INTERVIEW:
HERENHUIS AAN DE MAAS
› pagina **10**

VOORBEELDEN:
3 ROUTES NAAR ENERGIENEUTRAAL WONEN
› pagina **20**

INTERVIEW:
BLIKSEMSNELLE RENOVATIE
› pagina **16**

TECHNISCHE DETAILS EN ONDERBOUWING
› vanaf pagina **38**

HUIS VOL ENERGIE

inspiratie voor energieneutraal wonen

Dit document is CC-BY-SA-NC 2011

CC - Creative Commons
Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 2.0 Unported

De gebruiker mag:

Het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven
Remixen - afgeleide werken maken

Onder de volgende voorwaarden:

Naamsvermelding;
De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentie-gever aangegeven naam te vermelden (maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met uw werk of uw gebruik van het werk).

Niet-commercieel;
De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Gelijk delen;
Indien de gebruiker het werk bewerkt kan het daaruit ontstane werk uitsluitend krachtens dezelfde licentie als de onderhavige licentie of een gelijksoortige licentie worden verspreid.

Zie verder: *http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/deed.nl*

Energiesprong richt zich op het aanjagen van innovatie op het gebied van energie in de wereld van bouwen en wonen. Het programma wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. De ambitie is om stapsgewijs te komen tot energieneutrale gebouwen en huizen. Energiesprong is ondergebracht bij de Stichting Experimenten Volkshuisvesting in Rotterdam.

De activiteiten van Energiesprong bestaan uit ondersteuning van diverse voorbeeldprojecten, bundeling van kennis en expertise, bevorderen van samenwerking tussen bouwpartijen en stimulering van de vraag naar energiezuinige oplossingen van onder meer particulieren, corporaties en ontwikkelaars.

Steeds meer woningeigenaren hebben oog voor energie en andere aspecten van duurzaamheid. Voor hen heeft Energiesprong deze eenmalige uitgave samengesteld. Om door te lezen voor informatie of door te bladeren ter inspiratie.

Kijk voor meer inspiratie en het uitwisselen van uw plannen en ervaringen met anderen ook eens op de online community van *Energiesprong.nl*.

In Nederland verbruiken de meeste huishoudens gas en elektriciteit om in de energiebehoefte te voorzien, voor het merendeel gewonnen uit fossiele brandstoffen. Dat geldt waarschijnlijk ook voor uw woning. Gemiddeld verbruikt een huishouden circa 1600 m^3 gas en 3500 kWh elektriciteit per jaar. En is daar ongeveer 1750 euro aan kwijt.

Sinds begin deze eeuw is de energieprijs zo'n 85 procent gestegen. De verwachting is dat die prijsstijging verder doorzet. Daarnaast heeft het gebruik van fossiele brandstoffen nadelige gevolgen voor klimaat en luchtkwaliteit. Er zijn dus goede redenen om uw woning energiezuiniger te maken. Voor het milieu en voor uw portemonnee.

Doel en doelgroep

Deze uitgave is bedoeld voor (bijna) woningeigenaren en bouwprofessionals die interesse hebben in energiezuinig bouwen en renoveren. De eerste helft van dit blad is gericht op woningeigenaren, terwijl de tweede helft de bouwprofessional aanspreekt. De eerste helft is meer verkennend, en toont een aantal strategieën voor energieneutraal wonen. Deze strategieën worden technisch uiteengezet in het tweede deel, dat meer technisch van aard is, en toont de berekeningen en simulaties die ten grondslag liggen aan de strategieën.

Met deze uitgave willen we u een beeld geven van 'energieneutraal' wonen. Energieneutraal betekent dat u rondom en in de buurt van uw eigen woning evenveel energie opwekt als u verbruikt. We gaan dus een stap verder dan alleen maar 'zuinig'. Twintig procent besparen op de energierekening is leuk voor de portemonnee. Maar het gaat pas echt kriebelen als u een woning kunt realiseren die geen fossiele brandstoffen verbruikt en daarnaast een stuk comfortabeler, gezonder en gebruiksvriendelijker is.

Kwaliteit van wonen

Een energieneutrale woning biedt veel aanknopingspunten om een grote sprong te maken in de totale kwaliteit van wonen. Zowel nu als op de lange termijn. Het is zonder meer een grotere uitdaging om voor elkaar te krijgen dan een standaard woning, voornamelijk omdat nog maar weinig mensen er ervaring mee hebben. Daarom deze uitgave. Wij hopen dat het bij kan dragen aan meer inzicht en interesse in energieneutraal (ver)bouwen.

Veel lees- en kijkplezier!

September **2011**

LEESWIJZER

Als u dit leest wilt u, vanuit welk motief dan ook, meer weten over hoe zuiniger om te gaan met energie in de woonomgeving. Iedere woning heeft zijn eigen uitdagingen en iedere bewoner zijn eigen wensen en gebruiken. Bovendien is het aanbod op het vlak van energiezuinig (ver-)bouwen razendsnel in ontwikkeling. Deze uitgave biedt dan ook geen antwoord op de vragen van die ene persoon in dat ene huis. Wat we hier wel doen leest u hieronder.

Deel 1
In het eerste deel, vooral voor woningeigenaren, introduceren we wat energieneutraal betekent en voor u kan betekenen. Dat doen we onder andere door onze kijk te geven op slim energiebesparend (ver)bouwen. Ook zijn er interviews met twee bewoners van woningen die flink zijn gerenoveerd en nu nauwelijks nog energie verbruiken. Vanuit het perspectief van de bewoner geven we een drietal strategieën die u kunt volgen op weg naar een energieneutrale woning: Modern Comfort, het Natuurhuis en Slim Gedaan. We sluiten dit gedeelte af met financieel inzicht en een aantal vervolgstappen voor woningeigenaren met serieuze interesse.

Deel 2
Het tweede deel, vooral voor bouwprofessionals, bestaat uit een meer technische en gedetailleerde onderbouwing. Hier passen we de drie in het eerste deel voorgestelde strategieën modelmatig toe op een drietal veelvoorkomende – en veel energie verbruikende – woningtypen. Als gevolg daarvan wordt de strategie praktisch en kunnen we cijfers geven over, bijvoorbeeld, precies hoeveel m^2 zonnepanelen u op uw dak zou moeten monteren. En wat dat betekent voor uw binnenklimaat- en comfort. Naast deze voorbeelden vindt u in dit deel ook veel praktische tips voor het bouw- en renovatieproces.

De drie strategieën die wij als voorbeeld hebben gekozen vindt u dus meerdere keren terug. Wij hebben ze daarom verschillende kleuren gegeven om heen- en weerbladeren te vergemakkelijken. U vindt deze kleuren op meerdere plekken terug.

INHOUD

deel 1

6 ENERGIE & WOONKWALITEIT

10 INTERVIEW: **HERENHUIS AAN DE MAAS**

14 **SLIM ENERGIE BESPAREN**

16 INTERVIEW: **BLIKSEMSNELLE RENOVATIE**

22 STRATEGIE: **MODERN COMFORT**

26 STRATEGIE: **NATUURHUIS**

30 STRATEGIE: **SLIM GEDAAN**

34 **ECONOMIE**

37 **EN NU VERDER**

deel 2

39 ONDERBOUWING: **TECHNIEK EN PRAKTIJK**

41 BEREKENINGEN EN SIMULATIES

44 TECHNIEKEN

46 MAATREGELEN: **MODERN COMFORT**

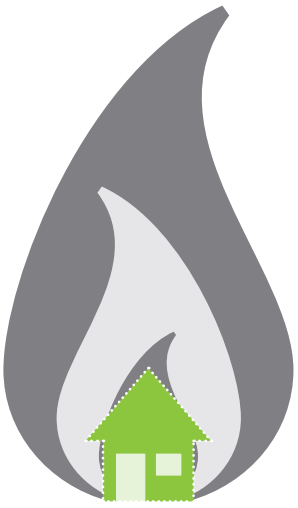
50 MAATREGELEN: **NATUURHUIS**

54 MAATREGELEN: **SLIM GEDAAN**

Energie & Woonkwaliteit

Gemiddeld verbruikt een woning 1600 m³ gas en 3500 kWh stroom per jaar. Omgerekend komt dat neer op zes tot zeven keer de inhoud van de woning aan gas. Natuurlijk zijn er grote verschillen per woningtype. Een appartement verbruikt veel minder, een vrijstaande woning juist veel meer. De rest zit er tussenin.

Die energie wordt gewonnen uit de aardkorst, ergens in Nederland of elders in de wereld. Via enkele tussenschakels komen gas en elektriciteit uiteindelijk via het hoofdnet uw woning binnen. Daar kunt u de geleverde energie omzetten voor nuttige zaken, bijvoorbeeld om te stofzuigen of voor de verwarming. Eenmaal omgezet gebruikt u die energie niet meer voor iets anders. Dus moet weer nieuwe energie worden aangevoerd.



Een gemiddelde woning verbruikt voor stroom en warmte omgerekend jaarlijks 6 tot 7 maal zijn eigen inhoud aan gas.

Energieneutraal
Een 'energieneutrale' woning wekt op jaarbasis ter plekke even-veel hernieuwbare energie op als het verbruikt. Dat wil dus niet zeggen dat er helemaal geen energiegebruik is. In theorie kan dat wel, maar dat zou dan een enorme stap terug in de tijd en ons wooncomfort betekenen.

Hoe komen we van een woning die omgerekend jaarlijks zes à zeven keer de eigen inhoud aan gas verbruikt tot een woning die zelf alle benodigde energie opwekt? We gaan er gemaks-halve van uit dat u geen gasbel in uw achtertuin heeft.

Twee kanten van dezelfde munt
De weg naar energieneutraal wonen bestaat uit twee stappen. Eén stap is het grondig beperken van het energiegebruik van de woning. Doel is een woning die veel minder energie – warmte en elektriciteit - nodig heeft om dezelfde functies te vervullen. Want u wilt natuurlijk wel behaaglijk warm zitten en de was comfortabel blijven drogen.

De tweede stap is om het resterende energiegebruik ter plekke op te wekken. Dat kan bijvoorbeeld met zonne-energie, bodemwarmte of zelfs lichaamswarmte. Biomassa is ook een optie, want ook dat is een hernieuwbare energiebron. Daarbij is het wel van belang dat de biomassa lokaal en duurzaam wordt geproduceerd, en niet van ver komt.

De essentie is dus simpel: aan de ene kant moet u het energiegebruik verminderen, aan de andere kant moet u de eigen energieproductie vergroten.

Praktijkwijzer

In de praktijk komen er duizend-en-één vragen op u af. U leeft tenslotte niet in een vacuüm, maar heeft te maken met de specifieke eigenschappen van uw woning en leefomgeving. Dat betekent dat u rekening moet houden met juridische, economische, technische en culturele mogelijkheden en beperkingen. Ook dient u te kiezen uit de talloze producten die op de markt verkrijgbaar zijn en waarvan het nut niet altijd onomstotelijk is bewezen. Hoe moet u hier wijs uit worden? Deze uitgave is bedoeld om u daarbij te helpen.

Een groen dak helpt bij temperatuur- en vochthuishouding. Ook haalt het fijnstof uit de lucht en kan het er mooi uitzien.

Definitie Energieneutraal

Als u dieper in het onderwerp duikt, blijken er veel discussiepunten te zijn over wat wel en wat niet energieneutraal is. Een alom geaccepteerde definitie van energieneutraal is er nog niet. Wij hanteren die van AgentschapNL. Die luidt, enigszins samengevat, als volgt:

1. Over een jaar gezien wekt de woning evenveel of meer energie op dan het gebruikt.
2. Het gebouw betrekt niet meer energie van het openbare net dan het er aan teruggeeft in de vorm van lokaal opgewekte hernieuwbare energie.
3. De grenzen waarbinnen het gebouw energieneutraal is moeten worden aangegeven. Het verdient de voorkeur om die te beperken tot de directe omgeving van het gebouw.

Grenzen

De grenzen die wij hebben gehanteerd voor de bepaling of een gebouw energieneutraal is, zijn:

1. De opwekking van energie vindt plaats binnen de perceelsgrenzen of, in het geval van biomassa, binnen een straal van 10 km om de woning.
2. De locatie waar de energie wordt opgewekt heeft een functionele, juridische en organisatorische verbinding met de woning.
3. Als een woning energie betrekt uit het openbare net, dan zal de energie die het er aan teruggeeft in de praktijk uitwisselbaar moeten zijn met de onttrokken energie.

Het begrip 'primaire energie' geeft aan hoeveel energie bij de bron moet worden onttrokken voor verbruik verderop in de keten. Voorbeeld: in een centrale wordt warmte opgewekt door de verbranding van gas. De warmte wordt gebruikt om turbines aan te drijven voor de productie van stroom. Hierbij gaat energie verloren. Bij het transport van de elektriciteit van de centrale naar de woning en de transformatie van het voltage gaat ook energie verloren. Voor een staafmixer van 500 Watt is daarom in de centrale misschien wel voor 1000 Watt aan opwekking nodig. Een zonnepaneel hoeft veel minder dan 1000 Watt te leveren om de staafmixer te laten draaien omdat het verlies tussen opwekking en verbruik van de energie veel kleiner is.

Van energiebesparing naar woonkwaliteit

Het is een mooie gedachte: een woning die geen energie verbruikt. Maar is het ook een doel op zich? Je zou het haast denken met de vele overheidscampagnes over het terugdringen van energiegebruik. Zelfs de energiemaatschappijen sporen ons aan vooral zuinig te zijn met energie. Alsof wonen alleen om energie gaat.

Beperking van het energiegebruik is geen doel op zich, vinden wij. Energie besparen dient een hoger doel: de realisatie van een comfortabele, gezonde, veilige, praktische en betaalbare woning. Kortom, een woning die kwaliteit biedt. Denk bijvoorbeeld aan een aangenaam binnenklimaat, een prettige omgeving en een attractief uiterlijk. We hebben niets aan een energieneutrale woning als die ten koste gaat van het hogere doel van de verbeterde woonkwaliteit.

Wat 'woonkwaliteit' precies inhoudt, dat is voor iedereen verschillend. We kunnen wel uitleggen hoe wij in deze uitgave met dat begrip zijn omgegaan.

Energieneutraal is niet hetzelfde als 'autarkisch'. De overeenkomst is dat in beide gevallen geen netto energie meer wordt afgenomen van het hoofdnet. Een energieneutrale woning blijft echter aangesloten voor de uitwisseling van energiestromen, bijvoorbeeld om energie die in de zomer gewonnen is tijdelijk op te slaan voor verbruik in de winter. Bij een autarkische woning zijn alle leidingen tussen de woning en het hoofdnet afgesloten.

Doelstellingen

Voor ieder van de drie strategieën in deze uitgave zijn pakketten met maatregelen uitgewerkt die bij toepassing een energieneutrale woning tot gevolg zullen hebben, en daarvoor zijn doorgerekend voor verschillende woningtypen. Deze berekeningen zijn in deel 2 te vinden. Voor iedere strategie hebben we een aantal doelstellingen opgesteld die allemaal even belangrijk zijn (zie tabel rechts). Anders gezegd: alleen pakketten die aan al deze doelstellingen voldoen zijn in overweging genomen.

Afwegen

Zelfs op basis van deze doelstellingen is het soms moeilijk een juiste afweging te maken. Dat speelt vooral als het gaat om de betaalbaarheid van de voorgestelde maatregel. Je zou immers kunnen zeggen dat een maatregel die nu geld kost en zich misschien pas over 10 jaar terugbetaalt een negatief effect heeft op de betaalbaarheid van de woning. Ook hangen de kosten sterk af van de eigenschappen van de woning en het moment van aanschaf, wat de afweging nog lastiger maakt. In deze uitgave houden wij rekening met de levensduur van de aanpassing, een lichte stijging van de energieprijzen en een bescheiden toename van de woningwaarde als gevolg van de aanpassing. Uiteindelijk zult u voor uw specifieke situatie moeten uitzoeken en afwegen hoe de balans er voor u uitziet. Voor meer economische details, zie "Economie" op pagina 34. «

Groene terrastegels.

Onderstaande tabel geeft de hoofddoelstellingen voor de pakketten weer (volgens de Symbiosis in Development (SiD) methodologie).

Geluk & Gezondheid

- Geen giftige stoffen in huis
- Geen giftige stoffen door energiegebruik
- Hoog gebruiksgemak
- Hoog geluidscomfort
- Hoog temperatuurcomfort
- Hoge luchtkwaliteit
- Hoog lichtcomfort
- Hoge robuustheid
- Hoge esthetische kwaliteit
- Uitvoerbaarheid

Cultuur & Economie

- Betaalbaarheid
- Waardevermeerdering van de woning en omgeving
- Toepasbaarheid op grote schaal
- Sluit aan bij huidige woongebruiken
- Betrouwbaarheid energielevering- en prijs

(bij biomassa:)

- Gebruikt land gaat niet ten koste van voedselproductie

Ecosystemen & Biodiversiteit

- Materiaalgebruik uit hernieuwbare en goed beheerde bronnen
- Geen toxiciteit in materialen
- Geen vervuiling van ecosystemen

(bij biomassa:)

- Landgebruik bedreigt geen kwetsbare of belangrijke soorten en ecosystemen

Energie & Materialen

- 100% besparing van netto energiegebruik, met tussenstappen van 60% en 80%
- Lokale & ruim voorradige materialen

(bij biomassa:)

- Herkomst biomassa binnen een energie-efficiënte (d.w.z. korte) straal om het huis
- Rekening houdend met beperkte groeicapaciteit van biomassa

INTERVIEW:

HERENHUIS AAN DE MAAS

Willemijn woonde al in de Sleephellingstraat in Rotterdam toen die nog bestond uit sociale woningen. Het renovatieproces was al in volle gang toen ze erachter kwam dat haar nieuwe woning volgens een uniek energieconcept werd gebouwd: een zogenoemd Passiefhuis. Nu woont ze al twee jaar met man Rob en zoon Iben in dit energiezuinige herenhuis aan de Maas. Architect Andries Laane van bureau Villanova ging de uitdaging aan om deze woningen uit 1903 te renoveren tot Passiefhuis-niveau. Niet eerder waren in Nederland zulke oude woningen, onderdeel van een beschermd aangezicht, zo energiezuinig gerenoveerd. Aannemer BAM en opdrachtgever Woonstad behoren eveneens tot de initiatiefnemers. Een dubbelinterview in de woning in Rotterdam.

Willemijn, hoe was het toen in de Sleephellingstraat?
W: Het was in de jaren 90. Ik studeerde nog en had maar weinig te besteden. Het hele blok bestond uit sociale woningbouw units. Ik had een gaskachel in de woonkamer, daar in de buurt was het wel lekker warm. Het huis tochtte verder enorm. Op het Noordereiland, middenin de Maas, heeft de wind vrij spel. Ik herinner me dat de ramen zo klapperden. De woningcorporatie, dat was destijds de Volksunie, deed niets meer aan onderhoud omdat ze toch al wisten dat ze ooit zouden renoveren.

Waarom wilde je na de renovatie terugkomen?
W: De locatie is fantastisch. Het Noordereiland ligt precies tussen twee vaargeulen van de Maas, midden in de stad. Je ziet vanaf de stoep de boten voorbij varen. Ook is er een beetje een eiland-effect, het is een vrij hechte gemeenschap. Het is altijd gezellig en gemakkelijk geweest met de buren en de rest van de straat.

Wist je dat je een bijzondere woning zou krijgen?
W: Totaal niet. Die renovatie zat er al jaren aan te komen. Intussen hadden de bewoners zich verenigd zodat we voor onze rechten konden opkomen. We hielden er rekening mee dat we ons huis uit moesten en dan wil je wel een passend alternatief hebben, plus het recht om terug te keren zodra de renovatie voorbij was. Ook ging de woningcorporatie over in de Nieuwe Unie, wat later Woonstad is geworden. We wisten dus dat er gerenoveerd zou worden, maar niet wanneer en niet hoe. Dat het om een energiezuinige renovatie ging, daar had ik geen flauw benul van. Dat heb ik uit de krant moeten halen!

De Sleephellingstraat voor de renovatie.

Achterzijde na renovatie met isolatie aan de buitenkant.

En wat las je toen?
W: Dat de woningen binnen twee dagen in de verkoop zouden gaan, en dat het om een 'Energiezuinig herenhuis' ging. Zo werd het genoemd.

Vanwaar die omschrijving, Andries?
A: We wilden de term 'Passief' niet gebruiken. Dat was een volstrekt onbekende term - nog steeds trouwens. Bovendien gaat het niet om onze bouwfilosofie, maar om het resultaat voor de bewoners! Een 'herenhuis' staat voor comfortabel en prettig wonen. Hoge plafonds, luxe afwerking. Dát wilden we benadrukken. We wilden geen offers brengen aan het woongenot.
W: Dat is gelukt. Al was ik vooral erg blij dat er überhaupt iets gebeurde met het gebouw. We woonden inmiddels al tweeënhalf jaar ergens anders om de verbouwing af te wachten. We hadden de hoop bijna opgegeven. Toen kwam toch plotseling de aankondiging dat met de renovatie zou worden begonnen. We hoorden dat het een zeer energiezuinig huis van drie verdiepingen zou worden. Daar werden we wel heel blij van!

Andries, wat is een passiefhuis precies?
A: Het is een standaard voor woningbouw die voorschrijft hoe je de woning kunt verwarmen met slechts ventilatie, je eigen lichaamswarmte en de warmte door de lichtinval van de zon. Dat betekent een dikke isolatieschil, perfecte kierdichting en optimale ventilatie met warmteterugwinning. Een zonneboiler zorgt voor warm water.

Willemijn, wat merk je daar van in de praktijk?
W: Dat het huis 'passief' was, dat zagen we bij wijze van spreken pas op de koopakte . Wat ik zelf vooral merk is dat de radiator bijna nooit aan slaat en dat het altijd comfortabel is in huis. We betalen natuurlijk drie keer niks aan energie. En dat we de buren nauwelijks meer horen is ook een luxe. Vroeger hoorde ik de buurman niesen, nu merk ik niet eens dat ze een feestje hebben!

Jullie kochten het huis twee jaar geleden. Wat vind je achteraf van de prijs?
W: Ervan uitgaande dat we meer geld hadden gehad, had ik er ook meer voor willen betalen. De luxe die we nu ervaren kwam niet tot uiting in de prijs.
A: Voor taxateurs zijn locatie en vierkante meters heilig voor

Bewoonster Willemijn, haar zoontje Iben en architect Andries Laane.

het bepalen van de waarde, de rest is nooit meer dan een afrondingsverschil. Daardoor konden deze woningen wat hen betreft niet meer waard zijn dan een woning met een mooier uitzicht hier om de hoek. Taxateurs hebben geen middelen om de waarde te meten die door de renovatie is toegevoegd. Lagere energiekosten, minder geluidsoverlast, gezondere binnenlucht en constantere temperaturen? Ze houden er geen rekening mee. Uiteindelijk heeft Woonstad toegelegd op de renovatiekosten en de vraagprijs gebaseerd op de taxaties.

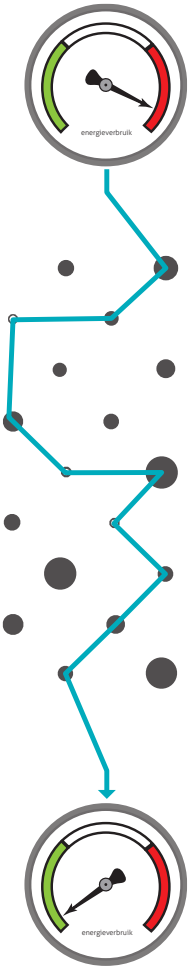
Hoe kijken jullie naar de toekomst?

A: Toen we begonnen met de renovatie, hadden we geen flauw idee van de meerkosten. Niemand had dit ooit gedaan! Achteraf blijkt dat de renovatie circa 35.000 euro per woning extra heeft gekost. Dat hebben we niet goed in de verkoopprijs kunnen verwerken door die lagere taxaties die we moesten aanhouden omdat we uit de sociale woningbouw kwamen. We hebben er dus allemaal een stuk op moeten inleveren.

W: Een jaar na aankoop is de eerste woning weer verkocht, € 100.000 boven de aankoopprijs. Terwijl de gemiddelde woningprijs door de crisis juist is gezakt! De koper had het er gewoon voor over. Waarschijnlijk schatte hij de extra waarde beter in dan de taxateurs. «

Slim energie besparen

Stel: u wilt uw woning renoveren en extra comfort combineren met een forse energiebesparing. U denkt zelfs aan een energieneutrale woning. Hoe krijgt u dat voor elkaar?
U moet nogal wat keuzes maken en met veel dingen rekening houden. In Nederland bent u een van de pioniers die met energieneutraal wonen aan de slag gaat. Hier beschrijven wij waar u op kunt letten. Ook geven we tips en ideeën voor hoe u te werk kunt gaan.



Er zijn veel verschillende wegen op weg naar een energieneutrale woning.

Maatwerk

Woningen verschillen enorm van elkaar. Denk maar aan de grote variatie in bouwmethode, materiaal, afwerking, volume, raamoppervlak, onderhoud en ga zo maar door. Wat voor de ene woning een goede oplossing is, hoeft dat voor een andere woning niet te zijn. Natuurlijk zijn er wetenswaardigheden die voor alle gevallen gelden, maar de echte realisatie van een energieneutrale woning blijft maatwerk. Tenzij u toevallig deskundig bent op het gebied van energiezuinig renoveren, ontkomt u er niet aan om een expert in de arm te nemen. De kosten daarvoor betalen zich dubbel en dwars terug.

Samenhang

Uw woning ademt, wisselt warmte uit met de omgeving en bestaat uit delen die samenwerken om verschillende woonfuncties te vervullen. Renovatie van één onderdeel heeft daarom waarschijnlijk ook gevolgen voor andere onderdelen van uw woning. Als u bijvoorbeeld dubbel glas plaatst, heeft dat ook effect op de ventilatie en het thermisch comfort in huis. Opeenvolgende kleine aanpassingen zijn daarom minder lonend dan een grondige renovatie ineens, als de maatregelen goed op elkaar kunnen worden afgestemd.

Samenwerken

De meeste woningen grenzen aan andere woningen. Dat betekent dat u bij een grote renovatie mogelijk moet samenwerken

met de buren. Dat kan lastig zijn als uw wensen en prioriteiten verschillen. Voordeel is dat een renovatie van meerdere woningen tegelijk effectiever en goedkoper is omdat veel kosten kunnen worden gedeeld. Daar komt bij dat sommige energiebesparende oplossingen veel voordeliger kunnen zijn op de schaal van een straat of woonblok. Wij gaan er hier vanuit dat uw buren geen rol spelen bij de renovatie van uw woning. Als u in de omstandigheid bent dat u met uw buren kunt samenwerken, dan heeft u geluk.

Besparing en opwekking

Wat is belangrijker: energie besparen of energie opwekken? Beide leiden tot een energieneutrale woning. Bij energiebesparende maatregelen kunt u denken aan betere isolatie, bij energieopwekkende maatregelen aan zonnepanelen op het dak. Als u niet doet aan energiebesparing, dan wordt het heel moeilijk om binnen de grenzen van uw perceel voldoende energie op te wekken om in uw behoefte te voorzien. Dus u moet opwekken én besparen. Een handige vuistregel voor een energieneutrale woning is om aan te houden circa 60 procent te besparen en circa 40 procent op te wekken. In veel gevallen levert dit goede oplossingen op. De daadwerkelijke verhouding wordt bepaald door de eigenschappen van uw woning en uw voorkeuren.

Fasering en verbouwing

Het is van belang om uw plannen voor een energieneutrale woning van tevoren zoveel mogelijk uit te werken, zelfs als u niet alles ineens uitvoert. Op die manier voorkomt u dat u nu dingen doet waar u later spijt van krijgt. Een bestaande woning energieneutraal maken, vergt substantiële ingrepen. De makkelijkste manier is om de woning casco te strippen en daarna volgens de nieuwe bouwwijze weer op te bouwen. Dan doet u het in één keer goed. Sommige gespecialiseerde aannemers kunnen een dergelijke renovatie in enkele dagen uitvoeren, zodat u niet tijdelijk hoeft te verhuizen. Maatregelen voor opwekking (bijvoorbeeld zonnepanelen) zijn soms minder ingrijpend en bezorgen ook minder bouwoverlast. «

De manier waarop u tot een energieneutrale woning kan komen hangt voor een belangrijk deel af van drie beslismomenten:

Stap 1: Woonstijlen
Iedereen heeft een eigen woonstijl, met bijbehorende voorkeuren voor bijvoorbeeld ruimte, licht, meubels en kleurstelling. Bij elke woonstijl horen weer andere wooneisen. Woonkwaliteit is deels meetbaar – denk aan de lichtkwaliteit – maar dus ook voor een belangrijk deel afhankelijk van de bewoner. In dit document proberen we op dit vlak geen zaken voor u in te vullen, maar u wel handvaten te geven waarmee u zich beter kunt oriënteren.

Stap 2: Strategieën
De manier waarop u uw woning renoveert of bouwt heeft veel invloed op de 'feel' van de woning. Er zijn verschillende strategieën om uw woning energieneutraal te maken. Sommige strategieën passen beter bij een landelijke uitstraling van de woning, andere beter bij een stadse uitstraling. Wij schetsen hier als voorbeeld drie verschillende strategieën om u een idee te geven van de mogelijkheden: Modern Comfort, het Natuurhuis en Slim Gedaan.

Stap 3: Woningtypologie
Hoewel elke woning verschillend is, zijn er toch uitgangspunten die u als gegeven moet beschouwen en die de mogelijkheden voor renovatie beperken. Een appartement heeft bijvoorbeeld maar weinig ruimte voor zonnepanelen. In eerste instantie houden we weinig rekening met de woningtypologie. In deel 2 van deze uitgave geven we meer informatie over de toepassing van de voorgestelde strategieën voor drie woningtypen: een jaren '60 rijtjeswoning, een jaren '70 twee-onder-een-kapwoning en een nieuwbouw rijtjeswoning. Deze typen komen veel voor en (vooral de eerste twee) gebruiken daarnaast veel energie.

In de praktijk zult u waarschijnlijk al een woning hebben. In dat geval zullen er minder opties voor uw strategie en, in mindere mate, de resulterende woonstijl, zijn dan als u nog een woning zoekt of laat bouwen. Desondanks is er altijd ruimte voor persoonlijke invulling, net als bij een normale verbouwing.

INTERVIEW:

BLIKSEMSNELLE RENOVATIE

Sociale woningbouwwijk De Kroeven in Roosendaal onderging een metamorfose. Sloopwoningen werden Passiefhuizen die ook de komende decennia voor woonplezier moeten zorgen. Bewoner Jan maakte het van dichtbij mee. Hij werd lid van de bewonerscommissie die de schakel vormde tussen woningcorporatie Aramis Allee en de bewoners. Jan woont samen met zijn vrouw Adrienne en hond Senja in *De Kroeven*.

Wat voor een wijk is dit?
J: De Kroeven is eind jaren '60 gebouwd. Je kunt het zien aan de brandkranen in de buurt, waarin nog de jaartallen staan gegraveerd. Destijds was het een moderne wijk, echt voor ambtenaren. Er zat douane, spoorwegpersoneel, militairen en medewerkers van de gemeente. Onze woningen hadden centrale verwarming en dat was toen een nieuwigheid waar veel bewoners op afkwamen. Dat had nog niemand!

Hoe was het om hier te wonen?
J: Halverwege de jaren '70 zijn wij hier naartoe gekomen. We waren blij met deze woning, maar ontdekten wel dat het niet perfect was. De ventilatie was verschrikkelijk. Het hoefde maar een beetje te waaien of het tochtte enorm. Ook de woningcorporatie kreeg door dat de woningen van slechte kwaliteit waren. Eind jaren '90 besloten ze daarom de hele wijk te slopen.

Dat is hen duidelijk niet gelukt. Wat is er gebeurd?
J: De wet zegt dat bij zo'n beslissing de mening van de bewoners moet worden gevraagd. Dus er werd een bewonerscommissie opgericht en die bleek tegen de sloop te zijn. Ik ben zelf ook in de commissie gaan zitten. Ik was net met de VUT en wilde graag iets zinnigs met mijn tijd doen. Bovendien kende ik de wijk van haver tot gort. Wij hebben de woningcorporatie toen gevraagd om te kijken of renovatie ook een optie was. We willen best meer huur betalen, zeiden we, maar dan moet de energierekening wel omlaag. Toen kwam de woningcorporatie, Aramis Allee, met het Passiefhuis op de proppen.

Wat was het plan van de woningcorporatie?
J: Aramis Allee wilde in één klap de ruim 200 woningen in de wijk grondig aanpakken. De kosten van de renovatie zouden zich terugbetalen door betere isolatie en dus een lagere energierekening, zo werd ons voorgerekend. Renovatie moest ook een einde maken aan het probleem van de slechte ventilatie en het tochten in huis. De woningcorporatie deed erg zijn best

om de bewonerscommissie te overtuigen. Ze organiseerde zelfs excursies naar bestaande Passiefhuizen in Duitsland. De commissie raakte enthousiast en is vervolgens in de buurt gaan lobbyen. De vereiste 75 procent van de bewoners heeft daarop hun handtekening gezet.

Hoe ging het daarna?
J: Na de voorbereiding ging de verbouwing zelf erg snel. Op dag 1 haalden ze het buitenspouwblad (de buitenste muur van een dubbele muur met spouw, red.) van onze hele rij woningen weg. We hebben lopen bibberen! Wat een verschil maakte dat. Op dag 2 brachten ze isolatie aan bij de fundering. Op dag 3 stortten ze beton op de fundering om het toegenomen gewicht van de woning te kunnen dragen. Op dag 4 lichtten ze 's ochtends het dak van de huizen en haalden ze de kozijnen eruit. Toen ze die avond wegreden hadden ze de gehele nieuwe buitenmuur, inclusief kozijnen, en het nieuwe dak op de woning gelegd! Op de 5e dag tenslotte sloot de installateur alles aan en konden we weer gewoon in de woning leven. Overigens ging het niet helemaal volgens plan. De vorst viel dat jaar erg vroeg in en het beton kon daarom niet meteen gestort worden. Maar daar konden ze niks aan doen. Na die eerste 5 dagen werden er nog veel kleinere dingen gedaan aan het huis. In totaal duurde het zo'n 25 dagen.

Dus jullie bleven tijdens de verbouwing in de woning?
J: Klopt. Maar dat hadden we eigenlijk beter niet kunnen doen. Om schade te voorkomen werden alle meubels een maand lang bij elkaar gezet. Daardoor hadden we nauwelijks ruimte om te leven. Ook was het stervenskoud in huis. Er waren maar twee wisselwoningen voor honderden bewoners en dat was domweg niet genoeg. Zeker voor mensen met kinderen was het heel erg. Aramis Allee heeft dat onderschat. Dat was de grootste misser in het project. Voor de rest ging het eigenlijk wonderwel goed.

Automatisch openschuivend rooster voor de afzuigkap.

De Kroeven zoals het was.

Bewoner Jan met hond Senja.

Als we naar het nu kijken: wat heeft u nou aan zo'n woning?
J: Wat we vooral merken is dat het in de woning helemaal niet meer tocht. De temperatuur is bijna altijd comfortabel en door de goede isolatie is er ook heel weinig geluidsoverlast van buiten. Natuurlijk is ook de energierekening een stuk lager. Dit jaar hebben we tot en met augustus maar ongeveer 200 m^3 gas verbruikt! Aan de binnenkant is nauwelijks iets veranderd, dus wat dat betreft is ons huis niet luxer geworden.

Maar stabiele temperaturen en geen tocht zijn toch ook luxe?
J: Nee, dat vind ik niet. Dat is tegenwoordig een must. Een huis waar je bijna uit weg waait, dat is toch niet meer van deze tijd! Bovendien wil je niet stoken om de buitenwereld te verwarmen.

Stel, jullie gaan verhuizen.
J: We overwegen het zelfs! We worden een dagje ouder en kijken uit naar een wat kleiner huis dat minder onderhoud vraagt. We hebben hier in de buurt een appartement op het oog. Ook een Passiefwoning! Als we moeten kiezen tussen een luxe keuken of een Passiefhuis, dan kiezen we voor het laatste. Je moet wel je gedrag aanpassen op de veranderde woning. Als je bijvoorbeeld vergeet om de ramen open te zetten als je bezoek krijgt, dan is het binnen mum van tijd zweten geblazen. Maar al met al is het vooral veel comfortabeler: kierdicht, winddicht en geluiddicht. Eigenlijk heeft iedereen daar recht op. «

STRATEGIE | **MODERN COMFORT**

Deze strategie gebruikt hoogwaardige techniek gemengd met een moderne inrichting om in alle opzichten een comfortabel en stijlvol huis te realiseren. De hoofdenergiebron is de zon.

Strategie: pagina 22
Simulatie & Technische gegevens: pagina 46

STRATEGIE | **NATUURHUIS**

Het natuurhuis is geïnspireerd door de aarde, en past natuurlijke materialen toe samen met zo veel mogelijk ecologische oplossingen voor het functioneren van het huis. Het bespaart zeer veel energie, en het beetje wat nog nodig is wordt gehaald uit biomassa en de zon.

Strategie: pagina 26
Simulatie & Technische gegevens: pagina 50

STRATEGIE | **SLIM GEDAAN**

De Slim Gedaan strategie is voor mensen die graag stapsgewijs richting energieneutraal willen gaan, eventueel door het zelf te doen. Eenvoudige, kosten-effectieve en zelf te installeren oplossingen zijn gecombineerd met een strategie die veel opties voor de toekomst open laat.

Strategie: pagina 30
Simulatie & Technische gegevens: pagina 54

MODERN COMFORT

Modern comfort is een energieneutraal huis waar u van alle gemakken voorzien bent en waar hoogwaardige techniek zorgt dat het klimaat altijd precies goed is geregeld. Deze strategie om uw woning energieneutraal te maken haalt zijn inspiratie uit de zon. Elke dag valt de energie die meekomt met de zonnestralen op uw huis, of dat nu direct gebeurt op een zonnige dag of indirect op een bewolkte dag.

Modern comfort is...
U bestuurt het klimaat in uw huis met een touch-screen bedieningspaneel. Onderhoud is gering door de hoogwaardige afwerking. Uw woning is ruimer geworden door een uitbouw. Een moderne warmtepompinstallatie verwarmt uw huis in de winter, en houdt het huis koel in de zomer. De moderne strakke afwerking biedt slimme functionaliteit die alleen aanwezig is als het nodig is.

Verse lucht wordt centraal naar binnen gezogen en na filtering in de woning verspreid. Uw woning is verpakt in een beschermende schil die alleen open is waar lucht de woning inkomt en uitgaat. Inkomende lucht wordt voorverwarmd met de warmte van de uitgaande lucht. Grote ramen en deuren met hoogwaardig glas sluiten uw huis hermetisch af van de buitenwereld. De buren horen u niet en u hoort de buren niet.

Bedieningspaneel voor het binnenklimaat.

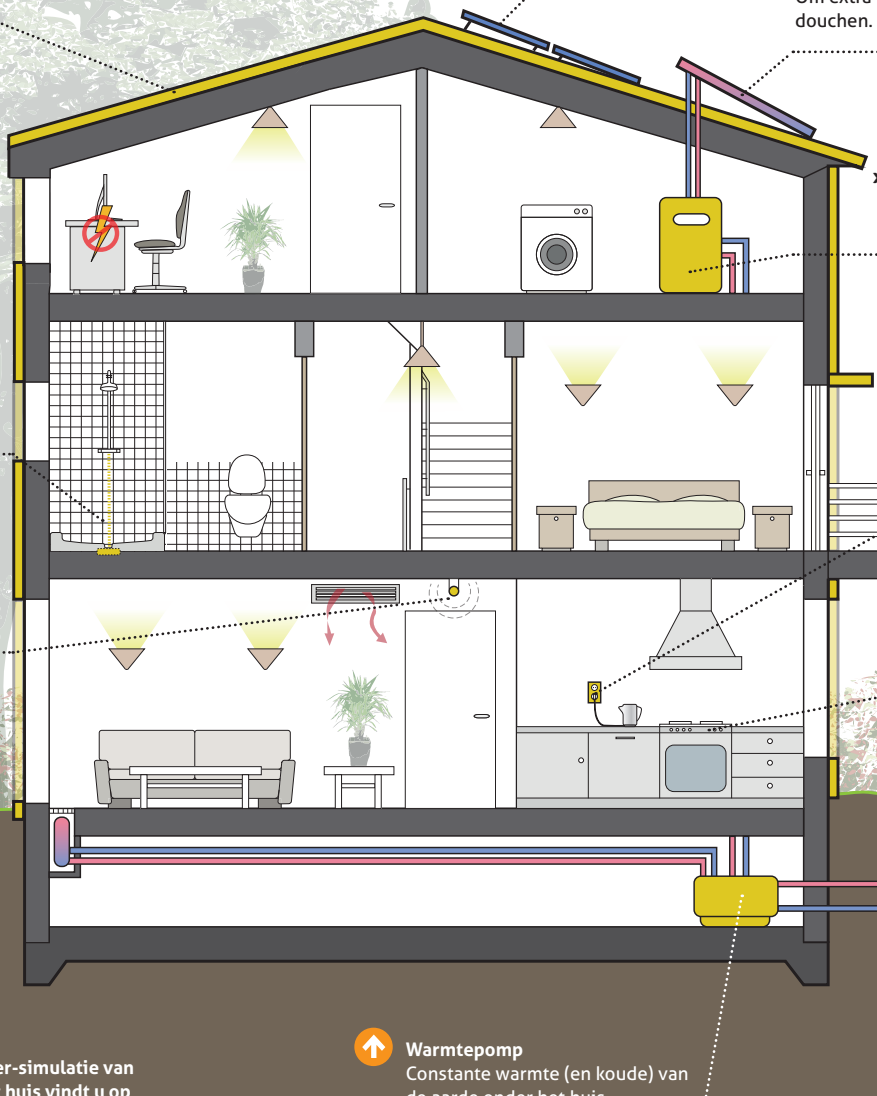
Voor wie?

- Voor liefhebbers van slimme techniek
- Kwaliteitsinterieur en afwerking
- De zon staat centraal
- Focus op stroomopwekking
- Zichtbare zonnepanelen
- Geen gasaansluiting
- Klimaatluxe: zowel koelen als verwarmen

Veel zonnepanelen
Als u zuinig bent, kunt u er ook de auto mee opladen.

Dikke isolerende schil
Het huis is als een cocon: het beschermt volledig.

Extra grote zonnecollector
Om extra lang gratis te kunnen douchen.



› **Opslagvat**
De warmte van de zon wordt opgespaard in een vat.

Douche warmtewinning
Gebruik de warmte die het doucheputje instroomt.

Slimme stopcontacten
Schakelen zelf naar gebruik apparaten aan en uit.

CO_2 gestuurde ventilatie
Slimme ventilatie levert precies genoeg frisse lucht.

Inductiekoken
Makkelijk schoonmaken, snel verhitten en zuinig.

Warmtepomp
Constante warmte (en koude) van de aarde onder het huis.

› **Technische details en de computer-simulatie van de energetische prestatie van dit huis vindt u op pagina 46.**

< **Slimme keuken**
Moderne apparatuur in de keuken, zoals een hotfill afwasmachine, bespaart energie en verhoogt het comfort.

> **LED Verlichting**
Moderne LED verlichting is van hoge kwaliteit en kan mooi worden weggewerkt in het plafond, muren en zelfs in de vloer. LEDs lenen zich ook goed voor integratie met moderne bedieningssystemen (domotica).

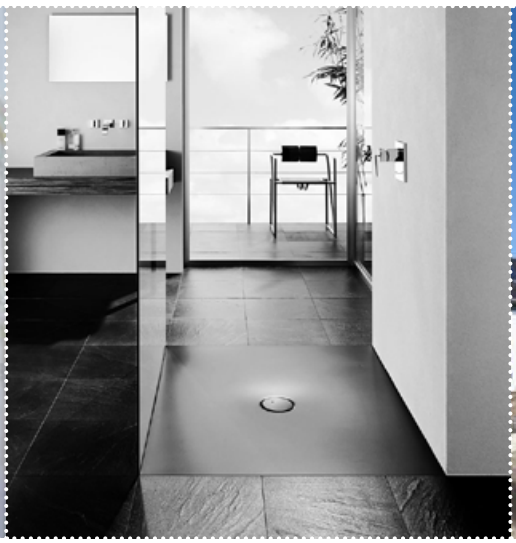
Extra isolerende ramen en deuren.

De dikke schil houdt in de winter de warmte binnen en in de zomer juist buiten. Een beetje zonneschijn of bezoek maken dat u een dag niet hoeft te stoken. Meestal hoeft er maar een heel klein beetje te worden verwarmd of gekoeld, zodat dat via de ventilatie kan. De temperatuur is constant in alle vertrekken; in hartje winter zit u in het raamkozijn net zo comfortabel als aan de eettafel. Door de extra grote zonnecollector kunt u lang gratis douchen, en de moderne, energiezuinige apparatuur maakt het leven gemakkelijk.

Het Modern Comfort Huis leent zich uitstekend voor flexibele wanden en slimme thermostaten. De elektriciteitsaansluiting houdt u aan, zodat u overschotten en tekorten kunt uitwisselen met het net.

Kijk voor technische details en simulatieresultaten van deze strategie op pagina 46. «

Achterzijde met isolatie aan de buitenkant.



Douche warmteterugwinning.

Isolerende schil.

Voor waar?

- Woningen met voldoende dakoppervlak
- Dakoppervlak op het zuiden
- Dakoppervlak met weinig of geen schaduw

NATUURHUIS

De tweede strategie die hier aan bod komt om een energieneutrale woning te bereiken kijkt goed naar de natuur, en benut natuurlijke bronnen om een warm, comfortabel en karaktervol huis te scheppen. Het natuurhuis leunt minder op techniek en meer op natuurlijke processen om zowel comfort als een energieneutraal huis te bereiken. Natuurlijke materialen als hout, kurk en leem zorgen voor sfeer, balans en rust.

Het natuurhuis is een warme plek voor rust, samenzijn en genieten. Centraal in het huis is de haard, daar waar familie en vrienden zich 's winters verzamelen. Deze verwarming wordt gestookt op houtpellets. Die zijn geperst van knotwilgen uit de buurt en daarom lokaal CO_2-neutraal. De kachel verwarmt via vloerverwarming de hele woning. De rest van de techniek is netjes weggewerkt in wanden en plafonds.

Het huis profiteert zo veel mogelijk van wat de natuur zelf al biedt. Zo wordt de ventilatielucht door een bodembuis voorverwarmd in de winter en gekoeld in de zomer, zijn de muren gemaakt van leem, en zorgen vele planten voor een fysiek en mentaal gezond huis. Het huis is vrij van gifstoffen en gebruikt hoofdzakelijk hernieuwbare, natuurlijke materialen. Een kaswand biedt licht en ruimte aan veel planten, en een groen dak kroont het huis voor extra isolatiewaarde, biodiversiteit en waterbuffering.

Voor wie?

- Voor hen op zoek naar een natuurlijke balans
- Minder snufjes, meer rust
- Gebruik de eigen tuin voor energie
- Focus op energiebesparing
- Knusse hout(pellet)ketel in woonkamer
- Goed te combineren met verbouwen eigen eten
- Voor hen die een minimale ecologische belasting zoeken

Wol en stro zijn goede ecologische isolatiematerialen.

Nieuwe techniek gecombineerd met klassieke materialen.

Keuken met isolerende houten kozijnen.

Designkachel

Met deze strategie wordt de woning veel beter ingepakt dan u gewend bent van andere woningen (30~40 cm, afhankelijk van isolatiemiddel, bijvoorbeeld bij schapenwol 40 cm). Kieren worden afgedicht en ramen vallen soepel en stevig dicht. In de tuin is een droog huisje gemaakt voor de houtpellets. In het stookseizoen haalt u de pellets elke paar weken bij de lokale wilgenkweker. De rest van het jaar hoeft dat minder vaak, en in de zomer nauwelijks want dan levert de zonnecollector warm water.

In deze strategie wordt extra aandacht besteed aan beperking van het elektriciteitsverbruik. In de hele woning is daarom LED-licht aangebracht. Ook is er een centrale schakelaar die met één beweging alle apparaten in huis kan uitzetten.

Het Natuurhuis is het meest geschikt voor mensen met een grote tuin, of met een substantieel en bruikbaar stuk groen in de straat of wijk. Het is ook mogelijk om te werken met biomassa uit de buurt, maar die is niet overal voorradig. Kijk voor technische details en simulatieresultaten van deze strategie op pagina 50. «

Voor waar?

- In de buurt van biomassa productie
- Gebaat bij eigen tuin
- Etagewoning bemoeilijkt transport biomassa naar kachel
- Zonnig dak nodig
- Er zal gegraven moeten worden in de tuin voor de bodembuis
- De serre staat graag op het zuiden
- Niet in stad vanwege fijnstofconcentratie

Groen dak
Isoleert het dak en buffert regenwater.

Zonnepanelen
Het dak is een energiefabriek.

Standby Killers
Schakelt apparaten uit die onnodig energie gebruiken.

Zonnecollector
Gratis warm water bij zonneschijn.

Douche warmtewinning
Gebruik de warmte die het doucheputje instroomt.

Hoogisolerende schil
Houdt warmte binnen, en geluid buiten.

Serre
Onverwarmde serre met planten dient als extra buffer.

LED lampen
Veilig, schoon, zuinig, flexibel.

Isolerende luiken
Mooie houten luiken schuiven voor de ramen.

Bodembuis ventilatie
Gebruik de constante grondtemperatuur om lucht voor te verwarmen of koelen.

Biomassa ketel
Houdt uw huis warm met hout.

› **Technische details en de computer-simulatie van de energetische prestatie van dit huis vindt u op pagina 50.**

< **Natuurlijke materialen**
Er zijn veel mooie, onderhoudsvriendelijke natuurlijke materialen beschikbaar voor binnen, zoals hout, kurk, leem en bamboe. Deze bevatten vaak geen gifstoffen zoals bijvoorbeeld kunststof of verlijmde materialen.

> **Planten in huis**
Planten zijn mooi maar dragen ook bij aan een gezonde leefomgeving, regelen het klimaat en brengen rust in huis.

Slim Gedaan is de strategie voor mensen die graag wat zelf doen, en hun huis stapsgewijs opwaarderen. De ingrepen zijn relatief beperkt en er is een grote keuzevrijheid. Het is een kosteneffectieve strategie die flexibel gebruikt kan worden voor verschillende situaties.

SLIM GEDAAN

U koopt een nieuw huis, of u bent van plan uw huis te renoveren, en er zelf flink de schouders onder te zetten. Dat is het ideale moment om te kijken naar manieren om uw huis energieneutraal te maken. Als u dit direct mee kan nemen tijdens de verbouwing scheelt dat een hoop geld en moeite.

Deze strategie bevat maatregelen die veelal door uzelf kunnen worden uitgevoerd. U heeft wellicht al een HR ketel in huis, waarmee u nog even voor-uit wilt. Dan sluiten de maatregelen in het Slim Gedaan pakket daar goed bij aan. U kunt natuurlijk ook een andere strategie kiezen indien u geen HR ketel heeft of toch verder wil gaan. Er is heel veel mogelijk, en bij vrijwel alle maatregelen gaat ook het wooncomfort aanzienlijk omhoog, en schelen de maatregelen op lange termijn geld. Decentrale ventilatie is per kamer te installeren, en de isola-tie-benodigdheden zijn te overzien.

Voor wie?

- Focus op eenvoudige oplossingen
- Voor stapsgewijze investering
- Voor doe-het-zelf oplossingen
- Zichtbaar duurzaam
- Relatief voordelig
- Veel controle over eindresultaat en kwaliteit

Isolerende schil
Houdt niet alleen warmte binnen, maar ook geluid buiten.

Uitbreidbare zonnepanelen
Van bescheiden besparing tot energiefabriek.

HR-gasketel
Voorziet in net dat laatste beetje bijverwarming.

Zonnecollector
Gratis warm water bij zonneschijn.

Douche warmtewinning
Gebruik de warmte die het doucheputje instroomt.

Zonwerking
Goede zonwering zorgt voor opwarming in de winter, en koelte in de zomer.

Decentrale WTW ventilatie
Frisse lucht zonder warmteverlies.

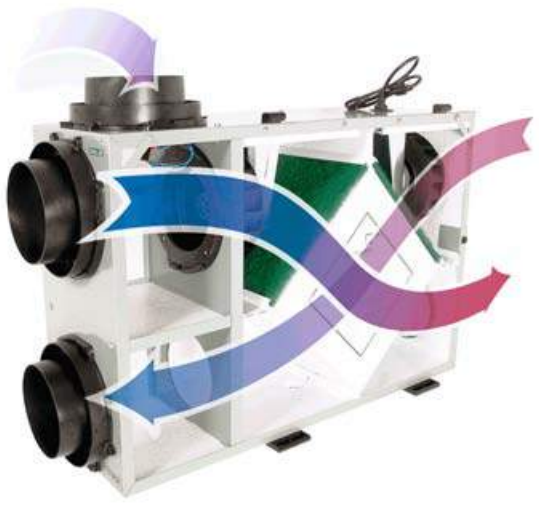
LED lampen
Veilig, schoon, zuinig, flexibel.

Hotfill afwasmachine
Bespaar energie met slimme keukenapparatuur.

› **Technische details en de computer-simulatie van de energetische prestatie van dit huis vindt u op pagina 54.**

<
Keukeneiland
Een keukeneiland is goed naar eigen wens samen te stellen of zelf te maken. Met hotfill afwasmachine en energiebesparende apparatuur helpt een mooie, moderne keuken ook energie te besparen.

>
Ventilatie WTW
Ventilatiesystemen met warmte terugwinning zijn in vele maten en vormen te koop en kunnen per kamer worden geïnstalleerd.



Met douchegoot warmte-terugwinning kunt u net zo lang douchen met minder energie.

Zonneschermen om te veel zonlicht te kunnen weren.

Door deze koepel komt dag-licht diep de woning in.

Slaapkamer met LED-licht.

Het Slim Gedaan Huis biedt veel mogelijkheden voor de doe-het-zelver. Alles is aanpasbaar, moduleerbaar, vervangbaar. Niets kan hopeloos kapot, en er wordt niet diep in de grond gegraven. In de eerste stappen kan al gelijk geprofiteerd worden van laaghangend fruit, zoals een douchewater-warmteterugwin (douche-wtw). Met lichtschachten kunt u licht van buiten door laten dringen in de hele woning. Met een zonnecol-lector buffert u genoeg warmte van de zon voor een hotfill vaatwasser en wasmachine. De rij zonnepanelen op het dak kunt u in de tijd uitbreiden zodat u van energiereductie naar -neutraal en zelfs naar energiele-verend kan gaan. De decentrale ventilatie behoudt de warmte binnenshuis en zorgt voor frisse lucht.

Let op dat u bij het isoleren het in één maal goed doet, anders verdubbelt u later kosten. Als u denkt aan binnenisolatie kijk dan uit voor vocht en schim-mels. Kijk voor details van het pakket en simulatiere-sultaten op pagina 54. «

Voor waar?

- Makkelijk bij zowel bij nieuwbouw en renovatie
- Zonnig dak nodig
- Waar standaardoplossingen niet goed werken
- Bij voortschrijdende investering.

Als enige van de 3 strategieën verbruikt deze woning nog fos-siele brandstof. De woning wekt weliswaar genoeg zonnestroom op om de energieinhoud van het gebruikte gas te compenseren, maar volgens de door Agentschap NL gebruikte definitie is dit geen energieneutrale woning. Het gas komt immers niet uit de buurt en kan in de praktijk niet weer aangevuld worden. Een alternatief dat goed werkt op wijkniveau is een biovergasser die gas wint uit rioolslib. Het gaat hier echter om oplossingen die ook op de schaal van een enkele woning werken. Vandaar dat we er tóch voor hebben gekozen om hier een HR-ketel te gebruiken.

Economie

Nog maar een paar dozijn woningen in Nederland hebben een hoogwaardige renovatie ondergaan die de woning energieneutraal of – voornamelijk – erg energiezuinig maakte. De markt is nog jong en de prijzen en oplossingen zijn nog niet gestandaardiseerd. Het is daarom onmogelijk om een betrouwbaar generiek prijskaartje te geven.
We geven hier handreikingen voor het komen tot een goede inschatting per situatie. Uiteindelijk zult u het voor uw woning pas echt te weten kunnen komen door bij meerdere aanbieders een offerte op te vragen.

De kosten voor energieneutraal (ver)bouwen hangen onder meer af van de situatie (nieuwbouw of renovatie, locatie), de schaalgrootte (een woning of het hele blok), het ambitie- en kwaliteitsniveau, de gekozen technische oplossingen en de kwaliteit en ervaring van het bouwteam.

Kostenindicaties
Globaal gelden de volgende indicaties voor energieneutraal (ver)bouwen:

› De duurste maatregel is renovatie van de gebouwschil (dak, vloer, gevel, kozijnen en ramen). Afhankelijk van de situatie bedragen de kosten enkele tienduizenden euro's. Als de schil al relatief goed is (bijvoorbeeld bij nieuwbouw) kan ook begonnen worden met andere maatregelen.

› Een warmtepomp met bodembron kost circa € 10.000-15.000. Bij een woning met een zeer lage warmtevraag is de energiewinst beperkt. Ook is bij renovatie een warmtepomp soms lastig te realiseren. Een alternatief is om een warmtepomp met buitenlucht als bron te installeren.

› De prijzen van zonnestroom dalen snel en bedragen momenteel (exclusief installatie) circa € 300 voor 140 Wp.

› De impact van zuinige huishoudelijke apparatuur is, zeker in termen van primaire energie, groot. Een voorschakelapparaat voor hotfill-toepassingen kost circa € 300, een warmtepomp wasdroger is verkrijgbaar vanaf circa € 700 en A++ label apparatuur is globaal enkele tientjes tot enkele honderden euro's duurder per apparaat.

Bij renovatie moet u voor grootschalige, seriematige renovatie van een jaren ’60 / ’70 woning denken aan totale kosten - met nieuwe gevels, dak, aanpassingen aan de vloer, installatietechniek, keuken, badkamer - in de orde van 90.000-110.000 euro. Voor een recent gebouwde woning met goede schil en goede installaties is dit in de orde van 35.000-55.000 euro. Deze investering kan de woning energieneutraal maken. Daarnaast levert het een woning op die gemoderniseerd is, een hoog comfortniveau biedt en in zeer goede staat van onderhoud verkeert. Overigens dalen prijzen voor zonne(PV)panelen en schilrenovatie nog steeds gestaag.

De prijs van een energieneutrale nieuwbouwwoning wordt vooral door locatie (grondprijs) en woonoppervlak bepaald. Als energieneutraliteit vanaf de eerste schets wordt meegenomen, kunnen de kosten voor extra energetische maatregelen relatief beperkt zijn, zeker wat betreft de gebouwschil (mits de woning een goede basiskwaliteit heeft).

Uitgaande van renovatie is de strategie Slim Gedaan de goedkoopste in aanschaf, zeker als u ook zelf de handen uit de mouwen steekt. Daarna volgen Modern Comfort en Natuurhuis, beide circa 30-40% duurder dan Slim Gedaan. Dit betreft ruwe schattingen en er zijn grote verschillen tussen nieuwbouw en renovatie. Om de besparing in energielasten te bepalen, is een berekening nodig die specifiek is opgesteld voor de woning die aangepakt gaat worden.

Voor beide gevallen geldt dat de aanpak van een aantal woningen tegelijkertijd de kosten per woning sterk kan doen afnemen.

Opbrengsten
Tegenover deze kosten staan opbrengsten. Uiteraard liggen energiekosten veel lager dan bij een vergelijkbare ‘standaard’ woning. Een gemiddeld huishouden besteedt € 150-200 per maand aan energie, wat neerkomt op 4-5 procent van het besteedbaar inkomen. Dat is genoeg om een aanzienlijke investering in energieneutraliteit te rechtvaardigen. De afgelopen jaren zijn energieprijzen met ruim 5 procent per jaar gestegen; als dat aanhoudt, loopt de besparing de komende jaren flink op.

Andere voordelen zijn:
› Comfortverhoging, bijvoorbeeld door minder koudeval bij de ramen, hogere geluidsisolatie, gezondere lucht, minder tocht.

› Langere levensduur en lagere onderhoudskosten van de woning.

› Woning wordt toekomstbestendig en krijgt in geval van renovatie een kwalitatieve 'upgrade', wat gunstig is voor de waardeontwikkeling. Het is nog niet duidelijk hoe gunstig dat precies is – er zijn nog nauwelijks energieneutrale woningen in de particuliere verkoop geweest – maar de eerste resultaten zijn hoopgevend.

› Bij een 'all-electric' nieuwbouwhuis kunnen de kosten voor een gasaansluiting en het vastrecht worden vermeden.

› Grotere zekerheid over de woonlasten. Zowel hypotheek als energielasten liggen voor vele jaren vast.

› Wonen volgens een vernieuwend en toekomstgericht concept.

Fasering
De kosten voor energieneutraal (ver)bouwen kunnen uiteraard worden uitgesmeerd over een langere periode, bijvoorbeeld door eerst de energievraag te beperken en pas daarna maatregelen te nemen voor het opwekken van energie. Wel moet steeds worden gelet op samenhang tussen alle maatregelen, ook als die pas later worden uitgevoerd. Onderdelen van de woning die recent al zijn verbeterd, kunnen tot een later stadium worden uitgesteld. Periodieke onderhoudsmomenten, als er toch al verbouwd wordt in huis, kunnen zeer geschikt zijn om energiebesparende aanpassingen te doen.

Financiering
Woningbezitters die de investering niet direct uit eigen zak kunnen of willen betalen, kunnen bijvoorbeeld gebruik maken van groenhypotheken, duurzame leningen of persoonlijke leningen met een lagere rente.

Ook zijn er stimuleringsmaatregelen van de rijksoverheid. Kijk op www.energiesubsidiewijzer.nl voor een overzicht. Onder bepaalde condities zijn bovendien lease- of huurkoopconstructies mogelijk, met of zonder inzet van lokale duurzame energiebedrijven of zogenaamde energy service companies (ESCO's). «

EN NU VERDER

Het is mogelijk dat u serieus overweegt een energieneutrale woning te gaan bewonen, of in elk geval stappen in die richting te nemen. Misschien wilt u gewoon meer weten. De volgende vraag is dan: "hoe nu verder?". Een energieneutrale of zeer energiezuinige woning is een aantrekkelijk doel maar zeker niet eenvoudig te realiseren.
Een veelheid aan factoren bepaalt het succes van uw project en de uiteindelijke woonkwaliteit. Met al deze facetten moet u rekening houden. Denk aan bouwkundige maatregelen, installatietechniek, kwaliteitsborging, samenwerking met andere partijen en ga zo maar door. Hoe energiezuiniger de woning, des te bepalender worden deze facetten en hun onderlinge afstemming.

Enkele vuistregels kunnen u op weg helpen:

› Stel uw ambities vast: denk aan aspecten als energiegebruik, comfort, kosten, ecologie, gebruikersgemak en onderhoud.
› Zoek partners met de benodigde kennis en ervaring die u kunnen helpen om uw ambities te realiseren: denk aan aannemer, installateur, architect en adviseur.
› Breng het bouwteam al in de ontwerpfase bij elkaar. Zo is essentiële kennis al in een vroeg stadium beschikbaar en vormen ontwerp en uitvoering een samenhangend geheel.
› Reserveer budget voor een goed ontwerp, voldoende gedetailleerde berekeningen en adequate begeleiding en kwaliteitscontroles tijdens de bouw.

Moet u het nu verder helemaal zelf uitzoeken?
Als u echt aan de slag wilt met energieneutraal wonen, dan heeft u meer informatie nodig. In de bijlage gaan we daarom dieper in op de techniek. We hebben zes cases uitgewerkt: de drie strategieën die we eerder beschreven, elk toegepast op twee veelvoorkomende woningtypes.

Modern Comfort	**Natuurhuis**	**Slim Gedaan**
Renovatie jaren '70 2-onder-1-kapwoning	Renovatie jaren '60 rijtjeswoning	Renovatie jaren '60 rijtjeswoning
Nieuwbouw rijtjeswoning	Renovatie jaren '70 2-onder-1-kapwoning	Nieuwbouw rijtjeswoning

Dit is nadrukkelijk geen volledige voorstelling van zaken. De voorbeelden kunnen u helpen inschatten wat uw mogelijkheden zijn en waarmee u rekening moet houden. Ook kunnen ze van pas komen bij overleg tussen woningeigenaar en bouwprofessional. «

ONDERBOUWING

TECHNIEK EN PRAKTIJK VOOR DE BOUWPROFESSIONAL

WONINGTYPEN

In deze uitgave hebben we u een aantal strategieën laten zien voor de realisatie van een energieneutrale woning, aansluitend bij het hogere doel om de woningkwaliteit te verbeteren. In dit technische katern maken we de stap van strategie naar concrete voorbeelden. We duiken dieper in de techniek en prestaties.

Twee-onder-één-kap woning uit de jaren '70.

Rijtjeswoning uit de jaren '60.

Dit deel van de uitgave is primair bedoeld voor professionals in de bouwsector.

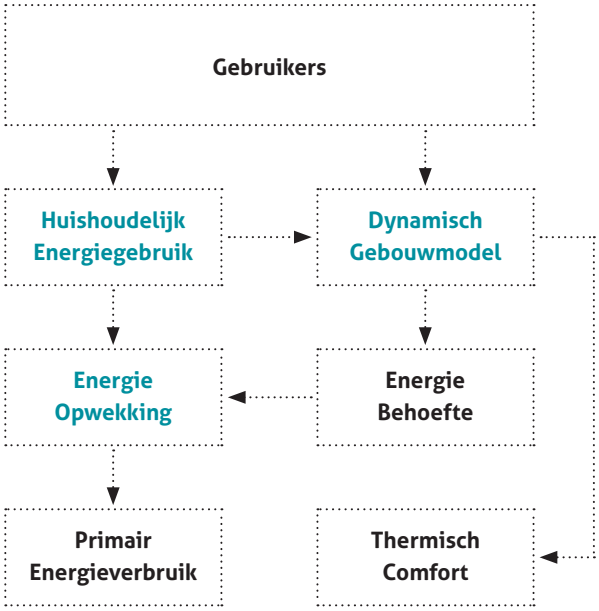
De technische en praktische onderbouwing bevat:
- Beknopte uitleg van technische oplossingen voor energieneutraal bouwen
- Toelichting van de uitgangspunten die zijn gebruikt voor de rekenvoorbeelden
- Zes concrete pakketten maatregelen
- Beoordeling van gebruiksgemak en robuustheid
- Aanwijzingen waar op te letten bij ontwerp en uitvoering

De eerder genoemde strategieën (Modern Comfort, Natuurhuis en Slim Gedaan) zijn gekoppeld aan veel voorkomende woningtypen die relatief veel mogelijkheden bieden voor energiebesparing.

Twee-onder-een-kapwoning
Circa 1 op de 8 woningen in Nederland is een twee-onder-een-kapwoning. Door het grotere oppervlak en de grotere buitengevel heeft dit woningtype een hoger energiegebruik dan een rijtjeswoning. Wij gaan uit van een woning uit de jaren '70 met een vloeroppervlak van 130 m^2 (circa 6 x 10 m). Twee-onder-een-kap woningen hebben meestal een zadeldak, maar ook een lessenaarsdak en plat dak komen voor.

Rijtjeswoning
Ongeveer de helft van alle woningen in Nederland is een rijtjeswoning, en daarvan is bijna driekwart een tussenwoning. Deze woningen hebben door hun kleine buitenoppervlak in vergelijking met hoekwoningen en twee-onder-een-kapwoningen een relatief laag verbruik voor ruimteverwarming. Wij gaan uit van een tussenwoning uit de jaren '60 van 106 m^2 en een nieuwbouw tussenwoning van 120 m^2. Rijtjeswoningen hebben meestal een zadeldak, maar ook lessenaarsdaken en platte daken komen voor. «

SIMULATIE



Alle voorbeelden in deze uitgave zijn middels zogenaamde 'dynamische simulatie' doorgerekend om het energiegebruik en het binnenmilieu te bepalen, waarbij is uitgegaan van een gemiddeld gezin. Deze berekeningen zijn uitgevoerd om de eerder in deze uitgave voorgestelde strategieën te kunnen onderbouwen en meer details daarover te kunnen tonen.

Het schema hiernaast toont hoe de berekeningen zijn opgebouwd. Ter illustratie van het nut van dynamische simulatie: vanwege de simulaties hebben wij de precieze samenstelling van onze pakketten met maatregelen een aantal keer moeten verbeteren om onwenselijke uitkomsten (bijvoorbeeld: te weinig koelcapaciteit in de zomer) te voorkomen. Deze twee pagina's leggen uit hoe wij de simulaties hebben uitgevoerd.

Dynamische simulatie
Een gemiddeld gebruik van huishoudelijke apparatuur geldt als input voor het dynamisch gebouwmodel (TRANSYS/TRNFLOW) en voor de berekening van huishoudelijk energiegebruik, dat op zijn beurt ook input is voor het gebouwmodel (vanwege de relatie met interne warmteproductie).

De interne warmteproductie (door apparaten en gebruikers) varieert in de tijd en is afhankelijk van aan- en afwezigheid van bewoners. Vervolgens wordt de energiebehoefte omgerekend naar primair energiegebruik door toepassing van opwek- en conversierendementen. Behalve de energiebehoefte berekenen we het thermisch comfort. Voor een gedetailleerde analyse van complexe energieopwekking is het raadzaam de installatietechniek ook dynamisch te modelleren.

Energie
De energetische prestatie van de woning is uitgedrukt in MJ/m² primaire energie per jaar, dat wil zeggen uitgedrukt in equivalenten fossiele energie die direct (in de woning) of indirect (in de elektriciteitscentrale) nodig zijn. Het is in de bouw niet gebruikelijk om in deze termen te rekenen. Ze zijn echter accurater dan alternatieven en we hebben hier daarom toch voor gekozen.

Tussenstappen op weg naar 100% besparing zijn ambities van 60% en 80% in MJ/m² primaire energie per jaar. Om ervoor te zorgen dat ook de energiebehoefte voldoende laag is (en er dus ook wordt bespaard en niet alleen meer energie wordt geproduceerd), hanteren we de aanvullende eis dat het verbruik van ruimteverwarming niet meer mag zijn dan 140 MJ/m² per jaar. Dit is de maximale warmtevraag voor ruimteverwarming die door de aanwezige installatietechniek zal worden geleverd. Het gehanteerde rendement voor centrale elektriciteitsopwekking is 40,8% 'af gebruiker'.

Thermisch comfort
Thermisch comfort is uitgedrukt in 'predicted mean vote' (PMV). De PMV staat voor de gemiddelde waardering van een grote groep mensen van het thermisch binnenklimaat in een ruimte. De PMV is een functie van klimaat- en persoonsafhankelijke parameters (zoals kleding en metabolisme). De PMV heeft een schaal van -3 (te koud) tot +3 (te heet). Gesteld mag worden dat een ruimte voor de meeste mensen comfortabel is bij een PMV tussen -0,5 en +0,5. Deze norm blijkt in praktijk vrij streng: kleine variaties in kleding kunnen de norm al doen overschrijden. In deze publicatie is de PMV bepaald voor een koude winterdag (11 januari) en een warme zomerdag (31 juli).

Voor de berekening van de PMV zijn tijdspatronen opgesteld voor kleding (clo, Clothing) en activiteit (met, Metabolisme) van de bewoners. Zo varieert de kleding gedurende het jaar van lichte zomerkleding (0,35 clo) tot warme winterkleding (1,3 clo), Activiteiten variëren van slapen (0,7 met) tot huishoudelijke activiteiten (2 met), waarbij ook rekening is gehouden met verschillen tussen volwassenen en kinderen.

Gebouwmodel
Het gebouwmodel van de drie woningentypen is opgezet per vertrek (woonkamer, slaapkamers, hal, zolder, badkamer) zodat gedetailleerd rekening kan worden gehouden met verschillen in gebruik en instellingen. Voor de drie woningen is oriëntatie op het zuiden aangenomen, ideaal voor passieve en actieve zonne-energie.

Klimaat
Voor klimaatgegevens zoals buitentemperatuur, zoninstraling en windsnelheden is uitgegaan van het klimaatjaar uit NEN5060 (op basis van meteostation De Bilt). Dit geldt als representatief voor de Nederlandse situatie.

Interne warmte
Interne warmteproductie is zeer belangrijk voor de energiebalans van energieneutrale en –zuinige woningen. Er zijn verschillende bronnen van interne warmte: gebruik van (huishoudelijke) apparaten, verlichting en de aanwezigheid van personen. De hoeveelheid interne warmtelast van personen is afhankelijk van het tijdspatroon van activiteiten. De interne warmtelast van apparatuur is afhankelijk van de aanwezigheid en activiteiten van personen. Hoe meer mensen actief zijn, hoe meer interne warmtelast door apparatuur.

Er is uitgegaan van een gezin van vier personen. De bijdrage van verlichting is afhankelijk van aanwezigheid, activiteit en zonintensiteit buiten (inschakeling bij <15 W/m^2 globale zoninstraling, behalve in de inpandige badkamer waar verlichting aan aanwezigheid is gekoppeld).

Voor de belangrijkste apparaten zijn gebruiksschema's opgesteld met interne warmteproductie. Het totale verbruik komt overeen met het landelijk gemiddelde elektriciteitsgebruik. Er is rekening mee gehouden dat niet alle elektriciteitsgebruik bijdraagt aan opwarming van de woning. Ook de interne warmteproductie van warm water voor gebruik in badkamer en keuken, en van installaties als het ventilatiesysteem, zijn in de berekening meegenomen. Deze bronnen zijn in het model aangepast voor maatregelen om het huishoudelijk energiegebruik terug te dringen. Als gevolg hiervan verandert namelijk de behoefte aan ruimteverwarming (en eventueel -koeling).

Ventilatie
Uitgangspunt voor de ventilatie zijn variërende debieten tot 42 liter/seconde, afhankelijk van het metabolisme niveau per vertrek (dus gestuurd op aanwezigheid en activiteitenniveau). Voor warmteterugwinning uit ventilatielucht (bij balansventilatie) is een thermisch rendement van 80% gehanteerd. Door middel van een bypass kan de warmteterugwinning worden uitgeschakeld als de woning oververhit raakt. Dat wil zeggen als de slaapkamer of woonkamer warmer wordt dan respectievelijk 20° of 22° C (op dit punt start het regelsignaal, lineair oplopend tot 100% bij respectievelijk 22° en 23° C). In dat geval kan ook spuiventilatie worden ingeschakeld via open ramen in de woonkamer (1,5 m^2), slaapkamers (0,5 m^2) en op de zolder (0,75 m^2). Spuiventilatie wordt alleen gebruikt als bewoners thuis en actief zijn. De openingen worden begrensd als functie van de windsnelheid.

Luchtkwaliteit wordt ook meegenomen in de berekeningen, met CO_2 als indicator. Het ventilatiesysteem wordt echter zo gedimensioneerd dat de zogenaamde hygiënische grenswaarde (1200 ppm CO_2) niet onacceptabel lang (in tijd) en onacceptabel hoog (in concentratie) wordt overschreden. Er wordt altijd voldaan aan een zogenaamde 'lage ventilatie index' van 0,005.

Thermostaat voor koelen en verwarmen
De volgende instellingen voor de thermostaat zijn gehanteerd gedurende het stookseizoen:

	Woonkamer	Slaapkamer	Badkamer
Overdag	19°C	17,5°C	20,5°C
's Avonds	20°C	18°C	22°C
's Nachts	18°C	18°C	18°C

Voor eventuele (vrije of actieve) koeling wordt gebruik gemaakt van hetzelfde regelsignaal als voor spuiventilatie (zoals hierboven beschreven).

Zonwering
Uitgangspunt is externe zonwering. Hiermee wordt zonnewarmte het meest effectief buitengehouden. We nemen aan dat de zonwering automatisch wordt bediend zodat oververhitting ook wordt voorkomen als de bewoners niet thuis zijn. De zonwering, met een ZTA van 15%, is toegepast bij de woonkamer en de grote slaapkamer (op het zuiden) en wordt geactiveerd volgens eerdergenoemde definitie van dreigende oververhitting, met als aanvullende eis dat de zoninstraling op de gevel hoger moet zijn dan 100W/m^2. «

TECHNIEKEN

De realisatie van een energieneutrale woning vereist uiteenlopende en op elkaar afgestemde technische maatregelen. De belangrijkste lichten we hieronder kort toe.

Isolatie, kierdichting en ventilatie
Besparing Warmte
Uitgangspunt is een stevige schil om de woning waardoor de behoefte aan ruimteverwarming en -koeling sterk wordt verminderd. Het gaat hierbij om isolatie en kierdichting van gevels (inclusief ramen), vloeren en daken, en om passieve koelmaatregelen als zonwering en spuiventilatie.[1]

Van belang is een adequaat ventilatiesysteem voor het efficiënt afvoeren van verontreiniging bij de bron (bijvoorbeeld keuken, douche en toilet). Via overstroom- en vraaggestuurde toevoervoorzieningen wordt verse lucht aangevoerd. Dat gebeurt bij voorkeur na uitwisseling van warmte via warmteterugwinning, een warmtepomp of warmtebuffer. Zorg voor voldoende ventilatiecapaciteit (minstens 2x het minimum in het Bouwbesluit) en voor een eenvoudig schoon te houden luchttoevoer.

Warmteterugwinning uit douchewater
Besparing Warmte
Circa driekwart van het warm tapwater wordt gebruikt voor douchen. Gebruikt water dat in het afvoerputje verdwijnt, is nog relatief warm. Deze warmte kan met een warmtewisselaar worden teruggewonnen. De warmte kan worden gebruikt voor de voorverwarming van koud water voor het douchen. Op deze manier kan een aanzienlijke reductie van het energiegebruik worden gerealiseerd. Warmtewisselaars zijn er in horizontale en verticale uitvoeringen zodat ze zowel in hoog- als laagbouw kunnen worden toegepast.

Zonwering en spuiventilatie
Besparing Koude (zomercomfort)
Zonwering is essentieel voor de realisatie van een energieneutrale woning. Er zijn verschillende opties (binnenzonwering, buitenzonwering, en vaste overstekken bij ramen) en verschillende uitvoeringsvormen voor elke optie. De voorkeur gaat uit naar buitenzonwering met een automatische regeling zodat de zonwering altijd kan worden ingezet bij dreigende oververhitting.

Mocht de woning toch te veel opwarmen, dan moet er extra geventileerd kunnen worden, ook wel 'spuien' genoemd. Spuiventilatie heeft een veel hogere capaciteit dan standaard ventilatie. Soms is de uitvoering heel eenvoudig, bijvoorbeeld ramen die tegen elkaar worden opengezet. Bij dreigende oververhitting moet het mogelijk zijn eventuele voorverwarming van toevoerlucht uit te schakelen (bypass).

Besparen op huishoudelijk energiegebruik
Besparing Elektriciteit
In nieuwbouw nemen elektrische apparaten (inclusief hulpenergie voor ventilatie en verwarming) een groot deel van het energiegebruik voor hun rekening. Bovendien komen er alsmaar meer huishoudelijke apparaten bij. Besparen op energie voor huishoudelijke apparatuur is dus heel belangrijk. Verschillende maatregelen kunnen worden toegepast:

Hotfill was- en vaatwasmachine (bijvoorbeeld gekoppeld aan de zonneboiler). Dat leidt tot een verschuiving van respectievelijk circa 120 kWh en 100 kWh elektriciteit naar warmte. Een korte leidinglengte tot de warmtebron is cruciaal. Toepassen van centrale of decentrale standby killers waarmee inactieve apparaten worden uitgeschakeld kan een besparing opleveren van circa 200 kWh.

Toepassen van A++ apparatuur (bijvoorbeeld koelkast, vriezer) en energiezuinige verlichting (LED-lampen, spaarlampen, eventueel met intelligente schakeling) kan een besparing opleveren van circa 360 kWh, respectievelijk 390 kWh. Het vervangen van een wasdroger door droogkast of warmtepomp droger kan een besparing opleveren van circa 400 kWh, respectievelijk 250 kWh elektriciteit.

Bewoners bewust maken van de invloed van hun dagelijks handelen op het elektriciteitgebruik kan een besparing opleveren van zeker 10% op het huishoudelijk energiegebruik.

Warmtepompen
Opwekking Warmte/Koude
Warmtepompen maken gebruik van uiteenlopende technieken. Wij gaan uit van individuele elektrische compressiewarmtepompen met een gesloten verticale bodembron. Deze warmtepomp gebruikt elektriciteit om duurzame lage-temperatuur-warmte uit de bodem op te waarderen voor toepassing in de woning. Indien de warmtepomp wordt gekoppeld aan een lage temperatuur warmteafgiftesysteem, wordt het rendement geoptimaliseerd. In de zomer kan de bodembron worden gebruikt voor zogenoemde 'vrije koeling'; zo kan in de woning een temperatuur worden gerealiseerd die enkele graden lager is dan de buitentemperatuur.

Voor de warmtepomp, bodembron en het afgiftesysteem zijn verschillende oplossingen verkrijgbaar. Het is essentieel dat de gekozen onderdelen wat betreft ontwerp en uitvoering goed op elkaar zijn afgestemd en dat er voldoende aandacht is voor kierdichting en isolatie. Op die manier sluiten benodigd en geleverd vermogen het beste op elkaar aan.

1. Meer informatie is onder andere te vinden in de uitgave van het Platform Energietransitie Gebouwde Omgeving (*http://energiesprong.nl/wp-content/uploads/2011/05/PeGO-Conceptlijn-Passiefhuis.pdf*)

Zonneboiler

Opwekking Warmte

Een zonneboiler kan een aanzienlijke bijdrage leveren aan de verwarming van tapwater. Met behulp van goed geplaatste zonnecollectoren (gericht op het zuiden in een helling van 30-40°) kan een opslagvat worden verwarmd voor warm tapwater. Er is keuze uit 'vlakke plaat' en vacuümbuis collectoren. Voor een optimaal rendement moeten collectoroppervlak, opslagvolume en gebruik van warmwater zoveel mogelijk op elkaar aansluiten. Toepassing van zonnecollectoren kan leiden tot een besparing van 40-50% op de resterende vraag naar warm tapwater (na aftrek van de besparing door douche warmteterugwinning)

Biomassa ketels

Opwekking Warmte

Biomassa ketels kunnen worden gebruikt voor verwarming van de woning en tapwater. De ketels kunnen worden voorzien van een automatisch systeem om brandstof aan te voeren en as af te voeren. Behalve rendement is ook uitstoot – die immers in de directe nabijheid plaatsvindt – een factor om rekening mee te houden. Om het effect van biomassa langdurig aan de betrokken woning te kunnen toerekenen, gaan wij ervan uit dat de biomassa een functionele, juridische en organisatorische verbinding moet hebben met de woning en binnen een straal van 10 km moet liggen. De voornorm NTA 8080/81 geeft aan welke biomassa duurzaam is. Vanwege de beschikbaarheid en kosten van biomassa, blijft het verstandig het energiegebruik zoveel mogelijk te beperken. De energiedichtheid van droge biomassa is met 15 à 18 MJ per kg (droog) circa de helft lager dan aardgas. Bij een jaarproductie van 10 tot 15 ton per hectare (voor hout, respectievelijk miscanthus) is voor het equivalent van 1 m^3 aardgas een grondoppervlak van 1,5 à 2 m^2 nodig. Dat betekent doorgaans dat behalve het eigen perceel extra grond nodig is voor de productie van biomassa.

Zonnestroom / PV panelen

Opwekking Elektriciteit

Er zijn verschillende soorten PV panelen verkrijgbaar, variërend in prijs en opbrengst per m^2. Ook wat betreft bouwkundige inpassing en uitstraling valt er te kiezen. De prijs per Wattpiek daalt aanzienlijk door technische ontwikkelingen en de opkomst van nieuwe producenten. Het punt waarop 1 kWh uit een PV paneel net zoveel kost als 1 kWh van het elektriciteitsnet, komt dan ook steeds dichterbij.

Voor optimale prestatie is een goede zonoriëntatie essentieel (tussen zuidoost en zuidwest). Zorg voor een PV opstelling vrij van dakdoorvoeren (rookgas, ventilatie), dakramen en dakkapellen, zodat er voldoende ruimte is en beschaduwing wordt voorkomen. Mogelijk zijn er aanpassingen nodig in de meterkast, zoals aparte groepen (vanaf 600Wp geïnstalleerd vermogen), een opbrengstmeter (als er geen geschikte terugdraaiende meter aanwezig is) en een stroomonderbreker. «

De volgende 12 bladzijden laten de resultaten zien van de simulaties, inclusief de gedetailleerde pakketten met maatregelen die zijn vastgesteld per strategie en woningtypologie. »

MODERN COMFORT

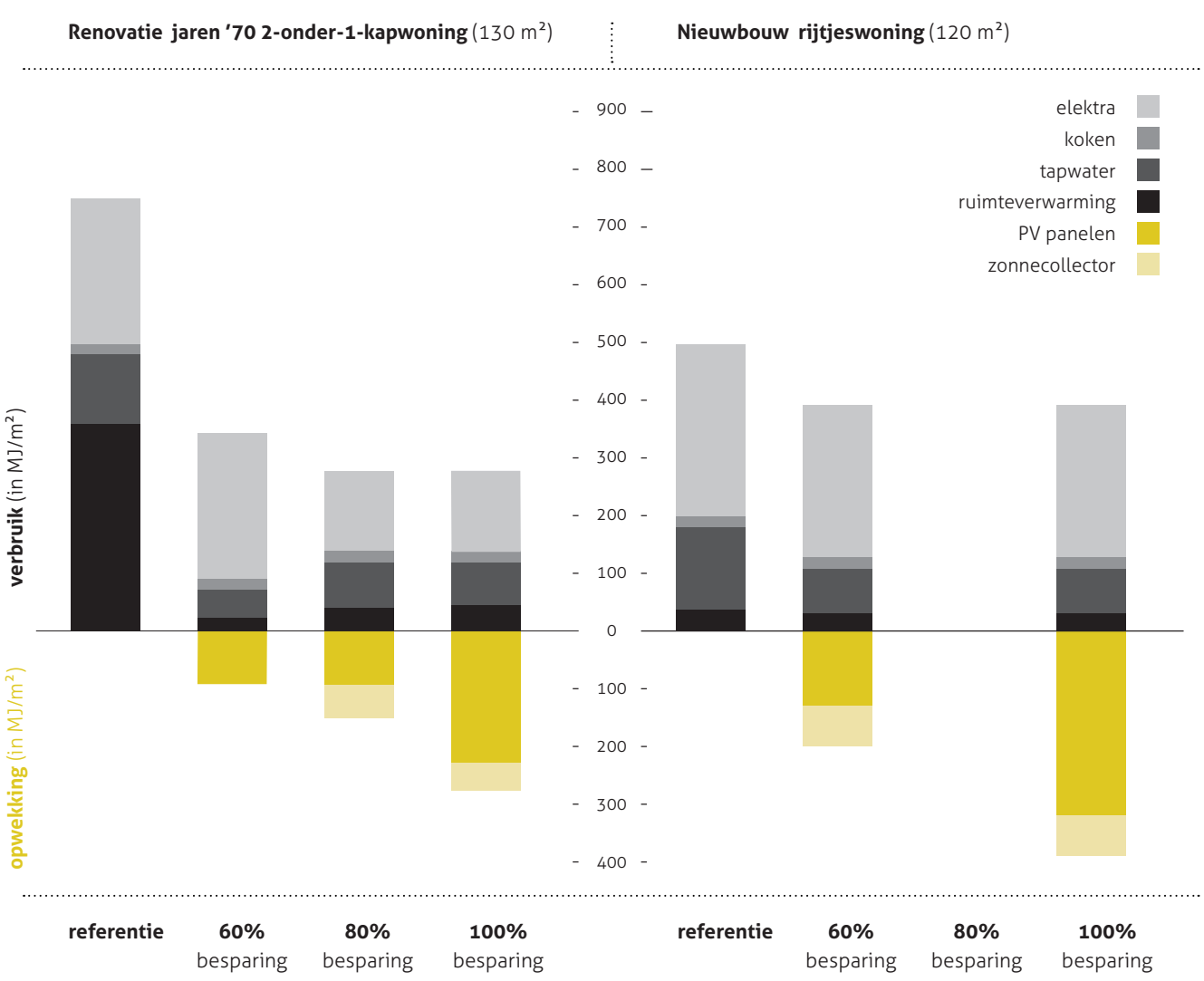
	Renovatie jaren '70 2-onder-1-kapwoning (130 m²)	**Nieuwbouw rijtjeswoning** (120 m²)
60% besparing	Buitenisolatie met Rc 6, Kierdichting: qv10 is 0,3 dm³/s.m², Decentrale balansventilatie met CO_2 vraagsturing, Optimaal geregelde zonwering. Warmtepomp met bodembron, Vrije koeling met bodemkoude, Douche warmteterugwinning, 27 m² amorf PV panelen met 50 kWh/m² jaaropbrengst. Inductiekoken,	Buitenisolatie met Rc 6, Kierdichting: qv10 is 0,3 dm³/s.m², Centrale balansventilatie met CO_2 vraagsturing, Optimaal geregelde zonwering. Warmtepomp met bodembron, Vrije koeling met bodemkoude, Douche warmteterugwinning, 6 m² vacuüm buis zonnecollector plus 300 l opslagvat, 34 m² amorf PV panelen met 50 kWh/m² jaaropbrengst. Inductiekoken, 100% LED verlichting, 50% meer lichtpunten voor visueel comfort, Stand-by killers.
80%	Extra t.o.v. 60%: 6 m² vacuüm buis zonnecollector plus 300 l opslagvat, 100% LED verlichting, Hot fill wasmachine en vaatwasser, Warmtepompdroger, Stand-by killers, A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen).	Geen logische tussenstap tussen 60% en 100%
100%	Extra t.o.v. 80%: In totaal 27 m² kristallijn PV panelen met 120 kWh/m² jaaropbrengst in plaats van amorf PV.	Extra t.o.v. 60%: In totaal 34 m² kristallijn PV panelen met 120 kWh/m² jaaropbrengst in plaats van amorf PV.

Isolatie
De bestaande 2-onder-1-kap woning wordt nageïsoleerd aan de buitenzijde met isolatie om een Rc-waarde te verkrijgen van 6, dezelfde isolatiewaarde als de nieuwbouwwoning. De ramen worden voorzien van HR++ glas en isolerende kozijnen (kunststof of houten passiefkozijnen). In de nieuwbouwwoning is ook temperatuurzonering gebruikt. In nieuwbouwwoningen is dit te realiseren zonder verlies van verdiepingshoogte, wanneer de tussenvloeren worden geïsoleerd.

Verwarming
In de woning wordt een elektrische compressiewarmtepomp gebruikt met een COP van 4 voor het verwarmen van de ruimte en een COP van 2,5 voor het verwarmen van tapwater. Dit levert een hoog comfortgehalte op. Er wordt gebruik gemaakt van een verticale bodembron (gesloten bodemwarmtewisselaars). Deze bodembron wordt, indien nodig, ook gebruikt voor vrije koeling in de zomer. In een renovatiesituatie kan een bodembron lastiger te realiseren zijn. Een warmtepomp met buitenlucht als bron kan dan als optie worden bekeken. Ook maakt de strategie gebruik van zonnewarmte door middel van een zonnecollector met een 300 liter groot opslagvat.

	Maatregel	**Renovatie**	**Nieuwbouw**
Wanden	(na-) isolatie	Rc 6	Rc 6
Vloeren	(na-) isolatie	Rc 6	Rc 6
Daken	(na-) isolatie	Rc 6	Rc 6
Kozijnen	Geïsoleerd	U 1,7	U 1,7
Glas	HR++ glas	U 1,1	U 1,1

Dit wordt primair gebruikt voor het warme kraanwater maar kan ook de ruimteverwarming ondersteunen. Een douche-WTW zorgt dat zelfs bij een klein warmteleverend vermogen er toch veel warm water beschikbaar is, wat ook het comfort verhoogt.



Ventilatie
In de strategie wordt gebruik gemaakt van warmteterugwinning uit ventilatielucht, als onderdeel van het ventilatiesysteem. Uitgangspunt is een thermisch rendement van 80%. Wanneer er geen warmtebehoefte is wordt de warmteterugwinning door middel van een klep uitgeschakeld.

Zonnepanelen
Het dak wordt uitgerust met zonnepanelen, en deze zonne-energie wordt direct ingezet om het hogere elektraverbruik van de modern comfort levensstijl te compenseren. Om uiteindelijk energieneutraal uit te kunnen komen worden PV-panelen gebruikt met een hoge opbrengst van 120 kWh/m². Uitgangspunt bij de plaatsing is dat er geen beschaduwing is van schoorstenen of bomen. Het dakraam ligt aan de noordzijde. Het is verstandig ook de doorvoeren dusdanig uit te voeren dat deze aan de noordzijde liggen. Dit om beschaduwing te voorkomen en omdat doorvoeren in combinatie met zonnepanelen lastig zijn te detailleren.

Zonwering, spuien en vrije bodemkoeling
De woning is uitgerust met zonwering en spuivoorzieningen. Uitgangspunt is dat de zonwering op zomerse dagen wordt ingeschakeld voordat het echt warm wordt. Door middel van vrije koeling (met koude uit de bodembron) wordt topkoeling geleverd en wordt de bodembron geregenereerd. Gedurende de zomernacht, als de buitentemperatuur lager is dan de binnentemperatuur, wordt de gebouwmassa van de woning met spuiventilatie gekoeld. Het is belangrijk dat deze voorzieningen inbraakwerend zijn. Bovendien is het verstandig de voorzieningen dusdanig uit te voeren dat er geen ongedierte en regen binnen kan komen.

Verlichting
Uitgangpunt is dat in alle lichtpunten een LED-lamp wordt gebruikt. LED-verlichting verbruikt erg weinig vermogen per lumen, en goede kwaliteit LED verlichting is inmiddels niet moeilijk te vinden, maar aandacht voor de lichtkwaliteit blijft belangrijk. De huidige generatie spaarlampen zijn energetisch bezien weliswaar een alternatief, maar verspreiden bij breken het zeer giftige kwik in de thuisomgeving. In deze strategie zijn 50% meer lichtpunten toegepast vanwege lichtcomfort.

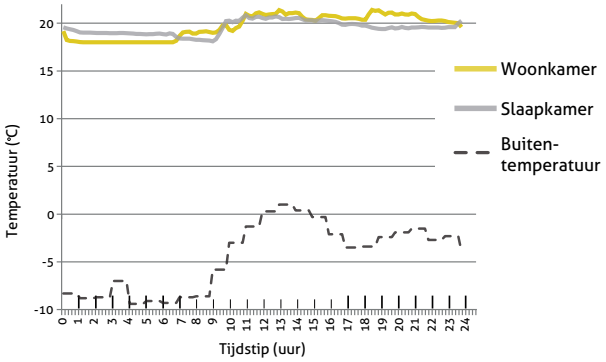
Bij bestaande bouw kan met deze strategie 65% energie worden bespaard, vooral door te besparen op ruimteverwarming, toepassing van douche warmteterugwinning en 27 m² aan amorfe PV panelen - met een jaaropbrengst van 50 kWh/m². Voor de 80%-strategie zijn extra besparing op huishoudelijk energiegebruik en het gebruik van een grote zonnecollector noodzakelijk. Voor energieneutraliteit worden de amorfe PV panelen vervangen door kristallijn PV met een jaaropbrengst van 120 kWh/m². Voor een optimaal comfort wordt er 's zomers gekoeld door vrije koeling met de bodembron. De bijdrage van de koeling met bodemkoude is 12 MJ/m².

Totale bijdrage duurzame energie

Voor energieneutraliteit worden verschillende duurzame bronnen gebruikt: zonnestroom, zonnewarmte en bodemwarmte (en –koude). Voor 60% reductie is het voldoende de amorfe PV panelen als duurzame energiebron in te zetten.

Comfort

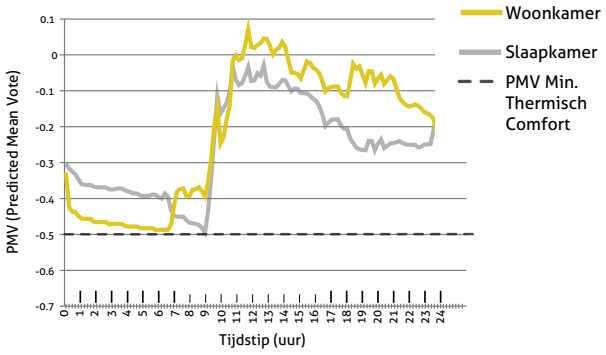
De luchttemperaturen op een koude winterdag in de woonkamer en de slaapkamer bij de renovatiewoning zijn als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De luchttemperatuur in de woonkamer zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

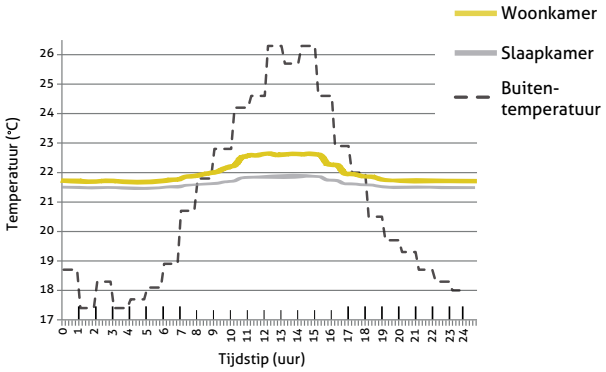
Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) bij de renovatiewoning op een koude winterdag is als volgt:



Koude Winterdag: 11 januari

De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

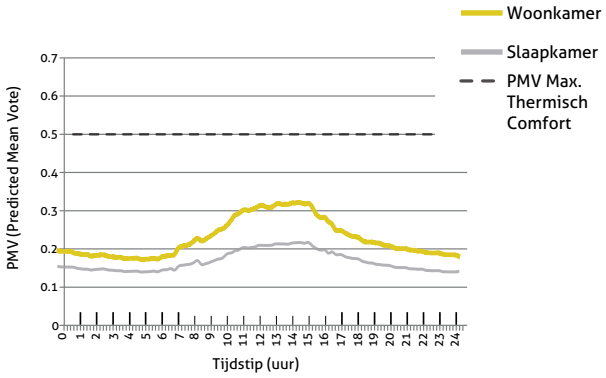
De temperatuurverdeling in de woonkamer en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Door de vrije koeling wordt de temperatuur op een aangename waarde gehouden. De stijging van de temperatuur in de middag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de hogere buitentemperatuur.

De PMV verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Op een warme zomerdag blijft de PMV binnen de comfortgrenzen van ±0,5. De lichte verhoging van de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de hogere buitentemperatuur.

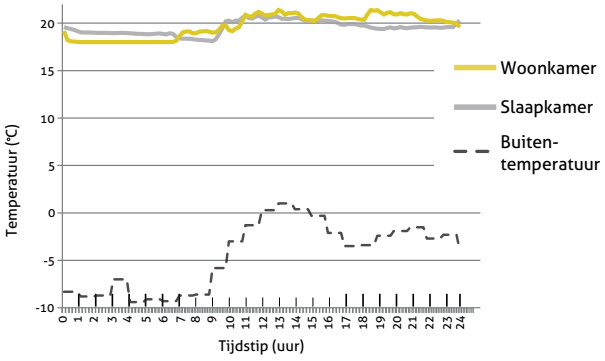
Bij nieuwbouw moet met deze strategie de energiebesparing van 60% gehaald worden - naast besparing op ruimteverwarming – door een flinke inzet van duurzame energie. Dat is nodig doordat de referentie bij nieuwbouw aanzienlijk lager is dan bij bestaande bouw en 60% besparen dus veel moeilijker is. De duurzame energie komt van 34 m² aan amorfe PV panelen (jaaropbrengst 50 kWh/m²) en een grote zonnecollector van 6 m². Voor energieneutraliteit worden de amorfe PV panelen vervangen door kristallijne PV panelen met een jaaropbrengst van 120 kWh/m². Doordat de 60% strategie en energieneutraliteit enkel verschillen in de opbrengst van de PV panelen, is er geen logische tussenstap tussen beiden. De 80% tussenstap is dan ook achterwege gelaten.

Totale bijdrage duurzame energie

In alle reductiestappen worden verschillende duurzame bronnen gebruikt: zonnestroom, zonnewarmte en bodemwarmte (en –koude).

Comfort

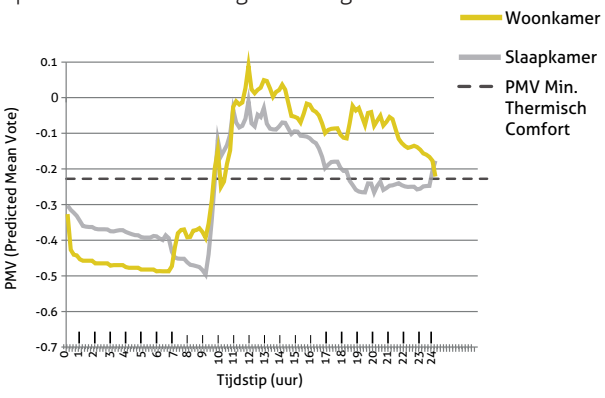
De luchttemperaturen op een koude winterdag in de woonkamer en de slaapkamer bij de nieuwbouw woning zijn als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De luchttemperatuur in de woonkamer zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

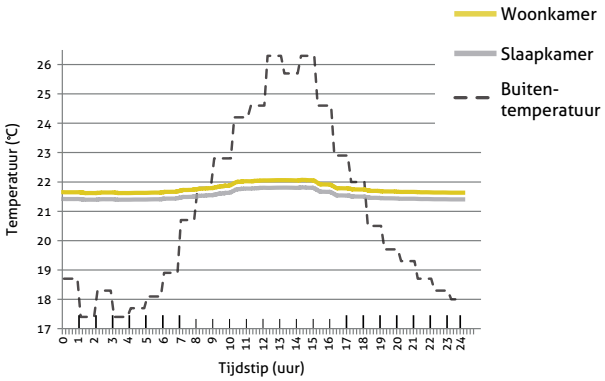
Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) op een koude winterdag is als volgt:



Koude Winterdag: 11 januari

De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

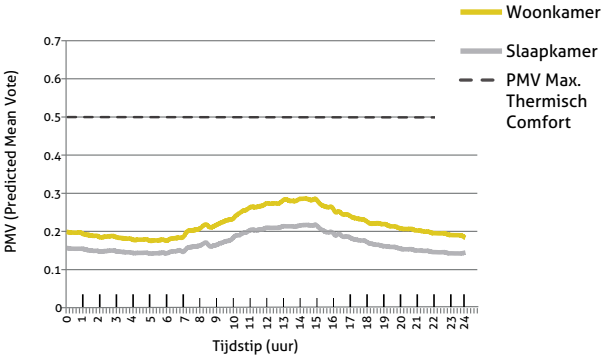
De luchttemperatuurverdeling in de woon en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Net als bij de half vrijstaande woning wordt de binnentemperatuur op een aangename waarde gehouden door vrije koeling met bodemkoude. De stijging van de temperatuur in de middag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de hogere buitentemperatuur.

De PMV verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Op een warme zomerdag blijft de PMV binnen de comfortgrenzen van ±0,5. De lichte verhoging van de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de hogere buitentemperatuur. «

NATUURHUIS

	Renovatie jaren '70 2-onder-1-kapwoning (130 m²)	**Renovatie jaren '60 rijtjeswoning** (106 m²)
60% besparing	Buitenisolatie met Rc 8, Luiken 's nachts voor de ramen, Natuurlijke ventilatie, Kierdichting: qv10 0,3 dm³/s.m², Optimaal geregelde zonwering, Droogkast ipv wasdroger, Gebruik kelder indien aanwezig als koele ruimte, Bodembuis ter voorverwarming lucht 's winters en koeling 's zomers.	Buitenisolatie met Rc 7 (gevel) en Rc 8 (dak en vloer), Luiken 's nachts voor de ramen, Natuurlijke ventilatie, Kierdichting: qv10 0,3 dm³/s.m², Optimaal geregelde zonwering, Droogkast ipv wasdroger, Gebruik kelder indien aanwezig als koele ruimte, Uitbreiding met onverwarmde serre die als extra isolatielaag dient (geen gebruiksoppervlak).
	Houtpellet gestookte HR-ketel voor CV plus tapwater, Douche warmteterugwinning, 3 m² zonnecollector plus 150 l opslagvat.	Houtpellet gestookte HR-ketel voor CV plus tapwater, Douche warmteterugwinning, 3 m² zonnecollector plus 150 l opslagvat.
	Inductiekoken, 100% LED verlichting, Welbewust gebruik van elektra (bespaart 200 kWh/a).	Inductiekoken, 100% LED verlichting, Welbewust gebruik van elektra (bespaart 200 kWh/a).
80%	Extra t.o.v. 60%: Hot fill wasmachine en vaatwasser, Standby killers, A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen).	Extra t.o.v. 60%: Hot fill wasmachine en vaatwasser, Standby killers, A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen).
100%	Extra t.o.v. 80%: 17 m² zonnepanelen met 120 kWh/m² jaaropbrengst (15 m² PV als vaatwasser weggaat).	Extra t.o.v. 80%: 17 m² zonnepanelen met 120 kWh/m² jaaropbrengst (15 m² PV als vaatwasser weggaat).

Isolatie

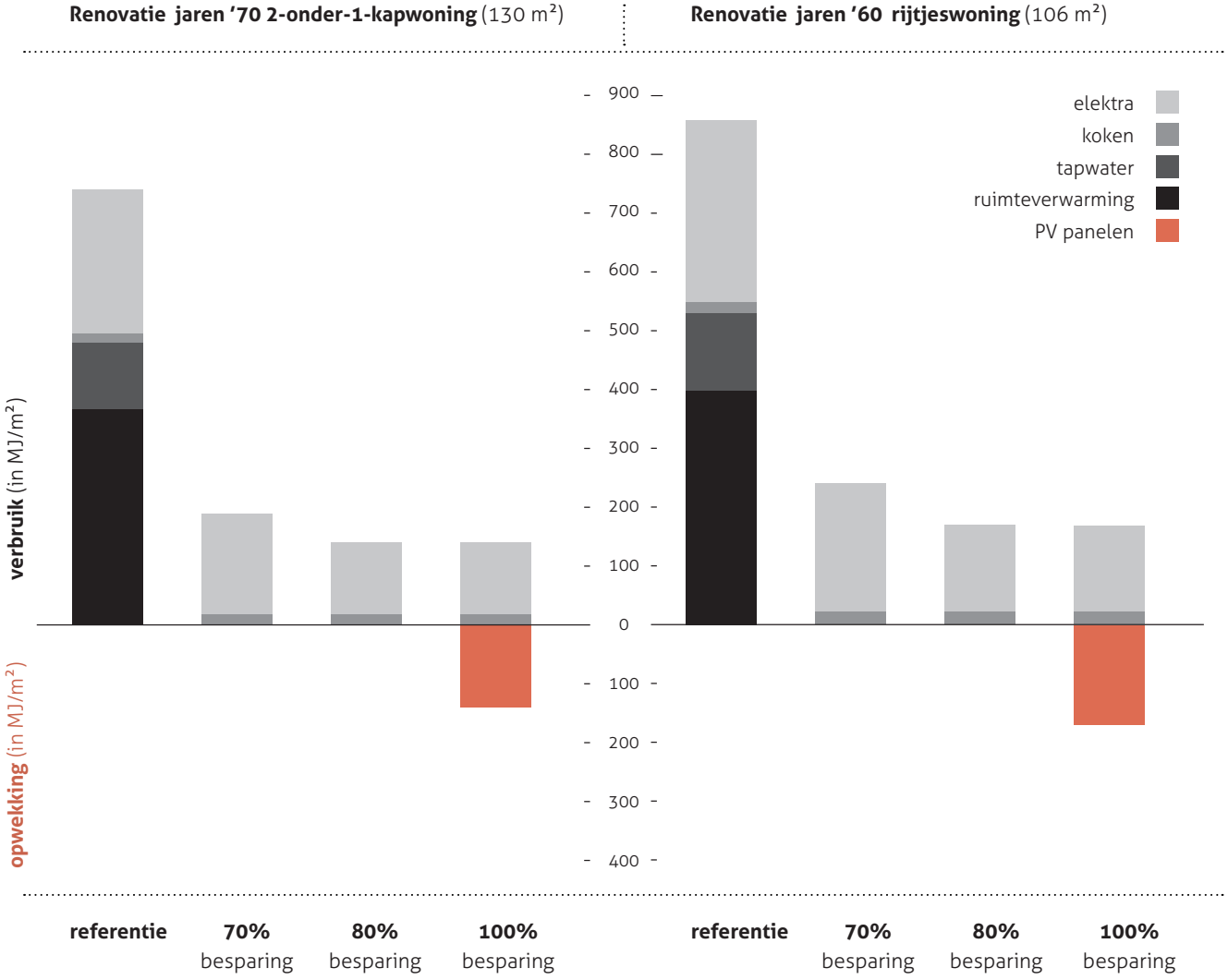
In deze strategie wordt gestreefd naar maximale vraagreductie. De twee woningen worden geïsoleerd naar Rc 8 aan de buitenzijde om een zo groot mogelijke besparing teweeg te brengen. Het is onwenselijk om in stappen te isoleren, aangezien dat veel dubbele kosten met zich meebrengt. Dit zorgt ervoor dat in de maatregelen voor 60% besparing al veel meer besparing wordt gerealiseerd (> 70%). De ramen worden voorzien van HR++ glas en isolerende kozijnen (houten passiefkozijnen of kunststof). Luiken voor de ramen kunnen op koude nachten worden gesloten om de isolatiewaarde van het huis verder te verhogen.

	Maatregel	**2-onder-1**	**Rijtjeswoning**
Wanden	(na-) isolatie	Rc 8	Rc 7
Vloeren	(na-) isolatie	Rc 8	Rc 8
Daken	(na-) isolatie	Rc 8	Rc 8
Kozijnen	Geïsoleerd	U 1,7	U 1,7
Glas	HR++ glas	U 1,1, Rc 2,5*	U 1,1, Rc 2,5*

* Luiken voor de ramen

Verwarming

In de woning wordt een biomassagestookte HR-ketel gebruikt voor het verwarmen van de ruimte en het tapwater. De biomassa komt uit het gebied binnen een straal van 10 km rond de woning. Om niet onevenredig veel biomassa te verstoken is de warmtevraag van beide typen woningen door de hoge isolatiegraad minder dan 100 MJ/m², aanzienlijk lager dan de maximaal toegestane waarde van 140 MJ/m². In dit voorbeeld is de warmtevraag verder teruggedrongen dan vereist omdat biomassa niet onbeperkt beschikbaar is. Bovendien is het logischer eerst aan vraagreductie te doen. De aanschafkosten van een biomassaketel zijn hoger dan van een gewone ketel en bedragen ongeveer € 3000 tot € 5000, exclusief montage.



Deze hoogrendementsketels maken gebruik van pellets, geperste korrels hout. Om te voorkomen dat de kachel in de zomer aanslaat voor enkel warm tapwater is de zonnecollector reeds in de 60% stap toegevoegd.

Ventilatie
In de woning wordt de ventilatielucht voor de begane grond voorverwarmd (in de winter) of voorgekoeld (in de zomer) met behulp van de bodem, bijvoorbeeld door aanzuiging via een bodembuis. Verder wordt er gebruik gemaakt van ventilatie met natuurlijke toevoer. Door de goede luchtdichtheid is de woning geschikt voor toekomstige natuurlijke ventilatiesystemen met warmteterugwinning.

Zonnepanelen
Het dak wordt uitgerust met zonnepanelen. Om uiteindelijk energieneutraal uit te kunnen komen wordt een PV-paneel gebruikt met een hoge opbrengst van 120 kWh/m². Uitgangspunt bij de plaatsing is dat er geen beschaduwing is van schoorstenen of bomen. Het dakraam ligt aan de noordzijde. Het is verstandig ook de doorvoeren dusdanig uit te voeren dat deze aan de noordzijde liggen. Dit om beschaduwing te voorkomen en omdat doorvoeren in combinatie met zonnepanelen lastig zijn te detailleren.

Zonwering, spuien
De woning is uitgerust met zonwering en spuivoorzieningen. Uitgangspunt is dat de zonwering op zomerse dagen wordt ingeschakeld voordat het echt warm wordt. Gedurende de zomernacht, als de buitentemperatuur lager is dan de binnentemperatuur, wordt de gebouwmassa van de woning met spuiventilatie gekoeld. Het is belangrijk dat deze voorzieningen inbraakwerend zijn. Bovendien is het verstandig de voorzieningen dusdanig uit te voeren dat er geen ongedierte en regen binnen kan komen.

Verlichting
Uitgangpunt is dat in alle lichtpunten een LED-lamp wordt gebruikt. LED-verlichting verbruikt erg weinig vermogen per lumen, en goede kwaliteit LED verlichting is inmiddels niet moeilijk te vinden, maar aandacht voor de lichtkwaliteit blijft belangrijk. De huidige generatie spaarlampen zijn energetisch bezien weliswaar een alternatief, maar verspreiden bij breken het zeer giftige kwik in de thuisomgeving.

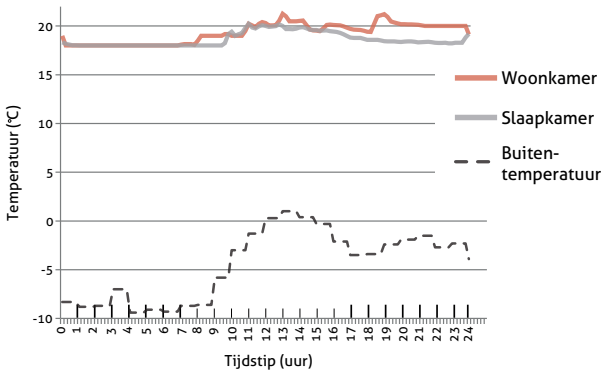
In de woning wordt ruim 70% primaire energie bespaard door onder meer de inzet van biomassa in de vorm van houtpellets. Aangenomen is dat de biomassa volledig duurzaam is waardoor ruimteverwarming en warm tapwater reduceren naar 0 MJ primair energiegebruik. Om evengoed zo weinig mogelijk houtpellets te gebruiken is de warmtevraag van de woning teruggebracht naar 80 MJ/m² en worden douche warmteterugwinning en een zonnecollector ingezet. Alle lichtpunten zijn met LED verlichting uitgevoerd. Voor 80 procent besparing wordt het huishoudelijk energiegebruik verder teruggebracht en voor energieneutraliteit worden zonnepanelen ingezet om het resterende huishoudelijk verbruik te compenseren.

Totale bijdrage duurzame energie

Voor energieneutraliteit worden biomassa, zonnecollectoren en zonnepanelen gebruikt. Met enkel de inzet van biomassa als duurzame energiebron wordt het energiegebruik al met 64% gereduceerd.

Comfort

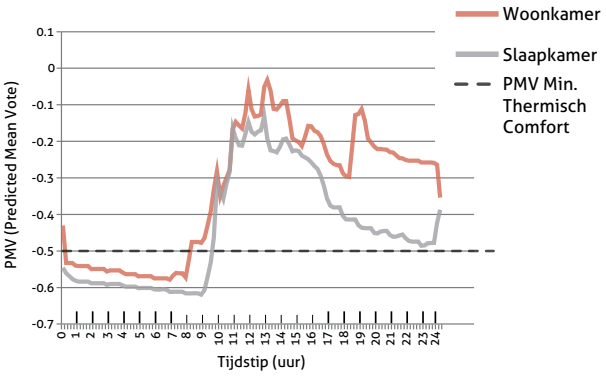
De luchttemperaturen op een koude winterdag bij de half vrijstaande woning zijn als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De luchttemperatuur zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

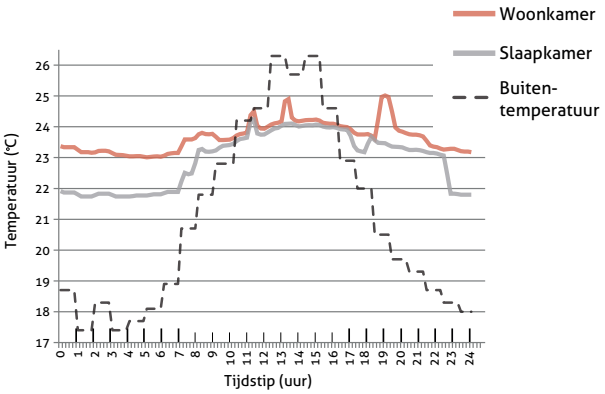
Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) in de renovatiewoning op een koude winterdag is als volgt:



Koude Winterdag: 11 januari

De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

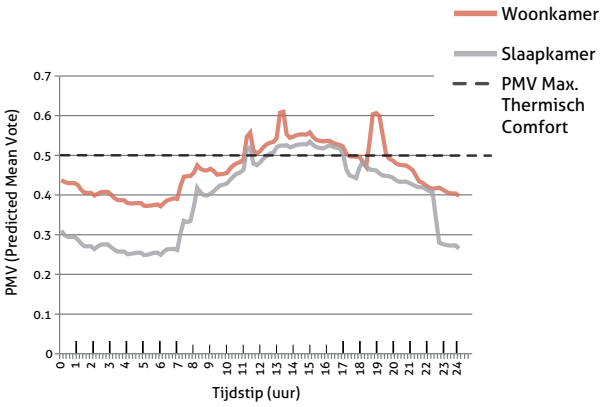
De temperatuurverdeling op een zomerdag zijn als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Het verloop gedurende de dag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur.

De PMV-verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Op een warme zomerdag wordt de PMV van +0,5 licht overschreden. De passieve koeling komt door de hoge buitentemperatuur niet meer van spuien, maar voornamelijk van zonwering. De kleine fluctuaties in de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur, waardoor de binnentemperatuur niet constant blijft.

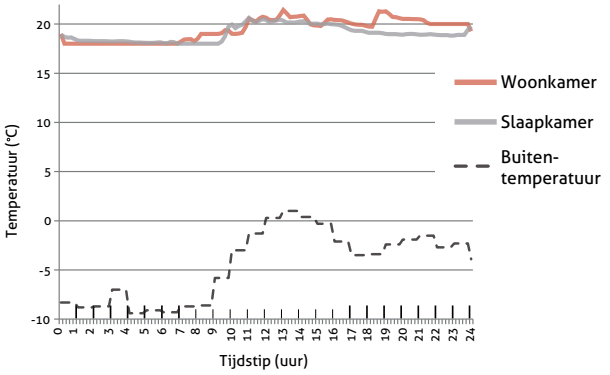
Net als in de half vrijstaande woning wordt ruim 70% primaire energie bespaard door onder meer de inzet van biomassa in de vorm van houtpellets. Aangenomen is dat de biomassa volledig duurzaam is waardoor ruimteverwarming en warm tapwater reduceren naar 0 MJ primair energiegebruik. Om evengoed zo weinig mogelijk houtpellets te gebruiken is de warmtevraag van de woning teruggebracht naar 100 MJ/m² en worden douche warmteterugwinning en een zonnecollector ingezet. Alle lichtpunten zijn met LED verlichting uitgevoerd. Voor 80 procent besparing wordt het huishoudelijk energiegebruik verder teruggebracht en voor energieneutraliteit worden zonnepanelen ingezet om het resterende huishoudelijk verbruik te compenseren.

Totale bijdrage duurzame energie

Voor energieneutraliteit worden biomassa, zonnecollectoren en zonnepanelen gebruikt. Met enkel de inzet van biomassa als duurzame energiebron wordt het energiegebruik al met 62% gereduceerd.

Comfort

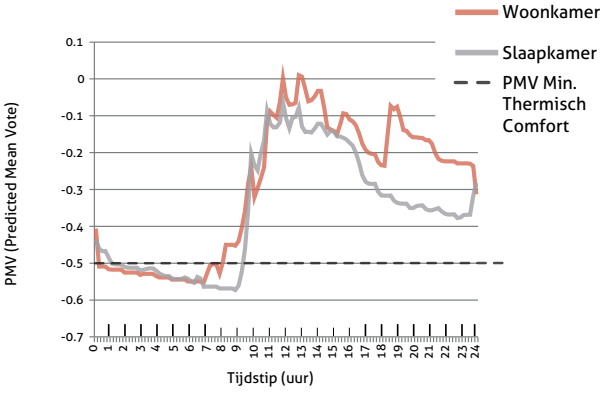
De luchttemperaturen op een koude winterdag in de woonkamer en de slaapkamer bij de renovatiewoning zijn als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De luchttemperatuur zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

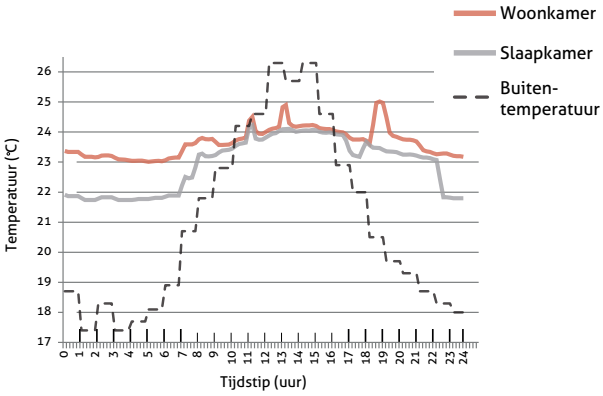
Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) op een koude winterdag is als volgt:



Koude Winterdag: 11 januari

De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

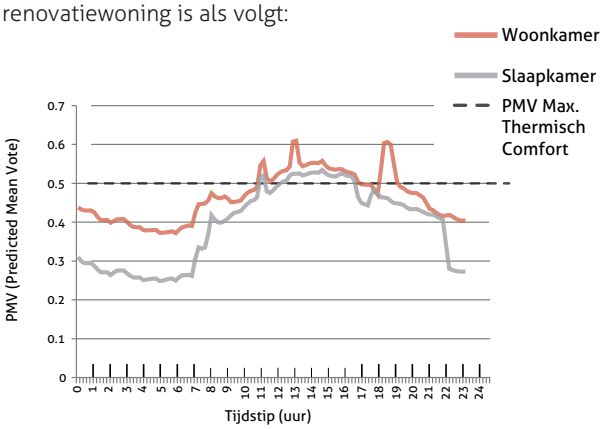
De temperatuurverdeling in de woon- en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Het verloop gedurende de dag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur. De piek in de avond komt vooral door de vrijkomende warmte van het koken en de aanwezigheid van vier personen.

De PMV-verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Op een warme zomerdag wordt de PMV van +0,5 licht overschreden. De passieve koeling komt door de hoge buitentemperatuur niet meer van spuien, maar voornamelijk van zonwering. De kleine fluctuaties in de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur, waardoor de binnentemperatuur niet constant blijft. «

SLIM GEDAAN

	Renovatie jaren '60 rijtjeswoning (106 m²)	**Nieuwbouw rijtjeswoning** (120 m²)
60% besparing	Buitenisolatie met Rc 4 (dichte gevel) - Rc 6 (dak en vloer), Kierdichting: qv10 van 0,3 dm³/s.m², Optimaal geregelde zonwering.	Buitenisolatie met Rc 6 (door beperkt verliesoppervlak van rijtjeswoning is verschil Rc8 en Rc6 gering), Kierdichting: qv10 van 0,3 dm³/s.m², Optimaal geregelde zonwering.
	HR-ketel, Decentrale balansventilatie met warmteterugwinning, Douche WTW, 8 m² zonnepanelen met 120 kWh/m² jaaropbrengst.	HR-ketel, Centrale balansventilatie met warmteterugwinning, Douche WTW, 20 m² zonnepanelen met 120 kWh/m² jaaropbrengst.
	Koken op gas, 100% LED lampen, Standby killers.	Koken op gas, 100% LED lampen, Standby killers.
80%	Extra t.o.v. 60%: In totaal 25 m² zonnepanelen met 120 kWh/m² jaaropbrengst.	Extra t.o.v. 60%: In totaal 32 m² zonnepanelen met 120 kWh/m2 jaaropbrengst.
100%	Extra t.o.v. 80%: 3 m² zonnecollector plus 150 l opslagvat, Hot fill wasmachine en vaatwasser, gasdroger, Stopcontacten schakelen 's nachts uit, A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen), Totaal 33 m² zonnepanelen met 120 kWh/m²a jaaropbrengst.	Extra t.o.v. 80%: 3 m² zonnecollector plus 150 l opslagvat, hot fill wasmachine en vaatwasser, gasdroger, Stopcontacten schakelen 's nachts uit, A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen), Totaal 32 m² Zonnepanelen met 120 kWh/m²a jaaropbrengst.

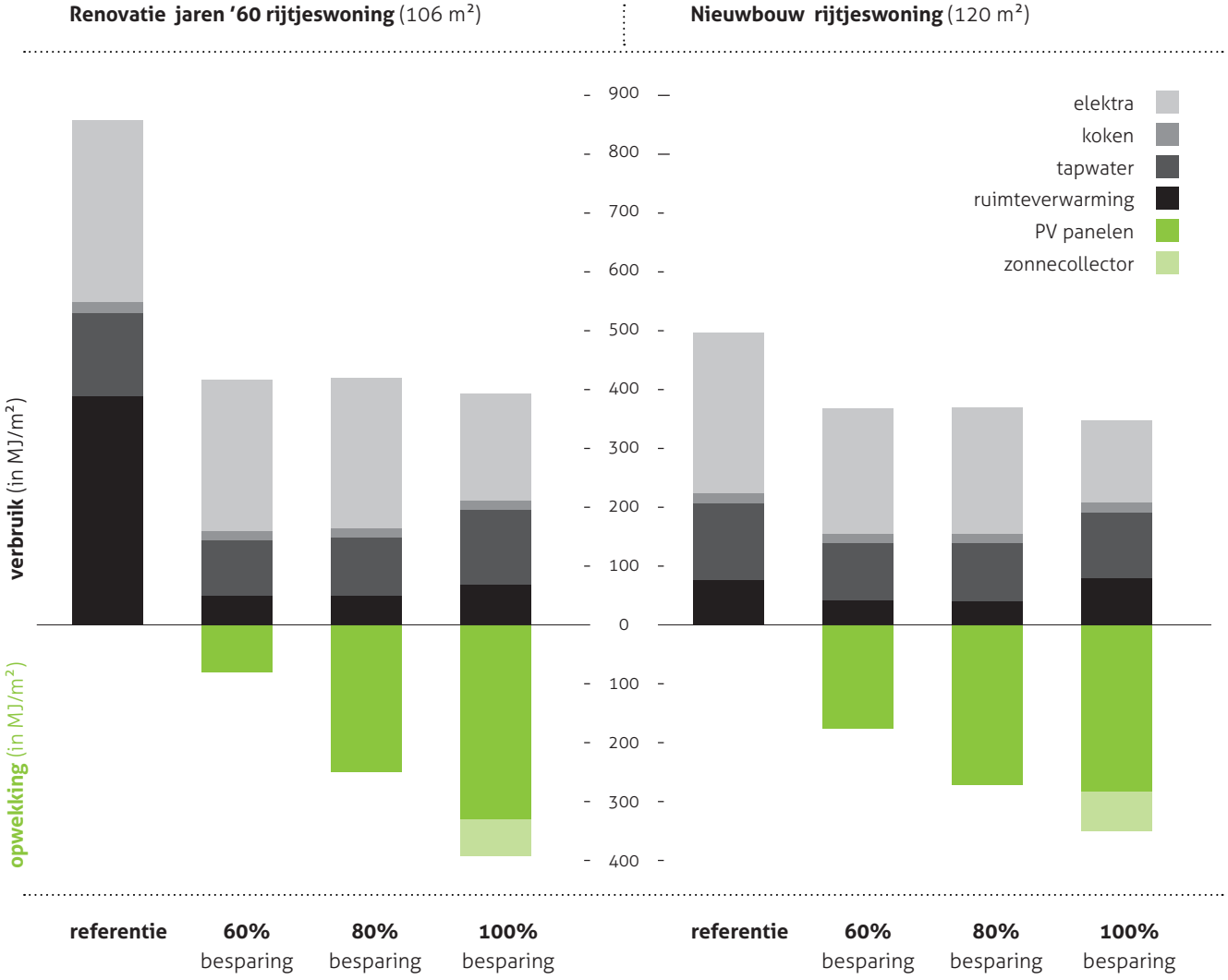
Isolatie
De gevel van de bestaande rijtjeswoning wordt nageïsoleerd aan de buitenzijde om een Rc-waarde te verkrijgen van 4. De nieuwbouwwoning heeft een Rc van 6 voor gevels, vloer en dak. De ramen worden voorzien van HR++ glas en isolerende kozijnen. Let op, indien wordt gekozen voor binnenisolatie in plaats van buitenisolatie kunnen er vocht en schimmelproblemen ontstaan. Bespreek dit eerst met een expert om te bekijken of binnenisolatie mogelijk is.

	Maatregel	**Renovatie**	**Nieuwbouw**
Wanden	(na-) isolatie	Rc 4	Rc 6
Vloeren	(na-) isolatie	Rc 6	Rc 6
Daken	(na-) isolatie	Rc 6	Rc 6
Kozijnen	Geïsoleerd	U 1,7	U 1,7
Glas	HR++ glas	U 1,1	U 1,1

Verwarming
In de woning wordt een HR-ketel gebruikt met een rendement van 90% (bovenwaarde) voor het verwarmen van de ruimte en 65% voor het verwarmen van tapwater. Omdat er al een gasinfrastructuur aanwezig is, wordt er ook op gas gekookt. Omdat de woning daardoor nog steeds gebruik maakt van fossiele brandstof die niet uit de buurt van de woning komt en in praktijk niet weer aan te vullen is, kan deze strategie volgens de definitie van AgentschapNL niet het predicaat 'energieneutraal' dragen. Om dat wel te krijgen kan in plaats van de HR-ketel bijvoorbeeld een biovergistingsinstallatie - op wijkniveau - worden toegepast, of één van de technieken uit de andere twee strategieën.

Voor de 100% strategie wordt gebruik gemaakt van een gasdroger. Dit verhoogt het interne gasgebruik. Dit wordt energetisch gecompenseerd met een zonnecollector, maar ook dit is niet echt energieneutraal, aangezien het gas zelf niet wordt vervangen.

Warmteterugwinning
In de woning wordt gebruik gemaakt van warmteterugwinning uit ventilatielucht, als onderdeel van het ventilatiesysteem. Het ventilatiesysteem in de gerenoveerde jaren '60 woning is



decentraal: enkele units die in afzonderlijke kamers hangen en relatief eenvoudig zelf geïnstalleerd kunnen worden. Uitgangspunt is een thermisch rendement van 80%. Wanneer er geen warmtebehoefte is wordt de warmteterugwinning door middel van een klep afgesloten.

Zonnepanelen
Het dak wordt uitgerust met zonnepanelen, die stapsgewijs kunnen worden uitgebreid. Om uiteindelijk energieneutraal uit te kunnen komen wordt een PV-paneel gebruikt met een hoge opbrengst van 120 kWh/m². Uitgangspunt bij de plaatsing is dat er geen beschaduwing is van schoorstenen of bomen. Het dakraam ligt aan de noordzijde. Het is verstandig ook de doorvoeren dusdanig uit te voeren dat deze aan de noordzijde liggen. Dit om beschaduwing te voorkomen en omdat doorvoeren in combinatie met zonnepanelen lastig zijn te detailleren. De nieuwbouw woning wordt voorzien van een zuidgericht lessenaarsdak zodat er veel ruimte is voor opwekking van zonnestroom en zonnewarmte.

Zonwering, spuien
De woning is uitgerust met zonwering en spuivoorzieningen. Uitgangspunt is dat de zonwering op zomerse dagen wordt ingeschakeld voordat het echt warm wordt. Gedurende de zomernacht, als de buitentemperatuur lager is dan de binnentemperatuur, wordt de gebouwmassa van de woning met spuiventilatie gekoeld. Het is belangrijk dat deze voorzieningen inbraakwerend zijn. Bovendien is het verstandig de voorzieningen dusdanig uit te voeren dat er geen ongedierte en regen binnen kan komen.

Verlichting
Uitgangpunt is dat bij renovatie op alle lichtpunten een LED-lamp wordt gebruikt. LED-verlichting verbruikt erg weinig vermogen per lumen, en goede kwaliteit LED verlichting is inmiddels niet moeilijk te vinden, maar aandacht voor de lichtkwaliteit blijft belangrijk. De huidige generatie spaarlampen zijn energetisch bezien weliswaar een alternatief, maar verspreiden bij breken het zeer giftige kwik in de thuisomgeving.

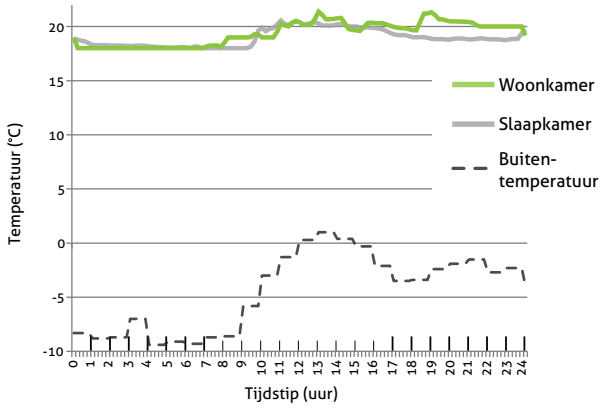
In deze jaren '60 rijtjeswoning wordt met deze maatregelen 60% primaire energie bespaard. Het grootste deel daarvan komt uit besparing op ruimteverwarming, douchewarmte-terugwinning, gebruik van LED-lampen in alle lichtpunten en opwekking van zonnestroom. Voor het 80%-concept is het uitbreiden van zonnepanelen noodzakelijk. Voor energieneutraliteit worden nog meer zonnepanelen toegepast, een zonnecollector en een aantal maatregelen om het huishoudelijk energiegebruik te reduceren (zoals gasdroger en hotfill apparatuur).

Totale bijdrage duurzame energie

Voor energieneutraliteit worden verschillende duurzame bronnen gebruikt: zonnewarmte maar vooral veel zonnestroom. Voor 60% reductie worden alleen PV panelen ingezet. Koeling van de woning gebeurt met passieve maatregelen zoals spuiventilatie en zonwering.

Comfort

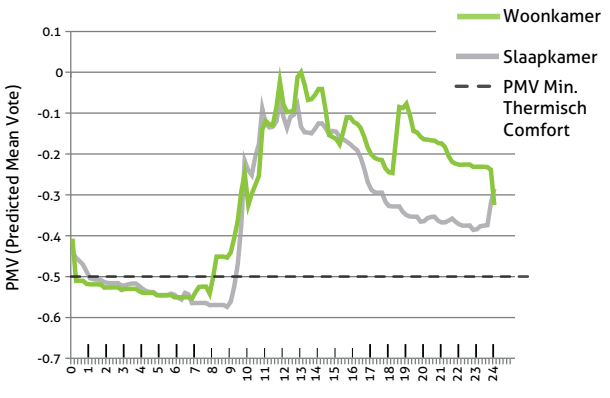
De luchttemperaturen op een koude winterdag in de woonkamer en slaapkamer zijn als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De luchttemperatuur zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

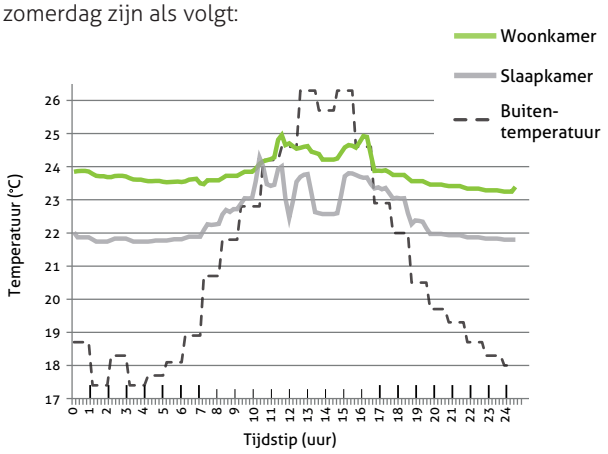
Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) op een koude winterdag is als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

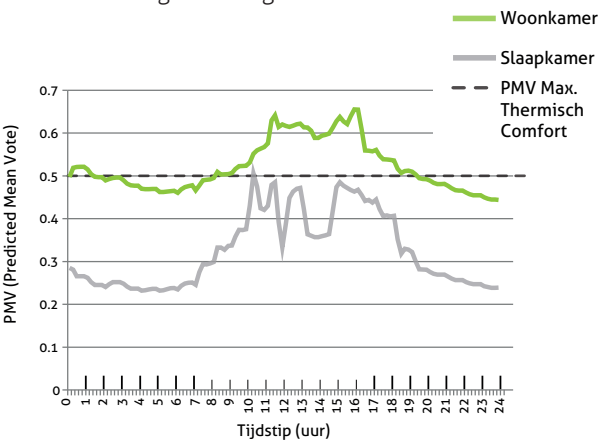
De temperatuurverdeling in de woon en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Het verloop gedurende de dag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur.

De PMV-verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Op een warme zomerdag wordt de PMV van +0,5 licht overschreden. De passieve koeling komt door de hoge buitentemperatuur niet meer van spuien, maar voornamelijk van zonwering. De kleine fluctuaties in de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur, waardoor de binnentemperatuur niet constant blijft.

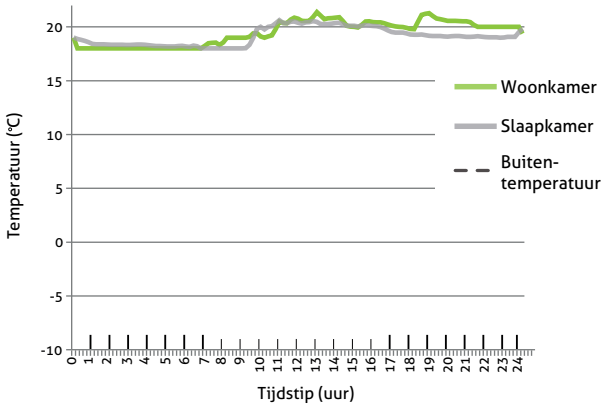
Bij nieuwbouw moet voor een energiebesparing van 60% meer duurzame energie worden ingezet dan bij de jaren '60 woning. Dat komt doordat de referentie bij nieuwbouw voor ruimteverwarming aanzienlijk lager is. Voor het 80%-concept is het gebruik van extra zonnepanelen noodzakelijk. Voor energieneutraliteit wordt de bijdrage van zonnepanelen nog verder vergroot en wordt het huishoudelijk energiegebruik gereduceerd door het gebruik van gasdroger en hotfill apparatuur.

Totale bijdrage duurzame energie

Voor de verschillende reductiestappen worden verschillende duurzame bronnen gebruikt: zonnewarmte, maar vooral zonnestroom. Koeling van de woning gebeurt met passieve maatregelen zoals spuiventilatie en zonwering. De koelbehoefte is iets groter dan bij het renovatieconcept.

Comfort

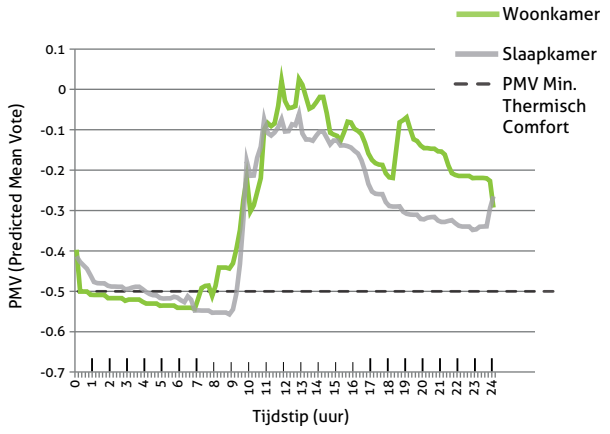
De luchttemperaturen op een koude winterdag bij de nieuwbouwwoning zijn als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De luchttemperatuur zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Door de zuidorientatie loopt de temperatuur gedurende de dag iets op.

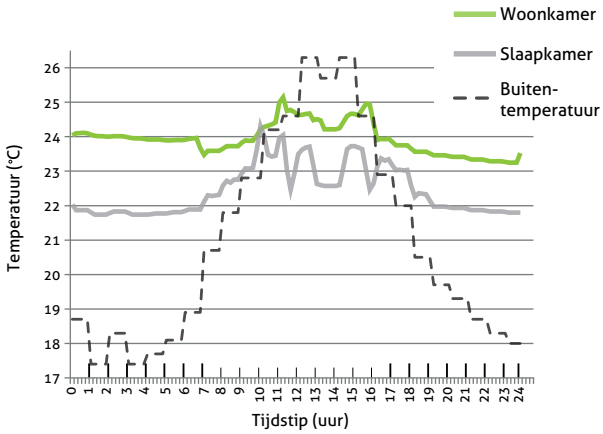
Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) op een koude winterdag bij de nieuwbouwwoning is als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

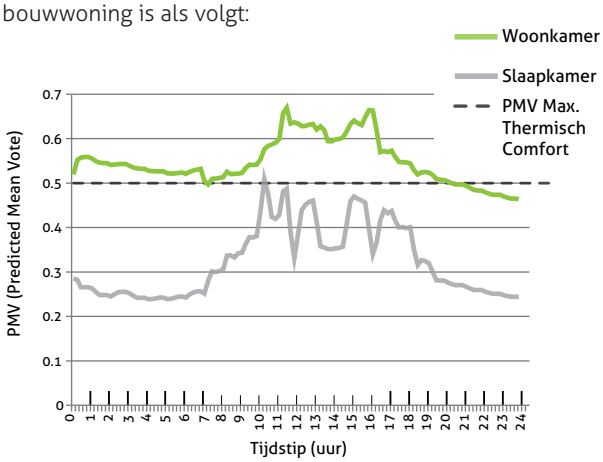
De temperatuurverdeling in de woonkamer en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Het verloop gedurende de dag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur.

De PMV-verdeling op een warme zomerdag bij de nieuwbouwwoning is als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Op een warme zomerdag wordt de PMV van +0,5 licht overschreden. De passieve koeling komt door de hoge buitentemperatuur niet meer van spuien, maar voornamelijk van zonwering. De kleine fluctuaties in de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur, waardoor de binnentemperatuur niet constant blijft. «

IN DE PRAKTIJK

Een pakket van maatregelen kan heel secuur zijn samengesteld en doorgerekend. Echter, als men vergeet rekening te houden met het gedrag van de eigenaar, met toekomstige aanpasbaarheid van de woning of met klimaatverandering, dan is de kans groot dat de woning in praktijk toch minder goed zal presteren dan beoogd.

Gebruiksvriendelijkheid
Gebruiksvriendelijkheid is een belangrijk thema. Bewoners zijn geneigd om zich in de nieuwe situatie net zo te gedragen als ze gewend waren in de oude. Een bekend voorbeeld is dat bewoners moeten wennen aan vloerverwarming, omdat dit systeem trager reageert dan gewone hoge temperatuur radiatoren. Ook bediening en onderhoud van ventilatiesystemen is wennen voor veel mensen.

Voorlichting helpt. Maar de meest effectieve oplossing is dat correct gebruik van de installaties zo simpel en robuust is dat er geen voorlichting nodig is. Kies bijvoorbeeld een snelreagerend afgiftesysteem en een ventilatiesysteem dat zelf aangeeft wanneer het tijd is om de filter te vervangen.

Robuustheid
Nadat energiebeperkende maatregelen zijn genomen, zijn huishoudelijke apparaten verantwoordelijk voor het grootste deel van het resterende energiegebruik. Op de tweede plek staat het verwarmen van tapwater, gevolgd door het verwarmen van de woning. Deze volgorde geeft ook aan welke veranderingen de meeste invloed hebben op de prestaties van de woning.

Het is belangrijk bij het ontwerp van de woning deze gevoeligheden te analyseren. Kan de installatie de woning verwarmen als iemand de woning een "graadje warmer dan gemiddeld" wil hebben of als bij de bouw toch niet alle kieren en koudebruggen optimaal zijn afgewerkt? Wat is het effect van het regelmatig luchten (met open ramen) van de slaapkamers, en hoe kan daarmee rekening worden gehouden? Wat gebeurt er met het zomercomfort als een gezin extra huishoudelijke apparatuur gaat aanschaffen? Wat gebeurt er als de volgende bewoner een extra dakraam plaatst of de onverwarmde serre omtovert tot een verwarmd verlengstuk van de woonkamer?

Neem waar mogelijk maatregelen die het woningontwerp robuuster maken. Let er bijvoorbeeld bij het ontwerp van de woning en de installaties op dat meer luchten van de slaapkamers niet automatisch leidt tot een veel hogere energierekening.

Klimaatverandering
Volgens de klimaatscenario's van het KNMI komen er meer zachte winters en warme zomers. Als de gemiddelde buitentemperatuur stijgt, zal de warmtebehoefte afnemen. Het aantal dagen per jaar dat zeer goed geïsoleerde woningen verwarmd moeten worden, wordt daarmee nog lager. De verlaging van het energiegebruik is echter gering omdat ruimteverwarming slechts een klein deel uitmaakt van het totale verbruik.

Bij een verdere daling van de warmtevraag verschuift de aandacht steeds meer van opwekrendement naar het afgiftesysteem en hulpenergie. Afgiftesystemen kunnen het gevraagde vermogen bij zeer lage afgiftetemperaturen leveren maar het wordt steeds belangrijker dat deze systemen snel kunnen reageren (op de actuele warmtebehoefte). Ook moet de benodigde hulpenergie (voor pompen, ventilatoren en regeltechniek) in redelijke verhouding staan tot de warmtebehoefte.

Meer warme zomers betekent ook meer aandacht voor zomercomfort. Goede isolatie en zonwering helpen om warmte buiten te houden, maar ook het belang van efficiënte afvoer van warmte (verkoeling) zal toenemen. Verkoeling kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd met spuiventilatie of vrije koeling met koude uit de bodem, waarbij hulpenergie (ventilatoren, pompen) ook weer een aandachtspunt is. Op deze manier kunnen de sterk energievragende airconditioningsystemen worden vermeden. «

TIPS

Doen

- Gebruik gevalideerde rekentools voor berekening van de verwachte gebouwprestatie. Maak altijd een bouwfysische analyse van de maatregelen en baseer hierop de ontwerpkeuzes. Check bijvoorbeeld op risico's van condensatie, op koudebruggen en op luchtlekken bij aansluitdetails.
- Neem de installatie vanaf het begin mee in het ontwerpproces. Stem de installatie goed af met de ruimtelijke indeling en de gebouwschil.
- Kies voor voldoende vloerisolatie. Minimaal Rc 5. Volgens de passiefhuis-eisen (voor grenswaarde voor ruimteverwarming) heeft de dichte gevel en het dak een Rc van minimaal circa 8.
- Controleer de woning tijdig op de vereiste luchtdichtheid en koudebruggen. Doe dit indien mogelijk nog vóór de afbouwfase.
- Bespreek het gebruik van de voorzieningen met de bewoner. Doe dit niet bij de oplevering, want dan komt er al zoveel informatie op de bewoner af. Creëer een apart moment.
- Zorg bij de inzet van biomassa voor duurzaam geproduceerde brandstof (zie NTA 8080/81).
- Zorg bij biomassa voor een kachel met acceptabele emissies en een voldoende hoog rendement.
- Zorg bij de inzet van een warmtepomp voor een ervaren installateur. Let erop dat de installateur op de hoogte is van de geldende richtlijnen voor warmtepomp, bronsysteem en afgiftesysteem.
- Benut waar mogelijk bronnen van duurzame warmte of restwarmte. Deze kunnen worden gebruikt voor voorverwarming van toevoerlucht in het ventilatiesysteem.
- Laat de isolatie door een goed opgeleide vakman doen.

Niet doen

- Beperk de analyse van de verwachte gebouwprestatie niet tot de verplichte (EPC) berekening. Dit is geen ontwerptool.
- Na-isoleren van een bestaande woning is moeilijker te realiseren dan isolatie van een nieuwe woning. Reken dus niet op vergelijkbare energie verbruiken (bij Passiefhuizen is bijvoorbeeld de ruimteverwarmingseis voor nieuwbouw: 15 kWh/m^2 jr, terwijl die bij renovatie 25 kWh/m^2 jr is).
- Wijk tijdens de uitvoering niet af van weloverwogen ontwerpbeslissingen. Mocht dat toch nodig zijn, reken dan de gevolgen goed door.
- Verlaag de ambitie op vraagreductie (isolatie, ventilatie, kierdichting) niet. Ook niet als er duurzame of goedkope warmte voor de woning beschikbaar is. Er is in Nederland te weinig duurzame en goedkope warmte beschikbaar om alle woningen van energie te voorzien.
- Pas geen maatregelen toe die toekomstige reductie van energiegebruik in de weg staan. Belemmeringen kunnen zowel technisch als financieel zijn. Bijvoorbeeld: als de muur wordt opengebroken om isolatie toe te passen, besef dan dat die muur niet zomaar opnieuw opengebroken zal gaan worden.
- Zet hotfill (vaat)wasmachines niet te ver bij warmtebron of opslagvat vandaan. Dit leidt tot leidingverliezen die de potentiële energiebesparing teniet kunnen doen.
- Maak serres niet tot een verlengstuk van de woonkamer. Verwarming van de serre leidt tot extra warmteverlies omdat deze (meestal) minder goed zijn geïsoleerd. Bovendien is een serre, mits onverwarmd, een energiebuffer tussen woonkamer en buiten waarmee zonnewarmte kan worden geoogst.

WERELDWIJD

Dit blad is slechts een voorgerecht. Er is veel kennis en expertise op vele plekken in Nederland en zeker ook daarbuiten. In Duitsland en Vlaanderen heeft men momenteel al meer ervaring met zeer energiezuinig bouwen dan in Nederland. U heeft daar een grotere kans om ervaren woningeigenaren en bouwprofessionals tegen te komen. Maar ook in Nederland is het in opkomst.

Deze uitgave is samengesteld in opdracht van het programma Energiesprong. In dat kader lopen medio 2011 twee deelprogramma's voor steun aan energieneutrale of zeer energiezuinige woningbouw. Bekijk *Lokaal alle lichten op groen* en *Trajectregeling energiesprong woningbouw* op *www.energiesprong.nl* voor meer informatie. Deze programma's zullen naar verwachting worden voortgezet in 2012 en 2013.

Handige links
Elders is ook kennis verzameld en ervaring opgedaan waarvan u gebruik kunt maken.

› Voorbeeldprojecten van het programma Energiesprong:
www.naarenergieneutraal.nl

› AgentschapNL, Team Energieneutraal Bouwen, met onder meer een infoblad "Energieneutraal bouwen, hoe doe je dat?", een infoblad "Financiering Energieneutraal Bouwen" en een database met voorbeeldprojecten:
www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energieneutraal-bouwen

› Boek *Passiefhuizen in Nederland:*
te bestellen via: www.aeneas.nl

› Rapport *Innovatie in Energie* van AgentschapNL, over een aantal recente innovatieve energietechnieken voor woningen:
www.agentschapnl.nl/content/innovatie-energie

› Meer met Minder, met veel praktische tips en links naar aanbieders:
www.meermetminder.nl

› Vereniging Eigen Huis, over energie:
www.eigenhuis.nl/energie

COLOFON

Opdrachtgever:
SEV EnergieSprong
www.sev.nl
www.energiesprong.nl

Ivo Opstelten
Machiel Bakx

Met dank aan:
Jasper van den Munckhof
Claudia Laumans

Uitvoering:
Except Integrated Sustainability
www.except.nl

Projectteam
Marten Witkamp
Gerard Vink
Jacob Verhaart
Tom Bosschaert

TNO
www.tno.nl

Projectteam
Frans Koene
Ernst-Jan Bakker
Wouter Borsboom
Hans Phaff

Met ondersteuning van:
Piero Medici
Giancarlo Mangione
Jasper van de Kerkhof *(Conciso Communicatie)*
Stephanie Bartscht
Eva Gladek

September 2011

EnergieSprong sev

EXCEPT
Integrated Sustainability Consulting & Design
Creating the Foundation for a Sustainable Future

TNO innovation for life

Beeldverantwoording:

Omslag	Bessancourt, Frankrijk	Karawitz Architects (foto Herve Abbadie)
7	Goodson House, Virginia, VS	Ryan Somma
9	Terrastegels	Tom Bosschaert
10-11	Sleephellingstraat, Rotterdam	Villanova Architecten
12	Sleephellingstraat, Rotterdam	Villanova Architecten
12	Sleephellingstraat, Rotterdam	Piero Medici
13	Sleephellingstraat, Rotterdam	Piero Medici
16-17	De Kroeven, Roosendaal	Frank Hanswijk *(voor SEV)*
18	De Kroeven, Roosendaal	Piero Medici
18	De Kroeven, Roosendaal	Frank Hanswijk *(voor SEV)*
19	De Kroeven, Roosendaal	Piero Medici
22-23	Bessancourt, Frankrijk	Karawitz Architects (foto Herve Abbadie)
23	Three Trees, California, VS	Jeremy Levine
23	Bedieningspaneel	Gerard Vink
23	Wonen in een kas	InnovatieNetwerk
25	Sleephellingstraat, Rotterdam	Piero Medici
25	Sleephellingstraat, Rotterdam	Villanova Architecten
25	Douche warmteterugwinning	Technea
25	De Kroeven, Roosendaal	Frank Hanswijk *(voor SEV)*
26-27	Woonkamer	Paul Prescott
26	Keuken	Jeremy Levine Design
26	Woonkamer	Jeremy Levine Design
27	Morgenthau Residence, California, VS	Jeremy Levine
27	Groen dak	Ryan Somma
28	Sleephellingstraat, Rotterdam	Piero Medici
28	Keuken	Nosha
28	Oude Keuken	The Kitchen Designer
28	Kachel door Atelier van Asseldonk	FaceMePLS
28	Isolatiemateriaal	National Trust
30-31	Open woning door Kay Fisker	Seier+Seier
31	Plantmuur	Hayal Oezkan
31	Boekenkast	RadioactiveRice8
31	Wasbak	Jeremy Levine Design
32	Keuken	Katielips
33	Douche warmteterugwinning	Technea
33	Three Trees, California, VS	Jeremy Levine
33	Daglichtsysteem	Techcomlight Solatube
33	Slaapkamer	Baloncici
38-39	Twee-onder-één-kap woning	Tom Bosschaert
40	Twee-onder-één-kap woning	Tom Bosschaert
40	Rijtjeswoning	Tom Bosschaert
42	Red Box, California, VS	Jeremy Levine
49	Bouwvakkers	Mark Nedzbala
58	Gescheiden afvalcontainers	Tom Bosschaert
59	Rijtjeswoning	Tom Bosschaert