

**GEZONDHEID EN VENTILATIE
IN WONINGEN IN VATHORST;**

onderzoek naar de relatie tussen gezondheidsklachten,
binnenmilieukwaliteit en woningkenmerken.

GEZONDHEID EN VENTILATIE IN WONINGEN IN VATHORST;
onderzoek naar de relatie tussen gezondheidsklachten,
binnenmilieukwaliteit en woningkenmerken.

september 2007

GGD Eemland

Postbus 733
3800 AS Amersfoort
033 - 4 678 100
mmk@ggdeemland.nl
www.ggdeemland.nl

auteurs: F. Duijm, M. Hady, J. van Ginkel, G.H. ten Bolscher

opdrachtgever: Gemeente Amersfoort

met ondersteuning van: ministerie van VROM

SAMENVATTING

In 2006 hebben 36 inwoners van de wijk Vathorst, een nieuwbouwwijk bij Amersfoort, zich met gezondheidsklachten gemeld bij de GGD Eemland. Zij vermoedden dat de installatie voor gebalanceerde ventilatie in hun woning de oorzaak was van hun klachten. Door een dergelijk systeem wordt lucht in de woning mechanisch ingeblazen en afgezogen. Energie uit de afgezogen lucht wordt door een warmtewisselaar overgedragen op de ingeblazen lucht. Dit vermindert de behoefte aan energie voor verwarming.

Het vermoeden heeft onder meer geleid tot de vraag of de toenemende energiezuinigheid van woningen leidt tot gezondheidsproblemen.

De GGD Eemland heeft een onderzoek verricht in opdracht van de Gemeente Amersfoort en met steun van het ministerie van VROM. Het onderzoek was gericht op de volgende vragen.

1. Voldoen de betreffende en aanverwante woningen aan de wettelijke eisen?
2. Hoe is de kwaliteit van het binnenmilieu?
3. Bestaat er een relatie tussen die kwaliteit en de woning met zijn technische voorzieningen?
4. Bestaat er een relatie tussen de kwaliteit van het binnenmilieu en de gezondheidsklachten?
5. Welke maatregelen kunnen de klachten verhelpen?

Het onderzoek bestond uit een telefonische enquête, inspectie van de woning volgens de methode van de Gezondheidskaart, en een aantal metingen van mogelijk relevante factoren in het binnenmilieu. De inspectie en de metingen zijn uitgevoerd in het stookseizoen 2006-2007. Er zijn gegevens verkregen van 99 woningen en hun bewoners.

Wel of niet voldoen aan de wettelijke voorschriften

In de onderzochte woningen komen 2 typen ventilatiesystemen voor: met gebalanceerde ventilatie (mechanische toevoer en afvoer) en zonder gebalanceerde ventilatie (toevoer via roosters in de ramen met afvoer door mechanische afzuiging). Het Bouwbesluit stelt eisen aan de capaciteit die gehaald moet kunnen worden (in de hoogstand van de mechanische ventilatie met eventuele roosters open).

In de woningen *met* gebalanceerde ventilatie voldoet de capaciteit van de luchttoevoer in 67% van de woonkamers aan de wettelijke eis en in 94% van de slaapkamers. In 67%, 57% resp. 38% van deze woningen voldoet de capaciteit van de luchtafvoer in toilet, badkamer en keuken aan de wettelijke eisen. In 15% van de woningen met gebalanceerde ventilatie wordt er op elk van deze drie punten voldoende lucht afgezogen om te voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit voor die ruimten. Na (her)inregelen van de afzuigventielen zal 30% van de woningen met gebalanceerde ventilatie kunnen voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit voor die ruimten; bij de overige 70% van de woningen met gebalanceerde ventilatie is de gemeten gezamenlijke afzuiging ontoereikend.

In woningen *zonder* gebalanceerde ventilatie is de capaciteit van de toevoerroosters in alle gevallen voldoende, voor zover de gegevens van de roosters te achterhalen waren. In deze woningen voldoet de capaciteit van de afzuiging in 74%, 64% en 33% van de toiletten, badkamers resp. keukens aan de wettelijke eis voor ventilatiecapaciteit. In 28% van deze woningen heeft de installatie voldoende capaciteit. De overige 72% van de woningen zonder gebalanceerde ventilatie kan niet voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit, ook niet na (her)inregelen van de afzuigventielen.

Het niet-voldoen aan de wettelijke voorschriften is in de onderzochte woningen is vooral een gevolg van tekortkomingen in ontwerp, materiaalkeuze, uitvoering en inregeling. Bij veel woningen bestaan de tekortkomingen mogelijk al vanaf de oplevering. Daarnaast is de capaciteit waarschijnlijk verminderd door inwendige vervuiling van het systeem door stof.

De berekeningen voor energiezuinigheid en ventilatiecapaciteit die deel uitmaken van de aanvragen voor een bouwvergunning voor de onderzochte woningen, zijn gecontroleerd. De berekeningen en de uitkomsten ervan waren niet in strijd met het Bouwbesluit. Op zolderverdiepingen is in een aantal gevallen een kamer ingericht om te slapen, werken of spelen. Een dergelijke ruimte is dan in gebruik als een 'verblijfsruimte'. In de betreffende woningen voorziet de bouwvergunning geen verblijfsruimte op zolder, maar een 'onbenoemde ruimte'. Voor een verblijfsruimte gelden hogere eisen aan de ventilatiecapaciteit dan voor een onbenoemde ruimte. In de betreffende zolderruimtes zijn de ventilatievoorzieningen daarom niet berekend op een gebruik als verblijfsruimte. In de onderzochte woningen blijkt ook meer geluidhinder op te treden als er een slaapkamer op zolder is.

Gecontroleerd zijn ook de luchtdichtheid en de warmteweerstand van buitenmuren, ramen, enz., de mogelijkheid een raam of deur wijd open te zetten, de plaats van de uitmonding van de afvoer van verbrandingsgassen en de afstand van die afvoer tot ventilatieopeningen. Bij geen van deze aspecten is strijdigheid met de wettelijke voorschriften geconstateerd.

Kwaliteit van het binnenmilieu

Voor zover onderzocht zijn er geen problemen waargenomen wat betreft gehorigheid, geluid afkomstig van buiten, thermisch comfort, luchtdichtheid, vocht en vluchtige organische stoffen.

Geconstateerd is dat het binnenmilieu in de volgende opzichten ongunstig is, zonder dat er strijdigheid bestaat met een wettelijke eis.

Veel roosters en filters zijn vervuild. Een vervuild filter heeft vooral bij gebalanceerde ventilatie invloed op de luchtkwaliteit.

In alle woningtypen staat het ventilatiesysteem meestal in de laagstand.

De mechanische ventilatie produceert in veel woningen een hoog geluidniveau, zeker in de middenstand en de hoogstand. In woningen met gebalanceerde ventilatie is het geluidniveau

in woonkamer en slaapkamer beduidend hoger dan in woningen met luchttoevoer via roosters en mechanische afzuiging. De hogere geluidniveaus blijken te leiden tot veel meer hinder en ontevredenheid.

Mechanische luchttoevoer gaat in de onderzochte woningen gepaard met meer luchtbeweging en meer tocht/hinder.

De concentraties kooldioxide (CO₂) in de binnenlucht zijn regelmatig ongewenst hoog in de meeste woningen. Dit betekent dat de luchtverversing feitelijk tekort schiet. De luchtkwaliteit voldoet niet aan de advieswaarde van de Gezondheidsraad in ongeveer de helft van de onderzochte woningen en is matig in 20% volgens de criteria in NEN 13779. Dit geldt zowel bij gebalanceerde ventilatie als bij luchttoevoer via roosters met mechanische afzuiging.

De gehalten formaldehyde zijn in alle woningen hoger dan de advieswaarde van het RIVM en in 2 op de 3 woningen hoger dan de bestuurlijke risiconorm van VROM. De gemeten gehalten kunnen een lichte slijmvliesprikkeling veroorzaken bij gevoelige personen.

In de zomer zijn de binnentemperaturen vaak hinderlijk hoog, mede door afwezigheid van een bypass van de warmteterugwinning bij gebalanceerde ventilatie.

Gevonden verbanden

Uit de verzamelde gegevens blijkt niet dat de energiezuinigheid van de woningen samenhangt met het binnenmilieu of met de gezondheidsklachten. Dit kan een gevolg zijn van de geringe onderlinge verschillen in energiezuinigheid van de onderzochte woningen.

Uit het onderzoek is koken op gas naar voren gekomen als risicofactor voor gezondheidsklachten, maar dit biedt geen verklaring voor de meeste gezondheidsklachten die aan de GGD gemeld zijn. Dat koken op gas effecten kan hebben op de luchtwegen was al gesignaleerd in ander onderzoek. Het probleem is niet beperkt tot de woningen in Vathorst en is waarschijnlijk onafhankelijk van het ventilatiesysteem.

Ervaren geluidhinder blijkt samen te gaan met extreme vermoeidheid en met astma. Het kan zijn dat deze aandoeningen de gevoeligheid voor geluid verhogen. Het kan ook zijn dat geluid in sommige gevallen tot stress leidt en dat stress de kans op vermoeidheid of astma verhoogt.

In woningen met gebalanceerde ventilatie ervaren bewoners de lucht vaker als droog, terwijl uit de metingen niet blijkt dat de luchtvochtigheid lager is. Uit onderzoek elders is bekend dat een droog gevoel vaak berust op een ongunstige kwaliteit van de binnenlucht.

Veel gezondheidsklachten (vermoeide of tranende ogen, neusklachten, hooikoorts, keelpijn, luchtwegklachten, astma, doorslaapproblemen, concentratieproblemen en extreme vermoeidheid) blijken significant samen te hangen met de aanwezigheid van gebalanceerde ventilatie. Deze tendens is ook zichtbaar bij degenen die zichzelf niet bij de GGD gemeld hebben met klachten.

De gezondheidsklachten tonen meer verbanden met gebalanceerde ventilatie dan met de onderzochte factoren in het binnenmilieu. Daarmee is niet bewezen dat de gebalanceerde ventilatie op zichzelf de oorzaak is van die gezondheidsproblemen. De gezondheidsklachten kunnen het gevolg zijn van hinderlijk geluid, het circuleren van meer stofdeeltjes of andere factoren in het binnenmilieu door tekortkomingen in ontwerp, materiaalkeuze, aanleg, onderhoud en/of gebruik van de gebalanceerde ventilatie.

Ook is het denkbaar dat een negatief oordeel over gebalanceerde ventilatie of de afwezigheid van roosters en raampjes kan bijdragen aan gezondheidsklachten. Dit negatieve oordeel is mede een gevolg van de tekortkomingen in het ventilatiesysteem en het gebruik ervan. Het oordeel is ook beïnvloed doordat veel bewoners tevoren geen goed beeld hadden van wat het betekent om in een huis met balansventilatie te gaan wonen.

Conclusies

In het hoofdstuk conclusies zijn de antwoorden op de onderzoeksvragen uitgewerkt; kort samengevat gaat het om het volgende.

1. Voldoen de betreffende en aanverwante woningen aan de wettelijke eisen?

– De meeste onderzochte aspecten voldeden in alle woningen aan de wettelijke voorschriften. De capaciteit van de mechanische ventilatie voldeed echter in het merendeel van de woningen niet aan de wettelijke eisen.

2. Hoe is de kwaliteit van het binnenmilieu?

– De kwaliteit van het binnenmilieu is de meeste woningen ongunstig wat betreft geluid en vervuiling van de mechanische ventilatie, CO₂-concentratie en zomertemperatuur, zonder dat dit in strijd is met een wettelijke eis, omdat voor deze factoren geen wettelijke eisen gelden. Luchtbeweging en formaldehyde-concentratie dragen ook bij het ongunstige binnenmilieu omdat ze toetswaarden voor comfort en gezondheid overschrijden.

3. Bestaat er een relatie tussen de kwaliteit en de woning met zijn technische voorzieningen?

– De ongunstige kwaliteit van het binnenmilieu is mede een gevolg van de woning met zijn technische voorzieningen, namelijk de geluidproductie en luchtbeweging door de mechanische ventilatiesystemen en het ontbreken van ventilatievoorzieningen die desgewenst bruikbaar zijn om het huis in de nacht te laten afkoelen. De problemen met geluid en tocht zijn voor een belangrijk deel toe te schrijven aan tekortkomingen in ontwerp, materiaalkeuze, uitvoering en onderhoud. De relatie tussen de woning en een ongunstig binnenmilieu is sterker in woningen met gebalanceerde ventilatie dan in woningen zonder gebalanceerde ventilatie.

4. Bestaat er een relatie tussen de kwaliteit van het binnenmilieu en de gezondheidsklachten?

– Het binnenmilieu vertoont een relatie met gezondheidsklachten. Een sterkere relatie blijkt te bestaan tussen de gezondheidsklachten en gebalanceerde ventilatie. Koken op gas gaat ook gepaard met meer gezondheidsklachten dan elektrisch koken.

5. Welke maatregelen kunnen de klachten verhelpen?

Er is een scala van maatregelen nodig om de klachten te verhelpen en soortgelijke klachten te voorkomen. Een aantal ervan staat hieronder in de vorm van aanbevelingen.

Aanbevelingen

In het hoofdstuk aanbevelingen zijn adviezen uitgewerkt; kort samengevat betreft het de volgende punten.

Het is aan te raden de tekortkomingen in de onderzochte woningen te verhelpen door middel van de volgende maatregelen .

- Informatie voor en communicatie met bewoners.
- Ventilatiesystemen inregelen en zonodig capaciteit vergroten tot voldaan wordt aan de voorschriften.
- Verhelpen eventueel bovenmatig geluid van bijvoorbeeld ventilator, type ventiel, kanalen en montage van ventilatie-unit.
- Filters zonodig beter bereikbaar maken.

Ter wille van het inzicht krijgen in en het verhelpen van problemen in woningen elders is het raadzaam om op het volgende in te zetten.

- Onderzoek naar de effectiviteit van maatregelen.
- Onderzoek naar de herkomst van de formaldehyde.
- Onderzoek naar de effecten van koken op gas.
- Het energielabel uitbreiden met beoordeling mechanische ventilatie en de geluidproductie daarvan.

Voorts is het aan te bevelen om het kwaliteitsbeleid voor nieuw te bouwen woningen als volgt aan te scherpen.

- Informeren burgers over verschillende ventilatiesystemen en wasemkappen.
- Stimuleren van bouwen met ruimere ventilatiecapaciteit dan wettelijk voorgeschreven.
- Voor alle te bouwen woningen prestatie-eisen voor geluid van de eigen ventilatie-installatie koppelen aan de wettelijk vereiste ventilatiecapaciteit.
- Stringente kwaliteitsbewaking van ontwerpen en uitvoeren.
- Geen gebalanceerde ventilatie zonder bypass.
- Roosters of raampjes in de gevel bij gebalanceerde ventilatie.
- Geen woningen zonder adequate zonwering.
- Meten ventilatiecapaciteit en geluidproductie bij oplevering.
- Regelmatig onderhoud van ventilatiesysteem en zeer frequente reiniging van mechanische luchttoevoer.
- Nieuwe bewoners beter informeren over het gebruik en het onderhoud van hun specifieke installatie.

De belangrijkste algemene boodschappen aan de bewoners zijn de volgende.

- Elk ventilatiesysteem behoort in de middenstand te staan wanneer er iemand thuis is.
- Roosters en toevoerfilters en -ventielen moeten worden gereinigd voordat ze zichtbaar vervuild zijn.
- Het openen van ramen verstoort niet de gebalanceerde ventilatie maar slechts de warmteterugwinning.
- Het later inrichten van een verblijfsruimte op een zolder vergt in veel gevallen extra ventilatievoorzieningen.

INHOUDSOPGAVE

	bladzijde
Samenvatting	5
Inhoudsopgave	11
1. Voorwoord	13
2. Inleiding en vraagstelling	15
3. Opzet van het onderzoek	21
4. Methoden en technieken van dit onderzoek	27
5. Weergave en statistiek	33
6. UITKOMSTEN	35
6.1 Kenmerken van de onderzochte woningen en bewoners	36
6.2 Gezondheidsproblemen	40
6.3 Woongedrag en tevredenheid	42
6.4 Binnenmilieu: inspectie en metingen	47
6.5 Conformiteit van de huidige situatie	57
6.6 Samenhang woningenkenmerken ~ binnenmilieu	61
6.7 Samenhang woningkenmerken ~ gezondheid	64
6.8 Samenhang binnenmilieukwaliteit ~ gezondheid	71
7. Beschouwing	73
8. Antwoorden op onderzoeksvragen en andere conclusies	83
9. Aanbevelingen	91
10. Literatuur	93
11. Begrippen en afkortingen in dit rapport	97

BIJLAGEN

Bijlage 1 Vragenlijst OTB ten behoeve van het project Vathorst

Bijlage 2 Resultaten van de telefonische enquête en van de statistische analyses

Bijlage 3 Gezondheidskaart, opnamemethodiek Nieman

Bijlage 4 Resultaten van de woning-inspecties

1. VOORWOORD

Begin 2006 heeft de GGD Eemland van bewoners van de nieuwbouwwijk Vathorst meldingen ontvangen van gezondheidsklachten. Onder de bewoners bestond het vermoeden dat de klachten veroorzaakt werden door hun ventilatiesysteem.

In overleg met de gemeente Amersfoort, de woningcorporaties Alliantie en Portaal en de VROM-Inspectie regio Noord-West is een onderzoek opgezet om inzicht te krijgen in de problematiek. Projectontwikkelaars en bouwers zijn daarbij uitgenodigd.

Het onderzoek is uitgevoerd in een aantal fasen, namelijk:

- fase I: een telefonische enquête,
- fase II: woninginspectie en metingen,
- fase III: rapportage,
- fase IV: zonodig herstel van gebreken, gevolgd door herhaling van de enquête.

Met dit rapport is fase III afgesloten. Vervolgens kan worden overwogen of er een vierde fase nodig is.

Fase I van het project is uitgevoerd door Onderzoeksinstituut OTB van de Technische Universiteit Delft. Fase II is uitgevoerd door Adviesbureau DWA. In fase III heeft OTB de eigen gegevens en die van DWA gecombineerd en de verbanden geanalyseerd. De gemeente Amersfoort was opdrachtgever en heeft de projectleiding gedelegeerd aan de GGD. Financiële ondersteuning door het ministerie van VROM maakte het mogelijk een groter aantal bewoners en woningen in het onderzoek te betrekken.

De gegevens zijn verzameld van zomer 2006 tot aan het voorjaar van 2007. Op basis van de verkregen gegevens heeft de GGD Eemland het rapport geschreven.

Het onderzoek en de rapportage is begeleid door een commissie bestaande uit de volgende personen.

M. Hady, arts medisch milieukundige, Steunpunt MMK Utrecht, projectleider

R.A.C.L. Héman, arts MBA, GGD Eemland, adjunct-directeur

C.H. Gieze, Gemeente Amersfoort, hoofd Bouw- en Woningtoezicht

J. van Gessel, Gemeente Amersfoort, Bouw- en Woningtoezicht

A. Pekel, woningcorporatie de Alliantie

E. Kunst, woningcorporatie Portaal

P.J. van Luijk, Ministerie VROM, DGWWI

C.J.M. van den Bogaard, VROM-Inspectie

J.J.N. Kreuk, VROM-Inspectie regio Noord-West

G.H. ten Bolscher, DWA installatie- en energieadvies, Rijssen

J. van Ginkel, TU Delft, OTB

F. Duijm, milieuarzt, extern adviseur Milieu-gezondheid

2. INLEIDING EN VRAAGSTELLING

Aanleiding

Begin 2006 heeft de GGD Eemland van bewoners van 36 koop- en huurwoningen in Vathorst, een nieuwbouwwijk in Amersfoort, meldingen ontvangen van gezondheidsproblemen. Veel personen meldden meer dan 1 gezondheidsprobleem. De media hebben aandacht besteed aan deze zaak.

tabel 1 Aantallen bij de GGD gemelde gezondheidsklachten in Vathorst

<i>Gemelde gezondheidsproblemen</i>	<i>Aantal personen met dat probleem</i>
Verstopte neus, loopneus of verkoudheid	16
Hooikoorts	8
Piepende ademhaling, kortademigheid, of benauwdheid	14
Astma-aanvallen	7
Keelpijn	13
Vermoeide of tranende ogen	13
Irritatie van contactlenzen	4
Hoofdpijn	28
Concentratieproblemen	8
Extreme vermoeidheid	19
Doorslaapproblemen	16
Droge, jeukende, of prikkelende huid	14
Spierpijn	7

Veel van deze bewoners vermoedden dat hun gezondheidsproblemen veroorzaakt werden door het systeem van centrale gebalanceerde ventilatie. Ze zagen een zwarte aanslag rond de ventielen die lucht toevoeren en veel stof op de roosters om lucht af te zuigen, evenals op de filters voor toevoer en afvoer van lucht. Ook hadden ze last van geluidhinder en tocht als ze het systeem hoger zetten dan op de laagste stand. De woningen in het betreffende deel van Vathorst zijn maximaal 4 jaar oud.

Vathorst

De wijk Vathorst ligt ten noordoosten van Amersfoort in een vork van de A1 en de A28. Tussen 2002 en 2014 worden hier circa 11.000 woningen gebouwd. Het woningbouwprogramma voorziet in 30% sociale woningbouw. Tot en met 2005 zijn ruim 3000 woningen opgeleverd.

Meer informatie over Vathorst staat op: www.vathorst.com.

Balansventilatie

Voor een gezond binnenmilieu moet de lucht in een woning voldoende ververs worden met buitenlucht. In veel woningen wordt de binnenlucht afgevoerd door mechanische afzuiging in keuken, toilet en badkamer. De verse lucht komt binnen via rooster bovenin de ramen. Deze woningen hebben veelal ook een aantal kleine ramen om extra te ventileren. De hoeveelheid lucht die naar binnen komt, hangt mede af van de wind en de temperatuur.

Bij het afvoeren van binnenlucht gaat er in het stookseizoen veel warmte verloren. Dit verlies is voor een groot deel te voorkomen door warmte uit de afgevoerde lucht terug te winnen en over te brengen op bijvoorbeeld de toegevoerde buitenlucht. Daarvoor wordt tegelijk lucht afgezogen en ingeblazen. Dit heet gebalanceerde ventilatie. De warmteterugwinning wordt vaak aangeduid als WTW.

Er zijn op dit moment in Nederland ca. 300.000 woningen die van gebalanceerde ventilatiesystemen voorzien zijn. Per jaar worden er 50.000 nieuwe woningen gebouwd met deze voorziening. Een dergelijke installatie kan collectief worden uitgevoerd: 1 installatie voor meer woningen.

Balansventilatie met WTW wordt meestal individueel toegepast: me 1 centrale unit per woning die lucht afvoert uit b.v. keuken, toilet en badkamer, terwijl hij lucht toevoert in woonkamer en slaapkamers.

Er bestaat ook decentrale balansventilatie met WTW, met een unit ingebouwd in of achter iedere radiator. Decentrale systemen zijn pas op de markt gekomen na oplevering van de woningen in Vathorst waaruit klachten zijn gemeld. Daarom zijn decentrale systemen niet in dit onderzoek betrokken.

Waar in dit rapport sprake is van balansventilatie, gaat het om individuele centrale gebalanceerde ventilatie.

Energiebesparing

Balansventilatie is een relatieve eenvoudige en tamelijk goedkope techniek om warmteverlies bij ventilatie te verminderen. Het systeem wordt door verschillende fabrikanten geleverd. Balansventilatie wordt steeds vaker toegepast om de *energieprestatiecoëfficiënt* (EPC) van woningen te verlagen. De EPC is een relatieve maat voor de hoeveelheid energie die een gebouw nodig heeft voor verwarming en koeling. De EPC is de uitkomst van een complexe berekening volgens vastgelegde regels. Hoe lager de EPC, des te energiezuiniger het gebouw. De wettelijke norm voor de EPC van woningen is met ingang van 2006 aangescherpt van 1,0 naar 0,8. Voordien omvatte het plan Vathorst al veel woningen met een gemiddelde EPC van 0,9. 'Gemiddeld' betekent in dit verband dat per bouwblok woningen met een EPC van bijvoorbeeld 1 worden gecompenseerd door woningen met een EPC van 0,8. De vraag rees of het verlagen van de EPC heeft bijgedragen aan het ontstaan van de klachten. In de Tweede Kamer zijn in begin 2006 hierover vragen gesteld (Vietsch 2006). In april is hierop door de Staatssecretaris van VROM in een brief geantwoord (Van Geel 2006).

In de afgelopen jaren zijn vaak problemen gesignaleerd met ventilatiesystemen in woningen en specifiek met gebalanceerde ventilatie. Veel van die problemen waren te wijten aan een onjuist ontwerp, te geringe capaciteit, suboptimale materiaalkeuze en/of het niet installeren en inregelen conform de richtlijnen voor ontwerp en realisatie. Daarnaast is gebleken dat bij de bewoners veel onkunde bestaat over de installatie, speciaal over balansventilatie. Dit laatste is in dit onderzoek niet onderzocht.

Inregelen

Mechanische toevoer en afvoer van lucht in een ruimte vindt plaats via een of meer ventielen waarmee de luchtstroom ingesteld kan worden. Een verandering van de instelling van een ventiel heeft invloed op de luchtstroom via andere ventielen. Bijvoorbeeld het wijd openen van een ventiel kan de luchtstroom via andere ventielen verminderen.

Na oplevering van een mechanische ventilatie en na werkzaamheden aan de kanalen of ventielen ervan, behoort het systeem ingeregeld te worden. Dat wil zeggen dat door herhaald meten en instellen van de ventielen de luchtstromen verdeeld moet worden over de diverse ventielen.

Ventilatie en binnenmilieu

Ventileren is belangrijk om de binnenlucht te vervangen door buitenlucht. Zonder luchtverversing wordt de kwaliteit van de binnenlucht snel slechter.

Binnenlucht

In oudere woningen vindt een belangrijk deel van de luchtverversing plaats door kieren en naden. De bewoner kan die luchtstroom niet gemakkelijk beperken. Nieuwe woningen zijn luchtdicht. De luchtverversing is bijna geheel afhankelijk van de ventilatievoorzieningen en het gebruik daarvan.

Luchtverversing heeft een grote invloed op de kwaliteit van de binnenlucht omdat er binnen veel bronnen van luchtverontreiniging zijn. Een slechte luchtkwaliteit heeft een ongunstige invloed op de gezondheid.

Het binnenmilieu heeft een relatief grote invloed op de gezondheid (De Hollander 2003). De binnenlucht is meestal meer verontreinigd dan de buitenlucht. Bovendien brengen Nederlanders gemiddeld ongeveer 85% van de tijd in gebouwen door en ongeveer 70% in de eigen woning. Mensen consumeren per dag veel meer kilo's binnenlucht dan voedsel plus dranken.

Eerder onderzoek

Er is eerder in Nederland al onderzoek gedaan aan (balans)ventilatie in nieuwe woningen en gezondheidsklachten. TNO constateerde dat na het aanbrengen van kierdichting en balansventilatie in 57 woningen in Den Bosch klachten optraden: meer vieze smaak in mond,

prikkeling in neus, zere keel, vermoeidheid en piepende ademhaling. Bij rokers bestond tevens een toename van hoofdpijn en voelde de huid droger aan. Daarnaast was er een toename van hinder van geluid, tocht en temperatuurverschillen (Van Dongen 1990).

De GGD Groningen heeft metingen gedaan in 28 nieuwe woningen. De afzuigcapaciteit (zonder het corrigeren van de inregeling) was geringer dan de wettelijke eisen in 84% van de woningen. Hoe meer afzuigcapaciteit in de keuken, des te beter bleek de ventilatie in de woonkamer. Mechanische luchttoevoer vindt vaak plaats via ernstig vervuilde filters. Installaties maken veel lawaai (Meijer 2002).

Ook bij metingen in opdracht van de VROM-Inspectie in 40 nieuwbouwwoningen bleken al tijdens de oplevering de ventilatiesystemen te zwak en niet goed ingeregeld. De afzuigcapaciteit voldoet niet aan de wet in 71% van de woningen met balansventilatie en in 56% zonder balansventilatie. De toevoercapaciteit voldoet niet in 31 % van de woningen met balansventilatie en in 9% zonder (Slot 2005).

De St. HR-Ventilatie (een organisatie van fabrikanten) en de GGD's te Groningen en Rotterdam hebben met schriftelijke vragenlijsten landelijke gegevens verzameld. Uit de analyse kwam naar voren dat met balansventilatie 2 maal zoveel bewoners ontevreden zijn als zonder balansventilatie. Met balansventilatie hebben 3 maal zoveel bewoners last van geluid van hun installatie, het meest van mechanische luchttoevoer in de slaapkamer. Ook zijn er meer klachten over kookgeuren van de burens, houtkachels en verkeer in de buurt. In woningen met balansventilatie missen bewoners de mogelijkheid om een rooster of raampje open te zetten (Duijm 2006). Tevens had bij balansventilatie een hoger percentage bewoners last van vermoeide of tranende ogen, benauwdheid of piepen op de borst en vermoeidheid of concentratieproblemen. Verder geven ze voor hun gezondheid in het algemeen een lagere score dan bewoners van woningen zonder balansventilatie. Het verband tussen balansventilatie en gezondheidsklachten is nader geanalyseerd door TNO. Bij balansventilatie hebben meer mensen klachten over het binnenmilieu (o.a. droog aanvoelende lucht, stoffigheid, tocht, vocht, te warm, te veel verschillen tussen temperatuur beneden en boven in een ruimte) en bij binnenmilieuklachten hebben meer mensen gezondheidsklachten (Steenbekkers 2002).

Uit de beschikbare informatie kwam een beeld naar voren dat door regelgeving voor energiebesparing mensen komen te wonen in huizen met balansventilatie, die veel gevallen wordt aangelegd zonder aan de wettelijke eisen te voldoen, waarbij een ongunstig binnenmilieu ontstaat dat leidt tot gezondheidsproblemen, die zich uiten in klachten van slijmvliezen, luchtwegen en algemeen onwelbevinden. Dit diende als uitgangspunt voor het onderzoek.

Doelstelling

De eerste fases van het onderzoek hebben als doel te achterhalen en beschrijven waar de gemelde gezondheidsklachten aan toe zijn te schrijven en wat er aan te doen is.

Vraagstelling

Dit heeft geleid tot de volgende onderzoeksvragen:

- I. Voldoen de betreffende woningtypen aan wettelijke eisen?
- II. Wat is de kwaliteit van het binnenmilieu in deze woningen?
- III. Is er een relatie te leggen tussen de kwaliteit van het binnenmilieu en de woning met zijn technische voorzieningen?
- IV. Is er een relatie te leggen tussen de kwaliteit van het binnenmilieu en de gezondheidsklachten van de bewoners?
- V. Welke interventies zijn geschikt om het binnenmilieu te verbeteren met het oog op de gezondheid?

Bij de kenmerken van de woning en zijn technische voorzieningen gaat het vooral om de EPC en het type ventilatiesysteem.

3. OPZET VAN HET ONDERZOEK

De fasering van het onderzoek is geïnspireerd door een binnenmilieuonderzoek in Utrecht (Thuis en Hady, 1998).

Keuze van de onderzoeksgroepen

Uitgangspunt voor het onderzoek waren de 36 adressen van degenen die gezondheidsklachten gemeld hadden bij de GGD. Uit de gegevens van Bouw- en Woningtoezicht bleek dat deze woningen vrijwel allemaal (op drie na) zijn uitgerust met balansventilatie met warmteterugwinning .

Om na te gaan of dergelijke klachten minder aanwezig zijn in woningen zonder balansventilatie zijn er vergelijkbare woningen zonder balansventilatie in het onderzoek betrokken. Om na te gaan of eventuele verschillen ook te generaliseren zijn naar woningen met balansventilatie maar zonder bij de GGD gemelde klachten, zijn er ook dergelijke woningen met balansventilatie in het onderzoek opgenomen. Het streven was om binnen de steekproef evenveel woningen met als zonder balansventilatie te krijgen.

Om te voorkomen dat eventuele verschillen het gevolg zijn van andere kenmerken, zijn zoveel mogelijk woningen van dezelfde typen en bouwperiodes gekozen. Er heeft in Vathorst vrijwel uitsluitend seriematige bouw plaatsgevonden. Hoewel er een grote verscheidenheid is aan uiterlijke verschijningsvormen, zijn grote aantallen woningen bouwkundig in te delen in een aantal typen. Door meerwerk en latere verbouwingen kunnen woningen van hetzelfde type verschillen in de aanwezigheid van een uitbouw, de maat van de woonkamer, de indeling van de slaapkamers enz. Per bouwblok zijn in de woningen in hoofdzaak meestal wel dezelfde materialen en technieken toegepast. De afdeling Bouw- en Woningtoezicht van de gemeente Amersfoort leverde overzichten van bouwblokken in Vathorst met de gegevens over het type ventilatiesysteem en de EPC zoals vermeld in de aanvraag van de bouwvergunning.

Keuze van woningen met verschillende EPC

Naast de genoemde gegevens heeft Bouw- en Woningtoezicht van de geselecteerde woningtypen de Energieprestatiecoëfficiënt (EPC) aangegeven, zoals vastgelegd in de aanvraag voor de bouwvergunning. Van de te onderzoeken woningen zou volgens het projectplan 50% een EPC van 0,8 en 50% een hogere EPC-waarde moeten hebben. Het aantal woningen met een EPC van precies 0,8 blijkt echter zeer beperkt. Wel was er een aanzienlijk aantal woningen met een EPC van 0,81.

Uit overleg met Bouw- en Woningtoezicht kwam naar voren dat woningen met een van EPC 0,81 in veel gevallen een EPC van 0,8 hadden kunnen hebben als ze meer op het zuiden gericht waren. Op een andere oriëntatie staat een straffactor van 0,01. Daarom is het

afkappunt bij 0,81 gelegd in plaats van bij 0,80. Het argument is dat niet de oriëntatie, maar de bouwtechnische kenmerken van betekenis zijn voor de klachten.

Bij de betreffende woningen bleek de laagste EPC 0,75 en de hoogste 0,95. Daarom zijn in de steekproef de volgende twee EPC-categorieën gehanteerd:

- $0,74 \leq \text{EPC} \leq 0,81$;
- $0,81 < \text{EPC} \leq 0,96$.

Steekproef

Op basis van de gegevens is een stratificeerde steekproef getrokken, dat wil zeggen dat er bewoners benaderd zijn uit verschillende te onderzoeken groepen (ook wel *strata* genoemd). Er zijn 3 onderzoeksgroepen zodanig samengesteld dat ventilatiesystemen (wel of niet balansventilatie) en EPC (meer of minder dan 0,81) gelijkelijk over de totale steekproef verdeeld waren. Het ging om groepen met de volgende selectiecriteria.

- A. Alle 36 woningen van degenen die zichzelf met gezondheidsklachten bij de GGD hebben gemeld voordat het onderzoek is opgezet (verder aangeduid als '*casusgroep*'), zij hebben bijna allemaal balansventilatie.
- B. Woningen uit dezelfde bouwblokken en met hetzelfde ventilatiesysteem en dezelfde verdeling van EPC's als de casusgroep, maar dan met bewoners die zichzelf niet gemeld hebben voordat het onderzoek is opgezet (verder aangeduid als '*gematchte groep*').
- C. Woningen uit andere bouwblokken uit dezelfde periode maar zoveel mogelijk zonder balansventilatie (verder aangeduid als '*controlegroep*').

De onderzoeksgroepen B en C zijn samengesteld op basis van de genoemde criteria, niet op basis van de aanwezigheid of afwezigheid van gezondheidsklachten. De GGD leverde de namen, adressen, telefoonnummers van de casusgroep. Bouw- en Woningtoezicht leverde gegevens over het type ventilatiesysteem en EPC-waarde van de casusgroep; BWT verstreekte tevens namen, adressen, telefoonnummers, type ventilatiesysteem en EPC-waarde van ruim voldoende woningen die voldeden aan de criteria B en C. Vervolgens werden per stratum bouwblokken geselecteerd, zodanig dat binnen het stratum zo goed mogelijke ruimtelijke spreiding werd verkregen. Binnen de bouwblokken werd geloot welke adressen benaderd zouden worden, waarbij directe burens zoveel mogelijk werden vermeden om onderlinge beïnvloeding te beperken.

Bij het benaderen van de bewoners met de vraag om deel te nemen aan het onderzoek, is doorgegaan totdat er in ieder van de 3 onderzoeksgroepen een voldoende deelname was bereikt.

Telefonische enquête

Voor de telefonische enquête heeft OTB een vragenlijst opgesteld (bijlage 1). Bij het opstellen van deze lijst werd gebruik gemaakt van de Standaardvraagstelling Binnenmilieu (RIVM 2006), de lijst zoals gepubliceerd door de GGD Groningen (Meijer 2002), aangevuld met vragen die specifiek op ventilatie gericht zijn (Hasselaar 2006; Thuis 1998). De vragen behandelen de volgende thema's:

1. woningkenmerken (woningtype, bouwjaar, aantal kamers, type ventilatiesysteem, enz.);
2. gebruik van de woning (ventilatiegedrag, koken, wasdrogen, douchen, vloerbedekking, enz.);
3. leefsituatie (aantal bewoners, uren verblijf buitenshuis, roken, huisdieren, enz.);
4. klachten over gezondheid en hinder (luchtwegklachten, vermoeidheid, tocht, geluid, verkleuring van wanden, enz.);
5. tevredenheid.

De telefonische enquête is aangekondigd tijdens een voorlichtingsavond voor bewoners die gezondheidsklachten bij de GGD hadden gemeld. Een week voorafgaande aan het telefonisch benaderen is aan de bewoners een brief gestuurd waarin de enquête werd aangekondigd en toegelicht. Van de uitgekozen adressen zijn er stapsgewijs meer benaderd totdat er 100 bewoners mee wilden doen aan het woningonderzoek. Daarvoor zijn er 278 adressen benaderd. Van 137 bewoners zijn antwoorden verkregen op de enquête. De vragen over gezondheid werden gesteld over alle vaste bewoners van de woning. Daarvan hadden er 355 een leeftijd van 4 jaar of meer en 46 waren jonger dan 4 jaar. De gegevens van deze 46 jonge kinderen zijn niet verwerkt. In deze leeftijdsgroep bestaan gezondheidsproblemen bij 35% van degenen die een kinderdagverblijf bezoeken. Dit is 12% bij degenen die niet naar de kinderopvang gaan. Dit verband is statistisch significant (Cramer's $V = 0,266$; $p < 0,021$). De gegevens van 1 woningonderzoek zijn niet in alle analyses betrokken omdat een belangrijk deel van de gegevens ontbreekt. Tenzij anders vermeld zijn ook van de telefonisch geïnterviewden ook niet de gegevens gebruikt uit alle 137 woningen, maar alleen die uit de onderzochte woningen.

Woningonderzoek

DWA heeft 100 woningen onderzocht door middel van inspecties ('opnames') en metingen. Met het oog op de objectiviteit heeft DWA voorafgaand aan het woningonderzoek geen informatie gekregen over de gegevens uit de telefonische enquête, ook niet over welke adressen tot welke onderzoeksgroep behoorden. Deze blindering werd tijdens het woningonderzoek in veel gevallen teniet gedaan door mededelingen van bewoners.

Om te beginnen heeft DWA een indruk verkregen van de woningtypen door een bezoek aan de wijk en aan de hand van de beschikbare verkoopbrochures van de woningen in het betreffende deel van Vathorst. Verder was informatie beschikbaar uit de bouwaanvraag bij de gemeente.

DWA heeft in een willekeurige volgorde afspraken gemaakt met bewoners op basis van de gegevens van OTB. Vervolgens zijn de woningen op afspraak bezocht. Eerst is een kort gesprek gevoerd om hen in de gelegenheid te stellen aanvullende informatie te geven. Er is onder andere gevraagd naar klachten over het binnenmilieu, om daaraan bij het onderzoek extra aandacht te besteden.

Inspecties

De bouwkundige beoordeling van de woningen is door DWA opgesteld volgens het handboek *Gezondheidskaart*, opgesteld in opdracht van VROM (Bouwman 2004). Niet alle onderdelen van de Gezondheidskaart zijn toepasbaar op nieuwbouwwoningen. DWA heeft een selectie gemaakt van de items die relevant zijn voor de kwaliteit van het binnenmilieu. Ook zijn 2 aandachtspunten toegevoegd (G en H).

- A. Geluid
- B. Thermisch comfort: kans op tocht
- C. Luchtdichtheid van de buitenschil
- D. Vochtproblemen
- E. Factoren die invloed hebben op de luchtkwaliteit
- F. Vervuiling van het ventilatiesysteem
- G. Stand van handbediende toevoerroosters
- H. Verwisseling van toe- en/of afvoerroosters

Om deze aspecten in beeld te brengen, is per woning een inspectie ('opname') uitgevoerd, waarbij waarnemingen zijn gedaan aan een reeks indicatoren. Deze indicatoren worden geacht een voorspellende waarde te hebben voor de kwaliteit van het binnenmilieu. Een overzicht van de onderzochte indicatoren staat in het hoofdstuk *Methode en technieken*.

Metingen

Aanvullend aan de inspectie zijn in de woningen metingen uitgevoerd, gericht op de volgende aspecten van de kwaliteit van het binnenmilieu.

1. Geluidniveau in de woonkamer en de belangrijkste slaapkamer, veroorzaakt door installaties in de eigen woning, door contact via de bouwconstructie of door externe bronnen.
2. Luchtverversing in de woonkamer en de belangrijkste slaapkamer: capaciteit van de mechanische toevoer en afvoer in de hoogste stand van de ventilator; regelbaarheid; plaats van de opening en verdunningsfactor. Dit alles ter vergelijking met de voorschriften in het Bouwbesluit. Daarnaast de luchtstroom bij de andere ventilatorstanden.
3. CO₂-concentratie in de woonkamer en de belangrijkste slaapkamer.
4. Luchttemperatuur in de woonkamer en de belangrijkste slaapkamer en relatieve luchtvochtigheid in de woonkamer en de belangrijkste slaapkamer.
5. Luchtsnelheid en turbulentie van lucht in de woonkamer en de belangrijkste slaapkamer. Turbulentie betreft veranderlijkheid van lage luchtsnelheden. Turbulentie kan een oorzaak zijn van tochtklachten.

6. Concentratie formaldehyde in de woonkamer. Een te hoge concentratie formaldehyde kan een oorzaak zijn van slijmvliesklachten en hoofdpijn
Concentraties vluchtige organische stoffen (VOS) in de woonkamer. Een te hoge concentratie VOS kan een oorzaak zijn van slijmvliesklachten en vermoeidheid.

Meting 3, 4 en 6 zijn uitgevoerd door gedurende minimaal een week in alle woningen te monitoren in de woonruimte. Meting 3 en 4 zijn ook gedaan in het belangrijkste slaapvertrek. De overige metingen zijn gedaan tijdens het opnemen van de woning. Nadere informatie over de metingen staat in het hoofdstuk *Methoden en technieken*.

Analyses

De gegevens afkomstig van Bouw- en Woningtoezicht, van de telefonische enquête en van het woningonderzoek zijn in 1 bestand ondergebracht en geanalyseerd. DWA heeft een deel van de uitkomsten getoetst aan het Bouwbesluit en de vergunde situatie bij verlening van de bouwvergunning, voorzover dit vast te stellen was op basis van de uitgevoerde inspecties en metingen. OTB heeft de overige uitkomsten statistisch geanalyseerd. De resultaten zijn besproken in de commissie die in het voorwoord genoemd is. Daarna zijn door OTB aanvullende analyses uitgevoerd. De gebruikte methoden en technieken zijn nader omschreven in het hoofdstuk *Weergave en statistiek*.

Keuzes

De verschillende bronnen van gegevens leveren in sommige gevallen tegenstrijdige informatie over de eigenschappen van de woning. De gegevens van Bouw- en Woningtoezicht zijn gebaseerd op de bouwvergunning en zijn soms niet actueel doordat tijdens de bouw is afgeweken van de vergunning of doordat de eigenaar of bewoner naderhand wijzigingen heeft aangebracht. Bouwtechnische kenmerken en binnenmilieu-indicatoren zijn daarom in de eerste plaats gebaseerd op de waarnemingen door DWA. De EPC-waarden zijn wel ontleend aan gegevens van Bouw- en Woningtoezicht.

4. METHODEN EN TECHNIEKEN VAN DIT ONDERZOEK

Telefonische enquête

De telefonische enquête is uitgevoerd door 3 medewerkers van OTB na training door en onder supervisie van de betrokken OTB-onderzoeker. Uit een lijst van geselecteerde adressen met telefoonnummers is gekozen door aselechte trekking binnen de betreffende onderzoeksgroep (stratum).

Binnen een stratum zijn nummers in willekeurige volgorde gebeld. Eenmaal gebeld, werd het bellen tot 5 maal herhaald totdat een gesprek werd gevoerd. Gevraagd is om deelname van een op dat moment aanwezige volwassene die permanent op het adres woont.

Dit is herhaald totdat het vooraf bepaalde aantal respondenten binnen het stratum werd gehaald.

Het doornemen van de vragenlijst duurde ongeveer 40 minuten. Antwoorden op vragen zijn meteen ingevoerd in SPSS-database

Woningonderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd door 4 medewerkers van DWA. Kwaliteitsborging heeft plaats gevonden door toezicht van een senior onderzoeker.

Inspectie

Het onderzoek omvat een honderdtal woningen en van elke woning is een bouwkundige beoordeling opgesteld. Deze beoordeling is gebaseerd op de Gezondheidskaart (Bouwman 2004). De Gezondheidskaart is een hulpmiddel, waarmee de technische kwaliteit van gebouwen op uniforme wijze kan worden vastgelegd, beoordeeld en gepresenteerd. De Gezondheidskaart is onderverdeeld in: kwaliteitsaspecten, deelaspecten en indicatoren. Kwaliteitsaspecten zijn bijvoorbeeld: thermisch comfort, geluid en luchtkwaliteit. Een deelaspect van bijvoorbeeld luchtkwaliteit is de luchtverversing van ruimten. De waardering van dit deelaspect gebeurt aan de hand van de indicator ventilatiecapaciteit.

A. Visuele beoordeling of er problemen te verwachten zijn wat betreft geluidisolatie tussen woningen onderling. Geluid van de eigen installatie: zie onder *Metingen*.

B. Thermisch comfort (c.q. tocht) met als indicatoren:

- ventilatierooster: handbediend, of geregeld door winddruk of sensor;
- ventilatierooster: hoogte boven de vloer;
- ventilatiesysteem: balansventilatie of luchttoevoer via roosters
- kaderdichting van raamkozijnen;
- bouwsysteem: beton, metselwerk of houtskeletbouw
- glasoppervlak beneden en boven;

- verwarmingssysteem: ketel, stadsverwarming, enz., in combinatie met afgiftesysteem, zoals radiatoren, vloerverwarming of luchtverwarming
- isolatie vloer, gevel en dak.

C. Luchtdichtheid van de buitenschil van de woning. Metingen hiervan zijn bezwaarlijk voor de bewoners. Dit kan een negatief effect hebben op de bereidheid tot deelname aan het onderzoek. Bovendien leveren dergelijke metingen zelden relevante informatie tenzij bij een inspectie al vermoed wordt dat er iets mis is.

In afwijking van de Gezondheidskaart is de luchtdichtheid van de buitenschil daarom niet bepaald met metingen. Om de luchtdoorlatendheid te schatten zijn relevante indicatoren visueel beoordeeld. Ter verificatie van de conclusies van de inspectie zijn in 2 woningen metingen verricht. Omdat de woningen seriematig gebouwd zijn, worden er geen grote onderlinge verschillen verwacht tussen woningen uit een serie.

D. Kansen op schimmel en mijten met als indicatoren: vochtplekken, koudebruggen, kruipluik en type begane-grondvloer: luchtdichtheid en warmteweerstand.

E. Luchtkwaliteit in de woningen met de indicatoren:

- intensiteit van verkeer;
- emissies van bouwmaterialen, luchtdoorlatendheid van de begane-grondvloer;
- luchtverversing van ruimten: ventilatiecapaciteit, spuivoorzieningen, luchtdoorlatendheid van de buitenschil van de woning;
- afstand buiten tussen afvoeren en toevoeren, kans op terugslag van verbrandingsgassen;
- regelbaarheid ventilatievoorzieningen.

F. Vervuiling ventilatiesysteem; hierbij worden de volgende aspecten gekwalificeerd:

- kwaliteit van de luchtfilters en vervuiling inblaasventielen bij gebalanceerde ventilatie;
- vervuiling afzuigventielen;
- vervuiling van de roosters in de ramen bij systemen met toevoer via roosters;
- indien mogelijk: vervuiling toevoer- en afvoerkanal bij de balansventilatie-unit.

G. Stand van handbediende toevoerroosters. Dit wordt genoteerd bij zowel het eerste bezoek als het tweede bezoek, omdat de aangetroffen stand waarschijnlijk de meest gebruikte stand is.

H. Verwisseling van toe- en/of afvoerroosters: visuele controle, omdat de ervaring leert dat mensen bepaalde typen roosters reinigen in bijvoorbeeld een sopje en ze vervolgens soms op onjuiste wijze terugplaatsen (rooster van woonkamer in de slaapkamer en vice versa).

Bij elk huisbezoek zijn de bouwkundige aspecten en indicatoren als volgt onderzocht. Er is steeds per verdieping een plattegrond gemaakt, waarop belangrijke informatie is aangegeven, zoals de locaties van inblaas- en afzuigventielen en deuren. In gevallen waar tocht werd gemeld is ook de plaats van zitmeubelen opgetekend in de plattegrond. Tevens zijn opvallende observaties genoteerd.

Tijdens het huisbezoek fungeert de plattegrond als checklist voor de uit te voeren metingen.

De plattegrond bevat namelijk een schema voor het invullen van meetwaarden van het geluidsniveau per ventiel en de ventilatiecapaciteit per ventilatiestand. De plattegrond is ook bedoeld als naslagwerk bij de verwerking van de opnamedata.

De ventilatiecapaciteit van roosters en ramen is berekend conform NEN 1087. Daartoe zijn voor de woningen met toevoer via roosters zoveel mogelijk de technische gegevens van de daar gebruikte roosters achterhaald.

Metingen

DWA heeft metingen uitgevoerd tussen november 2006 en april 2007. De metingen waren gericht op de volgende aspecten van de binnenmilieukwaliteit.

1. geluid
2. capaciteit van de mechanische ventilatie
3. CO₂-concentratie
4. luchttemperatuur en luchtvochtigheid
5. luchtsnelheid en veranderlijkheid, en op basis daarvan de kans op tochtthinder.
6. formaldehyde en VOS

1. Meting geluid

Het geluidniveau van de eigen ventilatie en verwarming is in de woonkamer en meest gebruikte slaapkamer gemeten in alle drie standen van de mechanische ventilatie. In elke woning is het geluidniveau gemeten op 5 ver van elkaar gekozen posities in de woonkamer en in de hoofdslaapkamer. Van de 5 waarden is het gemiddelde berekend en gebruikt als gegeven voor de betreffende ruimte.

Volgens het Bouwbesluit zijn in een woning geluidniveaus tot 30 dB(A) toegestaan als ze afkomstig zijn van installaties buiten de woning. Het Bouwbesluit stelt echter geen eis aan het geluidniveau afkomstig van installaties in de eigen woning.

NEN 1070 (1999) geeft een spectrum van niet-wettelijke toetswaarden voor kwaliteitsniveaus voor de sterkte van geluid van o.a. ventilatiesystemen en verwarmingsinstallaties. In het algemeen worden geluidsniveaus onder 30 dB(A) als "zeer goed" aangemerkt en geluidsniveaus tot 35 dB(A) als "redelijk acceptabel". Boven 35 dB(A) kan zich hinder voordoen, zoals verstoring van de nachtrust. In de huidige bouwpraktijk kan het geluidniveau van installaties binnen een nieuwe woning beperkt blijven tot 30 dB(A) volgens NEN 1070.

2. Meting capaciteit van de mechanische ventilatie

Met uitzondering van ventielen op onbereikbare plaatsen, is bij elk ventiel gemeten hoeveel lucht er doorheen gaat wanneer het ventilatiesysteem in de hoogste stand staat. Deze

luchtstroom is het maximale debiet van dat ventiel in de instelling waarin dat ventiel is aangetroffen.

Als een ventiel werd aangetroffen dat verkeerd was ingesteld, bijvoorbeeld geheel gesloten, dan is dat gecorrigeerd. Vervolgens is dan opnieuw de luchtstroom bepaald. De laatste uitkomst is niet verwerkt in de analyses.

In de woonkamer en in de hoofdslaapkamer is tevens de luchtstroom gemeten van de ventielen in midden- en in laagstand. In de meeste gevallen bevond de keuken zich in hetzelfde verblijfsgebied als de woonkamer; daarom zijn ook de ventielen in deze ruimte in alle standen gemeten.

De luchtstromen zijn conform NEN 1087 gemeten met een anemometer. Dit is een eenvoudig apparaat, waarmee de snelheid van een luchtstroom kan worden gemeten. De onnauwkeurigheid van dit meetinstrument wordt beïnvloed door de weerstand die de luchtstroom in het meetapparaat ondervindt. Uit onderzoek is gebleken dat dit voor zowel inblaas- als afzuigventielen het meest nauwkeurig te compenseren valt met de zogenaamde nuldrukmethode. Nuldrukcompensatie houdt in dat de weerstand van het meetapparaat door een ventilator wordt gecompenseerd. Daarom is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een FlowFinder; dit apparaat werkt met nuldrukcompensatie.



De ventilatiecapaciteit die het Bouwbesluit voorschrijft voor nieuwe woningen, hangt af van het vloeroppervlak (art 3.48). Het voorschrift gaat ervan uit dat het niet wenselijk is dat de CO₂-concentratie hoger wordt dan 1200 ppm. Daarvoor is het nodig per persoon minimaal 7 dm³/s lucht te verversen. Het Bouwbesluit eist voor kleine verblijfsruimten een absolute ondergrens van 7 dm³/s. De ventilatie-eisen van het Bouwbesluit staan beschreven in een praktijkgids (Valk 2005). Tijdens de vergunningverlening en de bouw moet voldaan worden aan de nieuwbouweisen die op dat moment gelden volgens het Bouwbesluit.

Daarna kan men er vanuit gaan dat gebouwen niet in kwaliteit mogen verminderen tot onder het niveau waarop de bouwvergunning is verleend. Dit 'rechtens verkregen niveau' kan een maatstaf zijn voor het treffen van voorzieningen. Om een eigenaar te verplichten aan het rechtens verkregen niveau te voldoen, vereist echter ook dat gemotiveerd wordt waarom dat niveau noodzakelijk is voor bijvoorbeeld de gezondheid.

3. Meting CO₂-concentratie,

In de onderzochte woningen zijn CO₂-loggers geplaatst op een hoogte van 0,6 tot 1,5 meter op een kast in de woonkamer en in de slaapkamer van de hoofdbewoner. Deze zelfregistrerende en zelfijkende meetapparaten van het type Telaire werken met infrarood-detectie.

De metingen hebben plaatsgevonden gedurende een week. In woningen zijn geen CO₂-concentraties te verwachten die op zich de gezondheid aantasten, maar een relatief hoog gehalte vormt een indicatie van een tekortschietende luchtverversing tijdens de aanwezigheid

van bewoners. Zij ademen CO₂ uit. Bij een goede ventilatie is de verhoging van de CO₂-concentratie van de binnenlucht beperkt ten opzichte van de concentratie in de buitenlucht. Als referentie heeft DWA af en toe CO₂-concentratie van de buitenlucht in het onderzoeksgebied gemeten. De gehalten lagen buiten tussen 500 en 700 ppm. In een ruimte waarin geen personen aanwezig zijn, is de CO₂-concentratie geen adequate indicator voor de luchtkwaliteit. Weliswaar leidt een slechte luchtkwaliteit op dat moment niet tot riskante blootstelling, maar diverse verontreinigingen nemen in concentratie toe bij een geringe ventilatie. Iemand die daarna de betreffende ruimte betreedt, wordt wel hoog blootgesteld terwijl de CO₂-concentratie laag is.

4. Meting luchttemperatuur en luchtvochtigheid,

De CO₂-loggers registreren ook de luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid. De relatieve luchtvochtigheid is een grootte die aangeeft in welke mate de lucht verzadigd is met waterdamp. Als de relatieve luchtvochtigheid 100% is, kan de lucht niet meer waterdamp opnemen zonder dat condensatie optreedt. Een lage relatieve luchtvochtigheid kan bijdragen aan een droog gevoel en slijmvliesklachten door een geringe luchtverversing.

De behaaglijkheid van het binnenklimaat hangt sterk af van de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid. Een maat voor de kans dat men zich comfortabel voelt is het *thermisch comfort*. Om het thermische comfort te schatten, is gebruik gemaakt van de criteria in NEN-EN-ISO 7730 (NNI 2005). De criteria zijn eigenlijk bedoeld voor werknemers in een kantoor situatie. Er is geen goed onderbouwde norm voor temperatuur en vochtigheid in woningen.

5. Meting kans op tochtklachten

Tocht is een subjectief begrip en is daarom niet te meten. In kantoor situaties kan op basis van bepaalde factoren redelijk worden voorspeld hoeveel procent van de werknemers tochtklachten hebben; dit is de '*draught rating*' (DR). Die factoren zijn temperatuur, gemiddelde luchtsnelheid en veranderingen in de luchtsnelheid (Fanger 1988). Een *draught rating* tot 10% is als acceptabel te beschouwen volgens het ISSO handboek installatietechniek. Voor woningen is niet precies bekend bij welke omstandigheden tochtklachten optreden. Het is aannemelijk dat ook daar luchttemperatuur en luchtbeweging de belangrijkste factoren zijn. Daarom wordt voor woningen vaak gebruik gemaakt van dezelfde uitgangspunten als in kantoor situaties.

In de onderzochte woningen zijn de genoemde factoren gemeten. Hierbij zijn gemiddelde waarden over een periode van 3 minuten vastgelegd. Hiermee is als volgt de *draught rating* berekend, overeenkomstig NEN-EN-ISO 7730 (NNI 2005)

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot v \cdot T_u + 3,14) \quad 1$$

- DR = het percentage ontevreden;
- t_a = de luchttemperatuur [in °C]

- v = de plaatselijke gemiddelde luchtsnelheid [in m/s]
- T_u = de plaatselijke turbulentie-intensiteit [in %], gedefinieerd als de verhouding van de standaarddeviatie van de lokale luchtsnelheid en de lokale gemiddelde snelheid.

6. Meting formaldehyde en VOS

Metingen van de concentraties van formaldehyde en vluchtige organische stoffen (VOS) zijn uitgevoerd door een badge-vormige passieve sampler van het merk SKC, type UMEX-100 (formaldehyde) en 3M type 3500 (VOS) gedurende een week open te stellen in de woonkamer tussen 1,8 en 2,3meter hoogte op een plaats met voldoende luchtbeweging, maar niet vlakbij een ventilatieopening. Na een week zijn de absorptie-badges afgesloten en bij 7 graden bewaard en binnen 5 dagen met GC-MS geanalyseerd door RPS Analyse te Hoogeveen. De gecertificeerde meetrapporten liggen ter inzage bij de GGD Eemland.

Formaldehyde is o.a. afkomstig van houtproducten zoals spaanplaat, verbranding en chemische reacties van geurstoffen met ozon. Formaldehyde kan klachten van slijmvliezen en huid veroorzaken, evenals hoofdpijn e.d.

VOS zijn o.a. afkomstig van oplosmiddelen, lijmen, verven en van kunststoffen in vloerbedekking, enz. VOS kan o.a. bijdragen aan slijmvliesklachten en onwelbevinden.

5. WEERGAVE EN STATISTIEK

Frequentie

Eerst is de frequentie van de gegevens uit de telefonische enquête en van het woningonderzoek vastgelegd, uitgesplitst in de 3 onderzoeksgroepen. De resultaten worden voor een groot deel gepresenteerd in de vorm van kruistabellen. Daarin worden per rij en per kolom totalen van de betreffende variabele weergegeven. Het komt voor dat het totaal van dezelfde variabele verschilt per tabel. De oorzaak daarvan is gelegen in ontbrekende waarnemingen of ongelijke aantallen waarnemingen per variabele. Zo kunnen antwoorden op enquêtevragen ontbreken omdat de geïnterviewde het antwoord niet weet of niet wil zeggen. Bij metingen kunnen waarden ontbreken doordat bijvoorbeeld een meting niet uitgevoerd kan worden (zoals in gevallen dat een ventiel vlak boven een keukenkastje zit, waardoor de meetapparatuur niet goed kan worden geplaatst). Voor het berekenen van verbanden tellen alleen de woningen mee waarin beide variabelen bekend zijn. Het totaal aantal waarnemingen van een bepaalde variabele in een kruistabel hangt dus mede af van het aantal waarnemingen van de andere variabele in dezelfde kruistabel.

Voor leesbaarheid zijn alleen de relevante gegevens in de tekst van het rapport opgenomen. De meeste tabellen staan in aparte bijlagen. Daar zijn ze ingedeeld naar de volgende onderwerpen.

- A. Algemene woningkenmerken
- B. Leefsituatie
- C. Woongedrag
- D. Ventilatiegedrag
- E. Comfortklachten
- F. Gezondheidsklachten
- G. Binnenmilieu parameters
- H. Inspectie
- I. Metingen
- J. Resultaten: statistisch significante verbanden van comfortklachten en type ventilatiesysteem
- K. Resultaten: statistisch significante verbanden van gezondheidsklachten en type ventilatiesysteem

Statistische toetsing

Statistische bewerkingen zijn door OTB uitgevoerd met SPSS-software.

De keuze van de statistische tests hangt mede af van de aard van de meetchaal van de variabelen. Veel variabelen in dit onderzoek zijn van nominale aard (bijvoorbeeld de energiebron voor koken is gas of elektra). Andere variabelen zijn continu numeriek (zoals geluidniveau, DR-waarden en luchtstroom). Sommige variabelen zijn dichotoom van aard (met als uitkomst bijvoorbeeld ja of nee).

Wat betreft statistische tests staan twee categorieën ter beschikking, namelijk parametrische en non-parametrische tests. Voorwaarden om een non-parametrische test te gebruiken zijn de volgende.

1. De scores bevinden zich op ten hoogste een nominale of ordinale schaal.
2. De scores zijn kwalitatief, of kwantitatief en mogen discreet of continue zijn.
3. De scoreverdeling is (vermoedelijk) niet-normaal verdeeld (non-Gaussian).
4. Er zijn per testgroep hoogstens 3 tot 12 scores aanwezig.

In dit onderzoek zijn non-parametrische tests gebruikt omdat:

- Het aantal waarnemingen beperkt is;
- De scores vaak in een nominale schaal zijn uitgedrukt;
- De scores vrijwel altijd scheef verdeeld zijn

Overigens was een gering aantal scores per cel (minder dan 3) meestal de belangrijkste reden dat verbanden niet toetsbaar waren.

De presentatie van resultaten vindt overwegend plaats in de vorm van kruistabellen. Om praktische redenen is bij het analyseren van de resultaten de Cramer's V test gebruikt, tenzij anders vermeld is. Deze test geeft informatie over de sterkte van de samenhang, in tegenstelling tot de chikwadraat-test die alleen informatie geeft over de significantie. De waarde van V ligt tussen 0 en 1; $V = 0$ betekent geen samenhang en $V = 1$ betekent een volledige samenhang. Cramers V-test is geschikt voor nominale categorieën, maar niet voor variabelen met ordinale meetschalen (Buijs 2005). Bovendien is deze test bruikbaar als de kruistabel meer velden heeft dan 2×2 .

Na vaststelling van statistisch significante verbanden tussen gezondheidsklachten en binnenmilieuparameters/woningkenmerken zijn odds ratio's (OR) bepaald door logistische regressieanalyse. Daarbij zijn meerdere verklarende variabelen in onderling verband getoetst. Deze OR-waarde geeft de relatieve toename van de klachten bij aanwezigheid van de betreffende binnenmilieu-conditie ten opzichte van het aantal klachten wanneer de betreffende conditie niet geldt of afwezig is. Voor toepassing van logistische regressie geldt als voorwaarde dat de afhankelijke variabele (in dit geval de gezondheidsklacht) dichotoom is; dat wil zeggen: komt de klacht in de betreffende woning voor of niet.

De *statistisch niet-significante verbanden* worden over het algemeen niet in het rapport vermeld. Ook niet vermeld zijn verbanden tussen gezondheidsklachten onderling, tussen comfortklachten onderling en tussen woningkenmerken en binnenmilieu parameters onderling. Zo bestaat uiteraard een sterk verband tussen bijvoorbeeld neusklachten en verkoudheid. Dergelijke verbanden worden niet besproken omdat ze niet relevant zijn voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag.

6. UITKOMSTEN

Er zijn veel gegevens verzameld. In de bijlagen staat een volledige weergave. In hoofdstuk 6 staan alleen de opvallende uitkomsten en de uitkomsten die van belang zijn voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen.

Voor de overzichtelijkheid zijn de uitkomsten ingedeeld in 8 hoofdstukken.

6.2 en 6.3 bevatten gegevens uit de telefonische enquête. 6.4 bevat gegevens uit het woningonderzoek. De andere hoofdstukken bevatten gecombineerde gegevens.

6.5 is gericht op de vraag of de woningen voldoen aan de wettelijke eisen. 6.6, 6.7 en 6.8 bevatten de uitkomsten van de statistische analyse.

Een consequentie van deze indeling is dat sommige onderwerpen in meer dan één deelhoofdstuk voorkomen, bijvoorbeeld hinder van geluid, gemeten geluid, en samenhang tussen type ventilatiesysteem en geluid.

In de eerste drie deelhoofdstukken zijn de gegevens vooral per onderzoeksgroep uitgesplitst. In de andere deelhoofdstukken zijn ze uitgesplitst naar ventilatiesysteem.

- 6.1 Kenmerken van de onderzochte woningen en bewoners
- 6.2 Gezondheidsproblemen
- 6.3 Woongedrag en tevredenheid
- 6.4 Binnenmilieu: inspectie en metingen
- 6.5 Conformiteit van de huidige situatie
- 6.6 Samenhang woningkenmerken ~ binnenmilieu
- 6.7 Samenhang woningkenmerken ~ gezondheid
- 6.8 Samenhang binnenmilieukwaliteit ~ gezondheid

6.1. KENMERKEN VAN DE ONDERZOCHE WONINGEN EN BEWONERS

In dit hoofdstuk is beschreven wat de eigenschappen zijn van de onderzochte woningen en bewoners en of er onderling verschillen bestaan tussen de drie groepen (strata) waaruit de steekproef is opgebouwd. In de paragraaf *Steekproef* van het hoofdstuk *Opzet van het onderzoek* is de selectie beschreven van onderzoeksgroepen: casusgroep, gematchte groep en controlegroep.

Respons

Voor de enquête zijn in het totaal 278 adressen telefonisch benaderd. Bij 137 is een telefonische vragenlijst ingevuld. De respons komt daarmee op 49% en de non-respons op 51%. De meest voorkomende redenen om niet mee te doen waren: geen interesse, doet nooit mee aan telefonische enquêtes, andere bezigheden. Het is niet bekend of de woningen van de responders verschillen van die van de non-responders omdat van de laatsten geen betrouwbare gegevens verzameld konden worden.

Er zijn in 100 woningen inspecties en metingen uitgevoerd waarvan bij 99 ook een bruikbare telefonische vragenlijst beschikbaar is. Deze 99 woningen hebben 278 bewoners van 4 jaar en ouder.

Van de 36 bewoners die zich aanvankelijk bij de GGD hadden gemeld met gezondheidsklachten, hebben er 25 deelgenomen aan het onderzoek.

Algemene kenmerken van woningen en bewoning

De uitkomsten van de enquête zijn weergegeven in bijlage 2; de gegevens over de woningen en de bewoning staan in tabellen in deel A daarvan.

- 67% zijn koopwoningen en 33 % huurwoningen (tabel A3).
- 97% zijn eengezinswoning en 3% is een flatwoning (tabel A4).
- Van de eengezinswoningen is 65% van het type “tussenwoning”, met veel lagere percentages hoekwoningen, twee-onder-een-kap en vrijstaande woningen (tabel A5).
- 5% heeft een open keuken (tabel B4).
- 58% van de woningen heeft 2 tot 4 kamers; 42% meer dan 4 kamers (tabel B2)
- 84% heeft 2, 3 of 4 bewoners. (tabel B1).
- Het gemiddelde aantal bewoners is 2,9 per huis.
- 50% van de woningen is korter dan 2,75 jaar bewoond; 50% langer dan 2,75 jaar (tabel A1).
- 98% van de woningen wordt bewoond door de eerste bewoner (tabel A2).

De woningen in de controlegroep zijn gemiddeld circa 1 jaar jonger dan in de beide andere groepen (bijlage A). De controlegroep bevat 72% koopwoningen tegen gemiddeld 60% in beide andere groepen. Verder zijn er geen significante verschillen in woningkenmerken tussen de onderzoeksgroepen.

Karakteristieken van bewoners

In bijlage 2 deel B staan de uitkomsten van de enquête die betrekking hebben op de bewoners. De steekproef heeft de volgende algemene kenmerken.

- 7% alleengaanden en 27% tweepersoonshuishoudens zonder kinderen, 65% gezinnen met 2 ouders en 1 of meer kinderen; 1% éénouder gezinnen (tabel B5).
- De gemiddelde leeftijd van de hoofdbewoner(s) is 37 jaar (jongste 23 en oudste 69 jaar); 6% is ouder dan 55 jaar (tabel B6, B7 en B8)
- In 32% van de woningen woont 1 kind jonger dan 4 jaar; in 3% wonen er 2 kinderen uit die leeftijdsgroep (tabel B8)
- 55% van de woningen heeft een bewoner ouder dan 55 jaar (tabel B10).

Er zijn weinig verschillen in karakteristieken tussen de onderzoeksgroepen onderling. De controlegroep bevat iets meer tweepersoonshuishoudens dan de andere groepen. De geïnterviewden van de casusgroep zijn wat vaker weinig uren van huis en hun partner is minder vaak lang van huis. Deze verschillen zijn echter niet significant.

De modale woonsituatie in de steekproef is dus een tussenwoning met vier kamers, bewoond door echtpaar tussen de dertig en veertig jaar oud met 1 of 2 kinderen.

Sociaal-economische status

Het is bekend dat in het algemeen een sterke relatie bestaat tussen sociaal-economische status (SES) en gezondheid. Daarom moet worden nagegaan of verschillen in gezondheid het gevolg zijn van verschillen in (SES). In dit onderzoek is niet naar het gezinsinkomen gevraagd. Wel zijn gegevens verzameld over woningtype en aantal kamers per woning en eigendom: huur of koop. Deze parameters zijn te beschouwen als indicatie voor de SES van de bewoners. Er is nagegaan of er een statistisch verband is tussen deze parameters en gezondheidsklachten. Dergelijke verbanden bleken niet aanwezig te zijn. Dit is mogelijk te verklaren door de relatief geringe verschillen in welstand tussen de bewoners van de onderzochte woningen. Het betekent dat er in de steekproef waarschijnlijk geen verschillen in SES bestaan die een aanzienlijke invloed hebben op de gezondheid.

Balansventilatie

Van de 100 onderzochte woningen hebben er 52 een gebalanceerde ventilatie en 48 een mechanische afzuiging met luchttoevoer via roosters (tabel 2). De verdeling over de 3 groepen waaruit de steekproef is opgebouwd, blijkt dus te zijn zoals hij bedoeld was. Zowel de casusgroep als de gematchte groep bevat vooral woningen met balansventilatie (88% resp. 89%) terwijl de woningen in de controlegroep vooral toevoer via roosters hebben (88%). Bij sommige deelnemers bleek bij het woningonderzoek een ander ventilatiesysteem aanwezig dan ze zelf dachten. Dit was onder andere het geval in de 3 woningen met balansventilatie in de casusgroep.

tabel 2 Verdeling van typen ventilatiesystemen over de onderzoeksgroepen

Ventilatiesysteem (naar DWA)		Stratum			totaal
		casus	gematcht	controle	
Toevoer via roosters	aantal	3	3	42	48
	% in stratum	12,0%	11,5%	87,5%	48,5%
Balansventilatie	aantal	22	23	6	51
	% in stratum	88,0%	88,5%	12,5%	51,5%
Totaal	aantal	25	26	48	99
	% in stratum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

EPC

De verdeling van de waarden van de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) over de woningen in de steekproef benadert goed de streefverhouding van fifty-fifty. 46% heeft een EPC tussen 0,74 en 0,81; 54% en EPC tussen 0,81 en 0,96.

De EPC-waarden zijn gelijkmatig verdeeld over de groepen waaruit de steekproef is opgebouwd (tabel 3).

tabel 3 EPC-klasse per onderzoeksgroep

EPC (naar BWT)		Stratum			totaal
		casus	gematcht	controle	
EPC ≤ 0,81	aantal	9	14	22	45
	% in Stratum	39,1%	53,8%	45,8%	46,4%
EPC > 0,81	aantal	14	12	26	52
	% in Stratum	60,9%	46,2%	54,2%	53,6%
Totaal	aantal	23	26	48	97
	% in Stratum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Andere kenmerken van de woningen

De meeste kenmerken die zijn vastgelegd in het woningonderzoek, vertonen geen significante verschillen tussen de 3 onderzoeksgroepen onderling. Bijvoorbeeld de indicator voor tochtklachten (kaderdichting van ramen en deuren) uit de Gezondheidskaart toont geen verband met de onderzoeksgroepen.

De geluidniveaus gemeten in de woonkamer en grootste slaapkamer tonen wel verschillen tussen de onderzoeksgroepen. In stand 3 is het geluidniveau in de casusgroep vaker hoog, bijvoorbeeld in de slaapkamer significant vaker hoger dan 35 dB(A) met Cramer's $V = 0,357$ en $P < 0,003$ (tabel G6 in deel G van bijlage 2). Dit is het gevolg van het hoger percentage woningen met balansventilatie in de casusgroep; dit is uitgewerkt in hoofdstuk 6.3.

In de controlewoningen is wat minder vocht/schimmel geconstateerd, maar het verschil is in deze steekproef niet significant. Hetzelfde geldt ten aanzien van het percentage van de tijd dat de CO₂-concentratie in de lucht hoger is dan 700 resp. 1200 ppm.

Het voorspelde percentage personen met tochtklachten, zoals berekend op basis van gemeten luchtsnelheden, temperaturen en turbulentiegraden, geeft evenmin significante verschillen te zien tussen de strata of kon niet worden getoetst wegens een te laag aantal waarnemingen per cel.

Locatie

De onderzochte woningen liggen in het noordwestelijke deel van de wijk Vathorst tussen de Bergenboulevard en de Laakboulevard in de deelgebieden de Velden en Het Lint. De betreffende woningen liggen aan straten met alleen bestemmingsverkeer. Deze woningen liggen ongeveer 0,5 tot 1,5 km ten noordoosten van de A1 en ongeveer 1 tot 2 km ten westen van de A28. De meeste van de bij de GGD gemelde klachten komen uit de omgeving van de A1.

6.2. GEZONDHEIDSPROBLEMEN

In de telefonische enquête is aan de geïnterviewden gevraagd een oordeel te geven over de eigen gezondheid in het algemeen. 12% van de geënquêteerde personen vindt de eigen gezondheid in het algemeen erg goed of uitstekend. In de casusgroep is dit 0%, in de gematchte groep 12% en in de controlegroep 19%. Dit verschil is statistisch significant (Cramer's $V = 0,266$; $P < 0,13$). Dit is een direct gevolg van de opbouw van de steekproef. Het bevestigt dat de opzet geslaagd is.

In de enquête is per bewoner naar gezondheidsproblemen gevraagd. Bij iedere klacht is gevraagd of deze in ernst afnam of verdween tijdens verblijf buitenshuis, vakanties e.d. Klachten die niet afnamen zijn buiten de analyses gehouden. De wel geanalyseerde klachten zijn te beschouwen als woninggebonden.

Astma is alleen genoteerd als de bewoner zegt dat een arts deze diagnose heeft gesteld en dat het medicijngebruik sinds het verblijf in de woning is toegenomen. De overige vermeldingen van astma blijven buiten beschouwing.

Telkens wakker worden door een baby of een andere niet-woninggebonden factor, is niet genoteerd als een doorslaapprobleem, omdat dit in de context van dit onderzoek niet van belang is.

In tabel 4 is weergegeven in hoeveel procent van de woningen tenminste 1 van de bewoners een gezondheidsprobleem heeft dat genoemd is in de telefonische vragenlijst. De percentages lijken hoog. Dat komt mede doordat niet alleen de gezondheidsproblemen van de geënquêteerde persoon meetellen maar ook van de gezinsleden.

tabel 4 Percentage woningen met tenminste 1 bewoner met een gezondheidsprobleem

<i>Gezondheidsproblemen</i>	<i>casus</i>	<i>gematcht</i>	<i>controle</i>	<i>totaal</i>
Verstopte neus, loopneus of verkoudheid	29	22	12	19
Hooikoorts	24	23	8	16
Piepende ademhaling, kortademigheid, benauwdheid	29	17	8	15
Astma-aanvallen	20	15	0	9
Keelpijn	44	15	8	19
Vermoeide of tranende ogen	48	31	15	27
Irritatie van contactlenzen	8	4	4	5
Hoofdpijn	52	27	13	26
Concentratieproblemen	16	15	8	12
Extreme vermoeidheid	52	27	13	26
Doorslaapproblemen	56	19	17	27
Droge, jeukende, of prikkelende huid	20	8	8	11
Spierpijn	20	8	2	8

Met de gegevens is ook berekend in welke woning geen één van de gezondheidsproblemen voorkomt, of één of meer ervan. Tabel 5 toont de verdeling van gezondheidsklachten over de onderzoeksgroepen.

In de casusgroep komen 3 woningen voor waarin geen gezondheidsproblemen zijn. Dat is opmerkelijk omdat de casusgroep bestaat uit personen die zich met een gezondheidsklacht bij de GGD hebben gemeld. Tijdens de voorlichtingsavond voorafgaand aan de enquête hebben zich nog bewoners aangemeld. Daartussen zaten kennelijk een paar mensen die graag hun woning onderzocht wilden hebben, maar zelf geen klachten hebben.

tabel 5 Percentage woningen met wel of geen gezondheidsproblemen

Gezondheidsproblemen in telefonische enquête		Stratum			totaal
		<i>casus</i>	<i>gematcht</i>	<i>controle</i>	
Geen gezondheidsprobleem	aantal	3	11	22	36
	% in stratum	12,0%	42,3%	45,8%	36,4%
Eén of meer gezondheidsproblemen	aantal	22	15	26	63
	% in stratum	88,0%	57,7%	54,2%	63,6%
Totaal	aantal	25	26	48	99
	% in stratum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,296; significantie: $p < 0,013$

Van de geënquêteerde bewoners heeft 44% het idee dat gezondheidsproblemen van henzelf of hun medebewoners te maken hebben met de woning; in de casusgroep is dit 92%, in de gematchte groep 52% en in de controlegroep 15% (tabel 6).

tabel 6 Percentage geënquêteerden dat de woning beschouwd als oorzaak van gezondheidsproblemen

Heeft u het idee dat eventuele gezondheidsklachten te maken hebben met uw woning?		Stratum			totaal
		<i>casus</i>	<i>gematcht</i>	<i>controle</i>	
Ja	aantal	22	13	7	42
	% in stratum	91,7%	52,0%	15,2%	44,2%
Nee	aantal	2	12	39	53
	% in stratum	8,3%	48,0%	84,8%	55,8%
Totaal	aantal	24	25	46	95
	% in stratum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,634; significantie: $p < 0,000$

6.3. WOONGEDRAG EN TEVREDENHEID

De kwaliteit van de binnenlucht hangt af van de bronnen van verontreiniging en van de mate van luchtverversing. De bewoner heeft invloed op zowel bronnen van verontreiniging als op de luchtverversing. Veel verontreinigingen van de binnenlucht zijn afkomstig van mensen en huisdieren, en van woongedrag (roken, koken, stoken, enz.) Daarom is nagegaan of er verschillen zijn in aantallen bewoners of huisdieren en in woongedrag.

In de telefonische enquête zijn aan het woongedrag onder andere de volgende factoren onderscheiden.

- Verbouwingen of aanpassingen van de woning
- Ventileergedrag: ramen openen, filters vervangen
- Koken op gas

Aantallen bewoners en huisdieren

Bijna de helft van de woningen heeft 0,5 – 1 inwoner per kamer; een kwart heeft er 0 – 0,5 en een kwart heeft er 1 – 1,8 (tabel B3 in deel B van bijlage 2). In de casusgroep is deze bewonersdruk iets hoger dan in beide andere groepen, maar het verschil is niet significant. Het aantal huisdieren per woning verschilt niet tussen de onderzoeksgroepen.

Verbouwingen en aanpassingen van de woning

In de enquête zijn verbouwingen geïnventariseerd omdat ze invloed kunnen hebben op de ventilatie. De ventilatiecapaciteit kan onvoldoende worden door bijvoorbeeld een uitbouw of doordat een ruimte een andere bestemming krijgt dan waarvoor hij oorspronkelijk ontworpen is. In de casusgroep is op 3 adressen een dakkapel geplaatst, terwijl dat in de andere onderzoeksgroepen elk maar in 1 gebeurd is (tabel C1 in deel C van bijlage 2). Door het geringe aantal per groep is niet toetsbaar of dit verschil statistisch significant is.

In de casusgroep is op 4 adressen het ventilatiesysteem gewijzigd. Ook dit aantal is te klein om te toetsen.

In 15 woningen is op zolder een slaapkamer gemaakt. De verschillen tussen de onderzoeksgroepen zijn niet significant. Dat geldt ook voor het wijzigen van de indeling in 20 woningen, bijvoorbeeld door het verwijderen van wanden of het plaatsen van een uitbouw.

Ventileergedrag

De uitkomsten van de enquête die betrekking hebben op het gebruik van de ventilatievoorzieningen, zijn weergegeven in deel D van bijlage 2.

Uit de gegevens blijkt dat bewoners in de casusgroep en de gematchte groep vaker filters schoonmaken en vervangen dan in de controlegroep. Dat is logisch omdat de filters vooral

voorkomen bij balansventilatie en dit systeem het meest aanwezig is in de casusgroep en de gematchte groep.

Zowel in de woonkamer als de slaapkamer zetten bewoners in de controlegroep vaker roosters en ramen open dan bij de gematchte en casusgroep. Dit is te verwachten omdat de woningen in de controlegroep vooral via roosters lucht toevoeren. Het is echter wel opmerkelijk dat in de gematchte groep en in de casusgroep toch nog 60%, respectievelijk 46% van de bewoners zegt de ramen in de slaapkamer continu open te hebben, terwijl de meeste woningen in deze groepen balansventilatie hebben.

De mechanische ventilatie heeft in alle woningen 3 schakelstanden: laagstand (1), middenstand (2) en hoogstand (3). Het gebruik van de schakelstanden is bij alle drie de groepen ongeveer gelijk. Van de bewoners denkt 20% dat het ventilatiesysteem automatisch werkt en niet bediend hoeft te worden. Ook anderen gebruiken meestal stand 1, niet alleen wanneer er niemand thuis is (tabel 7). Gedurende de nacht staat het systeem in bijna 90% van de woningen op stand 1. Tijdens het woningonderzoek vertelde 12% van de bewoners nooit een andere schakelstand te kiezen. In de gesprekken tijdens het woningonderzoek ontstond de indruk dat de bewoners de standenschakelaar bewuster lijken te gebruiken in woningen met luchttoevoer via roosters dan in woningen met balansventilatie. Mogelijk komt dit doordat balansventilatie meer geluidsoverlast veroorzaakt.

Bij de meeste bewoners zijn er diverse aanleidingen om de ventilatie tijdelijk in een hogere schakelstand te zetten. Uit de telefonische enquête blijkt dat stand 2 of 3 wordt ingeschakeld tijdens koken en douchen in ongeveer 65% van de woningen. Tijdens roken of visite gebruikt 18% stand 2 of 3. In 35 resp. 72 % van de woningen blijft ook dan nog de ventilatie op de laagstand staan.

tabel 7 Schakelstand overdag terwijl er iemand thuis is zonder visite en niemand rookt, kookt of douchet

Stand van de schakelaar van de mechanische ventilatie		Stratum			Totaal
		Casus	Gematcht	Controle	
Stand 1 (laag)	aantal	18	20	42	80
	% in stratum	78,3%	80,0%	89,4%	84,2%
Stand 2 (midden)	aantal	5	5	5	15
	% in stratum	21,7%	20,0%	10,6%	15,8%
Totaal	aantal	23	25	47	95
	% in stratum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

De hoogstand wordt gebruikt in 50% van de woningen tijdens koken en douchen, en in 10% tijdens roken of visite. Tijdens het koken staat in 50% van de woningen de wasemkap aan.

Enkele huishoudens met balansventilatie (type D) heeft het ventilatiesysteem geheel uitgeschakeld. Deze mensen hebben zich volledig afhankelijk gemaakt van natuurlijke ventilatie en ventileren hun huis met ramen of deuren die eigenlijk bedoeld waren om te luchten (kortdurend wijd open). Dit kan gemakkelijk leiden tot een tekort aan luchtverversing.

Ramen

In de telefonische enquête zegt 66% van de bewoners van woningen met luchttoevoer via roosters altijd roosters en/of ramen in de woonkamer open te houden in het stookseizoen. Voor de slaapkamer is dit 77%. De enquête is voor een deel voor het stookseizoen uitgevoerd. Tijdens het woningonderzoek in het stookseizoen bleken regelmatig een of meer ramen open te staan volgens waarnemingen van de onderzoekers. Zij vonden dat dit een duidelijke positieve invloed had op hun eigen beleving van de kwaliteit van de binnenlucht.

Een deel van de bewoners klaagt over het geringe aantal draai- of kiepramen in huis. In veel gevallen heeft men slechts de beschikking over een schuifpui, openslaande buitendeuren of de ramen die open kunnen, zijn heel groot. Bewoners klagen daarover omdat ze liever een klampaampje openzetten dan een groter raam. Men zegt het prettig te vinden om ramen open te kunnen zetten.

In een aantal gevallen heeft de projectontwikkelaar het volgens de bewoner expliciet verboden om een raam te openen, omdat dit "slecht voor het ventilatiesysteem" zou zijn.

Filters

Uit de telefonische enquête blijkt dat in meer dan de helft van het aantal huishoudens de toevoerfilters 4 of meer keren per jaar gereinigd worden en meer dan een keer per jaar vervangen. 8% zegt de filters nog nooit vervangen te hebben en ook 8% heeft dat eenmaal in 2-3 jaar gedaan.

Uit de contacten met bewoners tijdens het woningonderzoek blijkt dat een deel van de bewoners zich bewust is van het belang van het reinigen van de filters, maar een deel niet.

Koken op gas

In woningen van de casusgroep (68%) en de gematchte groep (69%) kookt men significant (Cramer's $V = 0,374$; $P < 0,000$) vaker op gas dan in de controlegroep (31%).

De relatie tussen koken op gas en type ventilatie toont exact dezelfde uitkomsten.

Overig woongedrag

De overige aspecten van woongedrag (in huis roken; frequentie van koken, douchen en wassen; plaats en wijze van wasdrogen; gebruik van open haard, luchtbevochtiger en geurmiddelen; soort vloerbedekking in woonkamer en slaapkamer) zijn gelijkmatig over de onderzoeksgroepen verdeeld en de onderlinge verschillen zijn dus niet significant.

Tevredenheid

Uit de telefonische enquête blijkt dat de bewoners in de controlegroep overwegend tevreden zijn met hun ventilatiesysteem, terwijl bewoners in de casusgroep en gematchte groep significant minder tevreden zijn: ruim 60% van de casusgroep is ontevreden tot zeer ontevreden (tabel 8a). Hun belangrijkste grieven zijn:

- lawaaioverlast door het ventilatiesysteem;
- tocht door het ventilatiesysteem;
- de binnenlucht ruikt niet fris.

tabel 8a Tevredenheid over het ventilatiesysteem weergegeven per onderzoeksgroep

Hoe tevreden bent u met uw ventilatiesysteem?		Stratum			totaal
		casus	gematcht	controle	
(Zeer) tevreden	aantal	2	10	36	48
	% in stratum	8,3%	38,4%	75,0%	49,0%
Noch tevreden, noch ontevreden	aantal	7	5	4	16
	% in stratum	29,2%	19,2%	8,3%	16,3%
(Zeer) ontevreden	aantal	15	11	8	34
	% in stratum	62,5%	42,3%	16,7%	34,6%
Totaal	aantal	24	26	48	98
	% in stratum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Uit de contacten tijdens het woningenonderzoek is naar voren gekomen dat nogal wat bewoners met een balansventilatie een negatief gevoel hebben omdat ze niet zelf voor dit ventilatiesysteem hebben gekozen. Dit wordt versterkt doordat ze het systeem niet begrijpen.

Als de uitkomsten niet worden ingedeeld naar onderzoeksgroep maar naar ventilatiesysteem blijkt dat de ontevredenheid in de casusgroep het gevolg is van ontevredenheid in bijna de hele groep van bewoners van woningen met balansventilatie (figuur 8b). Het verschil tussen woningen met balansventilatie en woningen met luchttoevoer via roosters is statistisch significant.

Dit geldt ook als degenen die zichzelf bij de GGD gemeld hebben, buiten beschouwing worden gelaten (Cramer's $V = 0,416$; $p < 0,012$).

tabel 8b Tevredenheid over het ventilatiesysteem weergegeven per ventilatiesysteem

Hoe tevreden bent u met uw ventilatiesysteem?		Type ventilatiesysteem		totaal
		luchttoevoer via roosters	balansventilatie	
(Zeer) tevreden	aantal	35	13	48
	% per ventilatiesysteem	74,5%	25,5%	49,0%
Noch tevreden, noch ontevreden	aantal	3	13	16
	% per ventilatiesysteem	6,4%	25,5%	16,3%
(Zeer) ontevreden	aantal	9	25	34
	% per ventsysteem	19,1%	49,0%	34,6%
Totaal	aantal	47	51	98
	% per ventilatiesysteem	100,0%	100,0%	100,0%

Sterkte van het verband: Cramer's $V = 0,545$; significantie: $P < 0,000$

Slechts 4 personen hebben in de telefonische enquête aangegeven dat zij vinden dat hun ventilatiesysteem moeilijk te bedienen is. Zij hebben alle 4 een woning met balansventilatie.

Warmte

Uit de gesprekken blijkt dat de woningen bij mooi weer hun warmte moeilijk kwijtraken. Vooral mensen met balansventilatie merken op, dat de binnentemperaturen in de zomer onaangenaam oplopen. Gedurende de nacht dient het huis af te koelen door intensief te ventileren (stand 3), maar dan staat men voor een dilemma: 'koel met geluidsoverlast' of 'stil en warm'. In laagstand heeft het ventilatiesysteem namelijk onvoldoende capaciteit om de temperatuur in huis tot een acceptabel niveau te laten dalen. In midden- en hoogstand verspreidt het ventilatiesysteem echter dermate veel geluid dat men er niet goed bij kan slapen.

6.4. BINNENMILIEU: INSPECTIE EN METINGEN

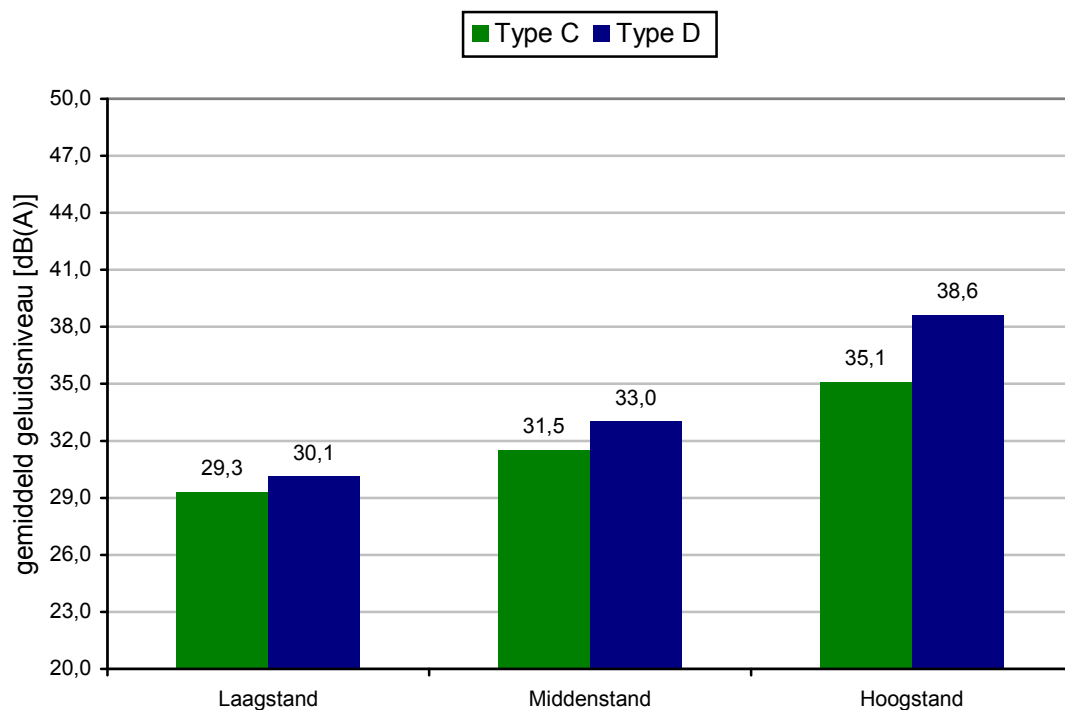
Tijdens het woningonderzoek is aandacht besteed aan de volgende aspecten (zie hoofdstuk *Methoden en technieken*).

- A. Geluid
- B. Thermisch comfort
- C. Luchtdichtheid van de buitenschil
- D. Vochtproblemen
- E. Factoren die invloed hebben op de luchtkwaliteit
- F. Vervuiling van het ventilatiesysteem
- G. Stand van handbediende toevoerroosters
- H. Verwisseling van toe- en/of afvoerroosters
- I. Concentraties van formaldehyde en VOS

A. Geluid

Gemeten geluid

Zowel in de woonkamer als in de slaapkamer zijn bij elke ventilatiestand geluidmetingen verricht. De uitkomsten zijn voor de woonkamers samengevat in figuur 1. Het geluidniveau neemt sterk toe bij elke hogere ventilatiestand. Met elke hogere ventilatiestand, wordt het verschil tussen beide ventilatietypen groter, ten nadele van balansventilatie. Een toename van 3 dB(A) klinkt als een verdubbeling van de geluidsterkte.



figuur 1 Gemiddeld geluidniveau in woonkamer bij verschillende schakelstanden van de ventilatie; C = luchttoevoer via roosters; D = balansventilatie

De gemeten geluidniveaus liggen bij balansventilatie tussen 28 en 35 dB(A) in stand 1, tussen 29 en 38 dB(A) in stand 2 en tussen 35 en 48 dB(A) in stand 3. In woningen met luchttoevoer via roosters is dit tussen 28 en 35 dB(A) in stand 1, tussen 28 en 37 dB(A) in stand 2 en tussen 29 en 42 dB(A) in stand 3.

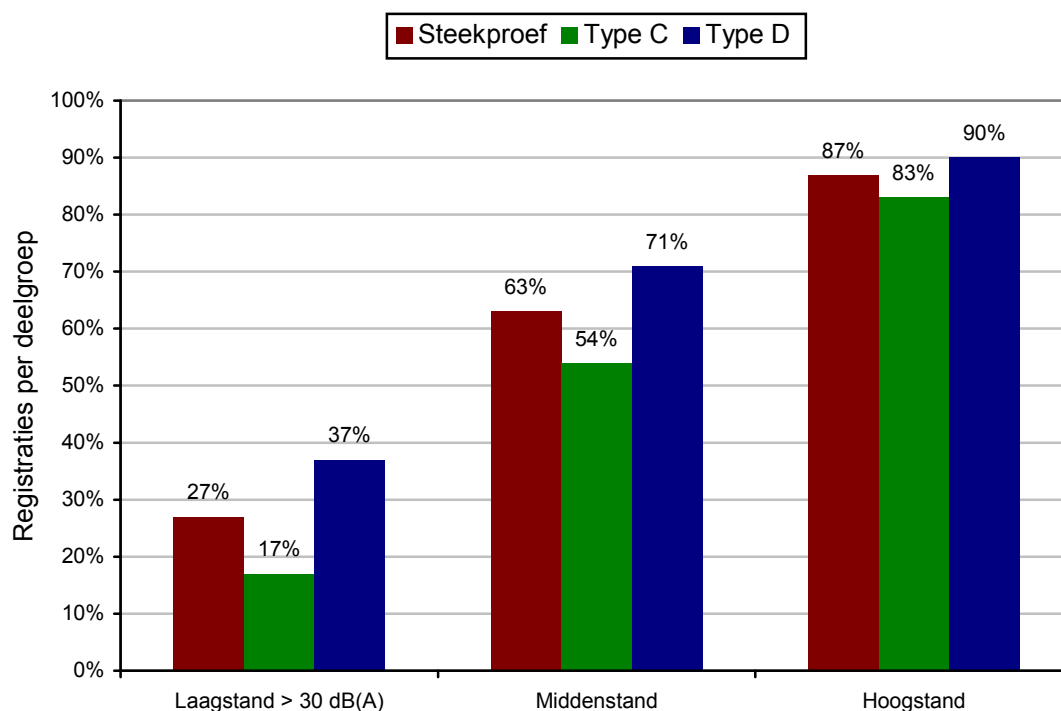
Tijdens de inspectie is gevraagd naar overlast door geluid. In woningen met luchttoevoer via roosters heeft 15% van de geluidklachten een herkenbare oorzaak, zoals fluitende afzuigventielen, klapperende roosters of geluid van de straat.

Bij balansventilatie is de manier van installeren vaak de oorzaak van geluidproblemen. Ongeveer 2 op 3 balansventilatie–units zijn niet volgens de richtlijnen geïnstalleerd: het geluiddempende materiaal ontbreekt geheel of gedeeltelijk. In enkele woningen is de unit opgehangen aan een wand met een te geringe massa.

Beoordeling van het geluid

Voor de beoordeling van geluidniveaus wordt gebruik gemaakt van waarden ontleend aan NEN 1070 (zie hoofdstuk *Methoden en technieken*). In de huidige bouwpraktijk kan het geluidniveau van installaties beperkt blijven tot 30 dB(A) of minder. Dit is ook het niveau dat het Bouwbesluit voorschrijft als maximum voor een aantal geluidbronnen. Een overschrijding daarvan is te beschouwen als een nodeloos hoog geluidniveau.

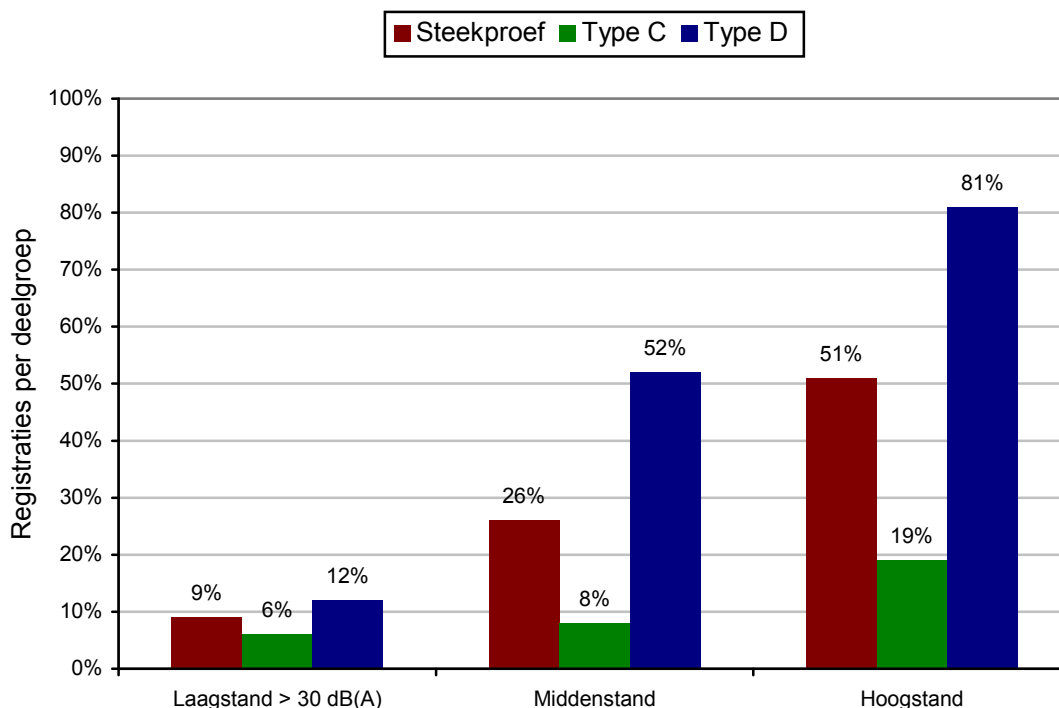
Nagegaan is in hoeveel procent van de woningen de mechanische ventilatie nodeloos veel geluid maakt. In de hoogstand zijn de gemeten geluidniveaus nodeloos hoog in ongeveer 90% van de onderzochte woonkamers (figuur 2). In de laagstand geldt dit in 37% van de woningen met balansventilatie en 17% met luchttoevoer via roosters.



figuur 2 Percentage woonkamers met gemeten geluidniveau hoger dan 30 dB(A) door mechanische ventilatie (C = luchttoevoer via rooster; D = balansventilatie; steekproef = C + D)

In slaapkamers is het geluidniveau in de regel wat lager dan in de woonkamer (figuur 3). In de laagstand is het geluidniveau nodeloos hoog in ongeveer 12% van de slaapkamers met balansventilatie en 6% bij luchttoevoer via roosters.

In de hoogstand is het geluidniveau nodeloos hoog in 81% van de slaapkamers met balansventilatie en 19% van die met luchttoevoer via roosters. Het grote verschil is uiteraard het gevolg van mechanische toevoer in woningen met balansventilatie



figuur 3 Percentage slaapkamers met gemeten geluidniveau hoger dan 30 dB(A) door mechanische ventilatie (C = luchttoevoer via rooster; D = balansventilatie; steekproef = C + D)

Geluidniveaus van 35 dB(A) en zelfs van 40 dB(A) worden ook in veel woonkamers en slaapkamers overschreden, zeker in de hoogstand (tabel 9).

tabel 9 Percentage woningen met hoog geluidniveau door mechanische ventilatie volgens metingen

schakelstand	luchttoevoer via roosters			balansventilatie			totale steekproef		
	laag	midden	hoog	laag	midden	hoog	laag	midden	hoog
woonkamer > 35 dB(A)	6%	10%	48%	4%	21%	73%	5%	16%	61%
slaapkamer > 35 dB(A)	4%	4%	6%	2%	10%	54%	3%	7%	31%
woonkamer > 40 dB(A)	2%	4%	8%	0%	8%	33%	1%	6%	21%
slaapkamer > 40 dB(A)	2%	2%	2%	0%	2%	23%	1%	2%	13%

Geluidwering

Bij de inspectie zijn geen aanwijzingen gevonden voor een gebrekkige geluidisolatie tussen de woningen onderling.

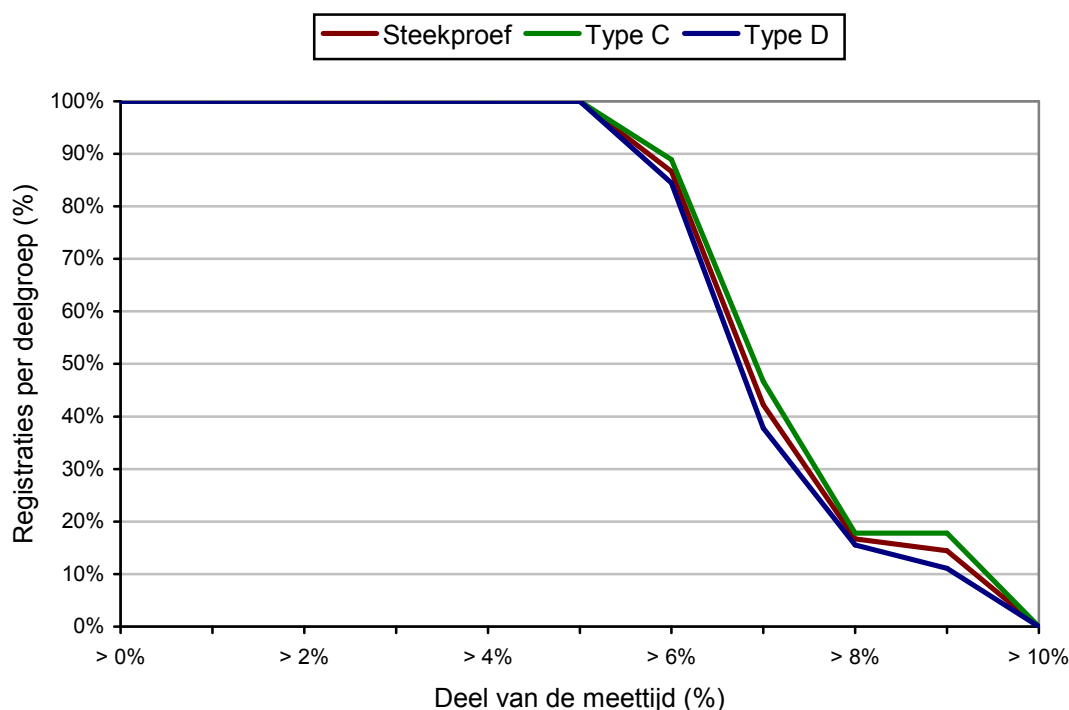
In woningen met balansventilatie houdt de gevel het geluid van buiten goed tegen. Het niveau van het achtergrondgeluid is in vrijwel alle gevallen minder dan 30 dB(A). Dit heeft wel als gevolg dat geluiden van het eigen ventilatiesysteem meer opvallen.

In woningen met luchttoevoer via roosters is de gevel minder geluidwerend. De roosters vormen als het ware een geluidlek. Hierdoor kan het niveau van het achtergrondgeluid in woningen al 35 dB(A) bedragen, afhankelijk van het verkeerslawaai ter plaatse.

B. Thermisch comfort

Het binnenklimaat wordt als comfortabel aangemerkt als de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid binnen bepaalde criteria liggen. In alle onderzochte woonkamers bestond gedurende 5 tot 10% van de periode tussen 7 uur 's ochtends en 23 uur 's avonds een situatie die niet voldeed aan de criteria voor thermisch comfort in kantoren (zie hoofdstuk4 paragraaf 4). Waarschijnlijk voelt het dan in woningen ook niet behaaglijk. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat men de temperatuur laat dalen tijdens afwezigheid, of dat luchtvochtigheid en temperatuur oplopen tijdens het koken.

Woningen met balansventilatie verschillen niet in thermisch comfort van woningen met luchttoevoer via roosters (figuur 4).



figuur 4 Percentage woonkamers met een niet-comfortabele combinatie van gemeten luchttemperatuur en luchtvochtigheid gedurende een deel van de tijd (C = luchttoevoer via roosters; D = balansventilatie; steekproef = C + D)

C. Luchtdoorlatendheid

De inspecties van de kierdichting van de woningen gaven in het algemeen geen aanleiding om de luchtdoorlatendheid van de buitenschil of de begane–grondvloer te meten. Daarnaast is de uitvoering van dergelijke metingen belastend voor de bewoners. In 2 woningen zijn metingen uitgevoerd van de luchtdoorlatendheid van de gevel en het dak (conform NEN 1087), om de uitkomst van de visuele beoordeling te verifiëren. Daarbij is gebleken dat de luchtdoorlatendheid ($q_v;10$) waardes heeft tussen 0,625 en 1,000 $\text{dm}^3 / \text{s.m}^2$. Dit zijn normale waardes die aan de voorschriften voldoen.

D. Vochtproblemen

In slechts enkele woningen zijn vocht- en of schimmelplekken aangetroffen. Deze waren deels het gevolg van (recente) lekkages. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor koudebruggen. In enkele woningen zijn de vochtproblemen (condens op de ramen, op de tegels in de badkamer enz.) waarschijnlijk ontstaan door het uitschakelen van (een deel van) de balansventilatie.

E. Factoren die invloed hebben op de luchtkwaliteit

- intensiteit van verkeer;
- ventilatievoorzieningen
- wasemkap
- kans op terugslag van verbrandingsgassen;

Intensiteit van verkeer

De onderzochte woningen liggen in een deel van Vathorst met in de onmiddellijke nabijheid alleen bestemmingsverkeer. Ze liggen ca. 0,5 tot 1,5 km ten noordoosten van de A1 en 1 tot 2 km ten westen van de A28.

Ventilatievoorzieningen

Van de 100 onderzochte woningen hebben er 52 een gebalanceerde ventilatie en 48 een mechanische afzuiging met luchttoevoer via roosters.

Bij inspectie is gebleken dat o.a. de plaatsing van de unit, het aanbrengen van akoestische isolatie, en de diameter van kanalen niet overal zijn ontworpen en geïnstalleerd volgens de 'regels der kunst' (normen, technische handboeken zoals ISSO-publicatie 62, voorschriften leverancier).

In 5 woningen met balansventilatie is de toevoerventilator of het hele systeem permanent uitgeschakeld, bewust vanwege geluidsoverlast of de vermeende ziekmakende werking ervan, en een enkele keer ook onbewust door onbegrip over de werking van het systeem. In 5 andere woningen hebben de bewoners zelf de ventielen 'ingeregeld' om klachten te verminderen. In een andere 70-tal woningen is de gemeten luchtstroom via 1 of meer van de afzuig- en inblaasventielen niet voldoende (zie hoofdstuk 6.5); de indruk bestaat dat ze nooit ingeregeld zijn.

In de meeste woningen met balansventilatie zijn inblaasventielen niet zo geplaatst dat toegevoerde lucht in 'kleeflaag' langs het plafond kan stromen (*coanda-effect*). Ook hebben de inblaasventielen nauwelijks een worp; dat wil zeggen dat de toegevoerde lucht, die vaak een wat lagere temperatuur heeft dan de binnenlucht, uit het rooster omlaag 'valt', zeker in de laagstand van het systeem.

In de slaapkamers zijn de inblaasventielen altijd aan de kant van de kern van de woning geplaatst. Vaak is dat boven de deur. Met rookproeven is gezien dat de in laagstand toegevoerde lucht naar beneden valt en via de kier onder de deur wordt afgezogen.

In de woonkamer zijn de inblaas- en afzuigventielen in enkele woningen zo dicht bij elkaar geplaatst dat de kans aanwezig is dat kortsluiting ontstaat tussen toevoer en afvoer.

In de woonkamer zijn de inblaasventielen in ca. 50% van de onderzochte woningen met balansventilatie geplaatst op een plek waar gemakkelijk tochtklachten kunnen ontstaan, met name in de buurt van de eethoek of de zithoek.

Regelbaarheid

In alle woningen bestaat de mogelijkheid om de ventilator in te stellen door middel van een 3-standenschakelaar en de mogelijkheid de roosters voor luchttoevoer min of meer te sluiten. De regelbaarheid voldoet daarmee aan de voorschriften.

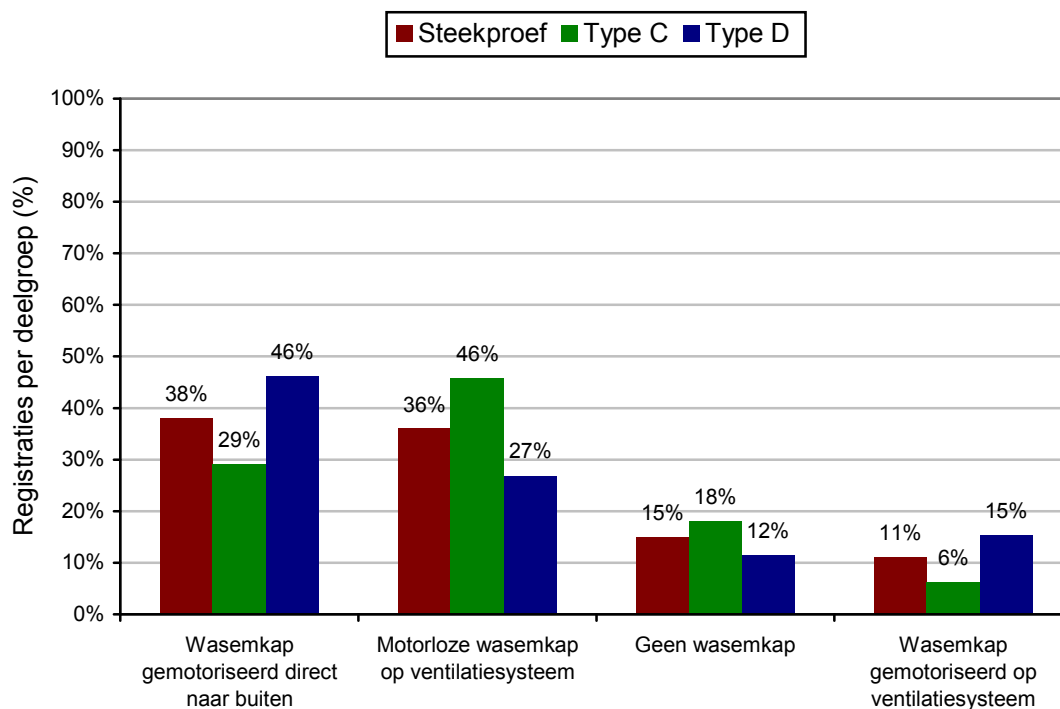
Afstand buiten tussen afvoeren en toevoeren

Op het dak zitten de openingen van de kanalen voor de afvoer van o.a. lucht en verbrandingsgassen, en voor een eventuele mechanische luchttoevoer. Deze openingen mogen niet te dicht bij elkaar zitten omdat anders de toegevoerde lucht verontreinigd kan raken. Voor een voldoende afstand gelden criteria voor de verdunningsfactor die berekend moet worden zoals voorgeschreven in NEN 1087.

Bij de onderzochte woningen is de afstand tussen bovendakse doorvoeren groot genoeg om te voldoen aan de criteria voor de verdunningsfactor.

Wasemkap

Wasemkappen bestaan in tal van soorten en maten. De Gezondheidskaart maakt onderscheid tussen een drietal soorten. Figuur 5 toont voor elk soort wasemkap het aandeel in de totale steekproef (bruine staven) en de aandelen per type ventilatiesysteem (groene en blauwe staven).



figuur 5 Percentage woningen met verschillende soorten wasemkap (C = luchttoevoer via roosters; D = balansventilatie; steekproef = C + D)

Uit de figuur valt af te leiden dat 36% van de woningen is voorzien van een motorloze wasemkap en 49% van een gemotoriseerde wasemkap. Van de gemotoriseerde wasemkappen hebben de meeste een aparte afvoer naar buiten.

Een gemotoriseerde wasemkap komt meer voor in woningen met balansventilatie (61%) dan woningen met luchttoevoer via roosters (35%). Dit lijkt in tegenspraak met mededelingen van bewoners dat projectontwikkelaars de installatie van een gemotoriseerde wasemkap in woningen met ventilatietype D zouden hebben 'verboden' omdat die 'slecht voor het ventilatiesysteem' zou zijn. Er zijn echter bewoners die toch de projectontwikkelaar een wasemkap hebben laten plaatsen. De meeste gemotoriseerde wasemkappen bij balansventilatie zijn naderhand door de bewoners zelf of in hun opdracht geplaatst, in veel gevallen met een afvoer rechtstreeks naar buiten.

Uit de gesprekken met de bewoners tijdens het woningonderzoek is gebleken dat veel bewoners vinden dat hun wasemkap onderpresteert. Ze klagen vooral over gebrekkige afzuiging van kookgeuren. Dit geldt voor de 36 woningen met een motorloze wasemkap aangesloten op het ventilatiesysteem. In 2 van deze 36 gevallen hebben de onderzoekers geconstateerd, dat de motorloze wasemkap zelfs helemaal niet functioneert.

Ook ontevreden is het merendeel van de 11 huishoudens met gemotoriseerde wasemkap op het ventilatiesysteem. Van de 38 huishoudens met een gemotoriseerde wasemkap met een eigen afvoer naar buiten is geen één daarover ontevreden gebleken.

CO₂-concentratie

De CO₂-concentratie van de binnenlucht wordt beschouwd als indicator voor de luchtkwaliteit bij de aanwezigheid van mensen. Bij de beoordeling zijn voor de woonkamer de meetwaarden tussen 23 uur en 7 uur buiten beschouwing gelaten, en voor de slaapkamer de meetwaarden tussen 7 en 23 uur.

Het meetapparaat heeft iedere 5 minuten de concentratie geregistreerd. Per woning zijn er dus een groot aantal meetwaarden. De hoogste waarden per woning vormen een indicatie hoe sterk de discrepantie kan zijn tussen de CO₂-uitademing van de aanwezigen en de afvoer van CO₂ door luchtverversing. Als karakteristiek voor deze discrepantie is de 98-percentiel (= P98) berekend. Dit is de waarde van de CO₂-concentratie na verwijdering van de hoogste 2% van alle meetwaarden in de betreffende woning. Deze P98 wordt gebruikt omdat hij minder foutgevoelig is dan de hoogste gemeten waarde.

De P98 dient per woning lager te zijn dan de toetswaarde. Er is voor woningen geen wettelijke of bestuurlijke norm voor CO₂ in woningen en evenmin een toetswaarde die alle aspecten van de gezondheid beschermt. NEN 13779 geeft aan, dat er bij concentraties boven 1000 ppm al sprake is van matige luchtkwaliteit (*moderate quality*).

Het Bouwbesluit gaat uit van een maximale concentratie van 1200 ppm om geurhinder te voorkomen. De Gezondheidsraad heeft daarbij aangetekend dat een toetswaarde van 1200 ppm slechts toepasbaar is als er in de woning alleen mensen aanwezig zijn als bronnen van luchtverontreiniging (Gezondheidsraad 1984).

Uit de metingen blijkt dat deze waarden in de meeste woningen overschreden worden (tabel 10). De overschrijdingen komen wat vaker voor in de slaapkamers dan in de woonkamers. De P98 verschilt niet significant tussen woningen met en zonder balansventilatie (t-toets: woonkamer $t = -1.2$, $p = 0.23$; slaapkamer $t = 0.81$, $p = 0.42$).

De hoogste P98 is 2499 ppm, gemeten in de slaapkamer van een woning met roosters om lucht toe te voeren.

Van 38 woningen is een P98 verkregen van zowel woonkamer als slaapkamer. In 48% van die woningen is de P98 lager dan 1200 pp in beide ruimten. In 28% van de woningen is in woonkamer en slaapkamer de P98 lager dan 1000 ppm. De CO₂-concentratie loopt hoger op dan 1200 ppm in 52% van de woningen en hoger dan 1000 ppm in 72%. Volgens de bovengenoemde criteria van NEN 13779 en Gezondheidsraad betekent dit dat de luchtkwaliteit in woonkamer en/of slaapkamer in $72 - 52 = 20\%$ van de woningen matig is en in 52% onvoldoende.

De meeste overschrijdingen zijn niet langdurig. Eén van de woningen met balansventilatie heeft echter 80% van de nacht in de slaapkamer een gehalte dat hoger is dan 1200 ppm.

tabel 10 P98 van de CO₂-concentraties en percentage overschrijdingstijd van toetswaarden

CO ₂ -concentraties	luchttoevoer via roosters		balansventilatie	
	woonkamer	slaapkamer	woonkamer	slaapkamer
percentage van 98-percentielwaarden hoger dan 1000 ppm, met het aantal meetwaarden	44% n = 32	61% n = 28	56% n = 36	54% n = 31
percentage van 98-percentielwaarden hoger dan 1200 ppm, met het aantal meetwaarden	19% n = 32	43% n = 28	36% n = 36	42% n = 31
gemiddelde van de 98-percentielwaarden, met standaarddeviatie	974 ppm SD = 270	1242 ppm SD = 428	1055 ppm SD = 291	1159 ppm SD = 350
percentage van de gebruikperiode met een concentratie hoger dan 1000 ppm	3%	28%	5%	23%
percentage van de gebruikperiode met een concentratie hoger dan 1200 ppm	1%	17%	2%	14%

Kans op terugslag van verbrandingsgassen

Verbrandingsgassen van toestellen zoals CV-ketels behoren via het afvoerkanaal naar buiten te gaan. Bij een open verbrandingstoestel kan de wind de verbrandingsgassen echter naar binnen blazen als bijvoorbeeld de afvoer te laag op het dak geplaatst is. Het omkeren van de trek in het afvoerkanaal heet terugslag.

Bij de onderzochte woningen is gebleken dat er geen kans bestaat op terugslag omdat er gesloten toestellen zijn toegepast of aansluiting op een warmtenet.

F. Vervuiling van het ventilatiesysteem

Nagenoeg alle roosters zijn zichtbaar vervuild met stof. Ongeveer de helft van de bewoners van een woning met luchttoevoer via roosters geeft aan de roosters af en toe te stofzuigen voor zover mogelijk.

Veel bewoners maken de ventielen af en toe schoon met een droge of vochtige doek; sommigen doen dat nooit.

Veel ventilatiekanalen zijn van binnen bedekt met een laag grijs stof.

In 3 woningen was de ventilatie-unit ernstig vervuild.

Veel filters zijn vervuild. Na reiniging bleken ze na 2 weken opnieuw vervuild. Dit is sneller dan gebruikelijk is in een woning in Nederland. Het vermoeden is gerezen dat dit bouwstof of roet is. De bewoners vertellen dat ze meer stof in huis hebben dan in hun vorige woning. Dit is vooral gehoord van bewoners van woningen met luchttoevoer via roosters.

G. Stand van handbediende toevoerroosters

De roosters in de ramen stonden tijdens het woningonderzoek bijna allemaal open. Het kan zijn dat de komst van de onderzoekers in een aantal woningen geleid heeft tot het openen van roosters die meestal dicht staan. De indruk van de onderzoekers is dat de meeste bewoners zich bewust zijn van het nut van roosters en dat men ze vooral bij tocht sluit.

H. Verwisseling van toe- en/of afvoerroosters

In geen van de woningen is geconstateerd dat er ventielen verwisseld zijn.

I. Concentraties van formaldehyde en VOS

In alle onderzochte woningen zijn gedurende een week in de woonkamer twee badges opgehangen: een om formaldehyde te absorberen en een voor VOS (vluchtige organische stoffen). De badges zijn vervolgens door een gecertificeerd laboratorium onderzocht.

De resultaten zijn vergeleken met de advieswaarden uit het RIVM-rapport 'Gezondheidskundige advieswaarden binnenmilieu' (Dusseldorp 2004). Daarin staat voor formaldehyde een advieswaarde van 0,0012 mg/m³ als jaargemiddelde. Daarbij staat aangetekend dat het ministerie van VROM een jaargemiddelde van 0,01 mg/m³ als maximaal toelaatbaar risiconiveau hanteert. Volgens de WHO kan bij sommige gevoelige individuen slijmvliesprikkeling echter al bij lagere concentraties optreden. Gezondheidseffecten zijn bij een concentratie hoger dan 0,06 mg/m³ te verwachten. Het gaat dan om lichte irritatie van de slijmvliezen en evt. de huid.

De gemeten gehalten liggen tussen 0 en 0,026 mg/m³. In alle onderzochte woningen is de formaldehyde-concentratie hoger dan de advieswaarde. In 67 % van de woningen is de concentratie zelfs hoger dan 0,01 mg/m³ (tabel 11). Er is geen duidelijk verschil tussen woningen met balansventilatie en woningen met luchttoevoer via roosters.

tabel 11 Weekgemiddelde van het formaldehyde-gehalte en percentage van de woningen met een overschrijding van advieswaarde resp. Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau

<i>concentratie formaldehyde</i>	<i>luchttoevoer via roosters</i>	<i>balansventilatie</i>
meer dan 0,0012 mg/m ³	100%	98%
meer dan 0,01 mg/m ³	67%	66%

VOS (vluchtige organische stoffen) bestaat uit verschillende stoffen. Het RIVM geeft advieswaarden voor een aantal afzonderlijke stoffen en voor totaal-VOS. In de onderzochte woningen zijn geen concentraties aangetroffen die hoger zijn dan de advieswaarden.

6.5. CONFORMITEIT VAN DE HUIDIGE SITUATIE

Het is lastig na te gaan of een woning indertijd gebouwd is conform de toen geldende wettelijke voorschriften en overeenkomstig de verleende bouwvergunning. Wel is nagegaan of de bouwvergunningaanvraag van de onderzochte woningen correcte EPC-berekeningen omvat en of per woningtype de berekende ventilatiecapaciteit voldoet aan de geldende eisen. Ook is nagegaan of de huidige situatie voldoet aan de wettelijke eisen van het Bouwbesluit voor zover dit vastgesteld kan worden op basis van de uitgevoerde inspecties en metingen. Daarbij zijn de volgende aspecten getoetst.

- Ventilatiecapaciteit
- Warmteweerstand van de uitwendige scheidingsconstructie en van ramen, deuren en kozijnen
- Spuivoorzieningen
- Rookafvoer
- Verdunningsfactor
- Luchtdoorlatendheid

Naast de wettelijke eisen kunnen criteria gelden op basis van een overeenkomst tussen de opdrachtgever en opdrachtnemer. Daarbij kan gekozen worden voor het hanteren van de criteria van het Garantie Instituut Woningbouw. De woningen die gebouwd zijn onder GIW-garantie, voldoen aan de toenmalige GIW-eisen voor zover de onderzoekers dat hebben kunnen constateren. Ten tijde van het onderzoek hadden de GIW-eisen alleen nog maar betrekking op bouwkundige aspecten. Pas sinds begin 2007 valt de installatie ook onder GIW en dan geldt o.a. een eis dat het ventilatiegeluid niet meer dan 30 dB(A) mag bedragen.

EPC

In een aanvraag voor een bouwvergunning moet aannemelijk worden gemaakt dat de woning zo gebouwd zal worden dat de Energieprestatiecoëfficiënt (EPC) voldoet aan het wettelijk voorgeschreven niveau. Het criterium voor de EPC is 0,8 met ingang van 2006 en was 1.0 voor die datum.

Er zijn geen vergunningaanvragen gevonden met een berekende EPC die in strijd was met het Bouwbesluit.

Voorzover mogelijk is gecontroleerd of de maatregelen die invloed hebben op de EPC, tijdens de bouw uitgevoerd zijn overeenkomstig de aanvraag van de bouwvergunning. Deze maatregelen zijn gecheckt tijdens de opnames. Daaruit blijkt dat de visueel controleerbare maatregelen overeenkomen met de bouwaanvraag; dit betreft het type ventilatiesysteem, type warmteopwekker/warmteleverancier, type glas, aanwezigheid zonneboiler, kaderdichting enz. Uiteraard kan op basis van de inspectie geen uitspraak worden gedaan over zaken als isolatiewaarde van dichte geveldelen, kwaliteit van de isolatiewerkzaamheden, enz.

Bouwbesluit: ventilatie

Het Bouwbesluit schrijft voor dat de capaciteit groter moet zijn dan een bepaalde luchtstroom die afhangt van de vloeroppervlakte. Voor keuken, toilet en badkamer eist het Bouwbesluit een minimum capaciteit van 21 resp. 7 en 14 liter per seconde. Voorzieningen voor mechanische ventilatie moeten zodanig zijn dat ten minste een dergelijke luchtstroom optreedt wanneer de schakelaar in de hoogste stand (= 3) staat.

Er is ook gemeten in de middenstand en in de laagstand. In geen enkele woning was de luchtstroom in een van die standen zo groot dat hij het niveau haalt dat het Bouwbesluit voorschrijft als minimumcapaciteit. Maar dat hoeft ook niet want de capaciteitseis in het Bouwbesluit geldt alleen voor de hoogstand.

De capaciteit van roosters en ramen is berekend volgens de methode beschreven in NEN 1087. In alle onderzochte woningen met luchttoevoer via roosters zijn de roosters groot genoeg om te voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit.

Alle woningen hebben een mechanische afzuiging, maar het was in veel keukens onmogelijk om de afgevoerde luchtstroom te meten zonder aanpassingen zoals het demonteren van kasten. Ook wasemkappen zijn niet geschikt om de apparatuur op aan te sluiten voor het meten van de luchtstroom. Het meten van de afzuiging was mogelijk in 92 woningen, waarvan 47 woningen met balansventilatie en 45 met luchttoevoer via roosters. Daarbij waren er een aantal met een wasemkap.

Er zijn maar weinig woningen waarin de aangetroffen capaciteit in zowel keuken, toilet als badkamer voldoet aan de voorschriften voor die ruimten: 15% bij balansventilatie en 28% bij luchttoevoer via roosters (tabel 12). Daarnaast heeft nog eens 15% van de woningen met balansventilatie voldoende capaciteit om na (her)inregelen aan de voorschriften te kunnen voldoen. Van alle onderzochte woningen zou dan ongeveer 30% kunnen gaan voldoen aan de eisen. Het kan ook nog zijn dat bij (her)inregelen een groter deel voldoet, omdat de kanaalweerstand kan afnemen bij het beter verdelen van de luchtstromen. Bovendien zal een nog groter deel voldoen als ook de ventilator ingeregeld wordt, zo is proefondervindelijk vastgesteld in drie woningen met een capaciteitstekort. Ruw geschat zouden de afname van de kanaalweerstand en/of de vergroting van het ventilatordebiet misschien in 40% van de woningen tot een voldoende ventilatie kunnen leiden.

In de woningen met balansventilatie is de toegevoerde luchtstroom gemeten in de woonkamer en alle officiële slaapkamers. De luchtstroom via de toevoerventielen voldeed in tweederde van de woningen aan de eisen van het Bouwbesluit. In 33% van de woonkamers en 6% van de slaapkamers is de maximale luchtstroom kleiner dan het wettelijke voorschrift (tabel 12). Bij elkaar opgeteld is de aangetroffen luchtstroom in 23% van de woningen te gering om te kunnen voldoen aan de eisen in zowel de woonkamer als de slaapkamers. In de overige woningen met mechanische toevoer kan er dus voldoende verse ventilatielucht de woningen binnenkomen via de officieel benoemde verblijfsruimtes als de ventilatie in de hoogstand staat.

De toegevoerde lucht die niet afgezogen wordt, zal door kieren en naden weglekken en is niet beschikbaar voor warmteterugwinning.

tabel 12 Percentage van de woningen waarin de capaciteit van de ventilatie (in de hoogste stand of met roosters open) niet voldoet aan de wettelijke eisen

	<i>Luchttoevoer via roosters</i>	<i>Balansventilatie</i>
Toevoercapaciteit		
– woonkamer	0% *)	33%
– slaapkamers	0% *)	6%
– totale toevoer	0% *)	23%
Afzuigcapaciteit		
– toilet	26%	33%
– badkamer	36%	43%
– keuken	67%	62%
– toilet, badkamer en keuken	72%	85%

*)De capaciteit van luchttoevoer via roosters is berekend op basis van de afmetingen en uitvoeringen van de roosters in de ramen. In 40% van de woningen met dit ventilatiesysteem waren de gegevens niet te achterhalen; deze woningen zijn in deze tabel niet meegeteld, maar er is geen reden om aan te nemen dat dit een belangrijke invloed heeft op de uitkomsten.

De afzuigcapaciteit voldoet niet in veel keukens. Dit heeft zeer waarschijnlijk te maken met de aanwezigheid van wasemkappen, waardoor geen nauwkeurige metingen mogelijk zijn.

Bouwvergunning: zolder

In alle traceerbare verkoopbrochures staat de eventuele zolderverdieping aangeduid als onbenoemde ruimte. In circa 15% van de woningen met een zolderverdieping is die geheel of gedeeltelijk in gebruik genomen als speel-, logeer- of slaapkamer (dus als 'verblijfsruimte' in de zin van het Bouwbesluit). Dit wijkt af van de verleende bouwvergunning waarin de ventilatievoorzieningen en de daglichttoetreding niet zijn berekend op een dergelijk gebruik van de zolder. De consequentie is dat deze ruimtes veelal niet voldoen aan de voorschriften voor ventilatie en/of toetreding van daglicht. In woningen met balansventilatie is op de zolder vaak een eenvoudig (inregel)afzuigventiel aangebracht. Na het veranderen van de zolder in een verblijfsruimte is zo'n ventiel soms binnen de betreffende ruimte aanwezig. Hierdoor kan dan enige ventilatie plaatsvinden. In woningen met luchttoevoer via roosters is de zolderruimte veelal niet voorzien van toevoerroosters, waardoor een verblijfsruimte daar niet geventileerd wordt. Bewoners zijn zich er niet van bewust dat hun woning daarmee niet meer voldoet aan de eisen die bedoeld zijn om de gezondheid te beschermen. De bewoners en de onderzoekers vinden het er vaak muf en het is er gauw warm. Ook in de winter is het er niet fris omdat het aanwezige dakraam dan niet openstaat om tocht te voorkomen. Het rooster in het dakraam is te klein om de zolderruimte goed te ventileren.

Overige aspecten

Er zijn bij de vergunningaanvragen geen ventilatieberekeningen gevonden die in strijd waren met het Bouwbesluit.

De warmteweerstand van de uitwendige scheidingsconstructie en van ramen, deuren en kozijnen voldeed aan het Bouwbesluit zover dit te verifiëren was op basis van vergunningaanvraag en de inspectie.

De spuivoorzieningen voldeden aan de eisen van het Bouwbesluit op basis van de inspectie.

De rookafvoeren voldeden aan het Bouwbesluit voor zover in dit onderzoek controleerbaar.

De verdunningsfactor voldeed bij alle woningen aan het Bouwbesluit op basis van de inspectie.

De luchtdoorlatendheid voldeed aan het Bouwbesluit in beide woningen waarin die gemeten is. In de andere woningen waren bij inspectie geen redenen om daaraan te twijfelen.

De uitkomsten van de meting van formaldehyde zijn niet getoetst aan de voorschriften in het Bouwbesluit omdat daarvoor een ander soort meting nodig is. Om te beoordelen of aan de wettelijke eis wordt voldaan moet worden gemeten in een leeg gebouw dat gedurende uren geconditioneerd is. Een dergelijke meting is niet uitvoerbaar in een bewoonde woning.

6.6. SAMENHANG WONINGKENMERKEN ~ BINNENMILIEU

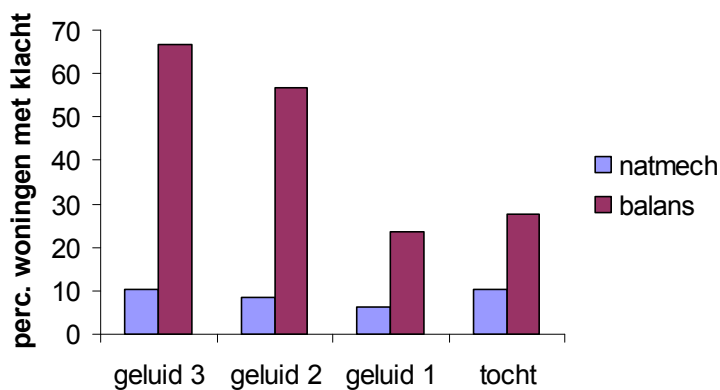
Geluid

In de telefonische enquête is gevraagd naar hinder door geluid. Het blijkt dat hoe hoger de stand van de mechanische ventilatie, des te meer geluidhinder (tabel 13). Het percentage geënquêteerden met geluidhinder is veel hoger bij balansventilatie dan bij luchttoevoer via roosters (figuur 6). De verschillen tussen balansventilatie en luchttoevoer via roosters zijn in iedere stand statistisch significant.

tabel 13 Percentage van woningen met geluidhinder van geënquêteerden

Schakelstand	Luchttoevoer via roosters	Balansventilatie	Cramer's V	p
1 = laag	6,3%	23,5%	0,241	0,017 *
2 = midden	8,3%	56,9%	0,514	0,000 *
3 = hoog	10,4%	66,7%	0,575	0,000 *

* = statistisch significant



figuur 6 Percentage woningen met geluidhinder of tocht hinder door ventilatie in stand 3, 2 of 1 (natmech = luchttoevoer via roosters; balans = balansventilatie)

Tocht

Het is mogelijk om met metingen van luchtsnelheid en de turbulentie de kans op hinder door tocht te voorspellen (zie hoofdstuk *Methoden en technieken*).

Uit de uitkomsten van metingen en berekeningen is af te leiden dat bij 16% van de aanwezigen tocht hinder te verwachten is met balansventilatie in de laagstand en bij 26% in de hoogstand (tabel 14 resp. 15). Bij luchttoevoer via roosters is dit slechts 2 resp. 8%.

Het verschil tussen balansventilatie en luchttoevoer via roosters is statistisch significant voor zowel de hoogstand als voor de laagstand. Het verschil tussen woningen met en zonder balansventilatie kan mede een gevolg zijn van het weer tijdens de metingen. In woningen met

luchttoevoer via roosters is tocht zeer weersafhankelijk, zodat metingen in een andere periode andere uitkomsten kunnen opleveren.

tabel 14 Voorspelde percentage woonkamers met tochtthinder bij laagstand van de ventilatie

Wel of niet tochtthinder berekend als draught rating		Ventilatiesysteem volgens DWA		totaal
		luchttoevoer via roosters	balansventilatie	
Voorspelling: geen tochtthinder	aantal	47	43	90
	% per ventilatiesysteem	97,9%	84,3%	90,9%
Voorspelling: mogelijk tochtthinder	aantal	1	8	9
	% per ventilatiesysteem	2,1%	15,7%	9,1%
Totaal	aantal	48	51	99
	% per ventilatiesysteem	100,0%	100,0%	100,0%

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,236; significantie: $p < 0,019$

tabel 15 Voorspelde percentage woonkamers met tochtklachten bij hoogstand van de ventilatie

Wel of niet tocht berekend als draught rating		Ventilatiesysteem volgens DWA		totaal
		luchttoevoer via roosters	balansventilatie	
Voorspelling: geen tochtthinder	aantal	44	38	82
	% per ventilatiesysteem	91,7%	74,5%	82,8%
Voorspelling: mogelijk tochtthinder	aantal	4	13	17
	% per ventilatiesysteem	8,3%	25,5%	17,2%
Totaal	aantal	48	51	99
	% per ventilatiesysteem	100,0%	100,0%	100,0%

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,227; significantie: $p < 0,024$

In de middenstand ligt de kans op tochtthinder tussen de situatie in de laagstand en die in de hoogstand.

In 54% van de woningen met luchttoevoer via roosters de woningen is een verwarming aanwezig onder het rooster, zodat koude buitenlucht zich snel mengt met warme binnenlucht. Bovendien kan een rooster eenvoudig worden gesloten wanneer de bewoner last heeft van tocht. Dit kan het aantal klachten beperken. De gebruikersinvloed op inblaasventielen is veel kleiner.

In de telefonische enquête is gevraagd naar hinder door tocht. Daaruit blijkt dat in woningen met balansventilatie de bewoners statistisch significant meer tocht ervaren door inblaasventielen dan in woningen met luchttoevoer via roosters (tabel 16). In woningen met luchttoevoer via roosters komen vaker tochtklachten die door de bewoner worden toegeschreven aan ramen en roosters (tabel 16). Dat verbaast niet want woningen met luchttoevoer via roosters hebben geen inblaasventielen en woningen met balansventilatie hebben vrijwel geen roosters. Het is opmerkelijk dat in woningen zonder balansventilatie 4 bewoners tocht wijten aan mechanische luchttoevoer die er niet is. En omgekeerd schrijven bewoners van 13 woningen met balansventilatie tocht toe aan gevelroosters die er niet zijn.

Dit is een gevolg van onbegrip bij sommige bewoners over de aard en werking van hun ventilatiesysteem. Tijdens de enquête viel dit niet te corrigeren omdat pas later uit de inspectie door DWA bleek welk ventilatiesysteem feitelijk in de betreffende woningen aanwezig was.

tabel 16 Aantallen woningen met tocht door mechanische luchttoevoer volgens geënuquêteerden

Tochthinder subjectief afkomstig van mechanische luchttoevoer	Ventilatiesysteem volgens DWA		totaal
	toevoer via roosters	balansventilatie	
Geen hinder	44	34	78
Wel hinder	4	17	21
Totaal	48	51	99

Cramer's V = 0,306; significantie: $p < 0,002$

Tabel 17 Aantallen woningen met tocht door luchttoevoer via roosters volgens geënuquêteerden

Tochthinder subjectief afkomstig van ramen of roosters	Ventilatiesysteem volgens DWA		totaal
	toevoer via roosters	balansventilatie	
Geen hinder	16	38	54
Wel hinder	32	13	45
Totaal	48	51	99

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,413; significantie: $p < 0,000$

Bij luchttoevoer via roosters ervaart men tocht onder deuren en in het trapgat wanneer het flink waait, zo bleek uit de gesprekken tijdens het woning onderzoek. Dit kan mede het gevolg zijn van extra lekken in de gevel door ventilatieroosters als regel niet hermetisch afsluiten.

Andere parameters voor binnenmilieukwaliteit

De gemeten CO₂-concentraties verschillen niet systematisch tussen woningen met balansventilatie en die met luchttoevoer via roosters. Dit geldt ook voor temperatuur en relatieve luchtvochtigheid.

De onderzochte kwaliteit verschilt ook niet tussen woningen met een EPC < 0,81 en > 0,81.

6.7. SAMENHANG WONINGKENMERKEN EN GEZONDHEID

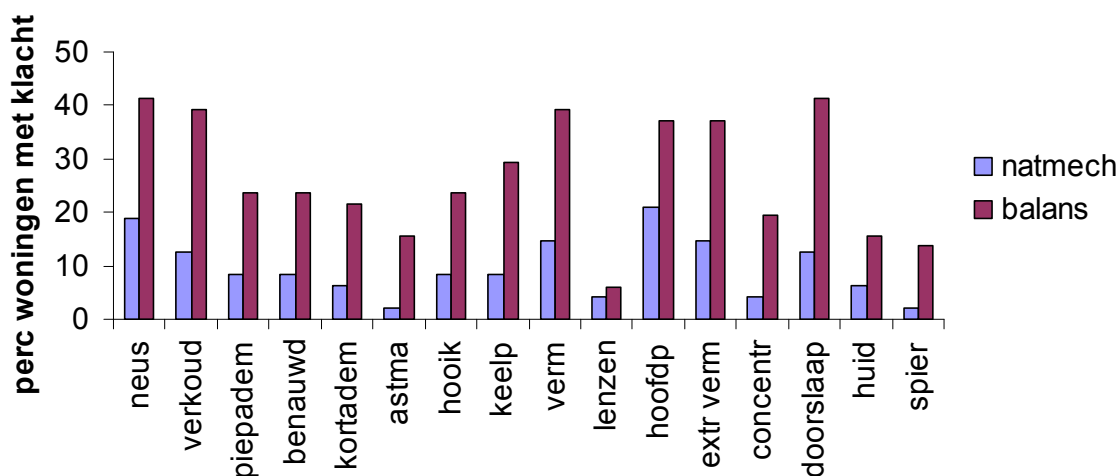
In de telefonische enquête is gevraagd naar gezondheidsproblemen. Er is geanalyseerd of deze problemen een statistisch verband tonen met woningkenmerken. Dit is alleen gedaan voor relaties die tenminste enigszins plausibel zijn.

Er is geen verband gevonden tussen de EPC en gezondheidsproblemen.

Er zijn wel statistisch significante verbanden gevonden tussen het type ventilatiesysteem en een aantal gezondheids- en comfortklachten en astma. Afgezien van tocht/hinder uit ramen en roosters wijzen de gevonden verbanden allemaal op een grotere kans op klachten bij balansventilatie.

Ventilatiesysteem en gezondheid

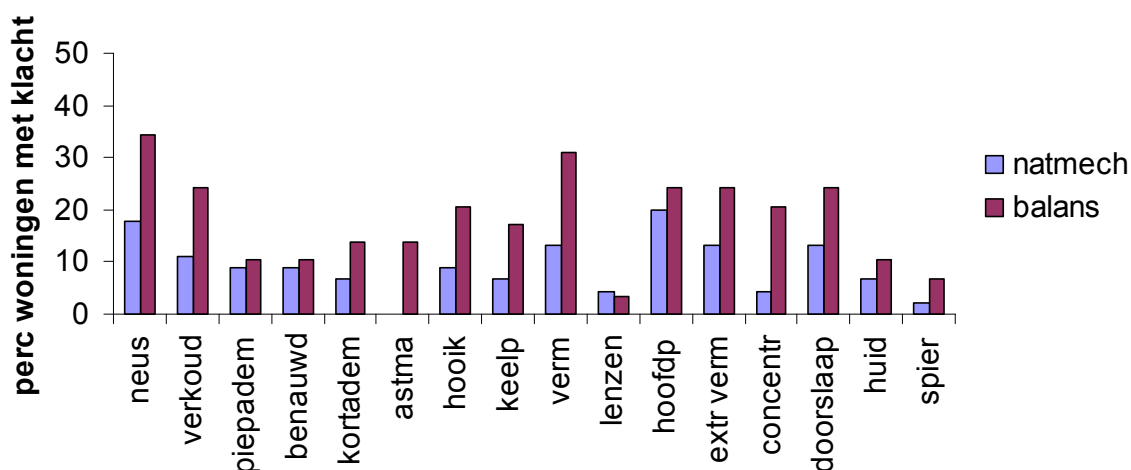
Alle onderzochte gezondheidsproblemen komen in een hoger percentage voor in woningen met balansventilatie dan in woningen met luchttoevoer via roosters (figuur 7). Het gaat hier om in de telefonische enquête aangegeven gezondheidsklachten die verdwijnen bij verblijf buitenshuis of om astma die verergerd is na verhuizing naar de huidige woning.



figuur 7 Percentage van de woningen waarin een gezondheidsprobleem voorkomt (natmech = luchttoevoer via roosters; balans = balansventilatie)

Het beeld verandert niet wezenlijk als de woningen in de casusgroep niet worden meegeteld, hoewel de verschillen dat wat kleiner worden (figuur 8).

Voor figuur 8 is gebruik gemaakt van de gegevens van de gematchte groep en de controlegroep; ze bevatten samen 29 woningen met balansventilatie en 45 woningen met toevoer via roosters.



figuur 8 Percentage van de niet-casus-woningen waarin een gezondheidsprobleem voorkomt (natmech = luchttoevoer via roosters; balans = balansventilatie)

Een aantal gezondheidsproblemen vertoont een statistisch significant verband met het type ventilatiesysteem (tabel 18). Opvallend is dat alle verbanden inhouden dat de kans op de betreffende gezondheidsklacht groter is bij balansventilatie dan bij luchttoevoer via roosters.

tabel 18 Relatie tussen gezondheidsproblemen en type ventilatiesysteem

Gezondheidsproblemen	Richting van verband	Sterkte van het verband (Cramers V)	Significantie (toevalskans: p-waarde)
Verstopte neus of loopneus	Vaker bij balansventilatie dan bij luchttoevoer via roosters	0,24	< 0,015 *
Verkoudheid	Idem	0,303	< 0,003 *
Piepende ademhaling	Idem	0,206	< 0,040 *
Benauwdheid	Idem	0,206	< 0,040 *
Kortademigheid	Idem	0,220	< 0,027 *
Astma	Idem	0,236	< 0,019 *
Hooikoorts	Idem	0,206	< 0,040 *
Keelpijn	Idem	0,267	< 0,008 *
Vermoeide of tranende ogen	Idem	0,267	< 0,006 *
Irritatie van contactlenzen	-		NS
Hoofdpijn	-		NS
Extreme vermoeidheid	Vaker bij balansventilatie dan bij luchttoevoer via roosters	0,257	< 0,010 *
Concentratieproblemen	Idem	0,236	< 0,019 *
Doorslaapprobleem	Idem	0,322	< 0,001 *
Huidproblemen(droge huid, jeukende huid, prikkelingen)	-		NS
Spierpijn	-		Te weinig scores

NS = niet statistisch significant; * = wel statistisch significant

Aansluitend hierop zijn voor gezondheidsklachten met behulp van logistische regressie de odds ratios bepaald (tabel 19). De odds ratio is in dit geval het percentage woningen *met* balansventilatie met een bewoner met een gezondheidsprobleem in verhouding tot het percentage woningen *zonder* balansventilatie met een bewoner met een gezondheidsprobleem. Bij deze regressieanalyse werd het gezondheidsprobleem als afhankelijke (te verklaren) variabele gehanteerd en de factor "balansventilatie" als verklarende variabele. Voor verkoudheid, hooikoorts, luchtwegklachten, keelpijn, oogklachten, problemen met doorslapen en concentreren, en vermoeidheid is de odds ratio opvallend hoog. De odds ratio's van 2,9 tot 5,6 betekenen dat in een woning met balansventilatie de kans op de betreffende klacht 290% tot 560% hoger is dan in een woning met luchttoevoer via roosters. Met andere woorden, dergelijke gezondheidsklachten komen 3 tot 5 keer vaker voor in woningen met balansventilatie.

tabel 19 Odds ratio's van gezondheidsproblemen met balansventilatie als verklarende variabele

	<i>OR-waarde</i>	<i>Betrouwbaarheidsinterval 95%</i>	<i>p-waarde</i>
Verstopte neus of loopneus	2,1	0,78 - 5,6	< 0,142
Verkouden	3,4	1,1 - 9,9	< 0,028 *
Piepende ademhaling	3,4	1,0 - 11,4	< 0,048 *
Benauwdheid	3,4	1,0 - 11,4	< 0,048 *
Kortademigheid	4,2	1,1 - 15,8	< 0,039 *
Astma			NS
Hooikoorts	3,4	1,0 - 11,0	< 0,048 *
Keelpijn	3,9	1,1 - 13,5	< 0,034 *
Vermoeide of tranende ogen	2,9	1,0 - 8,15	< 0,044 *
Irritatie van contactlenzen			NS
Hoofdpijn	1,5	0,6 - 4,0	< 0,402
Extreme vermoeidheid	3,5	1,3 - 9,3	< 0,013 *
Concentratieproblemen	5,6	1,2 - 27,1	< 0,032 *
Doorslaapproblemen	3,9	1,3 - 11,3	< 0,013 *
Huidproblemen(droge huid, jeukende huid, prikkelingen)			NS
Sierpijn			-

NS = niet statistisch significant; * = wel statistisch significant

De samenhang tussen balansventilatie en gezondheidsklachten kan een gevolg zijn van de aandacht die dit onderwerp heeft gehad in de media. Als bewoners met balansventilatie een dergelijke samenhang verwachten, kunnen ze meer aandacht besteden aan hun gezondheid en daardoor meer problemen opmerken. In de telefonische enquête kunnen ze daardoor of om andere redenen meer klachten gemeld hebben dan bewoners van andere woningen. Het feit dat niet alle gevraagde klachten een verband met balansventilatie vertonen wijst erop dat bewoners van woningen met balansventilatie niet op alle vragen bevestigend hebben geantwoord met als doel de uitkomst te beïnvloeden.

Een andere vertekening kan optreden omdat de bewoners die zichzelf met klachten bij de GGD gemeld hebben een selecte groep vormen die niet alleen klachten hebben maar bijna

allemaal ook een balansventilatie. Dit heeft invloed op de uitkomsten. Het is van belang te weten of het in het onderzoek gevonden verband tussen balansventilatie en gezondheidsklachten ook bestaat bij degenen die zichzelf niet gemeld hebben. Daarom is nagegaan of er een verband blijft bestaan als de analyse wordt uitgevoerd met uitsluiting van de casusgroep.

Door de casusgroep niet mee te tellen, wordt het aantal woningen met balansventilatie vrij klein en het aantal woningen met bepaalde gezondheidsproblemen nog kleiner. Daardoor verliezen statistische analyses hun kracht (*power*). Daarom is het aantal hier vergroot door ook degenen in de analyses te betrekken die wel hebben meegedaan aan de telefonische enquête maar niet aan het woningonderzoek. Van de niet-onderzochte woningen is uit de gegevens van bouwvergunning wel bekend welk ventilatiesysteem de woning waarschijnlijk bevat. Deze gegevens zijn verkregen via de gemeentelijke dienst Bouw- en Woningtoezicht (BWT). Er zijn 137 bewoners geënquêteerd, van hen behoorden er 32 tot de casusgroep. Voor deze analyse zijn er dus gegevens beschikbaar over 105 woningen.

Uitgesplitst per gezondheidsprobleem blijft voor veel gezondheidsklachten de trend bestaan dat van woningen met balansventilatie een lager percentage klachtenvrij is dan van woningen met luchttoevoer via roosters (tabel 20).

tabel 20 Percentage (aantal) woningen met bewoner(s) met gezondheidsprobleem

	type ventilatiesysteem volgens DWA of BWT		totaal	sterkte van het verband	significantie
	luchttoevoer via roosters	balansventilatie		Cramer's V	p
Neusklachten	17,8% (8)	34,5% (10)	24,3% (18)	0,190	< 0,102
Verkoudheid	11,1% (5)	24,1% (7)	16,2% (12)	0,173	< 0,138
Astma	0,0% (0)	13,8% (4)	5,4% (4)	0,298	< 0,01 *
Hooikoorts	8,9% (4)	20,7% (6)	13,5% (10)	0,169	< 0,147
Keelpijn	6,7% (3)	17,2% (5)	10,8% (8)	0,166	< 0,153
Vermoeide/tran. ogen	13,3% (6)	31,0 (9)	20,3 (15)	0,215	< 0,054 (*)
Doorslaapprobleem	13,3% (6)	24,1% (7)	17,6% (13)	0,139	< 0,233
Extr. vermoeidheid	13,3% (6)	24,1% (7)	17,6% (13)	0,139	< 0,233
Concentratieprobleem	4,4% (2)	20,7% (6)	10,8% (8)	0,255	<0,028 *

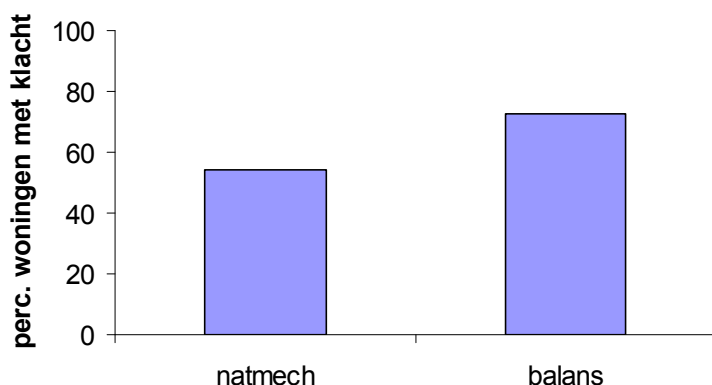
* = statistisch significant

Balansventilatie blijft een statistisch significant verband houden met astma en concentratieproblemen, en een marginaal significant verband met vermoeide ogen.

Persistente gezondheidproblemen

Om te zien wat de impact is van de keuze voor woninggebonden gezondheidsproblemen, is nagegaan of hetzelfde patroon optreedt als alle gezondheidsproblemen worden meegeteld, ook degene die niet verdwijnen bij verblijf buitenshuis. In figuur 9 is te zien dat ook aanhoudende gezondheidsproblemen meer optreden in woningen met balansventilatie dan in

woningen met luchttoevoer via roosters. Voor de gezondheidsproblemen afzonderlijk is het patroon niet eenduidig.



figuur 9 Percentage woningen waarin een of meer klachten voorkomen, ongeacht de aard van de klacht (natmech = woningen met luchttoevoer via roosters; balans = woningen met balansventilatie)

Koken op gas en gezondheid

Er is ook een statistisch significant verband gevonden tussen de energiebron die gebruikt wordt voor het koken, en neusklachten, verkoudheid, oogklachten, hoofdpijn, extreme vermoeidheid en doorslaapproblemen (tabel 21).

tabel 21 Relatie tussen gezondheidsklachten en koken op gas

<i>Gezondheidsklacht</i>	<i>Richting van het verband</i>	<i>Sterkte van het verband (Cramers V)</i>	<i>Significantie (toevalskans: p-waarde)</i>
Verstopte neus of loopneus	Meer klachten bij gas	0,302	< 0,011 *
Verkoudheid	Meer klachten bij gas	0,271	< 0,026 *
Een piepende ademhaling			NS
Benauwdheid			NS
Kortademigheid			NS
Astma-aanvallen			NS
Hooikoorts			NS
Keelpijn			NS
Vermoeide of tranende ogen	Meer klachten bij gas	0,258	< 0,037 *
Irritatie van contactlenzen			NS
Hoofdpijn	Meer klachten bij gas	0,283	< 0,019 *
Extreme vermoeidheid	Meer klachten bij gas	0,271	< 0,026 *
Concentratieproblemen			NS
Meerdere keren per nacht vanzelf wakker worden	Meer klachten bij gas	0,258	< 0,037 *
Huidproblemen(droge huid, jeukende huid, prikkelingen)			NS
Spierpijn			NS

NS = niet statistisch significant; * = statistisch significant

Aansluitend hierop zijn voor de gezondheidsklachten die significant scoren met behulp van logaritmische regressie odds ratio's bepaald (tabel 22). Bij deze regressieanalyse werd de klacht als afhankelijke (te verklaren) variabele gehanteerd en de factor "koken op gas" als verklarende variabele.

De odds ratio's van neusklachten en hoofdpijn zijn significant verhoogd in woningen waarin op gas gekookt wordt. De gevonden OR-waarden hebben een grootte van ongeveer 3. Dat betekent dat de kans op het optreden van neusklachten of hoofdpijn drie keer zo groot is bij koken op gas als bij elektrisch koken.

tabel 22 Odds ratio's van gezondheidsklachten met koken op gas als verklarende variabele

	<i>OR-waarde</i>	<i>Betrouwbaarheidsinterval 95%</i>	<i>Significantie</i>
Neusklachten	3,2	1,2 – 8,5	0,023 *
Verkouden	2,5	0,88 – 7,2	0,084 (NS)
Keelpijn	1,6	0,5 – 5,1	0,408 (NS)
Vermoeide ogen	2,2	0,8 – 6,1	0,122 (NS)
Hoofdpijn	3,2	1,2 – 8,7	0,022 *
Doorslaapprobleem	2,1	0,7 – 5,7	0,167 (NS)

* = statistisch significant

Het is opvallend dat de neusklachten en hoofdpijn geen verhoogde odds ratio hebben bij voor een bepaald type ventilatiesysteem. Dit geeft een aanwijzing dat koken op gas en balansventilatie aparte risicofactoren zijn. Om daarover meer zekerheid te verkrijgen zijn aanvullende analyses nodig.

Het statistische verband tussen enerzijds koken op gas en anderzijds neusklachten en hoofdpijn betekent niet dat hiermee de oorzaak van die klachten is bewezen. Er was tevoren geen hypothese gesteld voor deze relaties. Het is min of meer een toevalsbevinding. Daardoor heeft dit onderzoek slechts geleid tot de hypothese dat koken op gas de oorzaak kan zijn van neusklachten en hoofdpijn. Om dit te bevestigen is tenminste een doelgericht onderzoek nodig dat dit verband in andere huishoudens opnieuw aantoonde.

Overigens is in wetenschappelijk onderzoek eerder wel een verband gevonden tussen koken op gas en luchtwegproblemen (Chauhan 1998, Brunekreef 2004). Maar niet alle onderzoekers konden een dergelijk verband vinden. Het kan zijn dat dit een gevolg is van de onderzoeksopzet die nogal verschilt tussen diverse onderzoeken.

Subjectief droge lucht

De klacht "droge lucht" komt significant vaker voor bij balansventilatie dan in woningen met luchttoevoer via roosters (tabel 23). Deze relatie is ook eerder in onderzoek elders gevonden (Steenbekkers 2002). Dit is opmerkelijk omdat klachten over droge lucht minder vaak optreden door een lage luchtvochtigheid dan door verontreinigingen of door een combinatie van beide (Rudblad 2002). Uit de metingen is niet gebleken de luchtvochtigheid in de onderzochte woningen in Vathorst laag is. De oorzaak kan dus liggen in de luchtkwaliteit.

Het ligt voor de hand een verband te zoeken met stoffigheid of stofdeeltjes in de lucht. De bewoners van de woningen met balansventilatie hadden in de telefonische enquête niet meer klachten over stoffigheid. Waarschijnlijk is het aantal stofdeeltjes in de lucht afkomstig van balansventilatie niet hoger is dan in de lucht toegevoerd via roosters (Fisk 2002). Bij het gesprek tijdens het woningonderzoek in Vathorst vertelden bewoners van veel woningen met luchttoevoer via roosters dat er in huis ongewoon veel stof neer slaat; in woningen met balansventilatie leek dit minder.

Mogelijk bevat de lucht toch meer stof bij balansventilatie doordat daar de lucht meer in beweging is. Dat bij balansventilatie hogere luchtsnelheden en meer turbulentie optreden, is te zien in de tabellen 14 en 15, die op basis van luchtsnelheidsmetingen in woonkamers meer tochtklachten voorspellen.

tabel 23 Verband tussen klachten over “droge lucht” en type ventilatiesysteem

Subjectief droge lucht	Ventilatiesysteem volgens DWA		totaal
	toevoer via roosters	balansventilatie	
Geen klacht	33	19	52
Wel klacht	15	32	47
Totaal	48	51	99

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,315; significantie: p < 0,002

Andere verbanden

Er is ook een verband gevonden tussen het feit dat bewoners een slaapkamer op zolder hebben en het beleven van geluidhinder door ventilatie (tabel 24). Dit is te begrijpen doordat de ventilatie-unit in het algemeen op zolder is geplaatst en doordat de ophanging en afscherming veelal onvoldoende geluid tegenhouden. Dit geldt soms voor systemen die alleen afzuigen, maar vaker voor balansventilatie, mede doordat de balansventilatie-unit naast de afzuigventilator ook een inblaasventilator bevat. In het ontwerp moet rekening worden gehouden met de noodzaak van een qua massa geschikte plaats waar ook alle kanalen gemakkelijk en goed aan te leggen zijn. Tijdens de bouw moet men daarvan niet afwijken.

tabel 24 Verband tussen geluidklachten over ventilatie en slaapkamer op zolder

Geluidhinder door ventilatie	Slaapkamer op zolder		Totaal
	Niet	Wel	
Geen klacht	41	1	42
Wel klacht	41	16	57
Totaal	82	17	99

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,337; significantie: p < 0,001

6.8. SAMENHANG BINNENMILIEUKWALITEIT ~ GEZONDHEID

Luchtkwaliteit

Een verband tussen CO₂ en gezondheidsproblemen is niet gevonden. Blijkbaar is de kwantiteit van de luchtverversing niet de oorzaak van de problemen.

Geluid

Er zijn veel objectieve en subjectieve geluidproblemen geconstateerd die een belemmerend effect kunnen hebben op het gebruik van de ventilatievoorzieningen. Dit kan leiden tot minder luchtverversing. Daarom is nagegaan of gemeten geluidsniveaus door ventilatie een verband tonen met de gezondheidsproblemen.

Uit de gegevens ontleend aan de telefonische enquête blijkt dat er een statistisch significant verband is tussen geluidhinder en extreme vermoeidheid (tabel 25). Er is geen verband tussen de gemeten geluidsniveaus en extreme vermoeidheid. Het is denkbaar dat geluidhinder kan leiden tot extreme vermoeidheid. Ook het omgekeerde is denkbaar: extreem vermoeide personen ondervinden misschien eerder geluidhinder.

tabel 25 Verband tussen geluidhinder door ventilatie en extreme vermoeidheid

Aantal woningen met extreme vermoeidheid	Geluid ventilatie (subjectief)		totaal
	hinderlijk	niet hinderlijk	
Bij geen van de bewoners	37	36	73
Bij 1 of meer van de bewoners	20	6	26
Totaal	57	42	99

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,234; significantie: p < 0.020

In de telefonische enquête is gevraagd of een arts bij een bewoner de diagnose astma heeft gesteld. In 8 van de 9 woningen met een bewoner met astma bestaat geluidhinder (tabel 26). Van de woningen *met* astma zijn er dus 8 maal meer met geluidhinder dan zonder geluidhinder. Van de woningen *zonder* astma zijn er *niet* 8 maal meer met geluidhinder dan zonder geluidhinder. Het verschil is statistisch significant. Er is niet meteen een verklaring waardoor astma zou kunnen bijdragen aan geluidhinder. Geluidhinder draagt misschien bij aan astma doordat stress volgens sommige onderzoekers een belangrijke risicofactor is voor astma (Vig 2006).

tabel 26 Verband tussen geluidhinder door ventilatie en astma

Aantal woningen met door arts gediagnosticeerde astma	Geluid ventilatie (subjectief)		totaal
	hinderlijk	niet hinderlijk	
Bij geen van de bewoners	41	49	90
Bij 1 of meer van de bewoners	1	8	9
Totaal	42	57	99

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,20; significantie: p < 0.046

Er is ook een statistisch verband gevonden tussen objectief gemeten geluidsniveaus en geluidhinder door ventilatievoorzieningen in woonkamer en slaapkamer (tabellen 27 resp. 28).

Geluidhinder is op te vatten als een gezondheidsprobleem, uitgaande van de WHO-definitie van gezondheid als toestand van volledige lichamelijk, geestelijk en sociaal welbevinden.

tabel 27 Relatie tussen gemeten geluid bij stand 3 in de woonkamer en geluidhinder

In woonkamer gemeten geluid bij stand 3	Geluid ventilatie (subjectief)		totaal
	geen hinder	wel hinder	
≤ 35 dB(A)	18	11	29
> 35 dB(A)	19	42	61
Totaal	37	53	90

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,29; significantie: $p < 0,007$

Tabel 28 Relatie tussen gemeten geluid bij stand 3 in de slaapkamer en geluidhinder

In slaapkamer gemeten geluid bij stand 3	Geluid ventilatie (subjectief)		totaal
	geen hinder	wel hinder	
≤ 35 dB(A)	30	28	58
> 35 dB(A)	8	24	32
Totaal	38	52	90

Sterkte van het verband: Cramer's V = 0,259; significantie: $p < 0.014$

Er kon geen direct verband worden vastgesteld tussen gemeten geluidniveaus en gezondheidsklachten, mede wegens een te laag aantal waarnemingen per cel van de kruistabel.

7. BESCHOUWING

Beperkingen van de onderzoeksopzet

Er zijn verbanden gevonden tussen de aanwezigheid van centrale balansventilatie en diverse gezondheidsproblemen. De aanwezigheid van een balansventilatie is door de onderzoeker vastgesteld. Maar de gegevens over gezondheidsproblemen zijn ontleend aan een daarvoor uitgevoerde telefonische enquête. Eerder was in de media aandacht gegeven aan allerlei gezondheidsproblemen die werden toegeschreven aan de betreffende systemen voor balansventilatie. De grootste valkuil van de gekozen onderzoeksopzet is dat de deelnemers aan de telefonische enquête antwoorden hebben gegeven die niet overeenstemmen met de realiteit maar met de gewenste uitkomst van het onderzoek. Daartegen pleit dat hoofdpijn, irritatie van contactlenzen en huidproblemen niet duidelijk verhoogd scoren bij balansventilatie, terwijl ze wel in de lijst staan van klachten die 36 bewoners uit zichzelf in een vroeg stadium bij de GGD hebben gemeld. Dit is een indicatie dat de deelnemers aan de enquête realistische antwoorden hebben gegeven op de vragen. Bovendien bestaat er een overeenkomst met gezondheidsproblemen die eerder aangegeven zijn in een schriftelijke enquête onder bewoners overal in het land zonder dat er sprake was van ongerustheid.

Doordat woningen en gezondheid in dezelfde periode onderzocht zijn (transversaal onderzoek), is er geen informatie beschikbaar of de binnenmilieuproblemen vooraf gingen aan de gezondheidsklachten. Daardoor is het niet mogelijk een definitieve uitspraak te doen over de oorzaak van de klachten. Daar staat tegenover dat er geen reden is om aan te nemen dat verhoogde percentages gezondheidsklachten ook al voor de verhuizing aanwezig waren bij degenen die nu in een woning met balansventilatie wonen.

Generaliseren van de uitkomsten

Hoewel het veel moeite heeft gekost de bewoners van geselecteerde adressen tot deelname te bewegen, is het gelukt om de onderzoeksgroep naar wens samen te stellen. De 2 te onderzoeken ventilatiesystemen waren elk aanwezig in ongeveer de helft van de onderzochte woningen. Ook de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) was gelijkelijk verdeeld over de onderzoeksgroepen. Degenen die zich met gezondheidsklachten hadden aangemeld bij de GGD hebben ook in het onderzoek kunnen participeren. Daarom is voor een opzet gekozen met drie onderzoeksgroepen. Tussen deze onderzoeksgroepen bestaan geen relevante verschillen in woningkenmerken, leefsituatie en woongedrag, behalve in het type ventilatiesysteem en factoren die daaraan gekoppeld zijn, zoals geluidniveau.

De steekproef is niet representatief voor geheel Vathorst omdat uit is gegaan van woningen met klachten, waar vervolgens woningen ter vergelijking bij zijn gezocht van een vergelijkbaar bouwjaar en bouwtype. De recentere woningen zijn anders gebouwd. Daarom valt niet zomaar te berekenen hoeveel soortgelijke situaties er bestaan binnen de wijk. Daardoor valt nu niet aan te

geven hoeveel gezondheidsproblemen er in Vathorst te verwachten zijn in relatie tot ventilatiesystemen.

In principe zou dit wel alsnog kunnen door de gegevens te vertalen naar verschillende woningtypes. DWA heeft ten behoeve van de steekproef 36 verschillende woningtypen onderscheiden. Het is mogelijk te onderzoeken wat het percentage is van deze woningtypen in de onderzoeksgroep en in de wijk. Hiermee is een vertaalslag te maken door de gegevens van de onderzochte groep verhoudingsgewijs om te rekenen naar Vathorst, aannemende dat de kenmerken van bewoners in de onderzochte groep niet verschillen van die van de bewoners van de hele wijk. Dit is niet gedaan omdat het niet tot de onderzoeksvragen behoorde.

De uitkomsten van het onderzoek zijn wel kwalitatief te generaliseren voor vergelijkbare woningen in Vathorst en elders in het land waar gebalanceerde ventilatiesystemen worden toegepast.

Niet voldoen aan de voorschriften.

Het is opvallend dat de percentages woningen waarvan de capaciteit van de ventilatie niet voldoet aan de eisen van het Bouwbesluit, sterk overeenkomt met de percentages die gevonden zijn in eerder onderzoek. Dit wijst erop dat het tekortschieten van de ventilatiecapaciteit in Vathorst geen incident is.

tabel 29 Percentages van woningen met ventilatiecapaciteit die niet voldoet aan wettelijk voorschrift

	<i>GGD Groningen 2002</i>	<i>Cauberg-Huygen, VROM-I 2005</i>	<i>DWA, Vathorst 2007</i>
afzuiging in keuken, toilet en badkamer bij luchttoevoer via roosters	84%	56%	72%
afzuiging in keuken, toilet en badkamer bij balansventilatie		71%	85%
luchttoevoer in woonkamer bij balansventilatie	-	31%	33%
luchttoevoer in slaapkamer bij balansventilatie	-		6%

Na inregelen zou de *toevoercapaciteit* van balansventilatie onvoldoende blijven in 23% van de woningen die Vathorst onderzocht zijn. Dit percentage was bij metingen elders door Nieman ca. 50%. Een mogelijke verklaring is dat in Vathorst een groot deel van de ventilatiesystemen aangelegd is door een installatiebedrijf dat daarin gespecialiseerd is, terwijl de door Nieman onderzochte woningen waarschijnlijk door verschillende installatiebedrijven gerealiseerd zijn.

De uitkomsten van de capaciteit van de toevoer via roosters zijn deels gebaseerd op inspectie omdat de technische gegevens van de roosters van veel woningen niet meer te achterhalen zijn.

De *afzuigcapaciteit* van de onderzochte ruimtes in Vathorst voldoet minder vaak dan elders door Nieman gemeten in nieuwbouw. Dit is misschien toe te schrijven aan vervuiling van het systeem, aangezien in Vathorst sterk vervuilde ventilatie-units, kanalen en ventielen zijn aangetroffen. Door vervuiling stijgt de weerstand en daalt de capaciteit.

Als de ventilatiecapaciteit nu voldoet aan de Bouwbesluit-eisen, betekent dit niet dat dit in de toekomst zo blijft. Door vervuiling en slijtage kan de capaciteit snel verminderen.

Balansventilatie

Het is voor het eerst dat in Nederland zoveel gegevens zijn verzameld naar aanleiding van gezondheidsklachten die door bewoners werden toegeschreven aan het ventilatiesysteem in hun woning. De verkregen informatie bevestigt hun indruk dat centrale gebalanceerde ventilatie gepaard gaat met veel hogere percentages van een aantal gezondheidsproblemen. Bij het vaststellen daarvan is deels gebruik gemaakt van vragenlijsten en metingen die eerder elders ook dergelijke verbanden aan het licht hebben gebracht. Dat er in Vathorst meer en sterkere verbanden gevonden zijn kan het gevolg zijn van het beperken van de analyse tot gezondheidsklachten die afnemen of verdwijnen als de bewoner buitenshuis vertoeft. Het vinden van een statistisch verband in Vathorst maakt het aannemelijk dat er werkelijk een dergelijke relatie bestaat.

Het is opvallend dat de verbanden tussen de aanwezigheid van balansventilatie en gezondheidsproblemen sterker zijn dan de verbanden tussen de onderzochte factoren en de gezondheidsproblemen. Geen van deze factoren biedt een sluitende verklaring voor het optreden van de gezondheidsproblemen. Het kan zijn dat een andere factor van belang is of een combinatie van factoren. De relatie tussen balansventilatie en gezondheidsproblemen kan dan indirect zijn, bijvoorbeeld als volgt. *Balansventilatie leidt tot een ongunstig binnenmilieu. Een ongunstig binnenmilieu ontstaat mede door andere factoren en kan ook ontstaan zonder balansventilatie, maar de kans op een ongunstig binnenmilieu is groter bij balansventilatie. Vervolgens verhoogt een ongunstig binnenmilieu de kans op bepaalde gezondheidsklachten.*

Geluid

Een belangrijke factor in het binnenmilieu in relatie tot het ventilatiesysteem is de geluidproductie ervan. Bewoners ondervinden hinder van het geluid van mechanische ventilatie. Dat valt af te leiden uit hun reacties op vragen, maar ook uit hun keuze van de schakelstand. Ongeacht het type ventilatiesysteem staat de schakelaar doorgaans op de laagstand. De luchtstroom is dan ongeveer 10% van het maximum. In de laagstand haalt geen enkele woning de luchtverversing die aanbevolen is door de Gezondheidsraad. Het niveau van de ventilatiecapaciteit dat het Bouwbesluit voorschrijft sluit aan bij de aanbeveling van de

Gezondheidsraad, maar wordt pas gehaald in de hoogstand van het ventilatiesysteem. Deze stand wordt vaak gebruikt tijdens koken en douchen, maar het geluidniveau is dan storend. Het geluid is afkomstig van de motor die op vol vermogen draait, van de ventilator die in sommige installaties niet stabiel is en van de kanalen en ventielen die de luchtsnelheid plaatselijk vergroten. Een unit met meer vermogen, kanalen met ruimere dimensies en betere ventielen kunnen de geluidproductie beperken, ook in een stand die evenveel lucht verplaatst. Bij balansventilatie is ook het geluid in de laagstand veelal hinderlijk, met name in de slaapkamer. Daar is winst te behalen door o.a. een goede akoestische ont koppeling. Geluidhinder gaat niet gepaard met een duidelijk verschil in CO₂-concentratie, ook niet tussen woningen met en zonder balansventilatie. Daarom biedt geluidhinder geen goede verklaring voor de gezondheidsklachten bij balansventilatie.

Geluidhinder toont een verband met extreme vermoeidheid en merkwaardigerwijs ook met astma. Het is denkbaar een samenhang op het volgende berust. *Geluidsoverlast heeft een nadelige invloed op het slapen. Bewoners met balansventilatie zijn daardoor meer vermoeid en meer gestresst. Vermoeidheid en stress kunnen een ongunstig effect hebben op het immuunsysteem. Dit kan de frequentie van luchtwegklachten vergroten.* De stress kan bij sommige bewoners wellicht toenemen doordat ze wel zouden willen verhuizen, maar weten dat een huis met balansventilatie lastiger te verkopen is en met minder opbrengst, zoals naar voren is gekomen tijdens het woningonderzoek. Voor deze uitleg bestaat momenteel geen onderbouwing.

Luchtkwaliteit

Bij balansventilatie hebben de bewoners meer klachten over droge lucht. Aangezien de lucht bij metingen niet droger bleek te zijn dan bij luchttoevoer via roosters, vormt dit een aanwijzing dat de droogteklachten worden veroorzaakt door aspecifieke prikkeling van de slijmvliezen. Dit kan berusten op allerlei verontreinigingen.

Er zijn in dit onderzoek geen verontreinigingen of bronnen van mogelijke verontreinigingen geïdentificeerd die een verklaring bieden voor de gezondheidsklachten. Er is wel gevonden dat koken op gas samengaat met meer neusklachten en hoofdpijn. Dit biedt echter geen verklaring voor de verhoogde aantallen gezondheidsklachten bij balansventilatie. De gehalten van formaldehyde waren hoger dan de advieswaarde maar niet hoog genoeg om er de gezondheidsklachten aan toe te schrijven. Het kan zijn dat elders in huis hogere gehalten voorkomen, maar daarover zijn geen gegevens verzameld. De gehalten van de gemeten vluchtige organische stoffen (VOS) waren niet verhoogd. Vermoedelijk zijn er wel andere vluchtige stoffen in verhoogde concentraties aanwezig zoals in alle nieuwe woningen en ruimtes met nieuwe voorwerpen, maar dit verklaart niet de verschillen tussen woningen met en zonder balansventilatie.

De gemeten CO₂-concentraties zijn in veel woningen regelmatig ongewenst hoog, het meest in de slaapkamer. In 1 meetweek is in 72% van de woningen is de concentratie hoger geweest dan 1000 ppm in woonkamer en/of slaapkamer. In ongeveer de helft van de woningen is de hoger geweest dan 1200 ppm. Daarmee voldoet de luchtkwaliteit niet aan de advieswaarde

van de Gezondheidsraad in ongeveer de helft van de onderzochte woningen. Volgens de criteria in NEN 13779 is de kwaliteit matig in 20% van de woningen.

De luchtverversing schiet dus regelmatig tekort in de meeste woningen. Er zijn echter geen duidelijk verschillen gevonden tussen woningen met en zonder balansventilatie. Deze bevindingen komen overeen met de uitkomsten van ander onderzoek (Meijer 2002, Van Dongen 2007).

Dit betekent dat CO₂ geen goede indicator is voor het ongunstige binnenmilieu dat kan bestaan bij balansventilatie. Mogelijk zit het probleem niet in de kwantiteit van de luchtverversing, maar in de kwaliteit van de binnenlucht door een invloed van de mechanische luchttoevoer.

De kwaliteit van de toegevoerde lucht kan in theorie worden beïnvloed door een aantal factoren.

- a. De kwaliteit van de buitenlucht op de plaats van het aanzuigpunt.
- b. De binnenzijde van de kanalen en de ventilatie-unit en de ventielen.
- c. Het toevoerfilter.
- d. Lekkages van de aansluitingen van de kanalen op de ventilatie-unit.
- e. De luchtstroming in de kanalen.
- f. De luchtstroming in de verblijfsruimten.

a). De kwaliteit van de buitenlucht kan bij balansventilatie anders zijn omdat luchttoevoer niet plaats vindt vanuit de gevel maar vanaf het dak. Daar zitten ook een lozingspunt van de balansventilatie en van verbrandingstoestellen zoals de CV-ketel en een eventuele houtkachel. In een rijtje woningen zitten ook de lozingspunten van de burens in de nabijheid van het inlaatpunt van de balansventilatie.

Doorgaans is de afstand tussen afvoer en inlaat voldoende om de afgevoerde gassen zoveel te verdunnen dat dit niet tot problemen leidt bij de inlaat. Er zullen echter ook momenten zijn dat beïnvloeding van de luchtkwaliteit waarneembaar is, bijvoorbeeld door geuren. Er zijn geen redenen om aan te nemen dat de luchtkwaliteit een schadelijke inwerking heeft op het lichaam, maar het ruiken van geuren van de burens uit een mechanische luchttoevoer in de woonkamer of slaapkamer kan ongewenst en belastend zijn. Dit geldt temeer voor degenen die dit niet verwachten en niet bewust voor een mechanische luchttoevoer hebben gekozen. Uit de telefonische enquête en de gesprekken met bewoners tijdens het woningonderzoek is gebleken dat iets dergelijks ook in Vathorst het geval is, maar het speelt waarschijnlijk een ondergeschikte rol in het probleem als geheel.

b). De binnenzijde van kanalen is bedekt met een grijze laag stof. De verontreiniging kan zijn opgetreden tijdens de bouw en tijdens het gebruik. De verontreinigingen hebben een negatieve invloed op de luchtkwaliteit. Dit geldt ook voor de binnenzijde van de ventilatie-unit inclusief de warmtewisselaar.

c). Het toevoerfilter is bedoeld om de lucht schoner te maken en raakt daarbij zelf vervuild. Een vervuild filter heeft een negatieve invloed op de luchtkwaliteit (Wargocki 2004). In de in Vathorst onderzochte woningen met balansventilatie bleken de filters in veel gevallen sterk vervuild. Na reiniging of vervanging en terugplaatsing door de onderzoeker, bleken ze

binnen 1 tot 2 weken alweer fors vervuild. Dit betekent dat de buitenlucht ongewoon veel stofdeeltjes bevat. Deze stofdeeltjes komen ook binnen via onder andere roosters. Daarbij treedt ook enige neerslag op, zodat de binnenlucht niet alle deeltjes bevat die in de buitenlucht zaten. Bovendien zijn veel roosters ook vervuild. Dit heeft eveneens een negatieve invloed op de kwaliteit van de binnenkomende lucht (Roijen 2003).

Het is onbekend waaruit de negatieve invloed van vervuilde roosters en filters op de toegevoerde lucht precies bestaat. Daardoor zijn de vervuilde filters in de balansventilatie niet met zekerheid aan te wijzen als een oorzaak van de gezondheidsproblemen. Totdat een betere verklaring is gevonden, is het redelijk om rekening te houden met de mogelijkheid dat vervuilde filters een belangrijke bijdrage leveren.

Een aantal filters zal in een universitair kader nader onderzocht worden.

d). De ventilatie-unit heeft een toevoer van schone lucht en een afvoer van verontreinigde lucht. Wanneer de kanalen niet hermetisch op de unit aansluiten kan vermenging optreden. In bepaalde gevallen kan verontreinigde lucht naar de woning worden toegevoerd.

In Vathorst zijn bij de inspectie tekortkomingen geconstateerd bij 2 installaties: een toevoerkanal van buiten zat los en er zaten scheuren in de tape bij de aansluiting van een kanaal op de unit.

e). Het stromen van lucht in de kanalen kan invloed hebben op de elektrische lading van deeltjes in mechanisch toegevoerde lucht. Het is onbekend welke invloed dit kan hebben op de gezondheid. Er zijn bedrijven die beweren dat zij apparaten verkopen die een gunstig effect hebben door het veranderen van geladen deeltjes in de lucht, maar dit berust niet op gedegen wetenschappelijk onderzoek.

f). Luchtbewegingen in verblijfsruimten zijn anders bij balansventilatie dan bij luchttoevoer via roosters. In Vathorst wijzen de metingen uit dat de luchtsnelheid en de turbulentie bij balansventilatie de aanleiding kunnen zijn voor meer hinder door tocht. In de telefonische enquête geven ook bewoners meer tochthinder aan bij balansventilatie dan bij luchttoevoer via roosters. Waarnemingen van de onderzoekers bevestigen dat hinderlijke luchtstromen voelbaar zijn.

Het is denkbaar dat de mechanische luchttoevoer leidt tot luchtsnelheden en turbulentie die meer stofdeeltjes in de lucht houden, waaronder ook stofdeeltjes uit de woning zelf. Er is in dit onderzoek niet gemeten hoeveel stof de lucht bevat. Uit onderzoek elders is niet gebleken dat er wat dit betreft een verschil bestaat tussen balansventilatie en luchttoevoer via roosters.

De voor de gezondheid ongunstige kwaliteit van het binnenmilieu bestaat ook in woningen die voldoen aan de wettelijke eisen. Dit betekent dat regelgeving, beleid en marktwerking ten tijde van de bouw niet hebben geleid tot het vermijden van deze ongunstige situatie.

EPC

De aanscherping van de wettelijke norm voor de EPC gaat samen op met de toenemende wens naar meer wooncomfort. Aan deze eisen en wensen is alleen te voldoen door een integraal

ontwerp van gebouwconstructie, oriëntatie, isolatie, daglichttoetreding, zonwering, warmteafgiftesysteem, ventilatievoorzieningen en luchtdichtheid. De ventilatievoorzieningen spelen hierin een sleutelrol. Tekortkomingen in ontwerp, realisering en onderhoud van de ventilatievoorzieningen hebben nadelige gevolgen voor het energiegebruik en voor het binnenmilieu. TNO heeft berekend dat bij het verlagen van de EPC vooral kierdichting de kans op gezondheidsverlies aanzienlijk vergroot (Pernot 2003).

In dit onderzoek is geen verband gevonden tussen de EPC en gezondheidsklachten. Dat geeft geen uitsluitsel over het wel of niet bestaan van zo'n verband omdat er tussen de onderzochte woningen onderling weinig verschil bestond in de EPC-waarden. Het kan zijn dat met een groter contrast tussen hoge en lage EPC's wel verbanden met gezondheidsproblemen te vinden zijn.

Te concluderen valt dat het voor de gezondheidsklachten weinig verschil maakt of de EPC wat hoger of wat lager is dan 0,81. Binnen de aangetroffen range van 0,74 tot 0,96 is de directe invloed op de gezondheid blijkbaar gering. Indirect heeft de te behalen EPC wel effect op de gezondheid, namelijk door invloed op de keuze voor een ventilatiesysteem. Als er gekozen wordt voor balansventilatie, dan blijkt dat ongunstig te zijn voor de kwaliteit van het binnenmilieu en voor de gezondheid. Dat ligt waarschijnlijk aan de dimensionering, de materialen en de plaatsing, maar in de huidige situatie is dit een feitelijkheid, gegeven de regelgeving, de markt en de communicatie.

Omdat de eisen aan de EPC de drijvende kracht vormen voor de keuze voor balansventilatie en aangezien gebleken is dat balansventilatie in de huidige constellatie gepaard gaat met ongewenste effecten, ligt het voor de hand de aanscherping van de EPC vergezeld te laten gaan van flankerend beleid.

Communicatie en meningsvorming

Systemen voor balansventilatie sluiten niet aan bij gedragspatronen van bewoners. De meeste bewoners met balansventilatie gebruiken ramen en deuren net zo als degenen zonder balansventilatie. Ze hebben niet het gevoel dat hun balansventilatie voldoende frisse lucht inblaast (Soldaat 2007).

Het verwachtingspatroon van bewoners speelt een belangrijke rol bij de waardering van hun woning. In veel gevallen is het wooncomfort minder dan men had verwacht. Tijdens het onderzoek is de indruk gerezen, dat bewoners in allerlei opzichten onvoldoende zijn ingelicht over de verschillen tussen het 'nieuwe wonen' in Vathorst en het 'oude wonen' dat de meesten gewend zijn. Thema's die ze regelmatig noemen, zijn geluidhinder van het ventilatiesysteem, allerlei vormen van tocht, slechte doorluchting van verblijfsruimten en oververhitting door zonneschijn. Enkele huishoudens hebben hun centrale balansventilatie vervangen door een ander systeem of zelfs de balansventilatie zelfs helemaal uitgeschakeld, met alle gevolgen van dien.

Het is gebleken, dat niet iedereen even goed is geïnformeerd over het ventilatiesysteem dat in huis aanwezig is, hoe het werkt, wat ervan te verwachten is en hoe het gebruikt kan worden. Een klein aantal mensen heeft uit zichzelf het onderzoeksteam hierop geattendeerd. In andere gevallen heeft het onderzoeksteam dit zelf kunnen concluderen naar aanleiding van een onjuiste interpretatie door bewoners. Een gebrek aan inzicht kan bijdragen aan onrealistische

verwachtingen. Bovendien vermindert dit het vermogen om geruchten of eenzijdige interpretaties van anderen voor zichzelf te nuanceren.

Koeling

Een voorbeeld is wat eufemistisch ook wel 'vrije koeling' genoemd wordt. Dit slaat op de niet wettelijk verplichte (maar wel onmisbare) aanwezigheid van een bypass van de warmterugwinning bij balansventilatie. Deze bypass dient om koele buitenlucht buiten de warmterugwinning om binnen te halen wanneer het binnen te warm is. Maar een aantal bewoners denkt een vorm van airconditioning in huis te hebben, die in hun optiek niet functioneert.

De gesprekken met bewoners suggereren dat degenen die redelijk tot goed geïnformeerd zijn over het ventilatiesysteem, minder klachten over het systeem hebben. Deze mensen geven bijvoorbeeld aan er begrip voor te hebben, dat het ventilatiesysteem een zekere mate van geluid produceert. Tocht bij ventilatieroosters wordt toegeschreven aan een aspect waarop men geen invloed heeft: het weer. Toch is de acceptatiegraad hoog. Tijdens het woningonderzoek zeiden een aantal bewoners: "het is logisch dat je soms tocht voelt." Deze groep lijkt volgens de onderzoekers bovendien minder geneigd om gezondheidsklachten toe te schrijven aan het ventilatiesysteem.

Risico's voor de gezondheid

Uit de bevindingen is af te leiden dat de onderzochte bewoners blootstaan aan een aantal risicofactoren, met name balansventilatie, nodeloos geluid, luchtbeweging, koken op gas, formaldehyde, en hoge binnentemperatuur in de zomer. De gezondheidsproblemen tonen een verband met een aantal van deze factoren, vooral met de aanwezigheid van balansventilatie. Het is te verwachten dat de gezondheidsproblemen reversibel zullen blijken als de oorzakelijke factoren worden weggenomen. Het is echter niet duidelijk wat precies de oorzakelijke factoren zijn. Daarom is het raadzaam om maatregelen te richten op diverse risicofactoren en daarbij te onderzoeken wat de effecten zijn. Voordat een maatregel tegen formaldehyde valt te nemen, is het noodzakelijk na te gaan wat de belangrijkste bronnen van formaldehyde in een nieuwe woning zijn.

Opties voor verbetering van de bestaande woningen

Om de bewoners te helpen en tegelijk meer zicht te krijgen op de oorzaken van de klachten zou de aandacht zich moeten richten op het verhelpen van klachten. De effectiviteit van de maatregelen zou onderzocht moeten worden. Om onderzoek mogelijk te maken, dienen verbeteringen niet alleen doorgevoerd te worden in woningen van degenen die zich actief met een klacht hebben gemeld, maar ook in controlewoningen. Een complicerende factor is dat de fabrikanten van toestellen voor balansventilatie evenals de woningcorporaties al begonnen zijn met verbeteractiviteiten.

Verbetering kan zich richten op informatie, op het verhelpen van kleine tekortkomingen van ventilatiesystemen en/of op ingrijpende maatregelen. Het is redelijk de verbeteringen te faseren: eerst de eenvoudige en pas indien dan noodzakelijk ook de ingrijpende.

Het informeren van de bewoners kan inzicht geven in de werking van ventilatiesystemen in het algemeen. Daarnaast kan informatie worden gegeven over het specifieke systeem in hun woning en het juiste onderhoud ervan. De aangeboden informatie kan schriftelijk, mondeling en digitaal zijn. Omdat de negatieve oordelen van bewoners een goed gebruik van de het ventilatiesysteem kunnen belemmeren, dienen bewoners de gelegenheid te krijgen hun oordeel over hun ventilatiesysteem voor te leggen aan een deskundige.

Kleine verbeteringen van de ventilatiesystemen zijn onder andere (opnieuw) inregelen en verhelpen van onbalans van de ventilator en het toepassen van geluiddempend montagemaatstap. Dit geldt voor zowel balansventilatie als mechanische afzuiging bij toevoer via roosters. Bij balansventilatie zijn kleine verbeteringen ook het aanbrengen van een ontbrekende condensafvoer en het plaatsen van specifieke (maar duurdere) inblaasventielen ter vermindering van de tochtklachten en vermindering van de geluidsoverlast. In sommige gevallen kan eenvoudig het juiste akoestische materiaal in de kanalen rond de balansventilatie-unit worden aangebracht ter vermindering van de verspreiding van geluid. In andere gevallen vergt dit een grote ingreep. Een grote ingreep is meestal ook het verplaatsen van de ventilatie-unit zodat filters gemakkelijk te bereiken zijn ter reiniging en vervanging. Dit is vooral van belang bij balansventilatie omdat filters voor de luchttoevoer frequent gereinigd en vervangen moeten worden. Voor iedere mechanische ventilatie kan het een grote ingreep zijn de ventilatie-unit te verplaatsen van een lichte wand naar een zware wand. In sommige woningen is dit echter eenvoudig uitvoerbaar.

De onderzochte woningen dienen zodanig verbeterd te worden dat ze tenminste voldoen aan het Bouwbesluit. Dit is een verantwoordelijkheid van de bewoner waar het gaat om een zolder met een ander gebruik dan is vastgelegd in de Bouwvergunning. Het is een verantwoordelijkheid van de verkoper of verhuurder waar het gaat om een kwaliteitsgebrek van het geleverde. Voorzover het gaat om woningen gebouwd onder GIW-garantie, kan het GIW een bemiddelde rol spelen.

Verbetering van woningen buiten het onderzoeksgebied kan op dezelfde wijze plaatsvinden. Om het proces overal op gang te brengen moet de eigenaar een motief hebben. Dat kan door de kwaliteit van het ventilatiesysteem inzichtelijk te maken, ten minste bij overdracht een aan nieuwe koper of huurder. Daartoe valt aan te sluiten bij het energielabel dat met ingang van 2008 verplicht moet worden voorgelegd bij overdracht van een woning. Dat label is vrijwillig of verplicht zodanig aan te passen dat het ook zicht geeft op de capaciteit van de mechanische ventilatie en de geluidproductie daarvan.

De laatste maatregel is vooral afhankelijk van de rijksoverheid. De andere opties kunnen worden uitgevoerd door de bouw- en verhuursector omdat het gaat om het realiseren van een kwaliteit die van het product verwacht mag worden. Zij kunnen de leveranciers aanspreken voorzover het gaat om tekortkomingen in materialen en toestellen.

Opties voor verbetering van toekomstige nieuwbouwwoningen

In nieuwe woningen is het gemakkelijker de problemen te voorkomen dan om ze later te verhelpen.

Om te beginnen kan de mechanische ventilatie ruimer gedimensioneerd worden. Het Bouwbesluit schrijft slechts een minimum voor en de meerkosten van een ruimere ventilatie zijn gering ten opzichte van de voordelen voor de kwaliteit van het binnenmilieu, zowel wat betreft luchtverversing als wat betreft geluidproductie. Bij een nodeloos grote capaciteit gaan de nadelen overheersen: naast de kosten ook de belasting voor het milieu. Een middenweg is een mechanische ventilatiecapaciteit die 50% groter is dan voorschreven in het Bouwbesluit en met een middenstand die tenminste de 50% haalt van die capaciteit. In die middenstand dient de middenstand een acceptabele geluidproductie te hebben. Bij een ventilatiesysteem zonder overcapaciteit geldt dit voor de hoogstand. Wat acceptabel is, valt te ontleen aan NEN 1070 (1999).

Voor nieuwbouw van koopwoningen waarvoor een garantieregeling wordt afgesproken, zijn daarin eisen aan het geluid van de eigen installaties vast te leggen. De GIW/ISSO-publicatie (GIW 2006) stelt reeds prestatie-eisen voor geluid van de eigen ventilatie-installatie. Deze regeling wordt echter niet afgesproken voor alle nieuwbouwwoningen. Bovendien is de regeling uiteraard niet toepasbaar bij verhuur, en evenmin bij verkoop van een bestaande woning. Als een dergelijke regeling wordt vastgelegd is het van belang de geluideisen te koppelen aan de wettelijk vereiste ventilatiecapaciteit.

Naast de prestatie-eisen kan kwaliteit worden bevorderd door richtlijnen voor ontwerp en uitvoering. Er bestaan al normen, technische handboeken en de voorschriften van leverancier. Voor balansventilatie geeft de ISSO-publicatie 62 een bruikbaar minimum. Het toepassen van dergelijke richtlijnen kan worden geborgd door bijvoorbeeld certificering met extern toezicht. Het marktmechanisme is tot nu toe niet in staat gebleken tot het realiseren van voldoende kwaliteit van ventilatiecapaciteit en geluidproductie. Door afspraken met de sector of door regelgeving kan de rijksoverheid daarin verandering brengen. Dit geldt ook voor het treffen van een regeling waardoor regelmatig onderhoud van mechanische luchttoevoer onontkoombaar wordt, bijvoorbeeld een verplicht onderhoudscontract of een periodieke keuring.

Bijzondere aandacht is nodig voor een aantal aspecten. Het beperken van verhitting in de zomer door het toepassen goede buitenzonwering die spuien niet belemmert en door het voorkomen van het toepassen van balansventilatie zonder bypass van de warmteterugwinning. Het verbeteren van de subjectieve luchtkwaliteit en het comfort door het aanbrengen van roosters of raampjes in de gevel bij balansventilatie, ook al lijkt dit overbodig uit technisch oogpunt. Het afraden van een motorloze wasemkap aangesloten op het ventilatiesysteem. En het adequaat informeren van bewoners over het gebruik en het onderhoud van hun systeem.

8. ANTWOORDEN OP ONDERZOEKSVRAGEN EN ANDERE CONCLUSIES

Voor het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd; ze worden in het onderstaande beantwoord.

- I. Voldoen de betreffende woningtypen aan wettelijke eisen?
- II. Wat is de kwaliteit van het binnenmilieu in deze woningen?
- III. Is er een relatie te leggen tussen de kwaliteit van het binnenmilieu en de woning met zijn technische voorzieningen?
- IV. Is er een relatie te leggen tussen de kwaliteit van het binnenmilieu en de gezondheidsklachten van de bewoners?
- V. Welke interventies zijn geschikt om het binnenmilieu te verbeteren met het oog op de gezondheid?

Daarna wordt ook aangegeven wat dit betekent voor de bewoners

I. Voldoen de betreffende woningtypen aan wettelijke eisen?

In de woningen met balansventilatie bleek de capaciteit van de *luchttoevoer* in de hoogstand aan de wettelijke eis te voldoen in 67% van de woonkamers en 94% van de slaapkamers. In 77% van de woningen is bij elkaar opgetelde toevoer voldoende voor de woonkamer en de slaapkamers tezamen. Na beter inregelen zou de toevoer voor de hele woning dus onvoldoende blijven bij 23% van de huizen met balansventilatie. In woningen zonder balansventilatie is de capaciteit van de toevoerroosters in alle gevallen voldoende. Alle onderzochte woningen zijn voorzien van een mechanische *luchtafvoer*. In circa 40% van de badkamers en in ca. 65% van de toiletten voldeed de capaciteit van de mechanische ventilatie niet aan de wettelijke voorschriften; dit was ook het geval in ca. 35% van de keukens waarin de gehele afvoer meetbaar was. In slechts 15% van de woningen met gebalanceerde ventilatie wordt er in zowel toilet, badkamer als keuken voldoende lucht afgezogen om te voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit. In nog eens 15% van de woningen met balansventilatie kan na het inregelen van de afzuigventielen in al deze drie ruimten worden voldaan aan de eisen van het Bouwbesluit. Mogelijk is dit percentage groter, maar dat blijkt niet uit de metingen: bij 70% van de woningen met gebalanceerde ventilatie is de opgetelde afzuiging ontoereikend. In 28% van de woningen met luchttoevoer via roosters wordt voldaan aan de afvoereis. De onvoldoende capaciteit leidt tot tekort schietende luchtverversing en tot extra geluidhinder doordat de installatie niet goed functioneert.

tabel 30 Geconstateerd percentage woningen met onvoldoende ventilatiecapaciteit

	<i>Luchttoevoer via roosters</i>	<i>Balansventilatie</i>
Opgetelde toevoercapaciteit in woonkamer + slaapkamers	0%	23%
Aangetroffen afzuigcapaciteit in keuken, toilet en/of badkamer	72%	85%

Omdat deze bevindingen overeenkomen met de bevindingen elders, zijn de tekortkomingen waarschijnlijk niet toevallig. In sommige gevallen is het ventilatiesysteem niet goed ingeregeld, in andere gevallen zijn ventielen aangepast naar aanleiding van klachten of door bewoners zelf, en in enkele woningen is de toevoerventilator van de balansventilatie permanent uitgeschakeld (soms bewust, soms onbewust). Daarnaast kan vervuiling van het ventilatiesysteem een rol spelen. Een aanzienlijk deel van de tekortkomingen kan echter al bij oplevering bestaan hebben, gezien de leeftijd van de woningen en gezien onderzoek elders (Slot 2005).

Bij het onderzoek is niet geconstateerd dat bij het verlenen van de bouwvergunning is afgeweken van het Bouwbesluit. Wel is geconstateerd dat in de sommige woningen het gebruik afwijkt van hetgeen is aangegeven in de aanvraag voor de bouwvergunning. Daarin staat de zolder, indien aanwezig, waarschijnlijk aangeduid als *onbenoemde ruimte*. Een onbenoemde ruimte telt niet mee bij het berekenen van de verplichte ventilatiecapaciteit. De ventilatiecapaciteit (en de daglichttoetreding) voldoen in de meeste gevallen niet aan de voorschriften die zouden gelden als het een verblijfsruimte was. In circa 15% van de woningen met een zolderverdieping is die (of een deel ervan) in gebruik genomen als speel-, logeer- of slaapkamer en dus als *verblijfsruimte* in de zin van wet. Men is daarbij voorbijgegaan aan de eisen die gelden voor een verblijfsruimte. Dit leidt tot tekort schietende luchtverversing en hinder van installatiegeluid in de betreffende ruimte.

RESUMÉ

Samengevat, in merendeel van de woningen voldoet de ventilatiecapaciteit niet aan de wettelijke eisen.

Als de ventilatiecapaciteit nu wel voldoet aan de Bouwbesluit-eisen, betekent dit overigens niet dat dit in de toekomst zo blijft. Door vervuiling en slijtage kan de feitelijke capaciteit snel verminderen. Het is de verantwoordelijkheid van de eigenaar dat de woning blijft voldoen aan de eisen.

II. Wat is de kwaliteit van het binnenmilieu in de woningen?

Geluid van ventilatiesysteem

In 87% van de onderzochte woonkamers maakt de mechanische ventilatie in de hoogstand nodeloos veel geluid (> 30 dB(A)). In de laagstand geldt dit voor 37% van de woningen met balansventilatie en 17% met luchttoevoer via roosters.

In 81% van de slaapkamers maakt balansventilatie in de hoogstand nodeloos veel geluid, zonder balansventilatie is dit 19%. In de laagstand gaat het om 12% resp. 6% .

Van de geënquêteerden met balansventilatie geeft 67% geluidhinder aan, tegen 10% met luchttoevoer via roosters en mechanische luchtafvoer. In de laagstand is dit 24% en 6%.

Tocht

Gezien de gemeten luchtsnelheid en turbulentie is in de hoogstand tocht hinder te verwachten in 26% van de woningen met balansventilatie en in 8% van de woningen zonder balansventilatie. In de laagstand is dit in 16% resp. 2% van de woningen.

Door 17% van de geënquêteerden is tocht hinder aangegeven in woningen met balansventilatie en 32% in woningen met luchttoevoer via roosters.

CO₂-concentratie

In de woonkamers zijn de CO₂-concentraties regelmatig hoger dan wenselijk is. De ventilatie schiet vaker tekort in de slaapkamers dan in de woonkamers. De luchtkwaliteit is in woonkamer en/of slaapkamer in 20% van de woningen matig en in 48% onvoldoende. Er zijn geen duidelijk verschillen gevonden tussen woningen met en zonder balansventilatie.

Thermisch comfort

De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid liggen gedurende 5 tot 10% van de tijd in alle woningen buiten de criteria voor een behaaglijk binnenklimaat. Dit vindt waarschijnlijk plaats wanneer de bewoners afwezig zijn. Het onderzoek is gedaan tijdens het stookseizoen.

Uit de mededelingen van bewoners komt naar voren dat in de zomer de temperatuur vaak te hoog oploopt. Dit is vooral een probleem in woningen met balansventilatie zonder bypass.

Het is moeilijk de warmte uit dergelijke woningen kwijt te raken.

Formaldehyde en V.O.S.

De formaldehyde-gehalten zijn in alle woningen hoger dan de advieswaarde van het RIVM en in 67% van de woningen is de concentratie hoger dan het maximaal toelaatbare risiconiveau van VROM. Dit is niet ongebruikelijk. De gevonden concentraties zijn niet hoog genoeg om er meer gezondheidsklachten aan toe te schrijven dan lichte slijmvliesprikkeling bij sommige personen.

De gehalten van vluchtige organische stoffen (V.O.S.) waren niet verhoogd.

Vocht

In slechts enkele woningen zijn vocht- en of schimmelplekken aangetroffen. Deze waren deels het gevolg van (recente) lekkages. In enkele woningen zijn de vochtproblemen waarschijnlijk ontstaan door het uitschakelen van (een deel van) de balansventilatie.

RESUMÉ

Al met al is in de meeste woningen de kwaliteit van het binnenmilieu ongunstig wat betreft geluid, luchtbeweging, luchtverversing, formaldehyde en zomertemperatuur.

Daarbij bestaat geen strijdigheid met wettelijke eisen.

III. Is er een relatie te leggen tussen de kwaliteit van het binnenmilieu en de woning met zijn technische voorzieningen?

EPC

Er is geen direct verband gevonden tussen de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) en de kwaliteit van het binnenmilieu, maar dat kan het gevolg zijn van de geringe verschillen tussen de EPC's van de onderzochte woningen.

Laagstand

Mede om hinderlijk geluid en tocht te voorkomen, maken bewoners geen optimaal gebruik van hun ventilatievoorzieningen; de mechanische ventilatie staat doorgaans in de laagstand. Dit geldt voor beide ventilatiesystemen, maar wat meer voor balansventilatie.

Balansventilatie

Bij gebalanceerde ventilatie is het geluidniveau hoger dan bij luchttoevoer via roosters. Dit geldt ook voor de intensiteit van de luchtbewegingen en daarmee de kans op tocht. Er zijn bij balansventilatie inderdaad ook meer bewoners die desgevraagd aangeven last te hebben van geluid en tocht.

Zolder

In woningen met een slaapkamer op zolder hebben bewoners meer hinder van het geluid van de ventilatie-unit. In de onderzochte woningen is dit alleen het geval waar bewoners afwijken van de bouwvergunning.

Ervaren droogte

Er is ook een verband gevonden tussen balansventilatie en subjectieve droogte. Omdat de gemeten luchtvochtigheid geen verschil vertoont, zijn de droogteklachten bij balansventilatie vermoedelijk te wijten aan de luchtkwaliteit.

Koken op gas

Koken op gas gaat gepaard met meer klachten van neus en ogen, en meer hoofdpijn, extreme vermoeidheid en doorslaapproblemen dan er optreden bij elektrisch koken. Dit vormt een aanwijzing voor een (periodiek) ongunstig binnenmilieu.

Motorloze wasemkap

In 36 van de 99 woningen is een motorloze wasemkap aangesloten op het ventilatiesysteem. In 2 van deze 36 hebben de onderzoekers geconstateerd dat de motorloze wasemkap helemaal niet functioneert. Ook andere bewoners klagen over gebrekkige afzuiging van kookgeuren. Mogelijk is dat dit minder het geval is bij gebruik van een wasemkap met een afvoer rechtstreeks naar buiten, maar hierover bestaat geen zekerheid.

RESUMÉ

Samengevat bestaat een ongunstig binnenmilieu vaker bij balansventilatie dan bij luchttoevoer via roosters. Koken op gas en een motorloze wasemkap zijn bijkomende risicofactoren.

Het is overigens niet gebleken dat balansventilatie altijd leidt tot een ongunstig binnenmilieu. De problemen met geluid en tocht zijn voor een belangrijk deel toe te schrijven aan tekortkomingen in ontwerp, materiaalkeuze, uitvoering en onderhoud.

IV. Is er een relatie te leggen tussen de kwaliteit van het binnenmilieu en de gezondheidsklachten van de bewoners?

EPC

Er is geen direct verband gevonden tussen de EPC en de onderzochte gezondheidsproblemen, maar dat kan het gevolg zijn van de geringe verschillen tussen de EPC's van de onderzochte woningen.

Wel leidt de materialisatie om aan de EPC te voldoen in veel gevallen tot de keuze voor balansventilatie. De centrale balansventilatie blijkt een belangrijke faalfactor voor de kwaliteit van het binnenmilieu en voor gezondheidsklachten. Zonder maatregelen is te verwachten dat het energiebeleid zal leiden tot een toename van de onderzochte problematiek.

Geluidhinder

Er is een verband gevonden tussen geluidhinder en extreme vermoeidheid en tussen geluidhinder en astma. Geluidhinder is sterker bij balansventilatie en speelt misschien een oorzakelijke rol bij de gezondheidsproblemen, bijvoorbeeld als stressor, maar hierover zijn geen gegevens verzameld. Het kan ook andersom zijn: de aandoeningen kunnen mogelijk de gevoeligheid voor geluid vergroten.

Luchtbeweging

Verder is er een binnenmilieufactor gevonden die mogelijk een oorzakelijke factor kan zijn. Bij balansventilatie is de gemeten luchtsnelheid en de veranderlijkheid daarvan wat groter dan bij luchttoevoer via roosters. Misschien zorgt dit voor een hoger gehalte van zwevende deeltjes of micro-organismen in de binnenlucht, maar hierover zijn in dit onderzoek geen gegevens verzameld.

Luchtverversing

De ventilatie schiet regelmatig tekort zoals blijkt uit de hoge CO₂-concentraties. Maar de tekortschietende afvoer van verontreinigingen biedt geen goede verklaring voor de gezondheidsproblemen omdat de CO₂-concentraties weinig verschillen tussen beide ventilatiesystemen.

Balansventilatie

De aanwezigheid van een balansventilatie toont veel meer en sterkere verbanden met diverse gezondheidsproblemen. Het gaat om astma en woninggebonden klachten: verkoudheid of hooikoorts en andere neusklachten; luchtwegklachten zoals een piepende ademhaling, benauwdheid en/of kortademigheid; keelpijn, vermoeide of tranende ogen, extreme vermoeidheid, concentratieproblemen en doorslaapproblemen. Een aantal van deze

gezondheidsproblemen komt 3 tot 5 keer vaker voor in woningen met centrale balansventilatie dan in woningen met luchttoevoer via roosters.

De verbanden met balansventilatie zijn statistisch significant. Dat betekent op zich niet dat een oorzakelijke relatie hiermee bewezen is. Maar in eerder onderzoek was al gebleken dat dergelijke gezondheidsklachten vaker voorkomen bij balansventilatie. Oorzakelijk of niet, de gegevens uit Vathorst wijzen in elk geval op een verhoogde kans op dergelijke klachten in de aanwezigheid van balansventilatie. Ontevredenheid en ongerustheid kunnen een rol hebben gespeeld door vertekening van antwoorden op de telefonische enquête, maar dat is waarschijnlijk geen doorslaggevende rol.

Ook al is het oorzakelijke mechanisme onbekend, de aanwezigheid van balansventilatie zoals toegepast in Vathorst, is blijkbaar een probleem. Zonder kennis van het oorzakelijke mechanisme valt niet vast te stellen dat de problemen inherent zijn aan het ventilatiesysteem en dus onvermijdelijk. Er bestaat daarom geen reden om de toepassing van balansventilatie te beëindigen, maar wel om een grotere zorgvuldigheid te betrachten in de communicatie en bij ontwerp, materiaalkeuze, uitvoering en onderhoud.

Koken op gas

Er is een statistisch verband aangetroffen tussen koken op gas en diverse gezondheidsklachten. In eerder onderzoek waren dergelijke verbanden ook al gevonden. Het verdient nadere studie om na te gaan wat de relevantie hiervan is.

RESUMÉ

Kortom, er is een relatie te leggen tussen de aanwezigheid van balansventilatie en een aantal gezondheidsproblemen. Ook geluidhinder, luchtbeweging en koken op gas zijn mogelijk risicofactoren.

V. Welke interventies zijn geschikt om het binnenmilieu te verbeteren met het oog op de gezondheid?

In sommige woningen van degenen die zich met gezondheidsklachten bij de GGD Eemland hebben gemeld, zijn intussen al verbeteringen uitgevoerd. In de overige bestaande woningen met balansventilatie zijn diverse verbeteringen mogelijk. Dit is weergegeven in de aanbevelingen. Daar zijn ook mogelijkheden vermeld om het kwaliteitsbeleid voor nieuw te bouwen woningen aan te scherpen.

VI. Wat betekent dit voor de bewoners?

Voor de bewoners van de onderzochte woningen in Vathorst en van aanverwante woningen bestaat nog een belangrijke vraag, namelijk: heeft onze gezondheid een risico gelopen en/of loopt onze gezondheid in de komende tijd een risico?

Het onderzoek in Vathorst bevestigt de vermoedens dat bewoners van woningen met balansventilatie meer gezondheidsproblemen hebben dan die van woningen zonder balansventilatie. Tevens blijken de bewoners bloot te staan aan een aantal andere risicofactoren, met name nodeloos geluid, luchtbeweging, gebrekkige luchtverversing, koken op gas, formaldehyde, en hoge binnentemperatuur in de zomer. Geluid en luchtbeweging zijn vooral een probleem bij inblaasventielen, en een hoge binnentemperatuur is vooral een probleem in woningen met balansventilatie zonder bypass.

De gevonden verbanden tussen gezondheidsproblemen en balansventilatie en binnenmilieu wijzen erop dat er risico's bestaan. Dergelijke risico's zijn in het algemeen het grootst voor gevoelige groepen, zoals personen met luchtwegaandoeningen, zwangeren, jonge kinderen en ouderen. Het is te verwachten dat de huidige gezondheidsproblemen reversibel zullen blijken als de oorzakelijke factoren worden weggenomen. Zelfs bij verblijf buitenshuis verminderen de klachten immers al snel. Omdat de precieze oorzaak van de gezondheidsproblemen onbekend is, valt echter niet te voorspellen, hoelang ze zullen aanhouden bij verblijf in de woning en wat de verdere gevolgen kunnen zijn.

Er is geen reden om aan te nemen dat een goed ontworpen, goed aangelegde, goed onderhouden en juist gebruikte balansventilatie schadelijk is voor de gezondheid. In de onderzochte toestand vormen de woningen met balansventilatie met hun tekortkomingen echter een risicofactor voor de gezondheid. Daarom is het aan te bevelen om de bestaande tekortkomingen te verhelpen door uitvoering van de hieronder genoemde aanbevelingen.

9. AANBEVELINGEN

Verbetering van de bestaande woningen

Om de bewoners van de onderzochte woningen te helpen, is het raadzaam de volgende maatregelen te treffen. Wat de fasering van uitvoering betreft ligt het voor de hand om een onderscheid te maken tussen eenvoudige en ingrijpende maatregelen (zie hoofdstuk 7).

1. Met de bewoners communiceren over de knelpunten die zij ervaren en helpen zoeken naar een oplossing. De eigenaar blijft primair verantwoordelijk voor de woning maar op bouwkundige en installatie-technische gebreken kan hij degene aanspreken die een en ander heeft geleverd.
Daarbij is het van belang dat de bewoners naast algemene ook specifieke informatie ontvangen over de werking van hun ventilatiesystemen en het juiste onderhoud. Belangrijke algemene boodschappen zijn dat elk mechanisch ventilatiesysteem in de middenstand behoort te staan wanneer er iemand thuis is, en dat het inrichten van een verblijfsruimte op zolder in veel gevallen extra ventilatievoorzieningen vergt. Voor woningen met balansventilatie is het een belangrijke boodschap dat roosters en toevoerfilters en -ventielen moeten worden gereinigd voordat ze zichtbaar vervuild zijn, dat het openen van ramen niet de gebalanceerde ventilatie verstoort maar slechts de warmteterugwinning,
2. Zonodig de mechanische ventilatiesystemen als volgt verbeteren.
 - a. (Opnieuw) inregelen, om de luchtstroom goed te verdelen over de verschillende ruimtes, zodat voldaan wordt aan de eisen van het Bouwbesluit. Waar de capaciteit na inregeling onvoldoende blijft, dient de capaciteit vergroot te worden tot wordt voldaan aan de eisen van het Bouwbesluit.
 - b. Verhelpen eventuele onbalans van de ventilator, om de geluidproductie te verminderen.
 - c. Aanbrengen van het ontbrekend akoestisch materiaal tussen de ventilatie-unit en de kanalen, ter vermindering van de verspreiding van geluid.
 - d. Ventilatie-unit met geluiddempend materiaal monteren op een zware wand, indien de unit nu anders gemonteerd is.
 - e. Ventilatie-unit zo monteren dat filters gemakkelijk te bereiken zijn ter reiniging en vervanging, indien dit nu niet het geval is.
3. Bij balansventilatie zonodig een aantal extra maatregelen nemen.
 - a. Specifieke inblaasventielen plaatsen ter vermindering van de tochtklachten en ter vermindering van de geluidsoverlast.
 - b. Het eventueel ontbreken van een condensafvoer verhelpen.

Om bewoners in het onderzoeksgebied en ook elders te helpen, is het raadzaam om tevens het volgende te doen.

4. Onderzoek naar de effectiviteit van de genomen maatregelen.
5. Onderzoek naar bronnen van formaldehyde in de binnenlucht in woningen.
6. Onderzoek naar gezondheidsrisico's van koken op gas.
7. De capaciteit van de mechanische ventilatie en de geluidproductie daarvan meenemen in het energielabel dat met ingang van 2008 verplicht moet worden voorgelegd bij overdracht van een woning.

Verbetering van toekomstige nieuwbouwwoningen

Om problemen in nieuwe woningen te voorkomen kunnen de volgende maatregelen worden genomen.

8. Burgers informeren over de consequenties van keuzes voor verschillende ventilatiesystemen en wasemkappen. Nieuwe bewoners adequaat informeren over het gebruik en het onderhoud van hun systeem.
9. Zorg dragen dat woningen gebouwd worden met een ruimere ventilatiecapaciteit dan als minimumeis in het Bouwbesluit is voorgeschreven en met een middenstand op de mechanische ventilatie die tenminste de 75% haalt van de capaciteit die nu is voorgeschreven.
10. Opleggen prestatie-eisen voor geluid van de eigen ventilatie-installatie koppelen aan de wettelijk vereiste ventilatiecapaciteit. De eisen kunnen aansluiten bij het niveau van de eisen van de GIW/ISSO-publicatie (GIW 2006), maar niet vrijblijvend.
11. Instellen verplichte kwaliteitsbewaking om te zorgen dat ontwerpen en uitvoeren nauwkeurig plaats vindt volgens de regels der kunst, dat wil zeggen conform de normen, technische handboeken (zoals ISSO-publicatie 62) en de voorschriften van leverancier.
12. Meten prestaties van mechanische ventilatie en de geluidproductie ervan bij oplevering.
13. Toepassen goede buitenzonwering die spuien niet belemmert; geen balansventilatie zonder bypass van de warmteterugwinning; bij balansventilatie tevens roosters of raampjes in de gevel.
14. Een regeling treffen waardoor regelmatig onderhoud van mechanische luchttoevoer onontkoombaar wordt, bijvoorbeeld een verplicht onderhoudscontract of een periodieke keuring.

10. LITERATUUR

Brunekreef B. The great indoors. *Thorax* 2004;59:729–730.

Bouwman JG, et al. Gezondheidskaart; opnamemethodiek gezondheidskwaliteit voor gebouwde en nieuw te bouwen woningen. Rijswijk, Adviesbureau Nieman B.V., 2004.

Buijs A. Statistiek om mee te werken. Houten, EPN, 2005.

Chauhan AJ, et al. Exposure to nitrogen dioxide (NO₂) and respiratory disease. *Rev Environ Health* 1998;13:73–90.

De Hollander AEM, Hanemaaijer AH. Nuchter omgaan met risico's; RIVM rapport 2517011047. Bilthoven, MNP, 2003.

Duijm F. Balansventilatie en gezondheid; waarom klagen bewoners? Rotterdam, ISSO ThemaTech nr 8, 2006.

Dusseldorp A, Bruggen M van, Douwes J, Janssen PJCM, Kelfkens G. Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu. Bilthoven, RIVM rapport 609021029, 2004

Fanger PO, et al. Air Turbulence and Sensation of Draught. *Energy and Buildings* 1988;12:21–39.

Fisk WJ, Faulkner D, Palonen J, Seppanen O. Performance and costs of particle air filtration technologies. *Indoor Air*. 2002;12:223–34.

Gezondheidsraad. Advies inzake het binnenklimaat, in het bijzonder een ventilatieminimum, in Nederlandse woningen. Den Haag, Gezondheidsraad, 1984.

GIW/ISSO. Installatie-eisen voor nieuwbouw eengezinswoningen en appartementen 2007. Rotterdam, ISSO, 2006.

Hanninen OO, et al. Reduction potential of urban PM_{2.5} mortality risk using modern ventilation systems in buildings. *Indoor Air*. 2005;15:246–56.

Hasselaar E. Health performance of housing; indicators and tools. Delft, TU, 2006.

Hendriks U, Meijer G, Duijm F. (Balans)ventilatie in woningen; binnenmilieu Feitenblad 3. Groningen, GGD Groningen, 2007.

ISSO-handboek installatietechniek (2e versie). Rotterdam, ISSO, 2003.

ISSO-publicatie 62; kwaliteitseisen voor gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in woningen. Rotterdam, ISSO, 2003.

Meijer G, Duijm F. Zuinig warm en schoon; balansventilatie en binnenmilieu, metingen in 28 woningen. Groningen, GGD Groningen, 2002

NEN 1070:1999 nl; geluidwering in gebouwen – specificatie en beoordeling van de kwaliteit. Delft, NNI, 1999.

NEN 1087:2001. Ventilatie van gebouwen; bepalingmethoden voor nieuwbouw. Delft, NNI, 2001.

NEN-EN-ISO 7730:2005 en; klimaatomstandigheden – analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid. Delft, NNI, 2005.

Pernot CEE, Koren LGH, Van Dongen JEF, Van Bronswijk JEMH. Relatie EPC-niveau en gezondheidsrisico's als onderdeel van het kwaliteitsniveau van gebouwen; rapport 2003-GGI-R057. Delft, TNO-Bouw, 2003.

RIVM. Standaardvraagstelling Binnenmilieu; Lokale & Nationale Monitor Volksgezondheid. Bilthoven, RIVM, 2006,

Roijen EJA, Op 't Veld PJM. Vervuiling van woning-ventilatiesystemen; rapport 2000.2043-1. Maastricht, Cauberg-Huygen RI, 2003.

Rudblad S, et al. Slowly decreasing mucosal hyperreactivity years after working in a school with moisture problems. *Indoor Air*. 2002;12:138-44.

Soldaat K. Bewonersgedrag en balansventilatie; de invloed van bewonersgedrag op de effectiviteit van balansventilatie. Gouda, Habiforum, 2007.

Slot BJM. Onderzoek handhaving bouwregelgeving: gezondheid in nieuwbouwwoningen. Zwolle, Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs B.V., 2005.

Steenbekkers JHM, Miedema HME, Vos H. Gezondheid en tevredenheid in energiedichte woningen. Leiden, TNO Preventie en Gezondheid, 2002.

Thuis H, Hady M. Binnenmilieu onderzoek Utrecht: een onderzoek naar de relatie tussen woningkenmerken, CARA en de kwaliteit van het binnenmilieu. Utrecht, GG&GD Utrecht, 1998.

Valk HJJ. Praktijkgids Bouwbesluit – Ventilatie. Delft, NEN. 2007.

Van Dongen JEF, Van der Wal JF. Percieved indoor air quality, comfort and health in renovated dwellings with a balanced mechanical ventilation system. Ottawa, Proceedings of Indoor Air '90, the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Toronto, 1990.

Van Dongen JEF, Vos H. Gezondheidsaspecten van woningen in Nederland; 2007-D-R0188/A. Delft, TNO, 2007.

Van Geel PLBA. Bouwregelgeving 2002-2006; brief van de Staatssecretaris van VROM. Tweede Kamer 2005-2006, 28 235, nr 37.

Vig RS, Forsythe P, Vliagoftis H. The role of stress in asthma: insight from studies on the effect of acute and chronic stressors in models of airway inflammation. *Ann N Y Acad Sci*. 2006;1088:65-77.

Vietsch CA. Motie 28 325 nr 34. Verslag Algemeen Overleg over de energieprestatiecoëfficiënt op 23 februari 2006; vergaderjaar 2005-2006, nr 54, blz 3544-3549.

Wargocki P, Wyon DP, Fanger PO. The performance and subjective responses of call-center operators with new and used supply air filters at two outdoor supply rates. *Indoor Air* 2004;14 S 8:7-16.

11. BEGRIPPEN EN AFKORTINGEN IN DIT RAPPORT

Begrippen

balansventilatie = systeem waarbij mechanisch evenveel lucht wordt ingeblazen als afgezogen. Een dergelijke gebalanceerde ventilatie kan werken met 1 centrale unit per woning, of met 1 of meer decentrale units per ruimte. Dit rapport heeft alleen betrekking op centrale balansventilatie.

bypass = voorziening om buiten de warmtewisselaar om te kunnen ventileren

capaciteit = luchtstroom die onder standaard omstandigheden gehaald kan worden als een ventilatievoorziening maximaal aan of open staat.

Cramer's V = statistische maat voor hoe sterk twee factoren met elkaar samenhangen

debiet = volume van een luchtstroom per tijdseenheid

draught rating = score voor verwachte tochtthinder, berekend op basis van luchtsnelheid en turbulentie.

inregelen = met behulp van metingen mechanische luchtstromen naar wens (en voorschrift) verdelen over verschillende ruimtes.

luchtsnelheid = verplaatsing van de lucht in bijvoorbeeld meter per seconde

onbenoemde ruimte = een ruimte die in de aanvraag voor een bouwvergunning niet benoemd is als een verblijfsruimte.

schakelstand = stand van de schakelaar van de mechanische ventilatie: 1 = laagstand, 2 = middenstand, 3 = hoogstand.

significantie = mate van waarschijnlijkheid dat een gevonden statistisch verband berust op toeval; meestal acht men de statistisch verband voldoende significant als de kans op toeval kleiner is dan 0,05

stratum, meervoud: **strata** = groepen van adressen waarbinnen bewoners benaderd zijn het verzoek aan het onderzoek deel te nemen. Dit onderzoek omvat 3 strata: casusgroep, gematchte groep en controlegroep.

transversaal onderzoek = het zoeken naar verbanden tussen gelijktijdige waarnemingen van blootstelling en effect. Uit het vinden van een verband blijkt niet met zekerheid wat oorzaak en gevolg is.

turbulentie = veranderingen in snelheid of richting van de verplaatsing van lucht

ventiel = voorziening om mechanisch toegevoerde of afgevoerde luchtstroom in te regelen.

verblijfsruimte = in het Bouwbesluit gedefinieerd als: "ruimte voor het verblijven van mensen, dan wel een ruimte waarin de voor een gebruiksfunctie kenmerkende activiteiten plaatsvinden". Voorbeeld: woonkamer, slaapkamer of speelkamer.

verdunningsfactor = berekende mate van verdunning van rook, verbrandingsgassen of afgevoerde lucht buiten langs een gebouw of tussen gebouwen. Aan de verdunning zijn eisen gesteld om te voorkomen dat de toegevoerde lucht wordt verontreinigd door afvoeren.

Afkortingen

CO₂ = kooldioxide = koolstofdioxide; in woningen vooral afkomstig van uitgeademde lucht

EPC = relatieve maat voor de hoeveelheid energie die een gebouw nodig heeft voor verwarming en koeling. Sinds 1995 worden in het Bouwbesluit eisen gesteld aan de energiezuinigheid van nieuw te bouwen gebouwen. Met de introductie van de EPC is er voor gekozen de bouwwereld zelf te laten kiezen met welke maatregelen de vereiste energiezuinigheid van een gebouw wordt gerealiseerd. Voor woningen is de maximaal toegestane EPC is per 1 januari 2006 aangescherpt van 1,0 naar 0,8.

dB(A) = decibel als eenheid voor geluidniveau gecorrigeerd voor waarneming door de mens

GIW = Garantie Instituut Woningbouw; dit is een organisatie waarin bouwondernemers, consumenten en overheid vertegenwoordigd zijn. Het GIW wil de kwaliteit garanderen van nieuwbouwwoningen die worden gebouwd met GIW-garantie.

ISSO = het kennisinstituut voor de installatiesector

NEN = het nationale normalisatie-instituut; een onderneming zonder winstoogmerk voor het opstellen van normen gericht op veiligheid, gezondheid, milieu en innovatie.

p = kans dat een gevonden statistisch verband berust op toeval

ppm = part(s) per million; 1 ppm = een miljoenste deel = een milliliter per kubieke meter

VOS = vluchtige organische stoffen, bijvoorbeeld oplosmiddelen zoals aceton of verfverdunner