PEP

Promotion of European Passive Houses

www.europeanpassivehouses.org

Guide til passivhuse - for byggekonstruktører

Udarbejdet af:

Jyri Nieminen (VIT, Finland)

Jeni Jahn (VIT, Finland)

Miimu Airaksinen (VIT, Finland)

Oversat og tilpasset danske forhold af:

Troels Kildemoes (Ellehauge & Kildemoes)

November 2007

VTT

Intelligent Energy Europe

Hvad er PEP ?

PEP, som betyder 'Promotion of European Passive Houses' (dansk: Promovering af europæiske passivhuse) udgøres af et konsortium bestående af 11 europæiske deltagere. Projektet er støttet af EU under regi af IEA. Dansk deltager i projektet er ingeniørfirmaet Ellehauge & Kildemoes.

I disse tider, hvor stigende energipriser er dagligdag og at udledningen af drivhusgasser fortsat vokser markant, bliver energieffektivitet mere og mere betydningsfuld. Energieffektivitet er ikke længere kun et miljøspøgsmål, nu er det også et økonomisk.

Omtrent 40 % af al energi i Europa bruges i bygninger. Passivhus konceptet bruges primært i boliger, men konceptet kan med fordel bruges i mange andre slags bygninger. Som tallene tydeligt viser, er energibesparelser ved at bruge konceptet meget markante. Dette har medført, at et stigende antal bygherrer og aktører indenfor europæisk byggeri nu har valgt passivhuskonceptet som fremtidens måde at bygge på.

Passivhuse

Et passivhus er en bolig med et ekstremt lavt energiforbrug samt et godt indeklima året rundt. Ideen bag passivhuse er at reducere varmetabet så meget, at opvarmningen kan foretages vha. enkle og billige opvarmningssystemer som luftvarme. Omkostningerne ved at etablere et passivhus er højere end for et traditionelt hus, men de efterfølgende driftsudgifter er markant lavere. Ønsker man at bygge lavenergi-boliger, er passivhus-konceptet fordelagtigt set fra både et økonomisk og et livs-cyklus perspektiv .
Et passivhus er udført med en ekstrem velisoleret klimaskærm med minimale kuldebroer samt stor lufttæthed. Huset udnytter passivt solindfald samt er udført med effektiv varmegenvinding. Vedvarende energi kan oplagt benyttes til at dække det resterende energibehov.

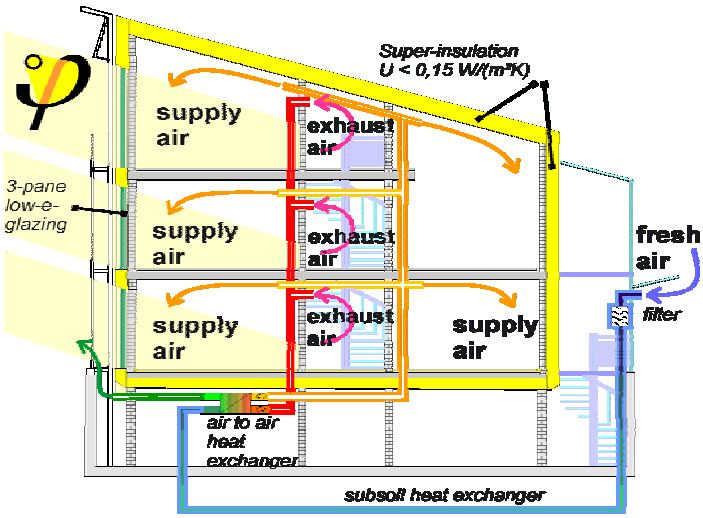
Passivhus-definition

Et passivhus har et ekstremt lavt energibehov sammenlignet med mindstekravet til danske huse bygget efter det nye bygningsreglement 2006. Ses der specifikt på rumvarmebehovet, er det tilladelige rumvarmebehov i et passivhus 5-6 gange lavere end for nye danske huse. Baseret på den såkaldte PHPP beregningsmodel er energikravene er følgende:

det totale energibehov til rumopvarmning skal begrænses til 15 kWh/m² boligareal

det totale primære energibehov til varmt brugsvand, rumopvarmning/køling, ventilation, pumper, husholdningsstrøm, lys mv. skal begrænses til 120 kWh/m² boligareal.

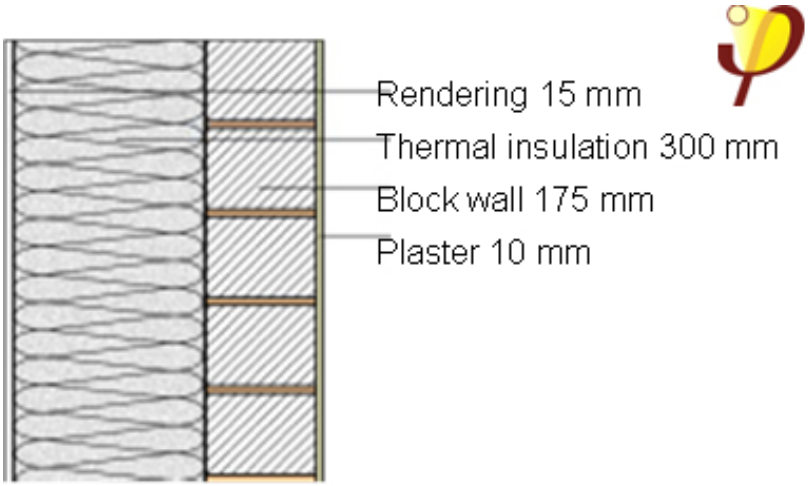
I nordiske lande med områder over 60. breddegrad (ikke Danmark), tillades justering af energikravene efter områdespecifikke forhold. De områdespecifikke forhold kan studeres på følgende web-side: http://www.europeanpassivehouses.org/.

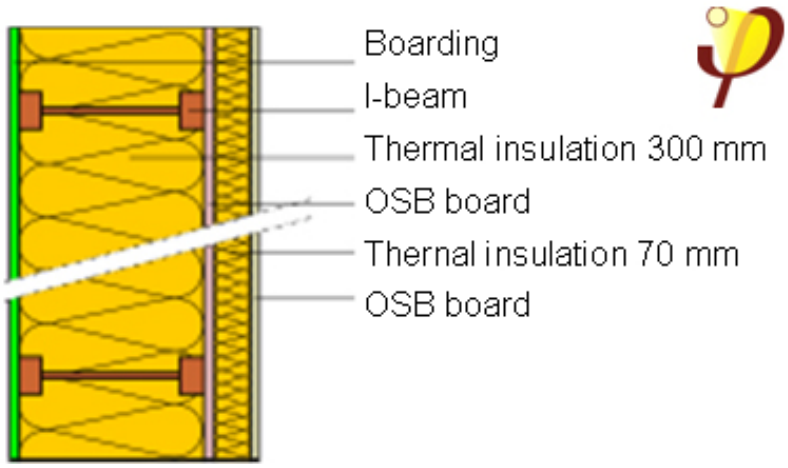


Passivhuse har ikke brug for et konventionelt varmesystem. Opvarmning kan foretages udelukkende via luftopvarmning ved hjælp af det eksisterende ventilationsanlæg.

Tekniske karakteristika

For at et passivhus skal opfylde kravene om lavt energiforbrug samt høj komfort, skal byggekomponenter være af høj kvalitet. Passivhus certificeringsordningen kan hjælpe designere med at vælge produkter, som er accepteret som passivhus-komponenter. Som tilføjelse kan man naturligvis bruge produkter testet og certificeret af anerkendte certificeringsinstitutter. I det følgende beskrives kort essentielle passivhus design guidelines med primær fokus på komponenter til klimaskærmen.





Eksempler på certificerede væg-systemer: Alsecco (øverst), Finnforest (nederst).
Certificering udført af Passivhaus Institut 2005

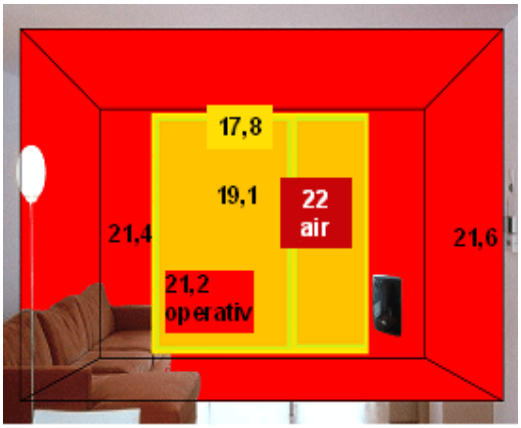
Design og komfort

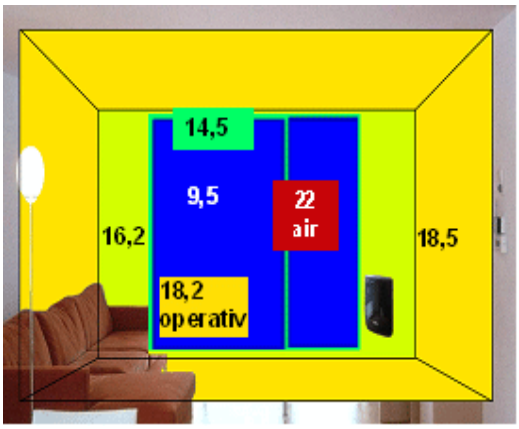
Ekstraordinær god isolering og tæthed i klimaskærmen bidrager til at skabe et indeklima i passivhuse uden trækgener og med høj termisk komfort. I et passivhus medfører den ekstra isolering indvendige overfladetemperaturer, som både er højere og mere ensartede end i normale huse. Blandt anden sikrer brugen af passivhus-vinduer imod kuldenedfald ved vinduer. Dette betyder, at der ikke er behov for eksempelvis radiatorer ved vinduer til at modvirke kuldenedfald.

Klimaskærmens isoleringslag skal beskyttes imod vind og det er vigtigt at samlinger i isoleringsdele er tætte. Luftbarriere, uanset om det udgøres af luft/dampspærre eller massivvæg, skal være tæt. Der skal særligt fokuseres på tæthed i samlinger samt minimering af kuldebroer.

En tilstrækkelig kontrolleret ventilation sikrer en god kvalitet på indeluften. Forvarmning af den friske indblæsningsluft f.eks. via jordrør samt varmegenvinding hæver temperaturen på indblæsningsluften. Såfremt opvarmning foretages via ventilationsluften, vil der ikke være trækgener.

Varmebehovet i passivhuse er ekstremt lavt. Derfor vil eventuelle utilsigtede utætheder i klimaskærmen relativt tydeligt mærkes som komfort-sænkning, idet man ikke har traditionelle radiatorer eller gulvvarmeanlæg som modforanstaltning til kuldetræk ved gulvet.





Forskel mellem passivhus-vindue (øverst) og traditionelt vindue (nederst): passivhus-vinduet giver høj termisk komfort pga. varm indvendig overflade (kilde: Helmut Krapmeier)

System design

Der er ingen særlige krav til byggematerialer i passivhuse, så normale byggekomponenter bruges i stor stil. I det følgende angives vejledende U-værdier for elementer af klimaskærmen samt krav til tæthed og g-værdi:

* Væg/mur:	0.09 – 0.15 W/m^2*K
* Gulv:	0.08 – 0.15 W/m^2*K
* Loft:	0.07 – 0.15 W/m^2*K
* Vinduer:	0.7 – 0.85 W/m^2*K (monteret vindue)
• Dør:	0.7 – 0.85 W/m^2*K (monteret dør)
•Tæthed af bygning:	$n_{50} < 0{,}6\ h^{-1}$ (Krav i det nye bygningsreglement $n_{50} < \approx 2.8\ h^{-1}$)
• g-værdi for glas:	g > 50 %

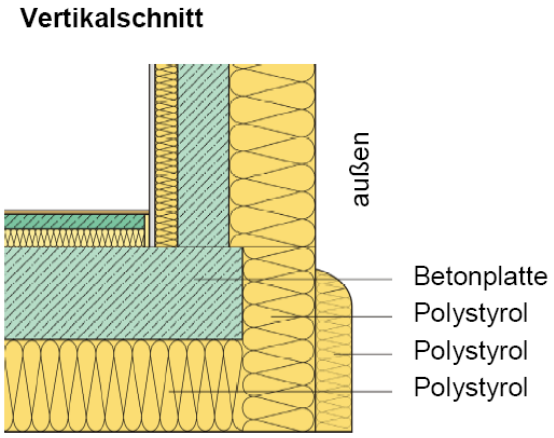
For fritliggende bygninger (individuelle huse) vil de nedre grænser af U-værdier i de fleste tilfælde være nødvendige. For mere kompakte bygninger f.eks. rækkehuse, etagehuse mv., er U-værdier i den høje ende normalt dækkende.

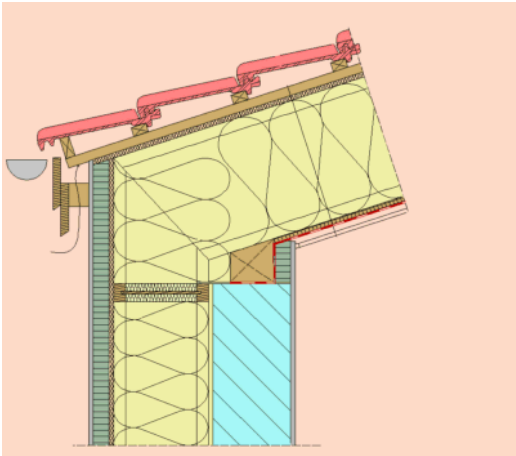
Et eksempel på et certificeret passivhus-vindue med en samlet U-værdi < 0.8 W/m^2*K

Kuldebroer

Minimering af kuldebroer er afgørende for ydeevnen af bygningen. En kuldebro er typisk et konstruktionselement, som gennemskærer isoleringen og som har betydelig højere varmeledningsevne end isoleringen. Samlinger i klimaskærmen som vindue-væg, dør-væg, væg-gulv samt væg-loft samlinger er særligt udsatte for at have kuldebroer og disse detaljer kræver særlig fokusering. En kuldebro forøger varmetabet gennem klimaskærmen og i uheldige tilfælde medfører kuldebroen enten overflade kondensering og/eller kondensering i selve klimaskærmen. Skader på konstruktionen kan blive resultatet af dette.
Som tommelfingerregel sigter man i passivhuse på at operere med tilnærmelsesvis kuldebrofrie konstruktionsdetaljer. Linietabskoefficienten, som baseres på udvendige dimensioner, skal være $\psi \leq 0.01$ W/mK.

Nedenfor ses eksempler på kuldebrofrie konstruktionsdetaljer.

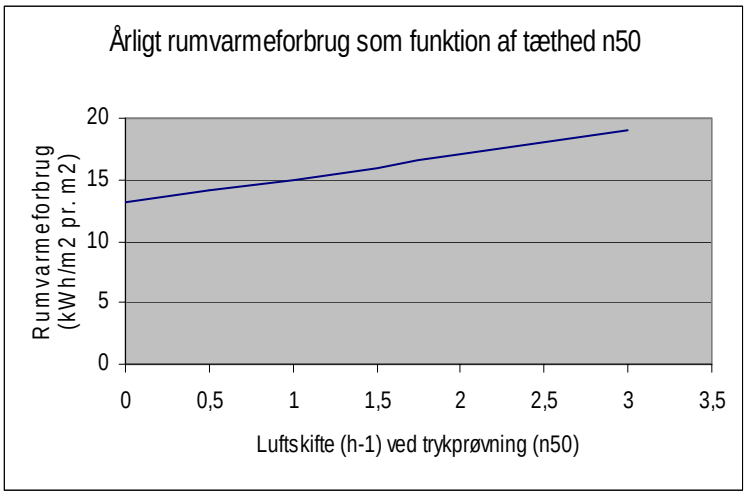




Omfanget af kuldebroer skal reduceres mest muligt. Ovenfor ses eksempel på kuldebrofri løsning for fundament (venstre) og kuldebrofri løsning for samling mellem væg og loft (højre) (kilde: PassivHaus Institut).

Tæthed af bygning

Kravet til bygningstæthed i et passivhus er $n_{50} < 0{,}6\ ^{h-1}$ (Krav i det nye bygningsreglement $n_{50} < \approx 2.8\ ^{h-1}$). For typiske europæiske bygninger varierer n_{50} fra ca. 2-10. Lufttætheden er ekstrem vigtig ikke kun af energihensyn men også mht. kondensation i klimaskærmen.



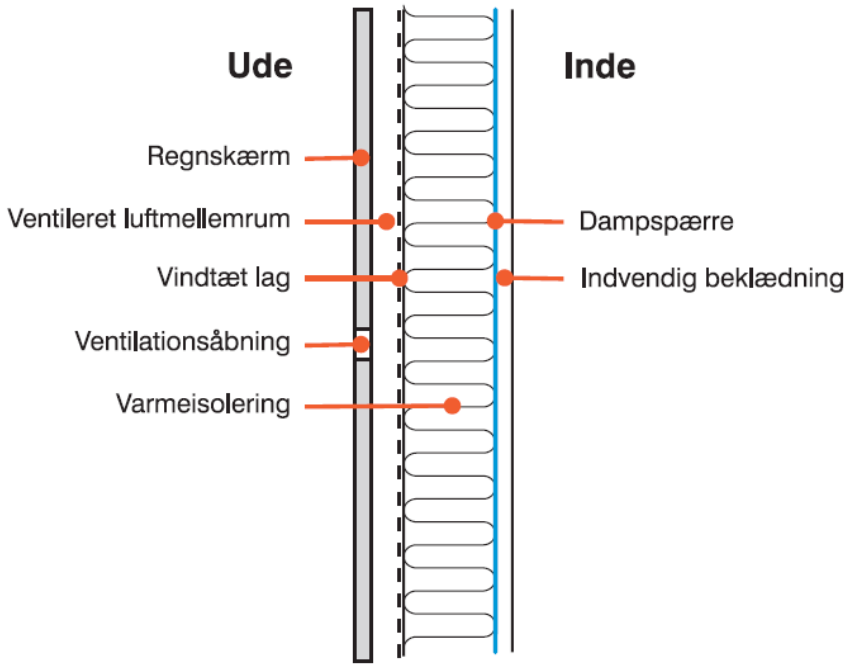
Rumvarmebehov som funktion af tæthed for et passivhus

Kravet om stor tæthed betyder, at alle komponenter som bryder klimaskærmen f.eks. vinduer, skal tætnes omhyggeligt ved luft/dampspærren. Som tommelfingerregel har man følgende:

- Dampspærre/luftspærre omfattende hele klimaskærmen med særlig fokus på samlingsdetaljer
- Elektriske installationer, ventilationskanaler og andet HVAC-udstyr skal forsøges placeret på den varme side af dampspærren. Ved gennemgang skal der omhyggeligt tætnes via gennemføringsflanger, tape, klemning mv.
- Murværk og tungt elementbyggeri er i god udførelse tæt i sig selv og virker derfor som luftspærre

Vindspærre

Vindspærren, hvis funktion er at beskytte isoleringen, skal ligeledes udføres omhyggeligt for at undgå beskadigelse af isoleringen. Vindspærren skal omfatte hele klimaskærmen. Samlinger samt andre detaljer skal omhyggeligt tætnes.



Eksempel på vindspærre i let ydervæg med ventileret hulrum

Energieffektivitet af bygninger

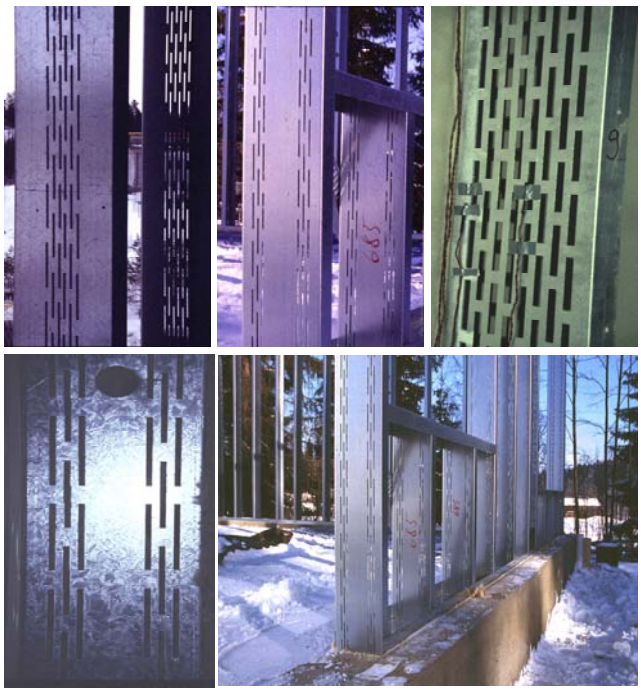
Til dimensionering af varmesystemet i passivhuse kræves pålidelig information om klimaskærmens egenskaber mht. isolering og tæthed. Et typisk problem i bygninger er overdimensionering af varmesystemet p.g.a. dels utilstrækkelig viden om termiske egenskaber af klimaskærmen og om bygningens tæthed, utilstrækkelig viden om vindue- og dør egenskaber. Overdimensionering koster ekstra, anlæggene kan være sværere at kontrollere samt de bruger mere energi p.g.a. typisk dårligere virkningsgrad.

For at opnå det bedst mulige udgangspunkt for beregning, skal U-værdier for klimaskærmen inkludere effekten fra i det mindste alle betydende kuldebroer. Til brug for dette, anbefales PC-baserede 2- og 3D beregningsmetoder, idet håndberegninger normalt ikke er tilstrækkelige for eksempelvis skelet-strukturer af træ eller stål.

Målet i design af klimaskærmen er at stræbe efter simple løsninger, som nemt kan gentages i efterfølgende projekter. Termiske egenskaber af konstruktioner kan beregnes via eksempelvis ISO EN 6946.

Beregning af konstruktioner

Passivhus beregningsværktøjet PHPP, som benyttes til certificering af passivhuse, muliggør sammenligning af forskellige bygningssystemer m.h.t. varmetab. Til beregning af kuldebroer findes på markedet forskellige PC-programmer, hvoraf de mest kendte er Therm, Heat2, Heat3 og Frame



Der er ingen restriktioner på materialer i passivhuse. Stål-skeletter i optimeret udgave er sammenlignelige med træ-konstruktioner. Den effektive varmeledningsevne for et optimeret stålskelet er typisk 5 - 8 W/mK (VTT Research Notes 2070). Idet tykkelsen på profilerne typisk er 0,9 - 1,5 mm, er det reelle varmetab på samme niveau som for et træskelet. U-værdi beregninger for stålskeletter kræver 3-D-beregninger p.g.a. den meget store forskel I varmeledningsevne for isolering (0,04 W/mK) og stål (50 W/mK).

Designerens checkliste

- Samarbejde mellem ingeniører og arkitekter er vigtig fra projektstart for at opnå optimale løsninger.
- Arbejd på at benytte simple løsninger, som nemt kan kopieres i efterfølgende projekter
- Planlæg allerede fra startfasen placering af HVAC udstyr inklusiv rør/kanalføring
- Reducer kuldebroer mest muligt
- Vurder behovet for bærende elementer; de giver ofte anledning til kuldebroer samt påvirker kost-effektivitet
- Konstruer den bærende struktur på en måde, så montage og effektiv tætning af damp/luftspærre kan opnås
- Konstruer den bærende struktur, så gennembrydning af damp/luftspærre så vidt det er muligt undgås
- Design af effektiv vindspærre
- Planlæg og beskriv arbeds-processen for bygningens udførelse, således ”hovsa-løsninger” undgås