WONEN IN EEN PASSIEFHUIS

VOOR HET EERST BINNENMILIEU IN PASSIEFHUIZEN GEMETEN

Passiefhuizen zijn hot. Passiefhuizen worden de norm in 2015. Passiefhuizen zijn volop in het nieuws. En er zijn veel passiefhuis projecten in ontwikkeling. Van de techniek van passiefhuizen beginnen we steeds meer te begrijpen. Maar hoe is het om erin te wonen?


ir. R.M. (Ragna) Clocquet, DHV, Eindhoven


ir. L.A.H (Loes) Joosten, DHV, Eindhoven

In opdracht van en in samenwerking met Aramis Allee-Wonen en met financiële ondersteuning van Agentschap NL is door DHV een onderzoek verricht naar de prestaties van de drie passiefhuizen in de wijk de Kroeven in Roosendaal. De drie passiefhuizen in Roosendaal zijn één van de eerste gerealiseerde passiefhuizen in Nederland. Het ontwerp is van Han van Zwieten Architecten BNA. Onderzocht is in hoeverre het gerealiseerde project voldoet aan de in de ontwerpfase voorspelde prestaties ten aanzien van het energiegebruik en het binnenmilieu.

PASSIEFHUIZEN IN ROOSENDAAL

Op de kop van drie rijen bestaande woningen, op de plaats waar voorheen plantsoenen aanwezig waren, zijn drie nieuwe passiefhuizen gebouwd (zie figuur 2). Oorspronkelijk zijn deze ontworpen als zonnewoning, maar naderhand aangepast aan het passiefhuisconcept.

De drie passiefhuizen in Roosendaal bestaan uit drie bouwlagen. Twee woningen hebben een woonfunctie (Z1 en Z2), de derde woning combineert een kantoorfunctie op de begane grond met wonen op de eerste en tweede verdieping (Z3). Woningen Z1 en Z2 zijn bewoond sinds de zomer respectievelijk de herfst van 2008. Woning Z3 is nog steeds onbewoond en wordt alleen gebruikt voor vergaderingen en rondleidingen.


1

De drie passiefhuizen zoals gebouwd op de kop van enkele rijwoningen (foto Han van Zwieten Architecten BNA)

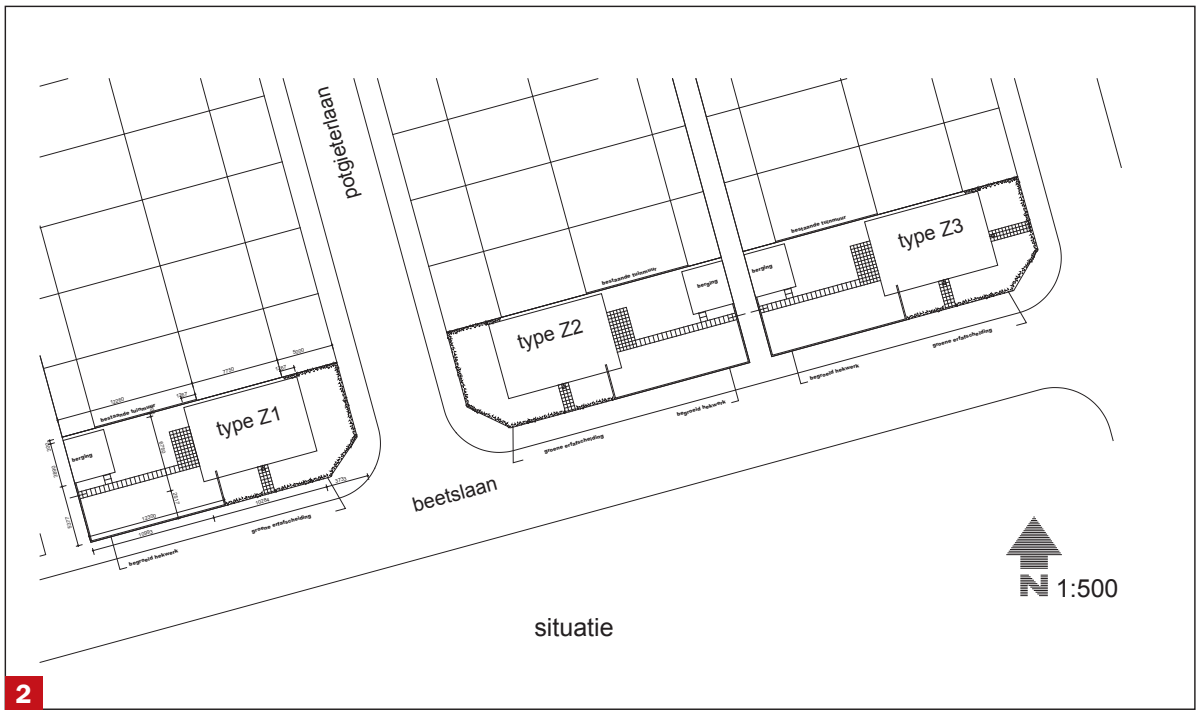
Bouwkundige kenmerken

De warmteweerstand (R_c-waarde) van de dichte delen van de gevel is 10 m²K/W. Het is een door VDM Woningen ontwikkelde houtskeletbouw constructie met houten I-profielen en daar tussenin 380 mm steenwol. In de ramen is drievoudig glas toegepast met een warmtegeleiding (U_{glas}) van 0,58 W/m²K. De ramen zijn geplaatst in nieuw ontwikkelde kozijnen met een warmtegeleiding

Wat is een passiefhuis?

De term passiefhuis staat voor een specifieke bouwstandaard voor woningen met een comfortabel binnenklimaat gedurende het gehele jaar, zowel in de zomer als in de winter. De woning is voorzien van een zeer goede thermische isolatie en zeer goede lucht- en kierdichting van de constructie. Een goed binnenklimaat is verzekerd door een goed functionerend gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Zonwering en nachtventilatie voorkomen hoge binnentemperaturen in de zomer. Voor extreme buitenklimaten in de winter is een kleine naverwarmer aanwezig in de woning. Dit kan in de vorm van een naverwarmer in het ventilatiesysteem of het toepassen van vloerverwarming of een enkele radiator. Het warm tapwater wordt vaak verwarmd met zonnecollectoren. Criteria voor passiefhuizen zijn:

- De totale energievraag voor ruimteverwarming en koeling is maximaal 15 kWh/m² gebruiksoppervlakte.
- De totale primaire energievraag voor alle toepassingen, sanitair warm water en ruimteverwarming en koeling is maximaal 120 kWh/m² gebruiksoppervlakte.
- De luchtdichting van de woning bedraagt maximaal 0,5/h bij een drukverschil van 50 Pa.



2

Ligging van de drie woningen (Z1, Z2 en Z3)

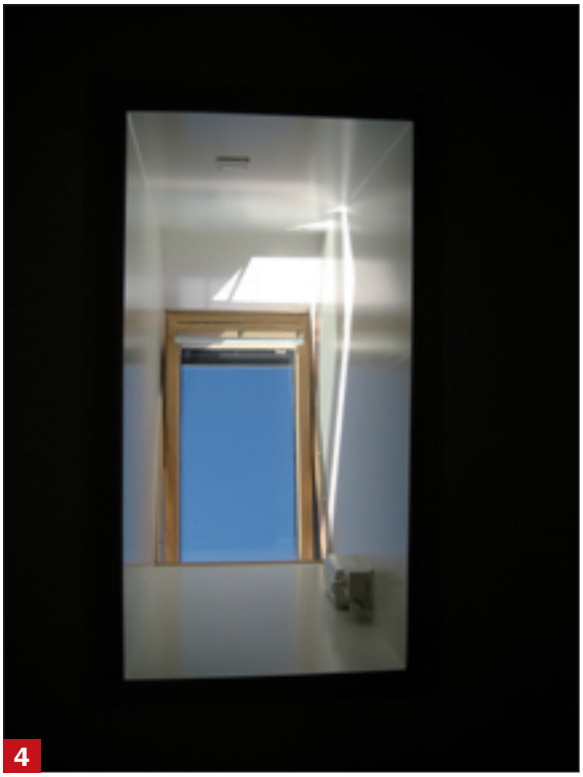
(U_{kozijn}) van 1,09 W/m²K. Koudebruggen in de constructie zijn vermeden door aansluiting van kozijnen op de isolatie en door doorlopende isolatie ter plaatse van aansluitingen. De woning is zeer luchtdicht uitgevoerd, ongeveer vier keer luchtdichter dan de huidige nieuwbouwwoningen.

In de zuid-, oost- en westgevel is buitenzonwering middels screens toegepast. De screens zijn van binnenuit handmatig door de bewoners te bedienen. De pui in de woonkamer, grenzend aan de tuin, heeft een uitvalscherm. In de gevels en in het dak zijn nachtventilatievoorzieningen opgenomen. Met deze voorzieningen is het mogelijk om in de zomer de woning 's nachts af te koelen met buitenlucht. De voorzieningen zijn inbraakveilig te openen. Op de begane grond zijn ventilatieluiken opgenomen met roosters en insectengaas, zie figuur 3. In het dak is een dakraam toegepast die met een afstandbediening kan worden geopend, zie figuur 4. Het raam is voorzien van een regensensor en sluit automa- ▶



3

Nachtventilatierooster in de woonkamer



4

Dakraam op de tweede verdieping ten behoeve van zomernachtventilatie



5 Zonnecollectoren geïntegreerd in de gevel

tisch bij regen. Daarnaast zijn in alle vertrekken draai-kiepramen toegepast.

Installatietechnische kenmerken

De woningen zijn uitgevoerd met luchtverwarming en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (wtw). De warmte wordt opgewekt met een zogenaamd passiefhuistoestel van Brink Climate Systems, een geïntegreerd toestel dat zorgt voor zowel verwarming, warm tapwater en ventilatie met een hoog rendement warmteterugwinning.

In alle woningen is een (andere) vorm van duurzame energie toegepast. Woning Z1 heeft verticale thermische zonnecollectoren in de gevel (zie figuur 5), woning Z2 heeft verticale PV-panelen voor elektriciteitsopwekking in de gevel en woning Z3 heeft een thermische zonnecollector op het dak. Beide thermische collectoren zijn aangesloten op de geïntegreerde zonneboiler combi.

MONITORING PASSIEFHUIZEN [KOP 1E NIVEAU]

Gedurende een jaar zijn bij de passiefhuizen metingen uitgevoerd. De metingen zijn gestart direct na oplevering van de woningen. Dit betekent dat kinderziektes, die zich met name het eerste jaar manifesteren, invloed hebben gehad op de metingen. Ook zijn er gedurende het meetjaar meerdere aanpassingen aan de installaties geweest.

In de woningen is het energiegebruik gemeten. Ten aanzien van het binnenmilieu is het verloop van de temperatuur (T), de relatieve vochtigheid (RV) en de CO_2-concentratie in de woningen gemeten. De temperatuur en relatieve vochtigheid zijn met intervallen van 20 minuten gemeten. De intervaltijd voor de CO_2-metingen is 10 minuten. Behalve de lange duur metingen, zijn ook kort durende metingen uitgevoerd zoals het ventilatiedebiet, capaciteit van zomernachtventilatie en het installatiegeluid. Informatie over het gebruik van de woning is verkregen door het aanbrengen van sensoren in het ventilatiekanaal waarmee het aan/uit schakelen van verwarming is gemeten. De bewoners hebben een logboek bijgehouden waarmee inzicht is verkregen in het gebruik en de ervaringen van de bewoners. Ook bijzonderheden zijn hierin vermeld.

RESULTATEN METINGEN

In dit artikel wordt ingegaan op de resultaten van de woning Z2 waarin de meeste metingen zijn uitgevoerd. Resultaten worden gegeven van de meest kritische perioden: CO_2-metingen in de winter en metingen betreffende behaaglijkheid en comfort in de zomer. Ook de ervaringen van de bewoners worden weergegeven.

Hoe is de luchtkwaliteit?

Figuur 6 geeft de gemeten CO_2-concentratie weer in de woonkamer en de slaapkamer in de winter 2008-2009. Het verloop van de CO_2-concentratie in de vertrekken laat een sterk vergelijkbaar beeld zien met de herfst. De gemeten CO_2-concentratie varieert overdag van ongeveer 400 ppm tot 800 ppm (parts per million), met enkele zeer incidentele pieken. Op basis van deze resultaten kan geconstateerd worden dat in de winterperiode de luchtkwaliteit in de woning goed is. Er wordt voldoende geventileerd voor de aanwezige personen.

Hoe behaaglijk is een passiefhuis?

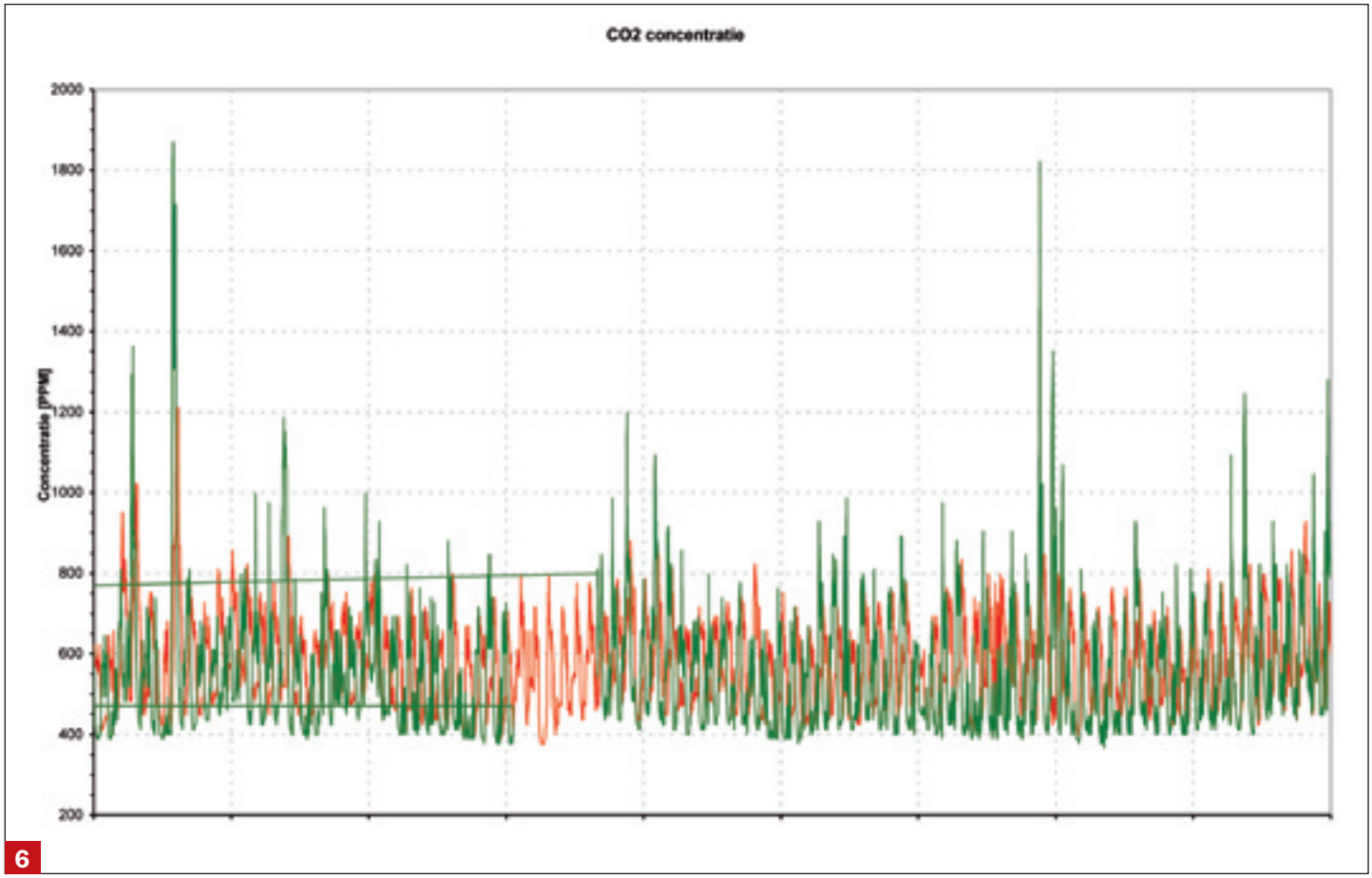
De meetresultaten van temperatuur en relatieve vochtigheid in woning Z2 tijdens de zomerperiode zijn in de behaaglijksheidsdiagrammen weergegeven (figuur 7a en 7b). Tijdens de zomer liggen de gemiddelde binnentemperaturen iets hoger dan tijdens de lente en de winterperiode. Ondanks de hogere temperaturen die optreden in de woning, zijn de meeste daggemiddelde waardes verdeeld over ‘behaaglijk’ en ‘nog behaaglijk’.

Koel in de zomer?

In tabel 1 staat het aantal gemeten temperatuuroverschrijdingsuren van de woning. Het aantal temperatuuroverschrijdingsuren voldoet aan het maximaal vereiste aantal van 300 uren conform GIW/ISSO en de 10% richtlijn van PHPP (Passivhaus Projektierungs Paket).

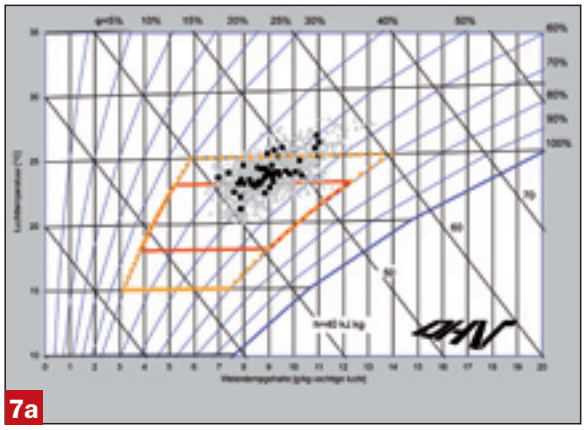
Tabel 1: Temperatuuroverschrijding,weergegeven in aantal uren boven de 25°C.

Ruimte	Temperatuuroverschrijdingsuren [uren]
Woonkamer	174
Slaapkamer	245
Hobbykamer	217
Gemiddeld	212

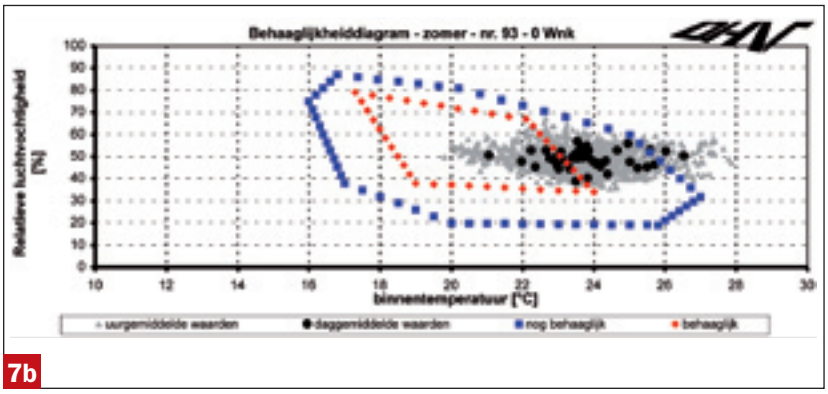


6

Resultaten van de CO2-metingen op de begane grond (woonkamer, groen) en op de eerste verdieping (slaapkamer, rood) tijdens de winter 2008-2009



7a



7b

Behaaglijkheidsdiagrammen weergeven voor de woonkamer van Z2 in de zomer

Hoe hoog (of laag!) is het energiegebruik?

Tijdens de ontwerpfase zijn prestaties (energie en binnenmilieu) berekend met PHPP. Uit de metingen volgt dat de berekeningen redelijk overeen komen met de werkelijke prestaties. Het verwachte gasverbruik op basis van het ontwerp in combinatie met een gemiddelde gezinssituatie bedraagt ongeveer 850 m^3 gas. Het totale gemeten gasverbruik is 966 m^3. Het totale gasverbruik is circa 13% hoger dan het verwachte gasverbruik. Het gemeten gasverbruik voor tapwater is echter lager dan berekend, doordat minder tapwater is gebruikt dan een gemiddeld gezin. Dit betekent dat het gemeten gasverbruik voor ruimteverwarming hoger is dan gemeten. Het gemeten elektriciteitsverbruik is lager dan verwacht. In de woning wonen minder personen dan waarmee gerekend is bij bepaling van het te verwachten elektriciteitsgebruik.

Wat vinden de bewoners?

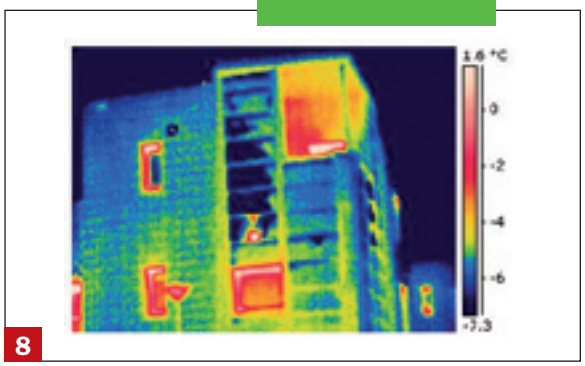
Tijdens de diverse bezoeken aan de woningen hebben we de bewoners gesproken. Daarnaast hebben de bewoners in een logboek opmerkingen geplaatst ten aanzien van het comfort in de woning. Duidelijk is dat de bewoners zich ervan bewust zijn dat ze in een bijzondere woning wonen. Niet alleen door de vele aandacht voor de woningen in de ontwerpfase, maar ook door deze monitoring en de media-aandacht. Hierdoor lijken de bewoners extra kritisch en verwachten ze een hoge kwaliteit. Onderstaand een aantal opmerkingen die bewoners spontaan hebben gemaakt.

Positieve punten:

- De bewoners vinden de woning comfortabel.
- De luchtkwaliteit in de woning is goed.

▶

dit beeld is te klein



8

Thermografie van gevel Z2, ten behoeve van controle van lucht- en thermische lekken (bron Morhenne)

– De bewoners maken gebruik van nachtventilatie. Regelmatig wordt een aantal ramen opengezet, ook tijdens de nacht.

Kritische punten:

– De zonwering wordt niet altijd gebruikt omdat de woning dan binnen te donker wordt. De bewoners voelen echter wel de 'verplichting' om de zonwering te gebruiken.
– De bewoners geven aan dat ze beperkt uitleg hebben gekregen over de toegepaste installaties in hun woning. Zo is er onder andere onduidelijkheid over de werking van de PV panelen en de teruglevering van stroom.
– De dakraamopening is volgens te bewoners te klein uit oogpunt van nachtventilatie.
– Ondanks dat de nachtventilatieopeningen op de begane grond voorzien zijn van inbraakwering, zijn de bewoners bang voor inbraak. Daarom wordt er weinig gebruik gemaakt van deze voorzieningen.

CONCLUSIES MONITORING

Conclusie energiegebruik

Het gasverbruik voor verwarming is dus hoger dan verwacht. De belangrijkste oorzaken hiervan zijn:

– Hoge binnentemperatuur in het stookseizoen: De gemiddelde temperatuur in de woning is hoger dan is berekend in de ontwerpfase, gemiddeld 22°C in de winterperiode ten opzichte van een ontwerptemperatuur van 20°C. Een 2°C hogere binnentemperatuur kan resulteren in een circa 30% hoger gasverbruik.
– Strenge winter: De winter 2008-2009 was in bepaalde perioden erg koud. Uit de vergelijking met het aantal graaddagen van het referentie klimaatjaar en de gemeten winter blijkt dat het aantal graaddagen in de gemeten periode 10% hoger ligt.
– Lagere rendementen van de installaties: Zowel het rendement van de wtw als van de ruimteverwarming zijn theoretische bepaald, onder laboratorium condities. In de praktijk worden de rendementen vermoedelijk niet gehaald doordat de verwarmingsketel gedimensioneerd is op de tapwatervraag. De lucht voor verwarming wordt verwarmd met warmte uit het tapwater boilervat. Het rendement voor opwekking van verwarming kan daardoor overeenkomen met het tapwaterrendement wat veelal zo'n 25% lager is dan een gemiddeld rendement voor ruimteverwarming. Indien het rendement van de wtw in werkelijkheid lager is dan waarmee gerekend is, stijgt het energieverbruik.
– Luchtdichtingvandegebouwschil:Uitluchtdichtheidsmetingen blijkt dat de bouwkundige schil onvoldoende luchtdicht is. Ongecontroleerde lekken zorgen voor extra warmteverlies.

Conclusie binnenklimaat

De luchtkwaliteit in de woningen wordt over het algemeen als goed ervaren. Het ventilatiesysteem zorgt voor voldoende luchtverversing. Ook uit de metingen blijkt dat de CO_2-concentratie voldoende laag is ten opzichte van het aantal aanwezige personen. In de winterperiode zijn enkele pieken met verhoogde CO_2-concentratie gemeten, wat duidt op weinig ventilatie op die momenten in relatie tot het aanwezige personen in de woning, bijvoorbeeld tijdens een feestje. Wat betreft vochtcondities in de woning kan geconcludeerd worden dat de woning dankzij de goede ventilatie nauwelijks vochtig is, eerder iets aan de droge kant.

Conclusie zomercomfort

Met betrekking tot zomercomfort wordt voldaan aan de eisen van het GIW en PHPP. De woning blijft dankzij de zonwering en nachtventilatie voldoende koel. Temperatuurverschillen tussen de verdiepingen en begane grond zijn gering. De verdiepingen zijn over het algemeen wel iets warmer. Dit is te verklaren door de open verbinding tussen de verdiepingen via de trap als deuren op de begane grond open staan.

Toch zijn de binnentemperaturen soms aan de hoge kant. De hogere temperaturen worden veroorzaakt door:

– Het ontwerp: De woningen zijn oorspronkelijk niet als passiefhuis ontworpen maar als zonne-woningen. Een aantal specifieke passiefhuisoplossingen is niet optimaal in de woningen toegepast. Bijvoorbeeld de zonwering. Een passiefhuis maakt bij voorkeur gebruik van overstekken om de zon in de zomer te weren en in de winter te benutten als passieve zonne-winsten. In plaats van overstekken is buitenzonwering toegepast.
– Uitvoering en gebruik van zonwering: De zonwering is uitgevoerd als buitenzonwering in de vorm van screens (zie figuur 9). Deze screens kunnen alleen van binnenuit, handmatig worden bediend. De bediening vraagt echter om een actieve houding van de bewoner. Handbediende zonwering lijkt kritisch te zijn. Het vraagt aandacht van de bewoners en deze zijn niet altijd thuis of in staat om de zonwering te bedienen als de zon gaat schijnen. Een ander nadeel van screens is dat het binnen donker wordt als de screens naar beneden zijn. Dit zorgt ervoor dat de zonwering in de gemeten passiefhuizen niet optimaal wordt benut met hogere binnentemperaturen als gevolg.
– Uitvoering en gebruik van voorzieningen voor nachtventilatie: Het principe van zomernachtventilatie wordt goed toegepast in de woningen. De capaciteit van het dakraam lijkt echter beperkt, door de beperkte openingshoek van het raam. Bovendien gaat het raam dicht bij regen zonder vervolgens weer automatisch te openen. Op de begane grond zijn nachtventi-



9

Buitenzonwering in de vorm van handmatig te bedienen screens is voorzien in vrijwel alle ramen en deuren

latieroosters aanwezig en op de verdiepingen meerdere te openen ramen. Uit de metingen kan geconcludeerd worden dat de voorzieningen van de woningen voldoende capaciteit hebben om een voldoende hoog ventilatievoud te bereiken voor nachtventilatie. De voorzieningen worden niet allemaal optimaal gebruikt.

MONITORING LEIDT TOT VERBETERING [KOP 1E NIVEAU]

De prestaties van de passiefhuizen en het gebruik ervan kunnen verbeterd worden, bijvoorbeeld door:

- Extra voorlichting aan bewoners ten aanzien van gebruik van de installatietechnische voorzieningen.
- Verbeteren van de luchtdichting. Deze maatregel wordt uitgevoerd door de voordeuren te voorzien van een vierpuntssluiting, zodat de deur bewust en beter vergrendeld wordt. Daarnaast worden de openingen rond de doorvoeren, voor aansturing van de zonwering, gedicht met luchtdichte PUR. Tot slot worden de kierdichtingsprofielen in de te openen geveldelen verbeterd.
- De prestaties van de installaties moeten onderzocht worden door de fabrikant/installateur en indien nodig worden aangepast. De recirculatieklep, nu een van de oorzaken van de opgetreden problemen met de verwarmingsinstallatie, zal worden verwijderd.
- Verbetering van zonwering. Toepassen van overstekken (op zuid) of automatische aansturing van de zonwering.
- Gebruiksvriendelijke voorzieningen voor nachtventilatie met name op de begane grond.

COMFORTABEL EN ENERGIEZUINIG GAAN GOED SAMEN

Gesteld kan worden dat de passiefhuizen in De Kroeven op een aantal punten goed presteren. Dit betreft vooral de kwaliteit van de binnenlucht en het stille ventilatiesysteem. De binnentemperaturen zijn soms aan de hoge kant. Dit heeft te maken met het ontwerp, het type zonwering, de uitvoering en het gebruik door de bewoners.

Een belangrijke vraag die we in het begin stelden, was hoe het is om te wonen in een passiefhuis. Als adviseurs waren we al overtuigd van het passiefhuisconcept. Maar het beste bewijs dat het concept goed werkt, is wel de mening van de bewoners. Gelukkig kunnen we stellen dat de bewoners tevreden zijn. Dit project laat zien dat comfortabel én energiezuinig wonen heel goed samen gaan. ■