

Toekomstbestendig renoveren op Passiefhuisniveau (deel 1)



Jan de Wit, senior scientist TNO en lector duurzame energievoorziening Saxion University of Applied Sciences, schreef eerder een reeks artikelen over installatietechniek in nieuw te bouwen Passiefwoningen. In deze driedelige serie behandelt hij de specifieke aandachtspunten en oplossingen voor renovatie op Passiefhuishuisniveau.

BEWONERS ZULLEN WAARSCHIJNLIJK INSTEMMEN MET DE RENOVATIE ALS DE HUURVERHOGING BEPERKT IS

Nederland staat voor de enorme opgave de bestaande woningvoorraad te verduurzamen. Op dit moment heeft ongeveer de helft van de woningen een label dat gelijk of slechter is dan E. De vraag of en hoe er wordt gerenoveerd is in de eerste plaats een vraag die te maken heeft met het toekomstperspectief van de woningen (strategisch voorraadbeleid). Dit toekomstperspectief wordt bepaald door de eigenaren, de corporaties en de huurders, en op enige afstand door overheden.

Tekst: ir. Jan de Wit, senior scientist TNO en lector duurzame energievoorziening Saxion Hogeschool.

Fotografie: Jeroen van Kooten, Vincent van den Hoogen

Voor renovatie zijn ongeveer net zoveel argumenten te bedenken als voor sloop en nieuwbouw. In dit artikel gaan we er echter van uit dat de keus voor renovatie is gemaakt en overwogen wordt deze renovatie op Passiefhuishuisniveau uit te voeren. De eisen hiervoor zijn:

- Finaal warmteverbruik voor ruimteverwarming: maximaal 15 kWh/m²/a (renovatie: 25 kWh/a).
- Totaal primair energiegebruik: 120 kWh/m²/a (renovatie: 130 kWh/m²/a).
- Het toelaatbaar ontwerpvermogen voor ruimteverwarming volgt uit het minimum vereiste ventilatiedebiet. Dit is vastgesteld op 10 W/m².
- Luchtdichtheid ($Q_{v10, kar} = 0,15$ l/m²/s)
- De energieprestatie is vastgelegd via de PHPP-rekenmethodiek.

Allereerst is het de vraag of het technisch mogelijk is de woningen van een wijk op Passiefhuishuisniveau te krijgen. Belemmeringen kunnen zijn:

- De schil is niet op het gewenste rc-niveau te krijgen doordat isolatie aan de binnenkant niet wordt geaccep-

teerd – dit kan op een eengezinswoning wel 5 – 7 m² woonruimte kosten – en isolatie aan de buitenkant niet mag (bijvoorbeeld vanwege een beschermd stadsgezicht).

- De woningen niet luchtdicht zijn te krijgen door de grote interne lekkages (rijwoningen, gestapelde bouw).

Verder kan het zijn dat gebalanceerde ventilatie met wtw – centraal of decentraal – niet inpasbaar is en met mechanische afzuiging onvoldoende resultaat wordt bereikt om aan de energie eisen van het Passiefhuisprincipe te voldoen. Daarnaast kan het om economische redenen onverantwoord zijn om tot



Wtw-unit in een renovatiewoning.

Passiefhuisniveau te renoveren. Bijvoorbeeld omdat de investeringen voor een renovatie op Passiefhuisniveau te hoog worden gevonden ten opzichte van de baten (woonlasten, huuropbrengst).

Sommige partijen willen de levensduurverlenging door passiefrenovatie wel in hun investeringsbeslissingen betrekken, anderen niet. Hier spelen het perspectief van de eigenaar/exploitant en het perspectief van de woningen dus een belangrijke rol.

Juridische beperkingen

Al aangegeven is dat er juridische beperkingen kunnen zijn, bijvoorbeeld als er niet diep genoeg 'gesneden' mag worden in de woningen door bouw- en woningvoorschriften, of dat de huurverhoging niet mogelijk is of zeer gelimiteerd is. Of omdat de meerderheid van de bewoners niet instemt met de renovatie. In de praktijk stuit je vaak het eerst op juridische beperkingen, en deze zijn ook meestal het moeilijkst om op te heffen. De indeling in technische, economische en juridische beperkingen is arbitrair. Bewoners zullen waarschijnlijk instemmen met de renovatie (juridisch) als de huurverhoging beperkt is (economisch). Als technische ontwikkelingen voor lagere investeringskosten zorgen, wordt wellicht aan de economische eisen voldaan. Als in de toekomst de energieprijzen sterk stijgen en/of de energetische eisen aan woningen sterk toenemen, dan kan het niet zozeer gaan om economisch rendement van investeringen als zodanig, maar om de vraag

met welke maatregelen aan de gestelde eisen voldaan kan worden én welke van deze maatregelen het beste economische rendement heeft.

Volledig passief?

Woningcorporatie Hestia te Kerkrade gaat 153 rijtjeswoningen uit de jaren zestig op Passiefhuisniveau renoveren. Deze woningen hebben zonder deze specifieke renovatie nog een resterende levensduur van achttien jaar. Na renovatie op Passiefhuisniveau is de resterende levensduur echter vijftig jaar. De gehanteerde huurverhoging bedraagt 360 €/a. De investering bedraagt circa 100.000 euro per woning. De geëiste 3 procent interne rentevoet wordt gehaald. De investering moet derhalve grotendeels worden terugverdiend door de levensduurverlenging, en niet door de huurverhoging.

Zoals aangegeven is het in een aantal gevallen niet goed mogelijk om aan alle eisen van het Passiefhuisprincipe te voldoen, vooral als het gaat om de kwaliteit van de bouwkundige schil en het ventilatiesysteem. In dat geval kan bijvoorbeeld voor een renovatierij-tjeswoning (standaard Agentschap NL, 124 m² gebruiksoppervlak [1]) worden voldaan aan de eis wat betreft 25 kWh/m²/a en 130 kWh primaire energie door:

- De kozijnen vervangen door exemplaren met hr⁺⁺⁺-glas ($U = 0,7$).
- De schilisolatie van de beganegrondvloer naar $R_c = 3$ brengen, de gesloten geveldelen naar $R_c = 3$ brengen en het dak naar $R_c = 4$. De hr-ketel wordt

vervangen door de 'beste' hr-ketel (met kwaliteitsverklaring).

De toepassing van gedecentraliseerde ventilatie met wtw brengt het primaire energiegebruik voor ruimteverwarming op 5014 MJ/a, ofwel 1.392 kWh/a. Dit levert een aanzienlijke verlaging op, namelijk 11,22 kWh/m²/a.

Het totale gebouwgebonden primaire energiegebruik bedraagt 34.628 GJ/a ofwel 77 kWh/m²/a. Hiervan komt 14.748 GJ/a voor rekening van het gebouwgebonden energiegebruik, ofwel 1597 kWh/a, ofwel 33,03 kWh/m²/a.

Het gebruiksgebonden energiegebruik bedraagt ongeveer 2.000 kWh, 41 kWh/m²/a primair. Het totale elektriciteitsverbruik zit daarmee iets boven het landelijk gemiddelde van 3.500 kWh/a. Daarmee komt het totaalverbruik op 118 kWh primair per m² gebruiksoppervlak. Hiermee wordt zelfs aan de eisen voldaan wat betreft het energiegebruik voor nieuwe Passiefhuizen.

Deze woning mag echter geen Passiefhuis worden genoemd, omdat niet aan de luchtdichtheidseisen wordt voldaan. Ook is deze berekening niet met het PHPP-rekenprogramma tot stand gekomen, maar de EPC-rekentool. De luchtdichtheidseisen voldoen overigens wel aan de gestelde eisen in Bouwbesluit 2012 (0,625 l/m²/s).

De investeringen in de schil zijn niet precies aan te geven, maar ze zijn betrekkelijk beperkt. De investeringen worden gedomineerd door het decentrale balansventilatiesysteem en door de hr⁺⁺⁺-kozijnen. De totale investering

	elektrisch	aardgas
Q_{prim} verwarming [MJ]	0	5.014
Q_{prim} hulpverwarming [MJ]	2.917	0
Q_{prim} tap [MJ]	0	13.794
Q_{prim} ventilatie [MJ]	4.819	-
Q_{prim} vloerverwarming [MJ]	7.012	-
Q_{pres} totaal [MJ]	14.748	18.808
CO ₂ [kg/MJ]	0,0613	0,0506
CO ₂ [kg]	904	952

Tabel 1. Primair energiegebruik van een renovatiereferentierijwoning (Agentschap NL) met beperkte isolatie, maar wel met geavanceerde ventilatietechniek. Deze woning is geen renovatie-Passiefhuis, maar voldoet wel aan de energie-eisen die gelden voor een dergelijke woning (< 25 kWh/m²/a voor ruimteverwarming en < 130 kWh/m²/a totaal)





Muurdoorvoer decentrale gebalanceerde ventilatie.

bedraagt ongeveer 35000 – 40.000 euro per woning.

Deze investeringen zijn echter aanzienlijk lager dan bij een volledige renovatie op Passiefhuisniveau, waarbij het investeringsniveau rond de 90.000 – 100.000 euro ligt. Hieruit blijkt dat aan de energie-eisen van Passiefhuisbouw kan worden voldaan zonder dat aan alle eisen voor Passiefbouw wordt voldaan. Bij nieuwbouw blijkt dat bouw volgens het Passiefhuisprincipe niet veel duurder is dan conventionele bouw, waarbij aan Bouwbesluit 2012 wordt voldaan. Een voorbeeld hiervan zijn de vijf voorbeeldprojecten van Agentschap NL[2].

Afwegingen

Rigoureuze schilrenovaties op Passiefhuisniveau zijn zeer kostbaar. Voor een

gemiddelde rijtjeswoning is deze maatregel niet nodig om aan de energie-eisen van een Passiefhuis te voldoen. De energie-eisen die aan Passiefhuizen worden gesteld zijn onvoldoende om (op termijn) een energieneutrale of energie autonome woning te realiseren. Passiefhuisbouw is – vooral wanneer aan veel strengere eisen wordt voldaan wat betreft het primaire energiegebruik dan thans is voorgeschreven – echter wel een uitstekend uitgangspunt, als rekening wordt gehouden met voldoende ruimte voor pv op het dak (met goede oriëntatie), met de aanleg van een automatische houtpelletketel en een warmtepomp met een gesloten bodembron.

Bij nieuwbouw hebben bedrijven de kans om het in 'een keer' goed te doen. Daarom is het aanbevelingswaardig om Passiefhuisbouw als minimum te beschouwen. Het is verstandig om het perspectief voor wat betreft energieneutraliteit, en mogelijk zelfs autonomie, goed open te houden. Dit zal met een renovatiewoning, die aan de niet erg strenge energie-eisen voldoet van renovatie volgens de Passiefhuisprincipes, veel minder snel het geval zijn. Om deze reden is het aan te bevelen – indien energieneutraliteit op termijn een harde randvoorwaarde is – toch aan alle eisen die aan Passiefwoningen worden gesteld, te voldoen. Het omslagpunt ligt ongeveer bij een levensduurverlenging van 25 jaar. Is de levensduurverlenging korter, dan is renovatie op Passiefhuisniveau niet verantwoord, maar kan wel aan

de betreffende energie-eisen worden voldaan. Bij een levensduurverlenging van 25 – 35 jaar is volledige renovatie op Passiefhuisniveau aan te bevelen. Is de levensduur langer dan 35 – 40 jaar, dan is sloop en vervangende nieuwbouw aan te bevelen.

Bouwkundige schil en luchtdichtheid

Naast de bouwkundige schilkwiteit zijn ook de aard, grootte en oriëntatie van de bouwkundige schil cruciaal om aan de gestelde energie-eisen – vooral als naast Passiefhuiscertificering ook energieneutraliteit of energie-autonomie moet worden geleverd.

Door het raadplegen van de het oorspronkelijke woningontwerp en door lokale inspecties kan de transmissie van de huidige gebouwschil worden vastgesteld, gebruikmakend van infraroodthermografie, visuele inspecties en endoscopie. Over het algemeen is het zinvol om dit te combineren met het vaststellen van de luchtdichtheid. Soms is er in het geheel geen isolatie toegepast. In dat geval moet worden vastgesteld welke Rc-waarde een toekomstige spouwmuurisolatie kan leveren. Wanneer de kozijnen ook in aanmerking komen voor renovatie, dan zal het wellicht mogelijk zijn de spouw te reinigen (speciebaarden), zodat koudebruggen zoveel mogelijk worden voorkomen en het isolatiemateriaal goed kan worden aangebracht. Een openliggende spouw is natuurlijk ook een goed middel om na te gaan of

SCHILRENOVATIES OP PASSIEFHUISNIVEAU ZIJN ZEER KOSTBAAR





BIJ RENOVATIES WAARBIJ HET BUITENBLAD VAN DE GEVELS WORDT

er vermijdbare koudebruggen aanwezig zijn. Indien de spouw reeds gevuld is, dan moet worden nagegaan of deze volledig vult, en wat het toegepaste isolatiemateriaal is.

Wanneer niet minimaal een R_c van circa 3 aanwezig is of bereikt kan worden met normale na-isolatie, dan moet worden gekeken of het vergroten van de spouw door vervanging en verplaatsing van het buitenblad of binnenisolatie kan worden toegepast. Binnenisolatie heeft als groot nadeel dat de woning kleiner wordt. In West-Nederland is het binnenoppervlak van een woning soms 5000 €/m² waard. Als vervolgens door binnenisolatie 3 m² vloeroppervlak wordt gebruikt – bij een omtrek van 15 m en een binnenisolatie van 20 cm – dan kost dat maar liefst 15.000 euro. De meerkosten van het toepassen van zeer hoogwaardige isolatiematerialen, zoals resolschuim, die deze dikte tot 10 cm kunnen beperken, ‘mogen’ dus 7.500 euro zijn.

Wanneer de luchtdichtheid van de bestaande situatie – die meestal slecht zal zijn – is vastgesteld, dan kan een plan worden gemaakt of en hoe de vereiste luchtdichtheid kan worden bereikt. Dit is zeer afhankelijk van de omstandigheden.

Koudebruggen

Naast de beperkte spouwbreedte is de aanwezigheid van moeilijk te elimineren koudebruggen hét grote probleem van renovatie volgens de Passiefhuis-principes. Vooral overgangen van de vloer en de gevels naar de fundering vormen vaak zeer moeilijk te vermijden koudebruggen; een betonvloer van 50 m² die rechtstreeks op de fundering

rust en 20 cm dik is, heeft een brugoppervlak van circa 6 m² naar deze fundering. Bij een Lambda-waarde van beton (1,4 W/mK) veroorzaakt dit bij een effectieve ‘dikte’ van 20 cm en een ΔT van 10 K een warmtestroom van 420 W, ofwel 1.680 kWh/a. Dit is in de orde van grootte van wat een Passiefhuis van 100 m² aan warmte voor ruimteverwarming mag gebruiken!

Dit probleem wordt niet opgelost door de vloer aan de onderkant te isoleren, omdat de vloertemperatuur op niveau blijft en zelfs iets toeneemt. Bovendien kunnen door condensatie vochtproblemen ontstaan.

Omdat voor goede vloerisolatie aan de bovenzijde niet voldoende ruimte beschikbaar is, moet de beganegrondvloer thermisch van de fundering moeten worden gescheiden, als dit technisch mogelijk is.

Bestaande kozijnen en deuren zullen in veel gevallen vervangen kunnen worden door kozijnen met triple glas. Dit is bouwkundig goed uitvoerbaar. Bovendien verfraait dit de woning, wordt koudeval voorkomen en verhoogt het de inbraakveiligheid. Passiefkozijnen – mits goed gemonteerd – verminderen de infiltratie en verbeteren de luchtdichtheid van de woning, hoewel daarvoor geldt – net als voor de aanwezigheid van koudebruggen – dat de ketting zo sterk is als de zwakste schakel.

De eigenschappen van deze kozijnen worden over het algemeen door de bewoner (huurder of eigenaar) goed gewaardeerd, en ze hebben – ook om die reden – een positief effect op de waarde van de woning. Bovendien maakt het vervangen van kozijnen en deuren het isoleren van gesloten geveldelen eenvoudiger.

Thermische bouwmassa

Thermische massa heeft invloed op het binnenklimaat door de bufferwerking: vooral in de zomer ondersteunt thermische massa de passieve koeling van woningen. In de winter en in de tussenseizoenen wordt de op de thermische massa stralende zon gebruikt om warmte vast te houden voor de momenten waarop een warmtetekort ontstaat en de temperatuur van de woonruimten niet te snel te laten stijgen.

Het is echter wel zaak bij het instellen van de regelinstallatie en de zonwering rekening te houden met de thermische traagheid die de thermische massa veroorzaakt. Zo wordt voorkomen dat de ruimtetemperaturen, vooral 's middags, boven de gewenste waarden stijgen. Door een warmtepomp met vloerverwarming en bodembron toe te passen kan dit voorkomen worden.

Installatietechniek

Bij renovaties waarbij het buitenblad van de gevels wordt vervangen ontstaat vaak voldoende ruimte voor ventilatiekanalen. Wanneer dit niet het geval is, dan is inpassing van een gebalanceerd ventilatiesysteem vaak niet mogelijk. De oplossing is dan het toepassen van een decentraal gebalanceerd ventilatiesysteem.

Het alternatief is de plaatsing van een warmtepompboiler. Maar deze blijkt vaak ook moeilijk inpasbaar, omdat de warmtepompboiler de warmtevraag voor ruimteverwarming kan vergroten ten gunste van de tapwatervoorziening. De warmtepompboiler bespaart energie ten opzichte van een systeem met mechanische afzuiging zonder warmte-



VERVANGEN ONTSTAAT VAAK RUIMTE VOOR VENTILATIEKANALEN

terugwinning. De besparing ten opzichte van een gebalanceerd ventilatiesysteem met wtw (centraal of decentraal) is echter negatief.

Hierdoor kan het moeilijk zijn om aan de warmtevraag van 25 kWh/m²/a voor renovatie op Passiefhuisniveau te voldoen. Aan de totale warmtevraag van 130 kWh/a is eenvoudiger met een warmtepompboiler te voldoen, omdat het elektrisch energiegebruik van de warmtepompboiler kan worden gecompenseerd door de inzet van zeer zuinige huishoudelijke apparatuur en ledverlichting.

Omdat de bouwkundige mogelijkheden in renovatiewoningen vaak wat beperkter zijn dan bij nieuwbouwwoningen, komt het accent wat meer op de mogelijkheden van de installietechniek te liggen. Echter, er zijn ook installatietechnische beperkingen bij renovatie. De aanleg van een centraal gebalanceerd ventilatiesysteem is, zoals eerder genoemd, vaak niet mogelijk. Maar ook het slaan van een bodembron voor een warmtepomp en het aanleggen van vloerverwarming is meestal problematisch. Daarom zal bij renovatie eerder voor lucht-luchtwarmtepompen worden gekozen. Duurzame installaties 'op het dak', zoals pv-panelen en zonnecollectoren, zijn vaak wél mogelijk. De dimensionering en de prioriteit van de installaties ligt wel duidelijk anders dan in traditionele woningen:

1. Een goed ventilatiesysteem met wtw is essentieel.
2. Installatietechnische voorzieningen en bouwkundige voorzieningen om oververhitting tegen te gaan zijn dus van groot belang. Uiteraard met zo min mogelijk (primaire) energiegebruik.



Decentrale gebalanceerde ventilatie-unit (gedemonteerd).

3. Om warmteverliezen in de midwinterperiode te compenseren is een verwarmingsinstallatie nodig.
4. Energiezuinige apparaten (liefst A+++) zijn nodig voor warm tapwater en huishoudelijke processen, zoals koken.

Passiefhuizen hoeven dus niet energieneutraal te zijn, maar een Passiefhuis is wel een uitstekend middel om conform de Trias Energetica eenvoudig en relatief goedkoop tot een energieneutraal huis te komen, eventueel in de toekomst. Door het geringe warmteverbruik – die wordt in een passiefhuis gedomineerd door de warmte voor warm tapwater – is het grootste deel van de energievraag elektriciteit. Deze elektriciteit kan worden opgewekt met pv-panelen. Overschotten aan elektriciteit kunnen worden opgeslagen of – dit is economisch en energetisch (nog) aantrekkelijker – aan het elektriciteitsnet worden teruggeleverd.

Woningen die op Passiefhuisniveau worden gerenoveerd kunnen gebruikmaken van de reeds aanwezige energieinfrastructuur. Om deze reden zal in gerenoveerde woningen vaak van aardgas of stadsverwarming gebruik worden gemaakt.

Aan welke eisen en randvoorwaarden moeten de klimaatinstallaties voldoen? Bepalend voor de keuze en het ontwerp van klimaatinstallaties zijn de omstandigheden waaronder deze installaties moeten functioneren. Deze worden bepaald door:

1. Het lokale klimaat, de kavelgrootte, de (mogelijke) zonoriëntatie.
2. Het bouwkundig ontwerp, de a/v-verhouding, de grootte, de isolatiegraad.
3. Het gebruik van de woning en mogelijk aanvullende eisen (bijvoorbeeld rondom flexibiliteit van indeling).

Bij renovatiewoningen liggen deze omstandigheden vaak al volledig vast. Het is echter goed de invloed van deze omstandigheden te realiseren. Deze omgevingsfactoren kunnen worden omgezet in eisen per seizoen:

Winter

Door van een overstek gebruik te maken wordt zonlicht in de winter doorgelaten en in de zomer geweerd. Een Passiefhuis heeft de verwarmingsinstallatie voor ruimteverwarming alleen in de wintermaanden nodig. Het vermogen van een strijkijzer (1,5 kW) is dan vaak voldoende om een passiefhuis van 100 m² op temperatuur te houden. In renovatiewoningen die voldoen aan de energie-eisen die Passiefbouw stelt zal dit vermogen iets hoger liggen (circa 2,5 kW)

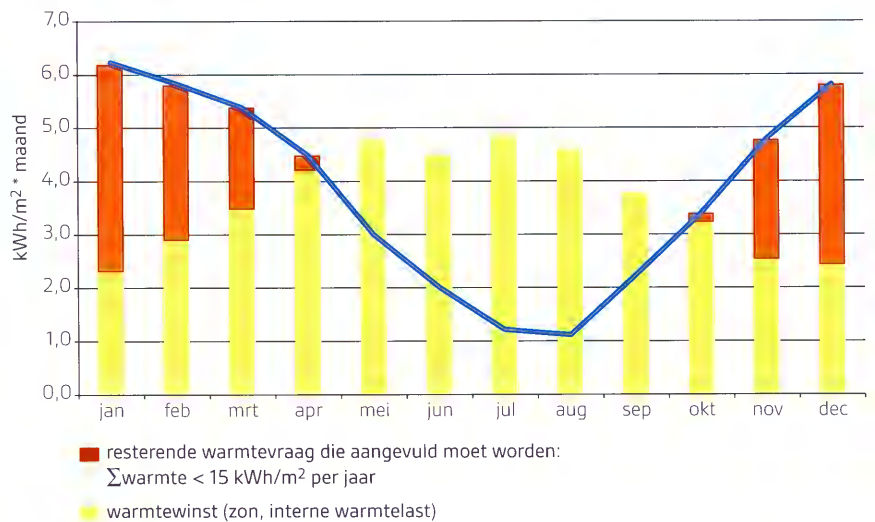
In Nederland worden slaapkamers vaak alleen bij extreme kou verwarmd. Belangrijk is daarom om trapopeningen af te sluiten, zodat slechts de benedenverdieping hoeft te worden verwarmd. Ook de aanzuiging van buitenlucht voor ventilatie heeft speciale eisen voor het winterseizoen. Zo moet worden voorkomen dat de instromende koude lucht 's winters een temperatuur onder het vriespunt heeft. Om bevochtiging, en dus schade aan het ventilatiesysteem, te voorkomen moet de lucht door een wtw-unit worden voorverwarmd. Dit zal bij renovatie veelal op een decentrale manier moeten worden toegepast vanwege de aanleg van kanalen. In de winter kan het comfort door luchtbevochtiging worden verhoogd. De koude buitenlucht heeft dan namelijk een lage absolute luchtvochtigheid. Bij opwarming zonder bevochtiging verandert de absolute hoeveelheid vocht in de lucht niet, met als gevolg dat de lucht binnenshuis te droog is.

Voor- en najaar

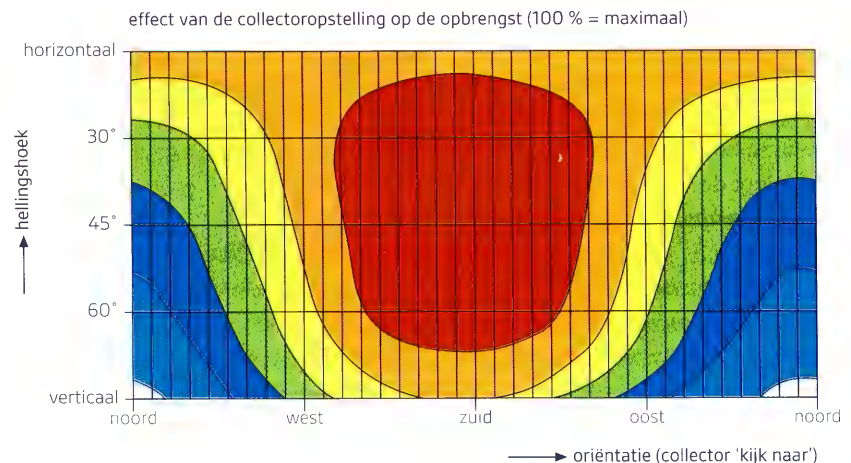
Ook in het voor- en najaar moet zoveel mogelijk zonlicht worden opgevangen. Doel in deze tijd moet zijn dat de warmtevraag zo laag mogelijk is. Invallend zonlicht moet zowel voor warmte in de woning zorgen, als voor verlichting in de vertrekken. Een goed ontworpen Passiefhuis heeft geen extra verwarmingsvermogen voor ruimteverwarming in het voorjaar nodig en overdag geen (kunst)verlichting. Doordat de herfst vaak minder zonnig is, is op koude herfstdagen wellicht extra ruimteverwarming nodig en zal de verlichting overdag soms aan zijn. Overigens bestaat ook in het voor- en najaar het risico van oververhitting, vooral bij de aanwezigheid van veel personen.

Zomer

In de zomer moet de warmte van de zon worden geweerd om oververhitting te voorkomen. In de maanden mei tot en met september is er een warmteoverschot door invallend zonlicht. De mate van zomercomfort is gedefinieerd als een frequentie van temperatuuroverschrijding boven een bepaalde



Energiebalans per maand van een Passiefhuis-eindwoning, berekend met de PHPP-rekenmethodiek. De totale warmtevraag voor verwarming bedraagt in deze berekening in totaal maximaal 25,0 kWh/m².



Invloed van de oriëntatie van de zonnecollector op de warmte-opbrengst.

waarde. De PHPP- en EPC-methodiek hanteren een bovengrens van 25 °C. Bij een Passiefhuis mag niet meer dan 5 procent van alle uren in het jaar de binnentemperatuur boven de 25 °C komen. Oververhitting verminderen kan op verschillende manieren gebeuren. Het weren van (indirect) invallend zonlicht geschiedt het beste met dakoverstekken (die bij renovatie boven de vensters kunnen worden aangebracht) en door een buitenzonwering.

Daarnaast is het aan te raden zoveel mogelijk gebruik te maken van zomer-nachtkoeling. De woning koelt hierdoor meestal voldoende af, indien een ventilatievoud van minimaal 4 keer per uur wordt gehanteerd. De thermische traagheid van de woning leidt ertoe dat de binnentemperatuur gedurende de

dag graden lager blijft. In combinatie met goede zonwering en balansventilatie, is in veel gevallen op energiezuinige wijze een goed binnenklimaat te bereiken. De inpassing van warmtepompen met bodemwarmtebron met bijbehorende vloerverwarming is vaak problematisch.

In deel 2, dat in het oktobernummer van VV+ verschijnt, wordt besproken welke installaties geschikt zijn voor renovatie op Passiefhuisniveau. <<

Bronnen en verwijzingen

- [1] 'Voorbeeldwoningen nieuwbouw', Agentschap NL, 2011.
- [2] 'Evaluatie leermomenten, investerings- en levensduurkosten van vijf Eos Demo/Ukr-projecten', Trecodome in opdracht van Agentschap NL, maart 2012.

