



TOEKOMST **PASSIEFHUIS** ZUKUNFT PASSIVHAUS

Fachhochschule
Münster University of
Applied Sciences



HANDWERKSKAMMER
MÜNSTER

PASSIEF RENOVEREN



PASSIEF RENOVEREN

Impressum

Titel

Passief renoveren

Auteur

Ir. Jan de Wit
Kenniscentrum Levomgeving,
Saxion

Uitgever

Handwerkskammer Münster
Bismarckallee 1
48151 Münster
Brochure, uitgebracht in het kader van het project
„Toekomst Passiefhuis”

Druk

September 2012

INHOUDSOPGAVE

1. renoveren en passief renoveren	6
2. De techniek van Passief renovatie:	
bouwkundige ingrepen	9
2.1 Bouwkundige schilkwaliteit..	9
2.2 De gevel, de spouw en de thermische eigenschappen	
van bouwmaterialen	9
▪ Luchtdichtheid	10
▪ Koudebruggen	10
▪ Passief kozijnen en deuren	11
▪ De rol van thermische bouwmassa	11
▪ Ruimtelijke impact van installatietechniek	11
3. De techniek van passief renovatie:	
de installatietechniek	12
3.1 Waarvoor zijn installaties in gerenoveerde woningen	
op passiefniveau nodig?	12
3.2 Aan welke eisen en randvoorwaarden moeten de klimaat	
installaties voldoen?.....	12
3.3 Geschikte installatieconcepten voor gerenoveerde	
passiefhuizen	14
▪ Ventilatie	15
▪ Verwarming	17
▪ Warm Tapwater	19
▪ De zonneboiler	20
4. Passief renovatie in Nederland	22
5. Literatuur	26

1. RENOVEREN EN PASSIEF RENOVEREN

Nederland staat voor de enorme opgave de bestaande woningvoorraad te verduurzamen. OP dit moment heeft ongeveer de helft van de woningen een energielabel dat gelijk of slechter is dan E.

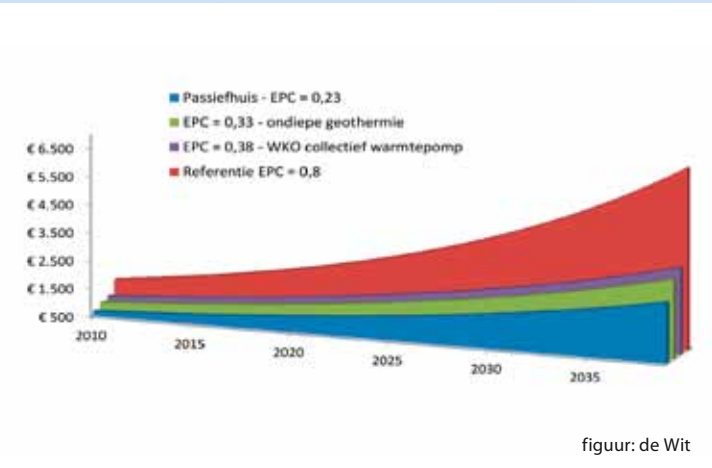
Hoewel deze brochure als uitgangspunt neemt dat men de keus heeft gemaakt om te renoveren, is het toch nuttig om na te gaan hoe men tot deze keuze is gekomen.

Voor renovatie zijn zeer veel argumenten:

- Demografische ontwikkelingen – vergrijzing of juist intensivering
- Om te voldoen aan eigen duurzaamheidsdoelstellingen of aan overeengekomen duurzaamheidsdoelstellingen
- Vereiste kwaliteit om verhuurbaarheid te garanderen,
- Instandhouding gericht op levensduurverlenging,
- Om woonlasten in de hand te houden (waarvan energiekosten deel uitmaken)
- Om nieuwe huurders te trekken
- Om verloedering tegen te gaan
- Sloop/nieuwbouw is om juridische, economische of technische redenen niet mogelijk

Met andere woorden, de vraag of en hoe men gaat renoveren 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.

De bovenstaande argumenten zullen het renovatieplan voor een zekere wijk bepalen. Daarbij is het mogelijk dat men, door voortschrijdend inzicht, alsnog van renovatie afziet door toepassing van sloop en nieuwbouw, of afziet van renovatie omdat sloop en nieuwbouw binnen een afzienbare periode het beste perspectief biedt. Daarnaast kan men uiteraard afzien van renovatie van een zekere wijk omdat de renovatieperspectieven van een andere wijk veel beter zijn (prioritering).



jaarlijkse energielasten passiefhuis (in euro), vergeleken met verschillende andere varianten [3]

Argumenten voor sloop en nieuwbouw kunnen zijn:

- Gewijzigde bestemming van het gebied
- Nieuwbouw is aantrekkelijker uit oogpunt van exploitatie
- Sterke verdichting is gewenst (grote steden)
- Woningen zijn technisch niet te renoveren (bv door funderingsproblemen)

Vaak is het een kwestie van tijdhorizon: als de exploitatieperiode relatief kort is (korter dan 10 jaar), dan is afzien van renovatie voor de hand liggend. Is de exploitatieperiode langer, bijvoorbeeld 30 jaar, dan is ingrijpende renovatie soms aantrekkelijk. Bij langere perioden kan sloop en vervangende nieuwbouw verantwoord zijn. Hoe verder het energiegebruik teruggedrongen moet worden, des te zuiniger de woning in bouwkundig opzicht moet zijn. Deze eisen kunnen de doorslag betekenen voor sloop/nieuwbouw als alternatief voor renovatie. Een typisch lange termijn perspectief is energieneutraliteit of zelfs energie autonomie van een wijk. In dat geval is een uiterst zuinige energiehuishouding ook economisch aantrekkelijk. In dit geval zal de energievoorziening lokaal moeten zijn, waarbij zon, wind en geothermie voor de hand liggen. Voor elektriciteit- en warmte-winning is het van belang dat woningen een groot en maximaal op de zon georiënteerd dak hebben.

Uitgangspunt voor deze brochure is, dat de keus voor renovatie gemaakt is, en men overweegt deze renovatie op passief niveau uit te voeren.

De belangrijkste Passief huis eisen zijn:

1. Finaal warmteverbruik voor ruimteverwarming: maximaal 15 kWh/m²/jaar (renovatie: 25 kWh/m²/jaar)
2. Totaal primair energieverbruik: 120 kWh/m²/jaar (renovatie: 130 kWh/m²/jaar)
3. Het toelaatbaar ontwerpvermogen voor ruimteverwarming volgt uit het minimum vereiste ventilatiedebiet. Dit is bepaald op 10 W/m².
4. Luchtdichtheid ($Q_{v,10,kar} = 0,15 \text{ l/m}^2/\text{sec.}$)
5. De energieprestatie moet worden vastgelegd via de PHPP rekenmethodiek

Label	Totale woningvoorraad	Sociale woningvoorraad
A	4 %	2 %
B	7 %	7 %
C	17 %	17 %
D	22 %	27 %
E	16 %	17 %
F	19 %	18 %
G	15 %	12 %
Totaal	100 %	100 %
Aandeel E+F+G	50 %	47 %

Labels van de huidige woningvoorraad (Bron: DGMR)

Deze eisen houden in dat men de vraagzijde moet beperken en niet, zoals bij de EPG methodiek, met maatregelen aan de aanbodzijde (door installatietechniek en duurzame opwekking) kan bereiken dat de vereiste energieprestatie wordt bereikt. De eisen die aan een passief huis worden gesteld, zijn over het algemeen genomen strenger dan de eisen van het bouwbesluit. In ons klimaat ontkomt men niet aan een behoorlijke isolatie om aan de gestelde eisen te voldoen. Meestal is bij nieuwbouw een gebalanceerd ventilatiesysteem onontkoombaar. Allereerst is het dus de vraag of het technisch mogelijk is de woningen van een zekere wijk op passief niveau te krijgen.

Belemmeringen kunnen zijn:

- De schil is niet op het gewenste Rc niveau te krijgen doordat isolatie aan de binnenkant niet wordt geaccepteerd – dit kan op een eengezinswoning wel 5 – 7 m² woonruimte kosten – en isolatie aan de buitenkant niet mag (bijvoorbeeld in verband met beschermd stadsgezicht).
- De woningen niet luchtdicht te krijgen zijn vanwege de grote interne lekkages (rijwoningen, gestapelde bouw).
- 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 passief huis te voldoen.

Daarnaast kan men het om economische redenen onverantwoord vinden om tot passiefhuis niveau te renoveren.

Bijvoorbeeld omdat de investeringen voor een passief renovatie 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.

Datum	Maximale EPC-waarde nieuwbouwwoningen
15-12-1995	1,4
01-01-1998	1,2
01-01-2000	1,0
01-01-2006	0,8
01-01-2011	0,6
Medio 2015	0,4 (passiefhuisniveau)
01-01-2020	0,0

maximaal toelaatbare EPC-waarde voor nieuwbouw-woningen

Al aangegeven is dat er juridische beperkingen 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 men vaak het eerst op juridische beperkingen, en deze zijn ook meestal het moeilijkst om op te heffen.

De indeling in technisch, economisch en juridisch is arbitrair. Bewoners zullen waarschijnlijk instemmen met de renovatie (juridisch) als de huurverhoging beperkt is (economisch). Als technische ontwikkelingen gaan zorgen voor lagere investeringskosten 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.

Voorbeeld: Passief renovatie woningcorporatie Hestia

Woningcorporatie Hestia te Kerkrade gaat 153 jaren '60 rijwoningen op passief niveau renoveren. Deze woningen hebben zonder (passief) renovatie een resterende levensduur van 18 jaar. Na renovatie is deze resterende levensduur 50 jaar. De gehanteerde huurverhoging bedraagt 360 euro per jaar. De investering bedraagt ca 100.000 euro per woning. De geëiste 3% interne rentevoet wordt gehaald door de levensduurverlenging (32 jaar huuropbrengst), en niet zozeer door de huurverhoging en de energiebesparing.



Passief renovatie van rijwoningen in Kerkrade (woningcorporatie Hestia)

bron: SEV Energiesprong

Renoveren: Volledig passief of slechts voldoen aan de energie-eisen van passiefbouw?
Zoals aangegeven is het in een aantal gevallen niet goed mogelijk om aan alle passief eisen te voldoen, vooral als het gaat om de kwaliteit van de bouwkundige schil en het ventilatiesysteem, terwijl men wel aan de energie eisen van passief renovatie voldoet (25 kWh/m²/jaar ruimteverwarming en 130 kWh/m²/jaar primair totaal).

- Dit geldt bijvoorbeeld voor een renovatierijwoning (standaard Agentschap NL, $EPC \leq 0,6$, 124 m² gebruiksoppervlak [1]). Deze voldoet aan de eis met betrekking tot 25 kWh/m²/jaar en 130 kWh primair energie totaal door:
- De kozijnen te vervangen door passief kozijnen (HR+++ glas, $U = 0,7$)
 - De schilisolatie van de begane grondvloer naar $R_c = 3$, de gesloten geveldelen naar $R_c = 3$, het dak naar $R_c = 4$. Eventueel kan de R_c waarde van het dak verder verhoogd worden.
 - De HR ketel wordt vervangen door de „beste“ HR ketel (met kwaliteitsverklaring).
 - Het toepassen van gedecentraliseerde ventilatie met WTW brengt het primair energieverbruik voor ruimteverwarming op 5014 MJ/jaar, ofwel 1392 kWh/jaar. Dit levert een warmtegebruik dat aanzienlijk is dan 25 kWh/m²/jaar, namelijk 11,22 kWh/m² jaar.

Het totale gebouwgebonden primaire energiegebruik van deze woning bedraagt 34,628 GJ/jaar ofwel 77 kWh/m² jaar. Hiervan komt 14,748 GJ/jaar voor rekening van het gebouwgebonden energiegebruik, ofwel 1597 kWh/jaar, ofwel 33,03 kWh/m²/jaar. Het gebruiksgebonden energieverbruik bedraagt ongeveer 2000 kWh, 41 kWh/m²/jaar primair. Het totale elektriciteitsgebruik zit daarmee iets boven het landelijk gemiddeld (3500 kWh/jaar). Daarmee komt het totaalverbruik op 118 kWh primair per m² gebruiksoppervlak. Hiermee wordt zelfs aan de eisen voldaan met betrekking tot het energieverbruik voor nieuwe passief woningen. Deze woning mag echter geen passiefhuis worden genoemd omdat niet wordt voldaan aan de luchtdichtheidseisen.



De Kroeven Rosendaal. Circa 200 op passief niveau gerenoveerde rijwoningen

Ook is deze berekening niet gemaakt met het PHPP rekenprogramma, maar het EPC rekentool. De luchtdichtheidseisen voldoen overigens wel aan het bouwbesluit (0,625 l/m²/sec).

	Elektriciteit	Aardgas
Verwarming	0	5014
Hulpenergie verwarming	2917	0
Tapwater	0	13794
Ventilatie	4819	0
Verlichting	7012	0
Totaal	14748	18808
CO ₂ [kg/MJ]	0,0613	0,0506
CO ₂ [kg]	904	952

Primair energiegebruik (MJ/jaar) van een renovatie referentie rijwoning (AgentschapNL) met beperkte isolatie maar wel met geavanceerde ventilatietechniek. Deze woning is geen renovatie passief woning, maar voldoet wel aan de energie eisen die gelden voor een renovatie passief huis (< 25 kWh/m²/jaar voor ruimteverwarming en < 130 kWh/m²/jaar totaal) De Wit, Saxion

De investeringen in de schil zijn niet precies aan te geven, maar ze zijn betrekkelijk beperkt. De investeringen worden gedomineerd door het decentrale gebalanceerde ventilatiesysteem en door de passief kozijnen. De totale investeringen bedragen ongeveer € 35000 – € 40.000 per woning. Deze investeringen in deze woning zijn echter aanzienlijk lager dan in een volledige passiefrenovatie, waarbij het investeringsniveau rond de 90.000 – 100.000 liggen. Hieruit blijkt dat aan de energie eisen van passief bouw kan worden voldaan zonder dat aan alle eisen van passief bouw wordt voldaan.

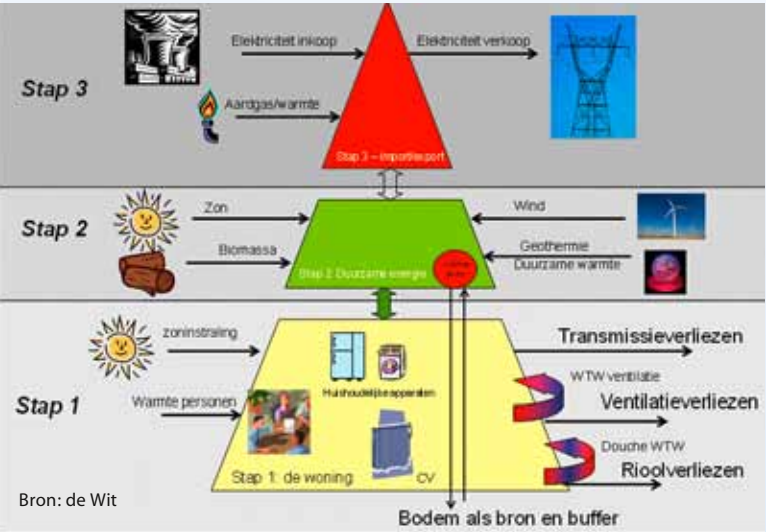
Bij nieuwbouw blijkt, dat passief bouw niet veel duurder is dan conventionele bouw waarbij aan het bouwbesluit wordt voldaan. Een voorbeeld hiervoor zijn de vijf voorbeeldprojecten van Agentschap NL[2]

Afwegingen:

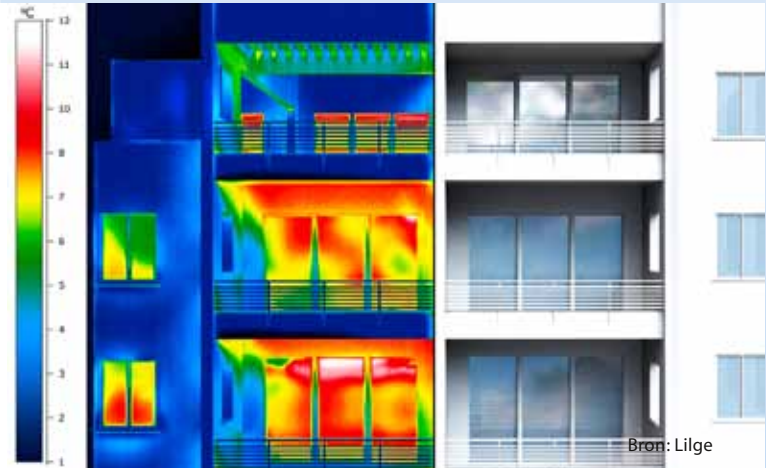
- Rigoureuze schilrenovaties tot het niveau van passiefbouw zijn bij renovatie zeer kostbaar. Voor rijwoningen is deze maatregelen niet nodig om aan de energie eisen van passief huizen te voldoen.
- De energie eisen die aan passief huizen worden gesteld zijn onvoldoende om (op termijn) een energieneutrale of energie autonome woning te realiseren. Passief bouw is, vooral wanneer aan veel sterenger eisen wordt voldaan mbt het primaire energieverbruik dan thans is voorgeschreven bij passief woningen, 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 heeft men de kans om het in ‘een keer’ goed te doen. Daarom is het aanbevelingswaardig om passief bouw als minimum te beschouwen. Het is verstandig om het perspectief op 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 passief woningen, 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 te gaan voldoen mbt passief woningen. Het omslagpunt ligt ongeveer bij een levensduurverlenging van 25 jaar. Is de levensduurverlenging korter dan 25 jaar, dan is passief renovatie niet verantwoord, maar kan aan de energie – eisen van passief renovatie worden voldaan. Bij een levensduurverlenging van 25 – 35 jaar is volledige passief renovatie aan te bevelen. Is de levensduur langer dan 35 – 40 jaar, dan is sloop en vervangende passief nieuwbouw aan te bevelen.



Trias Energetica – Strategie om de volgorde van energiebesparende maatregelen en duurzame energie vast te stellen.



Infrarood opname van de aansluiting van een balkon. Balkons vormen vaak zeer moeilijk te vermijden koudebruggen

2. DE TECHNIEK VAN PASSIEF RENOVATIE: BOUWKUNDIGE INGEPEN

2.1 Bouwkundige schilkwaliteit

Onder bouwkundige schil wordt verstaan: alle elementen die de binnenzijde van de buitenzijde van de woning scheidt: de gevels, de deuren en kozijnen, de begane grondvloer en het dak. De bouwkundige schil is het onderdeel van de woning dat cruciaal is voor de thermische kwaliteit van de woning. Een woning zal nooit een passief woning kunnen zijn zonder een zeer goede bouwkundige schil. Overigens is deze schil ook essentieel voor de actieve en passieve energiewinning van de woning. Dus niet alleen de bouwkundige schilkwaliteit, ook de aard, de grootte en de oriëntatie van de bouwkundige schil zijn cruciaal om aan de gestelde energie eisen – vooral als naast passief certificering ook energieneutraliteit of energie autonomie geleverd moet worden.

Bij renovatie starten de overwegingen bij een inspectie van de bouwkundige schil. Deze inspectie is medebepalend voor de keus van sloop of renovatie, en of men voor volledige passief renovatie kiest of slechts wil voldoen aan de energie eisen van passief bouw.



Controle van de bouwschil met een infrarood camera

2.2 De gevel, de spouw en de thermische eigenschappen van bouwmaterialen

Door het raadplegen van de het oorspronkelijk ontwerp van de woning en door locale inspecties kan men de transmissie van de huidige gebouwschil vaststellen. Men kan daarbij gebruik maken van infrarood thermografie, van 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 men nagaan hoe breed de spouw is om vast te stellen 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 isolatie materiaal goed kan worden aangebracht. Een openliggende spouw is natuurlijk ook een goed middel om na te gaan of 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 een Rc van minimaal ca. 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 toegepast kan worden. Binnenisolatie heeft als groot nadeel dat de woning kleiner wordt. In West Nederland is het binnenoppervlak van een woning soms 5000 euro per m² waard. Als tengevolge van binnenisolatie 3 m² vloeroppervlak wordt gebruikt – bij een omtrek van 15 meter en een binnenisolatie van 20 cm – dan kost dat € 15.000!



Opstelling Blower door test in de praktijk

De meerkosten van het toepassen van zeer hoogwaardige isolatiematerialen – zoals resolschuim – die deze dikte kunnen beperken tot 10 cm „mogen“ dus € 7. 500 zijn.

Luchtdichtheid

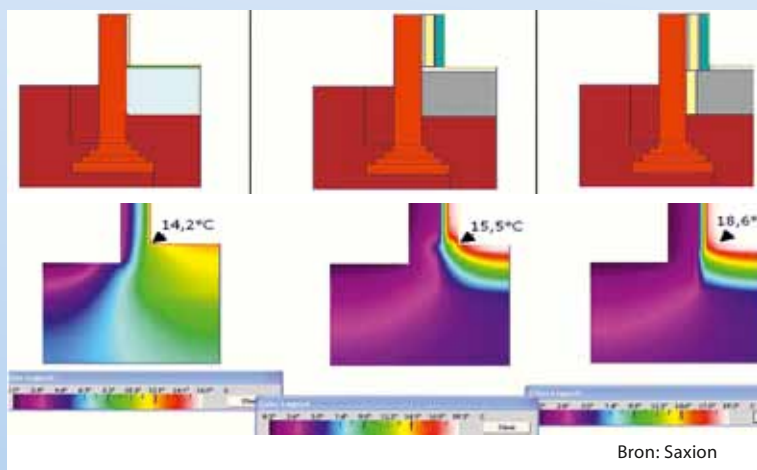
Het passief concept gaat ervan uit dat aan hoge eisen met betrekking tot luchtdichtheid wordt voldaan. Hiervoor zijn drie redenen aan te voeren:

- Als de woning zeer luchtdicht is, dan kan precies aan de ventilatie eisen worden voldaan met betrekking tot gezondheid, onafhankelijk van het buitenklimaat.
- Als de woning zeer luchtdicht is, dan kan precies aan de eisen worden voldaan met betrekking tot energiegebruik, onafhankelijk van het buitenklimaat.
- Voor de kwaliteit van de ventilatie is uiteraard ook een goed gebalanceerde ventilatie inrichting met warmteterugwinning, liefst met CO₂ sturing, vereist. Voor passiefhuizen geldt: $Q_{v10, kar} = 0,15 \text{ l/m}^2/\text{sec}$.

Luchtdichtheid wordt gemeten met een zogenaamde blower door test. 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 bereikt kan worden. Dit is zeer afhankelijk van de omstandigheden.

Koudebruggen

Naast de beperkte spouwbreedte is de aanwezigheid van moeilijk te elimineren koudebruggen hét grote probleem van passief renovatie. 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 heeft, heeft een brugoppervlak van ca. 6 m² naar deze fundering. Bij een lambada waarde van beton (1,4 W/mK) veroorzaakt dit bij een effectieve „dikte“ van 20 cm en een temperatuurverschil (DT) van 10 K een warmtestroom van 420 W, ofwel 1680 kWh/jaar (4000 uur/jaar).



Constructie buitenmuur – begane grond vloer en het effect op het temperatuurverloop, links voor de bouwkundige renovatie, midden/rechts thermische isolatievarianten

Dit is in dezelfde orde van grootte wat een passief huis 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, zelfs iets toeneemt. Bovendien kunnen vochtproblemen ontstaan tengevolge van condensatie. Omdat voor goede vloerisolatie aan de bovenzijde is niet voldoende ruimte beschikbaar is, zal men de begane grondvloer thermisch moeten scheiden van de fundering, als dit technisch mogelijk is.

Passief kozijnen en deuren

Bestaande kozijnen en deuren zullen in veel gevallen vervangen kunnen worden door passief kozijnen met triple glas (HR+++ glas). Dit is bouwkundig goed uitvoerbaar. Bovendien verfraait dit de woning, wordt koudeval voorkomen, wordt de inbraakveiligheid verhoogd. Passief kozijnen – mits goed gemonteerd – verminderen de infiltratie en verbeteren de luchtdichtheid van de woning, hoewel daar voor geldt – net als voor de aanwezigheid van koudebruggen – dat de ketting zo sterk is als de zwakste schakel. Deze eigenschappen van passiefkozijnen worden over het algemeen door de bewoner (huurder of eigenaar) goed gewaardeerd, en deze kozijnen 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, omdat de spouw open komt te liggen.

De rol van thermische bouwmasa

Thermische massa heeft invloed op het binnenklimaat door de bufferwerking: met name 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 warmtekort ontstaat (avond) en de temperatuur van de woonruimten niet te snel te laten stijgen. Het is echter wel zaak bij het instellen van de regelininstallatie en de zonwering rekening



XPS isolatie aan de buitenzijde van de fundering om koudebruggen te vermijden

te houden met de thermische traagheid die de thermische massa veroorzaakt. Zo wordt voorkomen dat de ruimtetemperaturen met name in de middag boven de gewenste waarden stijgen. Door het toepassen van een warmtepomp met vloerverwarming en bodembron kan dit voorkomen worden door de vloer passief te koelen met de bodembron. In feite wordt de gebufferde warmte hiermee verplaatst naar een nuttige(r) plaats.

Ruimtelijke impact van installatietechniek

Het terugwinnen van warmte uit ventilatielucht is zeer belangrijk bij zeer zuinige woningen, in het bijzonder in passief woningen. Het is zelfs zo, dat het merendeel van de aangewende warmte voor ruimteverwarming verloren gaat via ventilatie als er geen warmteterugwinning wordt toegepast. Goede gebalanceerde ventilatie vraagt echter om kanalen van zekere minimum afmetingen. Bij volledige passief renovaties waarbij het buitenblad van de gevels wordt vervangen ontstaat vaak voldoende ruimte voor ventilatiekanalen. Wanneer dit niet het geval is, dan is insping van een gebalanceerd ventilatiesysteem vaak niet mogelijk. De oplossing is dan: het toepassen van een decentraal gebalanceerd ventilatiesysteem.

Een alternatief is het toepassen van een warmtepompboiler, waarbij de warmte in de afgewerkte ventilatielucht wordt gebruikt als bron voor de tapwaterwarmtepomp met opslagvat (= warmtepompboiler). De warmtepompboiler bespaart energie ten opzichte van een systeem met mechanische afzuiging zonder warmteterugwinning. De besparing ten opzichte van een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning (centraal of decentraal) is echter negatief. Hierdoor is het moeilijk om aan de warmtevraag van 25 kWh/m²/jaar voor passiefrenovatie te voldoen. Aan de totale warmtevraag van 130 kWh/jaar is eenvoudiger te voldoen met een warmtepompboiler, omdat het elektrisch energieverbruik van de warmtepompboiler gecompenseerd kan worden door het inzetten van zeer zuinige huishoudelijke apparatuur en LED verlichting.



Doorsnede van een passief kozijn

3. DE TECHNIEK VAN PASSIEF RENOVATIE: DE INSTALLATIETECHNIEK

3.1 Waarvoor zijn installaties in gerenoveerde woningen op passiefniveau nodig?

Zoals gesteld wordt met passief bouw getracht het energieverbruik zo laag mogelijk te krijgen en energieverbruik dus zoveel mogelijk overbodig te maken. Toch zijn ook in passiefhuizen installaties nodig om een goed binnenklimaat te handhaven en om in de behoefte aan warm tapwater te voorzien.

Omdat de bouwkundige mogelijkheden in renovatiewoningen vaak wat beperkter zijn dan bij nieuwbouwwoningen, komt het accent wat meer op de mogelijkheden van de installatietechniek te liggen. Echter er zijn ook installatietechnische beperkingen bij renovatie: de aanleg van een centraal gebalanceerd ventilatiesysteem is vaak niet mogelijk. Ook het slaan van een bodembron voor een warmtepomp en het aanleggen van vloerverwarming is meestal problematisch. Daarom zal bij renovatie eerder worden gekozen voor lucht/lucht warmtepompen. Duurzame installatie „op het dak” zijn zoals PV panelen en zonnecollectoren is vaak wél mogelijk.

De dimensionering en de prioriteit van de installaties ligt echter duidelijk anders dan in traditionele woningen:

1. Een goed ventilatiesysteem met warmterugwinning is essentieel voor de **gezondheid** in passiefhuizen vanwege de – uit oogpunt van energiegebruik – zeer hoge luchtdichtheid van passiefhuizen. Een passiefhuis is ook zonder de ramen te openen hygiënisch: de luchtkwaliteit is in huizen met een goed ontworpen en uitgevoerd gebalanceerd ventilatiesysteem hoog, terwijl schadelijke stoffen, kooldioxide, luchtjes en hoge luchtvochtigheid door een continue luchtstroom direct afgevoerd worden.
2. Door de zeer goede isolatie en luchtdichtheid is het **risico van oververhitting** de zomer groot. Installatietechnische voorzieningen en bouwkundige voorzieningen om dit tegen te gaan zijn dus van groot belang. Uiteraard met zo min mogelijk (primaire) energiegebruik.
3. Er is ook in een passief huis enige **warmte** nodig om de warmteverliezen in de midwinterperiode te compenseren. Hiervoor is een verwarmingsinstallatie nodig.
4. Tot slot is er in een passief huis warmte nodig voor **warm tapwater** en huishoudelijke processen zoals koken. Deze installaties zijn voor passiefhuizen niet wezenlijk anders dan voor traditionele huizen. Energiezuinigheid van apparaten (liefst A+++) is uiteraard gewenst in verband met a) energiezuinigheid én b) de vermindering van de verstoring van het binnenklimaat.

Passiefhuizen zijn dus niet energieneutraal, maar een passief huis is wel een uitstekend middel om conform de Trias Energeti-

ca 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 – verkocht worden met het elektriciteitsnet.

Woningen die op passief niveau worden gerenoveerd kunnen gebruik maken van de reeds aanwezige energie infrastructuur. Om deze reden zal men in gerenoveerde woningen vaak gebruik maken van aardgas of stadsverwarming.

Van oudsher was er veel aandacht voor de ruimte verwarming, waarbij centrale verwarming gangbaar werd in de jaren '60 en daarmee de energieverstopping. Aan ventilatiesystemen werd weinig tot geen aandacht besteed doordat de woningen erg „lek” waren en de werkelijke – natuurlijke – ventilatie niet zelden 5 tot 10 keer zo groot was als vereist. Hierdoor was het dichten van kieren vervolgens riskant door het ontbreken van een actief ventilatiesysteem. Hierdoor was het risico van oververhitting overigens minder groot, ook al door de wat koelere zomers dan thans.

Het is van groot belang dat ontwerpers van de renovatie tot passief niveau en de installateurs van de hierin toegepaste installaties zich deze omwenteling in installatie prioriteit goed realiseren en navenant handelen.

3.2 Aan welke eisen en randvoorwaarden moeten de klimaat installaties 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 buitenklimaat, de kavelgrootte, de (mogelijke) zon oriëntatie;
2. Het bouwkundig ontwerp, de A/V verhouding, de grootte, de isolatiegraad;
3. Het gebruik van de woning en mogelijk aanvullende eisen (bv met betrekking tot flexibiliteit van indeling)

Bij renovatiewoningen liggen deze omstandigheden vaak al volledig vast. Het is echter goed dat men zich de invloed van deze omstandigheden realiseert.

Deze omgevingsfactoren kunnen omgezet worden in eisen per seizoen:

Winter

Door gebruik te maken van een overstek 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 voldoende om een passiefhuis van 150 m² op temperatuur te houden. In renovatiewoningen die voldoen aan de energie eisen die passief bouw stelt zal dit vermogen iets hoger liggen (ca 3,75 kW). In Nederland worden slaapkamers vaak alleen bij extreme kou verwarmd. Belangrijk is daarom om trapopeningen af te sluiten van verwarmde ruimten, zodat slechts de benedenverdieping verwarmd hoeft te worden.

Ook de aanzuiging van buitenlucht voor ventilatie heeft speciale eisen voor het winterseizoen. Zo moet voorkomen worden 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 worden voorverwarmd. Voorverwarming kan door middel van een warmterugwin-unit, waarbij afgezogen vertrek lucht de koude buitenlucht in een warmtewisselaar voorverwarmd; Dit zal bij renovatie veelal op een decentrale manier moeten worden toegepast in verband met het aanleggen van kanalen. Ook kan de lucht worden voorverwarmd via een bodemwarmtewisselaar. In de winter kan het comfort worden verhoogd door bevochtiging van lucht. De koude buitenlucht buiten heeft 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. Veel mensen krijgen dan last van rode ogen of een jeukerige huid.

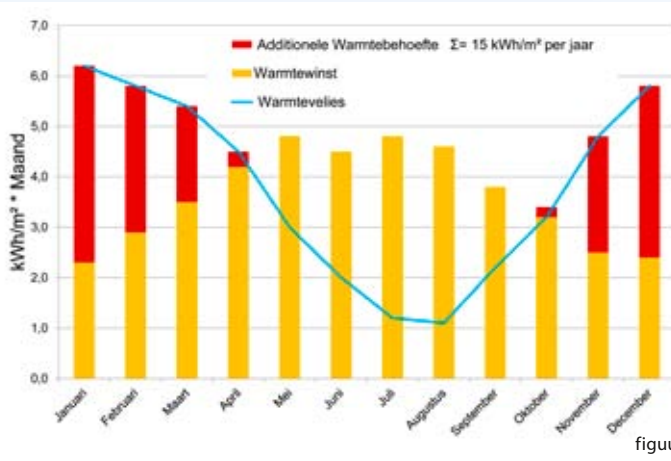
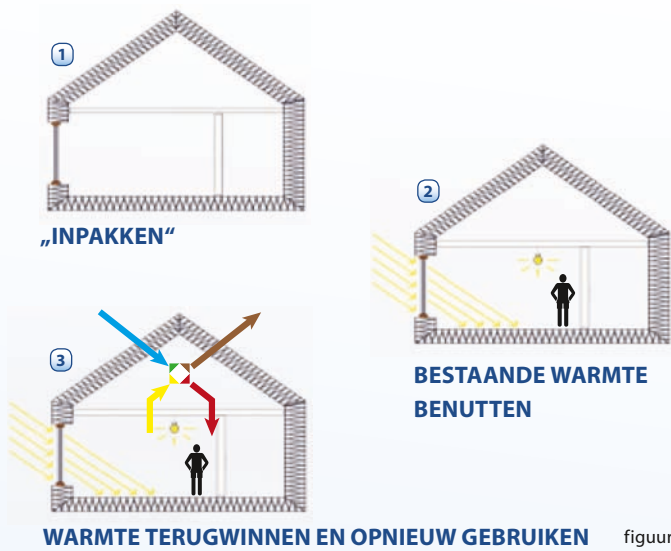
Voorjaar en Najaar

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 en dat dus de verwarmingsinstallatie zo weinig mogelijk aan staat. Invallend zonlicht moet zowel zorgen voor warmte in de woning, als voor verlichting in de vertrekken. Een goed ontworpen passiefhuis heeft geen extra verwarmingsvermogen voor ruimteverwarming nodig in het voorjaar en overdag geen (kunst)verlichting. Doordat de herfst vaak minder zonnig is dan het voorjaar, is het 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 (feestje).

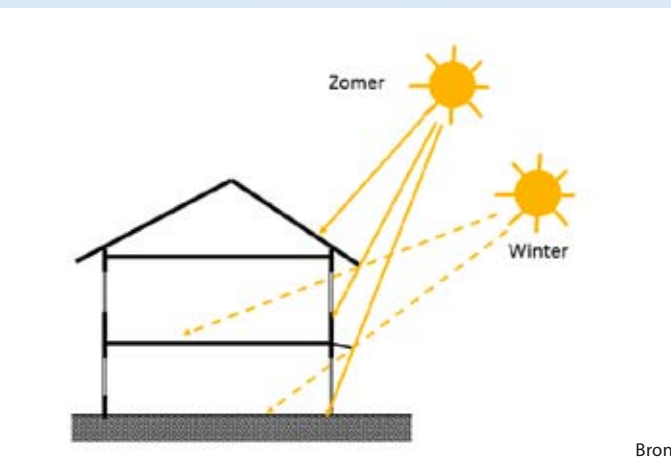
Zomer

In de zomer moet de warmte van de zon geweerd worden. Zou dat niet gebeuren, dan stijgt de temperatuur in de woning snel en door de goede isolatie koelt het vervolgens minder snel af. In de maanden mei t/m september is er een warmteoverschot door invallend zonlicht.

De mate van zomercomfort is gedefinieerd in termen van uren temperatuuroverschrijding boven een bepaalde waarde.



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



een passiefhuis wordt zo ontworpen dat zonlicht in de winter wordt doorgelaten en in de zomer geweerd wordt

De PHPP methodiek en de EPG hanteren een bovengrens van 25 °C. Bij een passiefhuis mag niet meer dan 5 % van alle uren in het jaar de binnentemperatuur boven de 25 °C komen. Het verminderen van oververhitting kan op verschillende manieren gebeuren. Het weren van, bij een passiefhuis indirect (!), invallend zonlicht geschiedt het beste dak overstekken (die bij renovatie in de vorm van zonnroosters boven de vensters kunnen worden aangebracht) en door een buitenzonwering (onderdeel van het installatietechnisch ontwerp).

Daarnaast het aan te raden zoveel mogelijk gebruik te maken van zogenaamde (zomer)nachtkoeling. Dit betekent dat 's nachts, wanneer de buitentemperatuur laag is, geventileerd wordt, terwijl overdag ventilatie zo veel mogelijk wordt voorkomen om de warme lucht buiten te houden. De woning koelt hierdoor meestal voldoende af, indien een ventilatievoud van minimaal 4x per uur gehanteerd wordt. De thermische traagheid van de woning en het interieur leidt ertoe dat de binnentemperatuur gedurende de dag graden lager blijft dan zonder nachtventilatie mogelijk is.

In combinatie met goede zonwering en balansventilatie gedurende de dag, is in veel gevallen op energiezuinige wijze een goed binnenklimaat te bereiken.

De inpassing van warmtepompen met bodemwarmtebron met bijbehorende vloerverwarming is vaak problematisch.

De installatievarianten voor renovatie passief bouw

Functie	Aandrijfenergie/hulpenergie	Energiebron	Opweksysteem	(Overdragend) medium	Afgiftesysteem
Ventilatie	elektriciteit	binnenlucht/ buitenlucht	Decentrale gebalanceerde ventilatie met WTW (bypass)	lucht	direct
Voorkomen Oververhitting	elektriciteit	buitenlucht (eventueel via bodembuis)	Decentrale gebalanceerde ventilatie met WTW bypass	lucht	direct
	(elektriciteit)	–	Zonwering	straling	–
	elektriciteit	bodemkoude	Bodemwisselaar	water	Vloerverwarming
	elektriciteit	lucht in woning	PV gedreven airco	koudemiddel	luchtbuizen
Verwarming	zonne straling	lucht in woning	Absorptie airco	koudemiddel	luchtbuizen
	elektriciteit	aardgas	CV ketel	water	Radiatoren/ vloerverwarming
	elektriciteit	bodem/grondwater	Warmtepomp	water	Vloerverwarming
	elektriciteit	lucht	Warmtepomp	water/lucht	Radiatoren/ luchtverwarming
Warm tapwater	elektriciteit	aardgas	Combi CV ketel	water	Tapwater
	elektriciteit	lucht	Combi warmtepomp	water	Tapwater
	elektriciteit	zonnestraling	Zonneboiler	water	Tapwater
	–	elektriciteit	(close-in) Boiler	water	Tapwater

In een aantal gevallen is centrale gebalanceerde ventilatie met WTW problematisch. Ook het aanleggen van een warmtewisselaar met bodembron en vloerverwarming zijn meestal niet mogelijk. (De Wit, Saxion)

3.3 Geschikte installatieconcepten voor gerenoveerde passiefhuizen

Welke installaties zijn geschikt voor het renovatie passiefhuis? De vraag zelf is eenvoudiger dan het antwoord. De PHPP vereist overigens gecertificeerde verwarmings- en ventilatiesystemen. Het beslisdiagram kan ondersteunen bij de installatiekeuze. In de nieuwbouw is de keuzevrijheid ruimer dan in de renovatiebouw.

Ventilatie

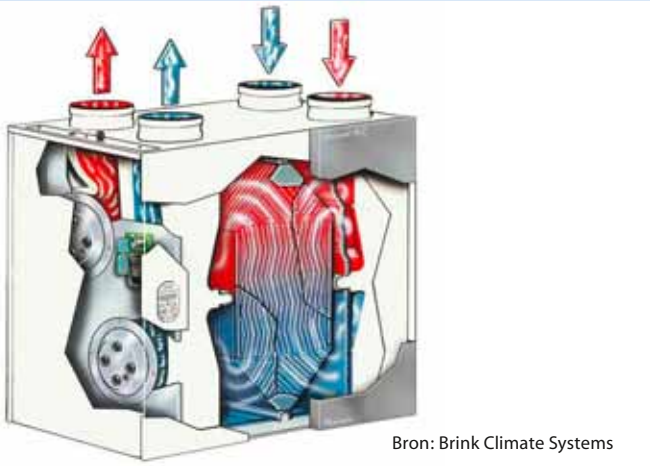
Om aan de EPC eisen van nieuwe woningen te voldoen (nu: EPC = 0,6, in 2015: EPC = 0,4) is een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning vrijwel onontkoombaar. Gezien de eisen die aan een passiefhuis worden gesteld ligt toepassing van gebalanceerde ventilatie met WTW dus zeer voor de hand. In de renovatiebouw zal dit veelal een decentraal systeem zijn, dus gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning per vertrek.

Naast de eisen met betrekking tot de EPC waarde dient er aan vele technische eisen voldaan te worden (NEN 1087, NEN 8087, NPR 1088). Belangrijk zijn de eisen met betrekking tot geluid. Deze eis houdt in dat het geluid dat de ventilatie veroorzaakt beneden de 30 DB(A) blijft.

Dit heeft als gevolg dat geluid zoveel mogelijk voorkomen moet worden door a) het toepassen van lage luchtsnelheden en weinig stromingsweerstand door bochten etc. en b) door effectieve geluiddemping. De eerste eis heeft als extra voordeel dat het mechanisch energiegebruik van de ventilatie installatie laag zal zijn. Dit laatste is van groot belang om het EPC traject 0,6 naar 0 kosteneffectief af te leggen. Lage luchtsnelheden vereisen wel een zekere minimum kanaaldiameter, waardoor de kosten wat hoger zijn en dus de bouwkundige impact. Vooral bij renovatiebouw kan dat een probleem zijn.

Zoals reeds gesteld, is met een balansventilatie systeem gelijktijdig ventileren en verwarmen mogelijk. De lucht wordt dan verwarmd met elektrische verwarming of met warm water dat is opgewekt met een warmtepomp of HR-ketel. De uitstekende schilisolatie en de luchtdichtheid van het passiefhuis hebben nog een bijkomend positief effect, er komt minder geluid van de straat en het verkeer naar binnen. Geluid van installaties in de woning is dan duidelijk hoorbaar en mogelijk zelfs storend. Vooral het geluid van ventilatiesystemen in woningen levert klachten van bewoners op. In beginsel is de eis voor de geluidsdruk in de woning gesteld op < 30 dB(A), terwijl gestreefd moet worden naar maximaal 25 dB(A).

Dit is alleen bereikbaar bij een werkelijk integraal ontwerp van de woning (bouw- en installatietechniek) en vraagt veel kennis van de ventilatietechniek.



Voorbeeld ventilatie unit met WTW



Uitmondingen decentraal ventilatiesysteem (rechts: opengewerkt, binnenzijde) in een passief woning in Graz, Oostenrijk.



Een gemonteerd ventilatiesysteem met WTW

Voorkomen oververhitting

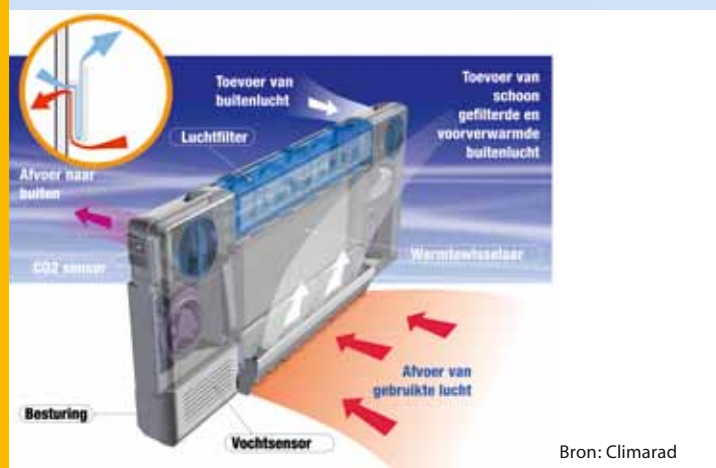
Ongecontroleerde zoninstraling en interne warmtelast kunnen de gewenste temperatuur van een gerenoveerd passief huis ernstig doen overschrijden. Bij een warmtevraag van ca 100 W per graad Celsius – typisch voor een passief huis – betekent dit, dat een bezoek van 10 personen de temperatuur stationair met ongeveer 10 K doet stijgen. Omdat ook de ventilatie moet toenemen – het ventilatiesysteem moet hierop zijn ingericht, liefst via sturing op basis van CO₂ – is extra ventileren in de bypass stand voor de hand liggend.

Zonwering – liefst automatisch – en dak overstekken – bij renovatie: zonnepanelen – zorgen ervoor dat ongewenste zoninstraling wordt voorkomen. In de warme tijd van het jaar zorgt ventilatie in de nacht voor de afkoeling van de woning, zodat er's ochtends weer een aangename temperatuur heerst. De relatief koude buitenlucht wordt hierbij 's nachts door de woning geleid.

Als de buitentemperatuur niet te hoog is (felle zon in voor- en naseizoen), dan kan met natuurlijke ventilatie (ramen open) de nodige afkoeling worden bereikt. Risico is heir wel dat er tocht optreedt en dat de afkoeling te sterk kan zijn. Daarnaast is het van belang dat apparaten en verlichting zo zuinig mogelijk zijn. Dit geeft een dubbel besparingseffect: enerzijds wordt er minder elektriciteit verbruikt, anderzijds is de bijdrage aan de oververhitting geringer.

Wanneer deze middelen niet toereikend blijken te zijn, dan kan er mechanische koeling worden toegepast, bij voorkeur geïntegreerd met het ventilatiesysteem, zo mogelijk vanuit de reeds aanwezige lucht/lucht warmtepomp. De hiervoor benodigde energie wordt bij voorkeur met PV panelen opgewekt. Voor een doorsnee passief huis volstaat 0,5 tot 1 m² PV.

Systeem D2 is zeer geschikt voor de renovatiebouw. Hiervoor zijn speciale gevelconvectors beschikbaar. Deze hebben 1 of 2 kanaalaansluitingen door de gevel en werken dan als een lokaal ventilatiesysteem.



Bron: Climarad

decentrale ventilatie unit met warmteterugwinning

Een WTW wilt energie terug en de ingebouwde radiator zorgt voor verwarming. Het apparaat is aangesloten op de centrale verwarming en eventueel op de koelinstallatie.

Verwarming

De verwarmingsinstallatie in renovatie passiefhuizen hoeft niet groot te zijn. In onze klimaatzone is voor ruimteverwarming een vermogen van 25 W/m² vloeroppervlak genoeg. Alleen bij een snelle opwarming na een lange afwezigheid, of bij het droog stoken van stenen bouw, is meer vermogen nodig. Vaak wordt gebruik gemaakt van de reeds aanwezige aardgas aansluiting of stadsverwarmingsaansluiting. Er is ook meer vermogen nodig wanneer de verwarmingsinstallatie voor het verwarmen van tapwater wordt ingezet (zie onder). Bij renovatie is over het algemeen wat extra vermogen gewenst door de verdere afkoeling door afwezigheid. Bij een aardgas aansluiting of een stadsverwarmingsaansluiting is dit over het algemeen geen probleem.



Bron: Henk Kaan, TNO

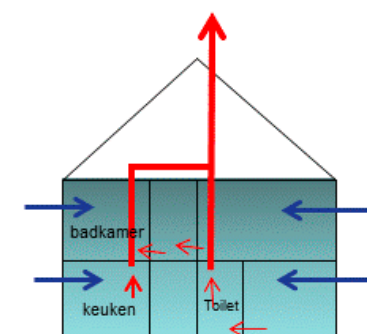
Een centraal gebalanceerd WTW systeem met ingebouwde lucht/lucht warmtepomp

Bij nieuwbouw passiefhuizen komen de vereiste debieten (hoeveelheid lucht per tijdseenheid) voor ventilatie en de debieten die nodig zijn voor luchtverwarming dicht bij elkaar in de buurt. Dit is bij renovatiewoningen minder snel het geval. Hier ligt het handhaven van radiatoren en het toepassen van separate decentrale ventilatie met warmteterugwinning voor de hand, of het combineren van decentrale ventilatie met ruimteverwarming (Climarad).

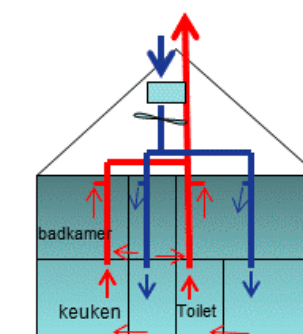


Bron: ITHO

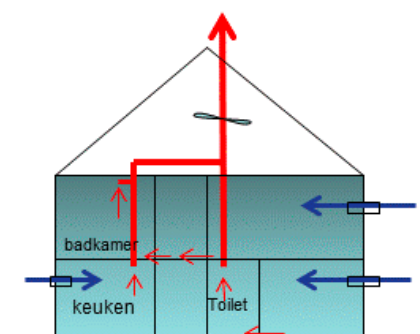
Voorbeeld toepassing systeem D (gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning)



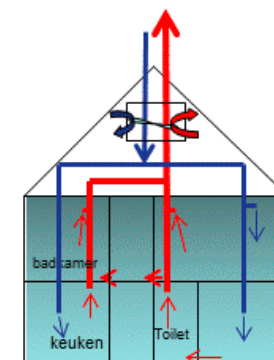
Systeem A: Natuurlijke Ventilatie



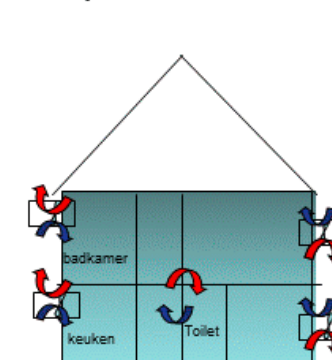
Systeem B : mechanische toevoer, natuurlijke afvoer



Systeem C: Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer



Systeem D1: mechanische toevoer/afvoer, centraal



Systeem D2: Mechanische toevoer/afvoer, decentraal

Figuur: de Wit

Verschillende varianten voor ventilatie. In passiefhuizen wordt vaak systeem D toegepast, waarbij warmteterugwinning uit ventilatielucht een vereiste is.

Warmte afgifte in een passief huis – renovatiebouw

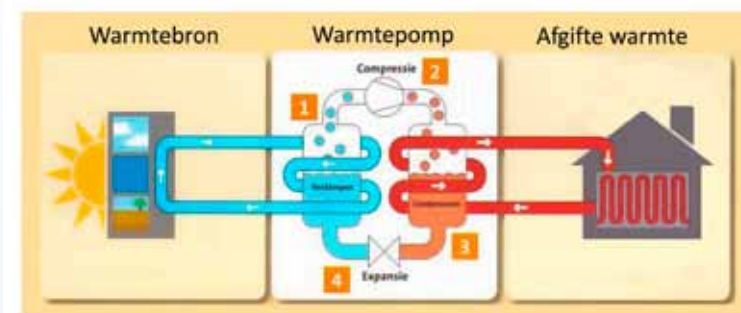
In de bestaande bouw is in veel gevallen een centrale verwarming met radiatoren aanwezig. In de oude situatie is de watertemperatuur van de installatie hoog en is het ketelvermogen daarop afgestemd. Na aanbrengen van een goede schilisolatie is het vermogen van de installatie te groot, met als gevolg dat de regeltechniek moet worden aangepast. In de meeste gevallen is opnieuw inregelen noodzakelijk. De kosten hiervan zijn echter gering.

Wanneer opnieuw regelen en inregelen niet tot de gewenste resultaten gaat leiden, dan is het vervangen van de radiatoren door lage temperatuur gevelconvectors in combinatie met lokale ventilatie en warmteterugwinning een goede mogelijkheid. Dit systeem reageert sneller en beter op plotselinge veranderingen van de temperatuur in de woning. Een kleine op gas gestookte HR-ketel met een groot regelbereik of een warmtepomp – mits de watertemperaturen beneden de 40°C blijven – is dan een goede warmtebron voor de warmtevoorziening. De HR-ketel als combiketel levert ook warm tapwater zonder gebruik van een boilervat. Voor een warmtepomp is een voorraadvat voor warmteopslag nodig om voldoende warm tapwater in korte tijd te kunnen leveren.

De warmtepomp

Warmtepompen onttrekken warmte aan de omgeving en brengen („pompen“) deze naar een hoger temperatuurniveau zodat die warmte kan worden gebruikt voor verwarmingsdoeleinden. De prestatie van de warmtepomp wordt uitgedrukt in Coëfficiënt Of Performance (COP). Dit is de verhouding tussen aandrijvende energie en geleverde warmte. Hoe lager de aandrijvende energie ten opzichte van de geleverde energie, hoe hoger de COP. De COP is altijd groter dan 1.

Bij renovaties zal meestal een lucht/water warmtepomp – lucht is bron, afgifte is water – of een lucht/lucht warmtepomp – lucht is bron en lucht is afgifte – worden toegepast. De omgevingswarmte (warmte uit de lucht of bodem) is gratis, vrij beschikbaar en duurzaam, de energie om de warmtepomp aan te drijven moet worden toegevoerd. Meestal is dit elektrische energie (maar er bestaan ook aardgas gedreven warmtepompen).



Bron: Alpha Innotec

Principe schema warmtepomp



bivalente lucht/waterwarmtepomp; buitenunit



Bron: Genvex systeem

Genvex WTW unit met geïntegreerd warmtepompje

Warm Tapwater

Het warm tapwaterverbruik van een gemiddeld gezin is goed bekend (ca 8 – 12 GJ/jaar), maar welke gebruiker is gemiddeld? Voldoende tapcapaciteit is dus een vereiste. Een aardgasgestookte HR-ketel levert van oudsher voldoende vermogen, heeft een hoog rendement voor warm tapwater en is flexibel in het gebruik, maar draagt uiteraard niet bij aan de te bereiken energieprestatie door het fossiele energiegebruik.

De zonneboiler kan in zeer veel gevallen toegepast worden en kan onder niet te ongunstige omstandigheden in ca 50 – 60 % van de warmtevraag voor warm tapwater voorzien.

Voor alle tapwatersystemen geldt, dat de afstand tussen opwek- of voorraadtoestel en tappunten zo gering mogelijk moet zijn. Dit vermindert energieverlies, waterverlies en verhoogt het gebruikscomfort door korte wachttijden.



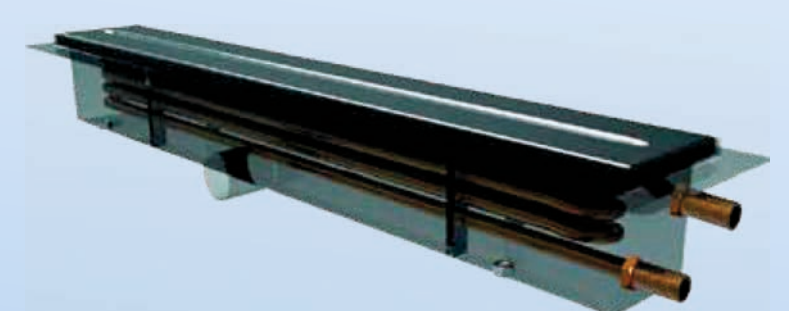
Bron: SEV Energiesprong

Combi warmtepomp met bodemwisselaar en vloerverwarming als afgiftesysteem

Besparen op gebruik is mogelijk, uiteraard door minder gebruik te maken van warm tapwater. Maar ook door het terugwinnen van warmte uit douchewater. Hiervoor is de zogenaamde Douche WTW (DWTW) ontwikkeld. Hiermee kan een vermindering van het energiegebruik voor warm tapwater worden bereikt van ca 20 – 40 %.



Verticale Douche WTW



Horizontale Douche WTW

Bron: Bries water en energie

De zonneboiler

Het principe van een zonneboiler is eenvoudig: als een tuinslang de hele dag in de zon ligt, wordt het water in de slang erg warm. Zonneboilers maken gebruik van datzelfde principe. Zelfs in de winter als de zon maar een paar uur schijnt, kan zo'n boiler voldoende warm water produceren om te douchen, te wassen of schoon te maken. Sommige systemen leveren ook een bijdrage aan de ruimteverwarming.

De opbrengst van zonneboilers hangt af van de kwaliteit van de collector, het plaatselijke zonregime, de opstelling (zie figuur 10) en de grootte van het voorraadvat. Anders dan bij PV panelen kan een zonneboiler op bepaalde zonnige dagen per jaar zoveel warmte produceren dat het aanbod groter is dan de vraag.

Op zonloze dagen is de warmtevraag uiteraard groter dan het aanbod. Per saldo kan een goede zonneboiler met een collector oppervlak van 2,5 m² ongeveer 4–5 GJ aan bruikbare warmte leveren. Bij grotere collectoren neemt de opbrengst toe, maar niet proportioneel met het oppervlak vanwege de grotere overschotten op zonnige dagen.

De opbrengst van een zonneboiler bedraagt dus ongeveer 4–5 GJ, ofwel 144 Nm³, ofwel € 0,62 x 144 = € 89,28 per jaar. Over de levensduur van 25 jaar en een rentepercentage van 3 % kan hiervoor € 1580 extra worden geïnvesteerd. Uiteraard wordt dit gunstiger bij stijgende energieprijzen.

Uiteraard draagt een zonneboiler bij aan de duurzaamheid van passief huizen. De zonneboiler is een voorgeschreven installatiecomponent van het passief huis.

Geïntegreerd ventilatie/ruimteverwarming en warm tapwatersysteem

Passief huizen gebruiken zo weinig energie voor ruimteverwarming, dat naverwarming van de noodzakelijke ventilatielucht voldoende is om de transmissieverliezen te compenseren. Het is mogelijk deze warmte te winnen door de afgewerkte ventilatielucht verder te koelen met een warmtepompje, en deze warmte te gebruiken voor het naverwarmen van de ventilatielucht.



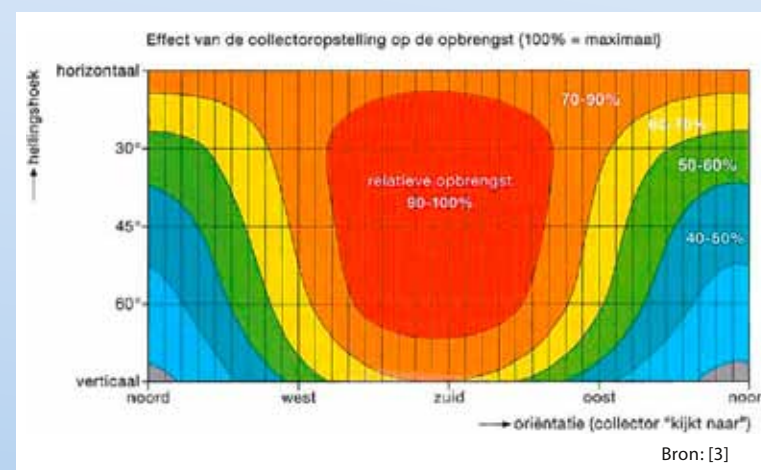
Bron: HR Solar

Een zonneboiler systeem



Bron: HR Solar

In het dak geïntegreerde zonnecollectoren



Bron: [3]

Invloed van de oriëntatie van de zonnecollector op de warmte opbrengst



Foto: HBZ

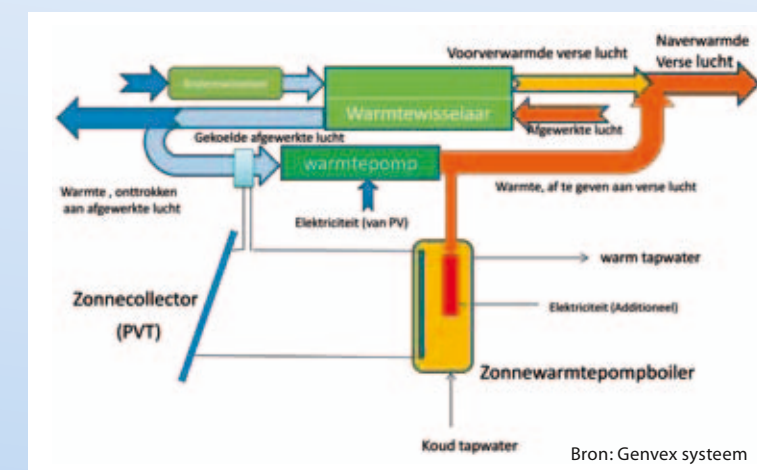
Rijwoning met achteraf gemonteerde PV panelen

Elektriciteit uit zonlicht: PV panelen

Foto Voltaïsche (Photo Voltaïc, PV) zonnecellen zetten licht rechtstreeks om in elektriciteit. Door schakeling van zonnecellen in modules kan deze elektriciteit nuttig gebruikt worden, ofwel onafhankelijk van het openbare elektriciteitsnet (autonome systemen) ofwel door stroom te leveren aan het openbare net (netgekoppelde systemen). De opbrengst van PV panelen is afhankelijk van het zonregime ter plekke, de opstelling en het type PV paneel. Het maximale vermogen dat een zonnepaneel bij standaardcondities kan leveren (instaling: 1000 W/m², temperatuur: 25 °) wordt het zogenaamde Wattpiek (Wp) vermogen genoemd.

Een optimaal opgesteld PV paneel (op het zuiden, 30° hoek met het horizontale vlak) polykristallijn PV paneel heeft een piekvermogen van ca 135–150 W_p per m² paneeloppervlak. Hiermee wordt in Nederland ongeveer 115 tot 130 kWh/m² opgewekt. De opgewekte elektriciteit mag tot 5000 kWh/jaar (bij sommige leveranciers: onbeperkt) gesaldeerd worden met elektriciteitsinkoop. Dit betekent dat een kWh die geproduceerd wordt met het PV paneel de volle inkoopprijs (in 2012 ca € 0,21 per kWh) opbrengt, ofwel tussen € 24,15 en € 27,30 per m² PV paneel jaar. De levensduur bedraagt gemiddeld 25 jaar. Bij een rentepercentage van 3 % zijn de panelen in 14–16 jaar terugverdiend, ruim voor het einde van de levensduur.

Bij stijging van de energieprijzen is deze periode uiteraard (veel) korter. Bovendien dalen de prijzen van PV panelen nog steeds. Daarmee zijn PV panelen interessant voor passiefhuizen. PV panelen hebben geen impact op de installatietechniek in de woning en bevatten geen bewegende delen, zodat de implementatie eenvoudig is. Het is echter wel zaak het dakoppervlak op het zuiden zo groot mogelijk te kiezen. Er moet bij de constructie van het dak rekening worden gehouden met de mogelijke plaatsing van PV panelen.



Bron: Genvex systeem

Door het toepassen van een bodemwisselaar en PV(T) kan ruimteverwarming en warm tapwater „all electric“ en energieneutraal worden



Verwijderen van het buitenblad van rijwoningen. De Kroeven, Roosendaal.

4. PASSIEF RENOVATIE IN NEDERLAND

Er zijn in Nederland nog weinig passiefhuis renovaties uitgevoerd. De aandacht voor passiefbouw gaat tot nu toe vooral uit naar nieuwbouw. Geheel vreemd is dit niet, want passiefrenovatie van grondgebonden rijwoningen blijkt ca 80.000 tot 100.000 euro te kosten, terwijl de meerkosten voor een grondgebonden nieuwbouw passief rijwoning ongeveer 15.000 euro bedraagt. Niettemin wordt in een aantal gevallen de voorkeur gegeven aan passief renovatie in plaats van sloop en vervangende passief nieuwbouw.

Dit heeft de volgende redenen:

- De herhuisvestingskosten tijdens sloop en vervangende nieuwbouw zijn aanzienlijk (minimaal 5.000 – 10.000 euro)
- Bewoners van corporatiewoningen voelen vaak niet voor vervangende nieuwbouw vanwege de overlast en het verlies van sociale contacten („de buurt gaat verloren“)
- De sloopkosten zijn aanzienlijk (ca 10.000 – 15.000 per woning).
- Soms is sprake van bouw die het conserveren waard is (beschermde stadsgesicht, karakteristieke architectuur, monumenten).
- De kosten van passiefrenovatie kunnen tot ca 50.000 € lager zijn dan van sloop en vervangende passief nieuwbouw, ook omdat het gehele interieur (badkamers, keukens) verloren gaat.

Daar staat tegenover dat:

- De bewoner alles nieuw krijgt, ook de installaties.
- De indeling aangepast kan worden en geflexibiliseerd worden, hetgeen bij bestaande woningen moeilijker is.
- De oriëntatie en het dakoppervlak van de woning verbeterd resp. vergroot kan worden i.v.m. winning zonne energie
- In sommige gemeenten levert verdichting – mogelijk gemaakt door sloop/nieuwbouw – extra inkomsten op door intensiever grondgebruik.
- De levensduur van de nieuwe woning zal in het algemeen langer zijn dan van een renovatiewoning.
- De kwaliteit van de schil zal over het algemeen beter zijn dan bij renovatie. Vooral bouwtechniek gerelateerde koudebruggen zijn soms moeilijk te vermijden. Hierdoor zal het energieverbruik over het algemeen lager zijn dan van een renovatiewoning.

Een en ander betekent dat woningen na passief renovatie een resterende levensduur moeten hebben van tenminste dertig tot veertig jaar. Dit betekent : een goede verhuurbaarheid cq verkoopbaarheid gedurende deze periode. De keuze tussen renovatie en sloop/nieuwbouw is soms moeilijk.

Vaak is de algehele bouwkundige staat, de toestand van installaties en belangrijke elementen als badkamer en keuken bepalend. Als deze elementen allemaal in slechte staat zijn, dan zal de keuze voor sloop/nieuwbouw eenvoudiger zijn. Dat is ook het geval als de toekomstige bewoners van de woningen een geheel andere groep is als de huidige bewoners.

Voorbeelden Passiefrenovatie

De volgende passiefrenovaties zullen hier besproken worden:

- Sleephellingstraat Rotterdam
- De Kroeven te Roosendaal
- Dolomietenlaan te Tilburg

Op dit moment wordt op vele plaatsen passiefrenovatie voorbereid, o.a. in Haarlem en Kerkrade. Meestal gaat het om corporatiewoningen.

Sleephellingstraat te Rotterdam

In het centrum van Rotterdam zijn 8 herenhuizen in 14 appartementen gesplitst. Deze appartementen zijn op passiefhuisniveau gerenoveerd, waarbij de meerkosten om tot passief niveau te komen ongeveer 35.000 euro bedroegen. Aan de voorkant van de panden is achter het bestaande enkelglas dat bij de oorspronkelijke kozijnen van de monumentale voorgevel HR ++ glas geplaatst, zodat sprake is van triple glas, maar uiteraard geen HR ++++. Aan de achterzijde konden passief kozijnen met HR +++ glas geplaatst worden. De Rc waarden van de gesloten geveldelen, het dak en de vloeren zijn minimaal 5, en lopen op tot 10 voor de achtergevel.

Installatie

Er wordt gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (Agpo Ferroli HR Optifor) toegepast, met luchtverwarming in de vorm van naverwarming van de ventilatielucht met een HR combi ketel. De AGPO Ferroli Aquasol 4 zonneboiler zorgt voor warm tapwater, zonodig naverwarmd met de aanwezige HR Combi ketel. Uit metingen blijkt, dat de appartementen ruimschoots voldoen aan de energie eisen voor passief renovatie woningen. Dit project was het eerste passief renovatie project in Nederland.

Dolomietenstraat, Tilburg

Acht bestaande sociale huurwoningen aan de Dolomietenstraat in Tilburg zijn volgens de Passiefhuis methode voorzien van een nieuwe schil en nieuwe installaties. Deze Pilot heeft als doel energiebesparing, maar zeker ook het verhogen van het wooncomfort en het beperken van de woonlasten van de huurders. De passiefrenovatie heeft het karakter van een pilot, waarmee de woningcorporatie die eigenaar is van de huurwoningen, TBV Wonen, ervaring wil opdoen. Een van de uitgangspunten voor deze pilot is het beperken van de overlast voor de bewoners tijdens de uitvoering. In een dag zijn de woningen voorzien van een nieuwe schil, met geheel voormonteerde puin.



Sleephellingstraat, passief renovatie woningen



Sleephellingstraat, gerenoveerde achtergevel



Voorgemonteerde puin Dolomietenstraat Tilburg

De maatregelen zijn vooral gericht op het terugdringen van de energiebehoefte. De bestaande buitenspouwbladen, dakbedekking en puien zijn vervangen door prefab houtskeletbouw elementen met 40 cm isolatie. De voorgemonteerde nieuwe puien zijn voorzien van passiefkozijnen met drievoudig glas (HR+++)

en hebben een U waarde van 0,6. De bestaande installaties (VR combi ketel met radiatoren en centrale afzuiging) zijn vervangen door een passiefhuis toestel van Brink Climate Systems met WTW. De verse via de WTW voorverwarmde lucht wordt zonodig naverwarmd vanuit de 200 liter zonneboiler via een warmtewisselaar met een capaciteit van 3,5 kW. Deze warmtewisselaar voorziet ook in de warmtebehoefte van de aangepaste radiatoren: in de woonkamer zijn kleinere radiatoren geplaatst en de overige bestaande radiatoren zijn teruggeregeld met behulp van thermostatische knoppen en voetventielen.

Een kleine CV ketel van 10 kW zorgt zonodig voor het op temperatuur houden van de zonneboiler. Dit is vooral het geval als de buitentemperatuur laag is in combinatie met het ontbreken van zon, de typische midwinter situatie dus. In het voor- en naseizoen wordt zonnewarmte die overdag is opgeslagen in de zonneboiler vooral's avonds gebruikt voor ruimteverwarming. Alle warmte in de oude situatie hadden de woningen het label D, na de passiefhuis renovatie is het label A+ geworden. De verwachte reductie van het aardgasverbruik bedraagt 1200 m³/jaar. Uit de verbruiksgegevens van het eerste half jaar na renovatie blijkt dat de bewoners op koers zitten wat betreft de energiebesparing. Het bestaande dakbeschot blijft behouden, zodat de zolder niet open ligt tijdens de renovatie. Er wordt een systeem aangelegd waarbij luchtverwarming en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning worden gecombineerd. De nieuwe ventilatiekanalen zijn over het bestaande dakbeschot en aan de buitenzijde van het niet gewijzigde binnenblad gelegd. Dit zorgt ervoor dat de overlast in de woning tot een minimum beperkt blijft. De bewoners bleven tijdens de renovatie gewoon in het huis wonen, en er was dus geen sprake van herhuisvesting en dus ook geen herhuisvestingskosten.

De Kroeven, Roosendaal

In de wijk De Kroeven zijn ruim 200 jaren '60 rijwoningen van woningcorporatie Aramis Allee op passief niveau gerenoveerd. Deze woningen behoorden tot de eerste woningen in Tilburg de destijds standaard werden voorzien van centrale verwarming, in die tijd een luxe waar veel nieuwe bewoners op af kwamen. De woningen, waren niet geïsoleerd en waren niet erg tocht-dicht en hadden (dus) label G. De ventilatie was slecht en ongecontroleerd. Om aan de passiefhuiseisen te voldoen moest de schil optimaal geïsoleerd en kierdicht gemaakt worden. De passiefhuiskozijnen met triple glas (HR+++)

zijn goed isolerend. De woningen worden verwarmd met geïntegreerde aardgasgestookte luchtverwarming. Hierbij is sprake van een centrale gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.



Bron: Brink Climate Systems

Dolomietenstraat te Tilburg. De luchtleidingen voor verwarming en ventilatie worden op het binnenblad bevestigd



Bron: Holzbau Brüggemann

De Kroeven, Roosendaal. Het buitenblad is verwijderd om plaats te maken voor isolatie en het nieuwe buitengevelblad



Bron: SEV Energiesprong

De Kroeven, Roosendaal, voor en na de renovatie



Bron: Holzbau Brüggemann

De Kroeven, Roosendaal, montage van de dakelementen



Bron: Holzbau Brüggemann

De Kroeven, Roosendaal, eerste tranche na de renovatie



Bron: SEV Energiesprong

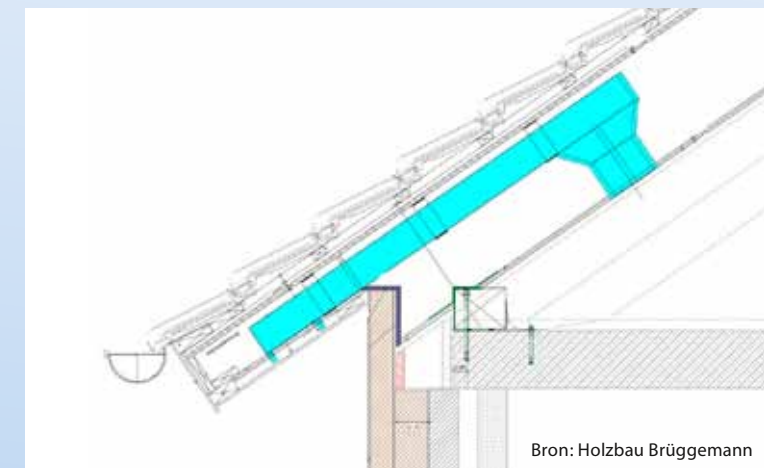
De Kroeven, Roosendaal, tweede tranche na de renovatie

Deze systemen zijn opgenomen in een zgn. passieftoestel dat door Brink Climate Systems op de markt wordt gebracht. De voorverwarmde ventilatielucht wordt zo nodig naverwarmd met aardgas. In een centrale systeemkast zijn het ventilatie-, warmwater- en verwarmingssysteem geïntegreerd. Het tapwater wordt primair door de zon verwarmd. Indien de zon onvoldoende schijnt, wordt het tapwater naverwarmd met aardgas (HR combiketel). Tegen de afgepelde buitenkant van de woningen is een houtskeletbouwconstructie met houten I-profielen aangebracht, gevuld met 36 cm dikke laag cellulose. De buitengevels werden voorzien van leistenen. De warmteweerstand (Rc-waarde) van de gesloten delen van de thermische schil bedraagt circa 10 (m².K)/W. Naast de met cellulose geïsoleerde wanden en het dak van de houtskelet gedeeltes is de buitenzijde van de fundering geïsoleerd met XPS. De binnenzijde van de fundering



en de onderzijde van de begane grondvloer zijn geïsoleerd met spuitpur. De kosten van deze renovatie bedroegen ca 90.000 euro per woning. De aanpak van dit project lijkt erg op het project de Dolomietenstraat te Roosendaal. Wat betreft installatietechniek is het grootste verschil dat in het Tilburgse project de luchtkanalen tegen het niet gerenoveerde binnenblad liggen, terwijl de luchtkanalen in Roosendaal binnen de woning zijn aangebracht.

Opengewerkt passieftoestel, De Kroeven Roosendaal
Bron: Brink Climate Systems



Bron: Holzbau Brüggemann

De Kroeven, Roosendaal. Integratie van ventilatie luchttoevoer in de dakisolatie

5. LITERATUUR

- [1] Voorbeeldwoningen Nieuwbouw, Agentschap NL, 2011
- [2] Evaluatie leermomenten, investerings- en levensduurkosten van vijf EOS DEMO/UKR projecten, 27 maart 2012, Trecodome in opdracht van AgentschapNL.
- [3] www.passiefhuis.nl
- [4] www.passiefbouwen.nl
- [5] www.mijnpassiefhuis.nl
- [6] www.multicomfort.nl
- [7] http://www.youtube.com/watch?v=IN_R6Gdqg4p4
- [8] www.trecodome.nl
- [9] www.duurzaamgebouwd.nl
- [10] www.passiefhuis-roosendaal.nl
- [11] www.passieve-woning.nl
- [12] www.naarenergieneutraal.nl
- [13] www.passiefbouwen.nl
- [14] www.4green.nl

DEZE BROCHURE BEHOORT TOT EEN REEKS VAN 5 BROCHURES.

De andere brochures gaan over volgende thema's



De brochures staan op de internetpagina van het project.
Gedrukte exemplaren zijn bij de projectpartners verkrijgbaar.

PROJECT „TOEKOMST PASSIEFHUIS“:

WWW.PASSIVHAUS-EUREGIO.EU

CONTACT:

HANDWERKSKAMMER MÜNSTER (LEAD PARTNER)
KOMPETENZENZENTRUM BAU UND ENERGIE
www.demozentrum-bau.de
Gesamtprojektleitung: Sabine Heine
sabine.heine@hwk-muenster.de

FACHHOCHSCHULE MÜNSTER
msa/münster school of architecture
www.fh-muenster.de/fb5, Professor Reichardt

SAXION, ENSCHEDE
www.saxion.nl/leefomgeving

Mede mogelijk gemaakt door:

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Industrie, Mittelstand und Handwerk
des Landes Nordrhein-Westfalen



**DEZE BROCHURE IS EEN PRODUCT VAN HET
COÖPERATIEVE PROJECT „TOEKOMST PASSIEFHUIS“**



**HANDWERKSKAMMER MÜNSTER
KOMPETENZZENTRUM BAU UND ENERGIE**



**SAXION, ENSCHEDE
KENNISCENTRUM LEEFOMGEVING**



**FACHHOCHSCHULE MÜNSTER
msa/münster school of architecture**

