

# Ventilatie bij energiebesparende renovaties

*Energiezuinigheid wint steeds aan belang bij bouwkundige ingrepen. Voor nieuwbouw wordt regelmatig gegrepen naar de bouw van lage energiewoningen of passiefhuizen. De introductie van het passiefhuisconcept, met zijn strenge prestatie-eis voor verwarming, heeft geleid tot tal van innovaties. Deze innovaties worden nu ook steeds meer ingezet in renovaties.*

- door ir.-arch. E. Mlecnik\*

**U**it buitenlandse (en ondertussen ook Belgische en Nederlandse) ervaringen blijkt dat het mogelijk is om een bestaand gebouw zo te isoleren dat het nauwelijks of geen verwarming nodig heeft. Zowel in de winter als in de zomer heerst er een aangenaam binnenklimaat. Het energiegebruik ligt ongeveer tien keer lager dan dat van een bestaande woning.

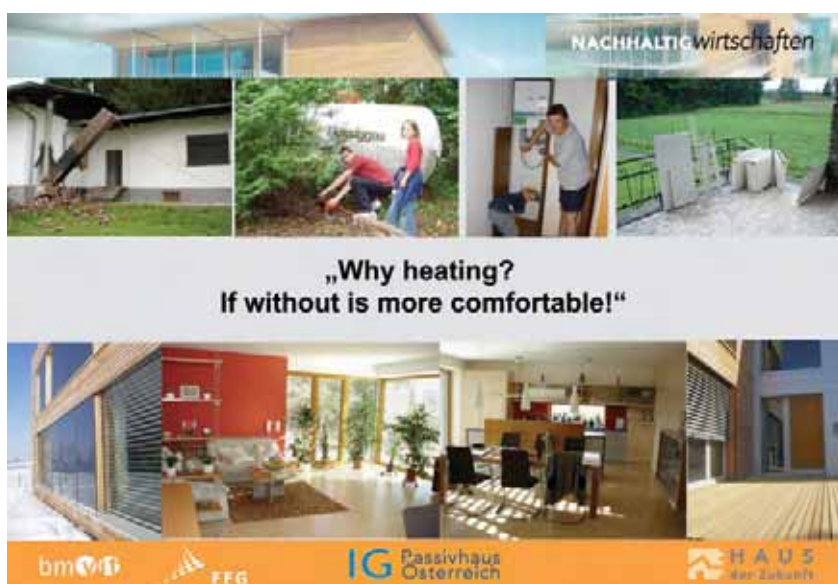
## RENOVEREN MET PASSIEFHUISTECHNOLOGIE

De term 'passiefhuis' staat voor een specifieke constructiestandaard voor woongebouwen waar er een goed binnenklimaat heerst gedurende winter en zomer, zonder de noodzaak aan een traditioneel verwarmings- of koelsysteem [1]. Het concept wordt in hoofdzaak gerealiseerd door bouwkundige ingrepen zoals een zeer goede thermi-



ir.-arch. E. Mlecnik

sche isolatie en zeer goede kierdichting van de constructie, terwijl een goed binnenklimaat wordt verzekerd door gebalanceerde ventilatie met hoge mate van warmteterugwinning. De kwaliteit van het concept wordt in de buurlanden België en Duitsland al geborgd door een vrijwillig certificaat [2]. Om van een bestaand gebouw een passiefhuis te kunnen realiseren wordt vanaf het begin gesteld dat de totale energievraag voor ruimteverwarming en koeling dient te worden beperkt tot een maximale streefwaarde van 15 kWh per vierkante meter netto vloeroppervlakte binnen het beschermd volume. Voor renovaties met passiefhuistechnologie wordt een richtwaarde gehanteerd van 25 à 30 kWh per vierkante meter netto vloeroppervlakte. Voor lage energierenovaties bedraagt dit 60 kWh per vierkante meter netto vloeroppervlakte. In de praktijk merkt men aan de hand van voorbeeldprojecten dat een verbetering van de ener-



**Renoveren met passiefhuistechnologie: marketingdia van het programma Haus der Zukunft in Oostenrijk. Boven: van het oude huis worden de schoorsteen afgebroken, de ketel en de radiatoren verwijderd, en de bereiding van warmtapwater herzien. Beneden: hetzelfde huis na renovatie straalt klasse, welzijn en comfort uit.**

- FIGUUR 1 -

\* Onderzoeksinstituut OTB, TU Delft, Onderzoeker.

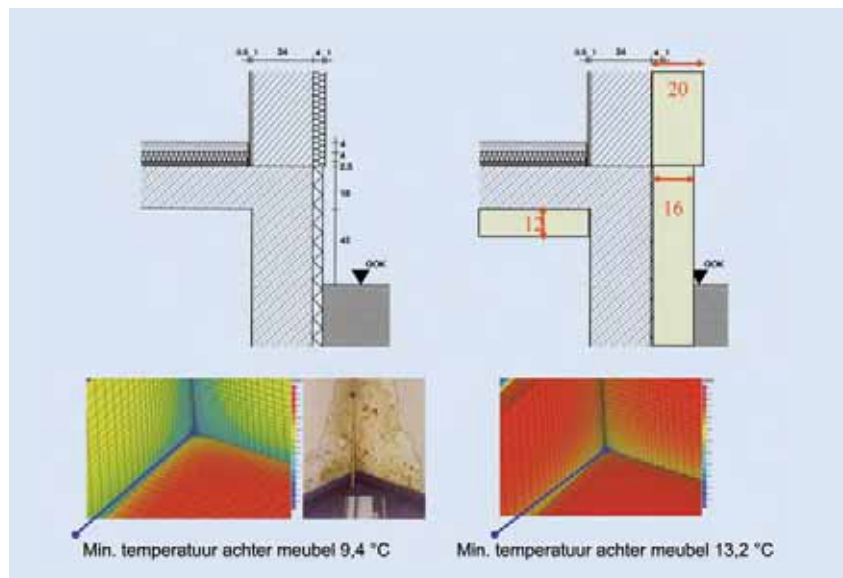
gie-efficiëntie met een factor 10 bij renovaties mogelijk is zodra ook een buitengevelisolatie wordt gerealiseerd.

De principes van sterk geïsoleerd bouwen (hetzij met buitengevelisolatie, binnenisolatie of spouwmuurisolatie), luchtdicht bouwen, zonwering, en koudebrugvrij bouwen laten zich, mits enige ontwerpcreativiteit, vertalen van nieuwbouw naar renovatie. Dit wordt aangetoond in diverse Europese voorbeeldprojecten [3]. Wie isoleert dient echter ook gecontroleerd te kunnen ventileren. Wil men de ventilatieverliezen beperken dan is warmteterugwinning op de ventilatielucht onontbeerlijk.

### VENTILATIE BIJ RENOVATIE

Uit thermohygrische simulaties van het Passivhaus Institut [4] in passiefhuizen blijkt dat het tweemaal dagelijks openen van vensters een ontoreikende luchtkwaliteit levert in woningen. Een acceptabele luchtkwaliteit wordt pas bereikt als de ramen minstens vier keer per dag gedurende vijf minuten volledig worden geopend. Dit gebeurt uiteraard meestal niet in de praktijk in een wintersituatie. Bij een ventilatiehoeveelheid van ongeveer 15 m<sup>3</sup>/h per persoon wordt nog meer dan 60 % relatieve vochtigheid waargenomen in ruimtes. Dergelijke waarden zijn ook kritisch voor het risico op inwendige condensatie bij renovaties. Wordt echter meer dan 30 m<sup>3</sup>/h per persoon aan buitenlucht toegevoerd, dan ligt voor meer dan 40 dagen in de winterperiode de relatieve vochtigheid onder 40 %. Dit wordt door een groot aantal gebruikers als 'te droog' ervaren. Als ontwerpregel wordt daarom gehanteerd om een luchtdebiet van 25 à 30 m<sup>3</sup>/h per persoon te hanteren als gemiddelde over de dag en de woning. Dit blijkt in de praktijk ook gemeten CO<sub>2</sub>-niveaus beneden 1.000 ppm op te leveren. Indien grotere luchthoeveelheden noodzakelijk zijn, dan dient bevochtiging te worden toegepast (planten, mobiele luchtbevochtigers, geïntegreerde luchtbevochtiging) of vochtterugwinning in het centrale ventilatietoestel (regeneratieve warmteoverdracht).

Bij renovaties wordt de vochtbalans nog kritischer indien bepaalde koudebruggen niet structureel zijn opgelost.



Vergelijking van oppervlaktetemperatuur in een hoek achter een kast [5]. Links: concreet schadegeval in Duitsland, rechts: oplossing met isolatie in passiefhuis-dikte.

- FIGUUR 2 -

Bij 60 % relatieve vochtigheid en oppervlaktetemperaturen onder 15,5 °C wordt schimmelvorming waarschijnlijk [5]. Zelfs indien de koudebruggen zijn opgelost kunnen kritische plekken ontstaan. Bijvoorbeeld in hoeken achter kasten kan de oppervlaktetemperatuur lager liggen terwijl er onvoldoende wordt geventileerd. Het risico op schimmelvorming wordt echter geringer naarmate betere isolatiewaarden van wanden worden bereikt en koudebruggen pertinent worden aangepakt. Op zich heeft het weinig zin om een verhoogde ventilatie en/of extra verwarming te voorzien ter hoogte van koudebruggen, dit bevordert immers niet de kwaliteit van de binnenlucht (uitdroging van de lucht). Beter kan men de oppervlaktetemperaturen doen stijgen door betere isolatie en tegelijkertijd een goede strategie ontwerpen voor ruimteventilatie. Tevens kan worden opgemerkt dat door het realiseren van een hoge luchtdichtheid (van o.a. de bodemvloer), zoals gebruikelijk in passiefhuizen, ook de indringing van radon vanuit de bodem, voor zover dit een risicofactor inhoudt, beter kan worden tegengegaan.

In passiefhuizen is een ventilatiesysteem met warmteterugwinning onvermijdelijk. In het rekenpakket PHPP (PassiefHuis-ProjektPakket, [6]) dient het effectief rendement van de warmteterugwinning te worden opgegeven, rekening houdend met het feit dat de

normaal in laboratorium gemeten waarde vaak te optimistisch is [7]. Het Passivhaus Institut Darmstadt raadt aan om gecertificeerde waarden te gebruiken voor de berekeningen. De website [www.passiv.de](http://www.passiv.de) geeft onder de rubriek Zertifizierung een overzicht van de tot op heden specifiek voor passiefhuizen gecertificeerde warmteterugwineenheden en hun effectief thermisch rendement in %, de elektrische efficiëntie in Wh per m<sup>3</sup>, en de inzetbaarheid van het toestel wat betreft ontwerpdebiet in m<sup>3</sup>/h. Tevens wordt het geluidsniveau van de luchttoevoer en de luchtafvoer meegegeven, in dB(A), evenals de noodzaak van het opstellen van het toestel in een ruimte voor huishoudtechniek, i.e. wanneer het geluidsniveau van het toestel in de ruimte van opstelling meer dan 35 dB(A) bedraagt.

Het kostenefficiënt dimensioneren van de ventilatie-installatie bij passiefhuizen vergt vaak een innovatieve ontwerpaanpak. Het ontwerp kan rekening houden met een zeer compact gedimensioneerd leidingenstelsel per woning, innovatieve ventilatiemonden met verre worp, die gebruik maken van het coanda-effect, en geïntegreerde apparaten die ventilatie, warmteterugwinning, bereiding van warmtapwater en aansluiting met hernieuwbare energie combineren, in toestellen niet groter dan een koelkast.

CENTRALE WARMTERUGWINNING	
Voordelen	Nadelen
centrale toevoer van verse lucht en afvoer van lucht bespaart op wand-doorboringen in iedere wooneenheid	relatief hoge investering in planning
geen plaats nodig in iedere wooneenheid voor een warmterugwineenheid, eventueel kunnen bestaande schoorstenen en schachten worden gebruikt voor de verticale verdeling	centrale eenheid vergt relatief hoge inspanning in de uitvoering (technische ruimte nodig)
deel van werken en onderhoud (filterwissel) buiten de wooneenheid	verticale kanalen en doorvoeren nodig, evenals voorzieningen brandveiligheid en akoestiek (voortplanting geluid via kanalenetwerk)
akoestische maatregelen ter bestrijding van geluid van ventilatoren buiten de wooneenheid	zeer compacte kanaalnetten in de wooneenheid zijn vaak niet mogelijk de bestaande ruimte-indeling
mogelijk kostenvoordeel door minder componenten (ventilatoren, warmterugwineenheid, vorstbeveiliging, condensaatafvoer, enz.)	
DECENTRAAL SYSTEEM MET WARMTERUGWINNING	
Voordelen	Nadelen
individuele regeling en onderhoud	doorboring van de buitenwand in iedere wooneenheid
geen technische ruimte nodig	akoestische belasting van de ventilator in de wooneenheid
geen geuroverdracht naar woningen van de burens door lekken	plaats nodig in de wooneenheid
geringe investering in ontwerp, standaardoplossingen, prefabricage mogelijk	filter, vorstbeveiliging en condensaatafvoer op ieder toestel
	onderhoud gebruikersafhankelijk

Overzicht van de voor- en nadelen van centrale en decentrale systemen met warmterugwinning [8].

- TABEL 1 -

### WOONBLOKKEN: CENTRAAL OF DECENTRAAL?

De keuze van een ventilatiesysteem hangt vaak samen met de beschikbare ruimte en de investeringskosten. In het bijzonder in de renovatie wordt gestreefd naar optimalisatie van de kosten in de keuze tussen centrale en decentrale ventilatiesystemen. Het beperken van het aantal wand- en vloerdoorvoeren (ook om stof- en lawaaihinder te beperken), de benodigde leidinglengtes en ombouw van structuren spelen een belangrijke rol bij de montagekosten. Hierin dient ook te worden gekeken naar het integrale plaatje. Worden bijvoorbeeld ook de vensters vervangen, dan kan een kanaaldoorvoer worden geïntegreerd

in een venster. In vergelijking met nieuwbouw, ziet men in de renovatie vaker ook decentrale ventilatiesystemen met warmterugwinning.

Volgende tabel geeft een overzicht van de voor- en nadelen van centrale en decentrale systemen met warmterugwinning (naar [8])

### PLAATSBESPARENDE EN INNOVATIEVE OPLOSSINGEN BIJ RENOVATIES

Soms kunnen bestaande ventilatieunits met warmterugwinning, die courant worden gebruikt in de nieuwbouw, niet worden ingezet in renovaties wegens plaatsgebrek. Het is dan

interessant om te opteren voor plaatsbesparende alternatieven, bijvoorbeeld:

- smalle apparaten met aansluiting van de kanalen aan de smalle zijde: deze kunnen gemakkelijker worden geïntegreerd in een verlaagd plafond of achter een voorzetwand. Voorzie een inspectieluik waarbij het condensaat niet afdruipt bij het openen;
- integratie van toestellen in de wand of in de wandisolatie: bij dergelijke decentrale toestellen met warmterugwinning kunnen de kanalen extreem kort zijn, zelfs wegvallen. Voorzie één toestel per ruimte en akoestische dempers en buitenluchtfilters;
- integratie in het venstersysteem (naast, boven of onder het venster in dezelfde opening). Zorg dat de koudebrugwerking van de inbouw van het venster niet te sterk wordt verhoogd;
- integratie van installaties in prefab dakuitbouw.

Voor de toepassing van mechanische ventilatie met warmterugwinning is het vooral van belang om oplossingen naar voren te schuiven die esthetisch niet als hinderlijk worden ervaren. Figuur 3 geeft een voorbeeld van een renovatieproject te Oostenrijk waarbij een ventilatie-eenheid met warmterugwinning per ruimte wordt gebruikt. De impact op de gevel is minimaal. Figuur 4 toont de in dit project gebruikte ventilatie-eenheid met warmterugwinning. Het kastje van nauwelijks 50 op 50 cm wordt aan de binnenzijde op de muur gehangen of in de binnenmuur verwerkt.

Figuren 5 en 6 tonen diverse mogelijkheden voor integratie van ventilatie-eenheden met warmterugwinning. Toevoerleidingen van koude lucht dienen in principe thermisch te worden geïsoleerd. Akoestische maatregelen worden aanbevolen om geluidhinder van de ventilatorkast en transmissiegeluid via de kanalen naar de wanden te beperken.

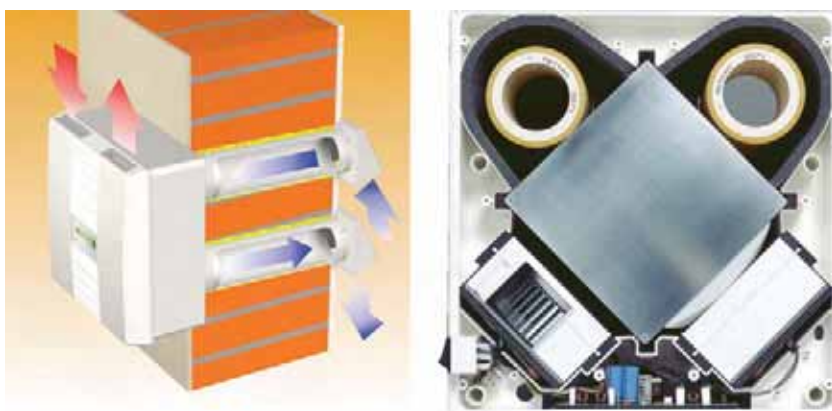
Merk op dat bij renovaties vaak ook het buitenspouwblad wordt afgebroken en vervangen door isolatiemateriaal met steenstrips of beplating. Spouwvulling met isolatiemateriaal kan ook een optie zijn, doch levert meestal niet de voor passiehuizen vereiste thermische transmissiewaarden





Voorbeeld van een renovatieproject te Gazen, Oostenrijk, toepassing van decentrale ventilatie-eenheid met warmteterugwinning (per ruimte). Links: gebouw van 22 appartementen na renovatie naar passiefhuis-standaard, rechts boven: zicht op de decentrale ventilatie-units buiten, rechts beneden: zicht binnen onder afdekkap decentrale ventilatie met warmteterugwinning. (Foto's: E. Mlecnik)

- FIGUUR 3 -



Voorbeeld van een decentrale ventilatie-eenheid met warmteterugwinning, ventilatie per ruimte. (bron: [www.dezentral.info](http://www.dezentral.info))

- FIGUUR 4 -

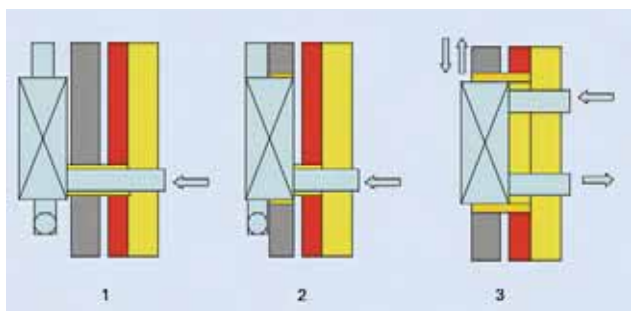
voor wanden. Principieel is het ook mogelijk om de ventilatie met warmteterugwinning te integreren met de inbouw van het venster of met het venster zelf. Architecturaal kan men bijvoorbeeld ook de toe- en afvoeropeningen van het ventilatietoestel verbergen onder een venstertablet [8]. De hinder voor de bewoners is minimaal wanneer de werken zo veel

mogelijk aan de buitenzijde van het gebouw plaatsgrijpen. Figuur 7 toont een principeschema van de verbinding van een dakuitbouw met het voorzien van ventilatie met warmteterugwinning voor de bestaande onderbouw. De centrale leidingen kunnen langs de buitengevel worden geïntegreerd en de inbreuk op de bestaande wooneenheden is minimaal. De nieuwe wooneen-

heid op het dak kan in de praktijk een luxueuze uitvoering hebben en op positieve wijze bijdragen in de kosten van de renovatie.

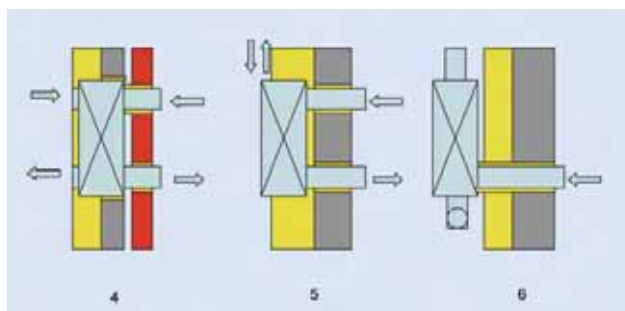
#### WARMTOEVOER VIA DE VENTILATIELUCHT?

Indien de gebouwschil de passiefhuisstandaard bereikt is het in principe mogelijk om de benodigde warmte voor ruimteverwarming toe te voeren via het ventilatiesysteem (terwijl enkel wordt gedimensioneerd op leeflucht), zodat geen afzonderlijk verwarmingssysteem nodig is. Deze optie werd reeds veelvuldig beproefd in nieuwbouw en levert belangrijke kostenbesparingen (besparing op hydraulisch netwerk, warmteafgiftelichamen, verwarmingsketel.). In renovaties is het echter mogelijk dat de passiefhuisstandaard niet wordt bereikt, ook al worden hoogwaardige passiefhuistechnologieën ingezet. De oorzaak hiervan ligt meestal in het feit dat koudebrug-



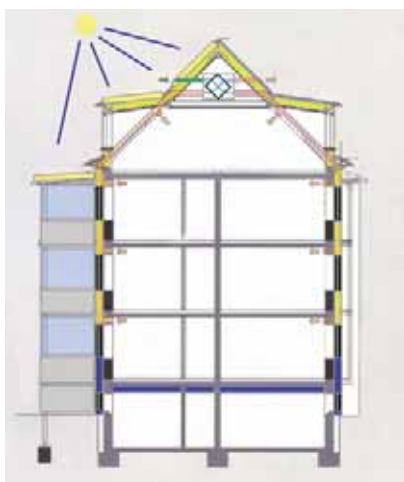
Diverse varianten voor integratie van een ventilatie-eenheid met warmteterugwinning in een wand bij buitengevelisolatie van een spouwmuur (niet exhaustief): 1. warmteterugwinneenheid (WTW) vrij opgesteld in de ruimte; 2. WTW geïntegreerd in binnenspouwblad; 3. WTW geïntegreerd in muur.

- FIGUUR 5 -



Diverse varianten voor integratie van een ventilatie-eenheid met warmteterugwinning in een wand bij binnengevelisolatie van een spouwmuur (niet exhaustief): 4. warmteterugwineenheid (WTW) geïntegreerd in binnenspouwblad; 5. WTW geïntegreerd in isolatie; 6. WTW vrij opgesteld in de ruimte.

- FIGUUR 6 -



**Integratie van centraal ventilatiesysteem met warmteterugwinning in een dakuitbouw [9].**

- FIGUUR 7 -

gen niet kostenefficiënt kunnen worden opgelost (e.g. aan de fundering of de dakrand, de aansluiting met de burens, e.d.). In het bijzonder kunnen daarvoor op het niveau van de begane grond en onder het dak bijkomende warmtebehoefte noodzakelijk zijn, die niet meer kunnen worden getransporteerd door het ventilatiedebiet benodigd voor leeflucht. Indien de passiefhuisstandaard slechts op geringe wijze wordt overschreden, kan een naverwarming in de badkamer al soelaas bieden [7]. Indien wordt geopteerd voor luchtverwarming of menglucht dient men er echter op te letten dat dan weer hogere luchtdebieten nodig zijn, wat gepaard gaat met grotere secties van kanalen, toenemende lawaaihinder en drukval, meer benodigde filterwisselingen en een toenemend risico op tochtthinder. Het plaatsgebrek bij renovatie laat soms ook niet toe om te opteren voor grotere toestellen. Dergelijke systemen dienen geval per geval te worden bestudeerd qua kostenefficiëntie, in vergelijking met klassieke verwarmingsinstallaties. In het bijzonder wanneer al verwarmingssystemen aanwezig zijn, kan worden bestudeerd of een omschakeling en inkrimping van het bestaande systeem op lage temperatuur een oplossing kan bieden.

#### NEVENWERKZAAMHEDEN

De inbouw van een ventilatie-installatie omvat uiteraard diverse nevenwerkzaamheden die van belang zijn in de inschatting van de kosten [10]:

- boringen voor doorvoer van leidingen;

- montage van verlaagde plafonds;
- montage van leidingbekleding;
- schilderwerken;
- elektrische werken (e.g. verlichting in het bereik van het plafond).

Vaak is het nodig om een duidelijke tijdsplanning te hanteren, ten einde de eventuele bewoners zo weinig mogelijk te belasten. Voor de ontwerpers is het noodzakelijk om van iedere afzonderlijke woning een plan op te stellen. In het bijzonder bij meerzinswoningen en appartementsblokken is het kostenefficiënt slagen van een ventilatieproject afhankelijk van een goed communicatieplan met de bewoners:

- het totaalconcept dient te worden voorgesteld aan de bewoners ter instemming;
- de installatie dient voor iedere woning afzonderlijk te worden ontworpen, rekening houdend met bestaande meubels en afwerkingen, wijziging in maatvoeringen ten opzichte van de originele bouwplannen, e.d.;
- de bouwcoördinator en uitvoeringscoördinatoren dienen dagelijks aanwezig te zijn tijdens de werkzaamheden;
- er dient een vaste aanspreekpersoon te zijn voor de bewoners en klachten dienen te worden behandeld;
- met de bewoners dienen vaste afspraken te worden gemaakt voor de uitvoering van de werkzaamheden (bij een goede planning kan de uitvoering in twee dagen per woon-eenheid);
- de bewoner dient door ontwerper en aannemer te worden geaccepteerd als opdrachtgever;
- de installatie dient gebruikersvriendelijk te zijn en de gebruikershandleiding dient gemakkelijk verstaanbaar te zijn.

Voor huurderverenigingen is het bovendien van belang dat alle kosten (ontwerp, uitvoering, onderhoud) vanaf de aanvraag voor samenwerking transparant zijn. De huurders stemmen immers over het tijdstip van de werken, de tijd voor de renovatie in de woningen en de eventuele verhoging of verlaging van de huurprijs na het einde der werken. Tevreden bewoners zijn de beste publiciteit voor een installatiebedrijf.

#### ECONOMISCH ZINVOL?

De hoofdredenen voor de inbouw van ventilatie-installaties met warmterug-

winning in bestaande woningen ligt in het voorzien van luchtkwaliteit en het verhogen van het thermisch comfort van de bewoners. Bij het huidige prijsniveau van installaties en componenten is een louter economische argumentatie op basis van de besparing op ventilatieverliezen door warmteterugwining meestal onvoldoende [7]. Er dient echter te worden onderzocht in hoeverre bij renovaties ventilatie niet in ieder geval noodzakelijk is: bijvoorbeeld voor het vermijden van schimmelvorming en vochtschade is extractieventilatie (mechanisch afvoer-ventilatie) al zeker aan te bevelen. De meerkosten dienen daarom te worden afgewogen ten opzichte van dergelijke hybride systemen die een deel van de energiekosten rechtstreeks de buitenlucht inblazen. Indien men in dergelijk scenario een prijsvergelijking maakt met hoogefficiënte warmterugwineenheden met een thermisch rendement van 86 % dan variëren de kosten per bespaarde kWh warmte van 9 tot 10 eurocent per kWh nuttige warmte, respectievelijk 7 tot 8 cent per kWh indien op de toestellen 50 % korting wordt gegeven bij grote werken [7]. Dit betekent dat bij laag energierenovaties ventilatie-installaties met warmteterugwining al vandaag economisch zinvoller kunnen zijn dan hybride ventilatie-oplossingen.

#### BESLUIT

Renoveren van woningen met passiefhuistechnologie is investeren in een hogere restwaarde van vastgoed. De bewoner profiteert van een verhoogd thermisch comfort in zomer en winter, een gezondere woonomgeving door een verbeterde luchtkwaliteit en een sterk verlaagde energierekening. Het milieu heeft baat bij een permanent verlaagde emissie van broeikasgassen. Buitenlandse voorbeeldprojecten tonen al de doorbraak van innovaties op het gebied van energiezuinige ventilatie bij renovatie. Decentrale en plaatsbesparende ventilatietoepassingen met warmteterugwining doen hun intrede in de bouwmarkt. Dit opent nieuwe perspectieven om te renoveren met zittende bewoners. Tegelijkertijd wordt het bouwproces veeleisender: de aannemers zullen overweg moeten kunnen met prestatiegaranties en participatieprocessen. 

## MEER WETEN?

De beurs Energie 2008 organiseert in samenwerking met OTB TU Delft een workshop rond energiezuinig renoveren. Afspraak op 9 oktober 2008 in de Brabanthallen van 's-Hertogenbosch.

## DANKBETUIGING

Deze bijdrage kwam mede tot stand door uitwerking van onderzoeksbevindingen in het kader van het project LEHR, dat drie onderzoeksteams groepeerde (PHP/PMP, Architecture et Climat – UCL, CSTC-WTCB-BBRI), en dat wordt ondersteund door de Belgische overheid – POD Wetenschapsbeleid.

## REFERENTIES

1. *Promotion of European Passive Houses*, <http://www.europeanpassivehouses.org>
2. Mlecnik, E., *Marketing of Passive Houses: Experiences from the Low Countries, in the proceedings of the first Nordic Conference on Passive Houses*, Passivhus Norden 2008, Trondheim, Norway, pp. 192-201.
3. E-retrofit-kit, *Toolkit for 'Passive House Retrofit'*, <http://www.e-retrofit-kit.eu>
4. Pfluger, R., *Lufthygiene im Passivhaus, in: Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und die Schadstoffausbreitung im Raum*, Protokollband Nr. 23, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut Darmstadt, 2003.
5. *Passivhaus Institut, Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung*, Protokollband Nr. 24, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut Darmstadt, 2004.
6. PHPP 2007, Engelstalige versie: *Passive House Planning Package 2007 Manual + CD-Rom*, 7th revised edition of the Passive House Planning Package, [http://www.passiv.de/07\\_eng/phpp/PHPP2007\\_F.htm](http://www.passiv.de/07_eng/phpp/PHPP2007_F.htm); Nederlandstalige versie: PHPP 2003 Benelux, <http://www.passiefhuisplatform.be>
7. Feist, W., *Lüftung bei Bestands-*

- sanierung, in: Lüftung bei Bestands-sanierung: Lösungsvarianten*, Protokollband Nr. 30, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut Darmstadt, 2004, pp. 1-18.
8. Pfluger, R., *Integration von Lüftungsanlagen im Bestand – Planungsempfehlungen für Geräte, Anlagen und Systeme, in: Lüftung bei Bestandssanierung: Lösungsvarianten*, Protokollband Nr. 30, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut Darmstadt, 2004, pp. 25-48.
9. Zimmermann, M., IEA ECBCS Annex 50, *Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings*, <http://www.empa-zen.ch/A50.htm>
10. Köhler, R.-G., *Modernisierung von Bestandswohnungen mit Wärmerückgewinnungsgeräten aus der Sicht der Wohnungswirtschaft, in: Lüftung bei Bestandssanierung: Lösungsvarianten*, Protokollband Nr. 30, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut Darmstadt, 2004, pp. 19-24.



Comfort-luchtgordijn, model CA



### Sinds 1957 in Nederland

**Redenen van 50 jaar succes:**

- ▶ Productie in Friesland
- ▶ Innovatieve klimaatapparatuur
- ▶ Producent van maatwerk
- ▶ Team van adviseurs met jarenlange ervaring
- ▶ Energie- en kwaliteitsbewust

**Optimaal binnenklimaat, flexibel geregeld!**



Biddle bv, Postbus 15, 9288 ZG Kootsterille, tel. 0512 33 55 55, [www.biddle.nl](http://www.biddle.nl) KLIMAATWERK



**"SAMEN WERKEN WE AAN DE MEEST EFFICIËNTE LEVENSDUUR."**

**AANGENAAM, CARRIER.**

**Wij ontmoeten u graag!**  
[www.carrier.nl](http://www.carrier.nl)



HET IS PRETTIG WERKEN MET CARRIER

airconditioning