

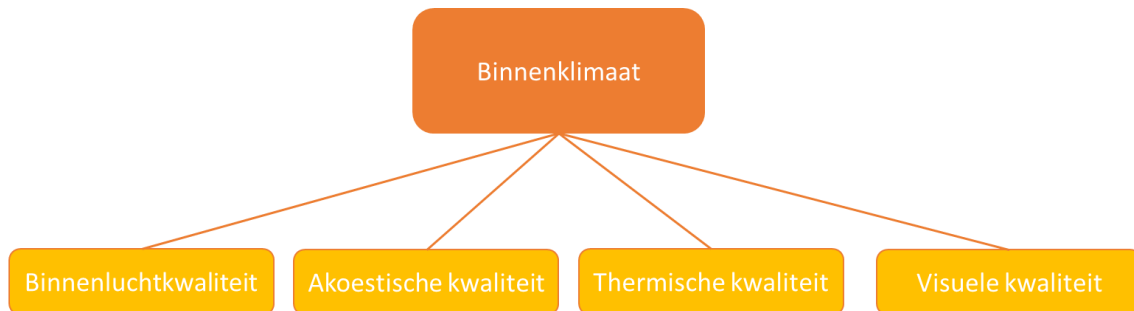
Een gezond en comfortabel binnenklimaat: de sleutel in de energietransitie

Om de internationale klimaatdoelstellingen te halen, moeten alle Nederlandse woningen voor 2050 van het aardgas af. Uit onderzoek¹ blijkt echter dat weinig mensen bereid zijn om in de verduurzaming van hun woning te investeren. Dit gebrek aan enthousiasme is niet verwonderlijk: bij renovaties ligt de nadruk vaak op energetische verbeteringen, terwijl maar 15 tot 20% van de woningeigenaren hier affiniteit mee heeft.² Het gros van de mensen wil gewoon een fijne en comfortabele woning. Daarom is het waarschijnlijk effectiever om bij een woningrenovatie – naast energetische maatregelen – in te zetten op een gezond en comfortabel binnenklimaat. Bewoners investeren dan niet alleen in ‘het klimaat’ maar ook in een verbeterde woning. Maar hoe zorg je ervoor dat een woning na een (energetische) renovatie gezonder en comfortabeler is, zonder de eigenaar op kosten te jagen? En welke innovaties zijn daarvoor nodig?

Mensen spenderen ongeveer twee derde van hun tijd in huis.³ Een woning heeft dan ook een groot effect op het welzijn van mensen en dat effect is niet altijd positief: de concentratie van verontreinigende stoffen is binnen vaak hoger dan buiten en sommige bewoners hebben te kampen met geluidsoverlast en hoge temperaturen in de woning. Dit geldt ook voor energiezuinige en goed geïsoleerde woningen, waar vervuilde lucht, geluid en warmte lang blijven hangen als er geen maatregelen worden getroffen. Deze risico's brengen het draagvlak voor de energietransitie in gevaar, maar ze bieden tegelijkertijd een kans: door op een gezond en prettig binnenklimaat in te spelen bij renovaties kunnen woningen zowel energiezuiniger als comfortabeler worden. Dit kan weer leiden tot extra draagvlak voor aardgasvrij wonen. Uit een Engelse studie blijkt zelfs dat mensen bereid zijn om 30% meer te betalen voor een woning waar gezondheid voorop staat.⁴ Het is dus belangrijk om meer aandacht aan het binnenklimaat in woningen te besteden.

Doorgaans worden vier aspecten van het binnenklimaat onderscheiden: (1) binnenluchtkwaliteit, (2) akoestische kwaliteit, (3) thermische kwaliteit, en (4) visuele kwaliteit.⁵ Je zou kunnen stellen dat het binnenklimaat op orde is als er op deze vlakken voldoende wordt gescoord. Dat betekent dat de verontreinigende stoffen in de binnenlucht onder bepaalde grenswaarden blijven, er geen geluidsoverlast optreedt, het thermisch binnenklimaat behaaglijk is voor bewoners, en er in de verblijfsruimten genoeg en aangenaam daglicht is. In dit kennisdossier ligt de focus op luchtkwaliteit, geluid en thermisch comfort, omdat daglicht in de Nederlandse context doorgaans geen probleem is. Bovendien kun je bij een renovatie de lichtkwaliteit maar beperkt verbeteren en is lichtkwaliteit geen specifiek probleem bij goed geïsoleerde woningen. De uitdaging is dus om bij een renovatie, naast energetische aspecten, een verbetering aan te brengen in binnenluchtkwaliteit, akoestische kwaliteit en thermisch comfort. Idealiter gebeurt dat tegen acceptabele kosten en zonder het energieverbruik te laten toenemen.





Figuur 1: Belangrijke aspecten van een gezond en comfortabel binnenklimaat

Binnenluchtkwaliteit

Bij binnenluchtkwaliteit gaat het erom de concentraties van vervuilende of hinderlijke stoffen onder bepaalde grenswaarden te houden. Vier verontreinigers hebben grote invloed op de luchtkwaliteit: CO₂, fijnstof, vluchtige organische stoffen (VOC) en vocht. De CO₂-productie loopt ongeveer gelijk op met de productie van menselijke geurstoffen en is daarom een goede indicator voor de mate van frisheid van de lucht. Als de CO₂-concentratie hoger is dan 1200 ppm wordt de lucht doorgaans als onfris ervaren.⁶ Ook kunnen mensen last krijgen van vermoeidheid, hoofdpijn en een verstoorde nachtrust.⁷ Fijnstof komt vooral vrij bij het koken maar ook bij het gebruik van deodorantspray, haarspray en het branden van kaarsen.⁸ Het wordt onder meer gelinkt aan longproblemen, hart- en vaatziekten en luchtwegklachten.⁷ VOC zijn een verzameling van koolwaterstoffen die gemakkelijk verdampen zoals formaldehyde, benzeen en acroleïne. Ze zijn afkomstig van bouwmaterialen, meubels, schoonmaakmiddelen en verf, en kunnen allergieën of luchtwegklachten veroorzaken.⁹ Vocht vormt op zichzelf geen gezondheidsrisico, maar het kan leiden tot schimmel. Dit heeft mogelijk wel gezondheidsimplicaties, zoals infecties en astma.⁷

Om blootstelling aan deze verontreinigingen te verminderen, is adequate ventilatie nodig (zie kader). Huidige ventilatiesystemen zijn vaak echter niet ontworpen om alle verontreinigende stoffen uit het binnenmilieu af te voeren.⁹ In veel gevallen wordt het ventilatiesysteem erg minimaal ontworpen, met een kleine ventilatiebox, nauwe kanalen en weinig afzuigcapaciteit. Dit resulteert in een systeem met een overmatige luchtweerstand, wat weer leidt tot een hoger elektriciteitsverbruik en geluidsoverlast.¹⁰ De ventilator moet immers harder draaien om de lucht door de kanalen te voeren. Bewoners zullen het systeem eerder in een lagere stand zetten omdat het geluid hinderlijk is, met slechte binnenluchtkwaliteit tot gevolg. Overmatige luchtweerstand kan worden vermeden door grotere kanalen te gebruiken en het aantal bochten te verminderen. Een halvering van het aantal bochten zorgt al voor een halvering van de drukval.¹⁰ Niettemin realiseren veel marktpartijen een krap systeem met de kosten in het achterhoofd, terwijl de primaire functie van ventilatie wordt vergeten: het realiseren van gezonde binnenlucht.¹¹



De basisprincipes van ventilatie

Het doel van ventilatie is om vervuilde binnenlucht te vervangen door verse buitenlucht in de ruimten waar mensen zich bevinden. De hoeveelheid te verversende lucht, het debiet, wordt uitgedrukt in m³/uur. Om tot luchtverversing te komen moet er een luchtstroom tot stand worden gebracht door drukverschillen tussen binnen en buiten. Dit kan op een natuurlijke manier, door wind en thermische trek. Ook kan een luchtstroom mechanisch op gang worden gebracht door een elektrisch aangedreven ventilatiesysteem. Het is essentieel dat er bij de toe- en afvoer van lucht (op de juiste plaats) voldoende debiet kan worden gerealiseerd – het systeem moet voldoende ‘autoriteit’ hebben. In moderne woningen kom je doorgaans twee typen ventilatiesystemen tegen: (1) natuurlijke toevoer, via ramen en roosters, met mechanische afvoer, en (2) balansventilatie waarbij zowel de toe- als afvoer mechanisch gebeurt. Oudere woningen worden vaak geventileerd door natuurlijke toe- en afvoer.

Het gaat bij ventilatie dus om luchtverversing in de verblijfsruimten. Dit moet gebeuren met zo min mogelijk energie, want dat was een van de achterliggende redenen voor de renovatie. Maar verse buitenlucht is in een deel van het jaar kouder dan de binnenlucht en moet dus worden opgewarmd. Dat kost energie, al zijn er wel manieren om het energieverbruik te beperken.¹² Dit kan ten eerste door een vorm van warmteterugwinning (WTW), waarbij de warme afgevoerde lucht via een warmtewisselaar zorgt voor de opwarming van toegevoerde lucht. Dit rendement kan oplopen tot wel 90%.¹³ Ten tweede is energiebesparing mogelijk door precies voldoende te ventileren. Dit wordt vaak gedaan door het ventilatiedebiet aan te sturen met sensoren die bepaalde verontreinigingen (zoals CO₂ en vocht) meten. Uit praktijkonderzoek blijkt dat dit soort vraaggestuurde systemen ook nog eens leiden tot een betere binnenluchtkwaliteit dan systemen zonder vraagsturing.¹¹ Toch is de luchtkwaliteit in met name slaapkamers (CO₂) en de keuken/woonkamer (fijnstof) soms matig – zelfs bij vraaggestuurde systemen.

CO₂ in slaapkamers

Mensen brengen ongeveer 70% van hun tijd binnenshuis in de slaapkamer door.¹⁴ En juist in slaapkamers is de verse luchttoevoer vaak ondermaats, zeker bij natuurlijk geventileerde woningen.¹¹ Dit is problematisch want een te hoge CO₂-concentratie heeft een negatief effect op de nachtrust, en dus op de gezondheid.¹⁵ In woningen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer in de natte ruimtes is het raam van de wc/badkamer vaak geopend. Verse buitenlucht stroomt dan direct vanuit het raampje van de wc of badkamer in het afzuigventiel. Daardoor wordt de lucht in de slaapkamer – ondanks de ventilatieroosters – nauwelijks verversd. De onderdruk ontstaat immers in de natte ruimtes en niet in de slaapkamer.¹⁶ Hetzelfde gebeurt in slaapkamers met natuurlijke toevoer aan de lizijde. Door onderdruk aan de lizijde van de woning ontstaat er geen luchtstroming over de ventilatieroosters in de slaapkamer, want het drukverschil is te klein om een luchtstroom op gang te brengen. Zelfs bij sommige vraaggestuurde systemen gaat het fout wanneer er alleen een CO₂-sensor in de woonkamer is aangebracht: als mensen gaan slapen wordt er geen CO₂ meer gemeten en schakelt het gehele ventilatiesysteem uit.¹⁶

Vraaggestuurde systemen leiden onder drie condities wel tot gezondere binnenlucht.¹¹ Allereerst moet er adequate monitoring zijn van de CO₂-concentratie in de slaapkamer, en dus niet alleen in de woonkamer of de gang. Daarnaast is het belangrijk dat het ventilatiesysteem de autoriteit heeft om de vereiste luchtdebieten te realiseren: er moet voldoende lucht kunnen worden toe- en afgevoerd. Dit kan door lucht in te blazen via de balansventilatie of door de lucht af te voeren per vertrek. In dat geval wordt er onderdruk gecreëerd en komt er luchtstroming op gang. Het is dan



wel belangrijk dat het debiet per ruimte geregeld kan worden. Anders gaat het gevraagde debiet (en dus het energieverbruik) in de hele woning omhoog, terwijl er alleen in de slaapkamers meer luchtverversing nodig is.¹² Tot slot is het essentieel dat het ventilatiesysteem geen geluidsoverlast veroorzaakt, want dan zullen bewoners het systeem omlaag zetten of uitschakelen. In theorie is de oplossing voor slechte ventilatie dus eenvoudig: genoeg lucht toe- en afvoeren op basis van CO₂-sturing in de ruimtes waar mensen zich bevinden.

Fijnstof in de keuken en woonkamer

Naast de CO₂-concentratie in de slaapkamer is het aanpakken van fijnstof in de keuken en woonkamer een *quick win* voor de verbetering van de binnenlucht. Twee derde van de ziektelast gerelateerd aan verontreinigingen in woningen wordt namelijk veroorzaakt door fijnstof, met PM_{2.5} en kleinere deeltjes als voornaamste boosdoener.¹⁷ De fijnstofconcentratie in de woning komt ongeveer voor de helft door fijnstof uit de buitenlucht en voor de helft door binnenbronnen – vooral braden en bakken.¹⁸ Het tegengaan van fijnstof uit de buitenlucht is relatief eenvoudig bij woningen met een balansventilatiesysteem: een F7-filter in de luchttoevoer zorgt voor een verwijdering van 75% van de PM_{2.5} uit de toevoerlucht.¹⁹ Dit filter vangt echter geen ultrafijnstof af, dus op een belaste locatie zijn aanvullende oplossingen nodig. Bij woningen met een natuurlijk of mechanisch ventilatiesysteem kan fijnstof van buiten worden gereduceerd door filters in het ventilatiesysteem of door een zelfstandige luchtreiniger (met een capaciteit van 200 m³/uur).⁹

Ontwerpen van adequate kookafzuiging

Het is belangrijk de kooklucht direct af te vangen en naar buiten af te voeren (via een geveldoorvoer of via het ventilatiesysteem naar het dak), zodat de vervuilde lucht niet kan circuleren. Verder is het ontwerp cruciaal bij het realiseren van een geluidloos kookafzuigstelsel. Het kanalsysteem moet ruim worden ontworpen zodat de drukval over het systeem laag blijft (onder de 150 Pa). Dit betekent dat er ruime en ronde kanalen worden toegepast en dat er weinig bochten in het systeem zitten. TNO en Koppen Bouwexperts hebben een dergelijk systeem ontwikkeld (in de NeroZero woning) door een motorloze afzuigkap aan te sluiten op de balansventilatie. Het idee is dat alle capaciteit tijdens het koken naar de afzuigkap gaat doordat een klepregeling tijdelijk de ventilatie in de natte ruimtes blokkeert. Zo kan het benodigde debiet (300 m³/uur) vrijwel geluidloos (22,8 dB(A)) worden gerealiseerd. De balansventilatie zorgt voor de benodigde luchttoevoer, zodat tocht en onderdruk wordt vermeden. Nadeel van het concept is dat het niet overal toepasbaar is vanwege de bouwkundige aanpassingen die nodig zijn.

Kookemissies vormen in goed geïsoleerde woningen meestal een groter probleem dan buitenbronnen. In goed geïsoleerde woningen kan fijnstof uren blijven hangen en boven de advieswaarde van 10 µg/m³ jaargemiddeld blijven.²⁰ Dit wordt verergerd door de trend van open keukens, waardoor deeltjes gemakkelijker naar de woonkamer stromen. Omdat bronafzuiging de meeste effectieve manier is om de blootstelling aan fijnstof te verminderen, is het essentieel om adequate kookafzuiging te installeren.⁹ De afzuigkap moet een capaciteit van minimaal 300 m³/uur hebben om nagenoeg alle kookdampen direct af te voeren.²¹ De uitdaging in een woning met balansventilatie is om genoeg luchttoevoer te hebben. Als er niet genoeg lucht wordt toegevoerd, ontstaat er onderdruk en neemt de capaciteit van de afzuigkap af. De kookdampen



worden dan minder goed afgevoerd.²² Er zijn meerdere manieren om kookafzuiging met voldoende autoriteit te realiseren (zie bovenstaand kader). Door goede kookafzuiging en filtering van de buitenlucht kan de fijnstofconcentratie met 48% dalen in een woning met balansventilatie en met 65% in een mechanisch geventileerde woning met aparte luchtreinigers.¹⁹

Vocht en VOC

Verder kunnen ook vocht en vluchtige organische stoffen (VOC) het binnenklimaat negatief beïnvloeden. Uit onderzoek blijkt dat vocht en schimmel verantwoordelijk zijn voor 11% van de ziektelast in woningen en VOC voor 1%.¹⁷ Vochtproblemen ontstaan onder andere doordat vocht wordt onttrokken aan de bodem of doordat condensatie optreedt. Als ruimtes of constructies langdurig een relatieve luchtvochtigheid hebben van meer dan 80% kan schimmelvorming optreden.²³ Dat gebeurt regelmatig: onderzoek uit 2005 laat zien dat schimmel aanwezig is in 10% van de woonkamers en 41% van de badkamers in bestaande woningen.²⁴ Schimmel is vooral problematisch in de woonkamer en de slaapkamers omdat mensen er langdurig aan blootgesteld worden.¹⁸ Er ontstaan dan risico's op ademhalingsproblemen, allergieën, infecties en een verlaagde weerstand.⁷ Om schimmelvorming te voorkomen is het zaak de temperatuur van oppervlakken te verhogen door te isoleren (want op koude oppervlakken kan condensatie optreden) of adequate ventilatie aan te brengen, zodat het vocht afgevoerd wordt.²³ Dat laatste is erg belangrijk omdat vocht in slecht geventileerde woningen lang kan blijven hangen.

Vluchtige organische stoffen (VOC) zijn een verzameling van chemische componenten die gemakkelijk verdampen. Ze blijven vervolgens in de lucht hangen en kunnen, behalve stankoverlast, ook leiden tot gezondheidsschade zoals luchtwegklachten of allergische reacties.⁷ Schadelijke VOC als formaldehyde, benzeen, d-limoneen, acroleïne en toluen zijn meestal afkomstig van inrichtingsmaterialen, meubels, verf en schoonmaakproducten.¹⁸ Hoewel VOC een relatief klein gezondheidsrisico hebben, is het toch goed om ze aan te pakken omdat problemen vaak in recent gerenoveerde woningen ontstaan.¹⁷ Bovendien komt een te hoge concentratie van VOC regelmatig voor: de door de Gezondheidsraad gestelde grenswaarde van 200 µg/m³ wordt in bijna 40% van de woningen overschreden.¹⁸ Schadelijke VOC moeten daarom zoveel mogelijk teruggedrongen worden. Dit kan door het probleem bij de bron aan te pakken en bouw- en inrichtingsmaterialen te gebruiken die weinig VOC emitteren. Daarnaast is luchtverversing via adequate ventilatie belangrijk, aangezien VOC zich snel door de lucht verspreiden. Uit onderzoek blijkt dat VOC beter worden afgevoerd in woningen met zowel mechanische toe- als afvoer.²⁵

Akoestiek

Geluid is essentieel voor het binnenklimaat: het is direct merkbaar voor bewoners en geluidsoverlast is een veelvoorkomend probleem. Bij na-geïsoleerde woningen is akoestiek extra relevant. Door de hoge geluidswering van de gevel is er relatief weinig achtergrondgeluid, waardoor geluid van burens en installaties duidelijker te horen is.²⁶ Bij geluidsoverlast van burens is vooral 'contactgeluid' een grote bron van hinder. Bij contactgeluid gaat het om trillingen die via de constructie worden overgebracht, wat gebeurt als de bovenbuurvrouw op hakken loopt, de wasmachine aan het centrifugeren is of een stoel wordt aangeschoven in een aangrenzende ruimte. Het reduceren van lucht- en contactgeluid tussen burens kan door geluidisolatie tussen vloeren en wanden te verbeteren, bijvoorbeeld door een zwevende vloer of een verlaagd plafond. Bij oudere portiekwoningen en galerijflats is er doorgaans veel geluidsoverlast, maar juist weinig



ruimte om bouwkundige maatregelen (zoals een zwevende dekvloer) te treffen. Voor deze segmenten is het voorkomen overlast door contactgeluid dus een grote uitdaging.

Ook installaties zijn van invloed op de akoestische kwaliteit van woningen. Installaties zijn in goed geïsoleerde woningen niet alleen beter hoorbaar, maar woningen zijn na een renovatie überhaupt vaker uitgerust met installaties. Ventilatiesystemen mogen bij nieuwbouw in verblijfsruimten maximaal 30 dB(A) produceren, maar in de praktijk zijn ze vaak luider.²⁷ Voor renovaties geldt er geen eis, maar bewoners ervaren zelfs nog overlast in slaapkamers als systemen onder de 30 dB(A) blijven.¹⁶ Daarom raden bouwkundigen aan om ventilatiesystemen zo te ontwerpen dat ze maximaal 20-25 dB(A) produceren.²⁶ Technisch is dat mogelijk door lage luchtsnelheden (ruime kanalen) en voldoende demping, maar kostbaar is het wel. Ook bij warmtepompen is geluid mogelijk een probleem, zowel in de eigen woning als bij burens. Er kan overlast ontstaan doordat de ventilator buiten 'luchtgeluid' veroorzaakt. Een omkasting van de buitenunit is een oplossing, maar die levert ook weer luchtweerstand op waardoor de capaciteit van de warmtepomp achteruitgaat. Daarnaast kan de compressor via trillingen voor hinderlijk contactgeluid zorgen. Dit kan worden voorkomen door een warmtepomp op goede trillingsdempers op een voldoende zware constructie te zetten en leidingwerk te ontkoppelen.

Thermisch comfort

Het binnenklimaat wordt, naast luchtkwaliteit en akoestiek, bepaald door het thermisch comfort – oftewel, de tevredenheid met de thermische omgeving.²⁸ Twee zaken spelen hierbij een grote rol: tocht en oververhitting. Tocht kan in specifieke gevallen een probleem vormen, bijvoorbeeld in een woning met vloerverwarming en een ventilatiesysteem bestaande uit natuurlijke toevoer (via gevelroosters) en mechanische afvoer. De toegevoerde lucht komt dan direct van buiten en is in het stookseizoen kouder dan de binnenlucht. Het risico is dat de koude lucht langs het raam naar beneden 'valt' en leidt tot een voelbare luchtstroom.¹⁶ Ook kunnen ventilatieroosters leiden tot dwarsventilatie, vooral wanneer er wind op de gevel staat.²⁹ Tocht in woningen kun je op verschillende manieren terugdringen: kiezen voor winddrukafhankelijke ventilatieroosters die gedeeltelijk sluiten als er meer wind staat, de positie van roosters zorgvuldig kiezen (bv. niet boven de bank) en de roosters verdelen over meerdere gevels zodat ze gesloten kunnen worden aan de kant waar de wind staat. Deze oplossingen zijn echter afhankelijk van bewonersgedrag.

Oververhitting is een potentieel probleem omdat de warmte in goed geïsoleerde woningen lang blijft hangen. Bovendien leidt de trend om te bouwen met veel glas ertoe dat er veel zonnearmte binnenkomt.³⁰ Dit kan in de zomer resulteren in oververhitting. Dit is niet alleen oncomfortabel, maar heeft ook effect op de gezondheid, zoals een verminderde slaapkwaliteit en een hoger sterftcijfer onder ouderen.³¹ Omdat zonnearmte vooral via transparante delen naar binnenkomt, is het zaak om de zon zoveel mogelijk buiten te houden.³¹ Buitenzonwering werkt daarvoor het best. Daarnaast is het aan te raden om extra te ventileren wanneer de buitentemperatuur lager is dan de binnentemperatuur, zoals bij zomernachtventilatie of koeling via de balansventilatie.³¹ Soms wordt ook actieve koeling toegepast, maar bij voldoende zonwering, goed omgaan met ventilatie én voldoende thermische massa is dat in Nederland eigenlijk niet nodig. Wel is het gedrag van bewoners erg belangrijk, want technische maatregelen halen weinig uit als de bewoner op een warme dag de zonwering vergeet toe te passen of ramen open laat staan.



Innovaties voor een gezond en comfortabel binnenklimaat

Nu duidelijk is wat een goed klimaat binnenklimaat behelst, rijst de vraag wat er nodig is om dit te realiseren. Globaal gezien geldt dat de meeste technieken al ontwikkeld zijn, maar dat het vaak misgaat bij het ontwerp en de uitvoering van maatregelen. Om te voorkomen dat ingrepen in de praktijk ineffectief zijn, is het belangrijk om veel meer te sturen op daadwerkelijke prestaties (bv. gezonde binnenlucht) en niet op de aanwezigheid van technische componenten alleen (bv. een afzuigkap). Het sturen op prestaties kan worden ondersteund door ontwerptools voor een gezond binnenklimaat of door modellen waarmee de prestaties tijdens de gebruiksfase worden getoetst.⁹ Verder is bewonersgedrag essentieel voor een goed binnenklimaat, dus innovaties moeten verder gaan dan alleen de techniek. Idealiter zijn de eindgebruikers nauw betrokken door een goede terugkoppeling over de kwaliteit van het binnenklimaat en een handelingsperspectief om in te grijpen. Er zijn zelfs nieuwe businessmodellen denkbaar waarbij gebruikers volledig worden ontzorgd door ze te laten betalen voor de praktijkprestaties (bv. gezonde lucht als dienst) en niet voor de aanwezigheid het systeem.²⁷

Niettemin is innovatie nodig op een aantal technische componenten om een gezond en comfortabel binnenklimaat in woningen te bespoedigen. Gezien de impact op de gezondheid en het comfort verdient een drietal innovaties extra aandacht. Ten eerste is het belangrijk om fijnstof te reduceren omdat dit enorme gezondheidswinst op kan leveren. Hiervoor is de ontwikkeling van kookafzuigsystemen met voldoende capaciteit onontbeerlijk. Om de werking van deze systemen te garanderen, moet een betere interactie tussen kookafzuiging en overige ventilatie tot stand worden gebracht. Dit kan bijvoorbeeld via de balansventilatie, zoals in de NeroZero woning, waarbij het ventilatiesysteem extra afzuiging regelt via de afzuigkap. Er is behoefte aan effectieve automatisch werkende systemen met een kleinere bouwkundige impact, want het huidige systeem is niet in iedere woning gemakkelijk in te passen. De samenhang tussen kookafzuiging en ventilatie kan ook bereikt worden door ventilatieroosters aan te laten sturen door de afzuigkap (via onderdruk of elektrisch).

Ten tweede zijn innovaties nodig om geluidsoverlast in woningen terug te dringen, want dit kan het draagvlak voor renovaties maken of breken. Dit begint bij de ontwikkeling van efficiëntere installaties, zoals ventilatiesystemen die een lagere luchtweerstand hebben of überhaupt minder geluid maken (bv. doordat ze op lagere toerentallen kunnen draaien of door verbeterde geluidsreducerende kanalen).⁹ Ook zijn warmtepompen nodig met stillere buitenunits of slimme constructies die lucht- en contactgeluid terugdringen. Voor akoestische kwaliteit zijn innovaties om contactgeluid van burens te verminderen misschien wel het meest essentieel, zeker bij oudere galerijflats en portiekwoningen. Ten derde is innovatie mogelijk in filters en sensoren. Filters zijn nu nog onderhoudsgevoelig: ze moeten periodiek worden vervangen en dat vergeten bewoners vaak, met slechte luchtkwaliteit tot gevolg. Filters met een langere standtijd zouden dit deels kunnen oplossen.⁹ Ook kunnen sensoren in vraaggestuurde ventilatiesystemen nog doorontwikkeld worden. Zo zijn VOC-sensoren nog vrij onnauwkeurig – ze kunnen schadelijke en onschadelijke stoffen nog lastig onderscheiden – en zijn fijnstofsensoren nog erg duur.



Conclusie

Enthousiasme voor woningrenovaties is cruciaal voor de verduurzaming van grote aantallen woningen. Bij het aanwakkeren van enthousiasme ligt het voor de hand om woningen niet alleen te *verduurzamen* maar ook te *verbeteren*. Hierbij moet vooral worden ingezet op een gezond en comfortabel binnenklimaat – dát is namelijk wat bewoners interesseert. Onderzoek laat zien dat de investeringsbereidheid in energierenovaties enorm kan toenemen als daarbij ook een goed binnenklimaat wordt gerealiseerd. Voor de gezondheid is het belangrijk om in te zetten op het afvoeren van schadelijke verontreinigingen, zoals fijnstof en CO₂. Het comfort kan toenemen door het voorkomen van geluidsoverlast en oververhitting. Idealiter gebeurt dit tegen acceptabele kosten, met weinig energiegebruik en met zo min mogelijk bouwkundige aanpassingen. Dit vereist vrijwel altijd een goed doordacht ontwerp, waarin rekening gehouden is met de uiteindelijke prestaties en het bewonersgedrag. Het enthousiasme voor renovaties neemt namelijk nog meer toe als gebruikers zelf bij kunnen dragen aan een gezond binnenklimaat of als zij hierin ontzorgd worden door partijen die een goed binnenklimaat als dienst aanbieden.

Relevante onderzoeks- en innovatieprojecten

Zoals gezegd is innovatie erg belangrijk om een gezond en comfortabel binnenklimaat in woningen te realiseren. De afgelopen jaren zijn op dit thema al veelbelovende producten, processen en diensten onderzocht of ontwikkeld. Zo onderzocht het consortium [MONICAIR](#) welke ventilatiesystemen voor een goede luchtverversing zorgen en analyseerde [Be Aware](#) welke interventies leiden tot verbeterde binnenluchtkwaliteit. In de projecten [KEEK](#) en [VentKook](#) werd inzicht verkregen in kookemissies en op basis daarvan zijn systemen voor kookafzuiging ontwikkeld. Het project [Efficiënte Kookapparatuur](#) borduurde daarop voort en zocht uit of aanbieders gezonde kookapparatuur 'as a service' kunnen aanbieden. In [SecureVent](#) werden meetinstrumenten en protocollen ontwikkeld om de luchtkwaliteit te waarborgen en in [MultiZone Regelaar](#) stond de ontwikkeling van een efficiënt en betaalbaar ventilatiesysteem centraal dat per zone aangestuurd kan worden. Tot slot ging [KAMELEO](#) over onderzoek naar en ontwikkeling van een isolerende buitenzonwering (tegen oververhitting) en een kanaalarm ventilatiesysteem.

Met dank aan Atze Boerstra (BBA Binnenmilieu), Bart Cremers (Zehnder), Piet Jacobs (TNO), Wietse Koornneef (Peutz), Kees van der Linden (AaCee), Folkert Linnemans (Bouwgroep Dijkstra Draisma) en Harm Valk (Nieman Raadgevende Ingenieurs).



Referenties

- ¹ Steenbekkers, A., & Scholte S. (2019) *Onder de pannen zonder gas: woningeigenaren en hun overwegingen over aardgasvrije alternatieven*. Sociaal-Cultureel Planbureau.
- ² Brand, G., & De Vries, S. (2016). *Huiswerk: zeven jaar ervaring in verduurzaming en marktkansen bij particuliere woningen*. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- ³ <https://delos.com.au/approximately-90-of-our-time-is-now-spent-indoors-heres-how-to-make-your-home-a-healthier-place-to-be/>
- ⁴ Saint Gobain. (2017). *Feel Good, Live Well. The UK Home, Health and Wellbeing Report 2016*.
- ⁵ Bluysen, P. M. (2013). *Meer dan de som der delen: het begrijpen van het binnenmilieu*. TVVL Magazine, september 2013.
- ⁶ Van der Linden, A. C. (2016). *Bouwfysica (6^e druk)*. Amersfoort: ThiemeMeulenhoff.
- ⁷ Jacobs, P. (2020). *De feiten over ventilatie, fijnstof en schone lucht in huis*. Gawalo, 11 maart 2020.
- ⁸ Jacobs, P. (2017). *Fijnstof bronnen in en rondom woningen*. TVVL Magazine, juni 2017.
- ⁹ Jacobs, P., & Borsboom, W. A. (2019). *Gezond gasloos voor professionals*. TNO 2019 R11882.
- ¹⁰ Jacobs, P. (2012). *Woningventilatie: geluidsarme systemen*. Presentatie op het ventilatieforum.
- ¹¹ Van Holsteijn, R. C. A. (2016). *Eindrapportage MONICAIR*. TKIGBO1003.
- ¹² Valk, H. (2012). *Fluïsterstil, sensorgestuurd en goed geregeld*. Installateurs Zaken, februari 2012.
- ¹³ Cremers, B., & Bakker, T. (2017). *Technologies to overcome effects of condensation in exchangers of ventilation units – analysis of monitored field studies*. 38th AIVC Conference, Nottingham, 13-14 September 2017.
- ¹⁴ Velux (2013). *Circadian House: Principles and Guidelines for Healthy Homes*. November 2013.
- ¹⁵ Boerstra, A., & Te Kulve, M. (2019). *Beter slapen: impact luchtkwaliteit en ventilatie op de slaapkwaliteit*. TVVL Magazine, juli 2019.
- ¹⁶ Hasselaar, B., & Bosch, H. (2019). *Keuze van een ventilatiesysteem – de minder bekende nuance*. TVVL Magazine, december 2019.
- ¹⁷ IAIAQ. (2011). *Promoting actions for healthy indoor air. European Commission Directorate General for Health and Consumers*.
- ¹⁸ Jacobs, P., & Borsboom, W. A. (2019). *Meta-onderzoek voor coalitie gezonde binnenlucht*. TNO 2019 R10969.
- ¹⁹ Jacobs, P., Hoes-Van Oeffelen, E. C. M., Vijlbrief, O., & Kornaat, W. (2020). *Openbaar eindrapport TKI Be Aware – Bewustwording van binnenluchtkwaliteit in woningen: bronnen en effectieve energie-efficiënte interventiestrategieën*. TNO 2020 R10627.
- ²⁰ Jacobs, P., Borsboom, W. A., Koene, F., Van Haaster, S., Van Os, J., Koppen, W., & Kraakman, P. H. (2018). *Ventilatiesysteem met kookafzuiging*. TVVL magazine, december 2018.
- ²¹ Jacobs, P. (2018). *Openbaar eindrapport Ventkook. Ventilatiesysteem met goede kookafzuiging*. TNO 2018 R11055.



- ²² Stroomversnelling. (2020). *Themablad Luchtkwaliteit Keuken*. 18 mei 2020.
- ²³ Van der Linden, A.C. (2019). *Condensatie en schimmelvorming*. Klimapedia.
- ²⁴ Ginkel J., & Hasselaar E. (2005). *Housing characteristics predicting mould growth in bathrooms*. Proceedings Indoor Air 2005.
- ²⁵ Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie. (2014). *Lüftung 3.0 – Bewohnergesundheit und Raumluftqualität in neu errichteten, energieeffizienten Wohnhäusern*.
- ²⁶ Buijs, J. (2015). *Gezondheid én installatiegeluid!* TVVL Magazine, december 2015.
- ²⁷ Kornaat, W., Lanooy, T., Van Beek., P. J. G., Lok, P. K. C., Bink, N. J., Borsboom, W. A. Meester, A. W. J. & Hoes-Van Oeffelen, E. C. M. (2020). *Openbare Eindrapportage TKI SecureVent*. TNO 2020 R10833.
- ²⁸ Kurvers, S., Van der Linden, A. C., & Cauberg., H. (2012). *Literatuurstudie Thermisch Comfort*. EOS-LT DP 2015 WP1. TU Delft.
- ²⁹ Cremers, B. (2015). *Ventilation effectiveness comparison between extract ventilation and balanced ventilation in a scale model*. 36th AIVC Conference, 23-24 September 2015.
- ³⁰ Stroomversnelling. (2019). *Themablad Thermisch Comfort*. 1 juli 2019.
- ³¹ Loomans, M. G. L. C., & Hensen, J. L. M. (2018). *Oververhitting in BENG-woningen*. TVVL Magazine, december 2018.



Over TKI Urban Energy

TKI Urban Energy stimuleert de ontwikkeling van innovaties voor een duurzaam, betrouwbaar en betaalbaar energiesysteem in de gebouwde omgeving. Onder de vlag van de Topsector Energie werkt TKI Urban Energy aan het vormen van kansrijke samenwerkingsverbanden tussen Nederlandse bedrijven, kennisinstellingen en andere partijen. Een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050 is onze inzet.

Auteur

Bouwe Meijer

E bouwe@tki-urbanenergy.nl

W www.tki-urbanenergy.nl

