

Woningventilatie*

Een systeemklassifikatie.

Inleiding door ir. E.J. Wiggenaar**

In "Verwarming en Ventilatie" van oktober 1984 werden op overzichtelijke wijze de beschikbare componenten en systemen opgenomen in een ca. 48 pagina's tellende produktinformatie rubriek. Die 48 pagina's zijn nog eens samengevoegd in twee tabellarische overzichten, één voor componenten en één voor de systemen.

In deze inleiding zal daarom geen aandacht worden besteed aan de produkten op zich maar een visie over het ventileren van luchtdichte woningen worden geëtaleerd.

Tot het jaar 2000 zullen zo'n 700.000 woningen moeten worden gerenoveerd. In het NEOM-rapport "Marktonderzoek Warmte-Terugwinning in Woningen" van april 1983, wordt gesignaleerd dat er een duidelijke trend is tot minder ingrijpende renovaties. Dit in verband met de hoogte van de huurprijzen. De kansen voor toepassing van betere ventilatiesystemen lijken daarmee af te nemen.

In het slot van deze inleiding wordt daarop nader ingegaan. Naast de te renoveren woningen zullen tot 1995 - in het kader van het Nationaal Isolatie Programma (NIP) - ca. 800.000 bestaande woningen van isolatie worden voorzien.

In een deel van die woningen zal de ventilatievoorziening moeten worden aangepast.

Globaal zullen renovatie en isolatie samen zorgen voor een potentiële markt van één miljoen ventilatiesystemen tot het jaar 2000; dat zijn er gemiddeld 65.000 per jaar.

Technische dagen als deze zijn ervoor om bij te dragen tot een juiste systeemkeuze.

In het oktobernummer van "Verwarming en Ventilatie" zijn enkele anekdotes over de luchtdichtheid van gerenoveerde woningen opgenomen.

Zonder dat er bijzondere eisen aan de luchtdichtheid van de betreffende woningen worden gesteld, is de zaak potdicht.

Bij meting in dat soort woningen blijkt dat van voldoende ventilatie alleen sprake is als goed met de ramen en ventilatieroosters wordt omgesprongen. Eigen ervaring is dat de vereiste ventilatieluchtdebetien alleen worden gehaald bij volledig geopende buitenluchtroosters of geopende ramen. Alleen in die toestand kan de ventilatie-installatie worden

ingeregeld. Heeft men een natuurlijk ventilatiesysteem toegepast, dan blijkt veelal dat bij gesloten ramen de ventilatiekanalen deels gaan werken als luchttoevoerkanaal.

De Technische Afdeling van de ACI behandelt jaarlijks een aantal "koude klachten" die direct terug te voeren zijn tot een onjuiste werking van ventilatiekanalen.

Soms wordt de oorzaak gevonden in de achteraf geplaatste gemotoriseerde wasemkap in de keuken. Meestal is de potdichte gevel de veroorzaker van de problemen.

Wat de ventilatieproblematiek betreft is er luchttechnisch geen verschil tussen een gerenoveerde woning en een nieuwbouwwoning.

De praktische toepasbaarheid van de verschillende ventilatiesystemen kan wel verschillen.

In deze publikatie laten we eerst de verschillende systemen de revue passeren en pas achteraf wordt gekeken naar de toepasbaarheid.

In de inleiding van het oktobernummer van "Verwarming en Ventilatie" is bijgaand schema gebruikt (fig. 1). In de beschrijving van de verschillende systemen is géén systeemklassifikatie gegeven. Daar gaan we ons nu wel mee bezig houden.

NEN 1087 geeft systeembeschrijvingen met een klassifikatie van die systemen. Er wordt geacht te zijn voldaan aan de eisen van NEN 1087 indien NPR 1088 in acht wordt genomen.

Andere dan in NPR 1088 genoemde konstruktieve uitvoeringen van natuurlijke ventilatie dienen aan de eisen van NEN 1087 te voldoen onder de volgende condities:

1. windsnelheid ≤ 2 m/s
2. $\Delta t_{(\text{binnen-buiten})} < 10^{\circ}\text{K}$

Bij een open-keuken komen de verdeling en de richting van de ventilatielucht in het geding en moet in dit geval tenminste voor de woonkamer/keuken mechanische ventilatie worden toegepast.

* Tekst van de voordracht geschreven ten behoeve van Bouwcentrum/Vakinfo Technische dag over "Ventilatie apparatuur en systemen in bestaande woningen" op 1 november 1984.

** Secretaris Technische Zaken - Algemene vereniging voor de Centrale verwarmings- en luchtbehandelings Industrie - ACI, Den Haag.

VENTILATIE-SYSTEMEN VOOR WONINGEN

	NATUURLIJKE-TOEVOER			MECHANISCHE-TOEVOER					
	AFVOER		AFVOER	MECHANISCH (gebalanceerde ventilatie)					
	NATUURLIJK	MECHANISCH	NATUURLIJK	ZONDER WARMTE-TERUGWINNING		MET WARMTE-TERUGWINNING			
				ZONDER LUCHT-VERWARMING	MET LUCHT-VERWARMING	ALLEEN WARMTE-TERUGWINNING	MET LUCHT-VERWARMING		
1	2	3	4	5	6	RECIRCULATIE	WARMTAPWATER VOORZIENING	SLAAPKAMERS BUITENLUCHT	
NEN 1087	A	C	B	D					
< 13 m ³	VOLDOENDE	RUIM VOLDOENDE	RUIM VOLDOENDE	GOED	GOED	GOED	GOED?		GOED
> 13 m ³		RUIM VOLDOENDE		GOED	GOED	GOED	GOED?		GOED

Figuur 1

Die passage uit NEN 1087 (art. 4.2.1.2) is aangehaald vanwege het kennelijk belangrijke criterium van verdeling en richting van de ventilatielucht.

Als daar wat mee fout is, moet er ingegrepen worden, bijvoorbeeld door mechanisch te gaan ventileren.

In de systeem klassifikatie van NEN 1087 wordt in de beoordelingen gewerkt met voldoende, ruim voldoende en goed.

Systeem A, de volledige natuurlijke ventilatie door middel van verticale kanalen en regelbare ventilatie-openingen in de gevel, krijgt als waardering voldoende.

Systeem C onderscheidt zich van systeem A door de mechanische afvoer van "gebruikte" lucht uit de keuken, badkamer en toilet. Systeem C maar ook systeem B krijgt in de norm ruim voldoende toegewezen.

Bij B voeren we mechanisch via een kanalsysteem lucht naar alle kamers. Vertikale kanalen in keuken, badkamer en toilet zorgen voor een natuurlijke afvoer van lucht rechtstreeks naar buiten. Dit systeem wordt in Nederland nauwelijks toegepast.

Tot slot, de systemen met mechanische toevoer en mechanische afvoer, de zogenaamde gebalanceerde ventilatie, zijn goed. Bij deze D-systemen wordt lucht mechanisch via een kanalsysteem in de woonkamer toegevoerd of afgevoerd.

Aan de overige kamers wordt via kanalen lucht toegevoerd terwijl de afvoer geschiedt via kanalen uit keuken, badkamer en toilet.

Achter deze toe- en afvoer-indeling zitten de regels dat voor kamers de toetredende lucht voldoende zuiver moet zijn, en het voor de hoofdwoonkamer aanvaardbaar is dat de lucht uit andere kamers, gang, trap, etc. afkomstig is.

Naar de letter van de norm moeten slaapkamers dus met buitenlucht worden geventileerd. Verder is het wenselijk dat de ventilatie in elke ruimte kan worden geregeld en dat de ventilatie in andere ruimten bij dit regelend ingrijpen niet ingrijpend wordt beïnvloed.

Aan al die verlangens voldoen de in NEN 1087 genoemde systemen in meer of mindere mate als aangegeven in fig. 1. Boven 13 m. mogen de systemen A en B niet worden toegepast.

Wat komt er van al dat schoons in de werkelijkheid terecht? Uit TNO-onderzoek (Klimaatbeheersing, mei 1981) is gebleken dat 20 tot 25% van de onderzochte woningen voldoende winddicht zijn. Driekwart van die woningen is lek tot zeer lek. Indien een woning is uitgerust met een natuurlijk ventilatiesysteem dan zal de woning nogal lek moeten zijn om voldoende ventilatie te hebben. Een tamelijk lekke natuurlijk geventileerde woning heeft bij 5 m/s windsnelheid een gemiddeld ventilatievoud van 1 x per uur. Per vertrek treden dan grote verschillen op. In enkele vertrekken is de ventilatie zeer onvoldoende, temeer als de lucht uit andere vertrekken afkomstig is. Een windsnelheid van 5 m/s treedt gedurende 30 à 35% van het jaar op. De conclusie is dat ca. 75% van alle woningen gedurende 65% van het jaar met een circulatievoud dat kleiner is dan één worden geventileerd, waarbij enkele vertrekken meer dan nodig en andere vertrekken onvoldoende verse lucht krijgen. Gedurende een belangrijk deel van het jaar is voor diezelfde woningen het gemiddelde ventilatievoud te groot waarbij ook weer de verdeling over de verschillende ruimten een rol zal spelen. De bewering is gerechtvaardigd dat natuurlijke ventilatie eigenlijk nooit goede resultaten oplevert.

De ventilatie is of te sterk of te zwak. Wellicht zal dat voor een deel verklaren waarom alle bewoners 45 tot 50% langer dan een uur per dag met open ramen ventileert en zo onder omstandigheden een 15 tot 20 voudige ventilatie toelaten.

In het jaarverslag 1983 van IMG-TNO lezen we over de keuze tussen natuurlijke en mechanische ventilatie van woningen het volgende. In hoogbouwflats is het noodzakelijk badkamer, toilet en keuken mechanisch af te zuigen. Ook in laagbouwflats en ééngezinswoningen biedt dit voordelen. De investeringen zijn dan niet of nauwelijks hoger en het elektriciteitsverbruik is dan als kostenfactor verwaarloosbaar. Door mechanische afzuiging kan overmatig ventileren worden tegengegaan, waardoor op energieverbruik voor verwarmen kan worden bespaard.

Deze redenering is een pleidooi voor mechanische ventilatie.

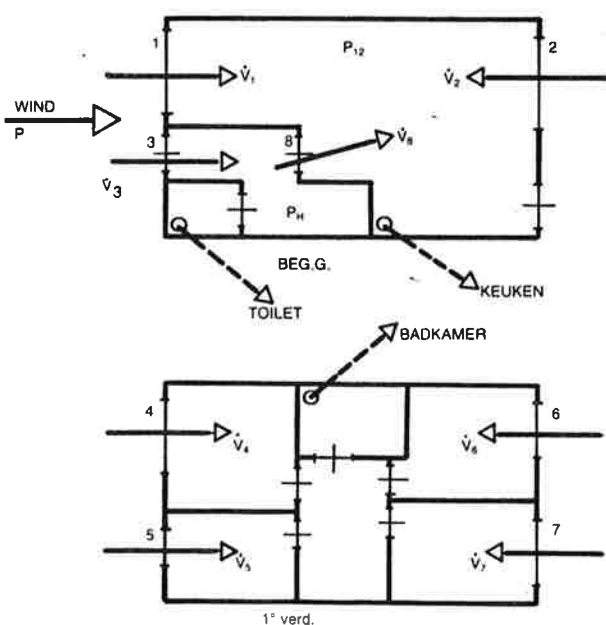
Is de woning echter lek dan wordt het een kwestie van superpositie van de grillige natuurlijke ventilatie en hebben we niet veel gewonnen.

Mechanische ventilatie heeft pas echt zin bij winddichte woningen; woningen zoals ze heden ten dage worden gebouwd of uit een renovatie komen.

Echter ook aan mechanische ventilatie (systeem C) van een dichte woning kleven nadelen. In het vervolg van deze inleiding wordt getracht dat aan te tonen.

Voor dat doel is met behulp van een bij de ACI beschikbaar computer programma "Luchtbalansen" een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

Het basisprogramma is door collega C.D. Becqué en J. van Zeeland, docent aan de CTS te Ede, opgesteld ten behoeve van de ACI-kursus informatika, onderdeel praktische toepassingen.



Figuur 2.

Voor de analyse is een woning gekozen met een plattegrond als aangegeven in figuur 2.

Voor deze woning met een open-keuken kan op vrij eenvoudige wijze een luchtbalans worden opgesteld als wordt aangenomen dat de beganegrondvloer en het plafond van de eerste verdieping luchtdicht zijn. Het beschikbare programma laat overigens toe een lekpercentage voor beganegrondvloer en tweede verdiepingvloer in te voeren of aan de "lek" een bepaalde karakteristiek toe te kennen.

De bepaling van de luchtbalansen van de woningplattegrond uit figuur 2 beperkt zich tot het oplossen van een stelsel van 11 vergelijkingen met eenzelfde aantal onbekenden.

$$\begin{aligned} \dot{V}_1 &= \Sigma (C1)_1 \cdot (P - P_{12})^{2/3} & 1 \\ \dot{V}_2 &= \Sigma (C1)_2 \cdot (P - a \cdot \frac{1}{2} v^2 - P_2)^{2/3} & 2 \\ \dot{V}_3 &= \Sigma (C1)_3 \cdot (P - R_H)^{2/3} & 3 \\ \dot{V}_4 &= \Sigma (C1)_4 \cdot (P - P_H)^{2/3} & 4 \\ \dot{V}_5 &= \Sigma (C1)_5 \cdot (P - P_H)^{2/3} & 5 \\ \dot{V}_6 &= \Sigma (C1)_6 \cdot (P - a \cdot \frac{1}{2} v^2 - P_H)^{2/3} & 6 \\ \dot{V}_7 &= \Sigma (C1)_7 \cdot (P - a \cdot \frac{1}{2} v^2 - P_H)^{2/3} & 7 \\ \dot{V}_8 &= \dot{V}_4 + \dot{V}_5 + \dot{V}_6 + \dot{V}_7 + \dot{V}_3 - \dot{V}_{toilet} - \dot{V}_{badkamer} & 8 \\ \dot{V}_8 &= (C1)_8 \cdot (P_H - P_{12})^{2/3} \quad P_{12} = P_H - \left(\frac{\dot{V}_8}{(C1)_8} \right)^{1.5} & 9 \end{aligned}$$

Voor de woonkamer/keuken geldt:

$$\begin{aligned} \text{Afgevoerde debiet} &= \dot{V}_{tot} = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_8 & 10 \\ \dot{V}_{tot} &= 150 \text{ resp. } 75 \text{ m}^3/\text{h.} & 11 \end{aligned}$$

Een logische berekeningsvolgorde is:

4, 5, 6, 7, 3, 8, 9, 1, 2, 10.

Voor de eerste stap van het iteratieproces wordt de druk in de hal P_H bekend verondersteld en aangenomen op bijvoorbeeld 10.000 Pa.

Na het doorlopen van de berekeningen wordt in 11 gecontroleerd of \dot{V}_{tot} groter of kleiner is dan het uit de woonkamer/keuken af te voeren luchtdebiet. Afhankelijk van de grootte van de afwijking wordt de aanname van P_H bijgesteld, net zo lang tot \dot{V}_{tot} de vereiste grootte heeft gekregen.

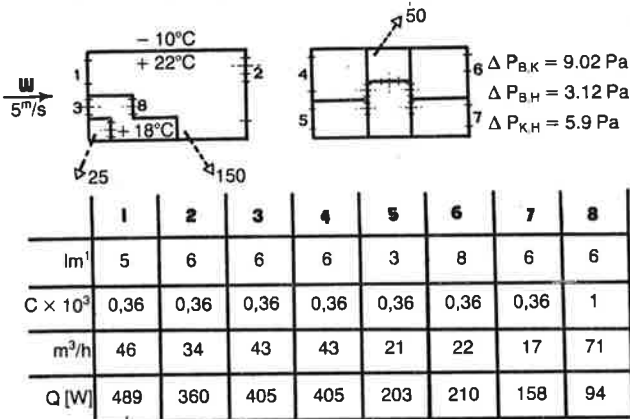
Voor de bepaling van het ventilatielucht debiet van de slaapkamers moet voor de $\Sigma (C1)$ van de gevel en de (C1) van de binnendeur een vervangende waarde worden ingevoerd als wordt afgeweken van een standaard deur.

Immers, het drukverschil tussen buiten en de betreffende slaapkamer wordt niet berekend.

Dit is wel nodig als zich tussen twee slaapkamers een deur bevindt. In de formules komt verder nog een factor a voor, een zogenaamde drukcoëfficiënt. De berekeningsresultaten die worden gepresenteerd zijn gebaseerd op een a-waarde die volgt uit een loefzijdige wind-druk van $+0,8 \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$ en een lijzijdige druk van $-0,4 \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$.

Een voorbeeld van de berekeningsresultaten toont fig. 3. Uitgegaan is van een windsnelheid van 5 m/s, een buitentemperatuur van -10°C , een woonkamertemperatuur van 22°C , de hal en slaapvertrekken worden op 18°C gehouden,

de mechanische ventilatie voert uit keuken, badkamer en toilet respectievelijk 150, 50 en 25 m³/h lucht af. In de tabel van figuur 3 zijn de diverse aangenomen spleetlengten en C-waarde opgenomen. Omdat in de regel waarin de berekende debieten zijn vermeld alleen positieve getallen voorkomen, stroomt lucht in de figuur 2 aangegeven pijlrichtingen.



Figuur 3.

Figuur 4 geeft onder dezelfde buiten- en binnencondities en dezelfde uit keuken, badkamer en toilet afgevoerde debieten (150/50/25) de berekeningsresultaten als de wind op de achtergevel staat.

Bij het bepalen van het warmteverlies van de woonkamer/keuken gaat men uit van de veronderstelling dat alle afgevoerde lucht, in dit geval 150 m³/h, de woonkamer/keuken bereikt via kieren en spleten in de gevels, met andere woorden rechtstreeks van buiten wordt aangevoerd. In de warmteverliesberekening staat dus 1700 W ventilatieverlies.

Uit de tabel van figuur 4 blijkt dat onafhankelijk van de windrichting de ventilatiewarmtebehoefte van de woonkamer/keuken slechts 850 + 90 ≈ 950W bedraagt doordat bijna de helft van de ventilatielucht uit de hal wordt betrokken.

Als we er van uitgaan dat in de woonkamer/keuken dubbel glas en een geïsoleerde vloer is toegepast, dan zal het totale warmteverlies van die ruimtes ca. 3,5 kW bedragen. Geïnstalleerd wordt 3,5 kW, benodigd is 2750 W zodat de overcapaciteit ca. 27% zal zijn.

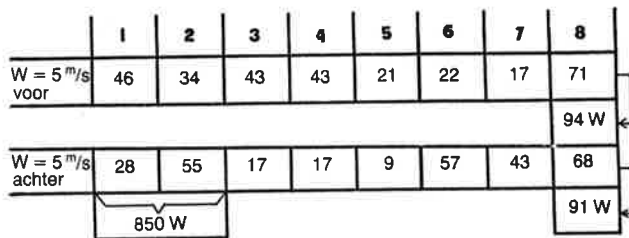
Volgens figuur 4 moet in de installatievermogens van de slaapkamers 4,5,6 en 7 met een infiltratie van respectievelijk 43, 25, 57 en 43 m³/h rekening worden gehouden. Aan te tonen is dat door de overcapaciteit van de installatie in de woonkamer/keuken de slaapkamers aan de loefzijde van de woning onderverwarmd worden en de warmtebalans van de slaapkamers aan de lijzijde juist in evenwicht kan zijn.

Door beter isoleren wordt het aandeel van de ventilatiewarmtebehoefte in de totale warmtebehoefte van een vertrek groter en gaat het hiervoor behandelde effect een grotere rol spelen.

De nu gehanteerde warmteverliesberekening, ook wel transmissieberekening genoemd, is om deze maar ook om

andere redenen, niet geschikt voor goed geïsoleerde woningen.

In "Verwarming en Ventilatie" van oktober 1984 is op die problematiek ingegaan.



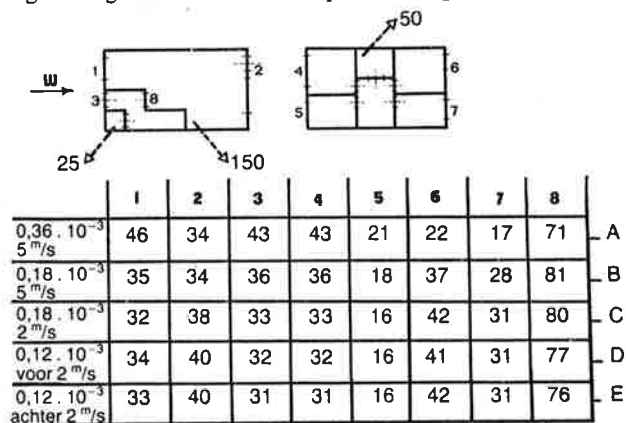
Figuur 4

Terug naar de gevoeligheidsanalyse voor de ventilatiesystemen.

De volgende figuren tonen de resultaten van een aantal berekeningen waarbij successievelijk een randvoorwaarde is veranderd.

In figuur 5 is de winddichtheid van de gevels verbeterd. Uit de gepresenteerde getallen blijkt dat boven een bepaalde gevelkwaliteit bij gesloten ventilatievoorzieningen noch de windsnelheid noch de windrichting van invloed is op de verdeling van de ventilatielucht over de verschillende vertrekken van de woning.

In regels A, B, C en D staat de wind op de voorgevel, in regel E is gerekend met wind op de achtergevel.



Figuur 5.

In figuur 6 geeft regel B de debieten in de nachtstand van het mechanische afvoerventilatiesysteem.

Slaapkamers 6 en 7 ontvangen bij hogere windsnelheden op de voorgevel gebruikte lucht, lucht die volgens NEN 1087 niet geschikt is voor de ventilatie van slaapkamers omdat die lucht uit andere vertrekken afkomstig is. In dit geval is zowel de richting en de verdeling van de ventilatie niet goed.

In regel D is ervan uitgegaan dat vergeleken met regel B de ramen van slaapkamers 6 en 7 op een kier worden gezet. Het resultaat wordt er niet beter op.

Worden aan de windzijde ramen op een kier gezet (regel E) dan is de situatie voor slaapkamers aan de lijzijde in strijd met de eisen van NEN 1087. De richting van de luchtstroming naar slaapkamers 4 en 5 is niet goed.

$C = 0,36 \cdot 10^{-3}$

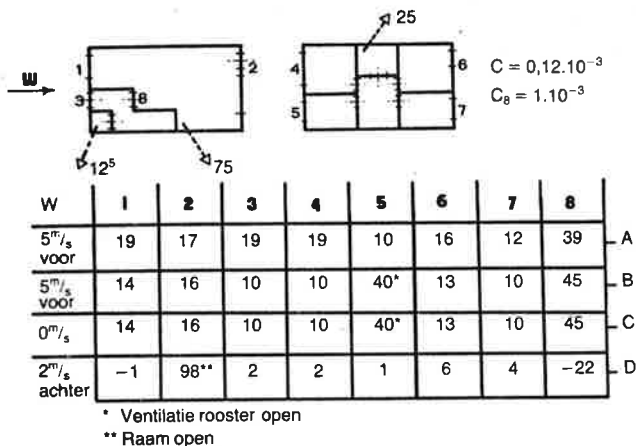
$C_8 = 1 \cdot 10^{-3}$

	1	2	3	4	5	6	7	8	
150/50/25 5 m ³ /s voor	46	34	43	43	21	22	17	71	A
75/25/12 ⁵ 5 m ³ /s	32	9	34	34	17	-8	-6	34	B
75/25/12 ⁵ 2 m ³ /s voor	18	16	12	12	10	26	19	41	C
75/25/12 ⁵ 5 m ³ /s voor	33	11	35	35	29	op kier -17	op kier -13	32	D
75/25/12 ⁵ 5 m ³ /s achter	-13	28	-29	-29	-25	op kier 103	op kier 77	59	E

Figuur 6.

Als laatste voorbeeld gaan we in een winddichte woning in één van de slaapkamers een ventilatierooster open schuiven.

We nemen daarvoor slaapkamer nr. 5 en zetten de ventilatie in de nachtstand. Figuur 7 geeft de berekeningsresultaten waaruit blijkt dat in winddichte woningen het probleem van de richting van de ventilatielucht niet speelt.



Figuur 7.

De verdeling laat te wensen over.

Regels B en C laten zien dat slaapkamer nr. 5 met een te groot debiet wordt geventileerd, deels ten koste van de ventilatie van andere slaapkamers. Regel D toont wat gebeurt als alleen in de woonkamer een bovenlicht open staat. Ook op de hoge ventilatiestand (150/50/25) komt het ventilatiedebiet in de slaapkamers niet boven 10 m³/h. ($\dot{V}_2 = 179$ en $\dot{V}_8 = -35$).

Aan voorgaande gevoeligheidsanalyse kunnen enkele algemeen geldende conclusies worden verbonden:

1. De berekening van het warmteverlies door ventilatie sluit niet aan bij de werkelijk optredende luchtstromingen.
2. Door winddichte woningen is bij toepassing van mechanische afvoerventilatie de luchtverdeling over de verschillende vertrekken vrijwel onafhankelijk van windrichting en windsnelheid.
3. Bij matig lekke woningen is bij wind de richting van de ventilatie voor kamers aan de lijszijde niet overeenkomstig de eisen van NEN 1087.

4. Bij winddichte woningen is met de hand regelen van de ventilatie door middel van ventilatieroosters in de gevel vrijwel ondoenlijk. De verdeling van de ventilatie wordt verstoord.

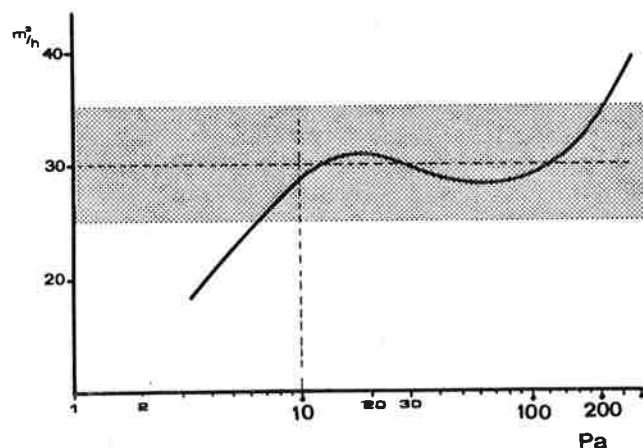
Nadat in het begin van de inleiding systeem A is afgewezen, gaat het erop lijken dat ook systeem C van tafel moet worden geveegd en alleen de gebalanceerde ventilatiesystemen een goede ventilatie kunnen realiseren. Met eenvoudige technische middelen is systeem C echter te verbeteren tot een systeem dat de klassifikatie ruim voldoende wel met recht draagt.

Figuur 8 laat de karakteristiek van een gevel of raam ventilatierooster zien. Dit rooster is uitgevoerd als een konstantvolume regelaar. In een traject van 10 Pa tot 200 à 300 Pa drukverschil over het rooster wordt het ventilatie debiet tussen ca. 25 en 35 m³/h gehouden. Er zijn roosters beschikbaar voor andere debieten.

Met deze roosters is, in combinatie met een mechanisch ventilatiesysteem (lucht uit keuken/badkamer/toilet) een goede woningventilatie te realiseren.

Het zal wel nodig zijn per vertrek de ventilatieluchttoevoer over twee roosters te verdelen. Ook moeten de roosters of tenminste één per vertrek, afsluitbaar zijn. Is dit niet het geval dan is de luchtverdeling bij laagstand van de ventilator volledig te ontregelen.

De instructie aan de bewoners kan zeer eenvoudig zijn. Zet bij laagstand van de ventilator een van de twee roosters per vertrek dicht. Concreet naleven van die instructie zou een goede ventilatie tegen een laag energieverbruik opleveren. Aan de konstant-volume regelaars in de gevels kleven ook nadelen. In de eerste plaats is er de onzekerheid over een voldoende probleemloos functioneren gedurende een langere periode en daarnaast is het probleem van tocht in de leefzone door koude lucht uit ventilatieroosters in de gevel nog levensgroot aanwezig, waardoor bewoners door dichtzetten of dichtplakken van roosters het systeem verstoren.



Figuur 8.

In figuur nr. 1 zijn onder gebalanceerde ventilatie een zestal systemen opgenomen, systeem 8 verschilt uit oogpunt van ventilatie niet van systeem 7 en kan verder buiten beschouwing worden gelaten.

Systemen 4, 5, 6 en 9 kunnen volledig voldoen aan de eisen van NEN 1087, ook wat de kwaliteit van de ventilatielucht voor de verschillende kamers betreft.

Met systeem nr. 7 is dat anders gesteld.

Gebalanceerd ventileren door toepassing van een luchtverwarmingsinstallatie met zodanige recirculatie van lucht dat de gehele woning wordt geventileerd (en verwarmd) met één kwaliteit lucht is niet geheel in overeenstemming met de eisen van NEN 1087.

De toelaatbaarheid van het recirculeren van lucht uit de woonkamer naar slaapkamers is één van de door TNO uit te voeren onderzoeken uit het onderzoekprogramma "Luchtverwarming in eengezinswoningen" van de afdeling Volkshuisvesting van MVRM.

Er staan ca. 80.000 recirculerende luchtverwarmingsinstallaties van het type 7 in Nederland dagelijks hun werk te doen en er komen jaarlijks enkele duizenden bij.

In figuur nr. 11 is in afwachting van de onderzoekresultaten een vraagteken geplaatst bij systeem 7.

Waarom willen we eigenlijk zo graag recirculeren bij luchtverwarmingssystemen?

De zogenaamde mengluchtsystemen, recirculatielucht en buitenlucht worden centraal gemengd, hebben het voordeel dat voor het transport van warmte de luchtverwarmer naar de verschillende vertrekken een grote luchthoeveelheid beschikbaar is en dus met vrij lage luchtinblaastemperatuur kan worden gewerkt, ook als de warmteverliezen van de woning aanzienlijk zijn.

Verder kan door recirculatie een hoog circulatievoud worden bereikt, waardoor de temperatuurverdelingen per vertrek (o.a. vertikaal temperatuurgradient) gunstiger worden.

Een volgend belangrijk voordeel van recirculatie is de beperking van de luchtinblaastemperatuur in periodes dat de warmtevraag klein is en de luchtverwarmingsinstallatie in feite alleen als ventilatie-installatie fungeert.

Figuur 9 is ontleend aan de NEOM-brochure "Drie vliegen in één klap" (mei 1984), waarin is opgenomen een publikatie over "Beheersing van de minimum inblaastemperatuur".

In de periode dat er altijd warmtevraag is, in de figuren aangegeven als het gebied van buitentemperaturen onder 0°C, ligt de inblaastemperatuur van de lucht altijd hoog genoeg om geen tocht te veroorzaken.

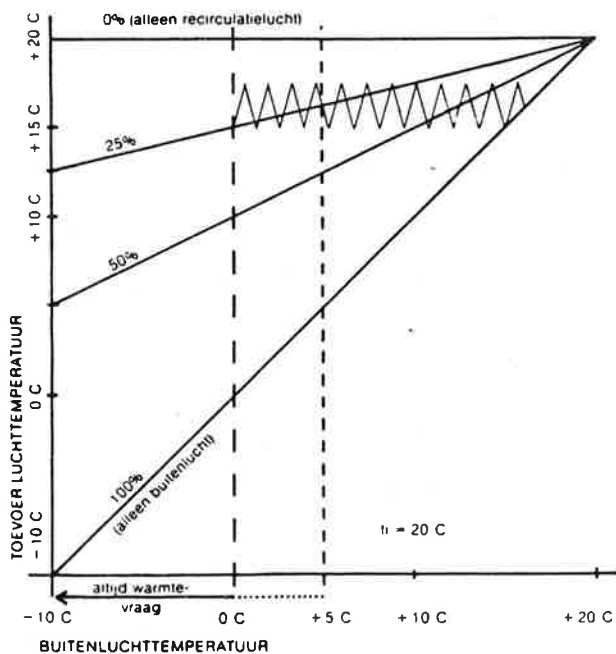
Nemen we aan dat in verband met het voorkomen van tocht, de laagst toelaatbare inblaastemperatuur ca. 15°C bedraagt, dan kan met ca. 75% recirculatie tocht worden voorkomen. (linker grafiek van figuur 9).

Wordt warmteterugwinning uit de rechtstreeks naar buiten af te voeren ventilatielucht toegepast dan kan tot 50% recirculatie zonder verdere regeltechnische ingrepen een tochtvrij ventilatiesysteem worden gerealiseerd. Een groter buitenluchtaandeel maakt meestal toepassing van een minimum inblaastemperatuurbegrenzing noodzakelijk.

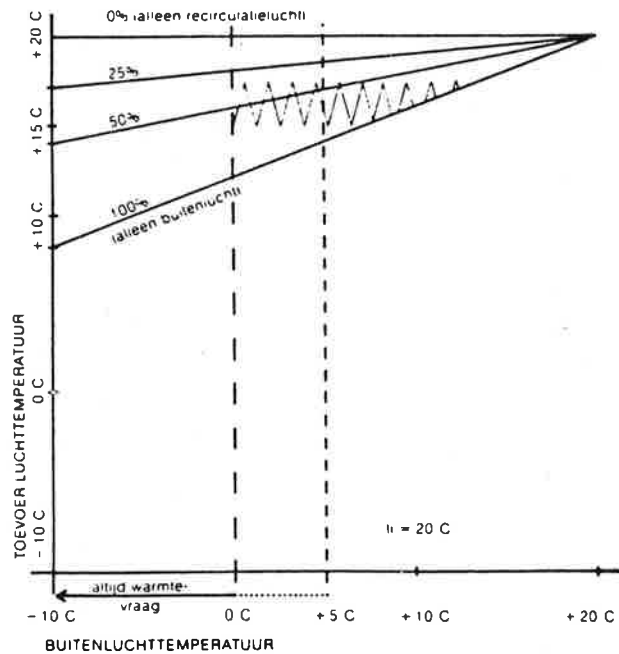
In WTCB publikatie nr. 119 van juni 1978 wordt een relatie gegeven tussen de minimale inblaassnelheid (U) van de ventilatielucht, het debiet \dot{V} in m³/h en de inblaastemperatuur.

$$u \geq 4,7 \left(\frac{\Delta t^{2/3}}{\dot{V}^{1/2}} \right) \text{ m/s}$$

De bovengrens van de inblaassnelheid wordt bepaald door de geluidproductie en ligt ongeveer op 3,5 m/s.



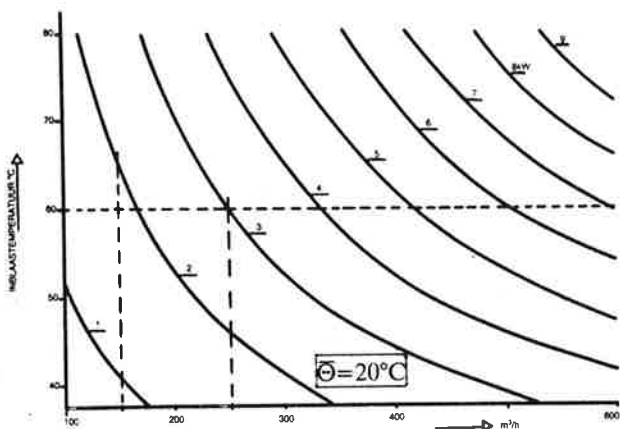
Figuur 9. Zonder warmteterugwinning



Met warmteterugwinning

Neemt de thermische kwaliteit van de woning toe en/of het volume af dan kan met steeds minder lucht het warmteverlies worden gedekt.

Beperken we de maximaal toelaatbare luchtinblaasstemperatuur op 60 à 65 °C en willen we de warmteverliezen dekken met de ventilatielucht alleen, dan moet onder ontwerp buiten- en binnencondities de warmtebehoefte van de woning onder 3 à 3,5 kW liggen (zie figuur 10). Dat zijn zeer goed geïsoleerde woningen in een klasse van isolatie-indexen $I_t \geq 18$, waarden die we bij gerenoveerde woningen niet zullen aantreffen, zodat bij de luchtverwarmingssystemen recirculatie van de lucht nodig zal zijn.



Figuur 10.

Hiervoor is aangegeven dat voor winddichte woningen systeem C zonder gebruik van de konstantvolumeregelaars in de gevel, een verre van optimale ventilatie-installatie oplevert en toepassing zou moeten worden afgewezen. De

technische kwaliteit van de konstantvolume-regelaars en de mogelijkheden koude buitenlucht tochtvrij via de gevel in de woning te brengen zijn doorslaggevend voor toepassing in de praktijk.

Welke van de in figuur 11 opgenomen ventilatiesystemen komen in aanmerking voor de bestaande bouw? Bij een voorbespreking van de inleidingen voor deze technische dag werd, toen ook gebalanceerde ventilatiesystemen en luchtverwarmingsinstallaties ten tonele werden gevoerd, de opmerking dat de bestaande woningen centraal staan. Met andere woorden, daar worden de D-systemen niet toegepast. Het tegendeel is waar en die mening wordt onderschreven in het rapport "Onderzoek naar Energiebesparingsmogelijkheden bij Renovatie", een door het Rotterdamse Q en Q-team in 1983 uitgevoerd onderzoek.

"In een kwalitatief hoogwaardig renovatiepakket zorgen luchtverwarming, mechanische ventilatie en warmterugwinning voor een optimaal gebruik van de mogelijkheden". Zoals in het begin van deze inleiding is aangegeven wordt het aantal te renoveren woningen tot het jaar 2000 geschat op 700.000, waarvan ongeveer de helft van die bestaande woningen is voorzien van lokale verwarming. Een belangrijk deel zal zijn voorzien van gesloten toestellen. De open toestellen mogen niet worden gecombineerd met een mechanische afvoer ventilatiesysteem (C) in verband met terugstromen van verbrandingsgassen. Hier zou een gebalanceerd ventilatiesysteem op zijn plaats zijn. Een algemeen conclusie uit het Q en Q-team rapport is dat de hogere stichtingskosten van gebalanceerd mechanisch ventileren goed worden gemaakt door de bereikte energiebesparing. Een tweede belangrijke conclusie is dat in de vergelijking

VENTILATIE-SYSTEMEN VOOR WONINGEN

	NATUURLIJKE-TOEVOER		MECHANISCHE-TOEVOER						
	AFVOER		AFVOER		MECHANISCH (gebalanceerde ventilatie)				
	NATUURLIJK	MECHANISCH	NATUURLIJK	ZONDER WARMTE-TERUGWINNING		MET WARMTE-TERUGWINNING			
				ZONDER LUCHT-VERWARMING	MET LUCHT-VERWARMING	ALLEEN WARMTE-TERUGWINNING	MET LUCHT-VERWARMING		
							RECIRCULATIE	WARMTAPWATER VOORZIENING	SLAAPKAMERS BUITENLUCHT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NEN 1087	A	C	B	D					
<13 m ³	X	RUIJM* VOLDOENDE	RUIJM VOLDOENDE	GOED	GOED	GOED	GOED?	N.V.T.	GOED
>13 m ³	X	RUIJM* VOLDOENDE	X	GOED	GOED	GOED	GOED?	N.V.T.	GOED

* LUCHTTOEVOER D.M.V. KONSTANT VOLUME REGELAARS

Figuur 11.

tussen luchtverwarming met warmteterugwinning en warmwater c.v. gecombineerd met warmteterugwinning, de luchtverwarming zowel wat energiekosten als wat stichtingskosten betreft, in het voordeel is.

Een belangrijke lering hieruit is dat bij de voorbereiding van renovatieprojecten niet automatisch moet worden gekozen voor een radiatorverwarming en mechanische afzuigventilatie maar als alternatief moet worden gekeken naar luchtverwarming.

De referentie voor de beoordeling van de kwaliteit van andere verwarmings- en ventilatie-installaties is luchtverwarming.

Als technici kunnen we voor een bepaald renovatieproject een goed sluitende total-cost vergelijking opstellen tussen de verschillende verwarmings- en ventilatiesystemen en combinaties daarvan.

In veel gevallen zijn de jaarkosten van de duurdere maar energievriendelijke systemen lager dan van de warmtetechnisch minder goede systemen. In de werkgroep Verwarming van de Commissie Rationalisatie Beleggingsobjecten is voor de woning die in de CORV-studie als standaard woning is opgenomen, een vergelijking opgesteld tussen de totale kosten per jaar van natuurlijke ventilatie, mechanische ventilatie en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Gaan we uit van de gesloten keuken dan zijn de jaarkosten becijferd op respectievelijk 1001,-; 712,- en 695,- bij het huidige elektriciteits- en gastarief, afschrijving van kanalen in 50 jaar, van ventilatoren 15 jaar en 10% rente.

Maar helaas; het duurdere systeem met een lage jaarkosten komt in de meeste gevallen niet aan bod om de eenvoudige reden dat aan de huurprijs een plafond is gegeven.

Het is een kwestie van terugrekenen van de bij de huurprijs behorende rendabele investering en het antwoord geven op de vraag wat er voor dat geld te bouwen en te installeren is. Toch klinken er van de zijde van opdrachtgevers positieve geluiden in de trant van: "Als we nu niet energievriendelijk bouwen en zorgen dat de stookkosten laag zijn dan kunnen we over een x-aantal jaren ons woningbezit moeilijk of niet meer verhuren".

Wij denken dat we ervoor moeten zorgen dat de huurders van woningen maar ook kopers moeten worden geïnformeerd over de energetische kwaliteit van de verschillende installaties in een woning. Dat komt de marktkansen van de betere verwarmings- en ventilatie-installaties ten goede.

Een goed geïnformeerde particulier zal in zijn beoordeling van een huur- of koopwoning de energetische kwaliteit van de woning en installatie meenemen.

Een van de gereedschappen die daarvoor beschikbaar komen is de NVN 5125 "Energiegebruik in woningen, richtwaarden en berekeningsmethoden".

Het ontwerp van deze voornorm is op 8 november jl. door het ISSO gepresenteerd.

Echter niet alleen de woningkwaliteit en woningtype maar de woning in combinatie met de installaties moeten worden beoordeeld op energiegebruik. Om die reden heeft de ACI ruim twee jaren geleden TNO opdracht gegeven de haalbaarheid van een energieklassificatiesysteem voor woning/installatie combinaties te onderzoeken. In een voorstudie is

de haalbaarheid en het nut van het energieklassificatiesysteem aangetoond en inmiddels is een eerste studiefase nagenoeg afgerond.

Zie voor een korte beschrijving van het energieklassificatiesysteem "Verwarming en Ventilatie" van mei 1982.

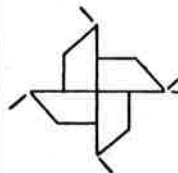
In de eerste studie fase zijn bij drie woningkwaliteiten een viertal installatievarianten meegenomen waarbij noch het ventilatiesysteem noch de warmtapwaterbereiding in de vergelijking is betrokken.

Dat zal in de tweede fase wel het geval zijn.



Beveja wand-, kanaal-, buis-, dak- en centrifugaalventilatoren

- onderhoudsvrij
- hoog in kwaliteit
- laag in prijs



BEVEJA
VENTILATIE

Kamillestraat 23
5143 CH Waalwijk
Tel. 04160 - 34677