

Woning-ventilatiesystemen

IEA Annex 27 geeft een aantal simpele beoordelingsinstrumenten waarmee inzicht kan worden verkregen in de eigenschappen van woningventilatiesystemen in relatie tot een aantal belangrijke aspecten zoals binnenluchtkwaliteit, comfort, geluid, energie, kosten en betrouwbaarheid.

In drie artikelen wordt in deze uitgave nader ingegaan op de resultaten van Annex 27. In het eerste artikel op pagina 10 werden de opzet en achtergronden van Annex 27 alsmede de toepassingen in Nederland toegelicht. In dit tweede artikel wordt ingegaan op de beoordelingsmodellen ("simplified tools") voor binnenluchtkwaliteit, thermisch comfort en geluid.

-door Peter Op 't Veld en Wil de Gids***

Het realiseren van een goede en gezonde luchtkwaliteit in woningen is de belangrijkste reden om te ventileren. De kwaliteit van de binnenlucht uit zich vooral in de mate van frisheid van lucht en de afwezigheid van verontreinigingen en vocht. 'Thermisch comfort' betekent voor bewoners vooral de afwezigheid van tocht. 'Geluid' betekent de afwezigheid hiervan, vooral de afwezigheid van installatiegeluid, bijvoorbeeld van ventilatoren en stromingsruis. Echter ook het toetreden van buitengeluid via ventilatievoorzieningen is een belangrijke factor. Het optreden van tocht en geluid van of via ventilatiesystemen kan er toe leiden dat ventilatievoorzieningen niet worden gebruikt. Dat wil zeggen: ventilatioerosters worden gesloten of ventilatoren worden uitgeschakeld. Ondanks het feit dat doorgaans de nominale capaciteit van de ventilatievoorzieningen wel aan de regelgeving voldoet kan het door het optreden van geluid en tocht gebeuren dat deze capaciteit niet wordt gebruikt, met alle gevolgen voor de uiteindelijke

luchtkwaliteit van dien. Er bestaat vooralsnog geen twijfel over dat de voorgeschreven ventilatiecapaciteiten in het Bouwbesluit niet voldoende zouden zijn om een gezond binnenmilieu te handhaven. We moeten er echter wel voor zorgen dat deze voorzieningen dusdanig worden ontworpen en ingericht dat ze ook daadwerkelijk kunnen worden gebruikt. De beoordelingsmodellen voor thermisch comfort en geluid uit Annex 27 geven nader inzicht over de wijze waarop aan deze randvoorwaarden kan worden voldaan.

BEOORDELINGSMETHODE VOOR LUCHTKWALITEIT

Het is niet gemakkelijk om een eenduidige methode voor het beoordelen van een ventilatiesysteem op het aspect luchtkwaliteit op te zetten. Het aspect 'luchtkwaliteit' is zoveel omvattend dat altijd een keuze tussen de onderwerpen die daarmee verwant zijn zal moeten worden gemaakt. In de eerste plaats is dus een keuze gemaakt over de aspecten van binnenluchtkwaliteit

die zouden moeten worden getoetst. Het onderzoek heeft zich uitgestrekt tot het toetsen van:

- CO₂ als indicator voor door het menselijk lichaam geproduceerde stoffen;
- tabaksrook;
- te hoge luchtvochtigheid (condensatie);
- lage luchtvochtigheid;
- het luchtdrukverschil tussen binnen en buiten;

Voor de verontreinigingen zijn nagebootst:

- een emissiebron die evenredig is met het vloeroppervlak. Men zou deze bron kunnen bestempelen als 'emissie uit bouwmaterialen';
- een emissiebron gerelateerd aan het verblijf van personen in ruimten (CO₂);
- een bron die gerelateerd is aan het koken (CO en NO_x);
- tabaksrook;
- een vochtbron die gerelateerd is aan koken, wasdrogen, douchen, etc.

Tenslotte is natuurlijk de warmte die in het stookseizoen nodig is om de lucht op te warmen ook berekend en in de evaluatie meegenomen.

Met behulp van gestandaardiseerde invoergegevens (tabel 1) is met verschillende modellen nagegaan welke niveaus er gedurende het gehele jaar zullen optreden. De simulaties zijn uitgevoerd met de modellen Siren 95, Breeze and COMIS. De resultaten van Siren 95 zijn uiteindelijk gebruikt in de evaluatie.

* Cauberg Huygen Raadgevende Ingenieurs BV
** TNO-Bouw

Artikel naar aanleiding van de TVVL/ISSO-lezingendag 'Ventileren moet' op 7 december 1999

Klassen Grenzen	Binnenluchtkwaliteit				Condensatie		Energie
	CO ₂ boven 700ppm [h]	CO ₂ boven 1400ppm [h]	Koken [h]	Roken [h]	Condensa- tie in natte ruimten [h]	Condensa- tie in kamers [h]	Ventilatie- voud [per uur]
++/+	500	100	600	400	100	5	0,4
+/0	1000	200	1000	600	200	20	0,6
0/-	2000	500	1500	1000	400	100	0,8
-/-	4000	1500	4000	1600	1000	500	1,0

Toetsingswaarden voor de verschillende verontreinigingen en klassen

-TABEL 1-

Alle resultaten zijn cumulatief uitgezet en getoetst. Voor de grenswaarden van de toetsing zijn algemeen aanvaarde grenswaarden uit de literatuur gekozen. Er is ook een statistische analyse op alle resultaten uitgevoerd met behulp van de zogenaamde 'multiregressie-analysemethode'.

Alle uitkomsten van de berekeningen zijn te vinden in het samenvattende eindrapport van IEA Annex 27. Meer gedetailleerde gegevens kunnen in separate detailrapporten worden gevonden. Ruim 1000 simulaties zijn uitgevoerd, waarbij voor verschillende woningtypen en gezinssamenstellingen de prestaties over het gehele jaar zijn vastgesteld.

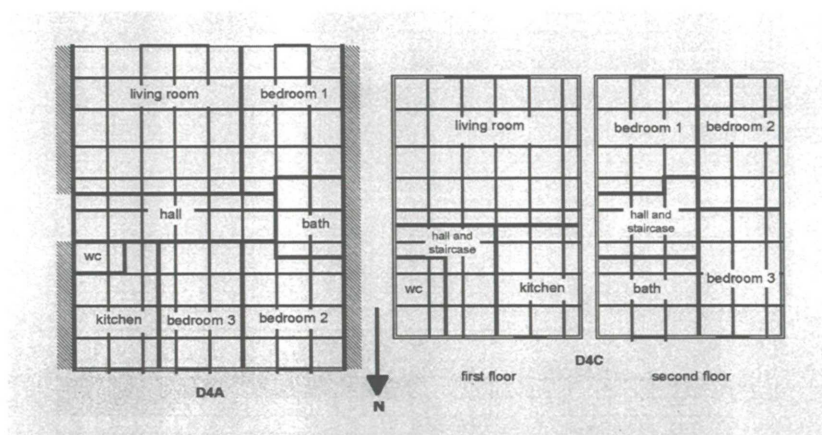
Om de beoordeling van de vier onderzochte ventilatiesystemen eenvoudig te maken is als eindresultaat een tabel met een beoordeling in plussen en minnen uitgebracht. Een voorbeeld van zo'n resultaat is tabel 2. Voor het gekozen klimaat in Londen is in tabel 2 de beoordeling van de vier ventilatiesystemen gegeven.

De simulaties zijn uitgevoerd voor drie verschillende woningtypen. Deze woningen zijn schematisch in figuur 1 weergegeven.

De woningen hebben de volgende codes:

- D4a top, dat is een vierkamer flatwoning op de bovenste (vierde) woonlaag;
- D4a grond, dat is dezelfde woning maar dan op de begane grond;
- D4c, eis een vierkamer eengezinswoning met een woon- en een slaapverdieping.

Men kan in tabel 2 kijken naar de beoordeling met of zonder de invloed van het zogenaamde luchten of spuien via draairamen.



Geschematiseerde woningplattegronden

-FIGUUR 1-

In de simulaties zijn varianten meegenomen voor:

- de grootte van de natuurlijke toevoeren,
 - * bij ventilatie uitsluitend via ramen 0 tot 410 cm² raamopening;
 - * bij natuurlijke toevoer en afvoer via ventilatiekanalen 0 tot 400 cm²;
 - * bij natuurlijke toevoer en mechanische afvoer 0 en 100 cm²;
- de stroom van de mechanische afvoer: 15, 30 en 45 dm³/s;
- het effect van een afzuigkap in de keuken wel of niet aanwezig.

In tabel 2 vindt men bovendien drie niveaus van luchtdoorlatendheid van de woning, uitgedrukt in een n50 waarde. Een n50 van 1 komt ruwweg overeen met een q_{v10}-waarde van 25 dm³/s.

Een enkel voorbeeld ter toelichting: Het gedeelte in tabel 2 over luchtkwaliteit toont bijvoorbeeld dat een eengezinswoning met een q_{v10}-waarde van 125 dm³/s met natuurlijke toevoer van 400 cm² en natuurlijke afvoer (in de tabel aangeduid als 'passive stack')

voor een gematigd klimaat (in dit geval Londen) een + scoort voor binnenluchtkwaliteit. Ter vergelijking een gebalanceerd ventilatiesysteem met een gemiddelde effectieve stroom van 30 dm³/s scoort eveneens een +. Voor condensatiegevaar scoren beide ++, dat wil zeggen: vrijwel geen kans op vochtproblemen door condensatie. Op energiegebruik is echter gebalanceerde ventilatie in het voordeel, score +, terwijl het ventilatiesysteem met natuurlijke toe- en afvoer - scoort.

BEOORDELINGSMETHODE VOOR THERMISCH COMFORT VAN VENTILATIE-OPENINGEN

Ventilatie brengt altijd in meer of mindere mate luchtbeweging in een ruimte teweeg. In een aantal gevallen wordt dit als tocht ervaren. Tocht is gedefinieerd als een ongewenste afkoeling van het lichaam veroorzaakt door luchtbewegingen. Het optreden van tocht wordt bepaald door de gemiddelde luchtsnelheid, de turbulentie-intensiteit en de luchttemperatuur. Het discomfort tengevolge van tocht kan

climate : LONDON

		Indoor air quality																	
		nat. wind. airing				p. stack				mechanical exhaust				balanced					
		no		yes		no				0		100							
airing ->		0	410	0	410	0	400												
supply ->										15	30	45	15	30	45	15	30	45	
flow rate ->																			
add fan ->		N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
dwelling	n 50																		
D4a	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
top	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
D4a	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
ground	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
D4c	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	10 case a	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	10 case b	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		Condensation																	
		nat. wind. airing				p. stack				mechanical exhaust				balanced					
		no		yes		no				0		100							
airing ->		0	410	0	410	0	400												
supply ->										15	30	45	15	30	45	15	30	45	
flow rate ->																			
add fan ->		N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
dwelling	n 50																		
D4a	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
top	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
D4a	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
ground	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
D4c	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	10 case a	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	10 case b	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		Heat needs																	
		nat. wind. airing				p. stack				mechanical exhaust				balanced					
		no		yes		no				0		100							
airing ->		0	410	0	410	0	400												
supply ->										15	30	45	15	30	45	15	30	45	
flow rate ->																			
add fan ->		N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
dwelling	n 50																		
D4a	1	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	2.5	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
top	5	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	1	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
D4a	2.5	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	5	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
ground	1	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	2.5	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
D4c	5	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	10 case a	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	10 case b	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

NB: natural window airing = ventilatie door middel van te openen ramen
 passive stack = natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer door middel van
 bouwkundige afvoerkanalen
 mechanical exhaust = natuurlijke toevoer en mechanische afvoer
 balanced = gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning

Beoordelingstabellen voor ventilatiesystemen op binnenluchtqualiteit, condensatie en warmtebehoefte

-TABEL 2-

worden uitgedrukt in de zogenaamde 'PD-waarde'. De 'PD-waarde' is het percentage ontevreden tengevolge van tocht. De formulevorm is aangegeven in tabel 3. In figuur 2 is die relatie grafisch weergegeven.

In Annex 27 wordt een beoordelingsmethode gegeven voor de invloed van ventilatie op het thermisch comfort. De beoordelingsmethode is gebaseerd op een groot aantal laboratoriummetingen waarbij van verschillende type ventilatievoorzieningen de invloed van

$$PD = 3,143 \cdot (34 - t_a) \cdot (v_{gem} - 0,05)^{0,6223} + 0,3696 \cdot v_{gem} \cdot TI \cdot 3,143 \cdot (34 - t_a) \cdot (v_{gem} - 0,05)^{0,6223}$$

- PD = percentage ontevreden als gevolg van tochtverschijnselen
- v_{gem} = gemiddelde luchtsnelheid in m/s
- t_a = luchttemperatuur in °C
- TI = turbulentie-intensiteit in %

Het percentage ontevreden (PD) tengevolge van tocht in formulevorm

-TABEL 3-

deze voorzieningen op het thermisch comfort in de ruimte is gemeten. Deze metingen hebben plaatsgevonden in het laboratorium van het Building Research Institute in Japan.

In een laboratoriumruimte van 2,6m x 4,42m x 2,55m werden door de te testen ventilatie-openingen verschillende debieten (35 m³/h, 25 m³/h, 15 m³/h en 5 m³/h) gevoerd. De temperatuur 'buiten' de meetruimte werd geconditioneerd op -10 °C, 0 °C en + 10 °C; binnen werden de lucht- en stralings-temperatuur dusdanig geconditioneerd dat, zonder de invloed van de ventilatie-openingen, de PMV waarde op 0 werd gehouden. Op 112 punten in de meetruimte (een rooster van 7 x 4 x 4 punten) werden de drogeboltemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en turbulentie-intensiteit gemeten. Op deze meetpunten werd het thermische comfort getoetst aan de hand van twee criteria, namelijk de PMV en de PD waarde.

Hierbij werden als grenswaarden gesteld:
 -0,2 < PMV < + 0,2 (overeenkomend met een PPD < 7%) (1)

PD < 15% (2)

Voor ieder meetpunt werd onder de genoemde omstandigheden de PMV- en PD-waarde berekend en getoetst aan (1) en (2). Op deze wijze konden comfortcontouren in de meetruimte worden bepaald. Vervolgens zijn voor de verschillende gemeten ventilatievoorzieningen diagrammen opgesteld met contouren van het percentage meetpunten in de ruimte die aan de genoemde comfortcriteria voldoen, als functie van het verschil tussen binnen- en buitentemperatuur en het inblaasdebiet. In figuur 3 zijn drie van dergelijke diagrammen gegeven voor een ventilatie-opening met een zwak inducterende werking. De opening is op drie verschillende manieren geplaatst, namelijk op een hoge positie (1,80 m), een verticale positie en een lage positie (0,80 m).

Om nu een eenvoudige en overzichtelijke beoordelingsmethode te geven zijn de 'scores' verdeeld in klassen, simpel aangeduid met plussen en minnen. De scores geven aan op hoeveel % van de verblijfsruimte aan de comfortcondities wordt voldaan. Hierbij is:

- ++ 100-95%
- + 95-85%
- 0 85-75%
- 75-50%
- 50-0%

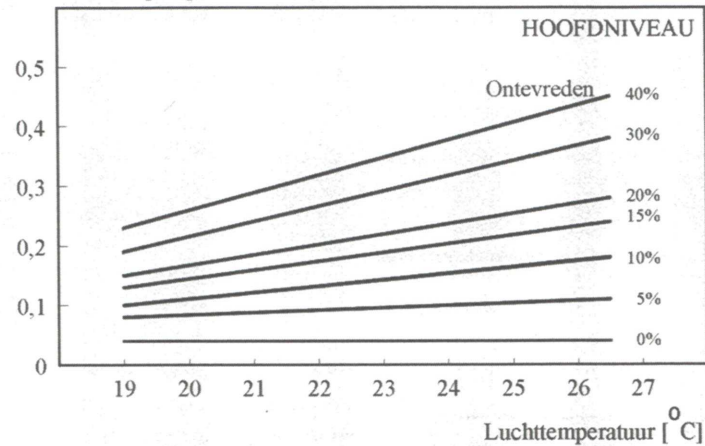
De verschillende gemeten ventilatievoorzieningen c.q. roosters zijn vervolgens ingedeeld naar een aantal typeringen.

Deze zijn:

- hoge inductie (hoog drukverschil over het rooster);
- lage inductie/ventilatie ramen op kierstand;
- infiltratie.

Hierbij moet worden opgemerkt dat Annex 27 internationaal toepasbare beoordelingsmodellen geeft. Zo is het in Nederland gebruikelijk om natuurlijke ventilatievoorzieningen te dimensioneren bij 1 Pa. In een land als Frankrijk worden ventilatieroosters bij een veel groter drukverschil gedimensioneerd (20 Pa). Hierbij worden met relatief kleine roosters grote capaciteiten gere-

Gemiddelde luchtsnelheid [m/s]



Tochtcriterium Fanger e.a.: Percentage ontevreden als gevolg van tochtverschijnselen op hoofdniveau (A)

-FIGUUR 2-

Type ventilatieopening		Buitentemperatuur (°C)						
Algemeen	Specifiek	-15	-10	-5	0	5	10	15
Hoge inductie	naar boven gerichte stroming	-	-	0	+	++	++	++
	ronde opening, radiale stroming	—	—	-	-	0	++	++
	horizontale rechte stroming	—	—	—	—	-	+	++
Lage inductie en ramen op kier	horizontale opening, hoog	—	-	-	0	+	+	++
	vertikale opening, midden	—	—	—	—	—	-	-
	horizontale opening laag	—	—	—	—	—	-	-
infiltratie	goed luchtdicht + mech. afz.	—	-	-	-	-	0	0
	matig luchtdicht + mech. afz.	—	—	—	-	-	+	++

Beoordeling van de invloed op het thermische comfort door ventilatie-openingen bij 10 l/s

-TABEL 4A-

Type ventilatieopening		Buitentemperatuur (°C)						
Algemeen	Specifiek	-15	-10	-5	0	5	10	15
Hoge inductie	naar boven gerichte stroming	-	0	+	+	++	++	++
	ronde opening, radiale stroming	—	-	-	0	+	++	++
	horizontale rechte stroming	—	—	—	—	-	+	++
Lage inductie en ramen op kier	horizontale opening, hoog	—	-	-	-	+	+	++
	vertikale opening, midden	—	—	—	—	-	-	-
	horizontale opening laag	—	—	—	—	-	-	0
infiltratie	goed luchtdicht + mech. afzuiging	—	—	-	-	-	0	+
	matig luchtdicht + mech. afzuiging	—	—	—	-	0	++	++

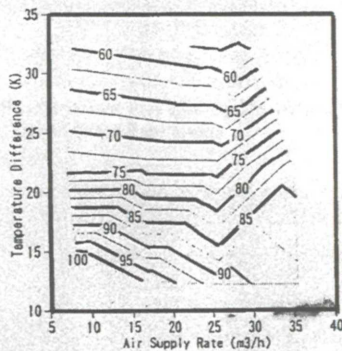
Beoordeling van de invloed op het thermische comfort door ventilatie-openingen bij 4 l/s

-TABEL 4B-

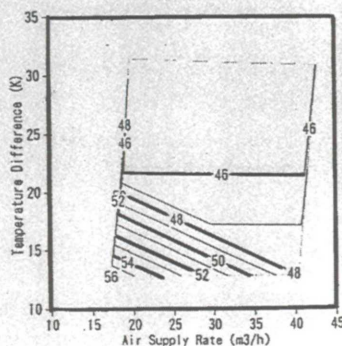
	natuurlijke ventilatie	mechanische afzuiging	gebalanceerde ventilatie
buitengeluid	x	o	o
systeem geluid	-	x	x
geluid transport	o	o	x
	- niet belangrijk/niet van toepassing o in het algemeen minder belangrijk x belangrijk		

Relatie tussen geluid en ventilatiesystemen

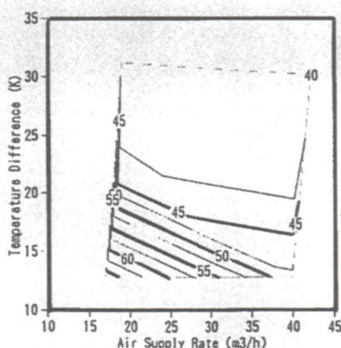
-TABEL 5-



Low induction / Horizontal high



Low induction / Vertical



Low induction / Horizontal low

Contourdiagrammen evaluatie-index (% meetpunten die voldoen aan de comfortcriteria als functie van het debiet en temperatuurverschil binnen-buiten) voor thermisch comfort bij een zwak inducerend rooster in hoge en lage positie.

-FIGUUR 3-

aliseerd. Voorwaarde hierbij is echter wel dat een mechanisch afzuigstelsel, en een bepaalde mate van luchtdichtheid van de gebouwschil, in staat is om het hiertoe benodigde drukverschil over het rooster te realiseren. De stroming krijgt hiermee een sterk inducerend karakter. Specifiek is daarnaast nog een onderscheid gemaakt in de plaats van de opening en de richting of het patroon van de stroming. Uiteindelijk is men op deze wijze in staat geweest om een enorme hoeveelheid meetgegevens samen te vatten in twee beoordelingstabellen. Deze zijn gegeven in de tabellen 4a en 4b.

De typisch Nederlandse ventilatieroosters in de gevel, waarbij de capaciteit wordt bepaald bij 1 Pa, zijn te karakteriseren als 'laag inducerend - hoog geplaatst'. Uit de tabellen 4a en 4b blijkt dat bij een buitentemperatuur lager dan -3°C (95% van het jaar is de buitentemperatuur hoger) de comfortscore 'slecht' is. Of, anders gezegd, in 95% van het jaar is de thermische comfortscore voor natuurlijke ventilatie redelijk tot goed. Wordt de toevoerlucht echter voorverwarmd, bijvoorbeeld via een serre, dan ontstaat een ander beeld. De over het stookseizoen gemiddelde temperatuur in een serre is ongeveer 5 tot 7 K hoger dan de buitentemperatuur. Voorverwarming van de ventilatieluchttoevoer via de serre zorgt ervoor dat 95% van de tijd van het jaar de buitentemperatuur hoger is dan 5°C . De comfortscore wordt hierdoor 'goed'. Bij gebalanceerde ventilatie wordt de inblaaslucht eveneens voorverwarmd. Bij -10°C buitenluchttemperatuur bedraagt de inblaas-temperatuur bij conventionele warmteterugwinning (65%) ca. 10°C . Bij toepassing van de gebruikelijke hoog inducerende roosters is het comfort 'uitstekend'. Bij HR-wtw (90%) bedraagt de inblaas-

temperatuur zelfs 17°C . Er kan voor een comfortniveau "uitstekend" zelfs volstaan worden met zwak inducerende roosters. Het toepassen van zwak inducerende roosters heeft voordelen ten aanzien van minder geluid en minder kans op vervuiling door geïnduceerd stof.

Een andere conclusie die uit de tabellen 4a en 4b kan worden afgeleid, is de toelaatbaarheid van draaikiepramen of schuiframen als ventilatievoorziening. Tabel 4a laat zien dat het thermische comfort van deze ventilatievoorzieningen aanzienlijk slechter is dan de traditioneel op $1,80\text{ m}$ geplaatste ventilatieopening (— in plaats van 0). Dit beeld blijkt nog duidelijker als de drie comfortdiagrammen uit figuur 3 met elkaar worden vergeleken. Terecht derhalve dat draaikiepramen en schuiframen op basis van thermisch comfort niet als volwaardige ventilatievoorziening in de zin van het Bouwbesluit en NEN 1087 zijn aan te merken.

BEOORDELING OP GELUID

Geluid bij ventilatiesystemen kan in drie groepen worden verdeeld:

- buitengeluid dat de woning binnendringt via de ventilatievoorzieningen;
- geluid, afkomstig van het ventilatiesysteem zelf (installatiegeluid);
- geluidtransport binnen woningen of tussen woningen onderling via het ventilatiesysteem (overspraak).

Afhankelijk van het type ventilatiesysteem zijn een of meer van deze drie aspecten van belang zoals in tabel 5 te zien is.

De aanwezigheid van een bepaald niveau aan buitengeluid kan bepalend zijn voor de toepasbaarheid van bepaalde type ventilatiesystemen. De in het Bouwbesluit geformuleerde prestatie-eisen over geluidwering van gevels, gaan uit van een maximaal toelaatbaar geluidsniveau van 35 dB(A) in verblijfsgebieden en van een minimale geluidwering van de gevel van 20 dB(A) . Gevels waarbij de ramen zijn voorzien van enkelglas of standaard dubbelglas zonder kierdichting hebben een geluidwering van circa 20 dB(A) . Wanneer de ramen in ventilatiestand (licht geopend) worden gezet daalt de geluidwering van de gevel tot circa 15 dB(A) . Hieruit blijkt dat de geluidwering van de gevel sterk afhankelijk is van openingen in de gevel. Bij een hogere geluidbelasting op de gevel dan 50 à 55

dB(A) moet dus bij natuurlijke ventilatietoever via de gevel terdege rekening worden gehouden met akoestische voorzieningen.

Natuurlijke ventilatie via de buitenschil kan optreden via:

- naden en kieren bij raam- en deurconstructies (ongecontroleerde ventilatie);
- ventilatie-openingen in gevels en dak;
- luchtkanalen in gevels en dak, al dan niet voorzien van roosters.

Om snel inzicht te krijgen in de toepasbaarheid en de keuze van ventilatiesystemen bij bepaalde randvoorwaarden kan gebruik worden gemaakt van vereenvoudigingen en hulpmiddelen zoals keuzematrix of nomogrammen. In Annex 27 wordt een keuzemodel beschreven waarin de toepasbaarheid van ventilatiesystemen wordt weergegeven afhankelijk van de vereiste karakteristieke geluidwering van de gevel, het percentage van de gevel met geringe geluidisolatie en de grootte van de ventilatieopeningen. In het model is de karakteristieke geluidwering gebruikt als variabele omdat zowel de geluidbelasting op de gevel als het gewenste geluidsniveau binnen per situatie kunnen verschillen. De geluidisolatie van de ventilatieopening wordt betrokken op de netto oppervlakte van de doorlaat (de geluidisolatie van de opening kan ook betrokken worden op de bruto oppervlakte van de ventilatievoorziening, op een genormeerde absorptie van bijvoorbeeld 10 m² of op de capaciteit van de doorlaat).

Akoestische parameters

De vereiste karakteristieke geluidwering GA_k van de gevel is afhankelijk van de geluidbelasting. De vereiste karakteristieke geluidwering van woningen dient gelijk te zijn aan het verschil tussen de geluidbelasting en 35 dB(A), met een minimum van 20 dB(A).

Ruimteparameters

De afmeting van de gevel van de ruimten dient te worden opgegeven. Uitgangspunt is dat de hoogte van een ruimte 2,5 m bedraagt. Er kan gekozen worden voor een gevelbreedte van 2-4 m, 4-6m en 6-10m. S_{gevel} bedraagt dan 5-10 m², 10-15 m² of 15-25 m². De diepte is variabel; deze hoeft niet te worden opgegeven.

Constructieparameters

De geluidisolatie van de gevel is afhankelijk van het percentage slecht isolerende geveldelen. Slecht isolerende geveldelen zijn beglazing, panelen, etc. met een geluidisolatie RA minder dan 40 dB(A).

Ventilatieparameters

De grootte van de ventilatieopeningen is afhankelijk van het vereiste ventilatie-debiet. Uitgaande van de Nederlandse situatie geldt conform NPR 1088 een luchtsnelheid door de opening van 0,83 m/s. De grootte van de ventilatieopeningen bedraagt dan:

$$A_{\text{net}} = \frac{q_v}{0,83} \times 10$$

Waarin:

A_{net} : grootte van de ventilatieopening in cm²

q_v : ventilatiedebiet in l/s

Bij mechanische toevoer is het oppervlak van de ventilatieopeningen 0 cm².

Toepasbaarheid

Voor het beoordelen van de toepasbaarheid van het ventilatiesysteem, en de daarbij behorende geluidwerende voorzieningen, zijn de volgende criteria gehanteerd:

- als het ventilatiesysteem niet toepasbaar is;
- 0 als het ventilatiesysteem slechts toepasbaar is met zeer goede geluidisolerende gevelconstructies (glasopbouw: 10 mm gelaagd glas - 16 mm luchtpouw - 10 mm gelaagd glas, dubbele kierdichting);
- + als het ventilatiesysteem toepasbaar is met normale geluidisolerende gevelconstructies (glasopbouw: 6 mm glas - 20 mm luchtpouw - 10 mm glas, goede enkele kierdichting);
- ++ als het ventilatiesysteem toepasbaar is zonder extra geluidisolerende constructies in de gevel (glasopbouw: 4 mm glas - 12 mm luchtpouw - 6 mm glas, normale enkele kierdichting).

Met behulp van matrices kan een keuze worden gemaakt voor een bepaald ventilatiesysteem in combinatie met bepaalde akoestische voorzieningen. Het is dus mogelijk om een vergelijking te maken tussen bijvoorbeeld een minder

goed geluidisolierend ventilatiesysteem in combinatie met goede akoestische voorzieningen in de gevel versus een goed geluidisolierend ventilatiesysteem in combinatie met minder goede akoestische gevelvoorzieningen. Zo wordt inzicht verkregen in de onderlinge samenhang van de akoestische kwaliteit van de verschillende gevelementen.

Ter illustratie is in tabel 6 een voorbeeld van een keuzematrix weergegeven. Als voorbeeld: Voor een geluidbelasting op de gevel van 60 dB(A) en een gewenst binnenniveau van 35 dB(A), dus een karakteristieke geluidwering van 25 dB(A). De totale geveloppervlakte bedraagt ongeveer 12 m², het percentage slecht isolerende geveldelen is kleiner dan 50% en de benodigde ventilatieopening bedraagt 150 cm². Uit de matrix is af te lezen dat onder de geschetste randvoorwaarden meerdere ventilatiesystemen geschikt zijn:

1. een eenvoudig ventilatierooster zonder demping kan niet worden toegepast;
2. een licht gedempt ventilatierooster is toepasbaar in combinatie met zware akoestische voorzieningen aan de gevel;
3. suskasten met een hoge geluiddemping en gebalanceerde ventilatiesystemen zijn toepasbaar zonder extra geluidisolerende constructies.

De matrix kan bijvoorbeeld worden gebruikt om een afweging te maken tussen suskasten, het treffen van akoestische maatregelen aan beglazing of het toepassen van gebalanceerde ventilatie.

Men dient zich hierbij te realiseren dat de (karakteristieke) geluidwering van een gevel maximaal 35 a 40 dB(A) kan bedragen bij handhaving van de ventilatieopeningen in de geluidbelaste gevel. Dit is slechts mogelijk bij een zeer goede geluidisolatie van de geveldelen en bij een gering percentage aan slecht isolerende geveldelen. Vergaande akoestische voorzieningen aan ventilatieopeningen en ramen hebben dus alleen zin bij een uitwendige scheidingsconstructie met een zeer goede akoestische kwaliteit. De akoestische voorzieningen aan ventilatieopeningen moeten dus altijd worden bepaald in de context van de kwaliteit van de bouwkundige constructies!

Ventilatiesysteem

$G_{A,k} = 20 \text{ dB(A)}$

Percentage slecht geluidisolerende delen in de gevels die aan verkeerslawaai zijn blootgesteld

		0 %					< 50 %					≥ 50 %				
		A net [cm ²]					A net [cm ²]					A net [cm ²]				
		0-50	50-100	100-200	200-400	≥400	0-50	50-100	100-200	200-400	≥400	0-50	50-100	100-200	200-400	≥400
		Na- tuur- lijke toe- voer: sys- teem A en C	Ventilatievoorziening zonder geluidisolatie: RA = -5 dB(A)	++	++	++	-	-	++	++	+	-	-	++	++	+
Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 0 dB(A)	++		++	++	++	++	++	++	++	++	+	++	++	++	++	+
Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 10 dB(A)	++		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 15 dB(A)	++		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Gebalanceerde ventilatie: systeem D		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

Ventilatiesysteem

$G_{A,k} = 25 \text{ dB(A)}$

Percentage slecht geluidisolerende delen in de gevels die aan verkeerslawaai zijn blootgesteld

		0 %					< 50 %					≥ 50 %				
		A net [cm ²]					A net [cm ²]					A net [cm ²]				
		0-50	50-100	100-200	200-400	≥400	0-50	50-100	100-200	200-400	≥400	0-50	50-100	100-200	200-400	≥400
		Na- tuur- lijke toe- voer: sys- teem A en C	Ventilatievoorziening zonder geluidisolatie: RA = -5 dB(A)	++	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 0 dB(A)	++		++	++	-	-	++	++	0	-	-	++	+	0	-	-
Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 10 dB(A)	++		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 15 dB(A)	++		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Gebalanceerde ventilatie: systeem D		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

Keuzematrix ventilatievoorzieningen in geluidbelaste gebieden ($S_{\text{gevel}} = 10\text{-}15\text{m}^2$)

-TABEL 6-

Naast matrices voor de toepasbaarheid van ventilatiesystemen in relatie tot buitengeluid worden in Annex 27 ook tabellen gegeven waarmee indicatief de benodigde geluiddempers (type, lengte) bij mechanische ventilatiesystemen kunnen worden bepaald. Tevens worden algemene ontwerpaanbevelingen gegeven voor de beperking van geluid bij mechanische ventilatiesystemen.

CONCLUSIES

Zonder afbreuk te doen aan alle andere beoordelingsaspecten zijn de binnenluchtkwaliteit, het thermisch comfort en geluid voor bewoners de belangrijkste factoren die de tevredenheid over een ventilatiesysteem bepalen. Dit kan als volgt worden verwoord: "De kunst van het ventileren is in feite om in winterbedrijf, zonder beïnvloeding van

verwarming, een dusdanige hoeveelheid lucht zonder tocht en zonder geluid een ruimte in te brengen dat er een gezond binnenklimaat ontstaat". Een op het oog simpele samenvatting van de drie belangrijkste waarderingsfactoren van ventilatiesystemen. In de praktijk blijkt dit echter geen sinecure te zijn om dit goed te realiseren! De beoordelingsmodellen van Annex 27 trachten

Ventilatiesysteem

$$G_{A,k} = 30 \text{ dB(A)}$$

Percentage slecht geluidisolerende delen in de gevels die aan verkeerslawaai zijn blootgesteld

		0 %					< 50 %					≥ 50 %				
		A net [cm ²]					A net [cm ²]					A net [cm ²]				
		0-50	50-100	100-200	200-400	≥400	0-50	50-100	100-200	200-400	≥400	0-50	50-100	100-200	200-400	≥400
Natuurlijke toevoer: systeem A en C	Ventilatievoorziening zonder geluidisolatie: RA = -5 dB(A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 0 dB(A)	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 10 dB(A)	++	++	++	++	++	+	+	+	+	0	+	0	0	0	-
	Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 15 dB(A)	++	++	++	++	++	+	+	+	+	0	+	+	+	0	0
Gebalanceerde ventilatie: systeem D		++	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Ventilatiesysteem

$$G_{A,k} = 20 \text{ dB(A)}$$

Percentage slecht geluidisolerende delen in de gevels die aan verkeerslawaai zijn blootgesteld

		0 %					< 50 %					≥ 50 %				
		A net [cm ²]					A net [cm ²]					A net [cm ²]				
		0-50	50-100	100-200	200-400	≥400	0-50	50-100	100-200	200-400	≥400	0-50	50-100	100-200	200-400	≥400
Natuurlijke toevoer: systeem A en C	Ventilatievoorziening zonder geluidisolatie: RA = -5 dB(A)	++	++	++	-	-	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
	Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 0 dB(A)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	++	++	++	++	+
	Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 10 dB(A)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	Geluidgedempte ventilatievoorziening: RA = 15 dB(A)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Gebalanceerde ventilatie: systeem D		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

-TABEL 6 (VERVOLG)-

inzicht te geven in de consequenties en invloed van verschillende ventilatiesysteem op het binnenmilieu in woningen.

LITERATUUR

1 Millet J-R, Villenave J G, Mansson L-G, de Gids W F, *Assumptions for IAQ simulations and result presentations*, www-epb.lbl.gov/annex27

2 Millet J-R, Villenave J G, *IAQ simplified tool*, www-epb.lbl.gov/annex27

3 Millet J-R, Villenave J G, Adalberth K., *Results for statistical analyses*, www-epb.lbl.gov/annex27

4 Sawachi, T., Osawa, H., Seto, H., Taniguchi, Y. and Ohnishi, S. (1996) *Evaluation of Thermal Comfort Impact of Direct Fresh Air Supply in Winter*, Proceedings of INDOOR AIR '96 Vol. 3, pp1087-1092

5 Sawachi, T. and Seto, H. (1997) *Evaluation of Thermal Comfort Impact of Direct Fresh Air Supply in Winter, Part 2, Comparison of Different Ways of Air Supply to Exhaust Only Ventilation*, Proceedings of 18th Annual AIVC Conference

6 Op 't Veld P J M, Passlack-Zwaans C, *Simplified tools and guidelines for outdoor noise, system noise and sound transmission*, www-epb.lbl.gov/annex27