

BYGNINGER/FACADE- OG RUMUDFORMNING

ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER



ET TEAM AF DTU STUDERENDE DESIGNEDE, BYGGEDE OG TESTEDE I ET HELT ÅR PROTOTYPEHUSET EMBRACE. MÅLET VAR AT UNDERSØGE, OM DET VAR MULIGT AT OPFYLDE KRAVENE TIL ET ENERGI-PLUS HUS UNDER DANSKE VEJRFORHOLD.

PROJEKT 346-037
Bæredygtige energi-plus huse - del 2

MÅLSÆTNING:

Formålet med projektet var at undersøge og dokumentere energiforbruget i det specialudviklede plus-energi enfamilieshus EMBRACE, som var DTU's bidrag til Solar Decathlon 2014 i Frankrig. Her testede et team af DTU studerende forskellige opvarmnings- og kølingsstrategier og målte det termiske indeklima og husets energimæssige ydeevne.

Projektet ligger i forlængelse af ELFORSK projekt 344-060, hvor et andet plus-energihus, FOLD, blev udviklet til Solar Decathlon i 2012 og efterfølgende var genstand for lignende målinger. Dette projekt er beskrevet i en separat folder med titlen Bæredygtige plus-energi huse.

MÅLGRUPPE:

Projektets direkte målgruppe er naturligvis de DTU-studerende og forskere, der deltog i projektet. Processen har været særdeles lærerig for de studerende, der selv har udviklet, bygget og evalueret huset i et praktisk ud-

I dette projekt blev solenergi opfanget dels via PV-paneler til strømproduktion, dels af termiske solfangere til produktion af varmt vand til opvarmning og brugsvand. Desuden blev et simpelt solfangerpanel brugt til natkøling ved udstråling fra himlen. Huset havde gulvvarme og gulvkøling og et behovsstyret, mekanisk ventilationssystem kombineret med naturlig ventilation.

Herunder blev kommercielt tilgængelige PV/T paneler til opvarmning og køling testet gennem laboratoriemålinger af el-produktion, varmtvandsproduktion og natkøling ved udstråling fra himlen. Disse paneler blev dog ikke brugt på selve huset.



Prototypet huset EMBRACE er et enfamilieshus i to etager med et grundareal på 59 m². Det blev designet og bygget af en gruppe DTU studerende til Solar Decathlon Europe i 2014 i Frankrig og derefter genopført i Universe i Danmark.

PROCES:

EMBRACE var designet og bygget af et team af DTU studerende til den internationale konkurrence for studerende "Solar Decathlon Europe" i Frankrig i 2014. Efter konkurrencen blev huset genopført i Universe i Danmark og brugt til fuldskala eksperimenter i over et år først fra juni til september 2015 og derefter fra november til marts 16. I sommerperioden, hvor Universe var åbent, var der ofte besøgende i huset. I vinterperioden, hvor Universe var lukket, blev brugerne af huset simuleret som varmekilder i form af termiske dummies.

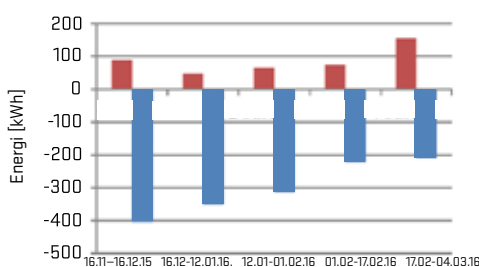
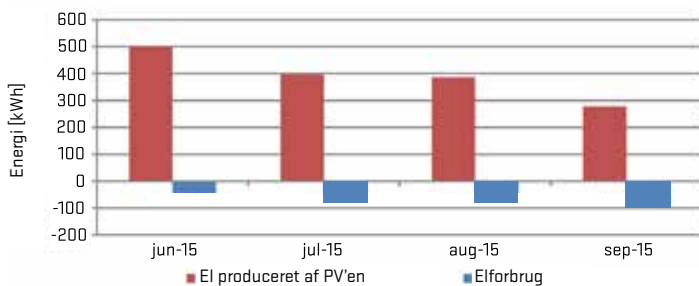
I projektet deltog også en række private fonde og virksomheder – Rambøll Fonden, Grundfos A/S, COWI A/S, UPONOR A/S, Schneider Electric A/S, Saint-Gobain og Nilan A/S – som sponsorer. Desuden deltog adskillige andre som leverandører af dele til huset og samarbejdede med de studerende om at afprøve nye systemer og komponenter.

EMBRACE fik installeret et simpelt solpanel uden glasoverdækning til passiv køling af bygningen. Her bliver vand ledt gennem

bringe energiforbruget i bygninger og potentielt bruges til at skabe plus-energi huse, der producerer mere energi, end de bruger.

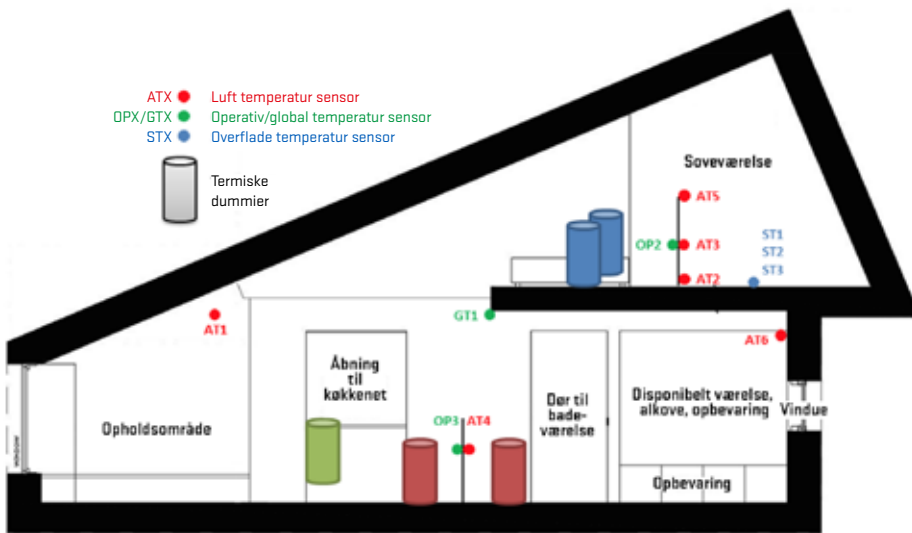
panelerne om natten og kølet i den kolde natteluft og udstråling til den endnu koldere himmel for at reducere energiforbruget om sommeren. Både solceller og solfangere blev opsat, så teamet kunne undersøge deres potentiale i forhold til natkøling.

Resultatet af målinger og analyser i EMBRACE blev af de studerende og forskere på DTU publiceret i bl.a. bachelor-rapporter, specialer, præsentationer, videnskabelige artikler og konferencer.



Figur 1. Husets elforbrug/-produktion i sommerperioden (øverste) og vinterperiode (nederste). I den varme periode producerede solcellerne 1.230 kWh mere el, end huset brugte. I den kolde vinterperiode havde det et underskud på 1.089 kWh.

EMBRACE KAN UD FRA ET HELÅRLIGT PERSPEKTIV PRODUCERE MERE ENERGI, END DET BRUGER OG LEVER DERMED OP TIL KRAVENE TIL ET PLUS-ENERGIHUS



Figur 2. EMBRACE var gennem et år genstand for målinger af energiproduktion og -forbrug, indeklima m.v. Figuren viser sensorernes placering i vinterperioden.



Eksperimentets opbygning med tre serieforbundne PV/T paneler og en uglaseret solfanger.

PROJEKTET HAR BEKRÆFTET, AT DET KAN LADE SIG GØRE AT REALISERE ET PLUS-ENERGIHUS, DER PÅ SAMME TID ER ENERGIEFFEKTIVT, BEHAGELIGT AT OPHOLDE SIG I OG ARKITEKTONISK ATTRAKTIVT.

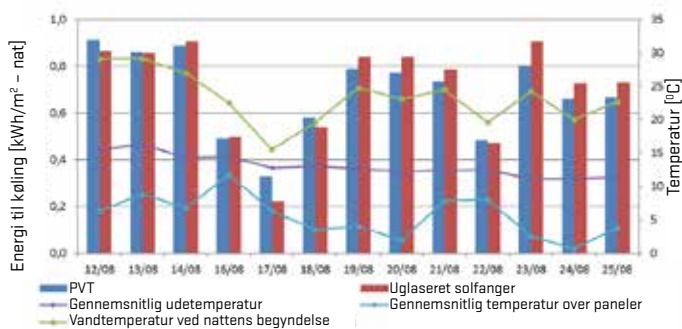
RESULTAT:

Overordnet var resultaterne for EMBRACE meget positive. Huset har i særdeleshed et yderst behageligt og stabilt indendørs klima. Flere scenarier på op til 20-22 °C om vinteren og 24 °C om sommeren blev testet, og ved en temperatur sat til 22 °C lå huset i op til 92 % og 98 % af tiden i Category I efter Dansk Standard EN15251, hvilket er en bemærkelsesværdig præstation. På den baggrund konkluderer teamet, at plus-energihuse som EMBRACE kan være lige så behagelige at bo i som andre standardhuse, og at dette kan

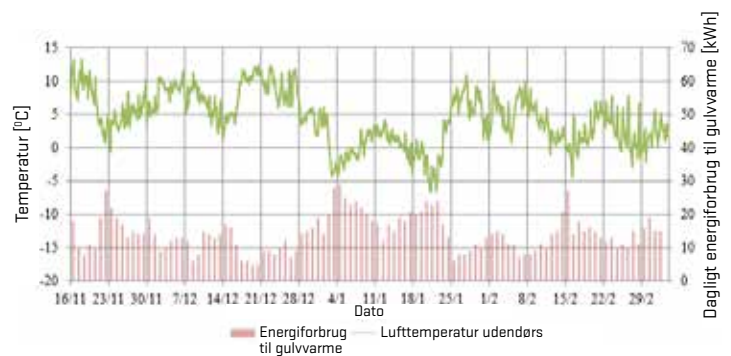
opnås uden brug af de store mængder energi. Resultaterne skal naturligvis tages med det forbehold, at huset aldrig var beboet, men besøghus gennem sommeren og indrettet med termiske dummier om vinteren.

I sommerperioden producerede EMBRACE 1.563 kWh el og brugte 333 kWh, mens det om vinteren producerede 432 kWh og brugte 1.521 kWh. I de otte måneder, som eksperimentet løb over, producerede huset således 1.995 kWh og brugte 1.854 kWh, hvilket giver

et samlet overskud på 141 kWh. Dette resultat kunne været blevet væsentligt højere, hvis det ikke havde været for en funktionsfejl på PV-systemet i sommeren 2015. Samlet set viser resultaterne altså et overskud på den årlige energibalance for plus-energihuse som EMBRACE men også, at jo større samhörighed mellem produktion og forbrug jo bedre bliver økonomien. En løsningsforbedring kunne være anvendelse af batterilagre.



Figur 3. Figuren sammenligner kølingen fra PV/T panelerne og uglaseret solfanger pr. nat fra den 12.-24. august 2014.



Figur 4. Figuren viser det daglige energiforbrug til gulvvarme, der ses i forhold til en udendørs temperatur. Vi ser en klar sammenhæng mellem energiforbruget og temperaturen uden for huset. Det blev konstateret, at den operative temperatur i perioden var stabil og behagelig. Temperaturen svingede blot 0,4 °C.



I den naturvidenskabelige oplevelsespark Universe på Als kunne små og store gæster opleve solenergi i praksis helt tæt på.



Brugerne blev simuleret af termiske dummies i vinterperioden.

EFFEKT:

Huset har som helhed levet op til sine mål i forhold til indeklima, arkitektur og energieffektivitet. Projektet har bekræftet, at det kan lade sig gøre at realisere et plus-energihus, der er energieffektivt, bæredygtigt og æstetisk tillokkende og samtidig har et sundt og behageligt indeklima.

Der er dog ingen tvivl om, at det kræver minuttøs planlægning, gennemtænkt design og en præcis udførelse. Ikke mindst det sidste er vigtigt og kan blandt andet bidrage til at mindske kuldebroer og øge tætheden af klimaskærmen, der viste sig at være en udfordring i EMBRACE.

Med et underskud i elproduktion på 1.089 kWh om vinteren og et overskud på 1.230 kWh

om sommeren har EMBRACE et overskud over året på 141 kWh. Det viser, at huset set ud fra et helårligt perspektiv kan producere mere energi, end det bruger og dermed leve op til kravene til et plus-energihus. Huset skal dog være forbundet til el-nettet for at kunne aflevere overskudsenergi om sommeren og hente underskudsenergi om vinteren. Dette betyder imidlertid ikke, at der er et økonomisk overskud.

Projektledelse:

Bjarne W. Olesen
DTU Byg - ICIEE (Center for Indeklima og Energi)
Nils Koppels Allé, Bygning 402
2800 Kgs. Lyngby

E-mail: bwo@byg.dtu.dk
Web: www.iciee.byg.dtu.dk

Projekt:

Titel: Bæredygtige Energi-Plus huse - Part 2 - SDE2014
Nr. 346-037
PSO Program 2014
Budget i alt: 2.396.180 kr. hvoraf 1.364.112 i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 1. kvartal 2014 - 3. kvartal 2016

Programkoordinator:

Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Vodroffsvej 59
1900 Frederiksberg C

Telefon: 2529 1934
E-mail: jbj@danskenergi.dk
Web: www.elforsk.dk

PERSPEKTIV:

EMBRACE er en videreudvikling af teamets første plus-energihus FOLD fra 2012 og mange af de ændringer, der er lavet på baggrund af erfaringerne herfra, har vist sig at være forbedringer. Eksempelvis er en del af det meget energiforbrugende styresystem lagt i en cloud-løsning, ligesom store vinduespartier er reduceret, så overophedning ikke blev et problem for EMBRACE. Dette har omvendt reduceret mængden af dagslys i huset og understreger, at energioptimering altid skal ske i balance med husets æstetiske og oplevede kvaliteter, hvis plus-energihus skal have muligheder for at slå igennem på markedet.

Der viste sig store forskelle i det beregnede og det reelle energiforbrug til opvarmning i EMBRACE. Det skyldes blandt andet, at kun nogle af PV panelerne var tilsluttet, og der var en defekt i et af de semitransparente paneler. Sådanne problemer ville også kunne opstå for private forbrugere og giver anledning til at

overveje, om en husejer ville bruge penge på en reparation, så huset kunne fastholde sin drift som et plus-energihus.

Både i arbejdet med FOLD og EMBRACE har teamet uden held forsøgt at samle de mange komplicerede kontrolsystemer i én fælles app. Teamet konkluderer, at det en anden gang vil være bedre at vælge et integreret kontrolsystem, der allerede findes på markedet.

Studiet har også vist, at PV/T paneler kan levere både varmt vand, afkølet vand og elektricitet til huset. Produktionen fra denne kombinerede funktionalitet kan opveje investeringen i panelerne og reducere totalomkostningerne - og dermed gøre PV/T panelerne til et attraktivt valg, der bør overvejes i byggeprojekter. Batterilager kunne være et attraktivt supplement af hensyn til fleksibelt brug.

