



RAADGEVENDE INGENIEURS

# Nieman-Kettlitz

Gevel- en Dakadvies



## Dicht, dicht, potdicht...

ing. P. (Peter) Kuindersma

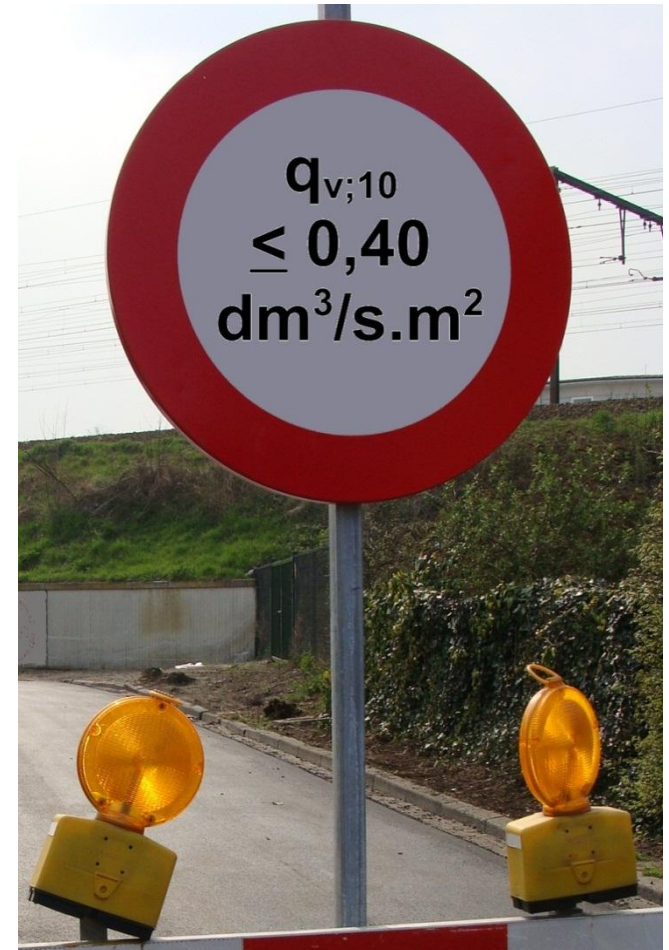
4 oktober 2012



# Stop Air Infiltration



- Waarom luchtdicht bouwen?
- Eisen luchtdichtheid / klassen
- Ontwerpaspecten
- Dichtingsmaterialen
- Uitvoeringsaspecten
- Meetmethoden



# Luchtdicht – luchtdoorlatend?



Na verloop van tijd loopt de ballon leeg.  
Ballon is dus niet luchtdicht.

In de bouw beschouwen we dit wel als 'luchtdicht'.

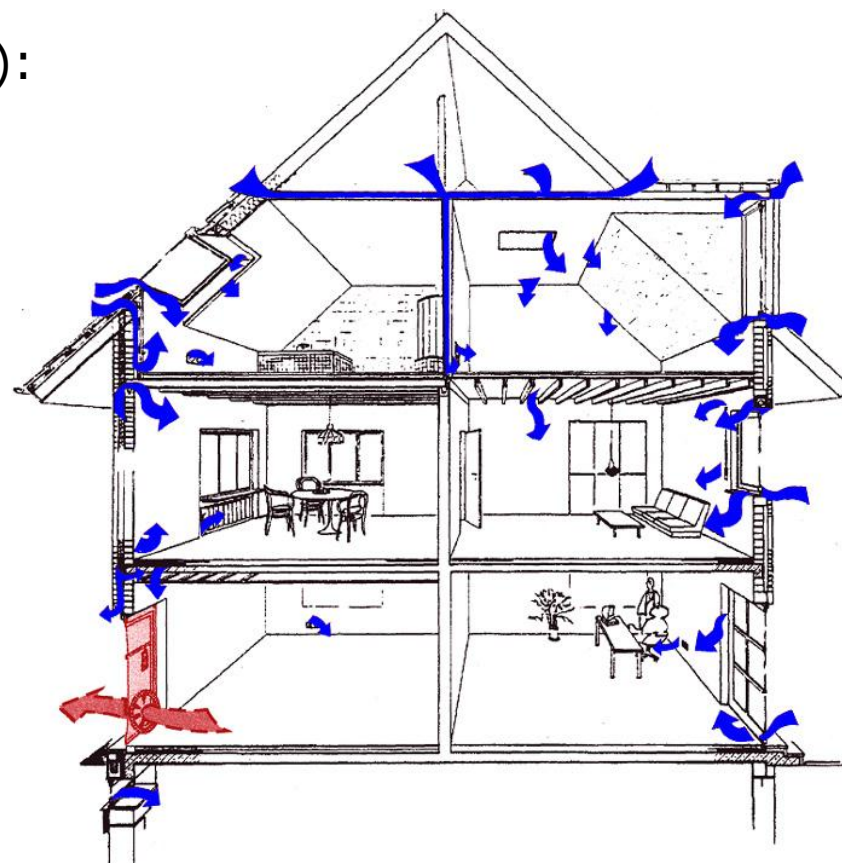
*Luchtdoorlatendheid:* De eigenschap van een object lucht door te laten indien hierover een luchtdrukverschil aanwezig is.

# Waarom luchtdicht bouwen? - *energiebesparing* -



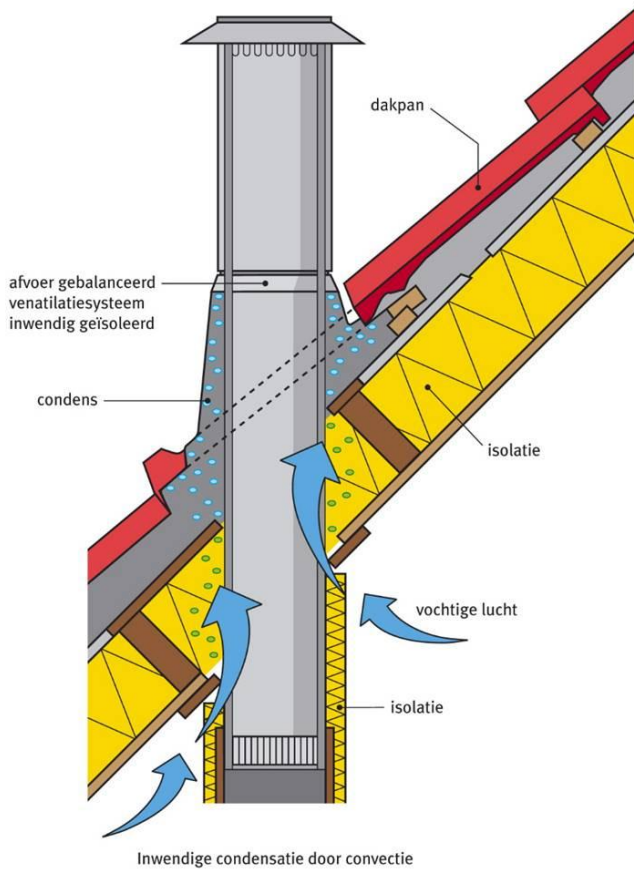
Energieverlies per jaar bij  
(berekend met formule uit NEN 5128):

- 0,3 m<sup>3</sup>/s infiltratie ⇒  
**312** m<sup>3</sup> aardgas /jaar
- 0,2 m<sup>3</sup>/s infiltratie ⇒  
**208** m<sup>3</sup> aardgas /jaar
- 0,1 m<sup>3</sup>/s infiltratie ⇒  
**104** m<sup>3</sup> aardgas /jaar



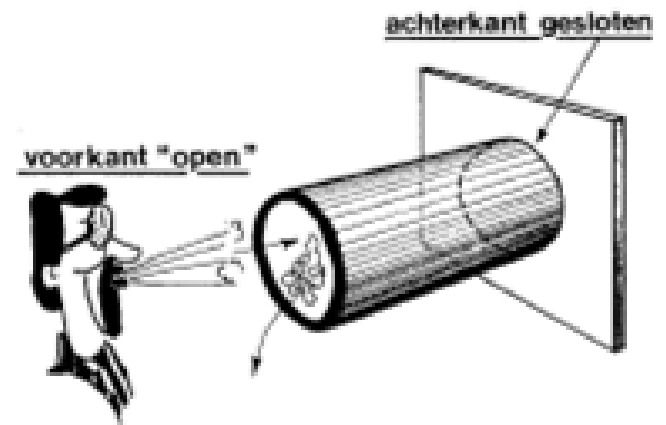
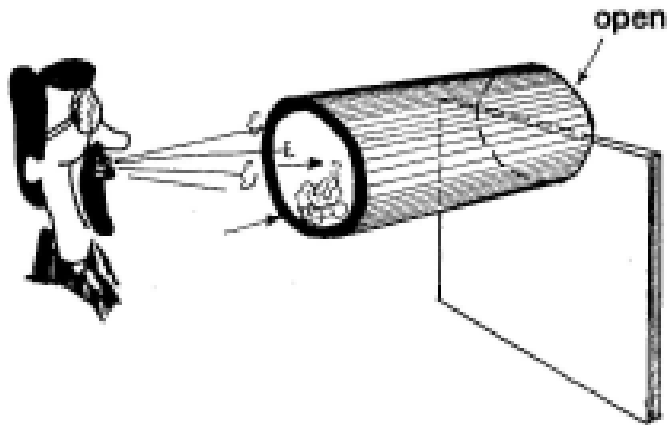
# Waarom luchtdicht bouwen?

- *vochtproblemen voorkomen* -



# Waarom luchtdicht bouwen?

- *waterdichtheid* -



# Waarom luchtdicht bouwen?



- Comfort / tocht
- Akoestiek / brandveiligheid
- Relatie luchtdichtheid – ventilatie



Hoge luchtdichtheid alleen in combinatie met een goed ventilatiesysteem!

# Theorie: drukverschil gevel/dak

Het effectieve drukverschil ten behoeve van de berekening van het energiegebruik is voor:

## ***System C:***

circa 2 Pascal over de gehele schil.

## ***System D:***

circa 4 Pascal over de gehele schil.

We rekenen over het algemeen met 10 pascal



# Beaufortschaal

(geldend voor **gemiddelde** windsnelheden)

Schaalcijfer Beaufort	Windsnelheidsequivalenten op 10 meter hoogte boven vlak terrein			Benaming					Beschrijving van de zichtbare uitwerking van de windkracht op objecten in het binnenland
	m/s	km/h	zeemijlen/uur (knopen)	Nederlands boven zee	Nederlands boven land	English Engels	Francais Frans	Deutsch Duits	
0	0 - 0,2	<1	<1	Stilte	Windstil	Calm	Calme	Stille	Rook stijgt recht of bijna recht omhoog.
1	0,3 - 1,5	1 - 5	1 - 3	Flauw en stil	Zwakke wind	Light air	Très légère brise	Leiser Zug	Windrichting goed herkenbaar aan rookpluimen.
2	1,6 - 3,3	6 - 11	4 - 6	Flauwe koelte	Zwakke wind	Light breeze	Légère brise	Leichte Brise	Bladeren beginnen te ritselen en windvane kunnen gaan bewegen. Wind begint merkbaar te worden in het gelaat.
3	3,4 - 5,4	12 - 19	7 - 10	Lichte koelte	Matige wind	Gentle breeze	Petite brise	Schwache Brise	Bladeren en twijgen zijn voortdurend in beweging.
4	5,5 - 7,9	20 - 28	11 - 16	Matige koelte	Matige wind	Moderate	Jolie brise	Mässige Brise	Kleine takken beginnen te bewegen. Stof en papieren vliegen op de grond op te dwarrelen.
5	8,0 - 10,7	29 - 38	17 - 21	Frisse bries	Vrij krachtige wind	Fresh breeze	Bonne brise	Frische Brise	Kleine bebladerde takken maken zwaaiende bewegingen. Er vormen zich gekulde golven op meren en kanalen.
6	10,8 - 13,8	39 - 49	22 - 27	Stijve bries	Krachtige wind	Strong breeze	Vent frais	Starker Wind	Grote takken bewegen. Paraplu's kunnen slechts met moeite worden vastgehouden.
7	13,9 - 17,1	50 - 61	28 - 33	Harde wind	Harde wind	Near gale	Grand frais	Steifer Wind	Gehele bomen bewegen. De wind is hinderlijk wanneer men er tegen in loopt.
8	17,2 - 20,7	62 - 74	34 - 40	Stormachtig	Stormachtige wind	Gale	Coup de vent	Stürmischer Wind	Twijgen breken af. Fietsen en lopen wordt bemoeilijkt.
9	20,8 - 24,4	75 - 88	41 - 47	Storm	Storm	Strong gale	Fort coup de vent	Sturm	Lichte schade aan gebouwen. Schoorsteen-kappen en dakpannen worden afgerukt.
10	24,5 - 28,4	89 - 102	48 - 55	Zware storm	Zware storm	Storm	Tempête	Schwerer Sturm	Ontwortelde bomen. Aanzienlijke schade aan gebouwen enz. Komt boven land zelden voor.
11	28,5 - 32,6	103 - 117	56 - 63	Zeer zware storm	Zeer zware storm	Violent Storm	Violente tempête	Orkanartiger Sturm	Uitgebreide schade.
12	> 32,6	> 117	> 63	Orkaan	Orkaan	Hurricane	Ouragan	Orkan	Komt boven land zeer zelden voor.

**10 Pascal, te vergelijken met 2 à 3 Bft.**

*"wind wordt merkbaar in het gelaat / bladeren en twijgen zijn voortdurend in beweging"*

# Eisen luchtdichtheid

- Bouwbesluit
  - artikel 5.4 ( $q_{v;10} \leq 200 \text{ dm}^3/\text{s}$ )  
– meting volgens NEN 2686 → = circa 340 cm<sup>2</sup>  
(18,4 x 18,4 cm)
  - artikel 5.2 (energieprestatiecoëfficiënt)  
– bepaling volgens NEN 7120 / 8088 → = circa 136 cm<sup>2</sup>  
(11,7 x 11,7 cm)
  - artikel 3.21 lid 4 ( $q_{v;1} \leq 0,02 \text{ dm}^3/\text{s per m}^2$ )  
(=  $20 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s per m}^2$ )  
– meting volgens NEN 2690 → = circa 7 cm<sup>2</sup>  
(2,6 x 2,6 cm)
  
- NEN 2687 Luchtdoorlatendheid van woningen - Eisen
- NEN 3661 Gevelvullingen - Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte - Eisen
- Rijksgebouwendienst (RGD)
- Overige private eisen (BRL's, attesten, NEN-normen, branches, e.d.)



# Lucht(- en water)lekken bij glaslatten



Openingen glaslatten (binnenbeglazing):

lek kan bedragen: 0,5 mm x 20 mm:  
10 mm<sup>2</sup>, 4 glaslatten = 40 mm<sup>2</sup>; 0,4 cm<sup>2</sup>



# Door de bomen het bos zien?

- Bij de luchtdichtheid kennen we de  $q_{v;10}$ ,  $q_{v10;gemeten}$ ,  $q_{v10;kar}$  en sinds kort (door de nieuwe NEN 8088-1) de  $q_{v10;inf}$ ,  $q_{v10;spec}$  en de  $q_{v10;spec;reken}$ . Eenheden die hierbij horen zijn  $dm^3/s$  en  $dm^3/s.m^2$  vloeropp.
- Eisen van bijvoorbeeld de Rijksgebouwendienst (Rgd) in  $dm^3/s.m^2$ ,  $dm^3/s.m^1$  en soms ook  $m^3/h$  en  $m^3/s$ .
- De Euronorm NEN-EN 12207 voor ramen en deuren spreekt daarnaast over de klasse-indeling 1 t/m 4, waarbij de eenheden  $m^3/h.m^2$  en  $m^3/h.m^1$  worden gehanteerd.
- Om het 'eenvoudig' te houden wordt de luchtdichtheid uitgedrukt bij 10 Pascal drukverschil, maar ook bij 50, 100, 300 of zelfs 650 Pascal.
- En om het 'helemaal overzichtelijk' te maken drukken we luchtdichtheid uit in een 'infiltratievoud'  $N$  in  $h^{-1}$ .

..... **Ziet u door de bomen het bos nog?**

# Luchtdichtheidsklasse woningbouw



Klasse	Woningvolume in m <sup>3</sup>		Maximale q <sub>v10</sub>	q <sub>v10</sub> /m <sup>2</sup>
	groter dan	tot en met	[dm <sup>3</sup> /s]	dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )
1 <b>Basis</b>	-	250	100	1,0
	250	500	150	1,0
	500	-	200	1,0
2 <b>Goed</b>	-	250	50	0,6
	250	500	80	0,4
3 <b>Uitstekend</b>	-	250	15	0,15
	250	-	30	0,15

Klasse 3 is Passiefhuisniveau:  
0,15 dm<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>; woning 130 m<sup>2</sup>:  
luchtverlies is 19,5 dm<sup>3</sup>/s bij 10 pascal;  
het lek bedraagt: 5,7 x 5,7 cm

Tabel 4: Luchtdichtheidsklassen volgens NEN 2687 (aangevuld met klasse 3).



gebouw 30 m hoog  
aan kust;  
geveldeel is 10 m<sup>2</sup>;  
Id-klasse goed (RgD)

bgg.vl.

Eis passiefhuis

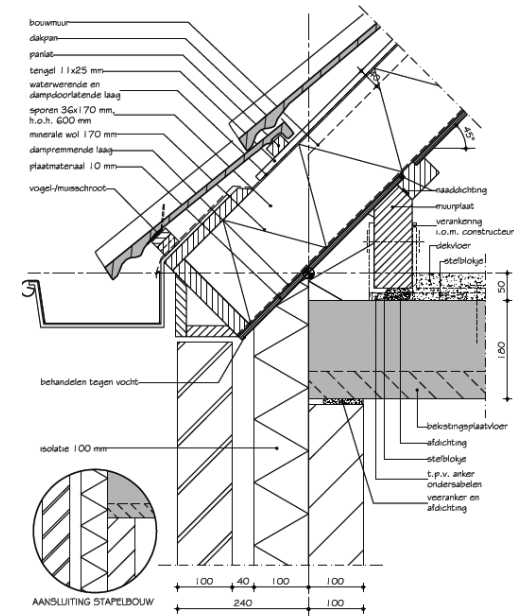
Goede luchtdichte woning

Eis BB 200 dm<sup>3</sup>/s

# Ontwerpaspecten (1)

Luchtdicht bouwen begint bij goed ontworpen details. In de praktijk gaat dat niet altijd goed! Relatief grote luchtlekken in de praktijk zijn:

- kierdichting van ramen en deuren;
- de aansluiting tussen kozijnen en gevels;
- de aansluitingen van daken op gevels en bouwmuren;
- de aansluitingen met de begane-grondvloer;
- aansluiting van ventilatieroosters;
- daknokken;
- (dak)doorvoeren, brievenbus;
- hoekaansluitingen, onderlinge aansluitingen.





## Ontwerpaspecten (2)

De ontwerper dient in de detaillering en de keuze van het dichtingsmateriaal rekening te houden met de volgende aspecten:

- de totale lengte van de aansluiting;
- de vormverandering van het bouwelement (krimp);
- de plaats van het dichtingsmateriaal in het aansluitdetail;
- de maatvoeringskwaliteit (noodzakelijke toleranties);
- de keuze van het dichtingsmateriaal in relatie tot de gebouwdelen, rekening houdend met kruip, thermische bewegingen en optredende belastingen.

# Een detail is geen kleinigheid!



Details bepalen de kwaliteit

Vaak 'lekt' het al op papier

# Een luchtdicht gebouw in 8 stappen

- **Stap 1:** Benoem in een vroeg stadium het ambitieniveau ten aanzien van energiezuinigheid en luchtdichtheid.
- **Stap 2:** Baseer de luchtdichtheidswaarde op het installatieconcept.  
N.B.: Luchtdicht bouwen gaat niet zonder een goed ventilatiesysteem!
- **Stap 3:** Bepaal de  $q_{v;10}$ -waarde op basis van de epc-berekening.
- **Stap 4:** Ga na wat deze  $q_{v;10}$ -waarde betekent voor de gevel (dus hoe luchtdicht moet de gevel zijn?). Let op: niet alleen de energiezuinigheid is van belang maar ook comfort, waterdichtheid, geluid, et cetera.
- **Stap 5:** Geef op de details op correcte wijze de luchtdichting aan / beschrijf de maatregelen in het bestek.
- **Stap 6:** Controleer tijdens de werkvoorbereiding de kwaliteit van de luchtdichtingen die opgenomen zijn in het ontwerp. De keuze van het dichtingsmateriaal wordt afgestemd op de 'bewegingen' van de bouwdelen.
- **Stap 7:** Instrueer tijdens de uitvoering de medewerkers zorgvuldig over de bouwtechnische detaillering.
- **Stap 8:** Controleer de luchtdichtheid met één of meer luchtdichtheids- en/of infraroodmetingen.

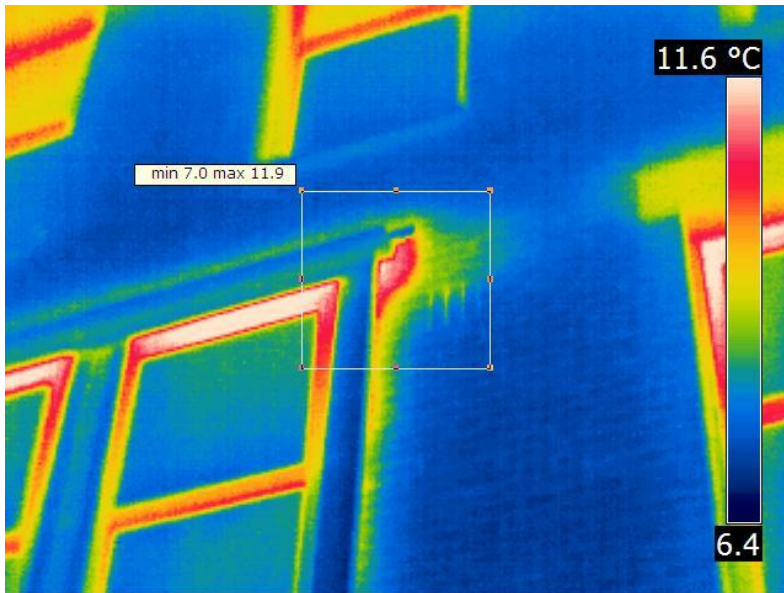
# Aandachtspunten voor passiefbouw

- Zeer veel aandacht voor luchtdicht bouwen
- Zowel tijdens ontwerp als uitvoering
- Elk lek is er één te veel / potdicht
- Veel afplakken
- En meten is weten!



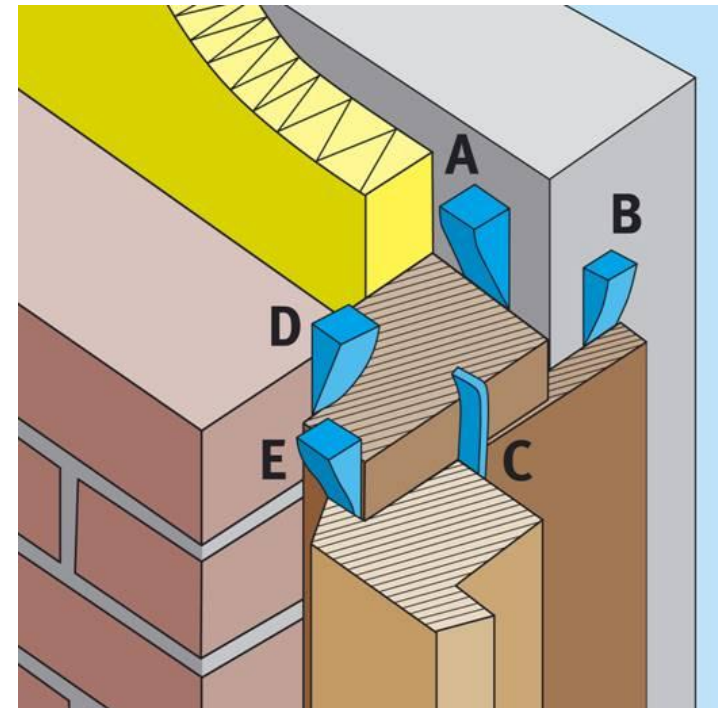
Bron: Buva.





# Dichtingsmaterialen

- kunstrubber profielen;
- (semi-)gesloten cellenband, PE-band en compressieband;
- kit, lijm/lijmkiten;
- pur-schuimen;
- tape / plakband;
- dampremmende (PE-)folies;
- pasta's / spray's;
- manchetten, luchtdichte wcd's.



# Uitoeringsaspecten









NIEMAN RAADGEVENDE  
INGENIEURS



Bron: Velux.



Bron: Ubbink.



Bron: Helia.



Bron: [www.finehomebuilding.com](http://www.finehomebuilding.com).

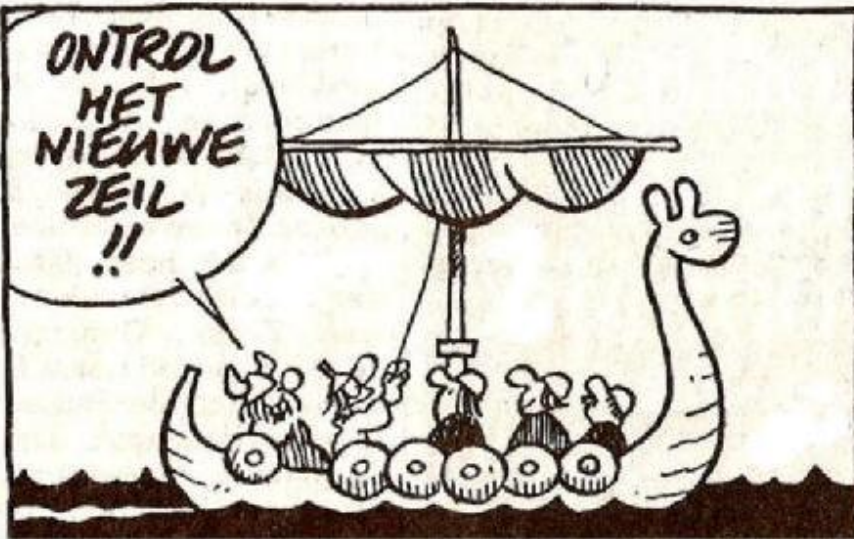


Bron: Celdex.

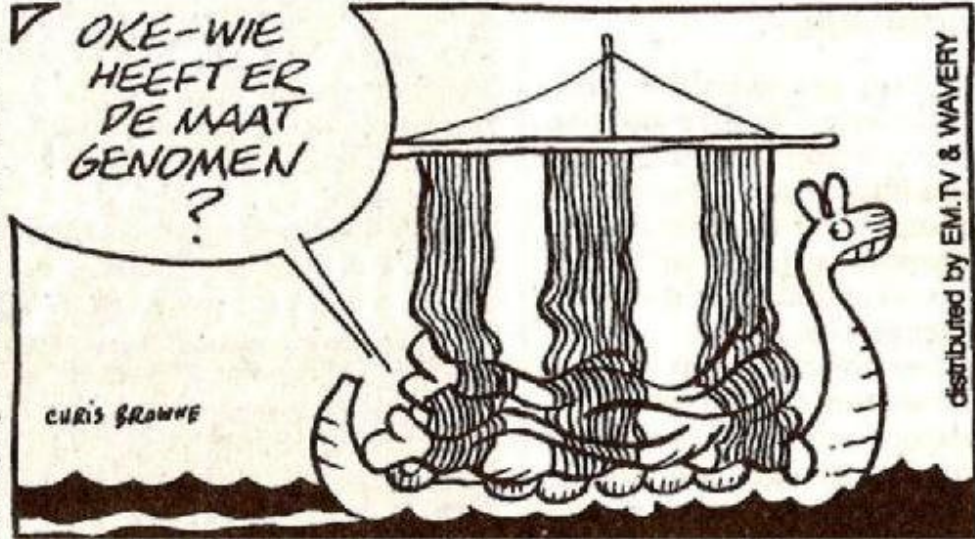


Bron: Eisedicht.

# Weet wat je meet!

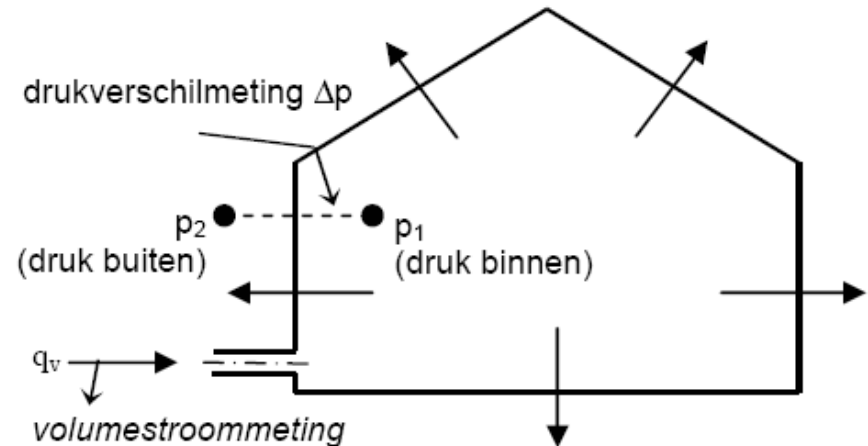
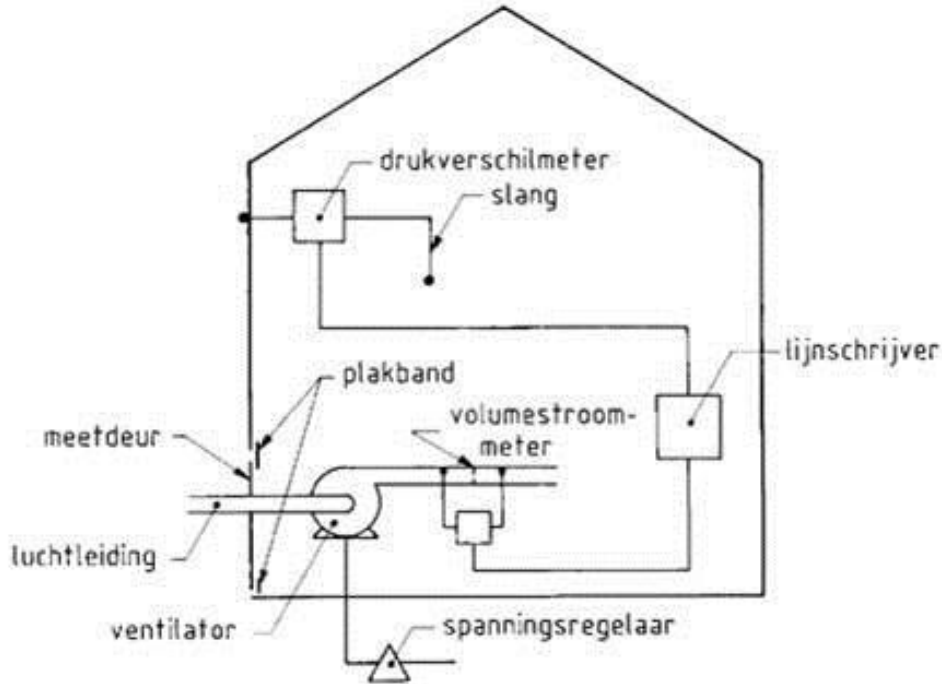


©1996 by King Features Syndicate, Inc. World rights reserved.



distributed by EM.TV & WAVERY

# Meetmethoden / metingen



Blowerdoorproef NEN 2686 / NEN-EN 13829







# Meetmethoden / metingen



Infrarood (thermografie) / ultrasoon / rook



# Tot slot

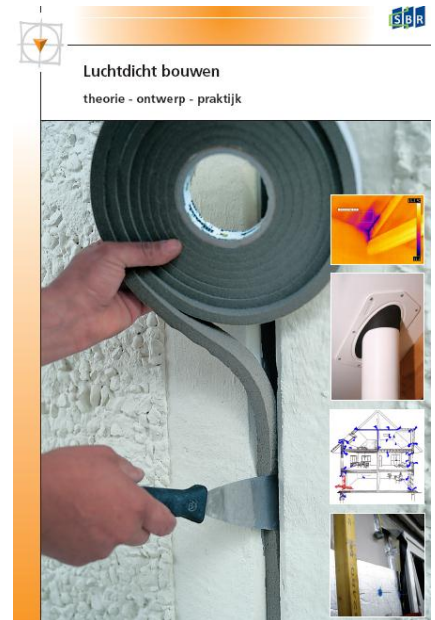
Beschouw een gebouw als een systeem (integraal ontwerp): bestaande uit:  
**casco – schil - installatie**

Advies: benader de schil ook weer als één geheel:

- isolatie (wanden / daken / vloeren)
- koudebruggen
- luchtdichtheid

*Gebruik Luchtdicht Bouwen (SBR)*

*(er komt eind dit jaar een update)*



**Dank voor uw aandacht.**

