



**PEP**

**Promotion of European Passive Houses**  
[www.europeanpassivehouses.org](http://www.europeanpassivehouses.org)



## **Passiefhuis handleiding voor constructeurs**

---

Jyri Nieminen, Jeni Jahn, Miimu Airaksinen [VTT]

Loes Joosten, Chiel Boonstra [DHV]

Bart de Boer, Marcel Elswijk [ECN]

Erwin Mlecnik [PHP]

(Editie November 2007)

## Wat is PEP?

PEP staat voor 'Promotion of European Passive Houses' en is de naam van een project dat bestaat uit een consortium van Europese partners, ondersteund door de Europese Commissie, 'Directorate General for Energy and Transport'.

In deze tijd van stijgende energieprijzen en toenemende uitstoot van broeikasgassen, wordt efficiënt energiegebruik steeds belangrijker. Energiebesparing is niet langer uitsluitend een milieu overweging, het is in toenemende mate ook een financiële overweging. Ongeveer 40% van ons energiegebruik vindt plaats in gebouwen. Het passiefhuis concept is met name gericht op woongebouwen, maar de principes zijn eveneens toepasbaar voor andere bouwtypes. Zoals de getallen laten zien, is er energetisch gezien, veel te winnen bij bestaande bouw en nieuwbouw. Om deze reden zien meer en meer bouwprofessionals in dat de passiefhuis benadering een verstandige keuze voor de toekomst is.



## Passiefhuis definitie

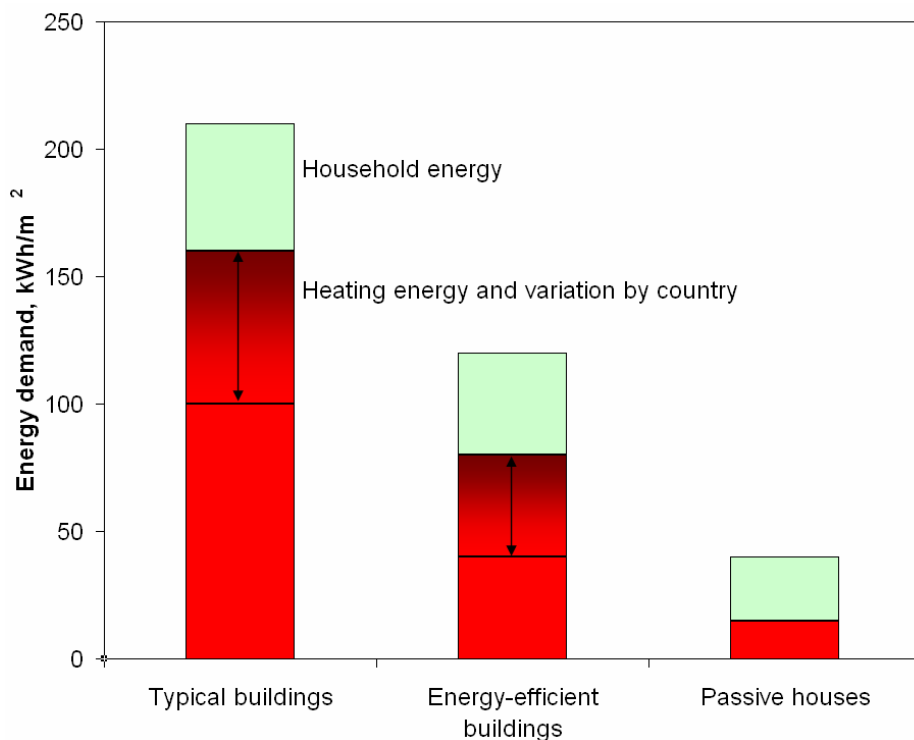
Een passiefhuis is een extreem energie-efficiënte woning, die comfortabel is gedurende het hele jaar. Het concept is gericht op zeer lage warmteverliezen wat kan resulteren in eenvoudige installaties voor verwarming. Deze twee factoren maken een passiefhuis kostenefficiënt, zowel wat betreft investeringskosten, als wat betreft de gebruikskosten.

Een passiefhuis heeft een zeer goed geïsoleerde thermische schil met een zeer hoge luchtdichtheid voor het beperken van luchtlekken door de schil. De constructie wordt koudebrugvrij uitgevoerd en de beglazing, kozijnen en deuren zijn zeer goed isolerend. Door een goede oriëntatie en zonwering kan in de winter zonnewarmte optimaal worden benut en in de zomer worden buitengehouden.

De passiefhuis definitie is in beginsel gebaseerd op de energetische prestatie. De passiefhuis definitie luidt:

- een maximale warmtevraag van 15 kWh/m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak per jaar
- een typische maximale verwarmingscapaciteit van 10 W/m<sup>2</sup>
- een maximaal primair energieverbruik van 120 kWh/m<sup>2</sup> per jaar

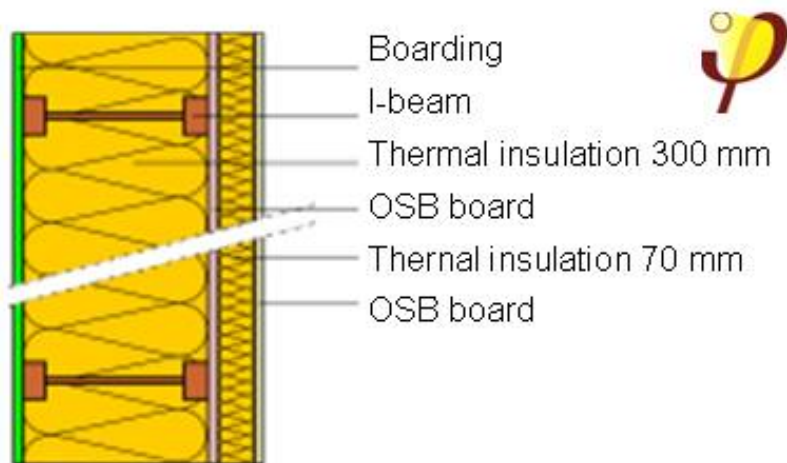
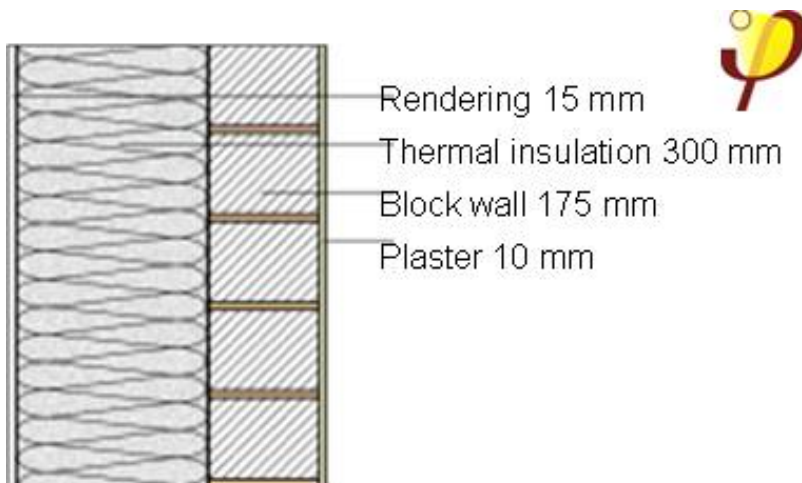
In de Noordelijke landen (boven 60° Noorderbreedte) dienen de energetische prestaties, vanwege praktische uitvoerbaarheid en haalbaarheid worden bijgesteld. Deze land- en locatiespecifieke afwijkende richtwaarden kunnen gevonden worden op: <http://www.europeanpassivehouses.org/>.



*Het energiegebruik bij passiefhuizen is 50% minder vergeleken bij nieuwbouwwoningen.*

## Technische specificaties

Een passiefhuis vraagt om goed afgestemde componenten voor de gebouwschil en de installaties. Bij het ontwerpen van een passiefhuis kunnen de ontwerpers producten toepassen die geaccepteerd zijn als Passiefhuis componenten. Aanvullend hierop kunnen Europese normen worden gebruikt bij het beoordelen van prestaties van producten. Voor de gebouwschil worden de volgende richtlijnen gegeven voor het passiefhuis certificaat:



Voorbeelden van gevelsystemen: Alsecco (boven), Finnforest (onder).  
Certificaten: Passiv Haus Institut 2005

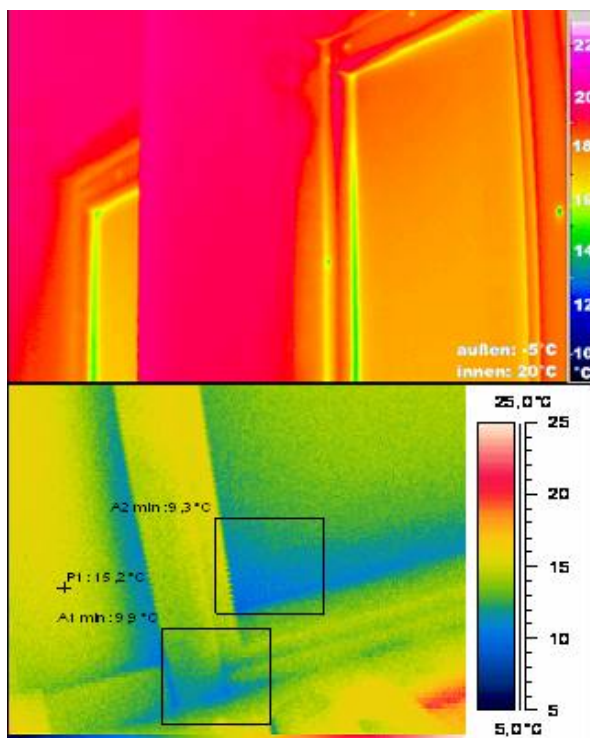
## Comfort richtlijnen

Zowel architectonisch als comforttechnisch worden hoge eisen gesteld aan passiefhuizen. Goede thermische isolatie en een luchtdichte schil dragen bij aan een comfortabel tochtvrij binnenklimaat op de gewenste binnentemperatuur. De thermische isolatielaag moet aan de binnenzijde beschermd worden met een dampremmende laag en aan de buitenzijde met een water- en winddichte dampopen laag. Zowel de dampremmende laag als de dampopen laag werken alleen dan goed, wanneer alle onderbrekingen in de lagen goed luchtdicht afgesloten worden.

Een passiefhuis heeft hoge binnenoppervlakte temperaturen door de goede isolatie van de schil. Koudebruggen zouden normaal plaatselijk nog resulteren in koudere oppervlakken met mogelijke condensatieproblemen. Zowel tocht als koudestraling vergroten de warmtevraag ook al is de luchttemperatuur voldoende.

Een goed werkend en onderhouden ventilatiesysteem garandeert een goede binnenluchtkwaliteit. Voorverwarming van de toevoerlucht door een aardwarmte wisselaar en warmteterugwinning uit afvoerlucht verhoogt de temperatuur van de aangevoerde frisse lucht. . Wanneer kan worden volstaan met het licht naverwarmen van de ventilatielucht, zal de ventilatie niet resulteren in tochtklachten.

Luchtstromingen door luchtlekken in de schil kunnen het comfort negatief beïnvloeden. De warmtevraag in een passiefhuis is zeer laag, waardoor koude lucht eerder in discomfort kan resulteren als in een normale woning met traditionele verwarming en vloerverwarmingssystemen. Luchtlekken ter plaatse van de vloer-gevel aansluiting zijn bijzonder kritisch omdat daar geen verwarming is om eventuele tocht op de vloer te compenseren.



*Verskil tussen een passiefhuis raam (boven) en een normaal raam: passief huis ramen bieden thermisch comfort door warme oppervlakken. (PassivHaus Institut, VTT)*

## Installatieontwerp

De warmtevraag voor verwarming van een woning kan significant worden verlaagd bij het verbeteren van de isolatie van de thermische schil. Warmteverliezen door de schil hebben het grootste aandeel in de totale warmteverliezen. Aan ventilatie is ongeveer eenderde van de totale verliezen toe te kennen. Het grootste voordeel bij een passiefhuis kan worden gehaald wanneer het verwarmingssysteem en ventilatiesysteem goed op het ontwerp worden afgestemd.

Een passiefhuis huis geeft geen restricties ten aanzien van bouwsysteem. Het materiaal voor de buitenschil en type constructie kan redelijk vrij gekozen worden. De hoge prestatie-eisen die gesteld worden aan een passiefhuis vragen om een zeer laag warmteverlies door de constructie. De volgende thermische eigenschappen van verschillende componenten kunnen als richtwaarden worden beschouwd tijdens de selectie van een opbouw:

- Rc en U-waarden, afhankelijk van klimaat, inclusief koudebruggen:
  - Gevel  $R_c \geq 6,5 - \text{m}^2\text{K/W}$
  - Vloer  $R_c \geq 6,5 \text{m}^2\text{K/W}$
  - Dak  $R_c > 6,5 \text{m}^2\text{K/W}$
  - Ramen  $U = 0,8 - 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Deur  $U = 0,4 - 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Luchtdichtheid  $n_{50} < 0,6$  luchtverversingen per uur bij 50 Pa drukverschil (komt overeen met een  $q_v; 10; k_{ar} = 0,15 \text{ dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ )
- Zontoetredingsfactor van ramen,  $ZTA > 50\%$

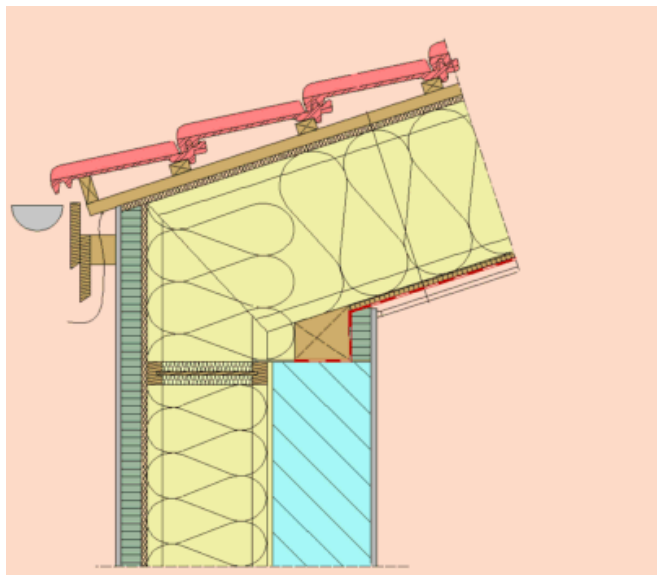
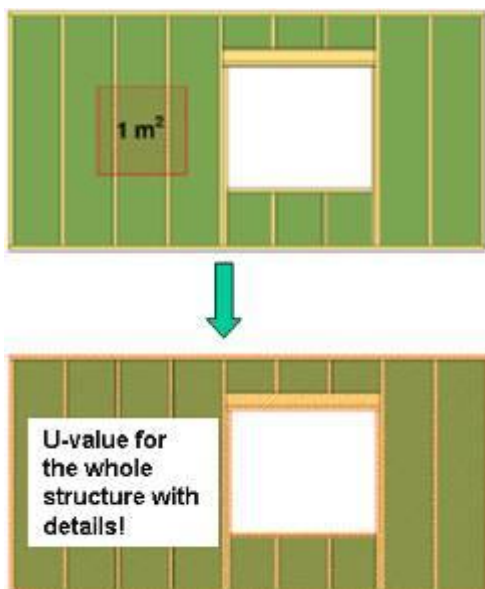


*Bouwproducten die een extreme isolatie van de gebouwschil mogelijk maken zijn beschikbaar.*



Minimalisering van de koudebruggen is cruciaal voor de prestatie van de woning. Een koudebrug kan getypeerd worden als een onderdeel van de gebouwconstructie dat de thermische isolatielaag doorbreekt en een veel hogere thermische geleiding heeft dan de isolatie. De aansluitingen van raam of deur op gevel, de gevel op vloer en gevel op dak moeten aandachtig worden ontworpen en uitgevoerd. Het lineaire warmteverlies,  $\dot{Q}_L$ , bij deze aansluitingen mag maximaal 0,01 W/mK bedragen. Het effect van een koudebrug wordt relatief groter bij een tonemend isolatieniveau.

De ontwerper/constructeur moet bij houtskeletbouw de raamgrootte en h.o.h. afstanden van de draagconstructie. Wanneer de raamafmetingen niet passen binnen het afmetingen van het draagsysteem, zijn extra houten staanders nodig. Ook moet er -vanwege koudebrugeffecten- kritisch gekeken worden naar overbodige houten staanders of balken, vooral bij hoekdetails, en ter plaatse van raam- en deuraansluitingen. De architect en constructeur zouden samen het ontwerp moeten afstemmen om tot een effectieve oplossing te komen.



*Thermische koudebruggen moeten worden beschouwd in het thermisch ontwerp van de gebouwschil, maar zij dienen zo veel mogelijk voorkomen te worden. Dit kan vaak eenvoudig door een ononderbroken constructie methode aan te houden (PassivHaus Institut).*

De eis ten aanzien van luchtdichtheid van de schil bedraagt  $n_{50} = 0,6$  luchtverversingen per uur bij 50 Pa drukverschil. Voor een typische standaard woning varieert de  $n_{50}$  waarde van circa 2 tot 10 luchtverversingen per uur. De luchtdichtheid is zeer belangrijk, niet alleen voor het energieverbruik maar ook voor vochttransport en condensatie in de constructie.

Een goede luchtdichting vergt dat alle plekken waar de constructie doorbroken wordt afgedicht worden tot een luchtdicht geheel. De luchtdichte laag moet over de hele gebouwschil doorlopen. Voor het ontwerp van deze luchtdichting moet op het volgende gelet worden:

- De laag heeft een luchtdoorlatendheid van maximaal  $1 \times 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> s Pa maximum, inclusief alle verbindingenaden
- De dampremmende laag of de bouwfolie aan de binnenzijde van de isolatie fungeert als de luchtdichting, er vanuit gaande dat de naden goed worden dichtgetaped.
- De luchtdichting loopt overal continue door, zeker daar waar meerdere bouwdelen samenkomen.
- Elektrische installaties zouden oppervlakte aansluitingen moeten zijn, of in ieder geval binnen de luchtdichte laag. Om de installatie van elektrische voorzieningen te vergemakkelijken kan de luchtdichte laag tussen de isolatie liggen, tot maximaal 50 mm er binnen.
- Raam en deur aansluitingen met de gevel moeten gevuld worden met isolatie, en vanuit beiden kanten afgedicht worden.
- Ventilatiekanalen zouden binnen de luchtdichte laag moeten liggen. Alleen de grote toe- en afvoerkanalen mogen de luchtdichte laag doorbreken.
- De doorvoeren in de luchtdichting voor bijvoorbeeld leidingen van het ventilatiesysteem en het sanitair, moeten afgedicht worden om luchtdichtheid te behouden.
- Beplating of betonnen elementen met afgedichte naden of gepleisterde gemetseld binnenblad kunnen fungeren als luchtdichte lagen.



*Voorbeeld van een interne vloer verbinding die zeer moeilijk luchtdicht uit te voeren is. Het detail zou moeten worden herontworpen voor een betere luchtdichtheid (VTT).*



Een windbarrière is typisch bedoeld als een laag buiten de draagstructuur, voor de bescherming van de thermische isolatie. De windstopper moet continue doorlopen bij de gebouwschil. Aansluitingen, naden en andere details moeten vakkundig worden gedicht. Eigenlijk zouden alle isolatielagen voorzien moeten worden van een luchtdichting, zoals bijvoorbeeld:

- Een laag materiaal met een luchtdoorlatendheid van maximaal  $3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s Pa}$ , inclusief alle verbindingenaden
- Houtvezel, gipsplaat of ander plaatmateriaal met afgedichte naden bovenop de structuur
- Samengesteld systeem met isolatie en gladde afwerking
- Windbestendige minerale wol of EPS isolatie met afgedichte naden
- Ongepleisterd metselwerk zonder gaten tussen isolatie en metselwerk



*Windstoppers (luchtdichte, damp open laag) beschermen de thermische isolatie tegen koude wind. Een windstopper is vereist in gebouwen met geventileerde gevels.*

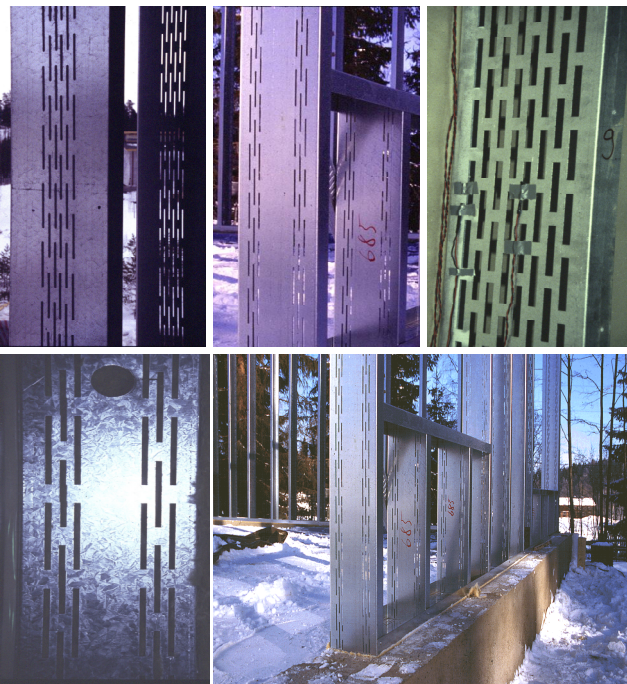
## Gebouwprestatie

Het energetische ontwerp van een passiefhuis vraagt om adequate informatie over de gebouwschil. Een typisch probleem tijdens het ontwerp is overdimensionering van het verwarmingssysteem door gebrek aan goede kennis en informatie over thermische eigenschappen van het type constructie, veronderstelde luchtlekken, veronderstelde koudebruggen en eigenschappen van ramen en deuren. Een overgedimensioneerd systeem kost meer, de bediening ervan is complexer en verbruikt meer energie.

Daarom zou in de isolatiewaarde van een gebouwdeel de effecten van lineaire verliezen meegenomen moeten worden. Om deze wens te bewerkstelligen moeten isolatieberekeningen worden uitgevoerd met 2- en 3-dimensionale numerieke methodes, want handberekende methodes zijn niet meer nauwkeurig, bij bijvoorbeeld houtskeletbouwframe structuren of geperforeerde staalvakwerken.

Het doel van het ontwerp moet eenvoudigheid zijn, die gebruikt kan worden in diverse projecten. Thermische eigenschappen kunnen dan worden beoordeeld op basis van ISO EN 6946 of ISO EN 10112 standaarden.

Met het Passive House Planning Package (PHPP) kunnen verschillende bouwsystemen en isolatieniveaus vergeleken worden wat betreft warmteverliezen. Numerieke methodes voor thermische berekeningen die verkrijgbaar zijn op de markt, zijn bijvoorbeeld Trisco. Sommige opbouwen zoals geperforeerde staalvakwerken, vergen een 3-dimensionele berekening voor bepaling van de Rc-waarde.



*Er zijn geen restricties voor te gebruiken materialen voor passiefhuizen. De prestaties van stalen frames met een thermische onderbreking zijn vergelijkbaar met een houten framework. De effectieve thermische geleiding van een geperforeerd frame is circa 5 - 8 W/mK, afhankelijk van de perforaties. (VTT Research Notes 2070). Als de materiaaldikte slechts 0,9 - 1,5 mm is, dan zijn de warmteverliezen equivalent aan een houten frame. De berekening van de Rc-waarde vereist een 3-d calculatie. Versimpelde methoden zijn niet toepasbaar vanwege grote verschillen in de thermische geleiding van isolatiematerialen en staal ( $U=0,04$  W/mK respectievelijk  $U=50$  W/mK )*

De vereiste thermische kwaliteit van een woning is afhankelijk van het klimaat. Hoe dan ook zullen in Noord Europa, waar het verwarmen van gebouwen de grootste aandacht vergt, passiefhuis zeer goed geïsoleerd zijn. De gegeven voorbeelden kunnen dienen als algemene richtlijnen, maar bij het ontwerp moet de toepasbaarheid bij lokale klimaatomstandigheden worden afgewogen. De hier genoemde voorbeelden komen van concepten waarmee bewezen is dat de passiefhuis prestaties gehaald kunnen worden.

### **Checklist voor constructief ontwerpers**

1. Ontwerp de woning integraal om keuzes tijdens het ontwerpproces beter af te stemmen met andere ontwerpers
2. Pleit voor zo eenvoudig mogelijke oplossingen zodat ze betrouwbaar uitgevoerd kunnen worden
3. Houd rekening met ruimtevereisten voor het ventilatiesysteem
4. Minimaliseer koudebruggen of gebruik buitenisolatie om de effecten van koudebruggen te verminderen
5. Beschouw het gebruik van constructieve elementen; ze kunnen de thermische prestaties en kosteneffectiviteit beïnvloeden
6. Gebruik gangbare maatvoering, bijvoorbeeld 600 mm voor wanden en ramen
7. Ontwerp de luchtdichte laag
8. Overweeg manieren voor het dichten van naden van alle componenten die de constructie doorbreken
9. Ontwerp de windstoppende laag
10. Houd al tijdens het ontwerp rekening met uitvoerbaarheid (bouwvolgorde)
11. Houd rekening met bouwvocht vanuit dikke constructies, vermijd een dubbele dampremmende laag in natte ruimten