

ALC 56 ~~3~~ 3
 = Transl^o no. 18

Luchttransport door woningen

Ir G. G. Franke*

1 Inleiding

In Nederland is de warmtebehoefteberekening gebaseerd op de Duitse norm DIN-4701, waarop aanpassingen zijn toegepast. De Nederlandse normcommissie 'Warmtebehoefteberekening van gebouwen' is doende een Nederlandse norm voor te bereiden.

Een van de onderdelen van deze berekening is het bepalen van de ventilatiewarmtebehoefte. Hierbij wordt uitgegaan van luchttransporten door de kieren (spleten) van de te openen ramen ten gevolge van de wind. In de praktijk blijkt echter dat in vele gevallen het werkelijk optredende luchttransport groter is dan dat door de kieren. Om na te gaan op welke luchttransporten de berekening moet worden gebaseerd, heeft de commissie metingen omtrent luchttransporten door woningen laten verrichten.

2 Meetmethode

Als meetmethode is de zogeheten 'oppompmethode' toegepast. Deze methode vereist weinig meetapparatuur en is vrij eenvoudig uitvoerbaar, ook in bewoonde woningen [1].

Uit vergelijkende metingen met andere methoden, zowel in binnen- als in buitenland, is gebleken dat de resultaten van de toegepaste methode voor de praktijk voldoende betrouwbaar zijn.

De metingen werden per vertrek uitgevoerd, waartoe de woon- en een slaapkamer zijn gekozen, omdat de warmtebehoefteberekening per vertrek plaats heeft. Bovendien heeft dit ten opzichte van het oppompen van een gehele woning het voordeel dat ongewenste ondichtheden gemakkelijker kunnen worden opgespoord.

Bij het onderzoek waren flatwoningen en eengezinshuizen betrokken, die in een aantal gevallen bewoond waren. Deels betrof het nieuwbouw, deels waren het woningen van oudere datum (soms gerenoveerd).

Ten behoeve van de metingen wordt in één van de deuropeningen van het te onderzoeken vertrek een pasdeur geplaatst, die uit twee beweegbare en elkaar overlappende schotten bestaat en waarmee aanpassing aan elke voorkomende deurbreedte mogelijk is (afb. 1). In één van de schotten is een opening aangebracht waarop via een slang een ventilator kan worden aangesloten. De ventilator is voorzien van een toerengeregeld electromotor.

Met behulp van de ventilator wordt een overdruk in het vertrek ten opzichte van de buitenlucht ingesteld. Voor het onderhouden van een gekozen overdruk moet de ventilator een zekere luchthoeveelheid inblazen. Het luchtdebiet wordt gemeten met een daartoe geschikte vleugelradanemometer.

Het onderzoek vond plaats onder omstandigheden waarbij de (wisselende) wind een te verwaarlozen invloed op de metin-

gen had. Bij verschillende waarden van de overdruk is het luchtdebiet gemeten achtereenvolgens voor de volgende situaties:

- 1 alle te verwachten ondichtheden van het vertrek zijn afgedicht met plakband met inbegrip van wandcontactdozen en eventueel aanwezige ventilatieroosters en rookgas- en/of ventilatiekanalen
- 2 kieren van te openen ramen niet afgeplakt
- 3 kieren en naden tussen glas en kozijn niet afgeplakt
- 4 kieren, naden tussen glas en kozijn en die tussen kozijn en gevelconstructie niet afgeplakt.

De hier gebruikte begrippen kier en naad zijn conform de definities volgens NEN 3660 [2], te weten:

een **kier** is de ruimte tussen delen die bedoeld zijn om ten opzichte van elkaar te kunnen bewegen

een **naad** is de ruimte tussen delen die niet bedoeld zijn om ten opzichte van elkaar te kunnen bewegen.

Bij de metingen is alleen overdruk in het vertrek toegepast omdat binnen- en buitenlandse onderzoekingen aantonen dat het verschil van het luchtdebiet bij over-

respectievelijk onderdruk voor de praktijk verwaarloosbaar is.

3 Verwerking van de meetresultaten

Het verband tussen het luchtdebiet en het drukverschil voor kieren en naden kan worden voorgesteld door $\dot{V} = C\ell\Delta p^{1/n}$ waarin:

- \dot{V} = luchtdebiet (m^3/s)
- C = luchtdoorlatendheid van kier of naad, dat wil zeggen het luchtdebiet per m kierlengte bij een drukverschil van 1 Pa ($m^3 \cdot m^3 \cdot s^4 \cdot Pa^{-1/n}$)
- ℓ = kier- of naadlengte (m)
- Δp = drukverschil (Pa)
- n = exponent (tussen 1 en 2) (-)

Uit de verschillen van luchtdebieten bij de onder 2 genoemde situaties, de ingestelde waarden van het drukverschil en de opgemeten kier-, respectievelijk naadlengten zijn de waarden van C en n af te leiden (met behulp van dubbellogaritmisch papier of de methode der kleinste kwadraten). Uit de metingen in de situatie 1 (alle zichtbare ondichtheden afgeplakt) kan de $C\ell$ -waarde worden afgeleid van de onzichtbare ondichtheden. Om een indruk te verkrijgen omtrent de luchtdoorlatendheid van het gebruikte (papieren) plakband is in één vertrek een vergelijkende meting uitgevoerd met aluminium plakband, aannemende dat dit laatste een voor de praktijk te verwaarlozen luchtdoorlatendheid heeft.

4 Resultaten van de metingen

Voor een uitvoerige rapportage van het onderzoek wordt verwezen naar [3]. Uit de vergelijking van het papieren plakband met het aluminium plakband blijkt dat het

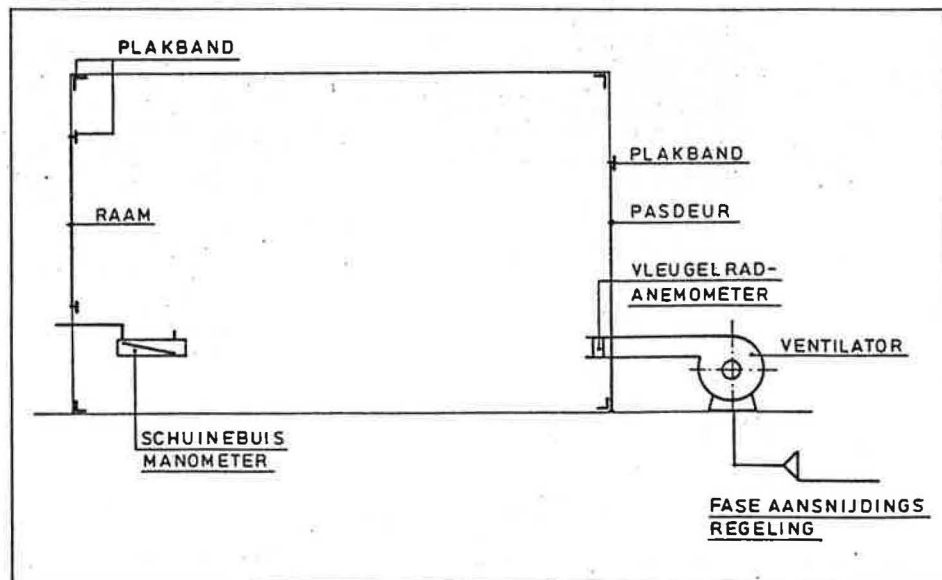


Fig. 1 Meetopstelling

* Verhoeven Raadgevende Ingenieurs bv, Amersfoort

eerstgenoemde een C-waarde heeft van $0,002 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ bij een drukverschil van 1 Pa en een n-waarde van 1.56.

De invloed hiervan op de overige meetresultaten is verwaarloosbaar. De meetresultaten van de C- en de n-waarden van de kieren en de naden zijn voor de ramen en buitendeuren in de woonkamers weergegeven in tabel 1 en voor die in de slaapkamers in tabel 2.

De C-waarden van alle onderzochte kieren is in de vorm van een histogram uitgezet (afb. 2).

Als de uit de metingen afgeleide n-waarden van de onderzochte kieren en naden per vertrek worden beschouwd, blijkt dat deze waarden onderling in de meeste gevallen een te verwaarlozen verschil hebben. Daarom is voor elk vertrek de gemiddelde waarde gehanteerd. Bij de kieren varieert de C-waarde van 0,007 tot 0,972, bij de naden van 0 tot 0,621

($\times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}^{1/n}$), waarbij de naden tussen glas en kozijn in het algemeen betrekkelijk lage waarden te zien geven. Bij de ramen in metalen of kunststof uitvoering zijn de C-waarden laag; bij ramen met tochtwering komen ook hoge C-waarden voor ten gevolge van onzorgvuldige montage (woonkamers van nr 36 en 37 en slaapkamers van nr 34, 35, 39, 43 en 46).

De n-waarde ligt tussen 1,21 en 1,91 met een gemiddelde waarde van 1.55. Het luchtdebiet in de situatie 1 (alles afgeplakt) is als restwaarde in de tabellen opgenomen en is uitgedrukt als percentage van het luchtdebiet in de situatie dat niets is afgeplakt.

In de meeste gevallen is dit percentage kleiner dan 45%. Het luchttransport zal plaatsvinden door onzichtbare naden e.d., doch ook door de materialen van de wanden, vloer en plafond.

De hogere percentages moeten bij de woonkamers worden verklaard uit het toepassen van poreuze MBI-stenen (nr 29 en 30), plafondplaten e.d. Bij de slaapkamers is een aantal zolderkamers met dakkapel, plafond-(dak)-platen, schotten als wanden e.d. (nr 35, 42, 43).

5 Vergelijking met de huidige gehanteerde waarden

In tabel 3 is een overzicht gegeven van de door TNO gemeten waarden van C en n, van de door de TVVL en de ACI voorgestelde rekenwaarden en van de door de normcommissie uit het hier beschreven onderzoek gevonden waarden.

Voor de enkele houten ramen en deuren zonder tochtvoorziening blijkt de C-waarde bij ca 31% van de gemeten waarden hoger te zijn dan de door de TVVL

Tabel 1

C- en n-waarden voor de woonkamers

| woning | $10^3 C \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}^{1/n}$ | | | | | restwaarde ¹⁾ |
|-------------------|--|---|-------|-------------|-------------|--------------------------|
| | n | kieren | | naden | | |
| nr | n | raam | deur | glas/kozijn | kozijn/muur | % |
| flatwoningen | | | | | | |
| 21 | 1,29 | 0,177 | | 0,042 | 0,289 | 22 |
| | 1,29 | 0,196 | 0,201 | 0,046 | 0,438 | |
| 22 | 1,44 | 0,302 | | 0,032 | 0,067 | 32 |
| | 1,44 | 0,134 | | 0,046 | 0 | |
| 23 | 1,56 | 0,268 | 0,019 | 0,003 | 0,011 | 37 |
| | 1,56 | | | 0,035 | 0,037 | |
| 25 | 1,62 | 0,049 | | 0,018 | 0,119 | 61 |
| 26 | 1,80 | 0,142 | 0,026 | 0,046 | 0,047 | 22 |
| 27 | 1,48 | 0,007 | 0,963 | 0 | 0,036 | 22 |
| 29 | 1,21 | 0,064 | | 0,003 | 0,014 | 56 |
| 30 | | niet volledig onderzocht (poreuze wanden) | | | | |
| 31 | 1,49 | 0,434 | | 0,097 | | 34 |
| | 1,49 | 0,464 | | | | |
| 32 | 1,73 | 0,424 | | 0,003 | 0,003 | 37 |
| 33 | 1,66 | 0,135 | | 0,013 | 0,483 | 72 |
| eengezinswoningen | | | | | | |
| 20 | 1,76 | 0,972 | | 0,046 | 0,317 | 24 |
| 24 | 1,52 | 0,035 | | 0,019 | 0,313 | 28 |
| 28 | 1,72 | 0,183 | | 0,006 | 0,268 | 33 |
| 34 | 1,23 | 0,037 | 0,179 | 0,0004 | 0,003 | 18 |
| 35 | 1,33 | 0,045 | | 0,0001 | 0,006 | 55 |
| 36 | 1,91 | 0,393 | 0,226 | 0 | 0,024 | |
| 37 | 1,57 | 0,250 | 0,069 | 0,009 | 0,031 | 8 |
| 38 | 1,76 | 0,115 | 0,175 | 0,008 | 0,015 | 62 |
| 39 | 1,36 | | 0,095 | 0,064 | | 59 |
| 40 | 1,36 | 0,029 | 0,090 | 0,008 | 0,133 | 39 |
| | | | | 0,010 | | |
| 41 | 1,54 | 0,180 | 0,236 | 0,006 | 0,057 | 60 |
| | 1,54 | 0,127 | | | | |
| 42 | 1,53 | 0,032 | | 0,010 | 0,038 | 76 |
| 43 | 1,55 | 0,067 | | 0,007 | 0,165 | 51 |

¹⁾ restwaarde in % van de luchthoeveelheid als niets is afgeplakt.

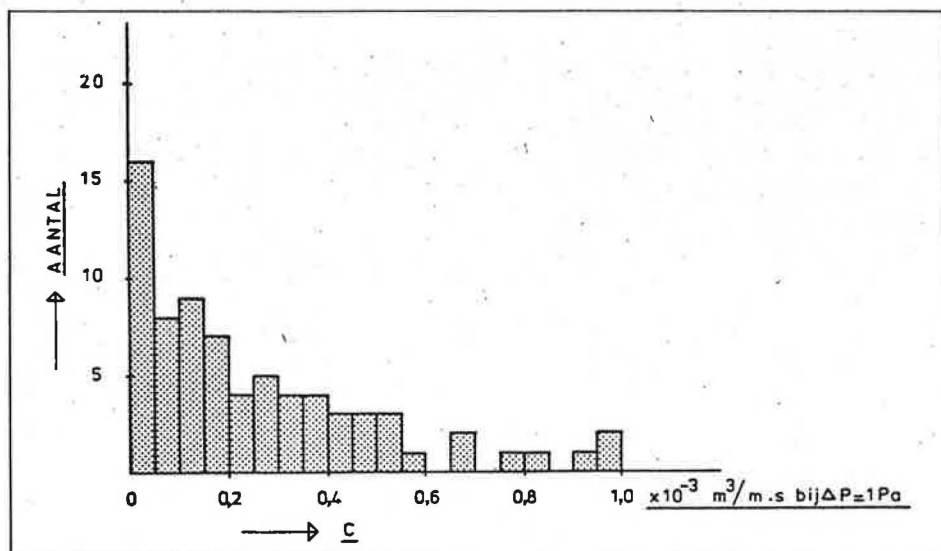


Fig. 2 Histogram voor C-waarden van de onderzochte kieren

voorgestelde (volgens [4] $0,36 \times 10^{-3}$) en bij ca 20% hoger dan de bovengrens volgens de ACI (uit [5] $0,48 \times 10^{-3}$).

Als tochtvoorzieningen zijn aangebracht voldoen de woonkamers aan de gehanteerde waarden, voor de slaapkamers zijn de waarden in het algemeen hoger.

Bij de aluminium ramen (totaal 5 stuks) is één uitvoering die een hogere waarde heeft dan de normaal gehanteerde.

6 Toetsing van het luchttransport aan NEN 3661

De NEN 3661 [6] stelt als eis voor de kwaliteit van kieren dat het luchttransport maximaal 5 l/m.s mag bedragen. Afhankelijk van de ligging van een gebouw (kust, binnenland) en van de hoogte hiervan worden toetsingsdrukken voorgeschreven waarbij dit maximale transport mag optreden. Voor naden is de maximale hoeveelheid gesteld op $0,05 \text{ l/m.s}$.

Hoewel de norm en produktnorm is en dus gegevens uit deze norm niet als uitgangspunt voor de warmtebehoefteberekening mogen worden gehanteerd, zijn de meetresultaten toch hiermede vergeleken. Voor een toetsingsdruk van 150 Pa, geldend voor een gebouw met een maximale hoogte van 15 m in het binnenland, zijn uit de gemeten C- en n-waarden de luchttransporten door kieren en naden berekend en samengevat in de tabellen 4 en 5 respectievelijk voor woon- en slaapkamers. Voor kieren voldoet slechts 59% aan de norm, voor de naden tussen kozijn en gevelconstructie voldoet slechts 1

Tabel 2

C- en n-waarden voor de woonkamers

| | | $10^3 \text{ C m}^3/\text{m.s.Pa}^{1/2}$ | | | | | |
|--------------------------|------|--|-------|-------------|-------------|--------------------------|--|
| woning | | kieren | | naden | | restwaarde ¹⁾ | |
| nr | n | raam | deur | glas/kozijn | kozijn/muur | % | |
| Flatwoningen | | | | | | | |
| 21 | 1,56 | 0,171 | | 0,095 | 0,366 | 8 | |
| 22 | 1,52 | 0,161 | | 0,028 | 0,133 | 26 | |
| 23 | 1,74 | 0,542 | 1,112 | 0,011 | 0,028 | 15 | |
| 25 | 1,63 | | 0,149 | 0,013 | 0,047 | 62 | |
| 26 | 1,48 | | 0,024 | 0,007 | 0,025 | 44 | |
| 27 | 1,64 | 0,036 | | 0,021 | 0,110 | 33 | |
| 44 | 1,37 | 0,014 | | | | 45 | |
| 45 | 1,60 | 0,923 | | 0 | 0,042 | 26 | |
| 46 | 1,62 | 0,693 | | 0,010 | 0,121 | | |
| eengezinswoningen | | | | | | | |
| 24 | 1,74 | 0,818 | | 0,012 | 0,039 | 26 | |
| 34 | 1,76 | 0,392 | | 0 | 0,037 | 33 | |
| 35 | 1,62 | 0,320 | | 0,007 | 0,031 | 10 | |
| | 1,65 | 0,660 | | 0 | 0,225 | | |
| 36 | 1,36 | 0,137 | | 0 | 0,012 | 46 | |
| 37 | 1,39 | 0,054 | | 0 | 0,009 | 60 | |
| 39 | 1,61 | 0,562 | | 0,058 | 0,066 | 20 | |
| | 1,45 | 0,085 | | 0,137 | 0,437 | 12 | |
| 40 | 1,77 | 0,190 | | 0,057 | 0,272 | 32 | |
| 41 | 1,61 | 0,205 | | 0 | 0,621 | 50 | |
| 42 | 1,65 | 0,204 | | 0 | 0,347 | 11 | |
| 43 | 1,67 | 0,421 | | 0,011 | 0,342 | 71 | |

¹⁾ restwaarde in % van de luchthoeveelheid als niets is afgeplakt.

naad van de 24 naden. In deze tabellen is tevens aangegeven of de ramen en deuren al dan niet voorzien zijn van tochtwe-

ring.

Voorafgaand aan het hier beschreven onderzoek heeft een vooronderzoek plaats gevonden, dat hoofdzakelijk was beperkt tot metingen aan kieren en naden [3]. Als resultaat was hierbij gevonden dat slechts ca 66% van de onderzochte kieren aan de norm voldoet en van de naden tussen kozijn en gevelconstructie ca 34%. Worden de resultaten van de beide onderzoeken samengevoegd dan voldoet 61% van de kieren aan de norm en 23% van de naden.

Om misverstanden bij het gebruik van de tabel omtrent klasse-indeling en bijbehorende toetsingsdrukken uit NEN 3661 te voorkomen moet het volgende worden opgemerkt.

De norm geeft eisen voor de kwaliteit van de ramen, echter niet voor het luchtdebiet dat bij de berekening van de ventilatiewarmtebehoefte moet worden ingevuld. Voor ramen, die volgens opgave van de fabrikant voldoen aan een bepaalde klasse uit de norm en die worden aangebracht in een gebouw dat qua ligging en hoogte tot een andere klasse behoort, geeft de tabel uitsluitel of een dergelijk raam in dit gebouw al dan niet mag worden toegepast.

Tabel 3

Overzicht van C- en n-waarden van kieren

| uitvoering | 10^3 C | | | | n-waarde | |
|---------------------------|------------------|------|-------------|-------------|----------|-----------|
| | TNO | TVVL | ACI | normcie | TNO | normcie |
| hout/kunststof | | | | | | |
| enkele ramen en deuren | 0,35 - 0,53 | 0,36 | 0,36 - 0,48 | 0,04 - 0,46 | 1,7 | 1,5 - 1,7 |
| idem met tochtstrip | | 0,15 | 0,18 - 0,42 | 0,12 - 0,96 | | 1 - 2 |
| schuiframen | 0,10 - 0,22 | | 0,18 | | 1,5 | |
| dubbele ramen | 0,17 - 0,44 | 0,24 | | | 1,6 | |
| idem met tochtstrip | | 0,12 | | | | |
| staal/non ferro | | | | | | |
| enkele ramen en deuren | 0,08 - 0,17 | 0,18 | 0,09 - 0,18 | 0 - 0,34 | 1,5 | 1 - 1,8 |
| idem met tochtstrip | | 0,12 | | | | |
| schuifraam met tochtstrip | | | | 0,02 - 0,03 | | 1,4 |
| dubbele ramen | | 0,15 | 0,07 | | | |
| idem met tochtstrip | | 0,09 | | | | |

7 Toetsing van het luchttransport aan NEN 1087

De NEN 1087 [7] geeft ten aanzien van de hoeveelheid ventilatielucht (buitenlucht) voor de diverse ruimten minimale waarden met de laagste waarden van windsnelheid en verschil van buiten- en ruimtetemperatuur waarbij de hoeveelheid nog bereikt moet worden.

De metingen tonen aan dat het luchttransport door alleen de kieren in de meeste gevallen niet aan de minimum eis voor woonkamers voldoet, in een groot aantal gevallen zelfs niet door de kieren en naden samen. Het oncontroleerbare transport door de kieren en naden zal tot een minimum moeten worden teruggebracht, hetgeen het aanbrengen van zelfregelende roosters of regelbare ventilatievoorzieningen volgens aanwijzingen vermeld in de NPR 1088 [8] noodzakelijk maakt.

8 Restwaarde van het luchttransport

In het geval dat alle te constateren on-dichtheden zijn afgeplakt heeft er toch een luchttransport plaats (restwaarde). Omdat bouwmaterialen niet luchtdicht zijn mag worden verondersteld dat door het materiaal transport optreedt. De gemeten waarden zijn vergeleken met de waarden die in de literatuur te vinden zijn.

De literatuurgegevens kunnen worden onderscheiden in:

a luchttransport door buitenwand, kie-

Tabel 4

Luchttransport per m bij $\Delta p = 150$ Pa in l/s voor de woonkamers

| woning | kieren | | | naden | |
|--------|--------|------|-------------------|-------------|-------------|
| | raam | deur | tocht-voorziening | glas/kozijn | kozijn/muur |
| 20 | 16,8 | | — | 0,79 | 5,46 |
| 21 | 8,6 | | + | 2,0 | 14,1 |
| | 9,5 | 9,8 | + | 2,2 | 21,3 |
| 22 | 9,8 | | + | 1,0 | 2,2 |
| | 4,3x | | + | 1,5 | |
| 23 | 6,7 | 0,5x | — | 0,07 | 0,3 |
| | | | | 0,9 | 0,9 |
| 24 | 0,9x | | — | 0,5 | 8,5 |
| 25 | 1,1x | | + | 0,4 | 2,6 |
| 26 | 2,3x | 0,4x | + | 0,7 | 0,8 |
| 27 | 0,2x | 28,4 | — | 0 x | 1,1 |
| 28 | 3,4x | | — | 0,11 | 4,9 |
| 29 | 4,0x | | + | 0,19 | 0,9 |
| 31 | 12,5 | | — | 2,8 | |
| | 13,4 | | — | | |
| 32 | 5,7 | | — | 0,05x | 0,05x |
| 33 | 2,8x | | — | 0,27 | 9,9 |
| 34 | 2,2x | | + | 0,02x | 0,18 |
| 35 | 1,9x | | + | 0,004x | 0,26 |
| 36 | 5,4 | 3,1x | + | 0 x | 0,33 |
| 37 | 6,1 | 1,7x | + | 0,22 | 0,75 |
| 38 | 2,0x | 3,0x | + | 0,14 | 0,26 |
| 39 | | 3,8x | + | 2,5 | |
| 40 | 1,2x | 3,6x | + | 0,32 | 5,3 |
| | | | | 0,4 | |
| 41 | 4,7x | 6,1 | + | 0,16 | 1,5 |
| | 3,3x | | + | | |
| 42 | 0,8x | | + | 0,3 | 1,0 |
| 43 | 1,7x | | + | 0,18 | 4,2 |
| | | | | 11 | 9,7 |

x voldoet aan NEN 3661

Tabel 5

Luchttransport per m bij $\Delta p = 150$ Pa in l/s voor de slaapkamers

| woning | kieren | | | naden | |
|--------|--------|-------------|-------------------|-------------|-------------|
| | raam | deur | tocht-voorziening | raam/kozijn | kozijn/muur |
| 12 | 4,2x | | + | 1,4 | 9,1 |
| 22 | 4,3x | | + | 0,8 | 3,6 |
| 32 | 4,6 | 19,8 | — | 0,2 | 0,5 |
| 42 | 14,6 | | — | 0,2 | 0,7 |
| 52 | | 3,2x | + | 0,3 | 1,0 |
| 62 | | 0,7x | + | 0,2 | 0,7 |
| 72 | 0,8x | | + | 0,4 | 2,3 |
| 43 | 6,8 | | + | 0 x | 0,6 |
| 53 | 7,1 | | + | 0,2 | 0,7 |
| | 13,8 | dakkapel | + | 0 x | 4,7 |
| 63 | 5,5 | | + | 0 x | 0,5 |
| 73 | 2,0x | | + | 0 x | 0,3 |
| 93 | 12,6 | | + | 1,3 | 1,5 |
| | 2,7x | | + | 4,3 | 13,8 |
| 04 | 3,2x | | + | 1,0 | 4,6 |
| 14 | 4,6x | | + | 0 x | 14,0 |
| 24 | 4,3x | | + | 0 x | 7,2 |
| 34 | 8,5 | zolderkamer | + | 0,2 | 6,9 |
| 44 | 0,5x | | + | | |
| 54 | 21,1 | | — | 0 x | 1,0 |
| 64 | 15,3 | | + | 0,2 | 2,7 |

x voldoet aan NEN 3661

ren en naden gezamenlijk betrokken op 1 m² geveleppervlak (buitenwand + ramen) en optredend bij een drukverschil van 200 Pa

b luchttransport door de buitenwand alleen betrokken op 1 m² buitenwandoppervlak (dus exclusief ramen) bij enige drukverschillen. Deze gelden voor enkele materiaalsoorten.

ad.a Het luchttransport, exclusief het transport via wandcontactdozen, ventilatieroosters, e.d., bij een drukverschil van 1 Pa en uitgedrukt in 10³.Cl m³/s is voor de woonkamers te vinden in tabel 6, kolom 2. In kolom 3 zijn deze waarden per m² geveleppervlak (inclusief raamoppervlak) weergegeven.

In de literatuur [9] wordt gevonden dat bij een drukverschil van 200 Pa het onderhavige luchttransport, betrokken op de totale gevel (inclusief ramen), ligt tussen 0,8 en 7,5 x 10⁻³ m³/m².s.

De bij de metingen gevonden luchttransporten (kolom 3) zijn omgerekend naar die bij een drukverschil van 200 Pa door gebruik te maken van de desbetreff-

Tabel 6

Luchttransporten woonkamers

| 10 ³ C./ | | | | | | | |
|-------------------------------|------|-----------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|-------|
| voor de gevel inclusief ramen | | | | voor alle wanden, vloer en plafond exclusief ramen | | | |
| woning nr | n | per m ² geveloppervlak | | rest-waarde | per m ² wandoppervlak | | |
| | | $\Delta p = 1 \text{ Pa}$ | $\Delta p = 200 \text{ Pa}$ | | $\Delta p = 1 \text{ Pa}$ | $\Delta p = 100 \text{ Pa}$ | |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 21 | 1,29 | 15,219 | 2,153 | 130,9 | 3,546 | | |
| 22 | 1,44 | 15,443 | 2,184 | 86,5 | 4,886 | | |
| 23 | 1,56 | 7,609 | 0,236 | 7,05 | 4,001 | 0,038 | 0,728 |
| 24 | 1,52 | 5,632 | 0,575 | 18,77 | 1,583 | 0,026 | 0,538 |
| 25 | 1,62 | 6,484 | 0,675 | 17,77 | 4,056 | 0,030 | 0,515 |
| 26 | 1,80 | 5,142 | 0,381 | 7,23 | 1,274 | 0,014 | 0,181 |
| 27 | 1,48 | 10,105 | 0,632 | 22,67 | 2,251 | 0,031 | 0,696 |
| 31 | 1,49 | 10,862 | 0,597 | 20,91 | 3,708 | 0,040 | 0,880 |
| 32 | 1,73 | 4,856 | 0,382 | 8,17 | 1,777 | 0,026 | 0,372 |
| 33 | 1,66 | 25,483 | 1,722 | 41,90 | 18,347 | | |
| 34 | 1,23 | 2,322 | 0,084 | 6,24 | 0,718 | | |
| 35 | 1,33 | 1,299 | 0,059 | 3,17 | 0,785 | | |
| 36 | 1,91 | 9,253 | 0,436 | 6,99 | 5,566 | 0,034 | 0,379 |
| 37 | 1,57 | 4,961 | 0,234 | 6,84 | 2,310 | 0,014 | 0,263 |
| 38 | 1,76 | 6,550 | 0,289 | 5,87 | 4,217 | 0,026 | 0,356 |
| 39 | 1,36 | 10,487 | 0,400 | 19,68 | 6,215 | 0,040 | 1,182 |
| 40 | 1,36 | 11,464 | 0,210 | 10,33 | 6,974 | 0,035 | 1,034 |
| 41 | 1,54 | 9,523 | 0,526 | 16,41 | 5,826 | | |
| 42 | 1,53 | 4,894 | 0,295 | 9,41 | 3,917 | | |
| 43 | 1,55 | 10,814 | 0,315 | 9,61 | 5,836 | | |

fende n-waarden (kolom 1) en opgenomen in kolom 4. Hieruit blijkt dat slechts 7 gevallen (33% van alle gevallen) binnen de genoemde grenzen vallen.

Het is echter te verwachten dat bij de metingen ook luchttransport zal hebben plaats gevonden door de binnenwanden, de vloer en het plafond. Daarom is van het luchttransport door de buitenwand per oppervlakte-eenheid rekening gehouden met het oppervlak van deze begrenzingsvlakken en wel als volgt.

Het luchttransport in de situatie 1 waarbij alle te constateren ondichtheden zijn afgeplakt (kolom 5) — dit is de restwaarde — is omgezet in waarden per m² wandoppervlak door te delen door de som van oppervlakken van buitenwand, binnenwanden, vloer en plafond. Dit leidt tot de waarden in kolom 6. Deze gelden voor een drukverschil van 1 Pa. Deze waarden, vermeerderd met het luchttransport door kieren en naden berekend per m² geveloppervlak worden teruggerekend naar transporten bij een drukverschil van 200 Pa. Nu blijkt dat 10 gevallen (50% van het totaal) binnen de grenzen liggen. (De waarden zijn niet in de tabel opgenomen).

ad.b Het onder ad.a besproken luchttransport wordt mede veroorzaakt door

dat via kieren en naden. Dit laatste kan door de traditionele bouwmethode in Nederland hoger zijn dan dat in het buitenland; ten opzichte van Duitse ramen is dit bekend. Voor een betere vergelijking met buitenlandse waarden is dan ook het transport door buitenwanden afzonderlijk bekeken.

In [10] worden waarden gegeven van luchttransporten door metselwerk. Bij een drukverschil van 100 Pa geldt per m² buitenwandoppervlak:

voor schoon metselwerk

$2,37 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$

voor metselwerk met pleisterlaag

$0,022 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$

De uit kolom 6 (1 Pa) berekende waarden bij $\Delta p = 100 \text{ Pa}$ (kolom 7) liggen tussen deze waarden.

9 Conclusies

1 Het aandeel van het luchttransport door kieren in het totale luchttransport is betrekkelijk klein.

Onderzoekingen in België [11] geven een soortgelijk resultaat (max. aandeel ca 40% van het totaal).

Als in de toekomst de afwerking van kieren, naden en andere ondichtheden in de gevel sterk wordt verbeterd zal het aanbrengen van (regelbare) ventilatievoorzie-

ningen noodzakelijk zijn om aan de NEN 1087 te voldoen.

2 De gemeten luchttransporten gelden bij een overdruk in het vertrek ten opzichte van de buitenlucht. Bij andere onderzoekingen is vastgesteld dat de transporten bij over- respectievelijk onderdruk een voor de praktijk te verwaarlozen verschil geven.

3 Uit het onderzoek blijkt dat er geen duidelijk verschil van luchttransporten door de woonkamers van flatwoningen en eengezinshuizen is te constateren.

Dit geldt ook voor de onderzochte slaapkamers voor zover het geen zolderkamer betreft.

Bij het onderzoek waren geen vertrekken betrokken waarin het luchttransport mede wordt bepaald door de luchtdichtheid van dakaansluiting op de gevel. Uit de praktijk is bekend dat deze aansluiting grote luchtlekkages vertoont. Gestreefd moet worden naar standaarddetails van deze aansluiting waarmee een goede luchtdichtheid kan worden bereikt en die op eenvoudige wijze in de bouw kunnen worden gerealiseerd.

4 Bij enkele woningen zijn voorzieningen aangebracht om regendoorslag langs de kozijnen en/of het luchttransport door de naden tussen kozijn en gevelconstructie te verminderen.

Bij nr 33 en 34 zijn de kozijnen voorzien van hard plastic flappen die in de spouw aan het metselwerk zijn bevestigd, hetgeen ten aanzien van het luchttransport tot goede resultaten leidt. Overigens voldoen alleen de naden bij nr 34 aan de eisen volgens NEN 3661.

Bij nr 36, 37 en 38 zijn de spouwlaten voorzien van tochtband. De resultaten zijn minder goed dan bij de flappen, doch geven een grote verbetering ten opzichte

Tabel 7

Aan te houden C- en N-waarden van kieren

Waarden van 10³C

| | |
|-----------------------------|------|
| Uitvoering: hout/kunststof | |
| enkele ramen en deuren | 0,45 |
| idem met tochtstrip | 0,20 |
| schuiframen | 0,18 |
| dubbele ramen | 0,24 |
| idem met tochtstrip | 0,12 |
| Uitvoering: staal/non ferro | |
| enkele ramen en deuren | 0,20 |
| idem met tochtstrip | 0,12 |
| schuiframen met tochtstrip | 0,05 |
| dubbele ramen | 0,15 |
| idem met tochtstrip | 0,09 |

In alle gevallen een n-waarde van 1,5

van de constructies zonder voorzieningen. De constructies met de genoemde voorzieningen voldoen echter nog niet aan de eisen volgens NEN 3661.

10 Te hanteren waarden

Het luchttransport door een gevel is opgebouwd uit 3 componenten, te weten het luchttransport door

- a kieren
- b naden tussen glas en kozijn en tussen kozijn en gevelconstructie
- c de buitenwand

De normcommissie heeft besloten op grond van het beschreven onderzoek het volgende in de norm op te nemen:

- ad.a Voor de kieren de in tabel 7 genoemde C-waarden te hanteren.
- ad.b Voor naden tussen glas en kozijn $C = 0,05 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m.s.Pa}^{1/n}$ in te voeren en tussen kozijn en gevelconstructie $C = 0,4 \times 10^{-3}$. Ondanks de lage C-waarden van de naden tussen glas en kozijn kan

vanwege de grote naadlengte het luchttransport door deze naden 25 à 50% bedragen van dat door de naden tussen kozijn en gevelconstructie en is dan ook niet te verwaarlozen. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht zijn aan 'glasroeden'.

- ad.c Voor de buitenwandconstructie wordt gesteld dat $C_l = 0,04 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{s}$ bedraagt (per m^2 buitenwandoppervlak exclusief raamoppervlak).

In alle gevallen kan worden uitgegaan van $n = 1,5$.

Het in rekening te brengen drukverschil zal door de normcommissie nog nader worden uitgewerkt.

11 Literatuur

- [1] SBR-rapport B2-17. Meetmethode voor de luchtdoorlatendheid van woningen, toepassing en consequenties. Stichting Bouwresearch Rotterdam 1981.

- [2] NEN 3660. Ramen. Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte. Beproevingsmethoden 1975.
- [3] ISSO-researchrapport nr 2. Metingen ten aanzien van luchttransporten in woningen. ISSO Rotterdam 1981.
- [4] ISSO-publikatie 4. Ontwerptechnische kwaliteitseisen voor warmwaterverwarmingsinstallaties.
- [5] Becqué. Berekening transmissieverlies. Verwarming en Ventilatie 1972, no. 8, blz. 512 e.v.
- [6] NEN 3661. Ramen. Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte. Eisen.
- [7] NEN 1087. Ventilatie van woongebouwen. Eisen 1975.
- [8] NPR 1088. Ventilatie van woongebouwen. Praktijkrichtlijnen 1975.
- [9] BREI-paper IP 14/79. Thorogood. Resistance to air flow through external walls, juli 1979.
- [10] ASHRAE. Handbook of fundamentals 1977, chapter 21.
- [11] Nusgens, Guillaume. Natuurlijke ventilatie van eengezinswoningen. WTCB-Tijdschrift nr 1, maart 1980.

Jahrbuch der Wärmerückgewinnung 4e deel 1981/1982

430 bladzijden, 514 afbeeldingen, 118 tabellen

Vulkan Verlag 1981, Essen

Uitgeverij P. C. Noordervliet bv, Postbus 268, 3700 AG Zeist; tel. 03404-20244.

Dit jaarboek, dat hoofdzakelijk ontstaat door een selectie uit allerlei bronnen van artikelen over warmterugwinning en warmtepompen, wordt ieder jaar dikker. Dat betekent voor de samenstellers Eickenhorst en Paul, dat er enorm veel gelezen moet zijn, want, het zij herhaald, het is een selectie.

Daardoor is het al een boek, dat veel tijd bespaart aan hen, die het voor het grijpen hebben.

In dit boek komt men de warmtepomp veel tegen, opvallend is echter de grotere 'rust' om dit onderwerp. Een uitspraak als: een warmtepomp is geen panacee, en: een warmtepomp bekijken is het totale systeem bekijken, is een verheugend geluid. Aanbevelen van dit werk is feitelijk overbodig.

Een kort overzicht van de inhoud moge een extra aansporing zijn. Na een inleiding over de huidige stand van de techniek volgt een groep artikelen over het afnemen van installaties, normen en richtlij-

nen etc. Dan volgen artikelen over woonhuizen en woongebouwen. Kantoren krijgen de aandacht in een achttal artikelen, ziekenhuizen krijgen er zes.

Dan volgen er afdelingen voor sportzalen, zwembaden, warenhuizen en supermarkten, maar ook over kleinere bedrijven, de landbouw en de industrie.

Een goede index besluit dit boek.

Het boek bevat ook veel advertenties, die het geheel wel verlevendigen.

Aanbevolen.

Ir G. G. J. Ferwerda

Ing. J. Vosseveld

Digitale techniek

circa 260 bladzijden, vele figuren

Educaboek

Stam Technische Boeken bv, Culemborg 1980

Dit interessante boek is geschreven voor het niveau m.t.s. electro. In het voorbericht wordt verondersteld, dat de lezerskring wel uitgebreider kan zijn.

Daar ben ik het graag mee eens.

Jaren geleden begon het gebruik van logische schema's een grote vlucht te nemen, zelf heb ik in een vroegere werkring het systeem laten gebruiken voor een uitgebreide mechanisatie van een chemisch proces, alleen al omdat met logi-

sche schema's storingen gevonden kunnen worden, in een tijd die aanmerkelijk beneden die van conventioneel technieken ligt.

Sinds die tijd zijn onder andere vele symbolen internationaal vastgelegd en is het gebied van de gebruiker steeds groter geworden. Ik ken ontwerp-bureaux, die hun hele schematiek op basis van deze technieken opbouwen.

In onze branche kun je daar op wachten, ik weet niet alleen hoe lang. Het is met dit boek als met vele andere, je krijgt de neiging om echt aan de studie ervan te beginnen, maar in vele gevallen moet je resigneren, omdat de kennis van digitale technieken in andermans handen ligt.

Dat moge zo zijn, ik heb de hoofdstukken doorgenomen en vond de stof plezierig leesbaar en duidelijk.

De volgende hoofdstukken komt u tegen: Schakelaars, Elementaire basisschakelingen, Getalsystemen, Schakelalgebra, Karnaghiadiagrammen, Binaire Codes, Geheugenschakelingen, Sequentiële schakelingen, Geïntegreerde schakelingen, Geheugens, Rekenschakelingen, Computers, tenslotte vraagstukken.

Ik heb begrepen dat alle leveranciers nog niet de symbolen van NEN 5152 gebruiken, maar ook dat komt nog wel.

Ir G. G. J. Ferwerda

Boekbespreking