

Praktijkonderzoek naar het ventilatiegedrag van minimum energiewoningen te Schiedam

AIVC
1870

2400

Ing Ph. J. Ham *

#2400



Samenvatting

In een complex van 184 minimum energiewoningen te Schiedam is van een tweetal woningen het ventilatiegedrag bepaald. Beide woningen zijn uitgevoerd met mechanische luchttoe- en afvoer en warmteterugwinning. In één der woningen vindt bijverwarming plaats door middel van een water/lucht-warmtewisselaar, die wordt gevoed door een keukengeiser; in de andere woning vindt verwarming plaats door middel van een allesbrander. Via dubbele wanden van de allesbrander en van het rookgasafvoerkanaal wordt door middel van een intern recirculatiecircuit warmte uitgewisseld met de slaapkamer. Uit luchtdichtheidsmetingen bleek dat de woningen zeer goed luchtdicht zijn. Uit metingen aan het ventilatiesysteem bleek dat de woningen aanvankelijk niet goed waren ingeregeld. Het goed inregelen volgens de ontwerp-specificaties was een noodzaak voor het uitvoeren van een oriënterend onderzoek naar de binnenluchtkwaliteit, wat het hoofddoel van het onderzoek was. Het goed inregelen is vooral van belang in de woning met de allesbrander, waar ten behoeve van een goede rookgasafvoer een zodanige onbalans in het ventilatiesysteem moet worden gerealiseerd, dat in de woning bij gesloten ramen een overdruk heerst.

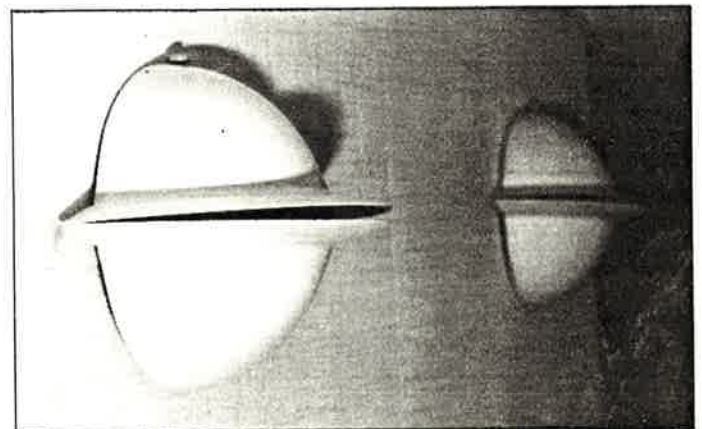
1 Inleiding

Door de steeds toenemende kosten van energie voor ruimtelijke verwarming van woningen en andere gebouwen is ca. tien jaar geleden een ontwikkeling in gang gezet om gebouwen beter te isoleren. Deze ontwikkeling heeft thans geleid tot de realisatie van een woningtype, waarbij de energiebesparende maatregelen zover zijn doorgevoerd, dat de installatie van een centraal verwarmingssysteem overbodig is geworden. Van dit type woningen, minimum-energiewoningen genaamd, is een woonwijk met 184 woningen gerealiseerd in Schiedam (Woudhoek-Noord). Deze woningen zijn uitgevoerd met mechanische luchttoe- en afvoer, gecombineerd met warmteterugwinning. Bijverwarming wordt in de meeste woningen gerealiseerd door middel van een keukengeiser, die tevens voorziet in warm tapwater. In een beperkt aantal woningen wordt bijverwarming gerealiseerd door middel van een zogenaamde 'allesbrander' in de woonkamer. Om meer inzicht te krijgen in de luchtverontreiniging in minimum-energiewoningen heeft het VROM gelden beschikbaar gesteld voor onderzoek naar milieu-effecten van energiebesparende maatregelen in het kader van OREGO. Uit deze middelen resulteerde een opdracht aan TNO, waarbij het Projectbureau Energieonderzoek als coördinator optreedt. De uitvoering van het onderzoek werd opgedragen aan het voormalige Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO, thans geïntegreerd in de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO te Delft. Omdat de mate van luchtverontreiniging in de woningen mede afhankelijk is van de mate van woningventilatie werd, voorafgaand aan de

luchtverontreinigingsmetingen, een onderzoek ingesteld naar het ventilatiegedrag van de woningen. De resultaten hiervan zullen in het nu volgende worden behandeld; voor de resultaten van de luchtverontreinigingsmetingen wordt verwezen naar het, eveneens in dit blad opgenomen, artikel van ir J. v.d. Wal [1].

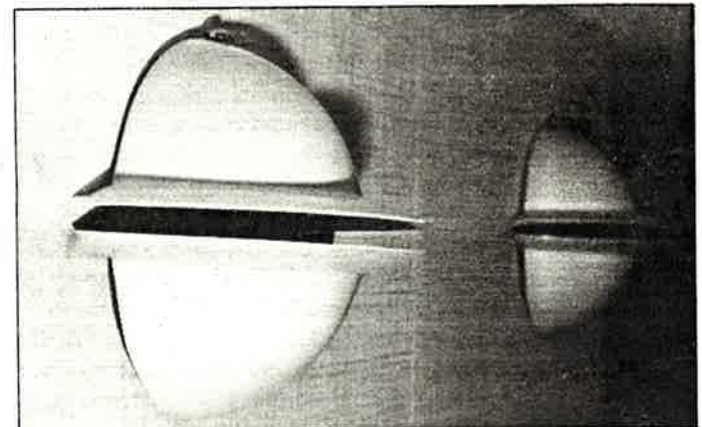
2 Beschrijving van het systeem voor ventilatie en verwarming

De ventilatie en verwarming wordt per woning tot stand gebracht door een ventilatiesysteem met gescheiden luchttoe- en afvoer door middel van twee ventilatoren. In een kruisstroomwarmtewisselaar wordt tussen de twee luchtstromen warmte uitgewisseld zodat warmteterugwinning plaatsvindt. De ventilatoren hebben een drie-standen toerenregeling die met de hand vanuit de keuken kan worden bediend. Voor de warmwatervoorziening zijn de woningen uitgerust met keukengeisers; als de geiser brandt worden de ventilatoren automatisch op het hoogste toerental gebracht. De ventilatoren en warmtewisselaar voor warmteterugwinning zijn bovendaks aangebracht. De luchttoevoer naar de vertrekken vindt plaats vanuit de achterwand, dichtbij het plafond, via roosters, waarvan de constructie is weergegeven in figuur 1. De metingen werden verricht in een tweetal woningen met verschillende installatie-uitvoeringen die in 2.1 en 2.2 worden beschreven.



voor inregelen (boven)

na inregelen (onder)

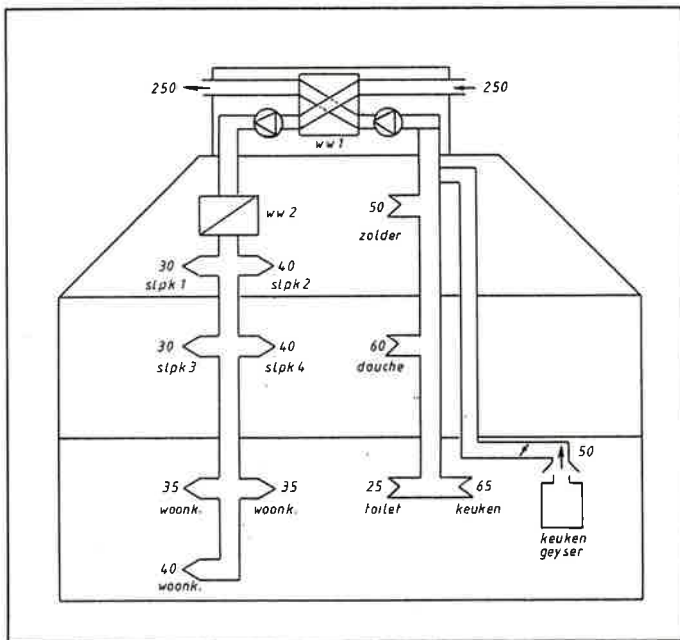


Figuur 1 Inblaasornament in de woonkamer, vóór en ná het inregelen

* Ing. Ph. J. Ham, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie Delft - Apeldoorn.

2.1 Beschrijving van de installatie in woningtype A zonder allesbrander (zie figuur 2)

Het uitgangspunt van de installatie is gebalanceerde ventilatie, hetgeen wil zeggen dat op mechanische wijze evenveel lucht aan de woning wordt toegevoerd als afgevoerd. Om in de winter een geringe bijverwarming mogelijk te maken is in het centrale toevoerkanal een water-lucht warmtewisselaar (WW2) aangebracht. Deze warmtewisselaar wordt verwarmd met water uit een gemodificeerde keukengeiser (merk Fasto Twin) die in de keuken is geplaatst. Op commando van een kamerthermostaat wordt de combigeiser in de lage branderstand ontstoken en wordt warm (tap)-water via een pomp door de warmtewisselaar gevoerd. De combigeiser dient tevens voor het leveren van warm tapwater voor keuken en douche, waarbij de hoge branderstand wordt benut; de pomp is dan buiten bedrijf. De rookgassen uit de combigeiser worden direct via een afzonderlijk kanaal afgevoerd naar de lucht-lucht warmtewisselaar zodat ook uit de rookgassen warmte wordt teruggewonnen (zowel 's-zomers als 's-winters).

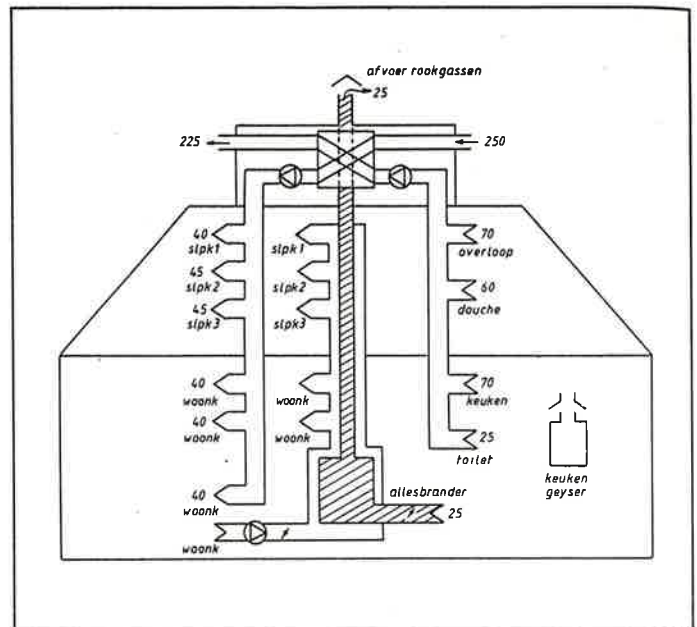


Figuur 2 Ventilatiesysteem van woningtype A volgens ontwerpcondities. Luchtvolumestromen in m³ per uur bij 20°C en hoogste ventilatiestand

2.2 Beschrijving van de installatie in woningtype B met allesbrander (zie figuur 3)

Het uitgangspunt van de installatie is dat ten behoeve van de allesbrander meer lucht aan de woning moet worden toegevoerd dan afgevoerd. In dat geval mag worden verwacht dat er, althans bij gesloten ramen, steeds een luchttransport vanuit de woonkamer via de allesbrander en het rookgaskanaal naar het dak blijft plaatsvinden. Voor de bereiding van warm tapwater wordt gebruik gemaakt van een kleine keukengeiser met indirecte rookgasafvoer via het keukenafzuigsysteem. De bijverwarming vindt in deze woning niet plaats door middel van een water-lucht warmtewisselaar maar door middel van een intern luchtcircuit met recirculatie tussen de woonkamer en de slaapkamers dat als volgt werkt:

Bij brandende kachel kan door middel van een ventilator



Figuur 3 Ventilatiesysteem van woningtype B volgens ontwerpcondities. Luchtvolumestromen in m³ per uur bij 20°C en hoogste ventilatiestand

een transport van recirculatielucht worden bewerkstelligd vanuit de woonkamer via de dubbele wanden van de allesbrander en het rookgasafvoerkanal naar de slaapkamers en de woonkamer. Regeling kan plaatsvinden door aan/uitschakeling van deze ventilator en door bediening van een luchtklep in dit circuit. Bij brandende kachel zal er ten gevolge van het schoorsteeneffect een opwaartse kracht ontstaan in het rookgaskanaal en tevens in de dubbele pijpwand. Hierdoor zal ook bij uitgeschakelde ventilator in het recirculatiecircuit een luchttransport vanuit de woonkamer naar de slaapkamers plaatsvinden. Bij gesloten luchtklep valt te verwachten dat dit transport via de geopende roosters in de woonkamer zal plaatsvinden. Doordat de uitmondning van het rookgaskanaal bovendaks vertikaal omhoog is gericht mag worden verondersteld dat de wind geen terugslag in het rookgaskanaal tot gevolg heeft.

3 Bepaling van de luchtdichtheid van de woning

In hoofdstuk 2 is ervan uitgegaan dat de ventilatie van de woning uitsluitend wordt bepaald door het ventilatiesysteem. Er kunnen echter ook luchttransporten optreden via raamen deurkieren of via andere openingen in dak- of gevelconstructies. Hierdoor kan de ventilatie toenemen, hetgeen gepaard gaat met extra warmteverlies. Er zijn metingen verricht om de luchtdichtheid van de beide woningen in hun geheel en per vertrek te bepalen.

3.1 De toegepaste meetmethode

Er werd gebruik gemaakt van een meetmethode die beschreven is in rapport B2-17, Stichting Bouwresearch Rotterdam (1981) [2]. De gehele woning wordt bij afgedicht ventilatiesysteem in de windstiltoestand door middel van een regelbare ventilator via een meetsectie op onderdruk gebracht. Bij verschillende waarden van de onderdruk (Δp) wordt de bijbehorende volumestroom door de meetsectie (q_v) bepaald. Deze volumestroom is gelijk aan de som van de volumestromen door alle kieren in de woning.

Er geldt: $q_v = C \cdot \Delta p^{1/n}$ (1)
 waarin: $C =$ weerstandsfactor $[m^3/s \text{ bij } \Delta p = 1 \text{ Pa}]$
 $n =$ coëfficiënt voor de aard van de stroming
 (laminair: $n = 1$;
 turbulent: $n = 2$) $[-]$
 $\Delta p =$ drukverschil $[Pa]$
 $q_v =$ volumestroom $[m^3/s]$

Om zich een voorstelling van de luchtdichtheid te kunnen maken wordt deze ook wel uitgedrukt in een denkbeeldige opening waarvan het netto oppervlak dezelfde luchtweerstand heeft als de som van alle luchtlekken in de woning. Dit netto oppervlak kan worden berekend met:

$$A_{\text{netto}} = q_v \cdot \rho^{0,5} \cdot (2 \Delta p)^{-1/n}$$

waarin: $A_{\text{netto}} =$ netto oppervlak $[m^2]$
 $\rho =$ soortelijke massa van lucht $[kg/m^3]$

De luchtdichtheid per vertrek werd bepaald door meting van de luchtsnelheid in de ventilatiespleet onder de gesloten deur. Als meetinstrument diende hiervoor een thermo-anemometer (fabrikaat MT-TNO). Uit de spleetafmetingen en de luchtsnelheid kon de volumestroom per vertrek worden bepaald. De som van de volumestromen per vertrek is gecontroleerd met de totale volumestroom door de meetsectie. De metingen werden verricht voor en na het afdichten van de luchtlekken naar de kruipruimte.

3.2 Meetresultaten van woningtype A

De luchtdichtheid van de gehele woning werd aanvankelijk bepaald voor twee situaties, namelijk met de raamluiken open en de raamluiken dicht. De meetresultaten zijn weergegeven in figuur 4 (lijn I). Uit rookproeven bleek dat er een luchttransport optrad vanuit de kruipruimte via kieren langs het luik bij de voordeur en via de kabelinvoeropeningen in de meterkast naar de woning. Omdat via deze luchtlekken een ongewenst transport van koude lucht naar de woning kan ontstaan werd besloten de metingen te herhalen nadat deze luchtlekken waren afgedicht. In figuur 4 zijn de meetresultaten hiervan weergegeven (lijn II). Uit de gemeten lucht-volumestromen per vertrek werd de procentuele verdeling van de luchtlekken over de vertrekkende afgeleid. Deze is weergegeven in figuur 5. Er bleek het volgende:

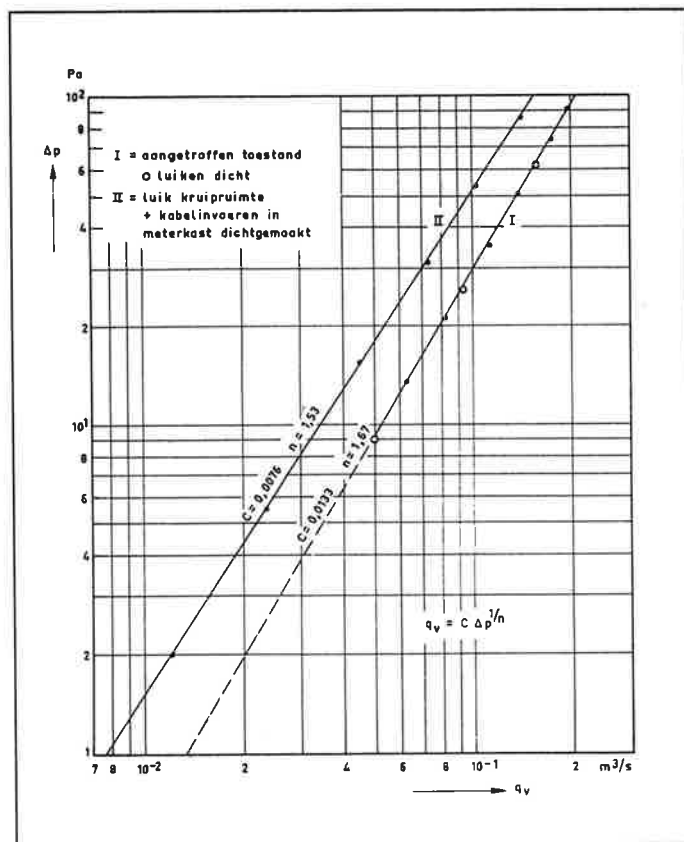
- Het sluiten van de raamluiken heeft geen invloed op de luchtdichtheid van de woning.
- De woning is als zeer goed luchtdicht te beschouwen, hetgeen blijkt uit tabel 1.

Tabel 1

Resultaten van luchtdichtheidsmetingen voor woningtype A

	C $[m^3/s \text{ bij } \Delta p = 1 \text{ Pa}]$	n $[-]$	A_{netto} $[m^2]$
aangetroffen loestand	0,0133	1,67	0,0096
luchtlekken naar kruipruimte afgedicht	0,0076	1,53	0,0053

- Uit tabel 1 blijkt verder dat de luchtdichtheid van de woning met 45% werd gereduceerd door het afdichten van de kieren langs het luik naar de kruipruimte en de doorvoeropeningen voor de kabels in de meterkast.



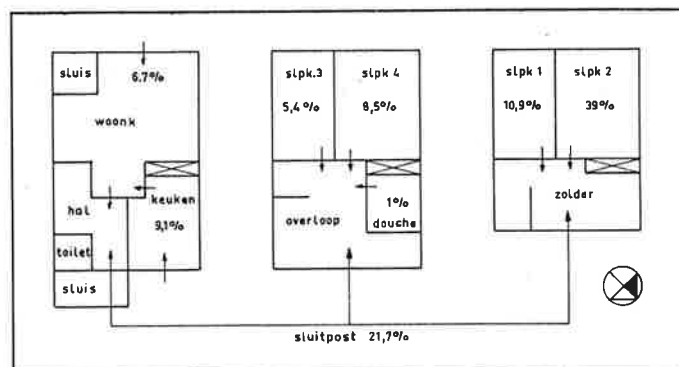
Figuur 4 Weerstandskarakteristieken van de gehele woning, type A, met afgedicht ventilatiesysteem

- Uit figuur 5 blijkt dat het grootste luchtlek optreedt in slaapkamer 2. De oorzaak hiervan is een matige afdichting van het onderhoudsluik naar de kanalschacht.

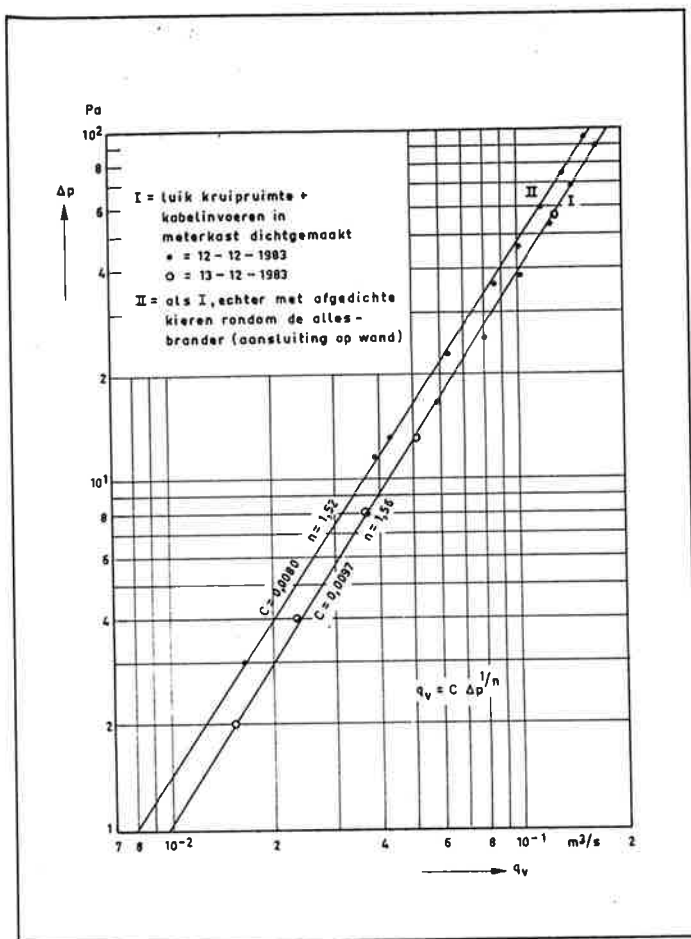
3.3 Meetresultaten van woningtype B

Gebruik makende van de ervaringen, opgedaan bij de voorgaande metingen, werd besloten de luchtdichtheid van deze woning te bepalen onder de volgende condities:

- De luchtlekken naar de kruipruimte afgedicht (luik en kabelinvoeren);
- raamluiken open;
- Intern recirculatiecircuit via allesbrander uitgeschakeld (roosters en aanzuigopening niet afgedicht);
- Luchttoevoerrooster van de allesbrander dicht.



Figuur 5 Gemeten luchtverdeling bij de luchtdichtheidsmetingen van woningtype A

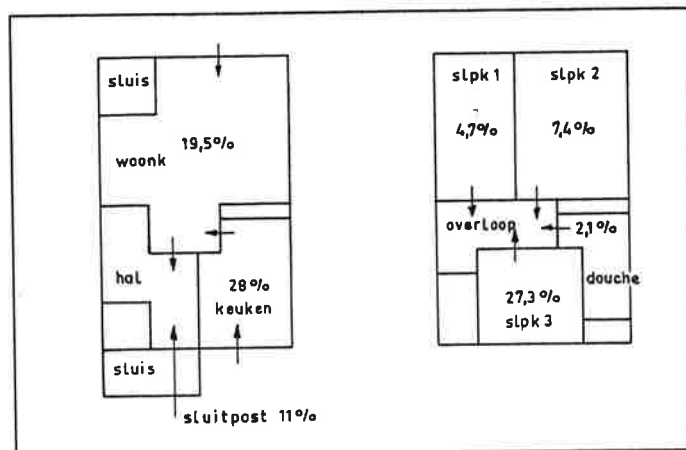


Figuur 6 Weerstandskarakteristieken van de gehele woning, type A, met afgedicht ventilatiesysteem

De meetresultaten zijn weergegeven in figuur 6 (lijn I). Uit rookproeven bleek dat er een luchttransport optrad vanuit de woonkamer en de keuken via kieren bij de aansluitingen van de allesbrander op de wanden van de kanaalschacht. Omdat deze luchtschacht in verbinding staat met het dak zullen deze luchtlekken een ongewenst transport van vertrekluft naar het dak kunnen bewerkstelligen. Er werd daarom besloten de metingen te herhalen nadat deze kieren waren afgedicht. In figuur 6 zijn de meetresultaten hiervan weergegeven (lijn II).

In figuur 7 is de procentuele verdeling van de luchtlekken over de vertrekken weergegeven. Deze zijn afgeleid voor de situatie dat de kieren bij de allesbrander niet waren afgedicht. Uit de meetresultaten blijkt het volgende:

- De woning is eveneens als zeer goed luchtdicht te beschouwen hetgeen blijkt uit tabel 2.
- Uit tabel 2 blijkt verder dat de luchtdichtheid van de woning met 18% werd gereduceerd door het afichten van de kieren langs de allesbrander naar de kanaalschacht.
- De gevonden waarden bij afgedichte luchtlekken langs de allesbrander en naar de kruipruimte stemmen goed overeen met de overeenkomstige meetresultaten voor woningtype A (vergelijk tabel 2 met tabel 1).
- Uit figuur 7 blijkt dat, afgezien van de woonkamer en de keuken waar extra lekkage langs de allesbrander werd geconstateerd, het grootste luchtlek optreedt in slaapkamer 3.



Figuur 7 Gemeten luchtverdeling bij de luchtdichtheidsmetingen van woningtype B

Tabel 2

Resultaten van luchtdichtheidsmetingen voor woningtype B

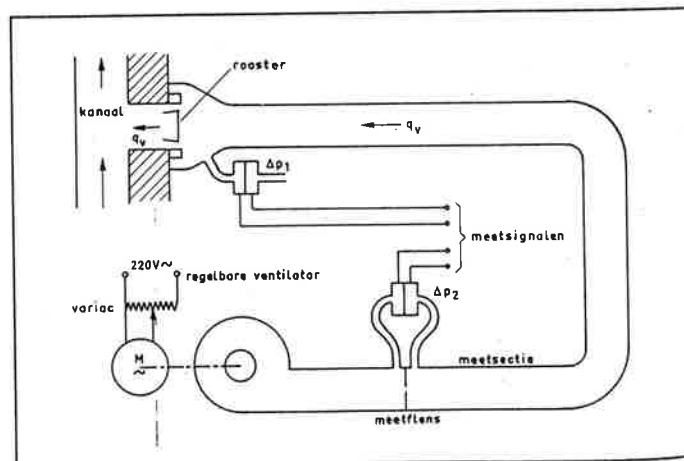
	C [m³/s bij 1 Pa]	n [-]	A _{netto} [m²]
luchtlekken naar kruipruimte afgedicht	0,0097	1,56	0,0068
luchtlekken langs de allesbrander ook afgedicht	0,0080	1,52	0,0056

4 Bepaling van de luchtverdeling in het ventilatiesysteem

4.1 De toegepaste meetmethode

Om in het ventilatiesysteem per rooster de toe- of afgevoerde luchtvolumestroom te kunnen meten is gebruik gemaakt van de meetopstelling zoals is weergegeven in figuur 8, welke werkt volgens de 'nul-methode'.

De werking is als volgt: Er wordt een meetpijp aangebracht over het rooster. Met behulp van een elektronische drukopnemer wordt het drukniveau in de meetpijp, juist voor het rooster, gemeten ten opzichte van het drukniveau in het vertrek (Δp_1). Door middel van een regelbare transformator (Variac) wordt het toerental van de ventilator zodanig ingesteld dat dit drukverschil nul wordt ($\Delta p_1 = 0$). Voor het ventilatiesysteem betekent dit dat de meetopstelling geen invloed meer heeft op de volumestroom door het rooster omdat de druk voor het rooster dezelfde waarde heeft als wanneer de meetopstelling niet aanwezig was. Aangezien nu door de



Figuur 8 Opstelling voor meting van volumestromen door luchtroosters

meetflens dezelfde volumestroom plaatsvindt als door het rooster kan deze nauwkeurig worden bepaald. De te verwachten meeton nauwkeurigheid bedraagt, afhankelijk van het meetgebied, maximaal 2%. Bij luchttoevoeropeningen wordt de ventilator zuigend aangesloten; om dezelfde stromingsrichting door de meetsectie te handhaven wordt deze dan omgekeerd aangesloten. Er werd gebruik gemaakt van een drietal meetflenzen voor verschillende bereiken. Deze meetmethode staat bekend als de zgn. 'nul-methode'.

4.2 Meetresultaten voor de aangetroffen toestand

In de tabellen 3 t/m 5 zijn de meetresultaten weergegeven voor de bij de oplevering aangetroffen situatie. De vermelde waarden voor de volumestromen zijn uitgedrukt in $(dm)^3/s$, de tussen haken vermelde waarden zijn dezelfde volumestromen, uitgedrukt in m^3 per uur. In de tabellen 3 en 4 zijn tevens de ontwerpcondities vermeld volgens opgave van de installateur. Uit de meetresultaten blijkt het volgende:

- De lucht voor het interne recirculatiecircuit wordt aangezogen vanuit een kast in de woonkamer. De toevoeropening bestaat uit een spleet onder de kastdeur. De metingen werden zowel met geopende als gesloten deur uitgevoerd. De meetresultaten werden niet beïnvloed door sluiting van de kastdeur zodat tabel 5 voor beide situaties geldt.
- Alle gemeten volumestromen bij ventilatorstand III zijn met uitzondering van de toiletafvoer veel lager dan volgens het ontwerp werd beoogd.
- In beide woningen blijkt de totaal afgevoerde lucht volumestroom groter te zijn dan de toegevoerde. Vooral voor de woning met de allesbrander is dit een ongewenste situatie omdat mogelijk terugslag van de rookgassen van de allesbrander zal optreden.

4.3 Het opnieuw inregelen van de installaties

Omdat bij onvoldoend geventileerde woningen hogere concentraties van binnenluchtverontreinigingen zullen ontstaan werden in dit stadium van het onderzoek de metingen van de binnenluchtkwaliteit opgeschort totdat de ventilatiesystemen overeenkomstig de ontwerpspecificaties zouden functioneren.

Bij het inregelen werd gebruik gemaakt van een meetbuis van de installateur, nadat deze was geijkt. De ca. 1 m lange meetbuis (\varnothing 100 mm) is voorzien van een handvat waarmee de meetbuis over een rooster tegen de muur wordt aangedrukt. Door middel van een vleugelradanemometer (\varnothing 20 mm) kan de luchtsnelheid in het hart van de buis worden gemeten. De ijking vond plaats door de meetbuis aan te sluiten op de meetopstelling van figuur 7. In figuur 9 zijn de ijkpunten weergegeven; uit de door de meetpunten getrokken lijnen zijn verschillende ijkfactoren afgeleid voor toe- en afvoerroosters. Bij het inregelen werden de doorlaatopeningen van de roosters zodanig ingesteld dat de gemeten volumestromen overeenkwamen met de ontwerpcondities. Vervolgens werden controlerende metingen uitgevoerd volgens de in 4.1 beschreven methode.

4.4 Meetresultaten, na het inregelen

In de tabellen 6 en 7 zijn de meetresultaten weergegeven van de controlerende metingen van de luchtverdeling in het ventilatiesysteem nadat opnieuw was ingeregeld.

Tabel 3

Gemeten lucht volumestromen in de aangetroffen toestand bij drie ventilatorsnelheden in het ventilatiesysteem van woningtype A

	Gemeten volumestromen in $(dm)^3/s$ (m^3 per uur)			
	Ventilatorstand			
TOEVOER	I	II	III	III
woonkamer				
rechts boven	2,2 (8)	2,4 (9)	2,8 (10)	9,7 (35)
links boven	3,1 (11)	3,5 (12)	4,1 (15)	9,7 (35)
links onder	6,4 (23)	7,2 (26)	8,6 (31)	11,1 (40)
totaal woonkamer	11,7 (42)	13,1 (47)	15,5 (56)	30,5 (110)
slaapkamer nr.				
1	2,9 (11)	3,3 (12)	4,0 (14)	8,3 (30)
2	3,3 (12)	3,8 (14)	4,4 (16)	11,1 (40)
3	2,9 (10)	3,3 (12)	3,9 (14)	8,3 (30)
4	2,5 (9)	2,9 (11)	3,3 (12)	11,1 (40)
Totale toevoer	23,3 (84)	26,4 (96)	31,1 (112)	69,3 (250)
AFVOER	I	II	III	III
keuken				
rooster	6,8 (24)	7,9 (28)	9,8 (35)	18,0 (65)
geiser	9,0 (32)	10,4 (37)	12,6 (45)	13,9 (50)
toilet	9,5 (35)	11,1 (40)	13,6 (49)	6,9 (25)
douche	7,0 (25)	8,2 (29)	10,3 (37)	16,6 (60)
zolder	7,2 (26)	8,3 (30)	10,4 (37)	13,9 (50)
Totale afvoer	39,5 (142)	45,9 (164)	56,7 (203)	69,3 (250)

Tabel 4

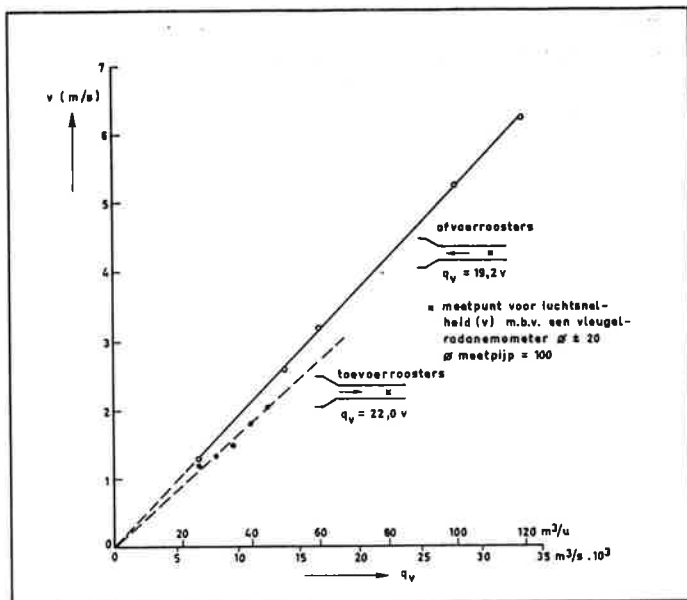
Gemeten lucht volumestromen in de aangetroffen toestand bij drie ventilatorsnelheden in het ventilatiesysteem van woningtype B

	Gemeten volumestromen in $(dm)^3/s$ (m^3 per uur)			
	Ventilatorstand			
TOEVOER	I	II	III	III
woonkamer				
rechts boven	2,1 (8)	2,4 (9)	2,9 (10)	11,1 (40)
links boven	1,8 (6)	2,0 (7)	2,4 (9)	11,1 (40)
links onder	5,5 (20)	6,3 (23)	7,6 (27)	11,1 (40)
Totaal woonkamer	9,4 (34)	10,7 (39)	12,9 (46)	33,3 (120)
slaapkamer nr.				
1	4,5 (16)	5,3 (19)	6,5 (23)	11,1 (40)
2	4,6 (17)	5,4 (19)	6,6 (24)	12,5 (45)
3	7,0 (25)	7,8 (28)	8,9 (32)	12,5 (45)
Totale toevoer	25,5 (92)	29,2 (105)	34,9 (125)	69,4 (250)
AFVOER	I	II	III	III
keuken	6,3 (23)	7,8 (28)	10,9 (39)	19,4 (70)
toilet	6,0 (22)	7,5 (27)	10,8 (39)	6,9 (25)
douche	5,6 (20)	7,3 (26)	9,9 (36)	16,7 (60)
overloop	5,4 (19)	6,9 (25)	10,2 (37)	19,4 (70)
Totale afvoer	23,3 (84)	29,5 (106)	41,8 (151)	62,4 (225)

Tabel 5

Gemeten lucht volumestromen in het interne recirculatiecircuit van woningtype B (aangetroffen toestand).

TOEVOER	Gemeten lucht volumestromen $(dm)^3/s$ (m^3 per uur)	
woonkamer		
rechts onder	6,4 (24)	
links onder	7,0 (25)	
slaapkamer nr.		
1	6,4 (23)	Transport van woonkamer naar slaapkamers =
2	7,2 (26)	
3	8,1 (29)	21,7 (78)
Totale toevoer	35,1 (127)	



Figuur 9 IJkgrafiek van de meetbuis

Er blijkt het volgende:

- De gewenste volumestromen kunnen met redelijke nauwkeurigheid worden ingesteld.
- De afgevoerde luchtvolumestromen in woningtype A (zie tabel 6) blijken groter te zijn dan de ontwerpgegevens, zodat de gewenste luchtbalans niet geheel wordt gerealiseerd. Deze situatie is geaccepteerd omdat een kleine onderdruk in de woning zonder allesbrander geen nadelige gevolgen heeft. Voor de onbalans is evenwel de volgende verklaring te geven:

De luchtvolumestromen werden tijdens het inregelen gemeten met de meetbuis van de installateur. Vooral bij grote volumestromen zal de weerstand van de meetbuis zelf een reductie van de volumestroom tot gevolg hebben zodat een kleinere volumestroom wordt gemeten, dan zonder meetbuis optreedt. Aangezien de controlerende metingen volgens de 'nulmethode' plaatsvonden, wordt hierbij de onverstoorde (hogere) waarde gevonden. Bij het inregelen van de installatie van woningtype B is met dit effect rekening gehouden.

- Uit tabel 7 blijkt dat het gewenste luchtoverschot ten behoeve van de allesbrander van woningtype B groter uitvalt dan de ontwerpgegevens: $11,1 \text{ (dm)}^3/2 \text{ (40 m}^3/\text{u)}$ in plaats van $6,9 \text{ (dm)}^3/\text{s} \text{ (25 m}^3/\text{u)}$. Dit verschil wordt veroorzaakt door een te kleine afvoer op de overloop ($13,9 \text{ (dm)}^3/\text{s} \text{ (50 m}^3/\text{u)}$) in plaats van $19,4 \text{ (dm)}^3/\text{s} \text{ (70 m}^3/\text{u)}$). Het betreffende rooster bleek moeilijk instelbaar te zijn en is blijkbaar na het inregelen iets ontregeld. Deze situatie is echter toch acceptabel omdat nu ook bij ventilatorstand I voldoende luchtoverschot aanwezig is voor de allesbrander.
- Vergelijking van tabel 8 met 5 leert dat het luchttransport via het interne recirculatiecircuit nu lager uitvalt dan voorheen. Dit is het gevolg van het tussentijds aanbrengen van een geluiddempende omkasting van de ventilator waardoor de luchtweerstand is toegenomen.

Voor een nadere uiteenzetting van de inregelproblematiek bij luchtsystemen wordt verwezen naar [3].

Tabel 6

Gemeten luchtvolumestromen na het inregelen bij drie ventilatorsnelheden in het ventilatiesysteem van woningtype A

	Gemeten volumestromen in (dm^3/s) (m^3 per uur)			
	Ventilatorstand			
	I	II	III	III
TOEVOER				
woonkamer rechts boven	6,7 (24)	8,0 (29)	10,0 (36)	9,7 (35)
links boven	6,3 (23)	7,5 (27)	9,4 (34)	9,7 (35)
links onder	6,7 (24)	8,0 (29)	10,0 (36)	11,1 (40)
totaal woonkamer	19,7 (71)	23,5 (85)	29,4 (106)	30,5 (110)
slaapkamer no 1	5,6 (20)	6,7 (24)	8,3 (30)	8,3 (30)
2	6,5 (24)	7,8 (28)	9,7 (35)	11,1 (40)
3	6,7 (24)	8,0 (29)	10,0 (36)	8,3 (30)
4	6,7 (24)	8,0 (29)	10,0 (36)	11,1 (40)
Totale toevoer	45,2 (163)	54,0 (195)	67,4 (243)	69,3 (250)
AFVOER				
keuken rooster	13,0 (47)	15,6 (56)	19,4 (70)	18,0 (65)
geiser	10,3 (37)	12,3 (44)	15,3 (55)	13,9 (50)
toilet	3,8 (13)	4,5 (16)	5,6 (20)	6,9 (25)
douche	14,0 (50)	16,7 (60)	20,8 (75)	16,6 (60)
zolder	10,6 (38)	12,7 (46)	15,8 (57)	13,9 (50)
Totale afvoer	51,7 (185)	61,8 (222)	76,9 (277)	69,3 (250)

Tabel 7

Gemeten luchtvolumestromen na het inregelen bij drie ventilatorsnelheden in het ventilatiesysteem van woningtype B

	Gemeten volumestromen in (dm^3/s) (m^3 per uur)			
	Ventilatorstand			
	I	II	III	III
TOEVOER				
woonkamer rechts boven	6,3 (23)	8,0 (29)	11,4 (41)	11,1 (40)
links boven	6,6 (24)	8,4 (30)	11,9 (43)	11,1 (40)
links onder	6,6 (24)	8,4 (30)	11,9 (43)	11,1 (40)
totaal woonkamer	19,5 (71)	24,8 (89)	35,2 (127)	33,3 (120)
slaapkamer no 1	5,7 (21)	7,2 (26)	10,3 (37)	11,1 (40)
2	6,6 (24)	8,4 (30)	11,9 (43)	12,5 (45)
3	6,0 (22)	7,6 (27)	10,8 (39)	12,5 (45)
Totale toevoer	37,8 (138)	48,0 (172)	68,2 (246)	69,4 (250)
AFVOER				
keuken	10,3 (37)	13,1 (47)	18,6 (67)	19,4 (70)
toilet	4,3 (16)	5,5 (20)	7,8 (28)	6,9 (25)
douche	9,4 (34)	11,9 (43)	16,9 (61)	16,7 (60)
overloop	7,7 (28)	9,7 (35)	13,9 (50)	19,4 (70)
Totale afvoer	31,7 (115)	40,2 (145)	57,2 (206)	62,4 (225)

Tabel 8

Gemeten luchtvolumestromen in het interne recirculatiecircuit van woningtype B na het aanbrengen van een omkasting van de ventilator

	Gemeten luchtvolumestromen (dm^3/s) (m^3 per uur)	
	I	III
TOEVOER		
woonkamer rechts onder	5,4 (19)	
links onder	5,9 (21)	
slaapkamer no 1	5,4 (19)	Transport van woonkamer naar slaapkamers 3
2	6,1 (22)	
3	6,8 (25)	18,3 (66)
Totale toevoer	29,6 (106)	

5 Toetsing van de meetresultaten aan NEN 1087

In NEN 1087 'Ventilatie van woongebouwen', worden eisen gesteld waaraan de ventilatievoorzieningen in woongebouwen moeten voldoen. Er volgen nu enkele beschouwingen van de ventilatie-eisen met betrekking tot de beide onderzochte woningen voor het geval de ramen gesloten zijn en het ventilatiesysteem derhalve de totale ventilatie verzorgt.

- In NEN 1087 wordt de eis gesteld dat per kamer de toetredende lucht voldoende zuiver moet zijn en dat het alleen voor de hoofdwoonkamer aanvaardbaar is dat deze uit andere kamers, gang, hal of trapportaal afkomstig is. Aan deze eis wordt in de allesbranderwoning niet voldaan aangezien via het intern recirculatiesysteem uit de woonkamer afkomstige lucht naar de slaapkamer wordt getransporteerd. Ook wanneer de recirculatieklep van de allesbrander is gesloten kan dit transport plaatsvinden via de inblaasroosters in de woonkamer en het dubbelwandige kanaal naar de inblaasroosters in de slaapkamers. Uit de concentratiemetingen bleek dat dit transport inderdaad plaatsvindt (zie artikel van V.d. Wal [1]).
- Volgens NEN 1087 is verder wenselijk dat de ventilatie in elke ruimte kan worden geregeld. Hierin is voorzien door het toepassen van beweegbare ramen. Het regelen van de, via het ventilatiesysteem toegevoerde, luchtvolume-stroom is echter slechts centraal, vanuit de keuken, mogelijk. Dat regelen heeft tot gevolg dat de ventilatie ook in andere ruimten ingrijpend wordt beïnvloed hetgeen volgens NEN 1987 echter toelaatbaar wordt geacht.
- Volgens NEN 1087 moet de ventilatie van de hoofdwoonkamer gelijk zijn aan het totaal van de ventilatie van de overige kamers. In woningtype B wordt hieraan direct voldaan (zie tabel 7). In woningtype A wordt hieraan ook voldaan wanneer men bedenkt dat de voor de ventilatie van de keuken benodigde lucht uit de woonkamer wordt betrokken. Voor de ventilatie van de woonkamer geldt dus een luchttransport bij ventilatorstand III van $19,4 + 15,3 = 34,7 \text{ (dm)}^3/\text{s}$ (125 m^3 per uur) (zie tabel 6). Ook wordt hiermee aan de eis ten aanzien van de minimaal toelaatbare ventilatie in de hoofdwoonkamer ($21 \text{ (dm)}^3/\text{s}$ (75 m^3 per uur)) voldaan, althans bij ventilatorstand II en III (zie tabellen 6 en 7). Bij ingeschakelde recirculatieventilator in de allesbranderwoning wordt ook in stand I aan deze eis voldaan.

Tabel 9

Overzicht van de ventilatie-eisen voor de slaapkamers

slaapkamer no	vloeroppervlak [m ²]	ventilatie (dm ³ /s (m ³ per uur))		
		eis NEN 1087	ontwerp	gemeten bij stand III
Woningtype A				
1	9,5	9,5 (34)	8,3 (30)	8,3 (30)
2	12,2	12,2 (44)	11,1 (40)	9,7 (35)
3	9,5	9,5 (34)	8,3 (30)	10,0 (36)
4	12,2	12,2 (44)	11,1 (40)	10,0 (36)
Woningtype B				
1	9,5	9,5 (34)	11,1 (40)	10,3 (37)
2	12,2	12,2 (44)	12,5 (45)	11,9 (43)
3	11,7	11,7 (45)	12,5 (45)	10,8 (39)

Tabel 10

Overzicht van de ventilatie-eisen voor de afgezogen ruimten

	ventilatie (dm ³ x s (m ³ per uur))		
	eis NEN 1087	ontwerp	gemeten (stand III)
Woningtype A			
keuken (> 10 m ²)	28 (100)	31,9 (115)	34,7 (125)
toilet	7 (25)	6,9 (25)	5,6 (20)
douche	14 (50)	16,7 (60)	20,8 (75)
zolder	15 (54)	13,9 (50)	15,8 (57)
Woningtype B			
keuken	28 (100)	19,4 (70)	18,6 (67)
toilet	7 (25)	6,9 (25)	7,8 (28)
douche	14 (50)	16,7 (60)	16,9 (61)
overloop	7 (25)	19,4 (70)	13,9 (50)

- Niet in alle slaapkamers wordt bij ventilatorstand III aan de gestelde eisen voldaan hetgeen blijkt uit tabel 9. Men moet echter bedenken dat er ook nog enige natuurlijke ventilatie zal blijven plaatsvinden zodat mag worden aangenomen dat aan de eis meestentijds toch kan worden voldaan. Bij de nachtstand (ventilatorstand I) zal de ventilatie steeds laag blijven (zie ook de tabellen 6 en 7), zodat ventilatie door middel van open ramen dan noodzakelijk zal zijn voor voldoende luchtverversing.
- In de afgezogen ruimten wordt bij ventilatorstand III in de keuken van woningtype B en in het toilet van woningtype A niet aan de eis voldaan (zie tabel 10).

Tabel 11

Gemeten luchtlek van de toevoerkanaalen

Woningtype	statische druk stand III Pa	luchtlek toevoerkanaal (dm ³ /s (l ³ per uur))
A	30	4,5 (16)
B	24	2,7 (10)

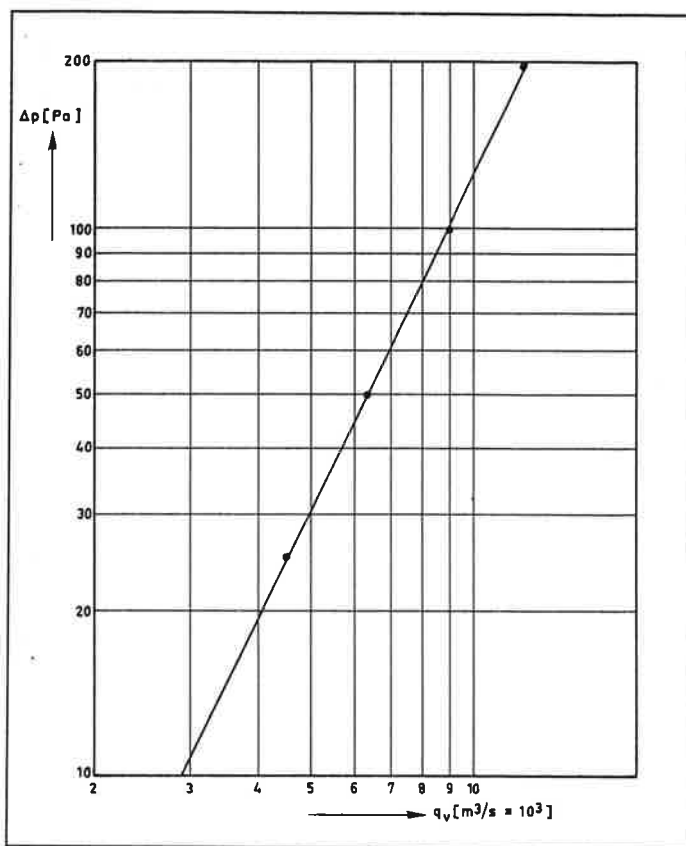
6 Bepaling van de luchtdichtheid van het kanalsysteem

Om een indruk te krijgen van de luchtdichtheid van het kanalsysteem werd in beide onderzochte woningen de volgende meting verricht:

Van het luchttoevoersysteem werden de inblaasroosters verwijderd en de uitmondingen van de kanalen afgedicht. De verbinding tussen het hoofdtoevoerkanaal en de ventilatorkast werd verwijderd en het hoofdtoevoerkanaal werd afgedicht. Eén van de kanaaluitmondingen werd aangesloten op de meetsectie waarna het systeem door middel van de ventilator op dezelfde statische druk werd gebracht als bij normaal bedrijf op ventilatorstand III. De gemeten luchtvolume-stroom door de meetsectie is het luchtlek van het kanalsysteem. De meetresultaten zijn in tabel 11 weergegeven.

7 Bepaling van de weerstand van het rookgaskanaal van de allesbrander

Voor het onderzoek aan de allesbrander in woningtype B is het nuttig de weerstand van het rookgaskanaal te kennen. Deze werd op de volgende wijze bepaald: Van de allesbrander werden alle luchtlekken (vulklep + raam) afgedicht. De luchttoevoeropening werd na verwijdering van de regelklep aangesloten op de meetsectie.



Figuur 10 Weerstandskarakteristiek van het rookgaskanaal van de allesbrander in woningtype B

Door regeling van de ventilator werd vervolgens een luchttransport door de kachel en het rookgaskanaal bewerkstelligd. Uit de gemeten statische druk voor de allesbrander en de volumestroom kan een weerstandsfactor worden afgeleid; er geldt:

$$q_v = K \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (3)$$

waarin: q_v = volumestroom door het kanaal [m³/s]
 Δp = drukverschil over kachel + kanaal [Pa]
 K = weerstandsfactor [m²]
 ρ = soortelijke massa van de rookgassen [kg/m³]

In fig. 10 is het gemeten verband tussen Δp en q_v weergegeven zoals dit werd gemeten bij een luchttemperatuur van 20°C ($\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$). Voor K blijkt te gelden: $K = 0,69 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

8 Bepaling van het opgenomen vermogen van de installatie

Om een indruk te krijgen van het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren en de geiser werden vermogensmetingen verricht met een Wattmeter. De meetresultaten zijn in tabel 12 weergegeven.

9 Conclusies

Uit de metingen ter bepaling van de luchtdichtheid van de woningen blijkt het volgende:

- De onderzochte woningen zijn beide als zeer goed luchtdicht te beschouwen ($A_{\text{netto}} = 0,0053 \text{ m}^2$).
- Nadere aandacht moet worden besteed aan de luchtlekken naar de kruipruimte voor de kabelinvoeren in de meterkast en via het luik bij de voordeur.

Tabel 12

Opgenomen vermogens bij diverse bedrijfstoestanden

	opgenomen vermogen [W]
Ventilatoren	
stand I	56
stand II	64
stand III	100
Geiser	
pomp uit, thermostaat laag	8
pomp aan, thermostaat laag	84
pomp aan, thermostaat hoog	100
pomp uit, warm water tappen	20

- Luchtlek kan ook plaatsvinden naar de kanalschacht via kieren bij de aansluiting van de allesbrander op de wand en via niet goed sluitende onderhoudsluiken in de slaapkamer.
- De onderzochte woningen zijn na afdichting van de kruipruimte te vergelijken met zeer dichte eensgezinswoningen.

Uit de metingen aan het ventilatiesysteem blijkt het volgende:

- De woningen waren aanvankelijk niet goed ingeregeld.
- Het inregelen moet bij windstil of bij zwakke wind plaatsvinden bij gesloten ramen.
- Het is moeilijk de gewenste luchtbalans in te stellen, enerzijds doordat de volumestroom door alle roosters elkaar onderling beïnvloeden, anderzijds doordat de toegepaste roosters moeilijk instelbaar zijn.
- De constructie van de toevoerroosters is zodanig dat de ingestelde stand bij verwijdering van het rooster gemakkelijk kan worden verstoord doordat de spleethoogte blijvend kan worden verkleind bij het vastpakken (zie figuur 1). De afvoerroosters, alsmede het laag geplaatste luchttoevoerrooster in de woonkamer hebben een instelmogelijkheid, die moeilijk is te verstoren. Dit heeft tot gevolg dat de ingestelde luchtbalans kan zijn verstoord, indien de bewoner de bovenste roosters heeft weggenomen en weer heeft teruggeplaatst. Vooral bij de allesbranderwoning kan het gevolg zijn dat de luchttoevoer kleiner in plaats van groter dan de luchtafvoer wordt. Terugslag van het rookgaskanaal kan hiervan het gevolg zijn.
- De gevoeligheid voor het juist inregelen in de allesbranderwoning is zeer groot omdat terugstroming via het rookgaskanaal tot enorme concentratieverhogingen van de in de rookgassen aanwezige schadelijke stoffen kan leiden. Het verdient daarom aanbeveling gebruik te maken van luchtroosters waarvan de instellingen niet door de bewoners kunnen worden beïnvloed. Er moet verder op worden gewezen dat de roosters onderling niet verwisseld mogen worden. Bij een volgend project verdient het aanbeveling de inregeling te laten plaatsvinden door middel van in de kanalen opgenomen vaste restricties waarvan de weerstand van tevoren kan worden berekend.
- Een voordeel van de toepassing van mechanische ventilatie is dat ook bij lage windsnelheden een voldoende hoge ventilatie wordt gehandhaafd. Dit is een groot voordeel ten aanzien van de te verwachten concentraties van schadelijke stoffen in de woning.

- De gemeten invloed van de windrichting en -snelheid op de toevoer van de verse lucht bedraagt circa 10% bij de hoogste stand van de ventilatoren. Dit is aanzienlijk minder dan bij traditionele woningen.
- Doordat vooral in de nachtstand van het ventilatiesysteem weinig luchtverversing van de slaapkamer plaatsvindt zal regeling van de ventilatie door middel van de beweegbare ramen in de slaapkamer noodzakelijk blijven; of de ventilator zal in de hoogste stand dienen te blijven.

- In het toilet van woningtype A en in de keuken van woningtype B wordt ook bij ventilatorstand III niet aan de ventilatienorm voldaan. In de keuken van woningtype B, kan dit bij een brandende geiser tot de sterke verontreiniging van de binnenlucht leiden.
- De luchtverversing in de onderzochte woningen is in dezelfde orde van grootte als in traditionele woningen.

10 Literatuur

- [1] Wal, J. F. van der en A. M. Moons. Oriënterend onderzoek naar de binnenluchtkwaliteit van Minimum-Energiewoningen te Schiedam. Klimaatbeheersing 1986-5 (mei).
- [2] Gids, W. F. de, e.a. Meetmethode voor de luchtdoorlatendheid van woningen. Rapport B2-17, Stichting Bouwresearch Rotterdam, 1981.
- [3] Phaff, J. C. en Ph. J. Ham. Inregelproblemen bij luchtverwarming. 47e Vakantie-Leergang voor warmtetechniek, 27 aug. 1985, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO, afd. Warmte- en Koudetechniek. idem, Verwarming en Ventilatie 1986-5 (mei).
- [4] Wal, J. F. van der, e.a. Oriënterend onderzoek naar de binnenluchtkwaliteit van minimum-energiewoningen te Schiedam. IMG-TNO, Rapport F 2094 (1985).

Toetsing van de meetresultaten aan de eisen volgens NEN 1087 leidt tot de volgende conclusies:

- Het intern recirculatiesysteem in de allesbranderwoning veroorzaakt een ongeoorloofd luchttransport vanuit de woonkamer naar de slaapkamers.
- Niet in alle slaapkamers wordt bij ventilatorstand III aan de gestelde eisen voldaan. Als men rekening houdt met enige natuurlijke ventilatie kan worden aangenomen dat meestal wel aan de eis kan worden voldaan.

Energiebesparende T.N.O.-ontwikkeling in exploitatie

Na een jarenlange periode van experimenteren, ontwikkelen en testen heeft Berhold Electronics bv de door T.N.O. ontwikkelde kamerthermostaat met de merknaam Dataterm in productie genomen. Na een voorgeschiedenis, die zelfs het struikelen van een elektronisch productiebedrijf te zien heeft gegeven, zijn alle technische problemen van het geavanceerde regeltechnische apparaat tot oplossing gebracht en wordt nu een bedrijfszekere thermostaat middels de erkende groothandel in de markt gebracht. De Dataterm blijkt aan de verwachtingen te voldoen en wist de door T.N.O. berekende besparing inderdaad te realiseren. Deze besparing wordt bereikt door een combinatie van een aantal technische kenmerken, zoals het automatisch aan-en uitwarmen, het optimaliserend regelen en het grote aantal schakelpunten (42 stuks) in de week-programmering, waarbij de temperatuur per schakelpunt naar vrije keuze ingesteld kan worden.

Ondanks de perfectie van de Dataterm is het apparaat bedieningsvriendelijk gebleven. Bijvoorbeeld het moeiteloos omschakelen op 'handbediening' indien van een eenmaal ingesteld programma incidenteel afgeweken moet worden is een eigenschap, die het ge-

bruik ervan sterk vereenvoudigt. Ing. W. A. de Gier, directeur van Berhold Electronics bv, zegt zich te realiseren dat de Dataterm niet de goedkoopste thermostaat is die er in de handel is. Verkoop via de erkende vak-

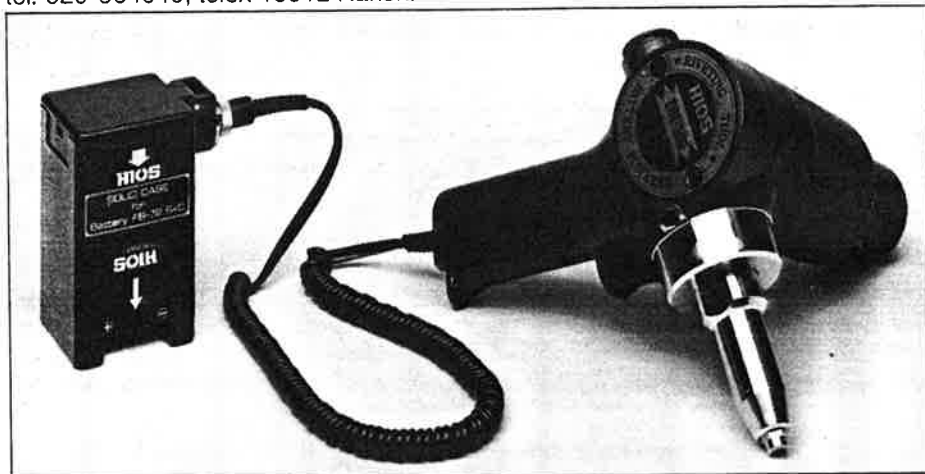
handel die de gebruiker de te bereiken besparingen kan voorrekenen wordt daarom ook essentieel geacht. Voor inlichtingen, Berhold Electronics bv, Voorofscheweg 15, 2771 MA Boskoop.

DR 506 Snoerloos accu gevoed blindklinkpistool

Technische Handelmaatschappij Onkenhout & Onkenhout bv te Diemen heeft haar programma blindklinkgereedschap uitgebreid met een snoerloos accu gevoed blindklinkpistool, de DR 506, die standaard voorzien van 4 neusstukken, waarmee POP[®]-nagels gezet kunnen worden t/m Ø4,8 mm en de volgende voordelen biedt:

- ideaal blindklinkpistool daar waar geen perslucht en/of electriciteit aanwezig is,
- hoge werksnelheid,
- eenvoudige bediening,
- slechts met één hand te bedienen: veilig.

Nadere inlichtingen: Onkenhout & Onkenhout bv, Postbus 66, 1110 AB Diemen; tel. 020-904040; telex 15512 Hakon.



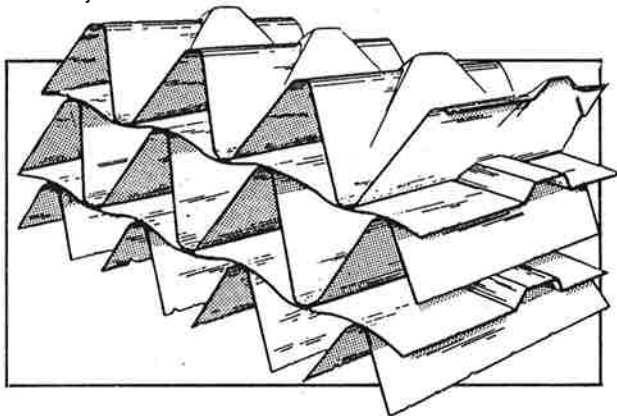
HET WARMTEWIEL IS OPNIEUW UITGEVONDEN. MAAR NU GOED... DOOR PM-LUFT

Ja, de warmtewielen die door PM-LUFT in eigen productie gefabriceerd worden zijn in meerdere opzichten uniek te noemen. Deze Zweedse fabrikant van een compleet programma luchtbehandelingsapparatuur slaagde erin om het warmtewiel opnieuw uit te vinden... Maar nu volgens een nieuwe fabrikagemethode waardoor een temperatuur rendement van MINIMAAL 76% verkregen wordt, bij gelijke lucht toe- en afvoer- verhouding. Het grote verschil zit 'm in de zeer speciale lamelvorm en in het wielmodel, dat dieper is dan de conventionele modellen.

Ingebouwd in de PM-LUFT luchtbehandelingskasten vormen deze warmtewielen de meest rendabele manier om warmte terug te winnen uit bestaande en nieuwe ventilatiesystemen.

HET GEHEIM VAN DE SMIT: DE UNIEKE LAMELVORM

Anders dan in de traditionele warmtewielen hoeven de lamellen in de PM-LUFT warmtewielen niet meer gelijkijd te worden. Dat geeft al meteen een hoger rendement, want via gelijkde oppervlakten vindt nauwelijks of geen warmte-overdracht plaats. Door het aanbrengen van een 'brug' in de tussenwanden en een uitsparing in de lamel ontstaat een 'self-locking' systeem dat de lamellen op hun plaats houdt. Op onderstaande schets is dat duidelijk te zien.



MEER WARMTE-OVERDRACHT DOOR LANGERE OPWARMTIJD.

Een ander groot voordeel van het self-locking systeem is de turbulente luchtstroom die in de lamellen ontstaat. Daardoor wordt de luchtstroom vertraagd, zodat een langere contacttijd met het lamel-materiaal verkregen wordt. Er vindt dus méér warmte-overdracht plaats.



Traditioneel warmtewiel: laminaire luchtstroom

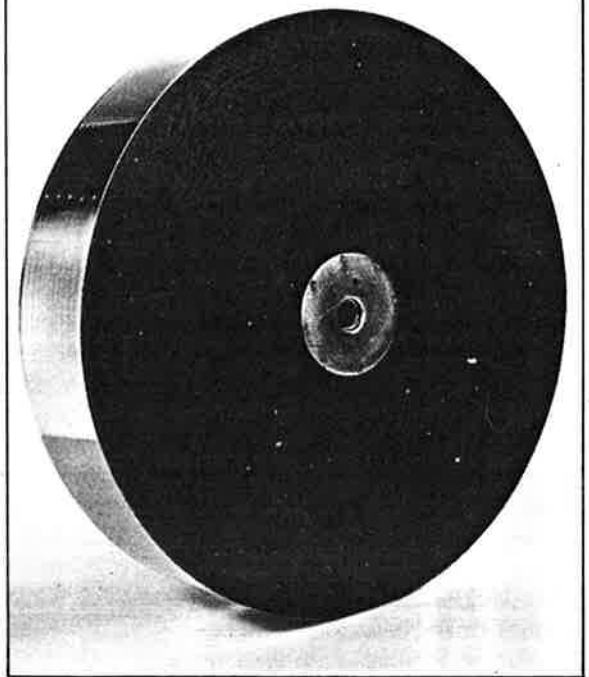


PM-LUFT warmtewiel: turbulente luchtstroom

VOORTDUREND VOORDELIG DOOR KONSTANT RENDEMENT.

De unieke lamelvorm en de grotere diepte van het PM-LUFT warmtewiel garanderen tevens een vrij konstant rendement, ongeacht de luchtaanstroomsnelheden. Zelfs bij aanstroomsnelheden tot 5 m/s is een rendement van maar liefst 76% haalbaar.

PRIMEUR IN EUROPA



Vraag meer informatie over deze unieke warmtewielen, die ook úw warmteterugwinning stukken rendabeler kunnen maken. Bel of schrijf naar PM-LUFT en u ontvangt binnenkort een uitvoerige technische brochure.

PM-LUFT

AFD. LUCHTBEHANDELING VAN
FAGERHULT-LYKTAN B.V. HELMOND HOLLAND



LAGE DIJK 27, POSTBUS 319, 5700 AH HELMOND
TELEX 51713 FA IN NL TELEFOON 04920-39445

PM-LUFT... MAATGEVEND VAKWERK UIT ZWEDEN!

Temperature airconditioning

Compac, een team zeer ervaren medewerkers welke reeds vele jaren in één organisatie hebben samengewerkt. Die ervaring en deskundigheid stellen deze specialisten graag ook U ten dienste.

Daarbij kunt u putten uit het leveringsprogramma van "Temperature", een van de vertegenwoordigingen van Compac, met zijn zeer uiteenlopende toepassingsmogelijkheden. Uiteraard kunt U Compac ook een project laten ontwerpen.

Kortom: U kunt met Compac op verschillende manieren samenwerken, waarbij U verzekerd bent van een technisch goed stuk werk!

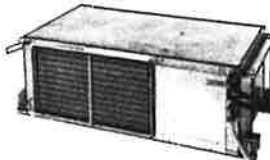
VM 150 - VM 380

- Versatemp omkeerbare warmtepomp gevelunits
- koelcapaciteit 1,3 kW - 4,5 kW
- geschikt voor vloer en wandopstelling



VH 150B - VH 700

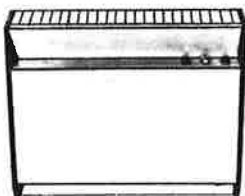
- Versatemp omkeerbare warmtepomp plafondunits
- Type VU voor opstelling onder verhoogde vloer
- geschikt voor kanaalaansluiting



Versatemp warmtepomp airconditioning is een 15 jaar in Nederland ingeburgerd gedecentraliseerd warmtepomp airconditioning systeem (ca. 5000 units in bedrijf) dat uitmunt in o.a. individuele regelmogelijkheden, energiebesparende werking, grote bedrijfszekerheid, lage onderhoudskosten etc. etc. Uitvoerige documentatie wordt u gaarne verstrekt.

PACEMAKER P 263 - P 723

- Splitttype comfort airconditioning units
- capaciteit 2,7 kW - 7 kW
- geschikt voor wand- of plafondmontage
- tiptoets bedieningspaneel
- ook als warmtepomp leverbaar
- diverse accessoires verkrijgbaar

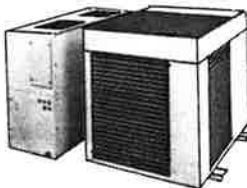


PENTHOUSE 114 - PRESIDENT 199

- comfort airconditioning gevel- en raamunits
- capaciteit 2,35 kW - 5,62 kW
- units in luchtgekoelde en watergekoelde uitvoering
- meeste types leverbaar met warmwaterblok
- diverse types geschikt voor kanaalaansluiting

PACEMAKER PHP 353 - PHP 175

- splitttype comfort airconditioning warmtepomp units
- koelcapaciteit 3,5 kW - 17,5 kW
- geschikt voor kanaalaansluiting
- geschikt voor wand- of plafondmontage
- diverse accessoires verkrijgbaar



Klimaatbeheersing - Energiebesparing
Koeltechniek - Warmtepompen

COMPAC

CA50618

Herenstraat 104, Postbus 648, 3430 AP Nieuwegein, Telefoon (03402) 42224

Installateur sta sterk met

STULZ

als partner

Mensen, maar ook technologisch verfijnde apparatuur eisen een juiste omgeving om goed te kunnen functioneren. Hierbij spelen temperatuur en vochtigheidsgraad van de lucht een bepalende rol. Als het om adviezen over airconditioning gaat dan biedt Stulz een scala van mogelijkheden. Aan elke werkruimte aangepaste units garanderen een optimaal klimaat onder voortdurende controle van een geavanceerde computer. Bedenk u ook nog dat Stulz apparatuur ontwerpt die zeer zuinig omgaat met energie en u begrijpt waarom wij goede partners zijn.

 Stulz is tevens importeur van het Mitsubishi Comfort programma.
Stulz Airconditioning, Weverij 7-9, 1185 ZE Amstelveen.
Postbus 75, 1180 AB Amstelveen. Telefoon 020-419453. Telex 14227

Ja, ik wil wel sterk staan met Stulz.

- stuurt u mij documentatie
- belt u mij voor een afspraak

Naam:

Naam bedrijf:

Adres:

Postcode en Plaats:

Telefoon:

Deze bon in open envelop, zonder postzegel, zenden aan: Stulz groep B.V., Antwoordnummer 129, 1180 VB Amstelveen.