

# Demonstration af energiforbrug og indeklima i 10 danske passivhuse

## Projektbeskrivelse

Der er i løbet af 2008 blevet opført 10 passivhuse i Skibet ved Vejle ([www.komforthusene.dk](http://www.komforthusene.dk)), der som den første større gruppe af huse i Danmark alle opføres og certificeres efter den tyske passivhus standard. Passivhus standarden kendetegnes ved huse med et meget lavt energiforbrug til opvarmning, som bl.a. opnås via et velisoleret og tæt hus, som er i stand til at overføre en stor del af varmen i den brugte ventilationsluft til den friske luft den blæses ind i huset. De 10 huse i Skibet er meget forskellige både med hensyn til størrelse, arkitektonisk udførelse og byggetekniske løsninger og opføres på normale kommercielle vilkår. De giver derfor et unikt udgangspunkt for demonstration og dokumentation af passivhusløsninger i Danmark. Husene er resultatet af et udviklingsprojekt gennemført af Saint-Gobain Isover A/S, som ønsker at udbrede kendskabet til, og den nødvendige viden om, byggeri af passivhuse i Danmark.



To af de ti Komforthuse i Skibet ved Vejle.

parametre gennem både objektive målinger i hvert enkelt hus og interviewundersøgelser. Dette vil få stor betydning for udviklingen af lavenergi-byggeri i den kommende årrække.

For at sikre, at erfaringerne fra projektet, både med hensyn til det opnåede indeklima i boligerne, livskvaliteten og det lave energiforbrug vil blive dokumenteret og gjort tilgængelig for kommende boligejere samt byggebranchen som helhed, har Realdania støttet et måleprojekt i de 10 passivhuse, som vil løbe over de næste 3½ år. Projektet ledes af Aalborg Universitet, men med et tæt samarbejde til Saint-Gobain Isover a/s og TRE-FOR Energiforsyning. Formålet med måleprojektet vil netop være at registrere og dokumentere de nævnte

Ud over dokumentationen af indeklima og energiforbrug i husene vil projektet også resultere i viden om brug af behovsstyret ventilation i boliger, da der i de 10 passivhuse er givet dispensation for bygningsreglementets krav om et luftskifte på  $0,35 \text{ l/s pr m}^2$  (svarer ca til 0,5 gang pr time). Man kan dermed gennem måleprojektet vise hvor meget ventilation, der er nødvendig for at kunne opretholde et tilfredsstillende indeklima, og om behovsstyring vil resultere i en reduktion af ventilationsmængden, og dermed en energibesparelse, eller det modsatte.

Opførelsen og dokumentationen af husene følger fint med udviklingen på den energipolitiske scene, hvor den seneste aftale fra februar 2008 netop ønsker øget fokus på lavenergi-byggeri. Allerede i 2010 vil standardbyggeriet svare til en reduktion af energiforbruget på 25% af niveauet i dag. Reglerne strammes igen i 2015 og 2020 – begge gange med yderligere 25%, og energi-standarderne i passivhusene, der opføres i Vejle i 2008, svarer til den standard det danske byggeri skal op på mellem 2015 og 2020.

## Opnåede resultater fra måleprogrammet

Via måleprogrammet ønskes det at lave en vurdering af det samlede energiforbrug og indeklima i huset. Helt konkret ønskes det via måleprogrammet:

- at demonstrere at energiforbruget er på passivhusniveau
- at dokumentere at husene opfylder passivhuskriterierne
- at dokumentere at indeklimaet i huset er i orden
- at dokumentere indregulering og funktion ved idriftssætning
- at opnå detaljeret viden om energiforbrugets fordeling
  - På forskellige forbrug (el, vand, varme, ventilation)
  - I forhold til døgn, uge og/eller årstidsvariation
- at dokumentere beregningsmetoder, -modeller og inddata til disse

## Hvad måles der i husene?

Der er i projektet udarbejdet et specifikt måleprogram for hvert enkelt hus, som sikrer, at der kommer netop de data ud, der er behov for til den efterfølgende databehandling og analyse af husets energiforbrug og indeklima.

Alle data i måleprogrammet opsamles via en internetforbindelse til "OMEGA Energy Management System" således, at beboerne i husene ikke bliver generet af målingerne, men kan bo i huset uden at opdage, at der måles på husets energiforbrug og indeklima. Fordelen ved at opsamle via internettet er også, at beboerne selv kan logge på systemet for at se data for deres hus. Dette giver fx mulighed for at følge med i hvordan energiforbruget ændres over året, hvor varmt der var i stuen i går eller hvor meget ventilationsanlægget har kørt i den forgangne uge. Kort sagt er det muligt for beboerne i husene at følge med i dokumentationen for, at netop deres hus lever op til de krav der stilles til et passivhus, og at passivhuskriterierne kan opfyldes samtidigt med, at der opnås et tilfredsstillende og sundt indeklima i boligen.



Til hvert af de ti Komforthuse er der udarbejdet et specifikt måleprogram



Alle luftindtag og luftmængderne via disse er registreret i projektet.

Inden indflytning er der målt dagslysforhold og akustik i husene, da der i hele projektføreløbet er lagt vægt på komforten i husene og dette har indgået som en væsentlig ting gennem designperioden. Desuden er luftmængderne fra husenes ventilationsanlæg kontrolleret således, at den korrekte friskluftmængde kendes, når indeklimaet i boligen skal vurderes.

Da alle Komforthuse har fået dispensation fra bygningsreglementets krav om, at halvdelen af luften i en bolig skal udskiftes hver time, er det også en væsentlig del af projektet at måle, hvor højt eller lavt det reelle luftskifte vil være, da et forøget friskluftindtag også er ensbetydende med et øget energiforbrug til opvarmning. Modsat kan man derimod risikere, at der opstår problemer med fugt og kondens

hvis luftskiftet i boligen bliver for lavt. Det er derfor væsentligt at den rette luftmængde vælges og tilpasses familiens aktuelle behov.

Den løbende dataopsamling af energiforbrug og indeklima i husene går i gang ved indflytning. Indeklimamålingerne foretages via trådløst udstyr placeret i husets beboelsesrum, hvorimod der til energimålingerne benyttes el-bimålere og energimålere, som alle er placeret i teknikrum eller bryggers i huset sammen med dataloggerne, som skal overføre data til energistyringsprogrammet.



Et eksempel på en af de trådløse følere, der bruges i projektet.

For at kunne dokumentere, at målene opstillet for den energimæssige del af projektet opfyldes, skal alle væsentlige energistrømme i huset registreres.

Dette vil være:

- Totalt elforbrug
- Samlet elforbrug til bygningsdrift herunder varmepumpe, elradiatorer, elpatroner, pumper og ventilatorer
- Samlet elforbrug til ikke bygningsdrift fx hårde hvidevarer, køkkenudstyr, apparater og belysning
- Luftstrømmen i ventilationsanlægget
- Varmegenvinderens bidrag til forvarmning af ventilationsluften
- Varmepumpens ydelse til rumopvarmning via ventilationsluften
- Evt jordvarmepumpes ydelse til opvarmning
- Evt. elvarmebladens (eftervarmebladens) ydelse til rumopvarmning via ventilationsluften
- Elforbruget i evt. elradiatorer eller elvarmeslanger
- Energiforbruget til opvarmning af varmt brugsvand
- Elforbruget til elpatronen i varmtvandsbeholderen
- Varmepumpens samlede elforbrug inkl. fx pumpe og ventilatorer

For at gøre vurderingen så reel som muligt vil el-forbruget til AAU's registreringsudstyr i huset blive skønnet og trukket ud af resultatet for energiforbrug.



Hygge-krog foran vinduet. Pga Komforthusets høje isolerings-ejne kan dette opnås uden træk og kulde fra vinduerne.

### Hvordan er det at bo i et passivhus?

Udover de kvantitative målinger, som løbende foretages i huset, gennemføres der to kvalitative interview-undersøgelser af beboernes opfattelse af indeklimaet og af husenes funktion. Den første samtale gennemføres inden indflytning for at kende beboernes forventninger til det nye hus og baggrunden for valget af et passivhus. Den anden samtale gennemføres ca. et år efter indflytning således, at beboeren har oplevet husets funktion både vinter og sommer, og denne gang undersøges det, om huset har indfriet forventningerne. Samtalerne foretages af som et led i det phd-projekt, der er tilknyttet Komforthusene.

### Kontaktoplysninger

Projektleder: Tine Steen Larsen, adjunkt, Aalborg Universitet, Tlf. 9940 8557, [tsl@civil.aau.dk](mailto:tsl@civil.aau.dk)