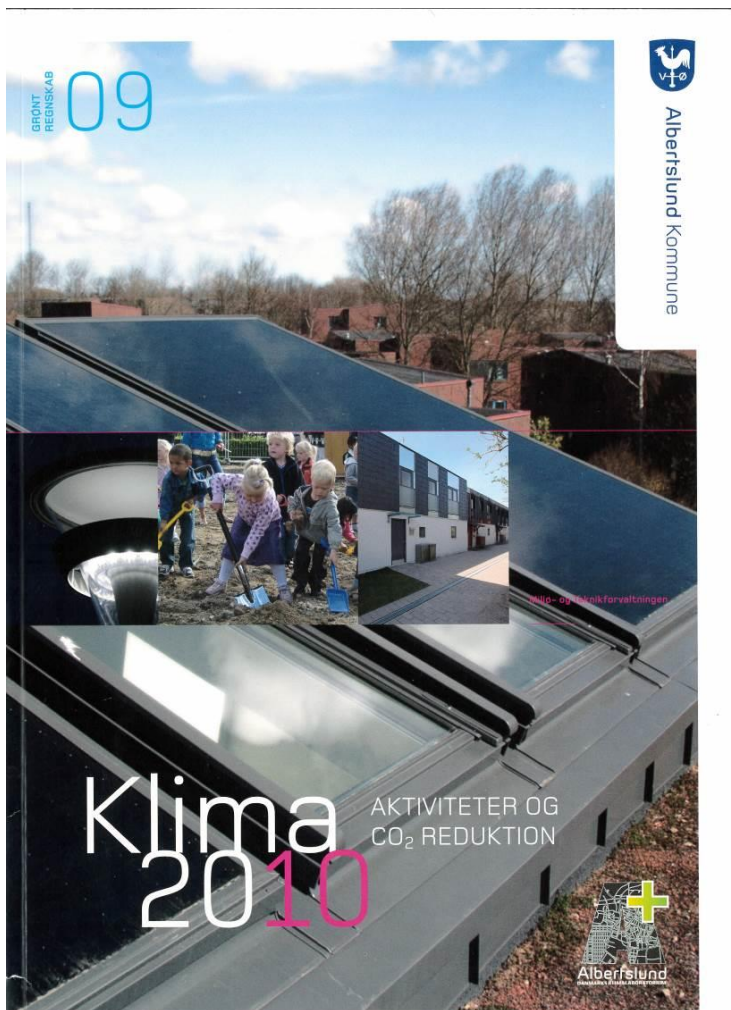


Fig 1.4. 2 Solprismet var tydeligt i fokus ved lanceringen af Albertslund Kommunes Klimaplan i 2009



Fig 1.4. 3 Inspektion af Solprismet i Albertslund i 2014

Der kan peges på følgende hovedresultater fra Solprisme Task Force projektet:

1. Opfølgning på Solprisme i Hyldebjerg i Albertslund (buffertank til varmepumpe, tætninger af kanaler, ændring af luftvarme til radiatorer)
  2. Beregninger og optimering vedr. Solprisme projekter til: 60 boliger i Tranbjerg v. Aarhus, Grenhusene i Hvidovre gårdhavehuse og energirenovering i Porterstraat og Monnikendam i Holland. Efterfølgende dialog vedr. driftserfaringer i Aarhus og igangsætning af nye 0-energibyggerier i Aarhus.
  3. Støtte til fremstød for "Solar Solutions" med bl.a. Solprismer v. Danfoss og VELUX. Forsøg på involvering af Rockwool, dog problemer med Aerowolle.
  4. Arbejde med solcelledrevne ventilationsløsninger i Valby i samarbejde med Ecovent. Arbejde med demonstration til enfamiliehus samt AKB lejlighed i Sydhavnen (meget vellykket – større opfølgning, udgangspunkt for nyt ph.d. studie).
  5. Arbejde med energirenovering af enfamiliehuse i Albertslund, Odsherred og Sorø med samme type løsninger som i Solprismet. Opfølgning vedr. energirenovering i både Albertslund og Sorø og etablering af måleprogram i Sorø.
  6. Formidling via bl.a. Active House samarbejdet, artikler, konferencer, bl.a. Carbon Reduction 2013 konference i London, UK, nov. 2013
  7. Løbende indsats vedr. "Active House Specifikationer" siden 2010 i samarbejde med VELUX, AAU og en lang række øvrige aktører.
  8. Bidrag til bogen "Green Solar Cities" udgivet på det engelske forlag "Routledge", januar 2015
- 
- Afslutningsvis kan det fremhæves, at med det lange forløb, er det i løbet af 2014 endt med, at det markante "Solar Solution" initiativ v. VELUX og Danfoss, er skudt lidt til hjørne, således at engagementet nu koncentrerer sig om at få udbredt Active House initiativet, bl.a. ved etablering af Dansk Aktiv Hus forening med sekretariat hos Dansk Byggeri i januar 2015, samt en ny indsats for etablering af en frivillig 0-energi standard blandt kommuner og boligforeninger. Også deltagelse i udvikling af boligkoncept til Kina, "World Flex House", som er omtalt i bilaget, kan omtales som et spinoff af nærværende projekt.

I det følgende gennemgås en række af de vigtigste resultater mere detaljeret.

## **1.5 Energibalance og økonomi med solceller til 60 energineutrale 2020 huse i Tranbjerg ved Aarhus**



Fig 1.5 1 Foto af bebyggelse I Tranbjerg v. Aarhus. 60 nybyggede boliger v. boligselskabet BBB blev udstyret med præfabrikerede Solprismer fra Danfoss og VELUX med godt resultat.

Husene på hver 110 m<sup>2</sup> er udført med solprismer på taget, hvor der er indbygget en lille luftvarmepumpe og et lille ventilationsanlæg med varmegenvinding samt 2,2 kWp solceller, og er ifølge BE10 beregninger, udført af Cenergia, energineutrale og endda med et lille overskud på årsbasis, så der faktisk er tale om Plusenergi huse.

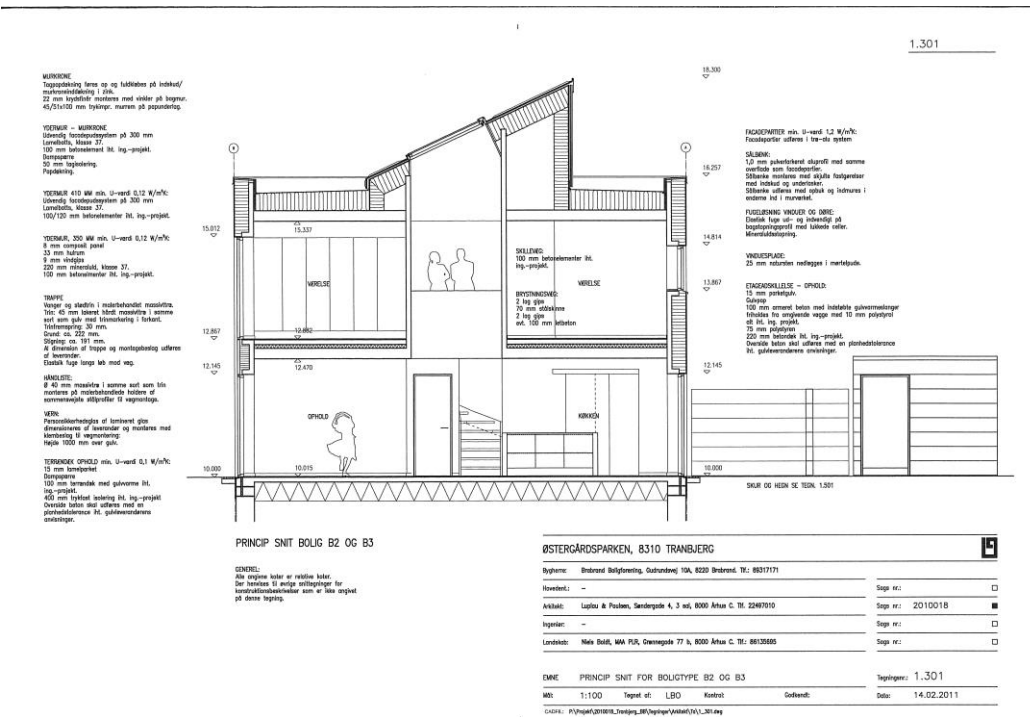


Fig 1.5 2 Arkitekttegning af Solprisme project i Tranbjerg /Østergaardparken

Be06 beregningen tager udgangspunkt i en "midter" bolig på 109,5 m<sup>2</sup>.

Som det ses af nedenstående figur fra Be10 beregning, er det muligt at opnå en bolig med et energiforbrug på -0,8 kWh/ m<sup>2</sup>, hvilket betyder, at boligen er energineutral.

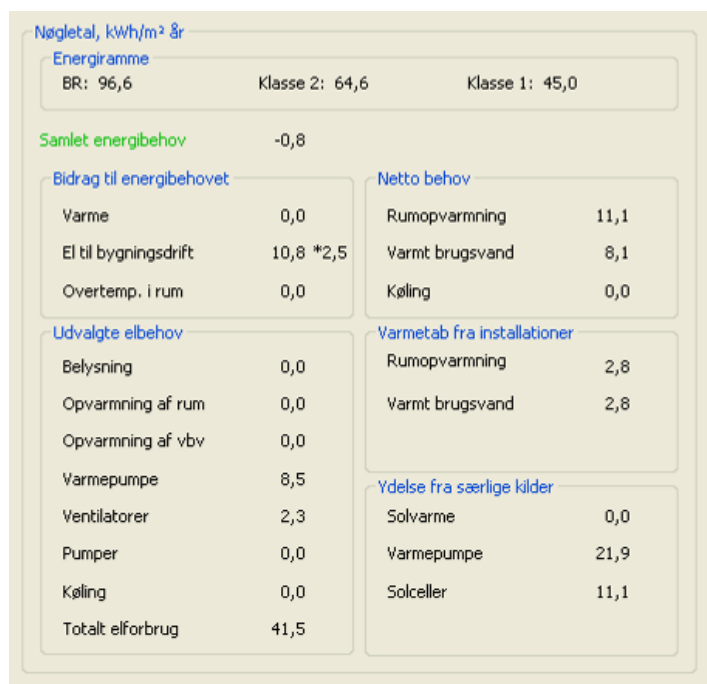


Fig 1.5 3 Be10 beregning for midterbolig i Tranbjerg

Det samlede energiforbrug for boligen er opnået ved en kombination af at implementere vedvarende energi og reducere varmetabet til omgivelserne ved anvendelse af ventilation med varmegenvinding, god lufttæthed og ved at optimere klimaskærmen, som det ses herunder.

| Element   | Areal<br>[m <sup>2</sup> ] | U-værdi<br>[W/m <sup>2</sup> K] | Isolering<br>[mm] |
|---|----------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Ydervæg   | 70                         | 0,12                            | 350               |
| Tag   | 70                         | 0,1                             | 400               |
| Gulv  | 55                         | 0,1                             | 400               |
| Vindue (12m <sup>2</sup> syd og 12m <sup>2</sup> nord)            | 24                         | 1,2                             |                   |
| Ovenlys   | 2                          | 1,4                             |                   |
| Solceller (orienteret mod syd og med en hældning på 30°)(ca 2kWp) | 14,5                       |                                 |                   |

Fig 1.5 4 Nøgletal

Udføres husene i stedet med fjernvarme vil der være et årligt varmebehov på 27 kWh/m<sup>2</sup>, der skal dækkes inkl. varmt brugsvand og diverse varmetab. Samtidig er der på el-siden et drift-el behov på 2,7 kWh/m<sup>2</sup> om året, primært til ventilation, så det samlede energirammetal efter 2020 standarden og uden solceller er:

$$(0,6 \times 27 + 2,7 \times 1,8) = 21,1 \text{ kWh/m}^2, \text{ år.}$$

Samtidigt vurderes det almindelige elforbrug til husstanden at være minimum 2.700 kWh, så der i alt er et elforbrug på 3.000 kWh om året.



I forhold til dette vil et kun 1,3 kWp solcelleanlæg (ca. 9 m<sup>2</sup>) kunne producere 1.225 kWh solenergi om året, hvilket udgør 40 % af det årlige elforbrug, samtidigt med at det fuldt ud vil kunne modsvare et årligt 2020 standard energirammetal på 20 kWh/m<sup>2</sup> om året, så man opnår en energineutral bolig ved hjælp af solceller. Og når det ifølge beregninger vil være muligt at nettoafregne 70 % af den årlige solenergi mens resten må sælges (foreløbig kun med pris garanteret til 0,6 kr./kWh), vil det alligevel være muligt at opnå en simpel tilbagebetalingstid på lige under 10 år, altså med en ganske god økonomi for brugerne. I bilag materialet indgår dels udskrifter fra BE10 beregninger, ligesom der er vist resultater for solceller til en eksisterende bebyggelse på basis af de nye solcelleregler. Med de nyeste regler fra 2014 for lavenergi-klasse 2015 og 2020 kan solcellestrøm dog kun modregnes i forhold til drift-elforbrug, hvilket så gør det umuligt at nå en 0-energi standard, hvis der anvendes fjernvarme. På trods af dette, kan der som et alternativ stadigvæk sættes på en CO<sub>2</sub> neutral standard for byggeriet, hvis der tages udgangspunkt i Active House Specifikationerne. Her vil solcellerne stadig have fuld effekt, også med fjernvarme, i det det er primært energiforbruget, der er i fokus.



Fig 1.5 5 Foto af solprisme med solceller, VELUX vindue og varmepumpe, som blev anvendt i 60 nybyggede boliger i Tranbjerg ved Aarhus v. Brabrand Boligforening.



© Solar Prism løftes på plads i Tranbjerg ved Aarhus. Produktet er nomineret til DI's Produktpris 2012, som uddeles i morgen 25. september på DI Topmodet. //Velux

Solar Prism er en unik energiløsning til række- og klyngehuse, der giver store energibesparelser hentet fra solenergi. Solar Prism er nomineret til DI's Produktpris 2012.

**PRODUKTPRIS** Solar Prism er navnet på en helt ny energiløsning, som Danfoss og Velux Gruppen står bag. Solar Prism installeres på huse med fladt tag. Den rummer en række smarte løsninger som solceller, varmepumpe, tank til lagring af varmt vand samt ventilationsanlæg med varmegenindvinding, der venti-

lerer mekanisk og genbruger varmen i luften. Alt dette leveres af Danfoss, mens Velux Gruppen står bag optimeringen af arkitekturen i den præfabrikerede sammenbygning bestående af dagslys og naturlig ventilation gennem ovenlysvinduer og energiproduktion via solceller. Løsningen er nomineret til DI's Produktpris 2012, der offentliggøres i morgen 25. september på DI Topmodet.

Direktør i Velux Danmark Jesper Salskov Jensen beskriver produktet som en sammensmeltning mellem design og miljørigtige energiløsninger.

- Vores fælles ønske med Solar Prism har været at udvikle en god

arkitektonisk løsning, der på en og samme tid giver mulighed for et bedre indeklima samt store energibesparelser gennem solenergi, siger Jesper Salskov Jensen.

#### Samarbejde på tværs af branchen

Danfoss ligger især vægt på samarbejdet i projektet.

- I det første kommercielle Solar Prism-projekt i Tranbjerg indgik vi som totalleverandør i et tæt samarbejde med alle aktører fra start til slut. Det gav rådgivere, installatører, entreprenøren og bygherre - herunder Luplau & Poulsen og Brabrand Boligforening en sikkerhed og tryk-

hed gennem hele processen, siger Senior Director Business Development Thomas Madsen i Danfoss.

Velux Gruppen og Danfoss ser også et stort potentiale i indeklima- og energireovering af de knap 400.000 rækkehuse, vi har i Danmark i dag.

- Vores målsætning er at gøre Solar Prism til standarden for den måde, som arkitekter og rådgivende ingeniører indbygger energi- og indeklimakomponenter i nybyggede række- og klyngehuse med flade tage, siger Jesper Salskov Jensen.

/fritc

**ONLINE**  
di.dk/topmodet

## Solar Prism vinder DI Byg-pris

Vinderen af DI Bygs pris for innovativt samarbejde 2012 blev Solar Prism, som er udviklet af Velux og Danfoss A/S. Solar Prism skaber sundere og mere komfortable betingelser for mennesker i bygninger. Produktet er en præfabrikeret løsning, der også bidrager til at formindske kompleksiteten i byggeriets forskellige faser. Solar Prism er udviklet i forbindelse med renoveringen af Albertslund Kommunes mange almennyttige boliger i et samarbejde mellem VELUX A/S og Danfoss A/S.

- Solar Prism bidrager til energibesparelser og har samtidig beboernes sundhed i fokus. Det er en enkel og billig måde at udvikle vedvarende energi- og indeklimaløsninger på. Løsningen er unik, da ovenlysvinduer

og solenergikomponenter er indbygget i en skrå prismeflade, og sammen med energikomponenterne er installeret i en samlet boks, siger bestyrelsesformand Mogens Nielsen, DI Byg.

Prisen gives som en anerkendelse af virksomheder eller forsknings- og uddannelsesinstitutioner, der ved en særlig indsats har fremmet og gavnnet samarbejdet i byggebranchen.

- Med prisen til Solar Prism ønsker DI Byg at skabe opmærksomhed på det innovative arbejde, der foregår i byggebranchen og på de samarbejder, der bidrager til en øget produktivitet, siger Mogens Nielsen.

Prisen for innovativt samarbejde 2012 blev givet på DI Bygs årsdag torsdag den 1. november 2012

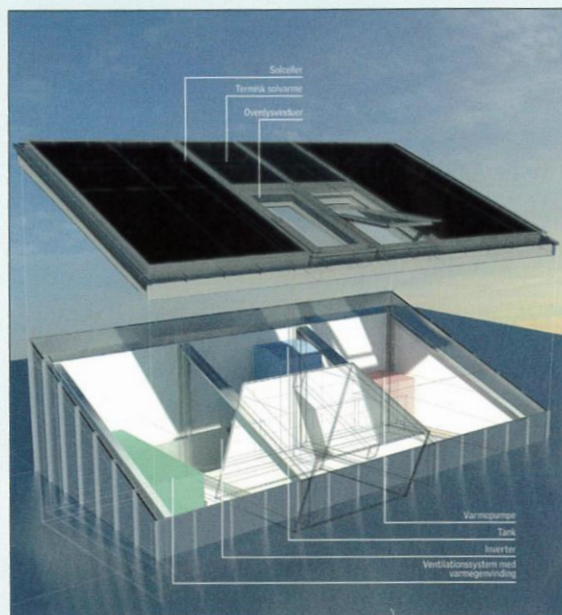
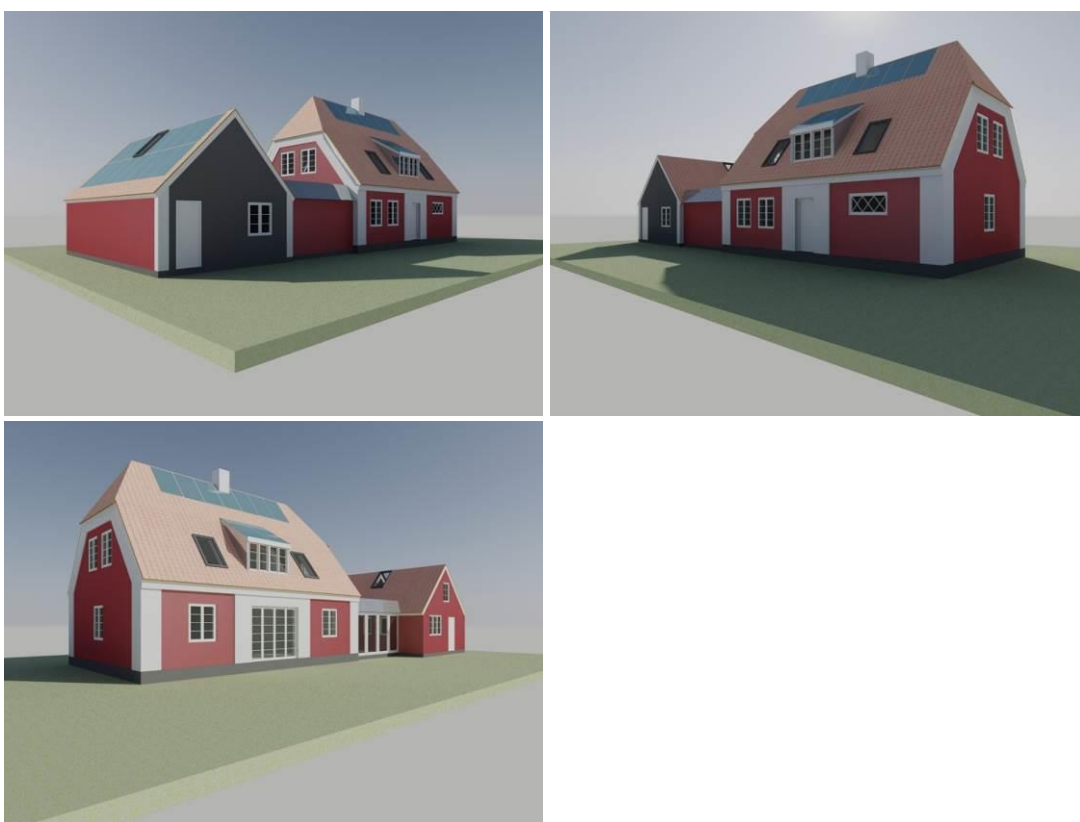


Fig 1.5 6 Solprismet blev nomineret til DI's produktpris 2012

Det skal generelt fremhæves, at Solprisme Task Force projektet har fungeret som en effektiv viderebearbejdning af de lovede resultater, der blev opnået ifm. energirenovering med Solprisme i Albertslund i 2009. Projektet har samtidigt dannet baggrund for et fortsat værdifuldt samarbejde i projektgruppen, hvilket har ført til realisering af flere nye projektinitiativer herunder VELUX og Danfoss "Solar Solution" satsning som det mest markante.

Som led i Solprisme Task Force projektet var det ideen at gennemføre en energirenovering af et enfamiliehus som en naturlig fortsættelse af de 2 demonstrationshuse i EUDP projektet "Albertslund Konceptet", der blev færdigrealiseret i løbet af august 2012 i Albertslund (Degnehusene 26 og Flintager 55), også her i samarbejde med entreprenørfirmaet Hald & Halberg. Fordi tidsplanen blev forsinket for disse projekter var det først muligt at igangsætte de praktiske renoveringsarbejder i Sorø efterfølgende med færdiggørelse frem til starten af 2014.



*Fig 1.5 7 Illustrationer af energirenovering af ældre hus på Egevangs Alle 21 i Sorø, hvor der udover optimerede isoleringstiltag og nye vinduer blev anvendt udeluft varmepumpe, solcelleløsninger i tagene samt VELUX vinduer. Her illustreret af arkitekterne Martin Rubow og Carl Galster.*

Som det fremgår af materiale i bilag til nærværende rapport, så har arbejdet med "Solar Solutions" v. VELUX og Danfoss sat mange ting igang. Her kan bl.a. henvises til udarbejdede brochurer.

Af den vedlagte brochure fremgår det at "Solar Solution" består af 2 dele, dels af et "Solprisme" til flade tage og dels "Solar Surface" til skrå tage.

Der er her også vist beregningseksempler for økonomi i forbindelse med energirenovering af et 150 m<sup>2</sup> hus, ligesom der er vist eksempel på Solprisme løsning til nybyggeri i form af de 60 nybyggede rækkehusse i Tranbjerg ved Aarhus.

## 1.6 Nye løsninger med solcelle assisterede, bygningsintegrerede og varmebaserede ventilationsløsninger med varmegenvinding.

Der er også arbejdet meget med ventilationsløsninger i forbindelse med projektarbejdet, hvor det har været muligt at igangsætte ekstra aktiviteter i Valby, hvor der fra 2007 – 2013 er gennemført et større EU-Concerto støttet projekt. Nærmere omtale heraf kan findes i bogen Green Solar Cities.



Fig 1.6. 1 Tegning af hus i Valby med præfabrikeret overetage med indbyggede solceller og plads til innovative bygningsintegrerede varmegenvinderenheder.



Fig 1.6. 2 Foto af prototype af bygningsintegreret varmegenvinderenhed



*Fig 1.6. 3 Enfamiliehus i Valby før renovering*



*Fig 1.6. 4 Enfamiliehus i Valby med ekstra overetage, som blev forberedt for tagindpassede ventilationsenheder med varmegenvinding, hvor elforbruget modsvares af el fra solceller i taget*

### **Forsøg i Sydhavnen I København med vinduesintegreret ventilationsløsning med varmegenvinding som erstatning for radiator**

Der er også efterfølgende gennemført et meget interessant udviklingsprojekt med vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding i samarbejde med boligforeningen AKB's afdeling på P. Knudsens Gade i Sydhavnen. Ideen er her at man udskifter en eksisterende radiator med en tynd ventilations enhed med varmegenvinding, som er forbundet med friskluft indtag og brugt luft afkast gennem vinduesrammen i forbindelse med vinduesudskiftning. Her med firmaet EVD som vinduesleverandør.



*Fig 1.6. 5 Udført vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding i P. Knudsens Gade i Sydhavnen, København*



*Fig 1.6. 6 Den vinduesintegrerede varmegenvindingsenhed blev kombineret med en mindre udgave af den eksisterende radiator a.ht. afregning*

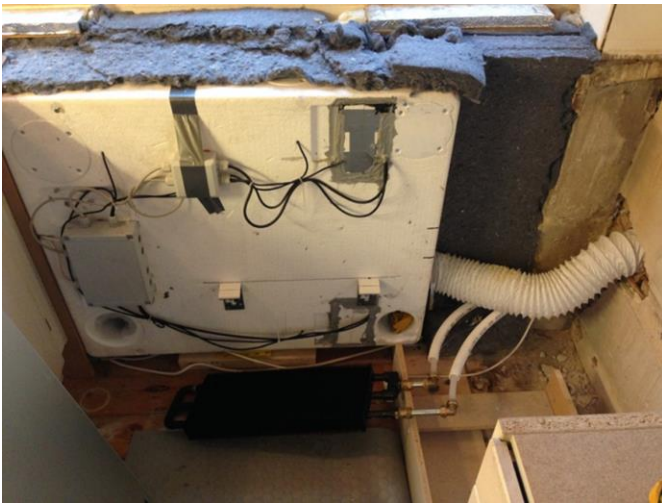
Samtidigt sørger en indbygget varmeplade for, at der udover friskluft tilføres varme til rummet, og der sikres en drift uden støj.



*Fig 1.6. 7 De nye vinduer i prøvelejlighed i Sydhavnen blev udført med indpassede ventilationsindtag og afkast i samarbejde med firmaet EVD.*



*Fig 1.6. 8 Ideen var, at den normale udsugningsventilation skulle forsynes med et ekstra spjæld, der kun åbne styret af fugtsensor i badeværelset*



*Fig 1.6. 9 Foto af indpasningen af den kompakte ventilations varmegenvinderehed i køkkenet med sideindkast af friskluft til soveværelset. Der ses også den lille konvektorenhed til at give varme via indblæsningen af friskluft.*

En indbygget termostat sørger for eftervarme af friskluft indblæsning til køkkenet efter en forvarmning på omkring 90 %.

Med 2 enheder til en 2-værelses lejlighed forsyner hver af disse boligen med 50 – 60 m<sup>3</sup>/h af luft.



*Fig 1.6. 10 Emhætte i køkkenet blev ændret til en recirkuleringsemhætte med kulfilter*





*Fig 1.6. 11 Foto af boret hul i gulvet ifm tætning af træbjælkedæk langs facaden vha. indblæst papiruld*

Når balanceret ventilation med varmegenvinding anvendes til en ældre lejlighed, er det vigtigt at sikre en god lufttæthed. Dette er for prøvelejligheden sikret ved at tilføre papiruld isoleringsgranulat i træbjælkedækket ud til facaden.

## **1.7 Enfamiliehus demonstrationsprojekt med Solprisme**

I forhold til det i år 2009 anvendte Solprisme til fladt tag i Hyldebjergvej boligbebyggelsen i Albertslund, var det ideen i Solprisme Task Force projektet, at der i et samarbejde med byggevare producenterne VELUX, Danfoss og Rockwool skulle udvikles solprismeløsninger til skrå tage, samtidig med at der skulle ske en fuldskala demonstration rettet mod almindelige parcelhuse med skråt tag. Men det endte med at der blev sat gang i 2 energirenoveringssager for private huse i Albertslund som afslutning af EUDP projektet, "Albertslund Konceptet", begge med entreprenørfirmaet Hald & Halberg som udførende. Det ene af disse huse på Flintager nr. 55 i Albertslund er en typisk repræsentant for 1960'ers parcelhuset med skråt tag, som det fremgår af nedenstående modeltegning i fig. 1 udført af arkitekterne maa. Martin Rubow og maa Carl Galster.



*Fig 1.7. 1 Tegning af 1960'er parcelhus med skråt tag i Albertslund med solprisme løsning i form af VELUX vindue og solceller, som blev energirenoveret i 2012. Dette projekt var først tiltænkt Solprisme Task Force, men kom i spil i forbindelse med Albertslund Konceptet, da et andet projekt faldt ud.*

Udviklingen af solprismeløsningerne er samtidigt gået i retning af at når der er tale om skrå tage, så indpasses primært VELUX vinduer, solceller og en forbedret isoleringsløsning.

Se også nedenstående udstillet model udført af VELUX.

Samtidig indpasses ventilation med varmegenvinding, hvis der kan opnås en rimelig tæthed og der satses også på brug af varmepumpe løsning enten med luft eller jordslanger. Der er ikke så meget fokus på brug af solfangeranlæg fordi dette har vist sig svært at kombinere med varmepumpe anlægget og faktisk konkurrerer med dette.

Fokus blev i 2011 og 2012 rettet mod at levere løsninger, hvor der er vægt på at få så mange solceller som muligt fordi økonomien var væsentligt forbedret, så det var typisk at satse på 6 kWp, som var max. for nettoafregning af solstrøm i Danmark.



*Fig 1.7. 2 Solprisme løsning til skrå tage fra VELUX, her udstillet i Albertslund i 2011.*

Da det blev besluttet at demonstrere et almindeligt parcelhus med solprismeløsning i Albertslund, blev det foreslået at der i stedet skulle sættes på en anden stor målgruppe nemlig ældre villaer med rødt teglstenslag.

Og her var det så heldigt, at der var et velegnet emne i Sorø: et hus fra 1929, der var tilbygget i 1990, se nedenfor.



*Fig 1.7. 3 Ældre hus i Sorø. Som det kan ses var der allerede udført med solfangeranlæg*



Fig 1.7. 4 Ældre parcelhus i Sorø fra 1929, der blev foreslået energirenoveret med brug af solprisme/Solar Solutions løsning.

Fordelen ved dette hus var at energirenoveringen også skulle gennemføres af Hald & Halberg. Her skulle den almindelige energirenovering omfatte: nyt tag, efterisolering, forbedring af vinduer, installation af varmepumpeanlæg og brug af solceller.

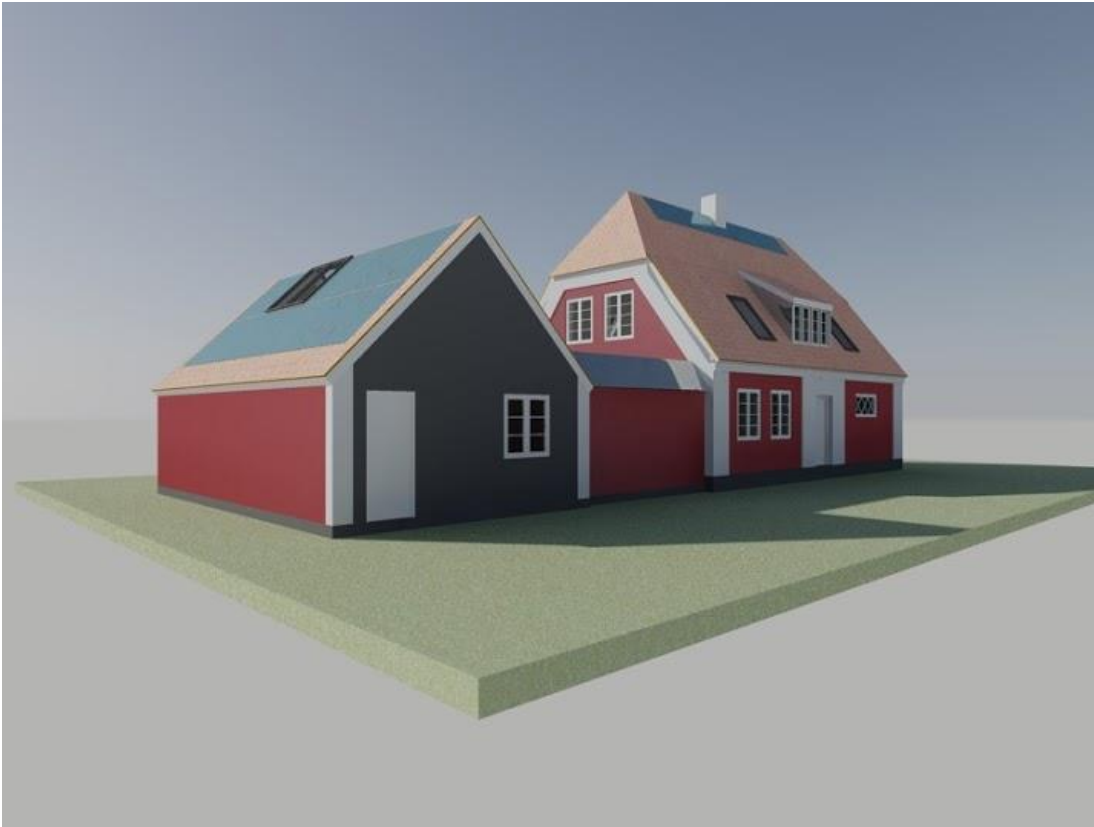
Samtidig var det en stor udfordring at arbejde med solceller ift. rødt teglstenstag, og i det hele taget at opnå en god samlet løsning her. Det var derfor ideen at gå videre med dette projekt som led i EUDP projektet.

Der var interesse for at se på muligheden for at lave en 0-energiløsning inkl. 6 kWp solceller. Det blev besluttet at sætte solceller på garagetag mod syd samt på lille tagdel på det store hus mod syd.

Desuden blev aftalt at øge antallet af VELUX vinduer ved rygning af garagetag til 3x 2 af hensyn til dagslys.



Fig 1.7. 5 6 kWp 'inverter' til 8 kWp solceller ifm energirenovering i Sorø (4,5 kWp på hustag og 3,5 kWp i hæk og garagetag)



*Fig 1.7. 6 Forslag til energirenovering af hus fra 1925 i Sorø med indbyggede solceller i garagetag mod syd samt ved kip af eksisterende tag både mod øst og vest. Tagvinduer er fra VELUX. Tag på hovedhus blev afmonteret og tilført ekstra isolering uden at ændre på husets dimensioner. Nyt tegltag erstattede gammelt tag fra 1937. Gammelt solfangeranlæg placeres på tag af mellembygning.  
(tegning arkitekt maa Carl Galster i samarbejde med arkitekt maa Martin Rubow)*



*Fig 1.7. 7 Ombygning er langt bl.a. med solceller på begge bygninger*



*Fig 1.7. 8 Solceller på renoveret garagebygning*



*Fig 1.7. 9 Solcelle modulerne på hovedbygningen er nedfældet i det nye tegltag på samme måde som BPS foreskriver for solfangere. Solceller både mod øst og vest.*



*Fig 1.7. 10 EcoVent varmegenvinder aggregat under montage på spidsloft*

Nye 3-lags glas vinduer fra Frovin var ikke nogen billig investering.



*Fig 1.7. 11 Isolering mod kælder under køkkenet. I gammel garage som er blevet isoleret er anvendt indvendig isolering. Der mangler dog gulvisolering her.*



Fig 1.7. 12 Krybekælder under det meste af huset blev isoleret med en særlig form for papiruld med et vist limindhold, så det fæstnede på undersiden af gulvene. (100 -150 mm)

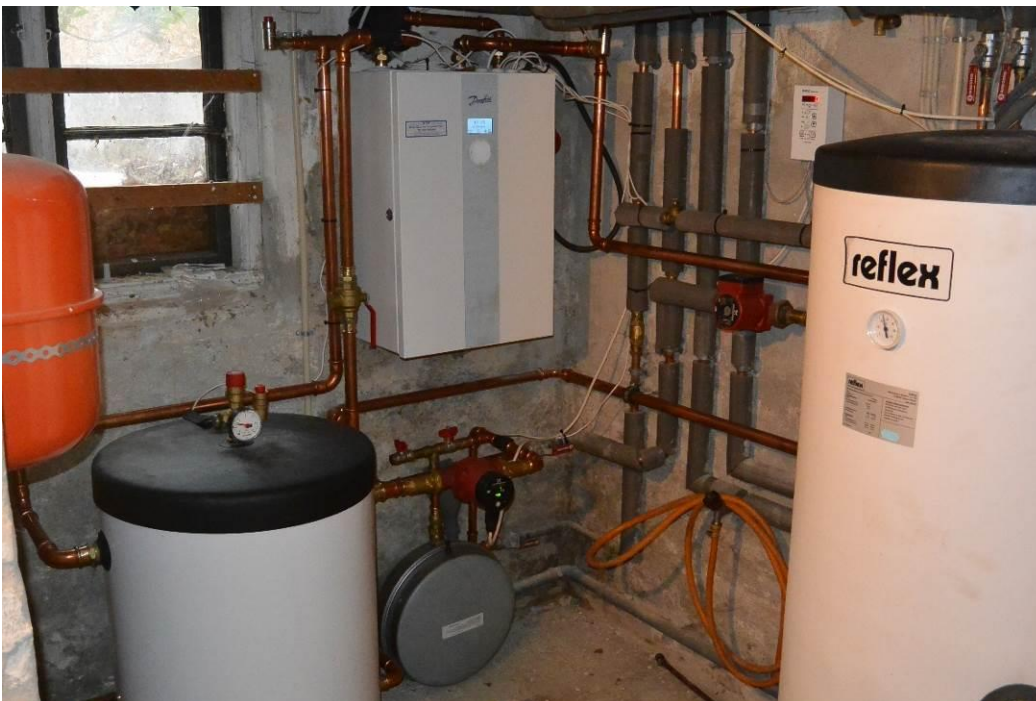


Fig 1.7. 13 Luftbaseret varmepumpe fra Danfoss (DHP-AQ-13) med buffertank og varmtvandsbeholder





Fig 1.7. 14 Den energieffektive luft/vand varmepumpe fra Danfoss (DHP-AQ-13) med ude-enhed placeret sammen med hæk mod gadeområde tæt på indgangsparti

Budget for ombygning, Egevangs Alle:

|  |           |
|--|-----------|
| Solceller                              | 130.000   |
| Montering                              | 45.000    |
| Elektriker                             | 65.000    |
| Isolering, gulv                        | 23.900    |
| Ingeniør                               | 25.000    |
| Varmepumpe                             | 80.000    |
| Ændring ventil                         | 5.000     |
| Vinduer                                | 80.000    |
| Montering                              | 25.000    |
| Tag                                    | 350.000   |
| Indv. Isolering                        | 50.000    |
| Murerarbejde                           | 100.000   |
| Malerarbejde                           | 50.000    |
| Øland-varmegenvinderaggregat montering | 40.000    |
|  |           |
| I alt                                  | 1.068.900 |

Fig 1.7. 15



*Fig 1.7. 16 Cenergia gennemførte BlowerDoor test af huset i Sorø*



Fig 1.7. 17 Check af utætheder ved vinduer i Sorø ifm BlowerDoor test

Vurdering af energibalancel for Active House forsøgshus i Sorø på basis af indledende måleresultater.

På basis af måleresultater siden 1. september 2014, hvor der har været en koordineret måleindsats sammen med Ivan Katic fra Teknologisk Institut, kan det konstateres, at der de første 5 mdr. er et varmeforbrug på 11.009 kWh til rumvarme og et varmtvandsforbrug på 1.470 kWh. Ekstrapoleres disse tal til et helt års drift, vil der være et samlet varmeforbrug til rumvarme og varmt brugsvand på 20.698 kWh, som dog forventes reduceret til 18.581 kWh når solvarmeanlægget til varmt vand er genmonteret, svarende til 79 kWh/m<sup>2</sup>,år (ved 236 m<sup>2</sup> opvarmet boligareal).

Samtidig forventes det, at COP værdien for luft / vand varmepumper kan øges fra 2,7 i de 5 "målemåneder", som er i varmesæsonen, sandsynligvis til 3,2 på årsbasis (mod katalogværdi på 4,4), men alligevel ganske godt. Tages der udgangspunkt i dette vil det årlige elforbrug til varme være på

$$\frac{18.581}{3.2} = 5.806 \text{ kWh}$$

Dette kan sammenlignes med hvad der kan fås ud af de i alt 8 kWp solceller (via 6 Wp inverter), som er placeret dels øst/vest på hovedhuset og mod syd for garage og hæk.

Med en forventet årlig ydelse på 800 kWh/kWp, kan der her forventes et udbytte på 6.400 kWh om året af solstrøm, som er rigeligt til at modsvare det førnævnte årlige el forbrug for varmepumpen, så det kan konstateres, at det er muligt at opnå en CO<sub>2</sub> neutral varmforsyning for huset i Sorø, sammen med et mindre tilskud til husholdnings-el på 600 kWh ud af 4.000 kWh årligt elforbrug.

Den fremtidige årlige energiudgift er derfor sandsynligvis omkring 6.800 kr.

Dette kan sammenlignes med at der for den oprindelige ejer af huset var en årlig udgift til gas på 26.000 kr. og til el på 8.000 kr., så der er sparet ca. 27.000 kr. i årlige drift udgifter. Sammenlignes med en samlet investering på ca. 1,2 mio kr., skal der her regnes med at en stor del af denne udgør en opdatering af huset, så fremtidig vedligehold bliver mindre. Anses dette at svare til 50 % af investeringen, så opnås en simpel tilbagebetalingstid på godt 20 år, samtidig med en væsentlig bedre komfort.

Der er ikke gennemført en fuld Active House deklARATION for huset, men med nyt ventilationsanlæg med varmegenvinding og generel brug af gode materialer samt en CO<sub>2</sub> neutral varmforsyning, er der ingen tvivl om at der kan opnås en høj score.

## 1.8 Hyldespjældet – 5 års driftserfaringer

Cenergia var teknisk ansvarlig for realiseringen af den energineutrale bolig, SOLTAG, i samarbejde med bl.a. VELUX, Kuben Management og Rubow Arkitekter tilbage i 2005. Ud fra denne baggrund blev der arbejdet med ideen om at gennemføre en energineutral energirenovering baseret på præfabrikerede løsninger for en testbolig i Hyldespjældet, samt sammen med Agenda 21 lederen i Albertslund, Poul Marcussen, at skaffe ekstra midler hertil fra Landsbyggefondens Innovationspulje. Cenergia har her gennemført de nødvendige energiberegninger bl.a. med passivhus værktøjet, PHPP, med BE06 programmet og med BYG-SOL, hvor der i sidstnævnte program også kan gennemføres økonomiske vurderinger. Endelig har Cenergia koordineret arbejdet med at fremstille det innovative Solprisme som præfabrikeret installations-element, bl.a. i et tæt samarbejde med VELUX og Danfoss.

Da det lykkedes at opnå en ekstra bevilling på 0,5 mio. kr. fra Landsbyggefondens Innovationspulje, blev det, sammen med EUDP støtten og med et bidrag fra Albertslund Kommune på 0,5 mio. kr., muligt at gå efter en egentlig 0-energi standard for det første EUDP støttede testhus i Hyldespjældet.

Ved at fastholde en fokus på præfabrikerede løsninger har det samtidigt været muligt at støtte målet i det samlede EUDP projekt om at kunne sikre en lavenergiklasse 1 standard med samme totaløkonomi, som der gælder for lavenergiklasse 2.

Her har det også været en fordel med den generelle udvikling indenfor solcelle markedet, hvor solceller er blevet halveret i pris indenfor få år.

Følgende betragtninger blev skrevet i 2012 ved afslutning af EUDP projektet Albertslund konceptet:

Byggeprocessen i forbindelse med energirenovering af testhuset i Hyldespjældet har efter min mening været godt organiseret, når man tager i betragtning at man kun arbejder med en bolig og med et meget begrænset økonomisk råderum. Dette skyldes bl.a. gode bidrag fra partnere som Enemærke & Pedersen, Rubow Arkitekter, Moe & Brødsgård etc.

Projektet har bygget på en meget ideel og ambitiøs vision om at realisere en både passivhus og 0-energi standard og der er sket mange justeringer undervejs. Ideen med at udvikle et "Solprisme", som et præfabrikeret element bygger på mange års samarbejde mellem undertegnede og arkitekt maa Martin Rubow, men det har kun været muligt at nå det færdige resultat med EUDP støtten og med engagerede bidrag fra de mange projektpartnere.

Her har beslutningen hos VELUX om at deltage aktivt i udviklingen og bygge solprismet på deres område i Hørsholm også haft stor betydning.

På grund af projektets natur og visionen det bygger på, har man været nødt til at lave rigtig mange tilpasninger i den samlede realiseringsperiode, men dette er ikke overraskende, når der er tale om et meget innovativt projekt.

Her i bakspejlet må det nok konstateres, at det har været svært at styre de mange "kokke", der var involveret i projektet, og at der måske har været vel mange innovative elementer, der skulle falde på plads. Et eksempel herpå er anvendelsen af jordvarme fra en spildevandsbrønd, som kom med fordi kommunen ønskede det, men som desværre var fejlkonstrueret, så der opstod en læk i kredsløbet 2 gange, hvilket gik ud over den samlede drift og måleprogrammet.

Med hensyn til måleprogrammet er det opfattelsen, at der fra Teknologisk Institut er ydet et meget omfattende og kvalificeret bidrag, som havde stor betydning for vurdering af projektets resultater.

Det er samtidig opfattelsen at de tekniske udfordringer er blevet håndteret meget professionelt i projektgruppen og at de ting man har lært i den forbindelse vil have stor betydning for fremtidige beslutninger f.eks. hos bygherren BO-VEST i forbindelse med de renoveringer, der gennemføres i Albertslund.

F.eks. blev det besluttet at lade være med at efterisolere gulvet fordi Rockwool kunne sandsynliggøre at alt andet end at hugge gulvet op ville være en dårlig løsning pga. kondens risiko, og fordi dette ville blive dyrt og besværligt med bl.a. længere tids flytning af beboeren.

En anden ting var brugen af isolerede flekskanaler mellem det gamle hus og de nye isoleringselementer, hvor frisk opvarmet luft blev tilført direkte i hvert rum uden synlige kanaler. Dette byggede bl.a. på inspiration fra en studietur til Holland. Uheldigvis viste det sig senere, at tætningen af disse ved samlinger ikke var god nok.

En anden lidt uheldig ting, som det også har været nødvendig at tage sig af, var at varmerørene i Solprismet til de individuelle varmeplader i luften frøs i en kraftig frostperiode. Så blev der tilsat glykol i dette kredsløb, så det ikke mere var et problem. Det burde man selvfølgelig have gjort fra starten, men det var der ingen, der tænkte på. Så er det jo godt, at udviklingen kun er sket i en boligenhed.

Alt i alt har der dog været mange vigtige innovationer i projektet, som er lykkedes godt. Her kan bl.a. fremhæves Racells store solcellemoduler på hver 5,3 m<sup>2</sup>, som alle er enige om er meget flotte. Der er Ecovent varmegenvindere, som dels har en meget høj genvindingsgrad og et meget lavt elforbrug på basis af en helt nyudviklet varmeveksler. Der er varmtvandsbeholderen fra firmaet Varmtvandsbeholderen.dk, som udspringer af DTU-BYG og som er lavet helt uden kuldebroer, så der er et meget begrænset varmetab. Der er varmepumpen fra Danfoss, som er tilpasset i effekt og størrelse, samt VELUX vinduesløsning, som er udstyret med de seneste solafskærmningsprincipper, så det ikke giver problemer med sydvestvendt orientering og endelig er der selve Solprismet, som er udført med samme finish som VELUX øvrige produkter.

Herudover er der innovative 3-lags vinduer fra Velfac og hele facadekonstruktionselementet, som er udført i et godt samarbejde mellem Tåsinge Træ og Rockwool.

På trods af ovennævnte betragtninger, der blev skrevet et par år efter idriftsættelsen af Solprismet i Høkerlængen i Albertslund, har det efterfølgende vist sig, at der også er poppet nye problemer op, idet det har vist sig, at varmepumpen, der var en prototype, havde nogle mærkelige og uforklarlige udfald. Ligesom solcellerne, der også var prototyper, havde problemer efter få års drift. Det er selvfølgelig ærgerligt at varmepumpedelen ikke har fungeret overbevisende, men det kan konstateres, at konceptet satte meget i gang, og at de 60 Solprismer, som Danfoss og VELUX lavede til nybyggeri i Tranbjerg ved Århus tilsyneladende fungerer upåklageligt i en mere simpel 2. generations udformning.

Afslutningsvis er det på sin plads at give en uforbeholden ros dels til beboeren i Høkerlængen 2, Kirsten, der har haft meget stor tålmodighed og til Bo-Vest og Albertslund Kommune, der har deltaget i løbende opfølgning i en 5 årig periode.

#### Indledende udkast til en solcelleplan for Albertslund Kommune

| Forslag til solcelleplan for Albertslund Kommune | Omfang af boligenheder samt m <sup>2</sup> tagarealer for øvrige bygninger | Mulige solcelle installationer i perioden 2012 - 2020 ifm. stor skala renovering samt tagrenovering | Investeringsudgift (mio. kr.) |  |
|--|--|---|-------------------------------|--|
| 1. Almene boliger                                | 5000 boliger   | 15.000 kWp  | 270                           |  |

|   |                     |                       |            |         |  |
|---|---------------------|-----------------------|------------|---------|--|
| 2.  | Private Boliger     | 1500 boliger          | 4.500 kWp  | 81      |  |
| 3.  | Kommunale bygninger | 20.000 m <sup>2</sup> | 1000 kWp   | 18      |  |
| 4.  | Erhvervsbyggeri     | 10.000 m <sup>2</sup> | 500 kWp    | 9       |  |
| Samlet solcelleplan i alt   |                     |                       | 21.000 kWp | 378     |  |
| = 21 MWp  |                     |                       |            |         | = 0,75 kWp pr. indbygger                   |
| = 168.000 m <sup>2</sup> solceller<br>Omfanget af tage til kommunalt- og erhvervsbyggeri vil kræve en nærmere analyse |                     |                       |            | /28.000 | = 6 m <sup>2</sup> solceller pr. indbygger |

Fig 1.8. 1 Forslaget til solcelleplan til Albertslund Kommune blev præsenteret i fm valget af kommunen som Nordisk Energikommune i 2012

Gennemføres planen som vist vil det omfatte 21 MWp solceller svarende til 168.000 m<sup>2</sup> eller 6 m<sup>2</sup> solceller pr. indbygger, som vil give en årlig besparelse på elforbruget på 17.850 MWh. Dette svarer til 12,5 % af det årlige elforbrug i Albertslund Kommune.

Samtidigt er det også glædeligt at konstatere at Brabrand Boligforening, på basis af erfaringerne med de 60 solpriser i Tranbjerg, bestemt ikke har mistet modet, men har igangsat flere nye projekter med solceller og varmepumper som basis for 0-energi byggeri. Eksempel herpå er vist sidst i nærværende rapport.

Der kan fremmes brug af solceller under reglerne for fællesanlæg i relation til Planloven, ud fra behov for lokal vedvarende energiforsyning.

Der kan arbejdes med nye finansieringsmodeller inkl. anvendelse af kommunegaranterede lån til almene boliger.

Varmeværket kan indgå som central aktør. Men nettoafregning kræver, at det er ejeren, der har elforbruget

Ved rentabilitets beregninger er det vigtigt at være opmærksom på at solceller har en meget lang levetid på 40 – 50 år, og at der normalt kan opnås garantier på 25 år.

Flere studier har på basis af forventninger til en meget kortere levetid for solceller påvist at økonomien er dårlig, men pga. en halvering af solcelleprisen indenfor få år kan der i bedste fald opnås tilbage betalings tider på 10 – 15 år. Så solceller er lidt i samme situation som vindmøller var i for 20 år siden.

Ligesom ved udbredelsen af fjernvarmen har Danske kommuner mulighed for at støtte et nyt industri eventyr med udbredelsen af bygnings indpassede solceller.

Foreningen  
Bæredygtige Byer og Bygninger

- Om byøkologi
- Om FBBS
- Bliv medlem
- Medlemsliste
- Nyhedsarkiv
- Arrangementer
- Publikationer
- Links

**Nyheder** [Nyhedsarkiv](#)

**Industrialiseret byggeri af 114 plejeboliger i Ørestaden**  
NCC bygger med færre fejl og højere driftssikkerhed på installationer [Læs mere her!](#)

**Ny portal om energireovering af lejligheder**  
AlmenNet lancerer nyt værktøj som led i fælles handlingsplan med Bygherreforeningen og Ejendomsforeningen Danmark [Læs mere her!](#)

**Århus planlægger ny bydel**  
Erhvervsområde i Riskov fra 1950'erne ændres til bæredygtigt boligområde [Læs mere her!](#)

**ESCO samarbejde for industribygning**  
Stor gevinst ved energioptimering i kun 9 år gammel industribygning i Roskilde [Læs mere her!](#)

**Teste kriterier for bæredygtige bebyggelser**  
Naturstyrelsen m. fl. efterlyser interesserede kommuner, bygherrer m. fl. [Læs mere her!](#)

**Konference 14. juni 2011 i Horten's bæredygtige domicil**  
Fokus på klimainsats, certificering af bæredygtigt byggeri og ESCO-udbud m.m. [Læs mere her!](#)

**FBBS aktiviteter**  
[Se flere aktiviteter](#)

**Hørsholm Kommune indvier Solhuset**  
Besøg ny klimavenlig daginstitution udviklet i samarbejde med VKR Holding og Rambøll m. fl. [Læs mere her!](#)

**Besøg til energireovering i Albertslund 16. juni 2011**  
Boligselskabet Bo-Vest arrangerer sammen med AlmenNet og FBBS [Læs mere her!](#)

**Temadag om solceller i Skive den 24. maj 2011**  
Skive Kommune arrangerer sammen med EnergiMidt, VedvarendeEnergi, Solar City Copenhagen og FBBS [Læs mere her!](#)

**Reportage og indlæg fra temadag i Horsens 29. marts 2011**  
FBBS og Videncenter for Bæredygtigt Byggeri satte fokus på intelligente energisystemer og lavenergi/aktiv huse m.m. [Læs mere her!](#)

**FBBS projekt databasen besøges hyppigt**  
Mere end 77.000 besøg i 2010 til databasens ca. 265 byggeprojekter med særlige energi- og miljøtiltag. Se de 10 mest besøgte projekter [Læs mere her!](#)

**Multipart Energy**  
**MULTIPLYING**  
Sustainable Energy Communities

**Bæredygtige lokalområder**

**MUSEC** - [læs mere her](#)  
**MUSEC** - [English website](#)

**Bæredygtige byer**  
Cases fra DAC-Realidania databasen  
EU Concerto byerne  
Green Solar Cities  
Green Cities samarbejdet - Dogme 2000

**Byøkologiske temaer**  
Planlægningens virkemidler  
Miljøvurdering af planer  
Lokal Agenda 21  
Byøkologi i Planlægningen  
Byggeri og bæredygtighed

**Byggeprojekter database**  
Miljørigtigt byggeri  
Produkt- og producent info  
Lavenergibyggeri

**Aktuelle projekter**  
Svanemærkede boliger i Køge  
Egedal Kommune bygger lavenergi  
Ullerødbyen i Hillerød viser vej  
Frederikssund ny fremtidens by  
Arkitektur og Bæredygtighed i Dansk  
Boligbyggeri (SHE)

**Miljøcertificering**  
Certificering byggeri i Danmark  
Certificering test dansk byggeri  
Grønt Diplom for Boligorganisationer  
Grønt Diplom for Institutioner  
Grønt Diplom for Kontorer

**Tilmeld dig nyheder fra FBBS:**

Navn

E-mail

Ja tak, send nyheder

Fig 1.8. 2

På en workshop i 2010 i regi af Foreningen Bæredygtige Byer og Bygninger, Fbbb ( www.fbbb.dk ), blev det påpeget at undersøgelser foretaget af advokatfirmaet Beck Bruhn for Københavns Kommune, fremhævede at danske kommuner kan bruge regler om "fællesanlæg" til at fremme brug af vedvarende energi, herunder brug af solceller i forbindelse med lokalplanlægningen.

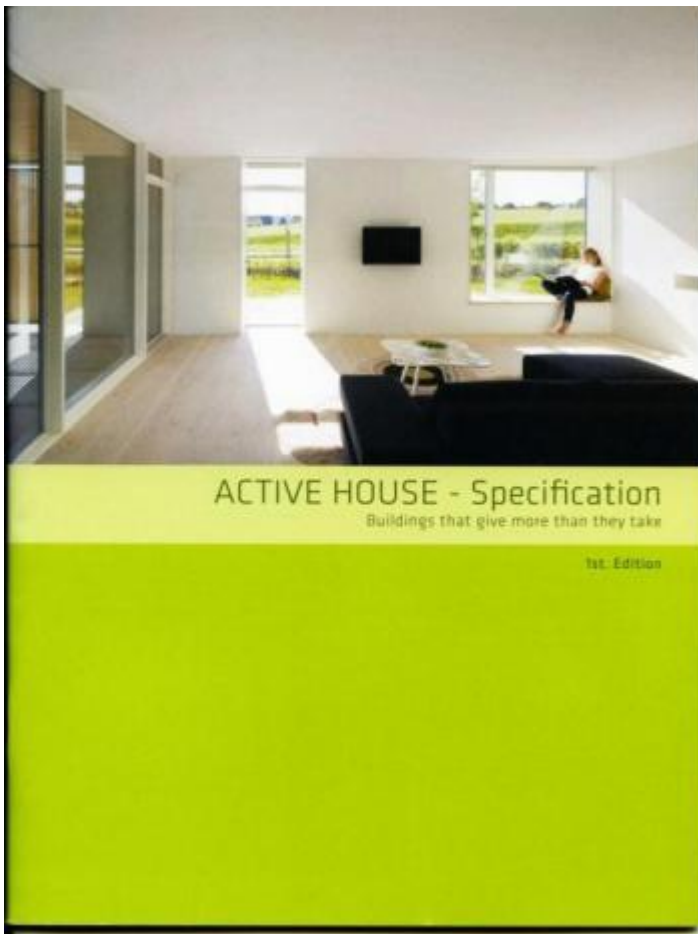


Fig 1.8. 3

Ifølge EU's bygningsdirektiv skal alle nye offentlige bygninger udføres i en næsten 0-energi standard fra år 2018. Og fra år 2020 vil dette gælde alle bygninger, samtidigt med at medlemsstaterne i EU skal redegøre for hvordan en lignende udvikling også kan sikres for eksisterende bygninger. Active House Specifikationer giver et bud på hvordan dette kan gøres ( [www.activehouse.info](http://www.activehouse.info) )

**Solprisme projektet udløste Energy Globe prisen til Cenergia i 2012:**



## Peder Vejsig Pedersen

---

**Fra:** Kopenhagen@advantageaustria.org  
**Sendt:** 18. april 2012 10:30  
**Til:** Peder Vejsig Pedersen  
**Emne:** Invitation prisuddeling Energy Globe

Kære Peder,

Stort tillykke med Energy Globe Prisen!!

Vi her i Handelsafdelingen ved Østrigs Ambassade glæder os sammen med jer og vil gerne invitere jer til en lille prisuddeling på vores kontor. I vil få overrakt et certifikat fra Energy Globe og så byder vi på et glas østrigsk vin bagefter.

Hvis det passer ind i dit/jeres øvrige program, er I meget velkomne på vores kontor i uge 19. Den uge er vi meget fleksible, så lad os vide, hvornår det vil passe jer bedst.

Vi glæder os til at høre fra dig.

Med venlig hilsen

Eva M. Frei  
Handelsråd



Østrigs Ambassade -  
Handelsafdeling  
Grønningen 5, 3. sal  
1270 København K  
T +45 33 11 14 12  
F +45 33 91 14 13  
[kopenhagen@advantageaustria.org](mailto:kopenhagen@advantageaustria.org)  
[www.advantageaustria.org/dk](http://www.advantageaustria.org/dk)

---

Besøg vores hjemmeside! Klik ind på vores hjemmeside <http://www.advantageaustria.org/dk> og læs nyheder/firmapræsentationer under "News" eller lær vores team at kende under "Office".

Vi udgiver et newsletter hvor vi ca. 4 gange om året vil informere om østrigske aktiviteter og tiltag i Danmark samt seneste nyt fra Østrig. Interesseret? Så klik [her](#).

---

CENERGIA Energy Consultants, Dänemark | Att. Peder Vejsig Pedersen  
Ref: 100-4488568

Fig 1.8. 4

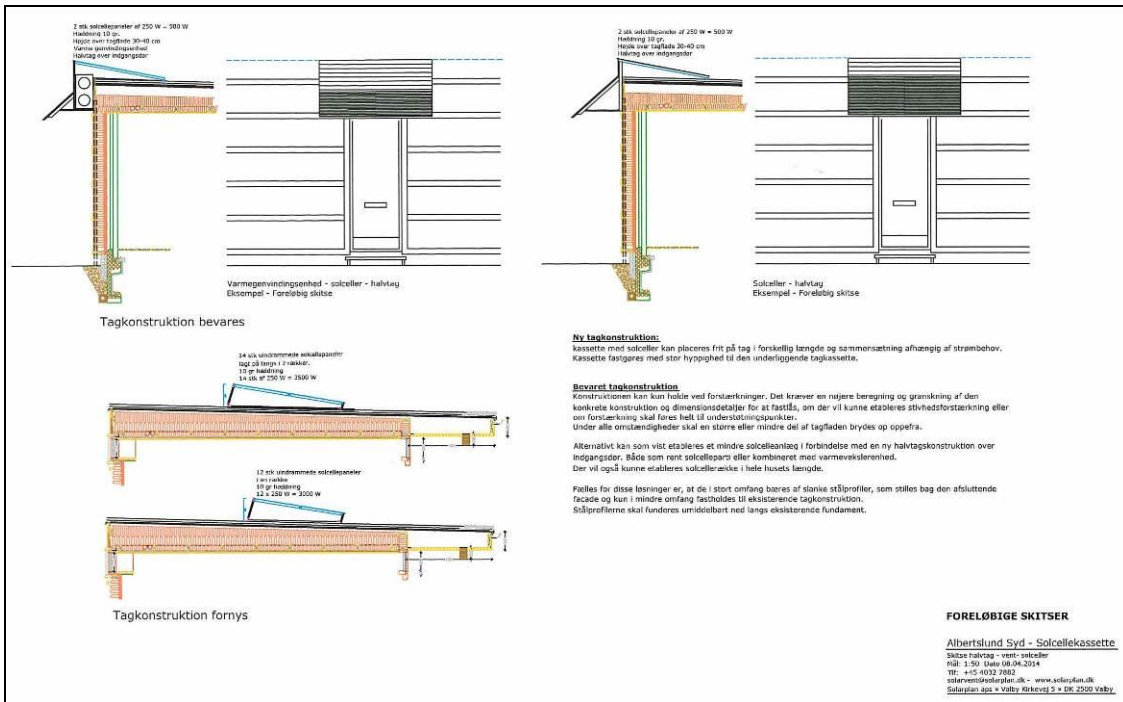


Fig 1.8. 5

Forslag til Solprisme løsning til gårdhavehuse i Albertslund Syd, udarbejdet af arkitekt maa Klaus Boyer Rasmussen fra Solarplan.

Her som en lille enhed med solceller på oversiden og med en lille indbygget ventilationsenhed med varmegenvinding

## Visionært boligbyggeri er selvforsynende med varmt vand og opvarmning

I Hasselager, få kilometer uden for Aarhus, bor 75 familier i fremtidens byggeri på Kildeagervej. Brabrand Boligforening har fået opført boliger i nyudviklet højstyrkebeton med solceller integreret på alle tagflader. Solcelleanlægget er et af Danmarks største udført på et alment boligbyggeri, og anlægget producerer sammen med fem Panasonic luft-til-vand-varmepumper hele bebyggelsens energiforbrug.

De 75 boliger er selvforsynende med den nødvendige energi, opvarmning og varmt vand. Byggeriet er opført inden for reglerne for støttet byggeri, som lever op til de nye Lavenergiklasse 2020-regler.

Brabrand Boligforening har udført det ambitiøse lavenergi byggeri i samarbejde med blandt andre HVAC Engineering A/S, og lavere



De 75 boliger er selvforsynende med den nødvendige energi, opvarmning og varmt vand.

CO<sub>2</sub>-udledning og kontrol med energiforbruget var medvirkende til, at man valgte en løsning med Panasonic varmepumper.

- De visioner, man arbejder med i Brabrand Boligforening, ligger meget tæt op ad Panasonics visioner om at skabe selvforsynende byer. Der er ingen tvivl om, at varmepumper er fremtiden i

Danmark. Der kommer i fremtiden mere lavenergi byggeri, og her passer Panasonics Aquarea T-CAP varmepumper perfekt, da de har en rigtig høj virkningsgrad selv ved lave fremløbstemperaturer, siger Tomas Børholm, area manager, Panasonic.

### Fremtidssikrede boliger

Mellem 30 og 40 procent af Danmarks samlede energiforbrug går i dag til opvarmning, ventilation og lys i bygninger, og meget af

den, og det var derfor Brabrand Boligforenings vision, at boligerne på Kildeagervej i Hasselager skulle være selvforsynende. Dette betyder både, at beboerne dagligt hjælper med at forbedre miljøet, og at de ikke får huslejestigninger med baggrund i energitudgifter.

- Målet med projektet var at bygge lavenergi boliger. Boligerne skulle være selvforsynende med opvarmning og varmt vand. Det er mere økonomisk fordelagtigt for beboerne, og samfundsmæssigt er det en stor fordel. Vi arbejder med en flad husleje, der ikke stiger med årene, da boligerne er selvforsynende med opvarmning og strøm, så med tiden bliver de billigere at bo i for beboerne, siger Steen Grønholm Thomsen, Brabrand Boligforening.

### Vigtigt med effektive varmepumper

Projektet på Kildeagervej er lykkedes på grund af en specialde-

# RADIATORER

Kvalitetsradiatorer til langt under laveste grossistpriser.



10 års garanti

Vi har over 200 forskellige størrelser på lager. Gratis levering over kr. 5000.-

TILBUD PÅ RADIATORER

DB | VVS

Danmarks billigste - online - vvs-butik

www.dbvvs.dk

Tlf.: 40 87 22 22



Beboerne kan følge med i CO<sub>2</sub>-reduktionen.

denne energi kommer fra fossile brændstoffer. Men det scenarie er snart forlind - regeringen har besluttet, at Danmark skal være uafhængig af fossile brændstoffer i 2050.

De politiske vinde i Danmark siger, at vi skal lægge vores energi om til strøm. Og da varmepumper netop bruger strøm, kan man være sikker på, at varmepumper er fremtiden, siger Tomas Børholm, Panasonic. CO<sub>2</sub>-neutrale boliger er fremti-

signet løsning med nyudviklet letvægtsbeton, et stort solcelleanlæg og højeffektive Panasonic luft-til-vand varmepumper. HVAC Engineering A/S stod for projekteringen af varmepumpesystemet, og Air-con A/S leverede de ønskede pumper. Valget faldt på Panasonics Aquarea T-CAP luft-til-vand varmepumper, som har høj kvalitet og ydelse, selv i det kolde danske vinterhalvår med lave udetemperaturer. Alle modeller i T-CAP linjen er desig-

### Varmpumperne får energi fra solceller på hustagene.

net til ekstrem kulde og kan opretholde samme nominelle kapacitet selv ved -15°C uden anvendelse af elektrisk varmenhed.

- Vi har stor erfaring med Panasonics varmepumper, og vi har mange tilfælde slbrugere. Tilmed har vi fået en meget høj service og sikkerhed med valget af Air-Con A/S som leverandør og samarbejdspartner, da de er certificeret. Det betyder, at vores certificerede leverandørkæde er ubrudt helt frem til slutbrugeren, siger Bjarne Haa Rasmussen, HVAC Engineering A/S.

### Beboerne er aktive med i det grønne projekt

Ved hver af de fem varmepumpestationer hænger et stort display, hvor beboerne hele tiden kan følge med i, hvor mange kW der aktuelt produceres, hvor meget energi der er produceret i alt, og



hvor stor den samlede CO<sub>2</sub>-reduktion er.

- Vi kan se, at det har en god virkning på beboerne, at de kan følge med i produktionen af strøm og reduktionen af CO<sub>2</sub>. De kan nemt se, at det rent faktisk batter noget. Vi er yderst tilfredse

med løsningen, siger Steen Grønholm Thomsen, Brabrand Boligforening.

Varmpumperne har også en mere direkte indflydelse på beboernes dagligdag. Ud over de store fordele med fast husleje og CO<sub>2</sub>-reduktion har varmepumperne

en indbygget teknologi, der renser luften for vira og bakterier og skaber et sundere indeklima for den enkelte. Fremtidens boliger er til gavn for både samfund og miljø, og fremtiden er allerede en realitet på Kildeagervej lidt uden for Aarhus.

Fig 1.8. 6 Nye typer CO<sub>2</sub> neutrale byggerier

## **1.9 Konklusioner og udbredelse af projektresultater**

Det kan konkluderes at Solprisme Task Force EUDP projektet har haft en meget vigtig funktion i projektperioden på basis af et ret lille budget og en ret begrænset støtte fra EUDP.

I bilaget er medtaget en række eksempler på udbredelsesmateriale, som også har omfattet et fremstød for det såkaldte Energi Bo koncept med bl.a. MT Højgaard og VELUX, som er præfabrikerede tagboliger, der er baseret på samme teknologi som Solprismet

## **1.10 Målerapport v. Teknologisk Institut**



Rapport

---

# VE anlæg på Egevangs Alle, Sorø

## Målinger og dokumentation

**Titel:**

VE anlæg på Egevangs Alle, Sorø Målinger og dokumentation

**Udarbejdet for:**

Projektet Solprisme Task Force

**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut

Center Adresse Webadresse

Forfatter: Ivan Katic Januar 2015

**Indhold**

Anlægsdokumentation og målinger for VE anlæg i Sorø

Beskrivelse af solcelleanlæg

Beskrivelse af varmeanlæg

Beregning af energieffektivitet

Energibehov inden totalreovering

Anlægsdokumentation og målinger for VE anlæg i Sorø

**I forbindelse med EUDP projektet "Solprisme Task Force" har Teknologisk Institut bistået med rådgivning om måleprincipper samt bearbejdning af måledata for et energirenoveret hus i Sorø. I forbindelse med energirenoveringen er der blandt andet blevet opsat solcelleanlæg og varmepumpe til opvarmning og varmt brugsvand. Et solvarmeanlæg er planlagt, men endnu ikke installeret bortset fra forvarmebeholder til varmt brugsvand. Denne rapport dokumenterer anlæggets opbygning og de foreløbige driftsdata.**



***Ejendommens orientering, her med delvist monteret solcelleanlæg (små pile)***

Beskrivelse af solcelleanlæg

**Tekniske data:**

Moduler 27 stk. EASYbipv 250 Wp sort monokrystallinsk, i alt 6,75 kWp fordelt på tre forskellige flader

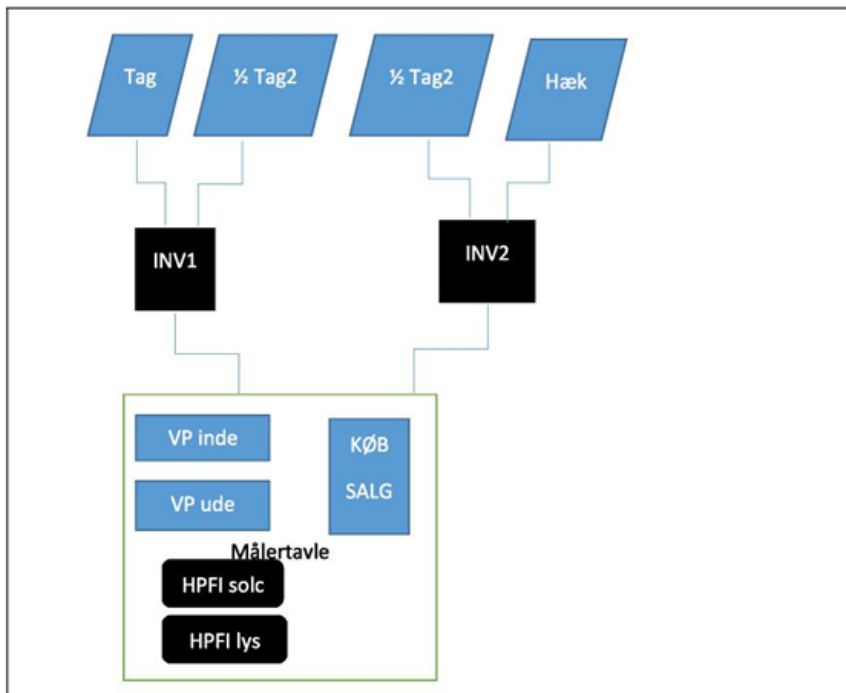
Inverter 2 stk enfase Goodwe 3000 SS med to MPP trackere



*Invertere i kælderrum*



*Inverter mærkeplade*



*Elsystem med PV anlæg og målere.*



**Solcelleanlæg på hoved- og sidebygning. 6 paneler er monteret på stativ langs en hæk.**

**Stikprøvemåling 2/9 2014**

**Målt på inverter 1: E=2,36 MWh, Upv=170 V (Tag + 1/2 tag sidehus)**

**Målt på inverter 2: E=2,39 MWh, Upv=250 V (Hæk + 1/2 tag sidehus)**

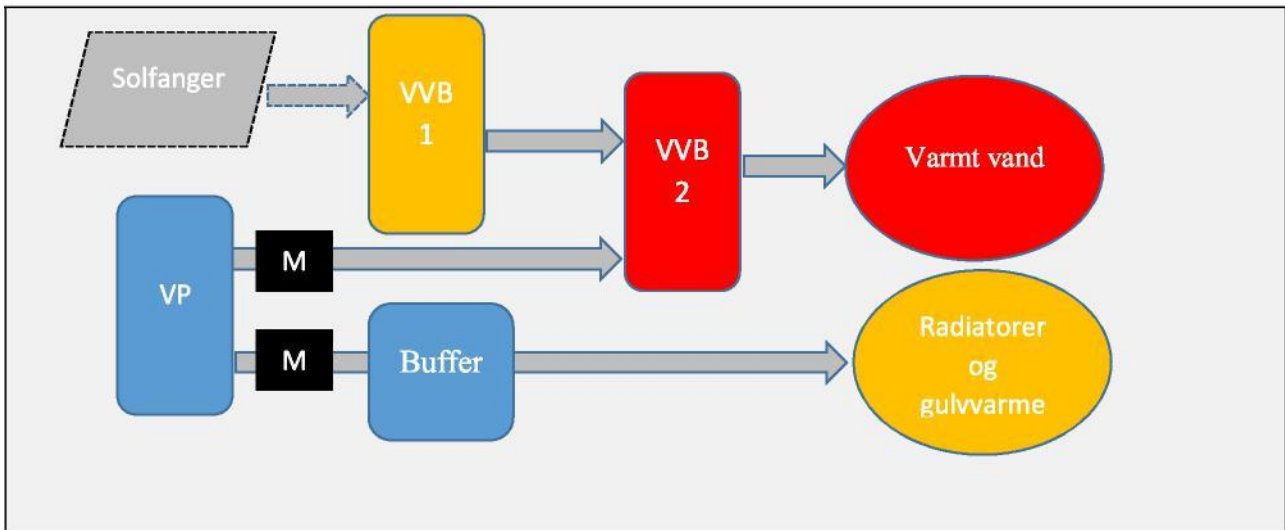


Beskrivelse af varmeanlæg

**Varmeanlægget er baseret på en luft/vand varmepumpe samt et planlagt solvarmeanlæg. Varmen tilføres bygningen via radiatorer og gulvvarme. En 100 l bufferbeholder er indbygget mellem varmepumpe og rumvarmekreds for at opnå længere køretider. Måling af varmeforbrug og varmt brugsvand måles ex varmepumpe for at kunne dokumentere dennes energieffektivitet. Når solvarme bliver tilsluttet, bør der opsættes måler for solvarmetilskud.**

**Varmesystem med målere for leveret varme fra VP. Der er ikke cirkulation på det varme brugsvand. M er energimålere ide to varmekredse.**

**Varmepumpen er en luft til vand type DHP-AQ Midi 13 fra Danfoss. Varmepumpen har scroll kompressor med variabelt omdrejningstal. Varmeoptaget sker i en udendørs fordampere opstil-**



let i nærheden af bygningen op ad en hæk. Dette kan i nogen grad hæmme luftcirkulationen.

Nominel varmeydelse      12,3 kW  
Nominelt elforbrug        2,8 kW



*Varmepumpe fra Danfoss. 100 liter buffertank til venstre.*



*Varmepumpens udedel.*



*Displayvisning 2/9. Varmepumpen er monteret 24/10 2013*



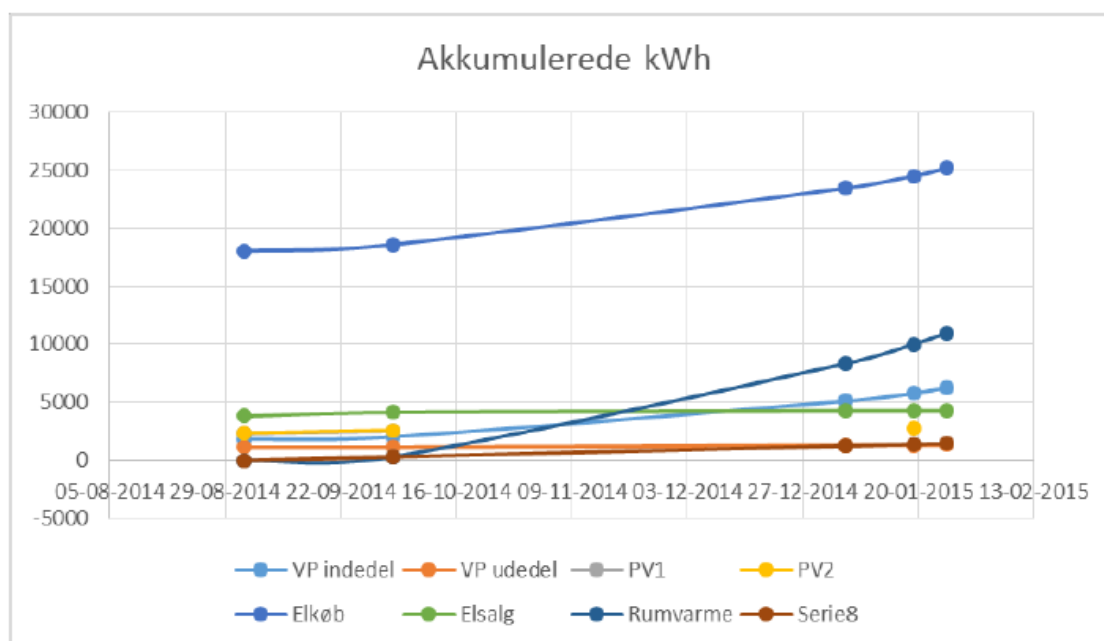
Varmtvandsbeholdere i kælder. Den ene er inaktiv da solvarme ikke kører.

| reflex                                  |                | Winkelmann GmbH + Co. |      | D-69227 Ahlen |
|---|----------------|-----------------------|------|---------------|
| Type:                                   | SF 200-2       | Kessel Solar          |      |               |
| Herstell-Nr.                            | 3619200 / 0134 | 2,4                   | 4,2  |               |
| Leistungskennzahl NL nach DIN 4708      |                | 25                    | 31   | kW            |
| Wärmeleistung: emailliert nach DIN 4753 |                |                       |      |               |
| <u>Brauchwasserseite:</u>               |                |                       |      |               |
| Inhalt:                                 |                | 184                   | l    |               |
| zul. Betriebsüberdruck:                 |                | 10                    | bar  |               |
| zul. Betriebstemperatur:                |                | 95                    | °C   |               |
| <u>Heizwasserseite:</u>                 |                |                       |      |               |
| Inhalt:                                 |                | 4,80                  | 6,40 | l             |
| zul. Betriebsüberdruck:                 |                | 16                    | bar  |               |
| zul. Betriebstemperatur:                |                | 110                   | °C   |               |
| Hersteldatum:                           |                | 701                   |      |               |

Mærkeplade for beholder

Ejers manuelle aflæsninger:

| kWh Dato              | 02-09-2014             | 03-10-2014 | 05-01-2015            | 19-01-2015 | 26-01-2015 |
|-----------------------|------------------------|------------|-----------------------|------------|------------|
| Datoværdi             | 41884,00               | 41915,00   | 42009,00              | 42023,00   | 42030,00   |
| Varmepumpe indedel    | 1860,8                 | 2061       | 5146                  | 5814,6     | 6310       |
| Varmepumpe udedel     | 1122,9                 | 1136,9     | 1307,8                | 1326,6     | 1338,4     |
|                       | inde-ude var ombyttet? |            |                       |            |            |
| PV inverter 1         | 2360                   | 2550       |                       | 2690       |            |
| PV inverter 2         | 2390                   | 2620       |                       | 2790       |            |
|                       |                        |            |                       |            |            |
| SEASMVE Køb           | 18076                  | 18615      | 23460                 | 24511      | 25202      |
| SEASMVE Salg          | 3846                   | 4174       | 4317                  | 4320       | 4321       |
|                       |                        |            |                       |            |            |
| Varmemåler Rumvarme   | 0                      | 330        | 8362                  | 10023      | 11009      |
| Varmemåler Varmt vand | 0                      | 310        | 1250                  | 1390       | 1460       |
|                       | VV er skønnet          |            |                       |            |            |
| Bemærkninger          |                        |            | PV invertere uden net |            |            |
|                       |                        |            | Varmt vand ikke målt  |            |            |



Plot af tællerstand for alle målere (VV skønnet)



#### *Placering af hoved- og bimålere i eltavle*

#### Beregning af energieffektivitet

Trods ufuldstændige målinger, er det her forsøgt beregnet om anlægget lever op til den forventede høje energieffektivitet. Ifølge varmepumpens datablad skulle denne teoretisk kunne præstere en SCOP (seasonal COP) på 4,4-4,7, idet værdien er defineret som

$$SCOP = (\text{Varme rumvarme} + \text{varme brugsvand}) / (\text{EI VP inde} + \text{EI VP ude})$$

Da det varme brugsvand ikke er målt, er her skønnet et (relativ højt) forbrug på 10 kWh/dag ex varmepumpe. Dette forbrug er så lagt sammen med den målte leverede rumvarme. Elforbruget til varmepumpen er summen af el til selve varmepumpen inklusive cirkulationspumpe, samt elforbruget til udedelens ventilator og afrimningsystem. For hver aflæsningsperiode er den gennemsnitlige COP værdi beregnet og desuden er summen for hele forløbet beregnet.

|                         | Differens    | Differens     | Differens    | Differens    | Sum            |
|-------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|----------------|
| Antal døgn              | 31,00        | 94,00         | 14,00        | 7,00         |                |
| Varmepumpe indedel      | 200,2        | 3085          | 668,6        | 495,4        |                |
| Varmepumpe udedel       | 14           | 170,9         | 18,8         | 11,8         |                |
| <b>Varmepumpe i alt</b> | <b>214,2</b> | <b>3255,9</b> | <b>687,4</b> | <b>507,2</b> | <b>4664,7</b>  |
| PV inverter 1           | 190          | -2550         | 2690         | -2690        |                |
| PV inverter 2           | 230          | -2620         | 2790         | -2790        |                |
| <b>PV I alt</b>         | <b>420</b>   | <b>-5170</b>  | <b>5480</b>  | <b>-5480</b> | <b>-4750</b>   |
| SEAS/NVE Køb            | 539          | 4845          | 1051         | 691          |                |
| SEAS/NVE Salg           | 328          | 143           | 3            | 1            |                |
|                         | 0            | 0             | 0            | 0            |                |
| Varmemåler Rumvarme     | 330          | 8032          | 1661         | 986          |                |
| Varmemåler Varmt vand   | 310          | 940           | 140          | 70           |                |
| <b>Varme I alt</b>      | <b>640</b>   | <b>8972</b>   | <b>1801</b>  | <b>1056</b>  | <b>12469</b>   |
| COP                     | 2,9878618    | 2,7556129     | 2,6200175    | 2,0820189    | <b>2,67306</b> |
| PV egetforbrugsdel      | 0,2190476    | 1,0276596     | 0,9994526    | 1,0001825    |                |
| PV andel af elforbrug   | 0,4379562    | 15,907692     | 0,8390752    | 1,144289     |                |
|                         |              |               |              |              |                |

Resultatet er en samlet SCOP på 2,7 hvilket er noget under den nominelle værdi, men på den anden side er det en udmærket værdi for vinterdrift sammenholdt med driftserfaringer med luft-vand varmepumper generelt. Der kan være flere forklaringer på at værdien er lavere end den teoretiske:

- 1) Højere fremløbstemperatur end angivet i standarden for varmepumpetest sammen med lavere udetemperatur end ved testbetingelser.
- 2) Forkert indstilling af elpatron back up eller underdimensioneret varmepumpe i forhold til det faktiske forbrug. Således har huset været under ombygning/efterisolering en del af tiden.
- 3) Varmtvandsforbruget er endnu højere end antaget, hvorved beregningen undervurderer SCOP værdien. Det anbefales at følge forbruget måned for måned og holde det op mod antal graddage.

Elproduktion fra solceller: Da der har været periodiske afbrydelser, er det ikke muligt at udføre en retvisende analyse for hele måleperioden. I den første måned har anlægget produceret 420 kWh, hvilket svarer til en specifik ydelse på cirka 2,0 kWh/dag pr kWp. PVsyst beregning for et optimalt placeret anlæg viser for september en tilsvarende ydelse på ca. 3,0 kWh/kWp. Taget i betragtning at anlægget ikke er optimalt placeret er der derfor tale om en rimelig værdi.

Energibehov inden totalrenovering


Ifølge bygningens ejer blev oplyst en varmeomkostning - gas- på ca. 17.000,-kr/år og en elomkostning til lys forbrug mv. på ca. 8-9.000,- kr./år. Der kan derfor, men nogen usikkerhed, estimeres et elforbrug på ca. 4000 kWh/år og et varmeforbrug på ca. 17.000 kWh hvis elprisen har været ca. 2 kr./kWh og den effektive varmepris 1 kr./kWh.

På grund af indkøringsvanskeligheder har det ikke været muligt at foretage en klar analyse af energiforbruget før og efter energirenovering. Det kan derfor anbefales at fortsætte månedlige aflæsninger af forbruget ifølge dette skema:

| <i>kWh målerstand</i>        | <i>1. jan</i> | <i>1. feb</i> | <i>1. mar</i> | <i>1. apr</i> | <i>1. maj</i> |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Varmepumpe indedel</i>    |               |               |               |               |               |
| <i>Varmepumpe udedel</i>     |               |               |               |               |               |
| <i>PV inverter 1</i>         |               |               |               |               |               |
| <i>PV inverter 2</i>         |               |               |               |               |               |
| <i>SEAS/NVE Køb</i>          |               |               |               |               |               |
| <i>SEAS/NVE Salg</i>         |               |               |               |               |               |
| <i>Varmemåler Rumvarme</i>   |               |               |               |               |               |
| <i>Varmemåler Varmt vand</i> |               |               |               |               |               |
| <i>Bemærkninger</i>          |               |               |               |               |               |
| <i>Månedens graddagedal</i>  |               |               |               |               |               |

Bilag: Datablad for solceller og varmepumpe

**EasyBIPV MODULE MONOCRYSTALLINE** Premium Series



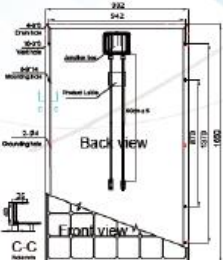
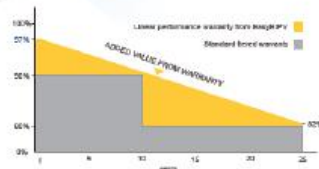
**EasyBIPV®**  
the clever way of mounting photovoltaics

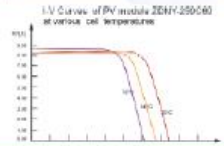
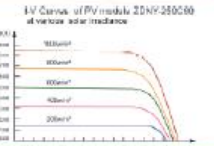
**Typical electrical characteristics**

| Characteristics                            | Premiers 240/60 | Premiers 245/60 | Premiere 250/60 | Premierun 255/60 | Premiers 260/60 |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Max Power(Pmax)                            | 240Wp           | 245Wp           | 250Wp           | 255Wp            | 260Wp           |
| Optimum Operating Voltage(Vm)              | 30.34V          | 30.64V          | 31.17V          | 31.17V           | 31.20V          |
| Optimum Operating Current(I <sub>m</sub> ) | 7.92A           | 7.95A           | 8.03A           | 8.19A            | 8.34A           |
| Open-circuit Voltage(Voc)                  | 37.76V          | 37.80V          | 37.85V          | 37.97V           | 38.82V          |
| Short-circuit Current(Isc)                 | 8.35A           | 8.38A           | 8.40A           | 8.59A            | 8.71A           |
| Cell Efficiency                            | 16.7%           | 17.1%           | 17.4%           | 17.8%            | 18.10%          |
| Module Efficiency                          | 14.7%           | 15.0%           | 15.3%           | 15.6%            | 15.9%           |

Note: the specifications are obtained under the Standard Test Condition (STC): 1000 W/m² solar irradiance, AM1.5, Cell Temperature 25 °C.

| Solar Cell                       | Mono-crystalline 156*156mm     |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Output Tolerance                 | (Pmax) 0 - +3%                 |
| Number of cells                  | 60 cells in series             |
| Module Dimension                 | 1650*992*40mm                  |
| Weight                           | 19.5kg                         |
| Max.System Voltage               | 1000V(TUV)/600V(UL)            |
| Max.Series Fuse Rating           | 15A                            |
| Output Cable                     | PV 4mm2                        |
| Cable Length                     | 90cm±5                         |
| Number of bypass diodes          | 6                              |
| Temperature cycling range        | (-40 - 85°C)                   |
| NOCT                             | 47°C ±2°C                      |
| Temperature coefficients of Isc  | +(0.053±0.01)%/K               |
| Temperature coefficients of Voc  | -(0.35±0.01)%/K                |
| Temperature coefficients of Pmax | -(0.40±0.05)%/K                |
| Load Capacity                    | 285 pcs/20'GP<br>756 pcs/40'HQ |





| DHP-AQ                        |   |                        | 6            | 9            | 11                       | 13            | 16            | 18            |
|-------------------------------|---|------------------------|--------------|--------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Kølemiddel                    | Type                                    |                        | R407C        | R407C        | R407C                    | R407C         | R407C         | R407C         |
|                               | Mængde                                  | kg                     | 4,0          | 4,3          | 5,0                      | 5,1           | 5,7           | 6,0           |
|                               | Testtryk                                | MPa                    | 3,4          | 3,4          | 3,4                      | 3,4           | 3,4           | 3,4           |
|                               | Maks. tryk                              | MPa                    | 3,1          | 3,1          | 3,1                      | 3,1           | 3,1           | 3,1           |
| Kompressor                    | Type                                    |                        | Scroll       | Scroll       | Scroll                   | Scroll        | Scroll        | Scroll        |
|                               | Olje                                    | POE                    | POE          | POE          | POE                      | POE           | POE           | POE           |
| Elektriske data<br>3-N, ~50Hz | Netspænding                             | Volt                   | 400          | 400          | 400                      | 400           | 400           | 400           |
|                               | Mærkeeffekt, kompressor                 | kW                     | 2,2          | 2,9          | 3,3                      | 4,2           | 5,0           | 6,1           |
|                               | Mærkeeffekt, ventilator                 | kW                     | 0,2          | 0,2          | 0,2                      | 0,3           | 0,3           | 0,7           |
|                               | Startstrøm                              | A                      | 12           | 10           | 18                       | 17            | 18            | 18            |
|                               | Sikringsstørrelse                       | A                      | 10           | 10           | 16                       | 16            | 16            | 16            |
| Ydelse <sup>2</sup>           | COP <sup>1</sup>                        |                        | 4,7          | 4,7          | 5,0                      | 4,7           | 4,6           | 4,3           |
|                               | COP <sup>2</sup>                        |                        | 4,3          | 4,4          | 4,7                      | 4,4           | 4,1           | 4,0           |
|                               | Varmeeffekt <sup>3</sup>                | kW                     | 6,5          | 8,6          | 11,1                     | 12,3          | 15,2          | 17,6          |
|                               | Indgående effekt - opvarm. <sup>2</sup> | kW                     | 1,5          | 2,0          | 2,4                      | 2,8           | 3,7           | 4,4           |
|                               | EER <sup>1</sup>                        |                        | 2,2          | 2,4          | 2,5                      | 2,4           | 2,3           | 2,3           |
|                               | Køleeffekt <sup>3</sup>                 | kW                     | 4,2          | 5,9          | 7,5                      | 8,9           | 10,4          | 13,1          |
| Nominelt flow <sup>4</sup>    | Indgående effekt - køling <sup>2</sup>  |                        | 1,9          | 2,5          | 3,0                      | 3,7           | 4,5           | 5,7           |
|                               | Varmekreds                              | l/s                    | 0,150        | 0,216        | 0,263                    | 0,299         | 0,372         | 0,432         |
| Driftsområde (udendørs)       | Varmekreds                              | °C                     | -20/+45°C    | -20/+45°C    | -20/+45°C                | -20/+45°C     | -20/+45°C     | -20/+45°C     |
| Trykniveauer                  | Maks. temperatur <sup>5</sup>           | °C                     | 60           | 60           | 60                       | 60            | 60            | 60            |
|                               | Lavtryk                                 | MPa                    | 0,05         | 0,05         | 0,05                     | 0,05          | 0,05          | 0,05          |
|                               | Drift                                   | MPa                    | 2,85         | 2,85         | 2,85                     | 2,85          | 2,85          | 2,85          |
| Lydeffektniveau               | Højtryk                                 | MPa                    | 3,1          | 3,1          | 3,1                      | 3,1           | 3,1           | 3,1           |
|                               | Normal <sup>6</sup>                     | dB(A)                  | 61           | 61           | 61                       | 62            | 66            | 76            |
| Lydtrykniveau<br>(1 meter)    | Lavt <sup>6</sup>                       | dB(A)                  | 60           | 59           | 60                       | 61            | 64            | 71            |
|                               | Normal <sup>7</sup>                     | dB (A)                 | 46           | 46           | 46                       | 47            | 51            | 61            |
| Vægt                          | Lavt <sup>7</sup>                       | dB (A)                 | 45           | 44           | 44                       | 46            | 48            | 55            |
|                               | Udedel                                  | kg                     | 125          | 131          | 150                      | 155           | 185           | 191           |
|                               | Mini                                    | kg                     | 18           | 18           | 18                       | 18            | 18            | 18            |
|                               | Midi                                    | kg                     | 21           | 21           | 21                       | 21            | 21            | 21            |
| Udedel                        | Maxi                                    | kg                     | 106          | 106          | 106                      | 106           | -             | -             |
|                               | Bredde x dybde x højde                  | mm                     | 856x510x1272 | 856x510x1272 | 1016x564x1477            | 1016x564x1477 | 1166x570x1557 | 1166x570x1557 |
|                               | Mini (Indendørskit)                     | Bredde x dybde x højde | mm           |              |                          | 380x204x600   |               |               |
| Midi (Indendørskit)           | Bredde x dybde x højde                  | mm                     |              |              | 420x255x625 (+50 mm rør) |               |               |               |
|                               | Maxi (Indendørskit)                     | Bredde x dybde x højde | mm           |              | 596x690x1845 ±10         |               |               |               |

Ønskes en varmepumpe med en kapacitet over 18 kW, skal der installeres to udedele og en indedel.

### **1.11 Bilag ( i rapport for sig )**

Bilag:

1. Solenergiløsning til Egevang Allé 21 i Sorø
2. Østergårdsparken i Tranbjerg med 60 solprismer
3. Hald & Halberg hovedsæde i Taastrup, varmepumpe
4. Easy BIPV Flat Roofs
5. Solprismet i Albertslund – erfaringer efter 4 års drift
6. Kompakte ventilationsløsninger med varmegenvinding - rundvisning
7. Danmarks første passivhus byggeri
8. Energisparemål ved renovering
9. Udvikling af Energibo konceptet
10. Solar Solution brochure