

MEDDELANDE NR
STOCKHOLM 1979

INSTITUTIONEN FÖR

BYGGNADSTEKNIK

KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN

**Weatherstripping
windows and doors
Calfeutrement des
fenêtres et des portes**

**Ingemar Höglund
Bengt Wångren**

Meddelanden från Institutionen för Byggnadsteknik

Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm

Bulletins of the Division of Building Technology at the Royal Institute of Technology, Stockholm

- 1 *Kreüger H och Eriksson A*: Utredning rörande sambandet mellan cements tryckhållfasthet vid normenliga prov och tryckhållfastheten hos betong, 1923 (Särtryck ur Byggmästaren 1923)
- 2 *Kreüger H och Eriksson A*: Undersökningar å aluminatcement samt å bruk och betong, som därav framställts, 1924 (Särtryck ur Byggmästaren 1924)
- 3 *Kreüger H och Eriksson A*: Utredning rörande materialåtgången vid blandning av betong, 1924 (Särtryck ur Byggmästaren 1924)
- 4 *Kreüger H och Eriksson A*: Vattenuppsugnings- och uttorkningshastighet vid olika ytbehandling av tegelfasader, 1925 (Särtryck ur Byggmästaren 1925)
- 5 *Kreüger H*: Det frostfria djupets läge på olika orter i Sverige, 1925 (Särtryck ur Byggmästaren 1925)
- 6 *Kreüger H*: Ljudisoleringsundersökningar i Nordamerikas Förenta Stater, 1926 (Särtryck ur Byggmästaren 1926)
- 7 *Eriksson A*: Bostadsförhållandena i Stockholm, 1927 (Särtryck ur Byggmästaren 1927)
- 8 *Kreüger H och Eriksson A*: Grafiska framställningar av undersökningsresultat, 1928 (Särtryck ur Nordisk Byggnadsdag 1927)
- 9 *Kreüger H*: Rumsakustik, 1929 (Sammandrag av föredrag)
- 10 *Kreüger H*: Hastig provning av cement och betong, 1929
- 11 *Kreüger H*: Akustiska spörsmål inom byggnadstekniken, 1929 (Sammandrag av föredrag)
- 12 *Kreüger H och Sager J H*: Undersökning av byggnadskonstruktioners isolerande förmåga mot stöt ljud, 1931 (Särtryck ur Byggmästaren 1931)
- 13 *Kreüger H och Sager J H*: Ventilationskanaler ur ljudisoleringsynpunkt, 1932 (Särtryck ur Byggmästaren nr 18, 1932)
- 14 *Kreüger H och Sager J H*: Ljud från rörledningar och metoder för deras dämpande, 1933 (Särtryck ur Byggmästaren nr 13, 1933)
- 15 *Kreüger H och Sager J H*: Metoder för mätning av vibrationer samt indelningsgrunder för deras styrka, 1936 (Särtryck ur Byggmästaren nr 12, 1936)
- 16 *Kreüger H och Sager J H*: Om svängningar hos byggnader, 1938 (Särtryck ur Byggmästaren nr 1, 1938)
- 17 *Brandt O*: Mätmetoder för luft- och stöttljuds-isolation. Ljudisolerering i bostadshus av betong, 1949 (Särtryck ur Byggmästaren nr 2, 1948 och nr 3, 1949)
- 18 *Nevander L E*: Hållkraft hos träskruv, 1949 (Särtryck ur Byggmästaren nr 19, 1949)
- 19 *Brandt O*: Ljudisolerering hos dörrar.
- 20 *Hast N*: Betydelsen för rumsventilationen av fuktabsorberande material i rummet och dess begränsningsstor, 1954
- 21 *Nevander L E*: Tegelmurverk armerat med nät i liggfogarna, 1957
- 22 *Brosenius H*: Byggnadstekniska möjligheter att minska bostadskostnaderna, 1959 (Särtryck ur Väg- och Vattenbyggaren nr 1, 1959)
- 23 *Nevander L E*: Tekniska egenskaper hos isolerade hålmurar av tegel, 1961
- 24 *Höglund I och Lyng O*: Värmefflödesmätningar på högisolerade ytterväggar, 1961 (Särtryck ur Byggmästaren nr 8, 1960 och nr 2 och 8, 1961)
- 25 *Brandt O och Bring Ch*: Stegljudisolerering och beständighet mot intryck hos golvbeläggningar på massivbjälklag av betong, 1961 (Särtryck ur Byggmästaren nr 10, 1961)
- 26 *Nevander L E, Palm Y, Öberg S, Adamson B och Höglund I*: Köldbryggor i ytterväggar, 1961 (Särtryck ur Byggmästaren nr 2, 1961)
- 27 *Höglund I och Ottoson G*: Tre typer av kryputrymmen, 1961 (Särtryck ur Byggmästaren 1961)
- 28 *Höglund I och Elmroth A*: Bestämning av värmeförluster i småhus, 1961 (Särtryck ur Byggmästaren nr 11, 1961)
- 29 *Höglund I och Lyng O*: Nya fasader på gamla hus – tilläggsisolerade ytterväggar, 1963 (Särtryck ur Byggmästaren nr 3, 1963)
- 30 *Höglund I*: Högisolerande ytterväggars värmemotstånd, 1963
- 31 *Höglund I*: Värmeförluster i småhus – resultat från två försökshus, 1963
- 32 *Brosenius H och Nuder A*: Vertikalkommunikationer i höga bostadshus. En kostnadsundersökning, 1963 (Särtryck ur Byggmästaren nr 7, 1963)
- 33 *Bring Ch*: Data om golv. Material. Egenskaper. Krav. Läggnings. Ekonomi, 1963
- 34 *Nylund P O*: Fogmassor i betongfasader. Resultat av jämförande undersökningar, 1964 (Särtryck ur Byggmästaren nr 11, 1963)
- 35 *Höglund I och Hansson T*: Ny metod för differentiering av det praktiska värmeledningstalet för mineralull, 1964 (Särtryck ur Byggmästaren nr 2, 1964)
- 36 *Nuder A*: Kostnader för vertikalkommunikationer i bostadshus med 3–16 våningar – några tillämpningsexempel, 1964 (Särtryck ur Byggmästaren nr 2, 1964 och Byggnadsindustrin nr 6, 1964)
- 37 *Höglund I och Hansson T*: Inre konvektion i byggnadskonstruktioner – några studier speciellt av isolering med mineralull, 1964
- 38 *Nuder A*: Kostnad och ytvärdering vid byggnadsekonomiska jämförelser, 1964 (Särtryck ur byggmästaren nr 10, 1964)
- 39 *Höglund I*: On Thermal Insulation Properties of External Multilayer Walls, 1965
- 40 *Carlsson K*: Stomkonstruktioner i moderna kontorshus, 1965 (Särtryck ur Byggmästaren nr 5, 1965)

Reprinted from Building Research and Practice
November/December 1979

Ingemar Höglund & Bengt Wånggren

Weatherstripping windows and doors

Calfeutrement des fenêtres et des portes

This paper is based on a report delivered at the Symposium on Energy
Conservation in the Built Environment organised by CIB working
commission W67 in May 1979

Weatherstripping windows and doors

by Ingemar Höglund and Bengt Wånggren



Although primarily concerned with the optimum requirements for doors and windows that have to be used by handicapped people, studies at the Royal Institute of Technology in Stockholm have shown that certain kinds of weatherstripping can give good air-tightness with light closing forces. By extension, however, more ambitious weatherstripping can produce significant improvements in air-tightness and energy-saving at relatively low cost.



Dr. Höglund is professor at the institute's Division of Building Technology and Mr. Wånggren is a research officer there.

In both new and existing houses considerable energy savings can be effected by better sealing of doors and windows. Indeed, the Swedish code of practice, SBN 75, lays down specific requirements for the air-tightness of doors and windows, the object being to reduce heat losses by unwanted ventilation, i.e. air changes through points of leakage.

However, the ventilation of buildings must be sufficient for the hygienic requirements to be safeguarded. The extent to which ventilation can be cut is therefore open to debate, but an air change rate of 0.5 per hour is probably the least which is needed in a residential building.

This report gives details of studies of the performance of weatherstrips for doors and inward-opening windows. It deals only with the seal between frame and casement.

Leakage of air between the frame and the wall construction is thus not considered. All the investigations were performed on new windows and doors. The results are therefore primarily applicable to newly-produced doors and windows. The effect of weatherstrips was assessed with regard to their sealing capacity and, in the case of doors, also the closing force required. The air-tightness and closing force studies were performed as full-scale tests. The ageing properties of the strips were determined by the application of heat when the strips were compressed or extended.

Weatherstrips: types and materials

Tubular strip (O-strip) with a toe for mounting in a groove. Is pressed into the groove.



Tubular strip (O-strip) for mounting on a flat surface. Self-adhesive or mounted by stapling, nailing or gluing.



Angle strip (V-strip) for mounting in a groove. Is pressed into the groove.



Angle strip (V-strip) for mounting on a flat surface. Mounted by stapling, nailing or gluing.



D-strip with a toe for mounting in a groove. Is pressed into the groove.



Expanded strip for mounting on a flat surface. Self-adhesive.



Foam strip for mounting on a flat surface. Self-adhesive.



Fibre strip for mounting on a flat surface. Mounted by nailing or stapling.



Weatherstrips in the modern sense of the term have a relatively short history in building. The strips which were first used, and which are still in use, were spun-fibre strips of wool or cotton (with a diameter of about 8 mm).

Foam strips consist of foam plastics with open pores. Expanded strips i.e. porous rubber strips with closed pores, are comparatively new on the market.

Tubular strips are made in profile heights (!) of about 5 mm and larger, and angle strips in heights of about 7 mm and larger. The materials most commonly used are synthetic rubber (EPDM, chloroprene rubber and silicone rubber), and plasticised pvc.

Pvc is a thermoplastic material. It is sprayed in the molten state through a nozzle which gives the strip its shape.

1. In trade usage this might often be referred to as depth of profile (Editor).

Calfeutrement des fenêtres et des portes

par Ingemar Höglund et Bengt Wånggren

Bien qu'elles se rapportent principalement aux exigences optimales pour les portes et les fenêtres que doivent utiliser des personnes handicapées, des études effectuées à l'Institut royal de technologie de Stockholm ont montré que certains genres de joints de calfeutrement peuvent assurer une bonne étanchéité à l'air sans obliger à de gros efforts de fermeture. Toutefois, par extension, des joints de calfeutrement plus sophistiqués peuvent améliorer considérablement l'étanchéité à l'air et permettre des économies d'énergie pour un coût relativement faible.

Le Dr Höglund est professeur au Département Technologie de la construction de l'Institut où M. Wånggren est chargé de recherches.

Il est possible de réaliser des économies considérables d'énergie dans les maisons neuves aussi bien que dans les maisons existantes grâce à un meilleur calfeutrement des portes et des fenêtres. Le Règlement suédois SBN 75 institue des exigences spécifiques pour l'étanchéité à l'air des portes et des fenêtres, dans le dessein de diminuer les pertes de chaleur par ventilation involontaire. c'est-à-dire les renouvellements d'air par les points de fuites.

Toutefois, la ventilation des bâtiments doit être suffisante pour continuer à satisfaire aux exigences de l'hygiène. La mesure dans laquelle la ventilation peut être diminuée est donc matière à discussion, mais un taux de renouvellement de l'air de 0,5 par heure est sans doute le minimum nécessaire dans un bâtiment d'habitation.

Ce compte rendu donne des détails sur les études de performances des bandes de calfeutrement pour les portes et pour les fenêtres ouvrant vers l'intérieur. Il traite seulement de l'étanchéité entre dormants et battants et ne prend donc pas en compte les fuites d'air entre dormants et murs. Toutes les recherches ont été effectuées sur des fenêtres et des portes neuves. En conséquence, les résultats sont essentiellement applicables aux portes et aux fenêtres de fabrication récente. L'effet des bandes de calfeutrement a été évalué eu égard à leur aptitude à assurer l'étanchéité et, dans le cas des portes, également à l'effort nécessaire à la fermeture. Ces études d'étanchéité à l'air et d'effort de fermeture ont été faites en vraie grandeur. Les caractéristiques de vieillissement des bandes ont été déterminées en chauffant celles-ci lorsqu'elles étaient comprimées ou étirées.

Bandes de calfeutrement : types et matériaux

Bande tubulaire (bande 0) avec une languette à insérer dans une gorge. Est comprimée dans la gorge



Bande tubulaire (bande 0) à monter sur une surface plane. Autocollante ou à monter par agrafage, clouage ou collage



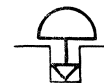
Bande à section en V à monter dans une gorge. Est comprimée dans la gorge



Bande à section en V à monter sur une surface plane. A monter par agrafage, clouage ou collage



Bande D avec une languette à monter dans une gorge. Est comprimée dans la gorge



Bande étirée à monter sur une surface plane. Autocollante



Bande de mousse à monter sur une surface plane. Autocollante



Bande de fibre à monter sur une surface plane. A monter par clouage ou agrafage



Les bandes de calfeutrement, dans l'acception moderne du terme, ont une histoire relativement courte dans le bâtiment. Les bandes utilisées en premier lieu, et qui le sont encore, étaient des bandes tissées de fibres de laine ou de coton (d'un diamètre de 8 mm environ).

Les bandes de mousse sont en mousses de plastique à pores ouverts. Les bandes étirées, c'est-à-dire des bandes poreuses de caoutchouc à pores fermés, sont apparues depuis relativement peu de temps sur le marché.

Les bandes tubulaires sont fabriquées avec des hauteurs (1) de profils d'environ 5 mm et plus et les

1. Dans le commerce, ceci est souvent désigné par « épaisseur » de profils (N.D.L.R.).

In order that it should be made elastic, a large proportion of plasticiser is added.

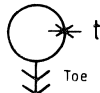
EPDM is absolutely resistant to ozone. The reason for this is that the double bonds necessary for vulcanisation are situated in side groups and not in the main molecular chain. EPDM also has good resistance to oxidation and heat and to weak acids.

Chloroprene rubber has good resistance to ozone and excellent resistance to weak acids.

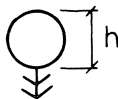
The most important characteristic of silicone rubber is that it can be used at both very high and very low temperatures.

It has excellent resistance to ozone and the effects of weather. On the other hand, the material appears to be sensitive to wear and is affected more by weak acids than the above materials. The price of the raw material is high.

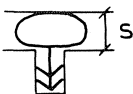
t Material thickness of the strip. Does not include toe, if any.



h Height (profile depth) of unloaded weatherstrip. Does not include toe, if any.



s Width of gap between closed door leaf or casement and frame. The mounting groove, if provided, is not included. In the section dealing with deformation tests, s denotes the thickness, depth to which the strips were compressed.



The performance range of the strip. This is the range, bounded by two values of s, over which a weatherstrip satisfies the requirements specified with regard to air-tightness and closing force.

The performance range is limited upwards by the highest acceptable leakage of air, and downwards by the greatest acceptable closing force.

Ageing

Ageing investigations were performed on weatherstrips made from EPDM, chloroprene rubber, silicone rubber and PVC.

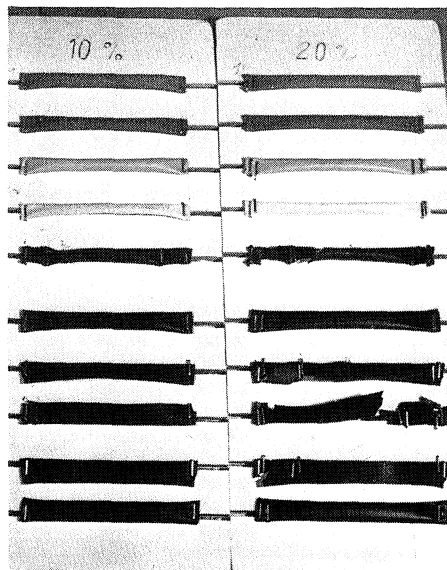


Figure 1

In the extension tests all chloroprene strips which had been extended by 20 % of the original length cracked and broke on the first day

Dans les essais d'allongement tous les bourrelets de chloroprène qui se sont allongés de 20 % par rapport à leur longueur initiale se sont fissurés et rompus dès le premier jour

Extension test

Four identical sets of strip samples of 100 mm length were weighed and mounted on sheets. One set was mounted in its original state, while the other three were mounted when extended by 5, 10 and 20 per cent of the original length. The samples were then placed in a heating cabinet at a temperature of + 60 °C.

All chloroprene strips which had been extended by 20 per cent of the original length cracked and broke on the first day.

Within days, one chloroprene strip which had been extended by 10 per cent broke. The other strip samples were still quite undamaged after 100 days, and no detrimental effect could be detected. (fig. 1).

To sum up, the investigation showed that the materials EPDM, silicone rubber and pvc have a higher resistance to cracking under tension than chloroprene rubber. This property is of great significance for weatherstrips of angular or tubular shape. When these strips are compressed between the mating surfaces of a door or window, the shape of the strip is deformed, and zones subjected to tension occur. In unfavourable cases longitudinal cracks may arise.

bandes à section en V avec des hauteurs de 7 mm environ et plus. Les matériaux les plus couramment utilisés sont les caoutchoucs synthétiques (EPDM, caoutchouc au chloroprène et aux silicones) et le PVC plastifié.

Le PVC est un matériau thermoplastique. Il est extrudé à l'état fondu à travers une buse qui donne sa forme à la bande. Afin de le rendre élastique, il y est ajouté une grande proportion de plastifiant.

L'EPDM a une résistance absolue à l'ozone. La raison en est que les doubles liaisons nécessaires à la vulcanisation portent sur des groupes latéraux et non pas sur la chaîne moléculaire principale. L'EPDM résiste bien également à l'oxydation, à la chaleur et aux acides faibles.

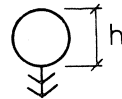
Le caoutchouc chloroprène résiste bien à l'ozone et très bien aux acides faibles et aux bases.

La caractéristique la plus importante du caoutchouc aux silicones est qu'on peut l'utiliser aussi bien pour les très hautes températures que pour les très basses températures. Il a une excellente résistance à l'ozone et aux effets des intempéries. Par contre, le matériau paraît sensible à l'usure et il est plus attaqué par les acides faibles que les matériaux cités auparavant. De plus, le prix de la matière première est élevé.

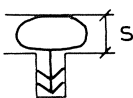
t Épaisseur du matériau de la bande. Ne doit pas comprendre la languette, s'il y en a une.



H Hauteur (épaisseur de profil) de la bande non chargée. Ne doit pas comprendre la languette, s'il y en a une.



s Largeur du jeu entre le battant de la porte ou de la fenêtre fermées et le châssis. La gorge de montage, lorsqu'il y en a une, n'est pas comprise. Dans le chapitre traitant des essais de déformation, s signifie la quantité dont l'épaisseur de la bande a été comprimée.



Plages de performance de la bande. C'est l'intervalle, délimité par deux valeurs de s, dans lequel une bande de calfeutrement satisfait aux prescriptions concernant l'étanchéité à l'air et la force de fermeture.

Cette plage a pour limite supérieure la fuite d'air maximale admissible et pour limite inférieure, la force de fermeture maximale admissible.

Vieillessement

Les recherches sur le vieillissement ont été effectuées sur des bandes d'EPDM, de caoutchouc chloroprène, de caoutchouc aux silicones et de PVC.

Essais d'étréage

Quatre jeux d'échantillons de bandes de 100 mm de long ont été pesés et montés sur des plaques, l'un dans son état original, les trois autres étant allongés respectivement de 5,10 et 20 % de leur longueur initiale. Les échantillons étaient ensuite placés dans une étuve à une température de + 60 °C.

Toutes les bandes de chloroprène allongées de 20 % de leur longueur initiale se sont fissurées et rompues le premier jour. Une des bandes de chloroprène allongée de 10 % s'est rompue en quelques jours. Les autres échantillons de bandes étaient encore intacts après cent jours et aucune détérioration n'a pu y être décelée (fig. 1).

En résumé, ces essais ont montré que les matériaux EPDM, le caoutchouc aux silicones et le PVC ont une résistance à la fissuration sous traction plus élevée que le chloroprène. Cette propriété est très importante pour les bandes de calfeutrement à section en V ou tubulaire. Lorsque ces bandes sont comprimées entre les surfaces jointives d'une porte ou d'une fenêtre, la bande est déformée et certaines parties sont soumises à des contraintes. Dans les cas défavorables, il peut se former des fissures longitudinales.

Essais de déformation

Les propriétés de déformation des bandes ont été étudiées en comprimant quatre jeux identiques d'échantillons. Les bandes tubulaires ont été comprimées jusqu'à $s = 4,5$ mm et les bandes à section en V jusqu'à $s = 6$ mm. Deux jeux ont été placés dans une étuve à + 60 °C et les deux autres à la température ambiante de + 22 °C environ.

En bref, les résultats des essais ont montré que les bandes de caoutchouc aux silicones n'ont subi que des déformations permanentes très petites alors que l'EPDM et le chloroprène connaissaient des déformations un peu plus importantes. Dans tous les essais, les bandes de PVC ont présenté les déformations permanentes les plus grandes (fig. 2a et 2d).

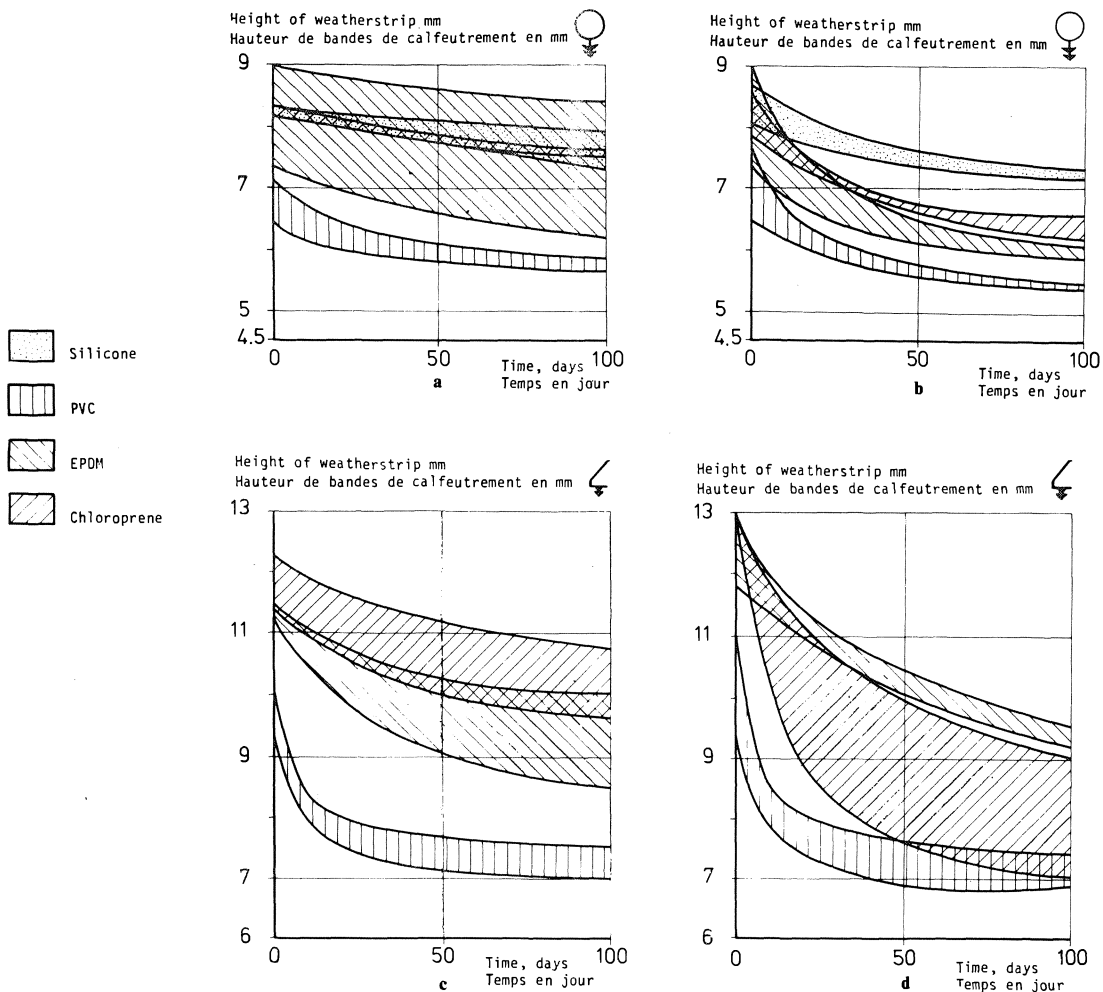


Figure 2

The top two relate to tubular strip, both $h = 8$ mm, $s = 4.5$ mm, at $+22^\circ\text{C}$ and $+60^\circ\text{C}$ respectively. Similarly 2c and 2d show results at these temperatures for strips $h = 11-14$ mm, $s = 16$ mm. The graphs all show permanent deformation when tubular strips were compressed to 4.5 mm and angle strips to $s = 6$ mm. The vertical axes begin on these values of s . The distance between the horizontal axes and deformation curves measures the expansion of the strip when unloaded.

Les deux premiers graphiques se rapportent à des bandes à section tubulaire, toutes deux de $h = 8$ mm, $s = 4,5$ mm, respectivement à $+22^\circ\text{C}$ et $+60^\circ\text{C}$. De même, 2c et 2d montrent les résultats à ces températures pour des bandes de $h = 11-14$ mm, $s = 16$ mm. Tous les graphiques montrent les déformations permanentes lorsque les bandes tubulaires sont comprimées à 4,5 mm et les bandes à section en V à $s = 6$ mm. Les axes verticaux commencent à ces valeurs de s . Les distances comprises entre les axes horizontaux et les courbes de déformation mesurent les allongements des bandes une fois déchargées.

Deformation tests

The deformation properties of the strips were studied by compressing four identical sets of strip samples. Tubular strips were compressed to $s = 4.5$ mm and angle strips to $s = 6$ mm. Two sets were kept in a heating cabinet at a temperature of $+60^\circ\text{C}$, and the other two at room temperature at about $+22^\circ\text{C}$.

Briefly, the test results showed that strips of silicone rubber had very small permanent deformations. EPDM and chloroprene rubber strips had somewhat larger deformations. In all the tests, pvc strips attained the largest permanent deformations (figs 2a and 2d).

Our investigations indicate, therefore, that special rubber mixtures such as silicone rubber and EPDM are preferable to pvc for weather strips for doors and windows. The probable life expectancy of these synthetic rubbers is up to 10 years.

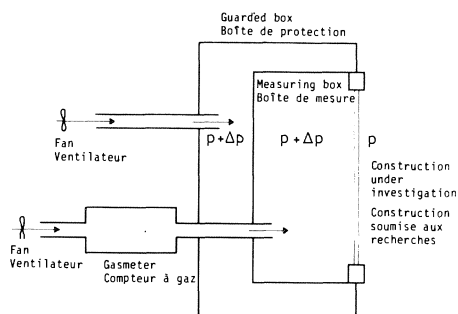


Figure 3
The 'guarded pressure box' used for determining air leakage

La « boîte de maintien de la pression » utilisée pour déterminer les fuites d'air

Les recherches indiquent, en conséquence, que certains mélanges spéciaux de caoutchouc tels que le caoutchouc aux silicones, et l'EPDM sont préférables au PVC pour les bandes de calfeutrement des portes et des fenêtres. L'espérance de durée de service de ces caoutchoucs synthétiques peut atteindre dix ans.

Étanchéité à l'air

Pour la détermination des fuites d'air, on a eu recours à la « méthode de la boîte de maintien de la pression », technique conçue dans les années 60 à la Division de technologie de la construction de l'Institut royal de technologie.

Une boîte de mesure a été montée son côté ouvert tourné vers la construction à étudier. La jonction entre la boîte de mesure et la construction a été rendue parfaitement étanche. Une boîte de protection a été placée de manière à entourer la boîte de mesure. Des ventilateurs ont été utilisés pour engendrer une dépression ou une pression d'une certaine importance entre les deux boîtes, de sorte qu'il n'y avait pas de différences de pression entre les deux boîtes ni, en principe, aucun déplacement d'air. Tout l'air qui était envoyé dans la boîte de mesure ou qui en était extrait (à travers un compteur à gaz) s'écoulait par les points mal étanchés de la construction étudiée (fig. 3).

L'exactitude de la méthode apparaît comme satisfaisante.

Fenêtres

Les fuites d'air à travers les bandes de calfeutrement des fenêtres (fig. 4) ont été déterminées pour des dépressions et des pressions pouvant atteindre 600 Pa. Vingt-deux bandes de calfeutrement ont été étudiées sur la fenêtre d'essai, dont 7 tubulaires, six à section en V, trois étirées, trois en mousse et trois en fibres. Les fuites d'air les plus faibles ont été constatées avec les bandes à section tubulaire ou en

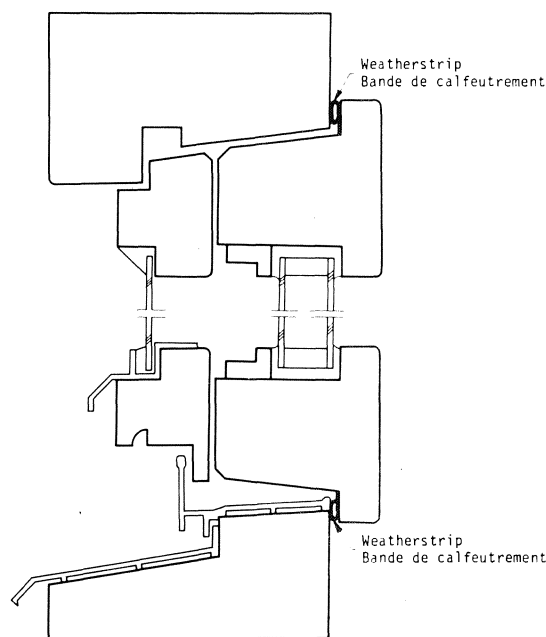


Figure 4
Investigations carried out on new triple-glazed window, size 1 m × 1.2 m: the mean value of the gap width is 3 mm

Recherches effectuées sur des fenêtres neuves à triple vitrage, de 1 m × 1,2 m : la grandeur moyenne du jeu entre vantail et encadrement est de 3 mm

V (la figure 5 donne les valeurs qui ont été ainsi déterminées et, afin de pouvoir faire des comparaisons, la courbe montrant les fuites maximales admissibles selon le SBN 75).

- En moyenne, les bandes tubulaires les plus grosses ($h = 8$ mm) procurent une meilleure étanchéité que les plus petites ($h = 5-6$ mm).
- Les hauteurs des bandes à section en V étaient comprises entre 6 et 9 mm. Il n'est pas possible d'indiquer une meilleure hauteur, en raison de la dispersion des lectures.
- Une bande de mousse de $h = 4$ mm a pu également donner une étanchéité satisfaisante. Dans la plupart des cas, les types de bandes plus anciens tels que ceux en mousse et en fibres n'ont pu satisfaire aux exigences.

Une pose très soignée, spécialement aux angles, est essentielle pour obtenir une étanchéité satisfaisante. Ce sont, à notre avis, les bandes tubulaires qui permettent le plus facilement d'obtenir ce résultat.

Portes

Les fuites d'air à travers les bandes de calfeutrement des portes ont été déterminées pour des dépressions pouvant atteindre 300 Pa.

Air-tightness

In determining the leakage of air, the 'guarded pressure box method', a technique devised in the 60s at the Division of Building Technology, Royal Institute of Technology, Stockholm, was used.

A measuring box was mounted with its open side towards the construction under investigation. The junction between the box and the construction was sealed very thoroughly.

A guard box was placed outside the measuring box. Fans were used to generate a negative or positive pressure of the same magnitude in both boxes, with the result that there was no difference in pressure between the measuring box and guard box, and theoretically there was no movement of air between the boxes. All the air which was forced into the measuring box or was drawn out of this (via a gas meter) leaked through improperly sealed points in the investigated construction (fig. 3).

The accuracy of this method appears satisfactory.

Windows

The leakage of air through weatherstrips in windows (fig. 4) was determined for negative and positive pressures of up to 600 Pa. Twenty-two weatherstrips were studied in the test window, namely seven tubular strips, six angle strips, three expanded strips, three foam strips and three fibre strips. The smallest air leaks occurred through strips of tubular or angular profile (the values determined are shown in figure 5. For purposes of comparison, the curve showing the highest permissible air leakage according to SBN 75 is also shown).

- On average, the larger tubular strips ($h = 8$ mm) provided a better seal than the smaller ones ($h = 5 - 6$ mm).
- The heights of the angle strips were between 6 and 9 mm. Owing to the scatter in the readings, a best height cannot be indicated.
- One foam strip of $h = 4$ mm could also provide a satisfactory seal. In most cases, older types of strips, such as foam and fibre strips, did not meet the specified requirements.

Careful mounting, especially in the corners, is essential in order that a satisfactory seal should be obtained. Our opinion is that this is achieved most easily when tubular strips are used.

Doors

The leakage of air through weatherstrips in doors was determined at negative pressures of up to 300 Pa.

In new external doors of wood, angle or tubular strips of synthetic rubber or pvc were exclusively used between the door leaf and frame. The width of gap is normally between 4 and 8 mm.

17 weatherstrips were studied in the test door, 11 tubular strips, 5 angle strips, and 1 D-strip. They were made of EPDM, chloroprene rubber, silicone rubber and plasticised pvc.

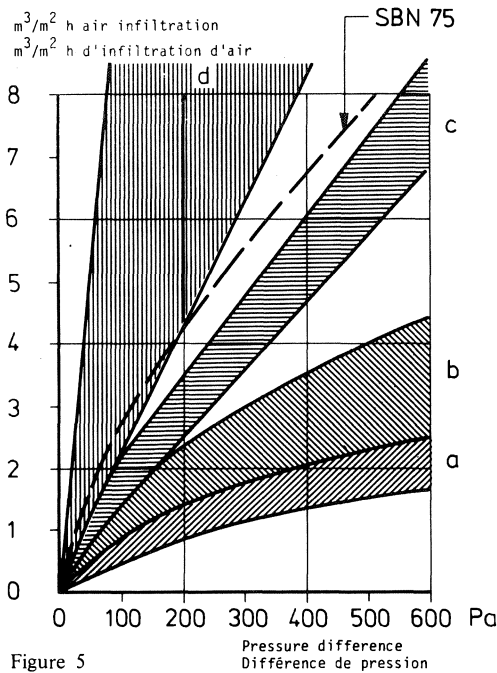


Figure 5

Results of window weatherstripping a = tubular strip, b = angle strips, c = expanded strips and d = foam and fibre strips

Résultats du calfeutrement d'une fenêtre a = bande tubulaire ; b = bande à section en V ; c = bandes expansées et d = bandes de mousse et de fibres

The strips could be assigned to 10 groups in which the values of air leakage and closing force were similar.

The strips were mounted in a saw cut in the frame.

Performance ranges

Since most weatherstrips provide a better seal the more they are compressed, it is possible for even inferior strips to satisfy stringent air-tightness requirements, provided they are sufficiently compressed. However, a large compression necessitates a high closing force, and for this reason a weatherstrip must be capable of providing a good seal even when only moderately compressed.

In order that the performance ranges of the strips may be ascertained, the leakage of air and the closing force were therefore determined for four gap widths between 4.5 and 8.5 mm. The closing force was determined by suspending weights from a line which was attached to the door handle and run over a pulley. The door was opened 200 mm and released (fig. 6). The load was increased in steps of 5 N until the door lock engaged. For purposes of comparison, the closing force was also determined by two other methods.

In figs 7-10, the air leakage and closing force are plotted as a function of the gap width for 4 of the 10 groups of strips (4,5,8 and 9). The dashed curve

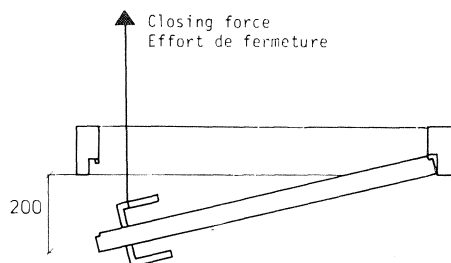


Figure 6
To determine closing forces, the door was opened 200 mm and released

Pour déterminer l'effort de fermeture, la porte a été ouverte de 20 cm puis relâchée

Dans des portes extérieures neuves en bois, des bandes en caoutchouc synthétique ou en PVC à section en V ou tubulaires ont été utilisées exclusivement entre le battant de la porte et le châssis. La largeur du jeu est normalement comprise entre 4 et 8 mm.

17 bandes de calfeutrement ont été étudiées sur la porte d'essai, dont onze tubulaires, 5 à section en V et une bande D. Elles étaient soit en EPDM, soit en chloroprène, soit en caoutchouc aux silicones, soit en PVC plastifié.

Les bandes ont pu être classées en 10 groupes dans lesquels les valeurs des fuites d'air et de la force de fermeture étaient les mêmes. Ces bandes étaient posées dans une gorge découpée dans le châssis.

Plages de performance

Étant donné que de nombreuses bandes de calfeutrement assurent une étanchéité d'autant meilleure qu'elles sont plus comprimées, il est possible de satisfaire à des exigences rigoureuses d'étanchéité à l'air même avec des bandes de qualité inférieure, à condition qu'elles soient suffisamment comprimées. Cependant une compression élevée exige une force de fermeture élevée, et, pour cette raison, une bande de calfeutrement doit pouvoir assurer une bonne étanchéité, même avec une compression modérée.

Afin de pouvoir s'assurer des plages de performance des bandes, les fuites d'air et l'effort de fermeture ont été déterminés pour quatre largeurs de jeux entre 4,5 et 8,5 mm. L'effort de fermeture a été déterminé en suspendant des poids à une corde fixée à la poignée de la porte et passant sur une poulie. La porte a été ouverte de 20 cm puis relâchée (fig. 6). Des charges de 5 N ont été ajoutées successivement jusqu'à ce que le pêne de la serrure s'enclanche. À des fins de comparaison, l'effort de fermeture a été déterminé également par deux autres méthodes.

Dans les figures 7 à 10, les fuites d'air et les efforts de fermeture sont portés en graphique en fonction de la



Checking the ability of a handicapped person to operate a weatherstripped door

Vérification de l'aptitude d'une personne handicapée à manœuvrer une porte calfeutrée

largeur du jeu pour 4 des 10 groupes de bandes (4, 5, 8 et 9). La courbe en pointillé indique les fuites d'air à 50 Pa, et la courbe en traits mixtes celles à 300 Pa. La courbe en trait plein indique l'effort nécessaire pour fermer la porte.

La ligne horizontale en trait plein des graphiques représente la limite supérieure des fuites maximales admissibles selon le SBN 75, lorsque la force de fermeture est de 25 N (25 N est considéré comme la force maximale admissible pour les personnes handicapées et les personnes âgées. Les courbes se trouvant au-dessous de cette ligne, les bandes satisfont donc à la prescription d'étanchéité à l'air tout en ayant une force de fermeture faible.

La ligne horizontale pointillée représente la limite pour un effort de fermeture de 35 N. L'augmentation de la gamme de performance d'une bande, lorsqu'une force de fermeture plus élevée est autorisée, peut être déterminée à l'aide de cette ligne limite. Les figures 7 et 8 montrent les courbes déterminées pour les bandes tubulaires de 10 mm étudiées qui constituent les groupes 4 et 5. L'épaisseur de paroi de la bande est moindre dans le groupe 4 que dans le groupe 5. Les deux groupes sont très étanches à l'air sur la plus grande partie des largeurs de jeux étudiées. Les recherches ont montré, toutefois, que la bande dont l'épaisseur de matériau

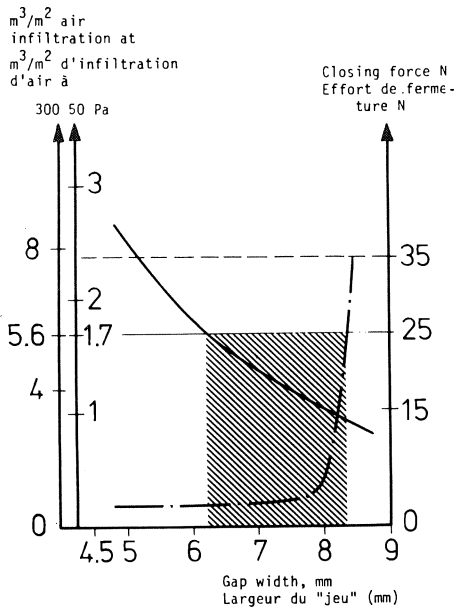


Figure 7
Closing force (straight line), air infiltration at 50 Pa (broken line) and at 300 Pa (dot-dash line). Fig 7 shows results for tubular strip $h = 10$ mm, $t = 0.8$ mm

Infiltrations d'air en fonction de l'effort de fermeture (ligne continue) à 50 Pa (ligne en pointillés) et à 300 Pa (ligne mixte). La figure 7 montre les résultats pour une bande mixte tubulaire de $h = 10$ mm, $t = 0,8$ mm

indicates air leakage at 50 Pa and the chain-line curve that at 300 Pa. The full curve indicates the force needed to close the door.

The horizontal full line in the diagrams is the upper boundary where air leakage is the highest value permitted in SBN 75, and where the closing force is 25 N (25 N is considered to be the highest acceptable closing force with regard to handicapped and old people). Since the curves are situated below this line, the strips satisfy the specified air-tightness requirement and also have a low closing force.

The horizontal dashed line is the boundary for a closing force of 35 N. The rise in the performance range of a strip, when a higher closing force is permitted, can be determined with the aid of this boundary line.

Figure 7 and 8 show the curves determined for the investigated 10 mm tubular strips which make up Groups 4 and 5. The wall thickness of the strip in Group 4 is less than that in Group 5. Both groups were very air-tight over the greater part of the investigated gap width interval. The investigations showed, however, that the strip with a larger material thickness needed a considerably higher closing force than that with a smaller material thickness.

Figure 9 shows curves for the D-strip (group 8). Owing to its small wall thickness, the strip needed

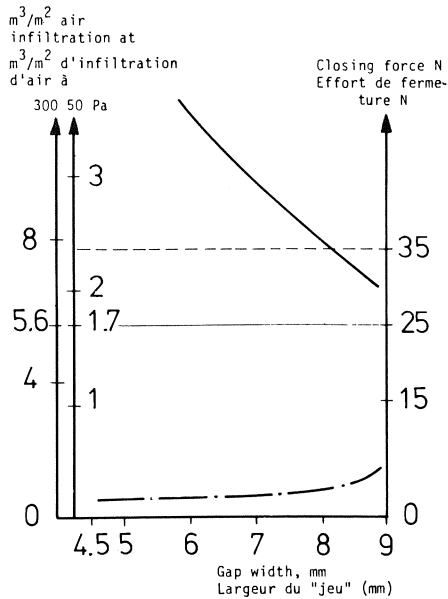


Figure 8
Results for tubular strip $h = 10$ mm, $t = 0.95$

Resultats pour une bande tubulaire de $h = 10$ mm, $t = 0.95$ mm

a fairly low closing force. This strip had a large performance range as it was also relatively air-tight. Owing to the small wall thickness, the compliance of this strip with the air-tightness requirement was somewhat inferior at 300 Pa to that at 50 Pa.

Curves for angle strips of 11-12 mm depth (group 9) are shown in figure 10. The angle strips had a large performance range. They had a relatively low closing force, but leakage of air was higher than in the case of tubular strips.

The performance ranges of all the ten groups are set out in figure 11. At an upper limit of 25 N for the acceptable closing force (for handicapped and elderly people), the best strips had a performance range of just over 3 mm. These were tubular strips of small wall thickness, and angle strips. With regard to tubular strips, the conclusion that could be drawn was that a smaller wall thickness gave rise to a lower closing force, but did not cause an increase in air leakage. However, air-tightness at high pressures had a tendency to deteriorate for very small wall thicknesses. A wall thickness suitable both from the air-tightness and closing force aspects appears to be about 0.7 mm.

If a higher closing force of 35 N can be accepted, all strips have a larger performance range, and a smaller gap width can be permitted. The greater the original depth of the strip, the greater the increase in its performance range. Tubular strips of small wall thickness, and large angle strips, have the greatest increase in performance range.

In relation to their original depth, the percentage compression of the strips at the upper and lower boundaries of the performance range was the same.

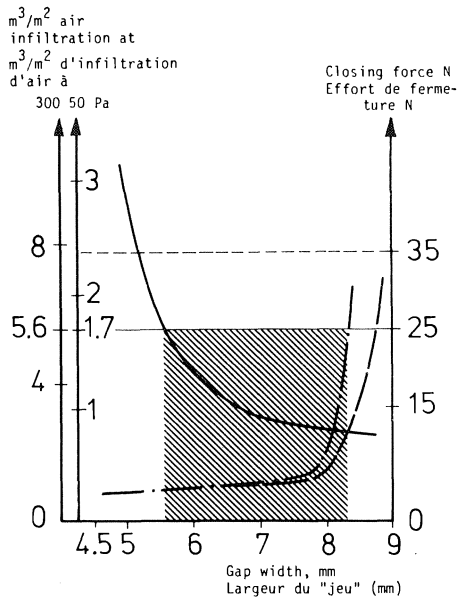


Figure 9
 Results for D strips $h = 10$ mm, $t = 0.6$ mm
 Résultats pour bandes D de $h = 10$ mm, $t = 0.6$ mm

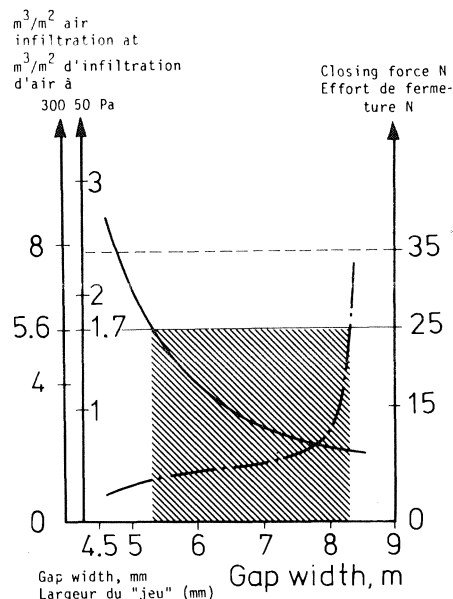


Figure 10
 Results for angle strips $h = 11-12$ mm
 Résultats pour bandes à section en V de $h = 11 - 12$ mm

est plus grande exige un effort de fermeture bien plus élevé que celle dont le matériau est plus mince. La figure 9 montre les courbes pour la bande D (groupe 8). Du fait de sa faible épaisseur de paroi, la bande n'a exigé qu'un effort de fermeture assez faible. La bande a eu une grande gamme de performance parce qu'elle était également relativement étanche. Du fait de sa faible épaisseur de paroi, la conformité de cette bande aux prescriptions de l'étanchéité à l'air est à 300 Pa un peu inférieure à ce qu'elle est à 50 Pa.

Les courbes pour les bandes à section en V de 11-12 mm d'épaisseur (groupe 9) sont données sur la figure 10. Les bandes à section en V ont une large gamme de performance. Il a fallu des efforts de fermeture relativement faibles, mais les fuites d'air étaient plus importantes que dans le cas des bandes tubulaires.

La figure 11 donne les gammes de performance des dix groupes. A la limite supérieure de 25 N de l'effort de fermeture admissible pour les personnes handicapées ou âgées, les meilleures bandes ont eu une gamme de performance dépassant à peine 3 mm. Il s'agissait de bandes tubulaires de faible épaisseur de paroi, et des bandes à section en V.

En ce qui concerne les bandes tubulaires, on peut dire en conclusion qu'une plus faible épaisseur de paroi a permis un effort de fermeture plus faible, mais n'a pas provoqué une augmentation des fuites d'air. Cependant, l'étanchéité à l'air, à compressions élevées, a eu tendance à diminuer pour les épaisseurs de paroi très faibles. Une épaisseur convenable à la fois du point de vue de l'étanchéité à l'air et de l'effort de fermeture paraît être d'environ 0.7 mm.

Si un effort de fermeture plus élevé, de 35 N peut être admis, toutes les bandes ont une plus grande gamme de performance et une plus faible largeur du jeu peut être admise. Plus l'épaisseur originale de la bande est grande, plus l'augmentation de sa gamme de performance est grande. Ce sont les bandes tubulaires de faible épaisseur de paroi et les grandes bandes

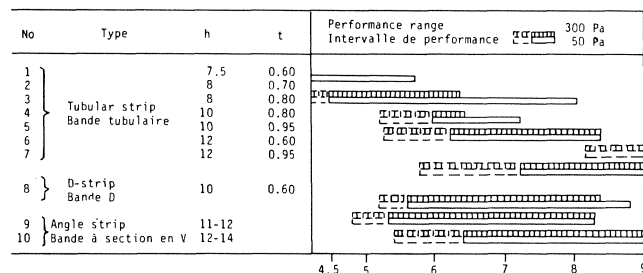


Figure 11
 'Bar-chart' of performance ranges for door weatherstrips, relating air leakage to closing force. The full bar refers to a closing force of 25 N (considered the maximum for handicapped people) and the 'dashed' bar-line to 35 N

Graphique à barres des plages de performance de bourrelets de porte, rapportant les fuites d'air à l'effort de fermeture. Les barres en traits pleins se rapportent à une force de 25 N (considérée comme un maximum pour les personnes handicapées physiques) et les barres hachurées se rapportent à une force de 35 N

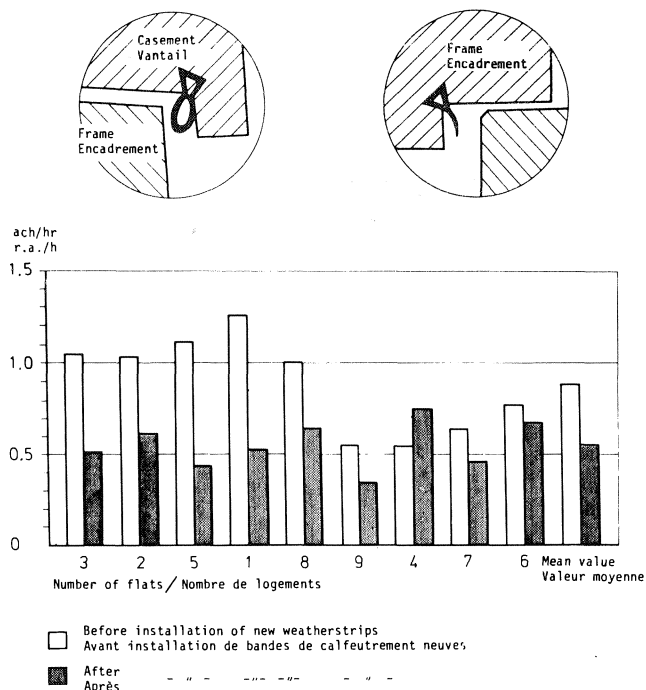


Figure 12

Ventilation rate before and after installing new weatherstrips to windows and doors of a block of flats. The air change was reduced by 0.4 ach/hr

Taux de ventilation avant et après la pose de garnitures de calfeutrement neuves aux fenêtres et aux portes d'un immeuble. Le renouvellement de l'air a été réduit de 0,4 r.a./heure

If a closing force less than 25 N is to be obtained, tubular strips of small wall thickness should not be compressed to less than 60 per cent of the depth. However, they must be compressed to at least 80 per cent of the depth in order that the air-tightness should be sufficient. Angle strips should be compressed to 50-70 per cent, while the corresponding values for D strips are 55-80 per cent.

Since the performance range of a weatherstrip is situated within certain percentage values of the compression, the range will be the wider the greater the depth of the strip. It is therefore best to give doors a large gap width and to select a weatherstrip of large depth.

For the optimum value of the gap width, the best tubular strips had an air leakage only about one third of that of the best angle strips. Any future increase in the stringency of air-tightness requirements will therefore be satisfied more easily if tubular strips of good quality are used.

Practical application

Investigations of the performance of weatherstrips were performed at the same time in old properties with natural ventilation, on the basis of these results.

In order to determine the effect due to sealing the doors and windows, the old weatherstrips in windows were replaced by tubular strips. The front doors were provided with an angle strip.

The rate of air change in the building was measured by two different methods, both before and after installation of the weatherstrips. The natural ventilation in nine dwellings was determined by means of the tracer gas method. Installation of the new weatherstrips had the effect that there was a mean reduction in the air change rate from 0.9 to 0.5 per hour (fig. 12).

In absolute terms, the greatest reduction occurred, not surprisingly, in dwellings which had a large air change rate prior to treatment. After installation of the weatherstrips, air change rates in the different dwellings were similar.

Four dwellings were subjected to a test pressure of 50 Pa. Pressure testing showed that the points of leakage were mainly situated near the windows. When the new weatherstrips had been installed, the leakage of air during pressure testing dropped from 2.3 to 1.3 air changes per hour.

The buildings now have an air-tightness of the same order of magnitude as that specified for new buildings.

It may be mentioned as an example of the economic results of the energy saving that the internal rate of return was 25 per cent (assumed service of life of 10 years) and the break-even period five years (at a discount rate of 10 per cent). The measure thus has a good profitability.

Conclusion

Weatherstrips for windows and doors were studied by full-scale tests with regard to air-tightness, closing force and ageing properties.

Tubular strips provided the highest degree of air-tightness in both windows and doors, while angle strips were only slightly inferior in performance. The leakage of air was found to be considerably greater for strips of expanded and foam plastics and fibre strips. For tubular strips of small material thickness and for angle strips, the closing force in doors was low. A door which is to be closed easily – as for the handicapped and the elderly – should therefore have these types of weatherstrip.

The ageing properties of the strip materials were studied by applying heat. The results indicated that the synthetic rubbers, silicone rubber, EPDM and chloroprene rubber, in that order, are the most suitable.

Investigations in the field showed, inter alia, that in a block of flats with natural ventilation, the air change rate could be cut, on average, from 0.9 to 0.5 air changes per hour. Both the energy conservation effect and the profitability of the measure were very satisfactory.

à section en V qui présentent la plus grande augmentation de leur gamme de performance.

Par rapport à leur épaisseur originale, le pourcentage de compression des bandes a été le même aux limites supérieure et inférieure de la gamme de performance. Si l'on doit obtenir un effort de fermeture inférieur à 25 N, les bandes tubulaires de faible épaisseur de paroi ne doivent pas être comprimées à moins de 60 % de leur épaisseur. Mais afin d'obtenir une étanchéité à l'air suffisante, elles doivent l'être à 80 % au moins de cette épaisseur. Les bandes à section en V doivent être comprimées à 50-70 %, et les bandes D à 55-80 %.

Puisque la gamme de performance d'une bande de calfeutrement se situe entre certaines valeurs de pourcentage de la compression, la gamme sera d'autant plus grande que l'épaisseur de la bande sera plus grande. Il est donc recommandé de donner un jeu assez large aux portes et de choisir une bande de calfeutrement de grande épaisseur. Pour la valeur optimale de la largeur du jeu, les meilleures bandes tubulaires ont eu des fuites d'air d'environ un tiers seulement de celles des bandes à section en V les meilleures. Si les prescriptions d'étanchéité à l'air doivent devenir plus rigoureuses à l'avenir, les bandes tubulaires de bonne qualité permettront plus aisément d'y satisfaire.

Application pratique

Des recherches sur le comportement des bandes de calfeutrement ont été effectuées simultanément, dans des bâtiments anciens avec ventilation naturelle, sur la base de ces résultats. Afin de déterminer l'effet de l'étanchéité des portes et des fenêtres, les vieilles bandes de calfeutrement des fenêtres ont été remplacées par des bandes tubulaires alors que les portes de façade étaient équipées de bandes à section en V.

Le taux de renouvellement de l'air dans les bâtiments a été mesuré par deux méthodes différentes, avant et après la pose des bandes de calfeutrement. La ventilation naturelle a été déterminée dans neuf logements au moyen de traceurs. L'installation de nouvelles bandes de calfeutrement a eu pour effet une réduction moyenne du taux de renouvellement de l'air de 0,9 à 0,5 par heure (fig. 12).

En termes absolus, la plus grande diminution est apparue, ce qui n'est pas surprenant dans les logements où le renouvellement de l'air était important avant l'intervention. Après la pose des bandes de calfeutrement, les taux de renouvellement de l'air ont été les mêmes dans les différents logements.

Quatre logements ont été soumis à une pression d'essai de 50 Pa. L'essai de pression a montré que les points de fuites étaient surtout situés près des fenêtres. Une fois les nouvelles bandes de calfeutrement posées, les fuites d'air au cours des essais de pression ont diminué de 2,3 à 1,3 renouvellements d'air par heure.

Les bâtiments ont maintenant une étanchéité à l'air du même ordre de grandeur que celle prescrite pour les bâtiments neufs.

Pour illustrer les résultats économiques des économies d'énergie, il convient de mentionner que le taux interne de rendement a été de 25 % (en tablant sur une durée de service de 10 ans) et le seuil de rentabilité de cinq ans (à un taux d'intérêt de dix %). La mesure est donc très intéressante.

Conclusion

Des bandes de calfeutrement destinées aux portes et aux fenêtres ont été étudiées par des essais en vraie grandeur portant sur l'étanchéité à l'air, l'effort de fermeture et le vieillissement. Ce sont les bandes tubulaires qui ont eu les meilleurs résultats, les bandes à section en V ayant des performances très légèrement inférieures. Les fuites d'air ont été largement plus importantes avec des bandes de plastique expansées et de mousse de plastique et avec des bandes de fibres. Pour les bandes tubulaires de faible épaisseur et pour les bandes à section en V, l'effort nécessaire pour fermer les portes a été faible. Il faut donc les utiliser pour les portes dont la fermeture doit être facile – par exemple pour les personnes handicapées et pour les personnes âgées.

Les propriétés de vieillissement des matériaux des bandes ont été étudiées en les chauffant. Les résultats ont montré que les matériaux les plus intéressants étaient, dans l'ordre, les caoutchoucs synthétiques, le caoutchouc aux silicones, l'EPDM et le caoutchouc chloroprène.

Des enquêtes in situ ont montré, entre autres, que dans un immeuble avec ventilation naturelle, le taux de renouvellement de l'air pouvait être réduit de 0,9 à 0,5 par heure. Cette mesure est donc très intéressante en matière d'économie d'énergie et de rentabilité.

Reference/Bibliographie

HÖGLUND, I. and WÄNGGREN, B. 1979. Studies of the performance of weatherstrips for windows and doors (in Swedish). (National Swedish Council for Building Research). T7: 1979. Stockholm.

Discussion

J. Cunningham, UNECE, Geneva, Switzerland:

Two questions with respect to the tests of ageing resistance of weatherstrips:

Were the tests conducted in service conditions, or by laboratory techniques such as exposure panels?

You related effective life primarily to materials. For weatherstrips of the same material, have you observed any significant differences in ageing resistance of different profiles?

Höglund & Wångren:

The test of ageing resistance were conducted in the laboratory.

To speed up the ageing the examined strips were stored in heat. In one test the strips were mounted on panels and compressed to about 50 % of their height. In another test the strips were also mounted on panels but stretched 5, 10 and 20 %. We did not observe any significant differences between the profiles.

It is important to state that even strips of the same material but made by different companies can differ in ageing resistance.

J. B. Siviour, Electricity Council Research Centre, Capenhurst, England:

I would like to ask three questions, first did your ageing tests consider whether the weatherstripping would be painted, second would they be removed during the painting process, and third what is the tolerance of the weatherstripping to warping.

Höglund & Wångren:

The weatherstrips made of silicone-rubber can be painted over.

The normal procedure is however to take away the old weatherstrip, paint the window and then put up

new strips. The strips are, compared with the painting-work, very cheap.

The tolerance to warping was determined for doors. The doorleaf were bent, like a bow, on the look side. For big (10-12 mm) tubular strips with thin walls and big (12-14 mm) angle strips the doorleaf could be bent 2-3 mm before the air leakage was too big. (According to the Swedish Code of Practice, SBN 75.)

John Greenland, NSW Institute of Technology, Sydney, Australia:

Sealing of doors and windows for the prevention of air infiltration and exfiltration can, if taken a little further, achieve acoustical insulation. Have you compared the standards required for each of these functions of door and window sealing in order to ensure that both benefits are achieved?

Höglund & Wångren:

The paper presented at the CIB-Symposium does not cover this aspect. The link between acoustical insulation and airtightness is however fairly well known in Sweden.

An example: A door which meets the requirements of acoustical insulation is thereby also regarded as sufficiently airtight. (According to the Swedish Code of Practice, SBN 75.)

David T. Harrje, Princeton University, Princeton, USA:

One strip available in the USA that was not tested was the closed cell plastic; however, the best types, the tubular rubber and angular rubber are not available to my knowledge. Could you please comment on availability on world basis of the seals tested?

Höglund & Wångren:

The question was passed on to one of the manufacturers of weatherstrips in Sweden.

The availability on world basis is good and in Sweden there is a small overcapacity. The machinery to make the strips is, however, common all over the world.

Michael Finbow, National Building Agency, London, England:

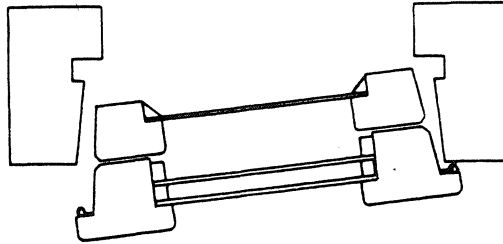
Which of the seals are effective in sealing existing windows and what is involved in fitting them to the window?

In which positions are the strips located in the frame (is the position different depending on which part of the frame is considered, i.e. hinged side or fastening side, head or sill)?

Höglund & Wångren:

The question regarding weatherstripping of old windows is very difficult to answer in a general way. One of the reasons is that there are so many types of old windows and another one is that the old windows are aged and often warped. The best way to guide you here is to say that you should choose a tubular strip twice as thick as your width of gap.

The strips can be mounted by stapling, by a selfadhesive tape or in a groove specially made for this purpose. The best way to mount the strips on a Swedish standard inward opening window is shown in the figure.



- 41 *Nuder A*: Hiss- och trappkostnader i bostadshus, 1965
- 42 *Brosenius H*: Om fönsterareor vid kontorshus. *Nuder A*: Kontorshus i Stockholm, 1966 (Särtryck ur Byggmästaren nr 11, 1965)
- 43 *Jansson I*: Testing the Rate of Water Absorption, 1966 (Särtryck ur rapporter till RILEM/CIB-Symposium, Helsingfors 1965)
Elmroth A och Höglund I: Influence of Moisture on the Thermal Resistance of External Walls of Cellular Concrete – relating to two newer types of construction, 1966 (Särtryck ur rapporter till RILEM/CIB-Symposium, Helsingfors 1965)
- 44 *Brosenius H*: Värme-, fukt- och brandskyddsfrågor vid husbyggnader, 1966
- 45 *Elmroth A*: Fukt- och temperaturförhållanden i kryprum, 1966 (Särtryck ur Lättbetong nr 1, 1966)
- 46 *Nuder A och Johnsson B*: Hissar och trappor i kontorshus, 1966 (Särtryck ur Byggmästaren nr 6, 1966)
- 47 *Elmroth A och Höglund I*: Analys av icke stationära värmeströmsförhållanden för ett plant tak med RC-nätverksmetod, 1966 (Särtryck ur Byggmästaren nr 11, 1966)
- 48 *Brosenius H*: Vägg och bjälklagskonstruktioner vid husbyggnader, 1966
- 49 *Nuder A och Strömberg A*: Kostnader och värden inom byggnadsbranschen. Prisbildning inom bostadsbyggandet, 1967 (Särtryck ur Byggmästaren nr 8, 1966 och Byggnadsindustrin nr 18, 1966)
- 50 *Brosenius H*: Om flexibel vattenburen värme, 1973
- 51 *Nylund P O*: Vindtätet hos flerskiktsväggar, 1967 (Särtryck ur Byggmästaren nr 11, 1966)
- 52 *Brosenius H*: Betonghus och elementbyggeri, 1967
- 53 *Bring Ch*: Vidhäftning mellan hårdnat betongunderlag och pågjutet golvsikt, 1967 (s. 101–112 särtryck ur Byggmästaren nr 4, 1966)
- 54 *Buo F, Elmroth A, Friström, G och Sällström S*: Some investigations concerning winter concreting: Required insulation and prehardening time for concrete with low-heat cement, 1967 (Rapport till Neuvième Congrès des Grands Barrages, Istanbul 1967)
- 55 *Nuder A och Strömberg A*: Bostadsbyggande med eller utan markspekulation – en teoretisk analys, 1967 (Särtryck ur Väg- och vattenbyggaren nr 8–9, 1967)
- 56 *Brosenius H*: Stomkomplettering vid husbyggnader, 1967
- 57 *Höglund I*: Småhus i väster, 1968 (Särtryck ur Byggnadsvärlden nr 11, 15, 17/18, 27 och 37/38 1967)
- 58 *Nylund P O*: Rörelser hos fasadelement av betong, 1968 (Särtryck ur Byggmästaren nr 5, 1968)
- 59 *Bring Ch*: Provningsmetoder för golvmaterial och golvkonstruktioner, 1968
- 60 *Brosenius H*: Konvektionsproblem och andra värmebalansfrågor, 1968
- 61 *Nylund P O*: Movements in joints, 1968 (Särtryck ur rapporter till CIB-symposium Weathertight joints for walls, Oslo 1967)
- 62 *Nuder A och Strömberg A*: Privat, kooperativt eller allmännyttigt bostadsbyggande? 1968 (Särtryck ur Byggnadsindustrin nr 13, 1968)
- 63 *Höglund I och Stephenson D G*: Tabeller för beräkning av solinstrålning mot byggnader, 1968 (Kompletterat särtryck ur Byggmästaren nr 9, 1968)
- 64 *Elmroth A och Holmström, B*: Värmeledningstal för träullsplattor utan tätande ytskikt på den inre, varma sidan, 1968 (Särtryck ur Byggmästaren nr 9, 1968)
- 65 *Buo F, Elmroth A, Friström G och Sällström S*: Vintergjutning och formisolering vid vattenkraftanläggningar, 1968 (Särtryck ur Byggnadsindustrin nr 14, 1968)
Elmroth A: Tilläggsisolering av träformar vid vintergjutning, 1968 (Särtryck ur Väg- och Vattenbyggaren nr 10, 1966)
- 66 *Marian J-E, Ivansson B-O, Ström H, Fickler H-H och Helgesson G*: Das Keilzinken von Holz, 1968 (Särtryck ur Holz als Roh- und Werkstoff, bd 26, 1968, häfte 2, 3 och 5)
- 67 *Nuder A och Ivansson B-O*: Kontrollagen är borta, 1969 (Särtryck ur Väg- och Vattenbyggaren nr 1–2, 1969)
- 68 *Bring Ch*: Planhet och lutningar hos golv. Industrigolv och rullande stålhjul. Träskivor i löst lagda undergolv, 1969 (Särtryck ur Byggnadsindustrin nr 11–12 1969)
- 69 *Höglund I, Rönning M och Norell T*: Värmeinstrålning och k-värden, 1969 (Särtryck ur Lättbetong nr 2, 1969)
- 70 *Elmroth A och Höglund I*: Analys av ofrivillig ventilation i småhus, 1970 (Särtryck ur VVS nr 2, 1970)
- 71 *Elmroth A och Höglund I*: Fuktskydd av kryprum genom markisolering, 1970 (Särtryck ur Byggmästaren nr 3, 1970)
- 72 *Brosenius H*: Optimal-ekonomisk projektering av byggnader och byggnadsdelar, 1970
- 73 *Nuder A*: Bostadsbyggande – ett fördelningsproblem, 1970 (Särtryck ur Kommunal Tidsskrift nr 10, 1969 och nr 1, 1970 samt Plan 5–6, 1969)
- 74 *Ivansson B-O och Ström H*: Limträ (3 uppsatser), 1970 (Särtryck ur Svensk Snickeritidskrift nr 12–13, 1968 och nr 6, 1969 samt nr 20, 1969)
- 75 *Ivansson B-O och Ström H*: Nytt sätt att bygga med gammalt material, 1970 (Särtryck ur Byggnadsindustrin nr 5, 1970)
- 76 *Elmroth A*: Skador och brister i småhusens klimatskydd, 1970 (Särtryck ur Väg- och vattenbyggaren nr 4, 1970)
- 77 *Johnsson B och Hedberg N*: Småhusbyggandet i tre Storstockholmskommuner, 1970 (Särtryck ur Väg- och vattenbyggaren nr 4, 1970)
- 78 *Brosenius H*: Energival vid småhusuppvärmning. Byggeforskningen Rapport R 32: 1970
- 79 *Johnsson B och Hedberg N*: Småhusupphandling med konsumentinflytande, 1970 (Särtryck ur Väg- och vattenbyggaren nr 4, 1970)
- 80 *Nuder A*: Värdeändringar för bebyggda fastigheter, 1970 (Särtryck ur Byggmästaren nr 4, 1970)

- 81 *Brosenius H*: Om uppvärmningssystem vid småhus, 1970 (Särtryck ur Väg- och vattenbyggaren nr 4, 1970)
- 82 *Rönmark C*: Modernisering och förnyelse – en studie av saneringsalternativ. Statens Råd för Byggnadsforskning, 1970
- 83 *Nuder A och Johnsson B*: Kontorshus i Stockholm, Byggnadsforskningen Rapport R 16: 1970
- 84 *Ivansson B-O och Ström H*: Industrialiserat bostadsbyggande i USA – 1, 1970 (Särtryck ur Byggnadsforskningen nr 1–2, 1970)
- 85 *Ivansson B-O och Ström H*: Industrialiserat bostadsbyggande i USA – 2, 1970 (Särtryck ur Byggnadsforskningen nr 6 och 8, 1970)
- 86 *Elmroth A och Höglund I*: Värmegenomgångstal för hela fasadelement – en modifierad "Guarded Hot Box"-metod, 1970 (Särtryck ur Byggnadsvärlden nr 6, 1970)
- 87 *Johnsson B*: Kostnadsutvecklingen inom grupp-husbyggandet i Stor-Stockholm, 1970 (Särtryck ur Väg- och Vattenbyggaren nr 8–9, 1970)
- 88 *Ivansson B-O och Johnsson B*: Grupphusinriktad typhusindustri, 1970 (Särtryck ur Svensk Snickeritidskrift/Träförädlingen nr 11, 1970)
- 89 *Höglund I*: Metod för beräkning av extrema yttemperaturer hos lätta isolerade ytterkonstruktioner – med tillämpningsexempel avseende isolerade metalldäck. Rapport till Stålbyggnad – Nordiska forskningsdagar 1970 – Session V, 1970
- 90 *Ivansson B-O och Ström H*: Trähussystem i USA, 1970 (Särtryck ur Svensk Snickeritidskrift/ Träförädlingen nr 6 och 12, 1970)
- 91 *Brosenius H*: Direkt elvärme eller flexibel vattenburen värme? (Särtryck ur Byggnadsforskningen nr 10 och 11, 1970)
- 92 *Bring Ch*: Kvalitetskrav på golv i byggnadsprogram och byggnadsbeskrivningar. Byggnadsforskningen Rapport R 43: 1971
- 93 *Elmroth A och Höglund I*: Småhusgrundläggning med krypprum – fukt, ventilation, temperatur. Byggnadsforskningens informationsblad B 13: 1972
- 94 *Höglund I*: Metod för beräkning av extrema yttemperaturer hos isolerade ytterkonstruktioner. Byggnadsforskningen Rapport R 6: 1973
- 95 *Elmroth A och Höglund I*: Värmebalans i småhus. Teoretiska och experimentella undersökningar avseende ett mineralullsisolerat regelhus. Byggnadsforskningen Rapport R 7: 1973
- 96 *Johnsson B*: Småhusens teknik och ekonomi. Byggnadsforskningen Rapport R 47: 1972
- 97 *Elmroth A och Höglund I*: Nya källarytterväggar ger bostadsklimat under mark, 1971 (Byggnadsförlaget)
- 98 *Höglund I*: Extreme Surface Temperatures, 1973. First Heat Transfer Conference. Polytechnic Institute of Jassy, IASI
- 99 *Elmroth A och Höglund I*: Energy Conservation in Buildings, 1973. First Heat Transfer Conference. Polytechnic Institute of Jassy, IASI
- 100 *Höglund I et al.*: Från grund till tak, 1973. Några forskningsarbeten vid institutionen för byggnadsteknik, KTH.
- 101 *Höglund I och Ahlgren B*: Fönsterteknik, 1973 (Byggnadsförlaget)
- 102 *Elmroth A och Höglund I*: Designing Houses for Energy Conservation (Reprinted from Building Research and Practice, March/April 1974)
- 103 *Höglund I*: Solenergi för byggnader, 1974 (Särtryck ur VVS nr 9, 1974)
- 104 *Höglund I*: Calculating extreme surface temperatures, 1975. (Reprinted from Building Research and Practice Nov/Dec, 1974)
- 105 *Elmroth A*: Krypprumsgrundläggning. Byggnadsforskningen Rapport R 12: 1975
- 106 *Nylund P O*: Temperaturrelater hos fasadskivor. Byggnadsforskningen Rapport R 60: 1975
- 107 *Höglund I och Isakson P*: Solvärme för hus – en utmaning, 1975 (Särtryck ur VVS nr 11, 1975)
- 108 *Höglund I och Johnsson B*: Byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder för energibesparing i äldre byggnader, 1976
- 109 *Johnsson B*: Kommunupphandlade småhus i grupp. Byggnadsforskningen Rapport R 52: 1977
- 110 *Bring Ch och Roman B*: Invändiga ytskikt till väggar och tak. Funktionsanalys och provningsmetoder. Byggnadsforskningen Rapport R 9: 1977
- 111 *Höglund I*: Elementär byggfysik – tillämpningsexempel, 1977
- 112 *Isakson P*: Plana termiska solfångare. En fysikalisk bakgrund. Byggnadsforskningen Rapport R 35: 1978
- 113 *Höglund I och Stillesjö S*: Energibehov för bebyggelse – byggnadstekniska besparingsmöjligheter. 1978 (Särtryck ur Väg- och vattenbyggaren nr 1–2, 1978)
- 114 *Höglund I, Ekström L och Girdo V*: Solvärme – energisparande och ekonomi, 1978 (Särtryck ur VVS-Forum nr 4 och 5, 1978)
- 115 *Bring Ch*: Provning av halksäkerhet. Stödkrafter och rörelser hos foten vid habituell gång och vid halkning på klacken, 1978
- 116 *Bring Ch*: Hjulbelastning av industrigolv. Byggnadsforskningen Rapport R 98: 1978
- 117 *Isakson P och Öfverholm E*: Reporting Format for Solar Energy Buildings. Byggnadsforskningen Document D 1: 1977
- 118 *Elmroth A*: Well insulated airtight buildings. Design and construction. Byggnadsforskningen Document D 10: 1978
- 119 *Girdo V*: Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien. Beräkningsmetod, parameteranalys, effektivitet och optimering. Byggnadsforskningen Rapport R 108: 1978
- 120 *Carlsson B, Elmroth A och Engwall P-Å*: Lufttäthet och värmeisolering – byggnadstekniska lösningar. Byggnadsforskningen G 4: 1979
- 121 *Höglund I och Wänggren B*: Funktionsstudier av tätningslister för fönster och dörrar. Byggnadsforskningen T 7: 1979
- 122 *Höglund I och Girdo V*: Calculations of Efficiency and Economy of Solar Heating Systems in Scandinavian Climate. International Energy Agency, IEA. Investigation of the Performance of Solar Heating and Cooling Program. Palermo meeting, Dec 1978
- 123 *Höglund I och Wänggren B*: Studies of the performance of weatherstrips for windows and doors. Byggnadsforskningen Document D 4: 1980
- 124 *Höglund I, Johnsson B och Lagerström J*: Ulvsundaprojektet – resultat av energibesparande åtgärder i befintlig bebyggelse, Byggnadsforskningen. (ännu ej utgiven)