

# Ventilatie

Provincie Oost-Vlaanderen – Slim Bouwen – 14 maart 2018

[marcus.peeters@odisee.be](mailto:marcus.peeters@odisee.be)

ir. Marcus Peeters  
Lector / onderzoeker Odisee Campus Dirk Martens Aalst  
Coördinator onderzoekskern DUBiT - DUurzaam Bouw je In Team

# A. Basisprincipes goed binnenklimaat

- 1. Binnenklimaat: isoleren – ventileren – luchtdicht bouwen**
2. Kwaliteit binnenlucht
3. Vocht in binnenlucht
4. Luchtdichtheid

# A.1. Binnenklimaat



**Aangenaam  
Gezond  
Comfortabel**

**Temperatuur  
Vocht  
Luchtkwaliteit  
Geluid  
Licht**



WTCB infofiche nr. 55: Luchtdicht bouwen  
<https://www.youtube.com/watch?v=nv6TnwoS2SM>

# A. Basisprincipes goed binnenklimaat

1. Binnenklimaat: isoleren – ventileren – luchtdicht bouwen
2. **Kwaliteit binnenlucht**
3. Vocht in binnenlucht
4. Luchtdichtheid

# A.2. Kwaliteit binnenlucht

Temperatuur

Relatieve vochtigheid (zie: vocht / binnenlucht)

Verbruik zuurstof (CO<sub>2</sub>-meting), VOS, CO, ...

Luchtsnelheid



# Kwaliteit binnenlucht

## VOS (Vluchtige Organische Stoffen)

- Onderhoudsproducten
- Formaldehyde lijm (meubels)
- Lijmen
- Kies solventvrij
- ...



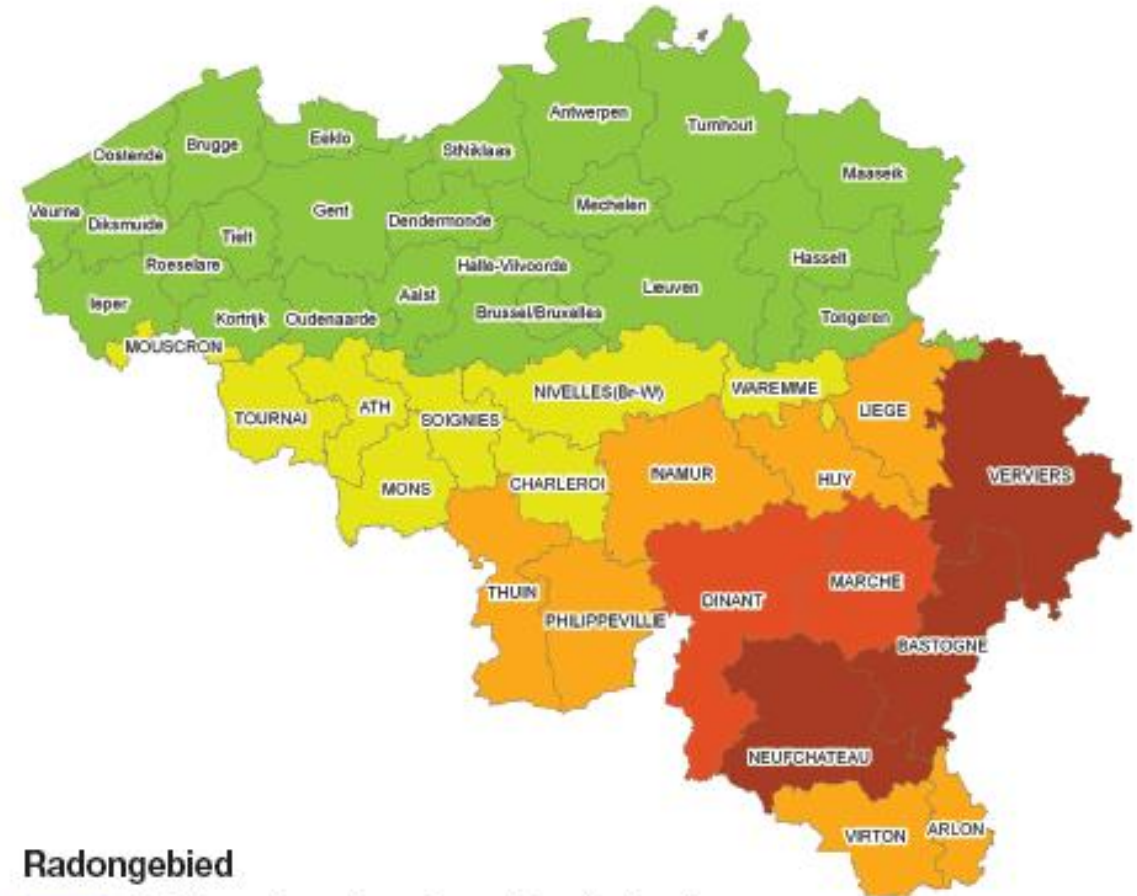
\*\*100% recycled plastic dispenser.  
\*\*\*Can be recycled 100% recycle.



# Kwaliteit binnenlucht

## Radongas

- Kankerverwekkend gas uit de ondergrond
- Verluchten kelder en kruipkelder + luchtdichte vloer



### Radongebied

- 0 (<1% van de woningen boven het actieniveau)
- 1a (1 tot 2% van de woningen boven het actieniveau)
- 1b (2 tot 5% van de woningen boven het actieniveau)
- 2a (5 tot 10% van de woningen boven het actieniveau)
- 2b (>10% van de woningen boven het actieniveau)

Bron: [www.fanc.fgov.be](http://www.fanc.fgov.be)



# Kwaliteit binnenlucht

## CO

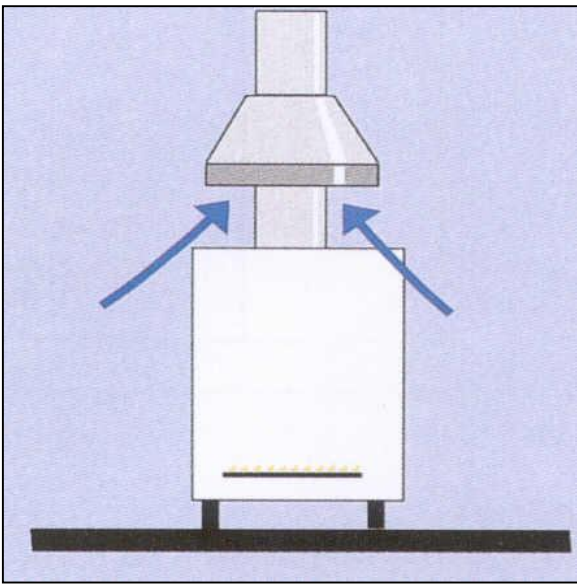
- Koolstofmonoxide = onvolledige verbranding = te weinig zuurstof
- Reukloos, kleurloos gas = dodelijk
- Vervang type B toestellen door type C verbrandingstoestellen (volgende slide)



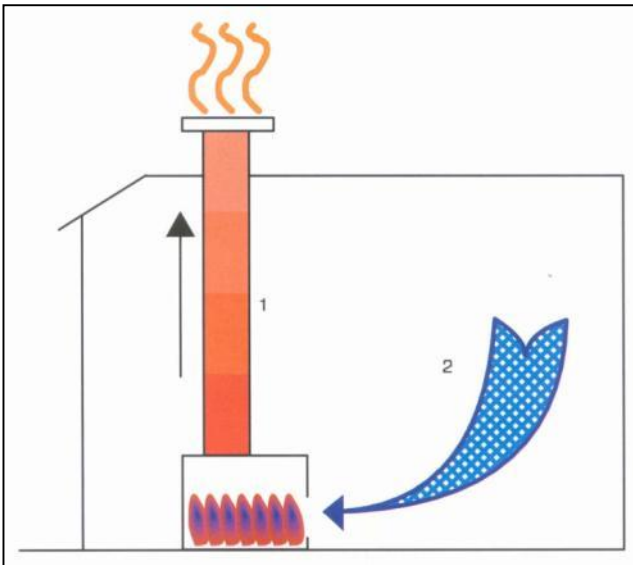
## CO-vergiftiging



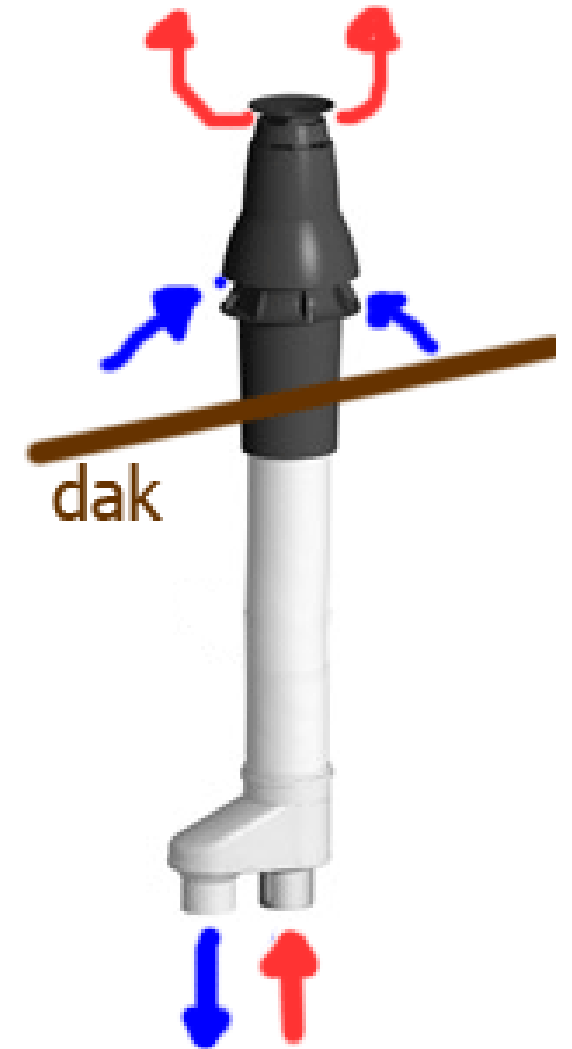
## Voorbeeld: gasketel



Type B: open gasketel



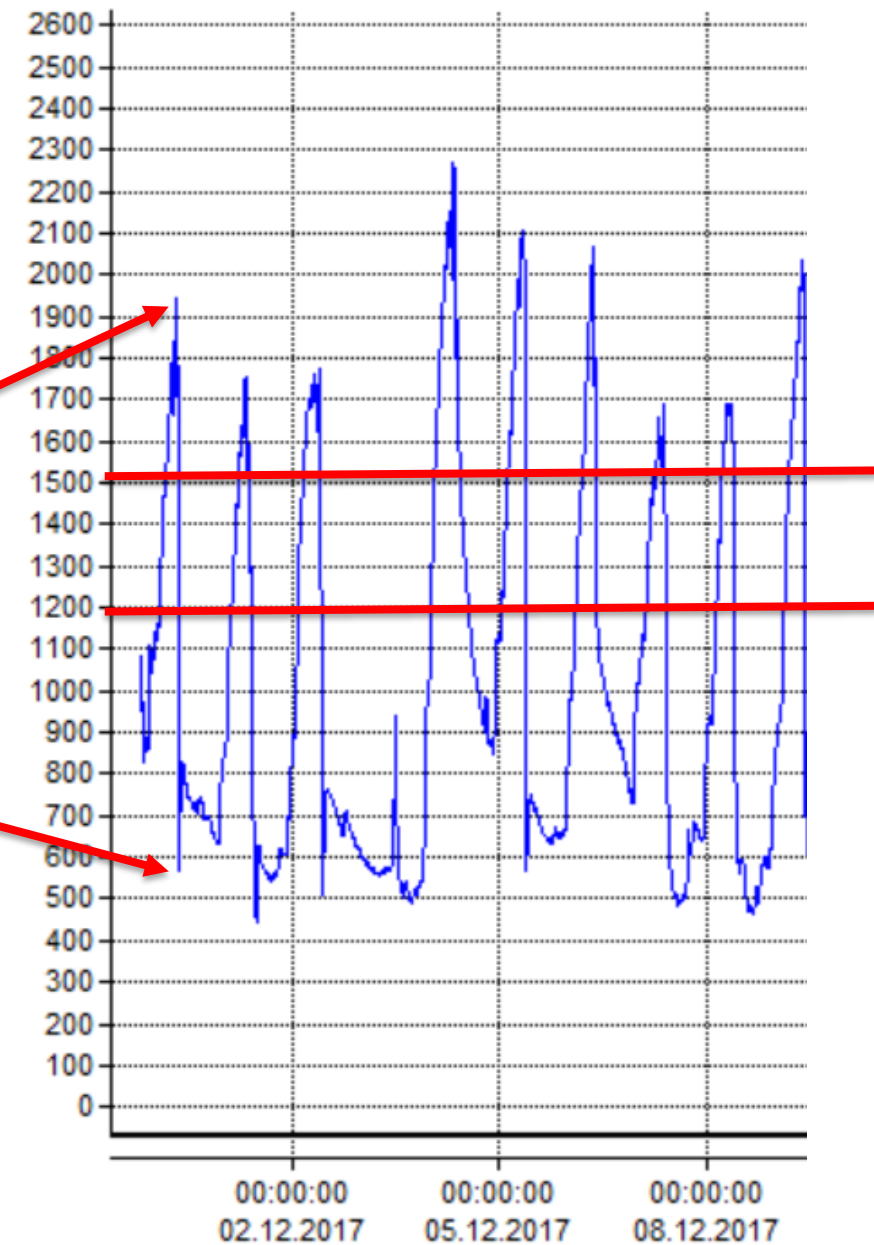
Type C: gesloten gasketel



# Kwaliteit binnenlucht

CO<sub>2</sub>

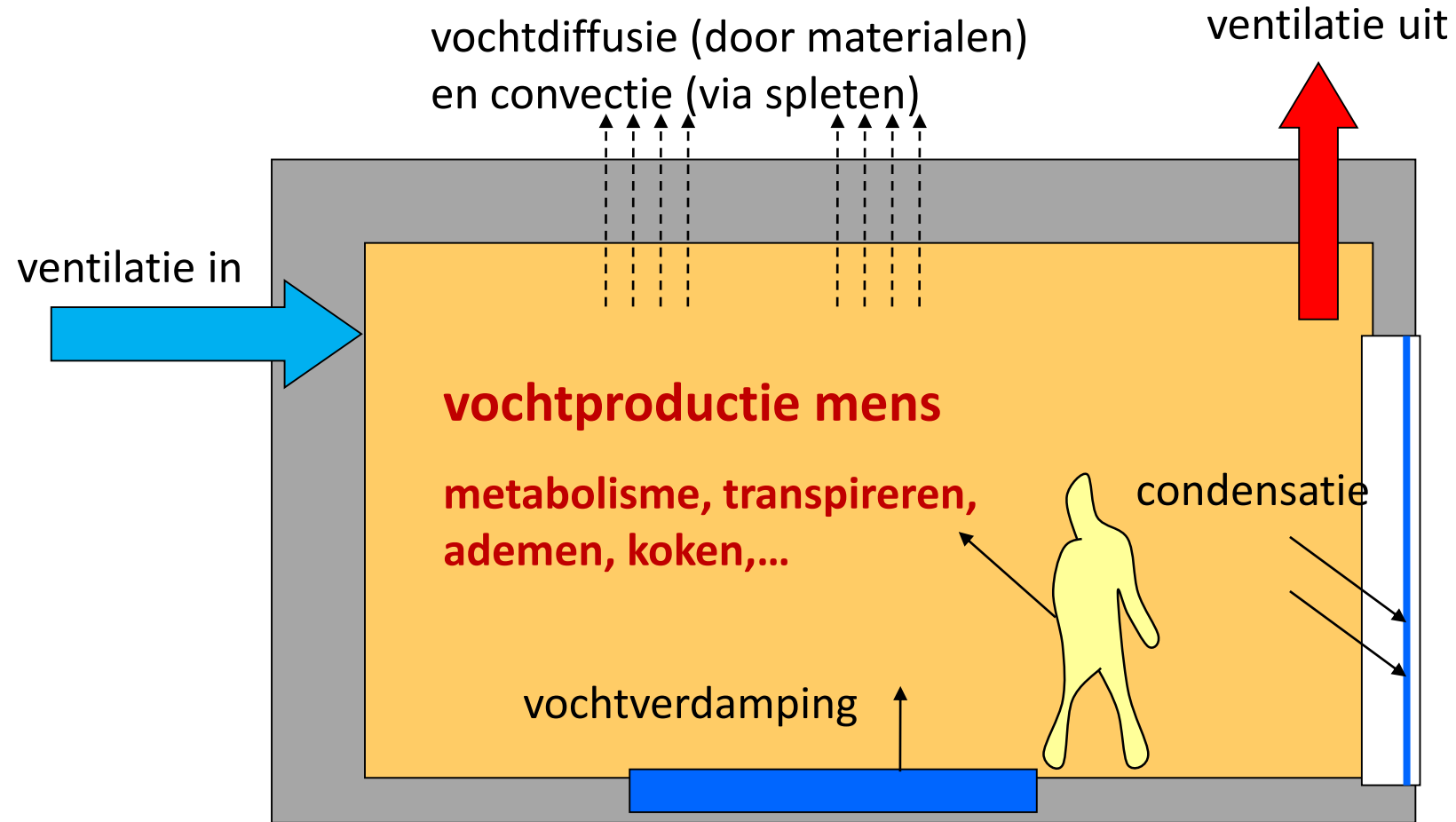
- Maat voor menselijk verbruik van de binnenlucht
- Voorbeeld:
  - slaapkamer kind
  - dagelijkse verluchting door openen raam
  - 's nachts hoge pieken CO<sub>2</sub>
  - grenswaarden max: 1200 ppm - 1500 ppm



# A. Basisprincipes goed binnenklimaat

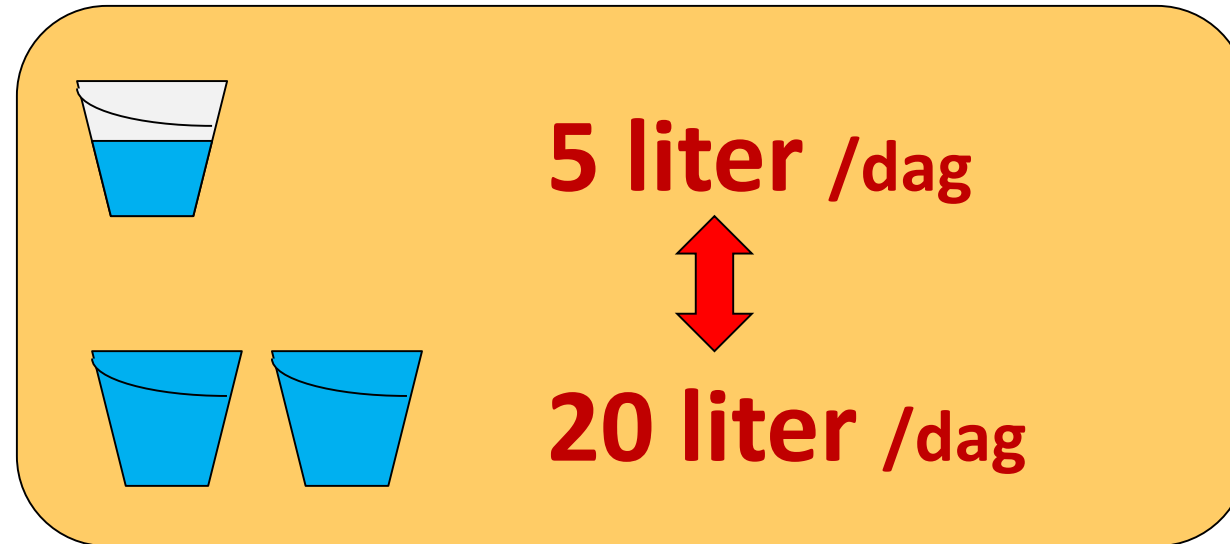
1. Binnenklimaat: isoleren – ventileren – luchtdicht bouwen
2. Kwaliteit binnenlucht
3. **Vocht in binnenlucht**
4. Luchtdichtheid

# A.3. Vocht in binnenlucht



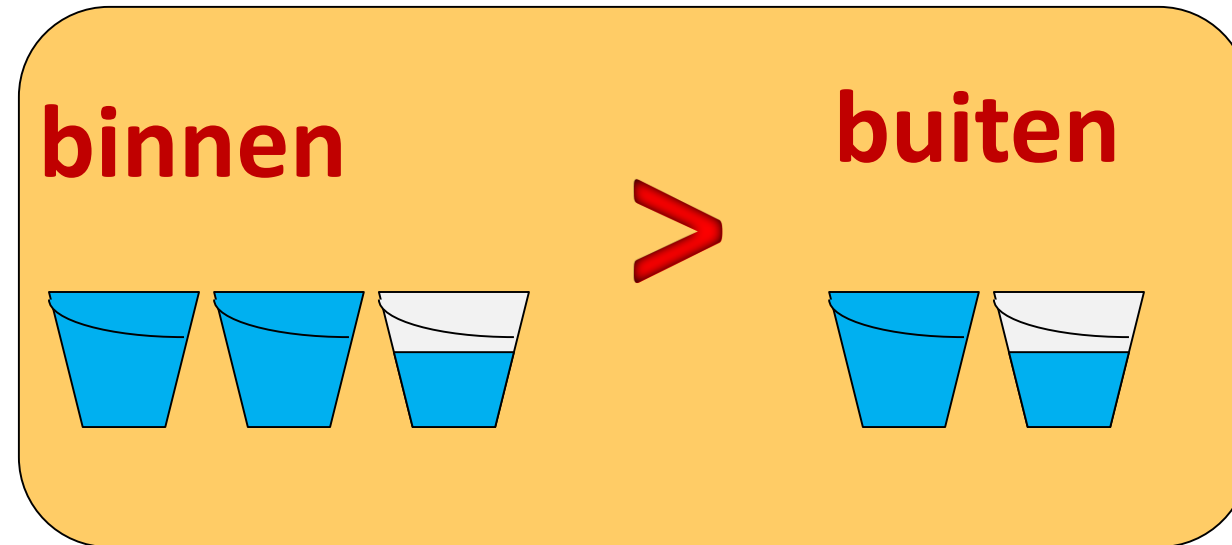
# Vocht in binnenlucht

daggemiddelde waterdampproductie binnenshuis in een  
gezinswoning



# Vocht in binnenlucht

jaargemiddelde hoeveelheid waterdamp /m<sup>3</sup> lucht

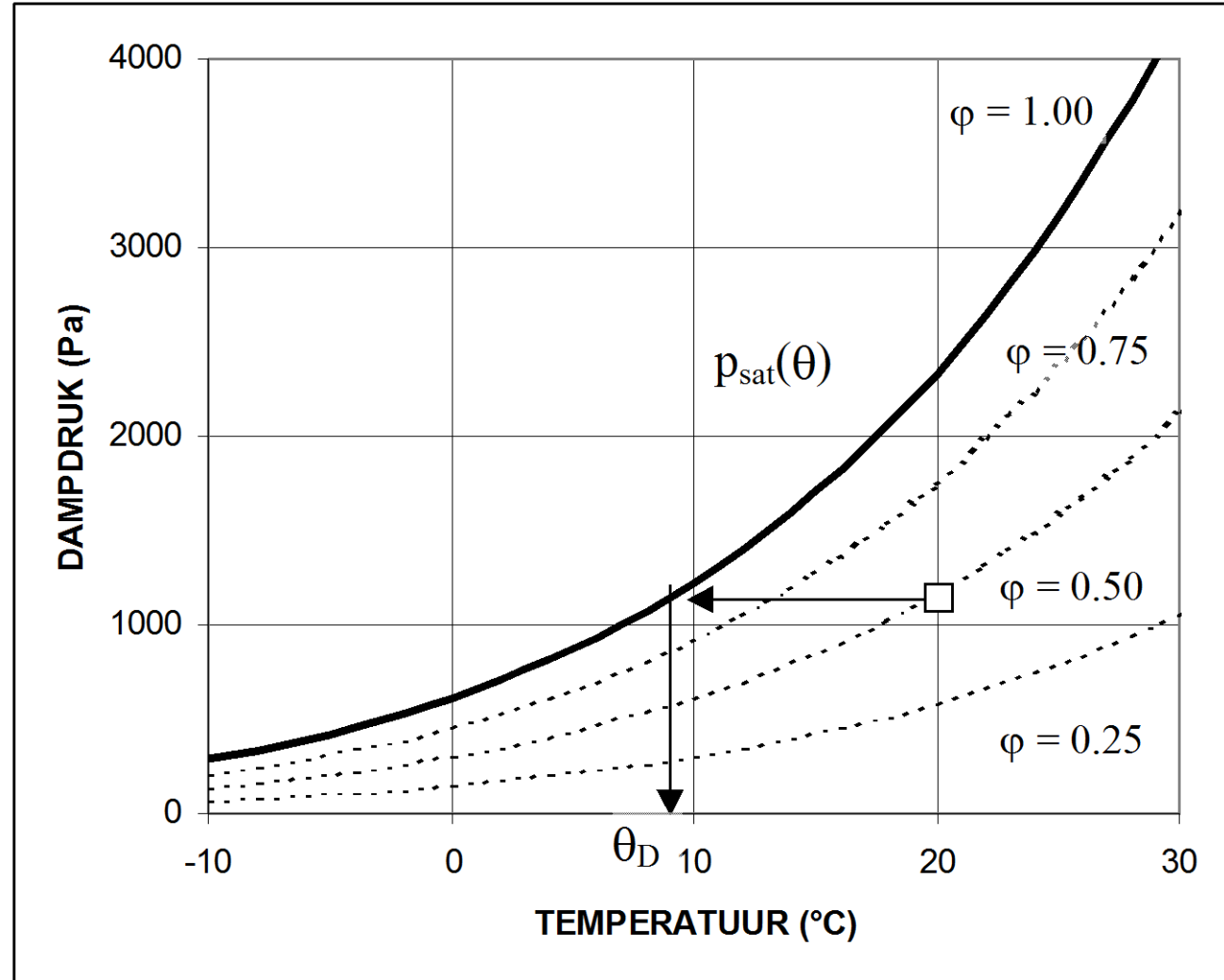


# Dauwpunt – diagram van Mollier

Hier:  $\phi = R.V. / 100$

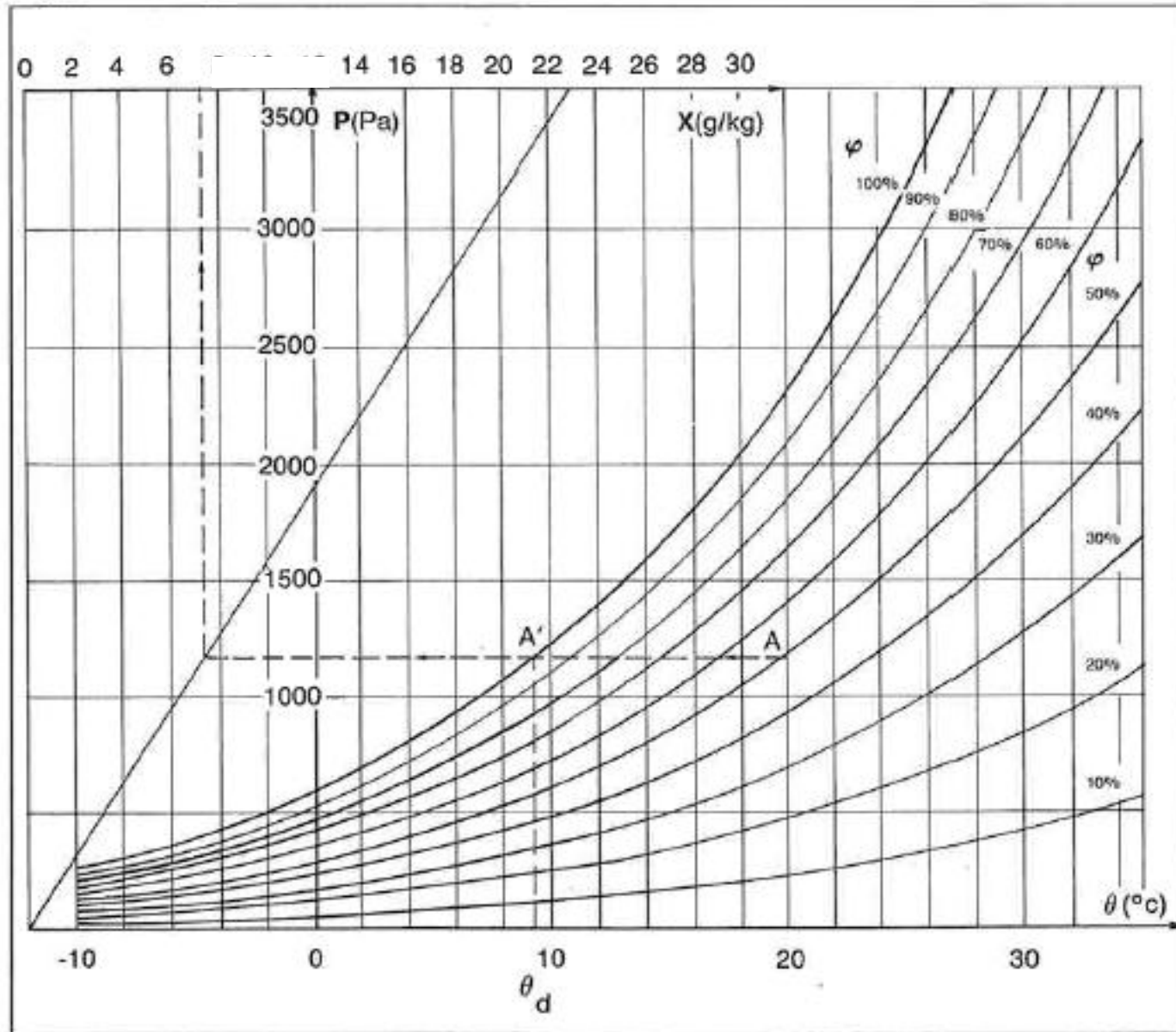
## DAUWPUNT

$\theta_d$ : temperatuur waarop verzadiging optreedt (= start condensatie)





Figuur 5 — Diagram van Mollier



### Diagram van MOLLIER:

Weergave van luchttoestand op basis van 4 parameters:

- Luchttemperatuur:  $\theta$  (°C)
- Waterdampdruk:  $p$  (Pa)
- Waterdampgehalte:  $x$  (g/kg)
- Relatieve vochtigheid:  $\phi$  (%)

$$x = 622 \times \frac{\phi \times p'}{p_a - \phi \times p'} \quad (\text{g / kg})$$

# A. Basisprincipes goed binnenklimaat

1. Binnenklimaat: isoleren – ventileren – luchtdicht bouwen
2. Kwaliteit binnenlucht
3. Vocht in binnenlucht
4. **Luchtdichtheid**

# A.4. Luchtdichtheid



# Meerlagige gebouwschil



# Luchtdicht bouwen

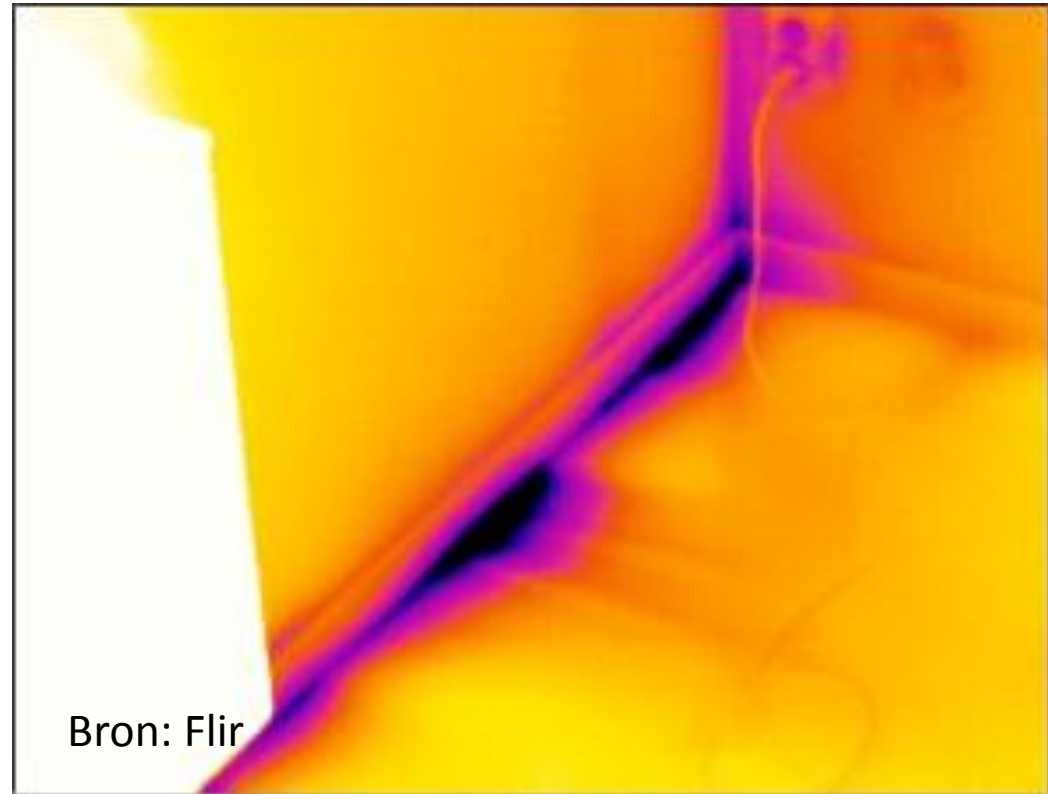
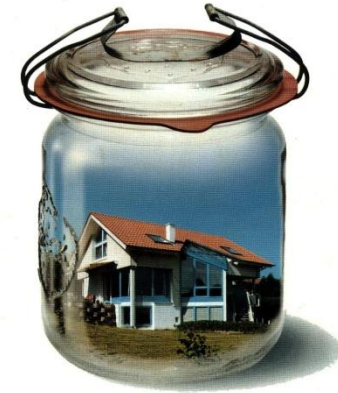
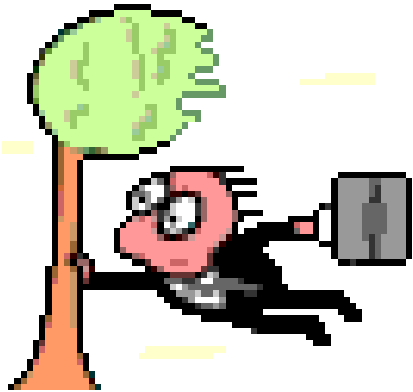


**Waarom?**

# Waarom luchtdicht?

Luchtlek = warmtelek

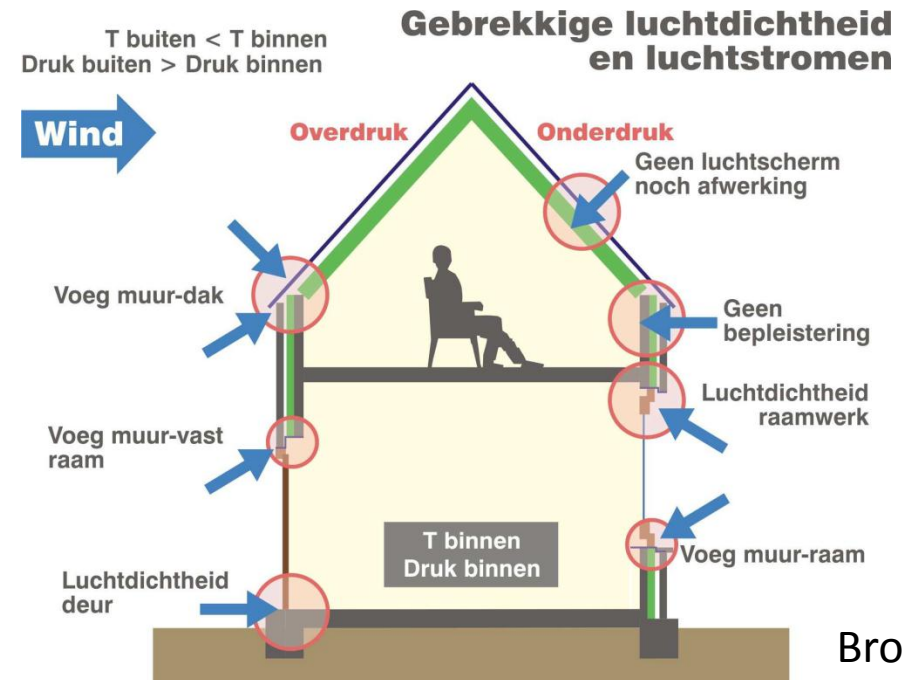
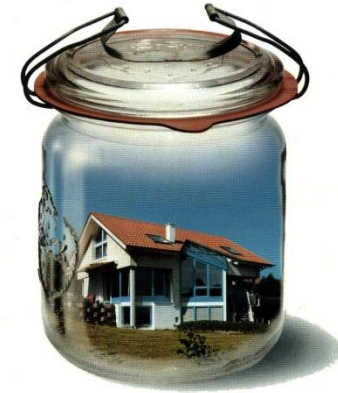
Luchtlek = tocht



# Waarom luchtdicht?

Luchtlek = ongecontroleerd ventileren

Luchtlek = oppervlaktecondensatie

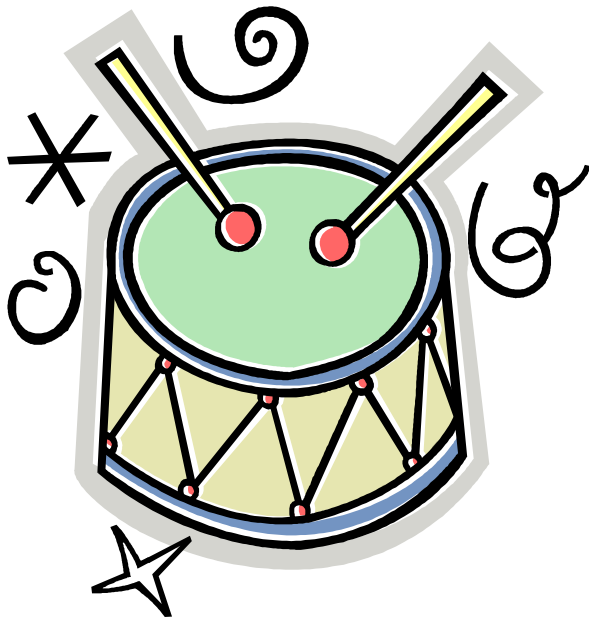
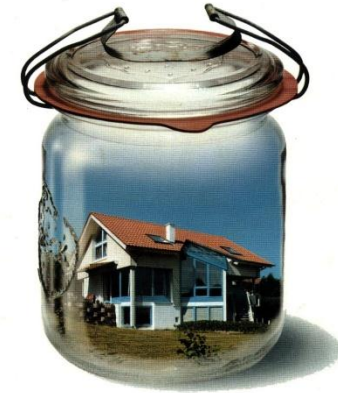


Bron: BIM-Brussel

# En ook ...

Luchtlek = akoestisch lek

Luchtlek = minder brandveilig (nuanceren!)





# Luchtdicht?



Bron: vzw REGent



# Luchtdicht?



Bron: Isoproc

# Luchtdicht = binnenkant



Aan **WARME** zijde  
van isolatie

Randen, voegen,  
naden: **afkleven**

**Continu**

Bron: Isoproc

# Luchtdicht aansluiten venster



Passief buitenschrijnwerk zit in een luchtdichte multiplex omkasting



Luchtdichting rond ramen



Rond de ramen wordt het netje van de luchtdichting eerst met gips vastgezet

Bron: passiefhuis te Sint-Pauwels

# Luchtdicht dak

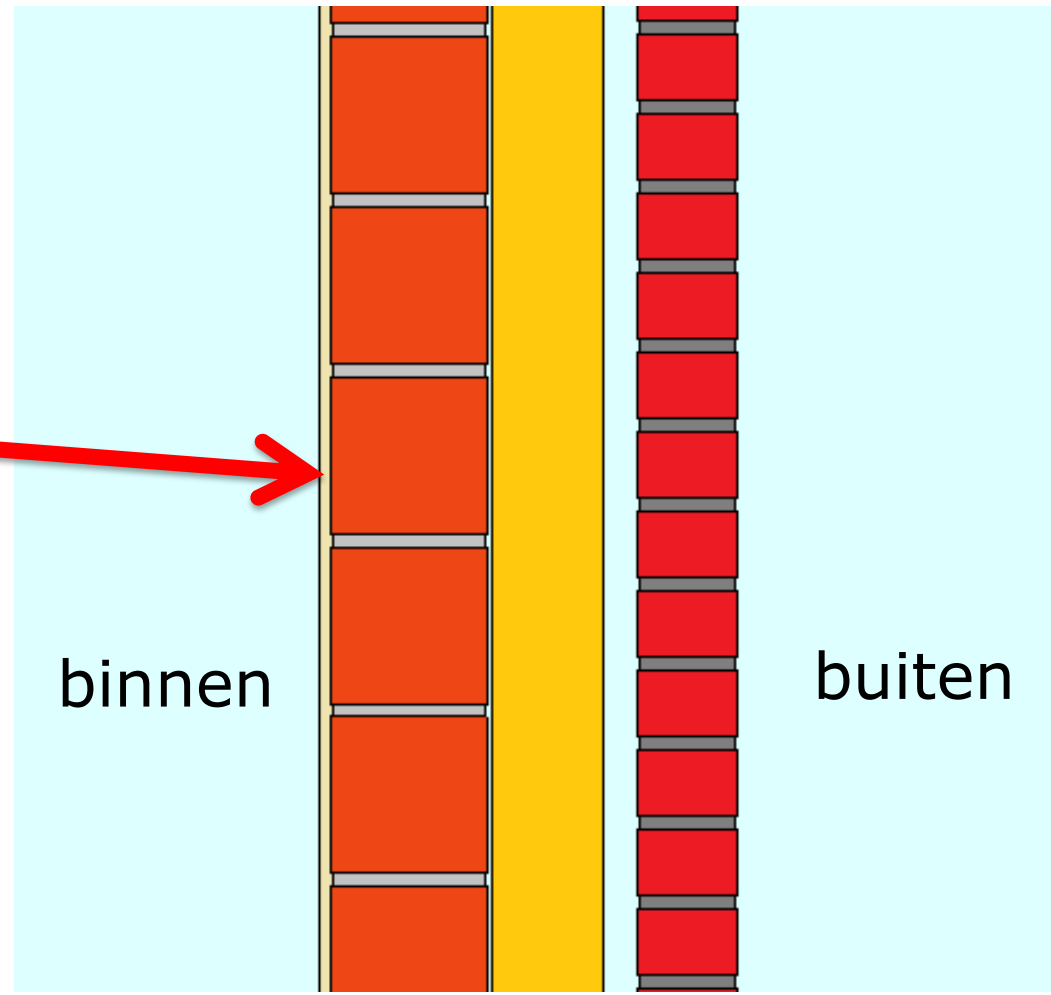
Luchtdichte tipgevel  
= binnenpleister



Bron: Wayaert-Vermeersch

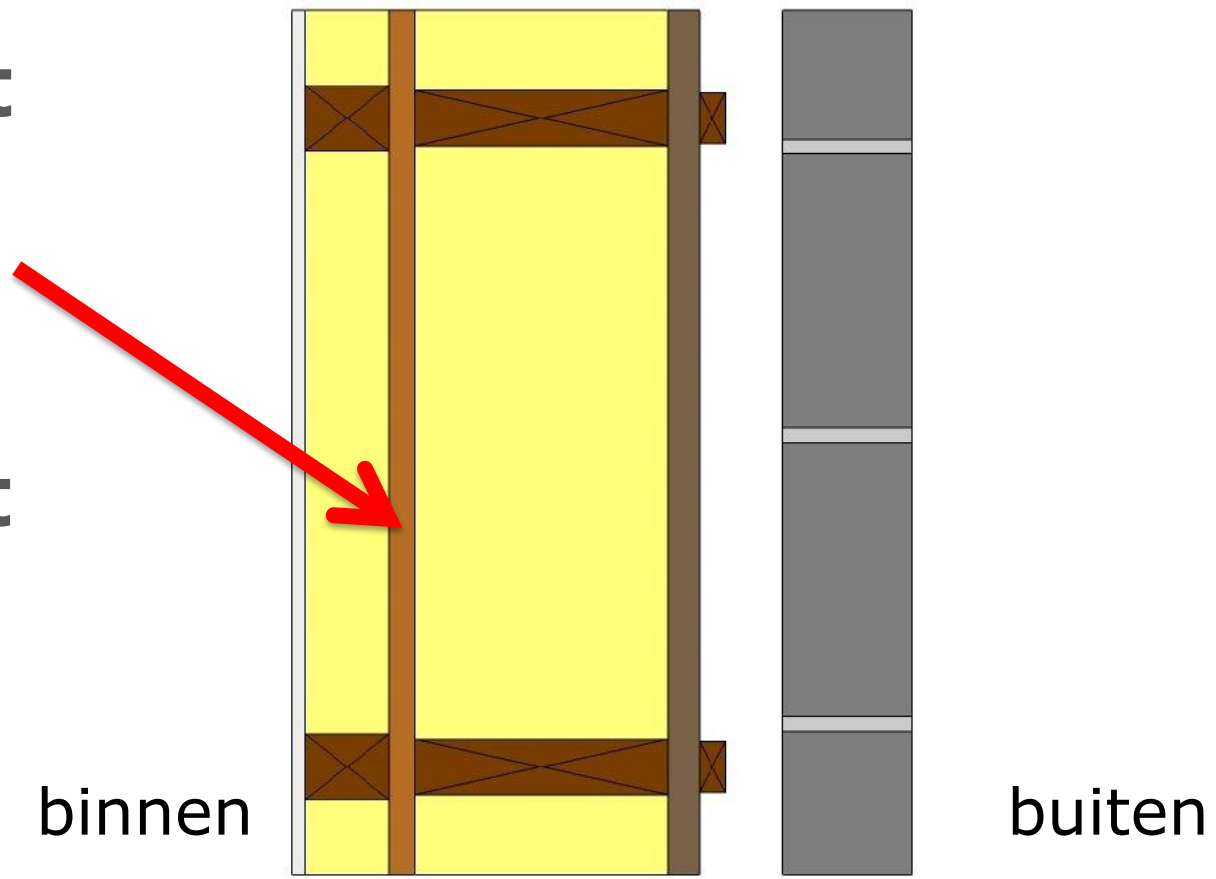
# Luchtdichtheid metselwerk

**binnenpleister  
=  
luchtdicht**



# Luchtdichtheid houtskelet

**OSB-plaat  
+  
tape  
=  
luchtdicht**



Bron figuur: REGent

# Luchtdicht houtskelet

Bron: REGent



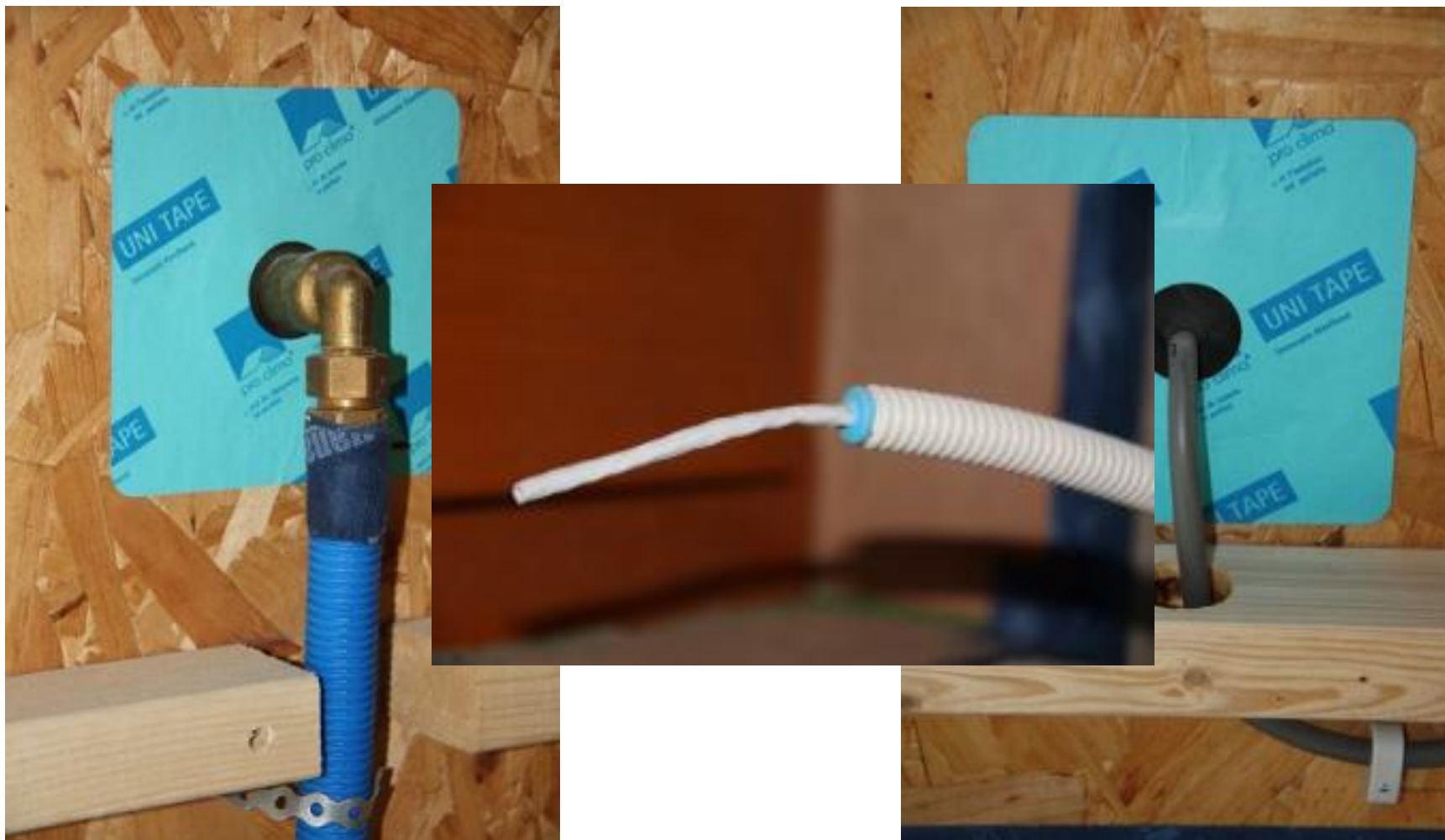
Bron: blog tine en co



OSB-plaat met afgekleefde voegen



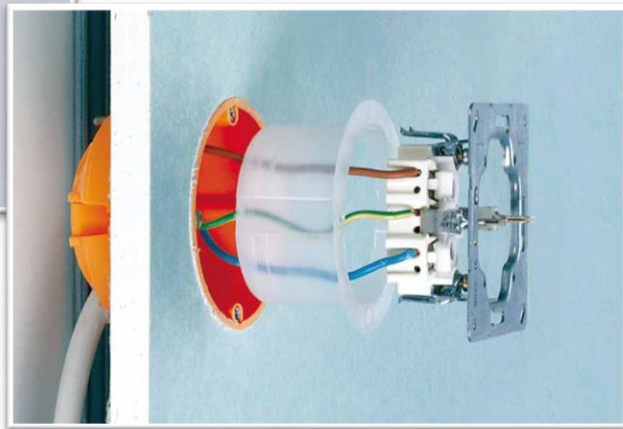
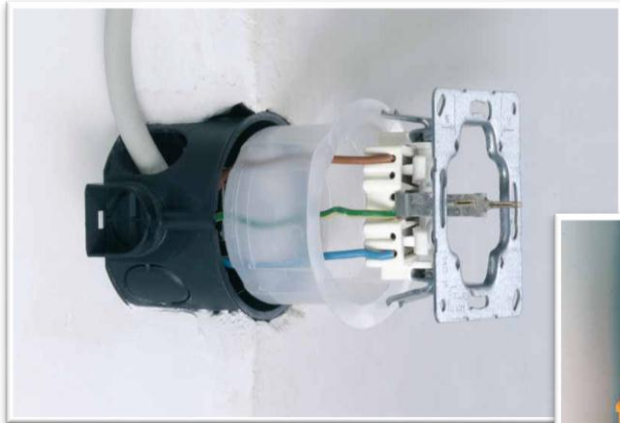
# Luchtdicht tot in detail



Bron: start to build

# Luchtdicht tot in detail





Bron: Helia



Bron: Dörken

# Luchtdicht?

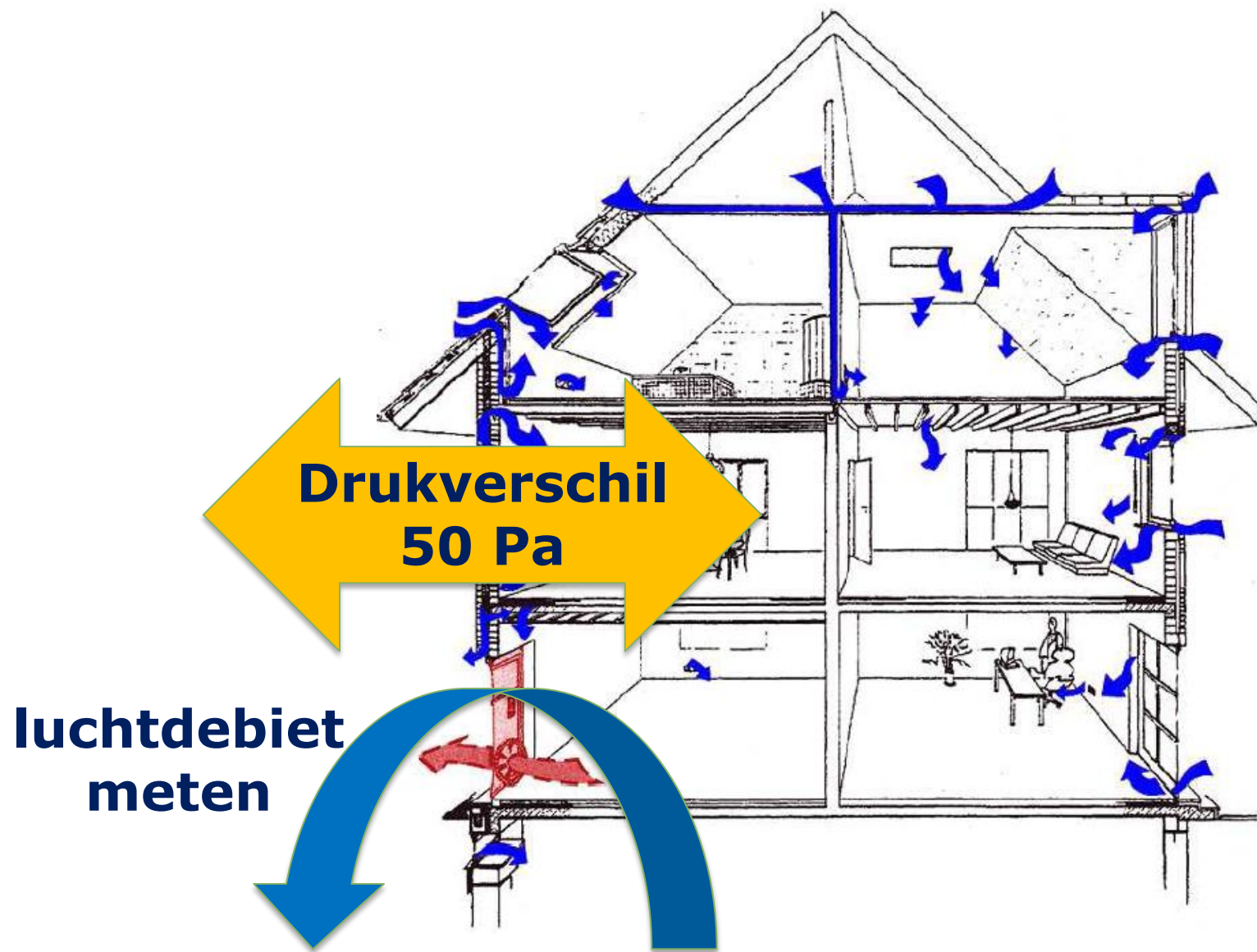
Meten =



# Luchtdicht?

**Meten =**

**bepalen  
luchtdoorlatendheid  
=  
over/onderdrukmethode  
=  
pressurisatieproef  
=  
Blower Door**



# Kwantitatieve meting

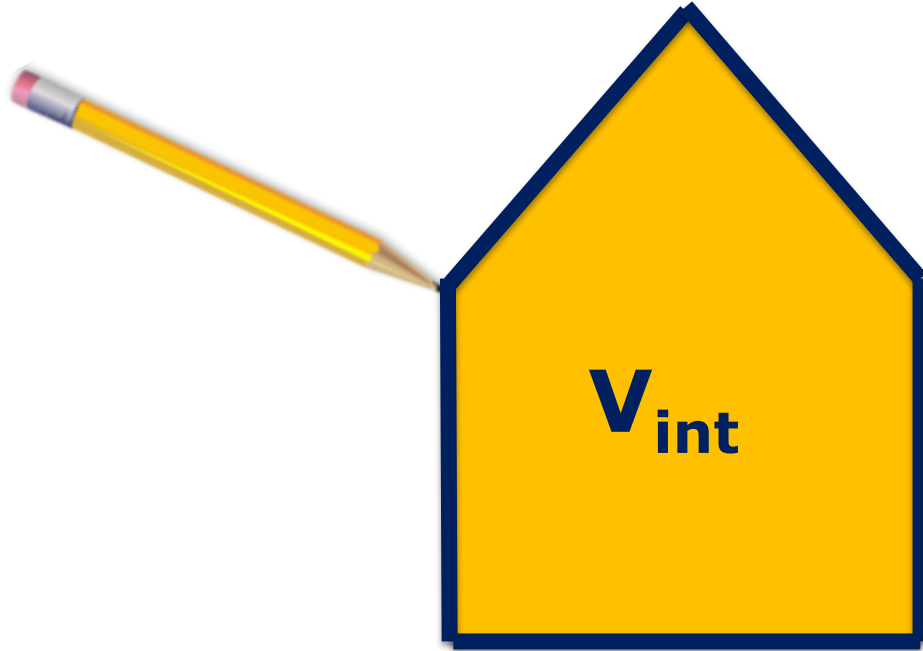
Meetresultaat = lekdebiet bij 50 Pa

$$\dot{V}_{50} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

**Gemiddelde van lekdebiet bij:**

- 50 Pascal onderdruk in gebouw
- 50 Pascal overdruk in gebouw

# infiltratievoud $n_{50}$

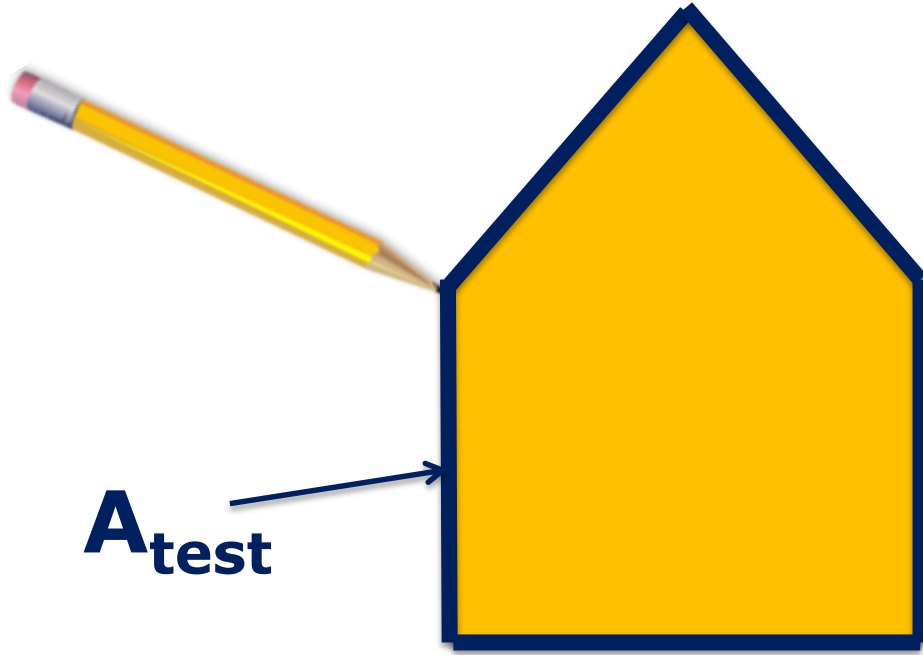


$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V_{int}} \quad (1/h)$$

$V_{50}$ : lekdebiet bij 50 Pa ( $m^3/h$ )  
 $V_{int}$ : globaal binnenvolume ( $m^3$ )  
of intern luchtvolume



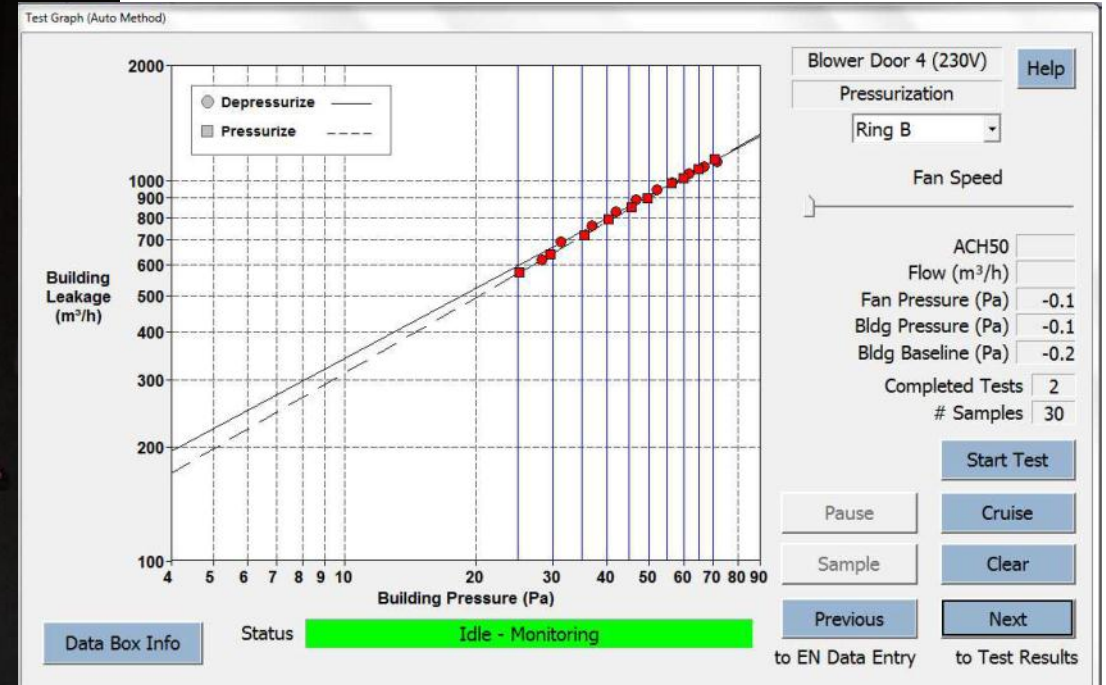
# oppervlakte-doorlaatbaarheid $v_{50}$



$$\dot{v}_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}} \text{ (m}^3\text{/h.m}^2\text{)}$$

$V_{50}$ : lekdebiet bij 50 Pa (m<sup>3</sup>/h)  
 $A_{test}$ : oppervlakte buitenschil (m<sup>2</sup>)  
of externe schiloppervlakte

# pressurisatieproef



# Praktische interpretatie resultaten

$\dot{V}_{50}$  (lekdebiet bij 50 Pa)

**$2,5 \text{ m}^3/\text{h} \approx 1 \text{ cm}^2 \text{ lek}$**

## Concreet:

- $V_{\text{int}} = 600 \text{ m}^3$
- $V_{50} = 1800 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow n_{50} = 3 \text{ per uur}$
- We willen  $n_{50} : 3 \rightarrow 2 \Rightarrow 600 \text{ m}^3/\text{h}$  verbeteren
- **ZOEK ca.  $250 \text{ cm}^2$  (10 cm x 25 cm)!**

# Praktische interpretatie resultaten

Jaargemiddeld infiltratievoud (infiltratie / exfiltratie)

jaargemiddelde infiltratievoud  $\approx n_{50}/20$

**Factor 20 is gemiddelde, getal is afhankelijk van blootstelling woning aan wind:**

- Sterk afgeschermdde woning: 30
- Sterk blootgestelde woning: 10
- EPB: 25 ( $V_{\text{infiltratie}} = 0,04 \cdot v_{50} \cdot A_{\text{test}}$ )

# Enkele meetresultaten

Nieuwe aanbouw - onverwarmbaar 35 h<sup>-1</sup>



Geen speciale aandacht voor luchtdichtheid 9.5 h<sup>-1</sup>



Gemiddelde nieuwe gebouwen in België 8.7 h<sup>-1</sup>

2 koppelwoningen !

Geen speciale aandacht voor luchtdichtheid 4.5 h<sup>-1</sup>



Ventilatie C

NBN D 50-001 - Ventilatie D 3 h<sup>-1</sup>



Speciale aandacht voor luchtdichtheid 1.4 h<sup>-1</sup>

Ventilatie D + WTW

NBN D 50-001 - Ventilatie D + WTW 1 h<sup>-1</sup>



Passiefhuis 0.6 h<sup>-1</sup>

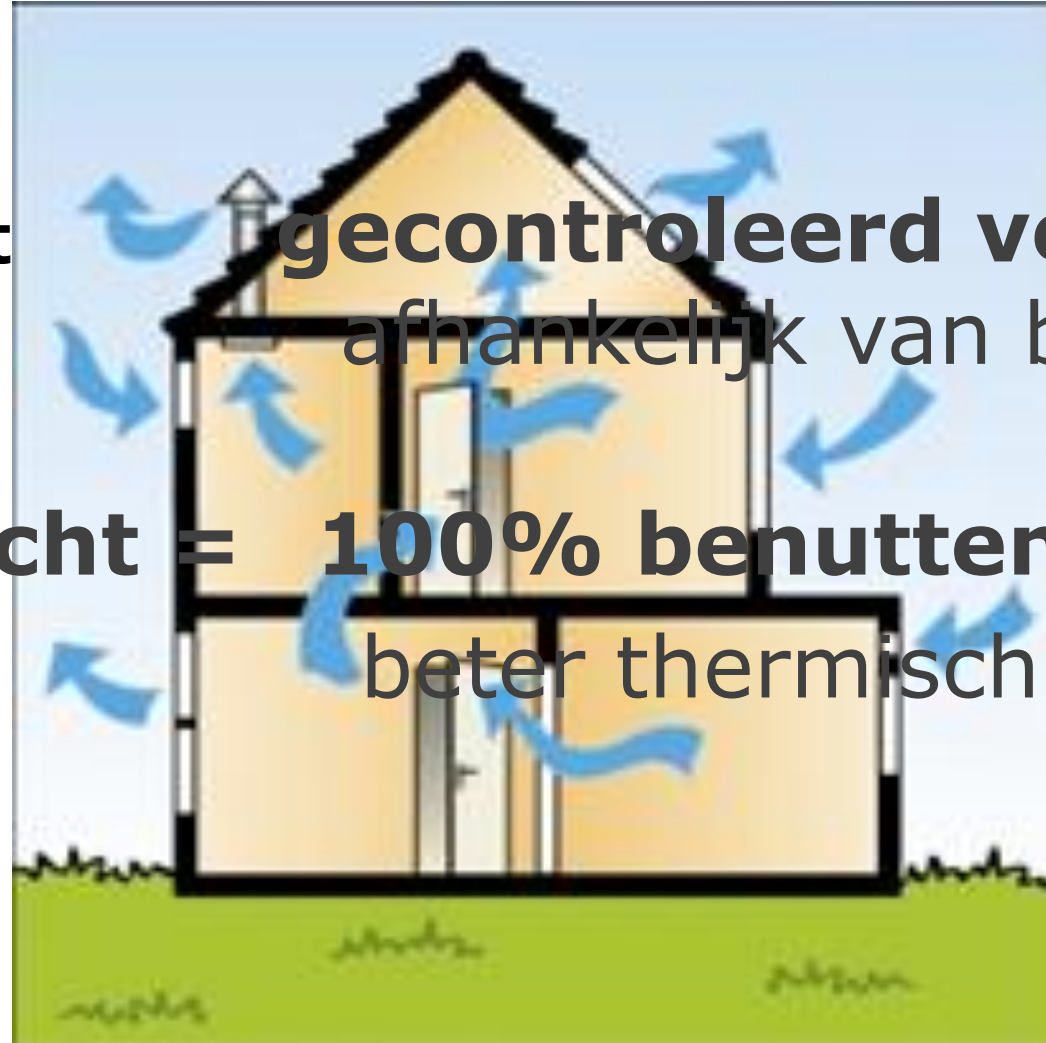
Bron : WTCB



Bron: WTCB-contact 2012-1

**Luchtdicht gecontroleerd ventileren**  
afhankelijk van behoefte

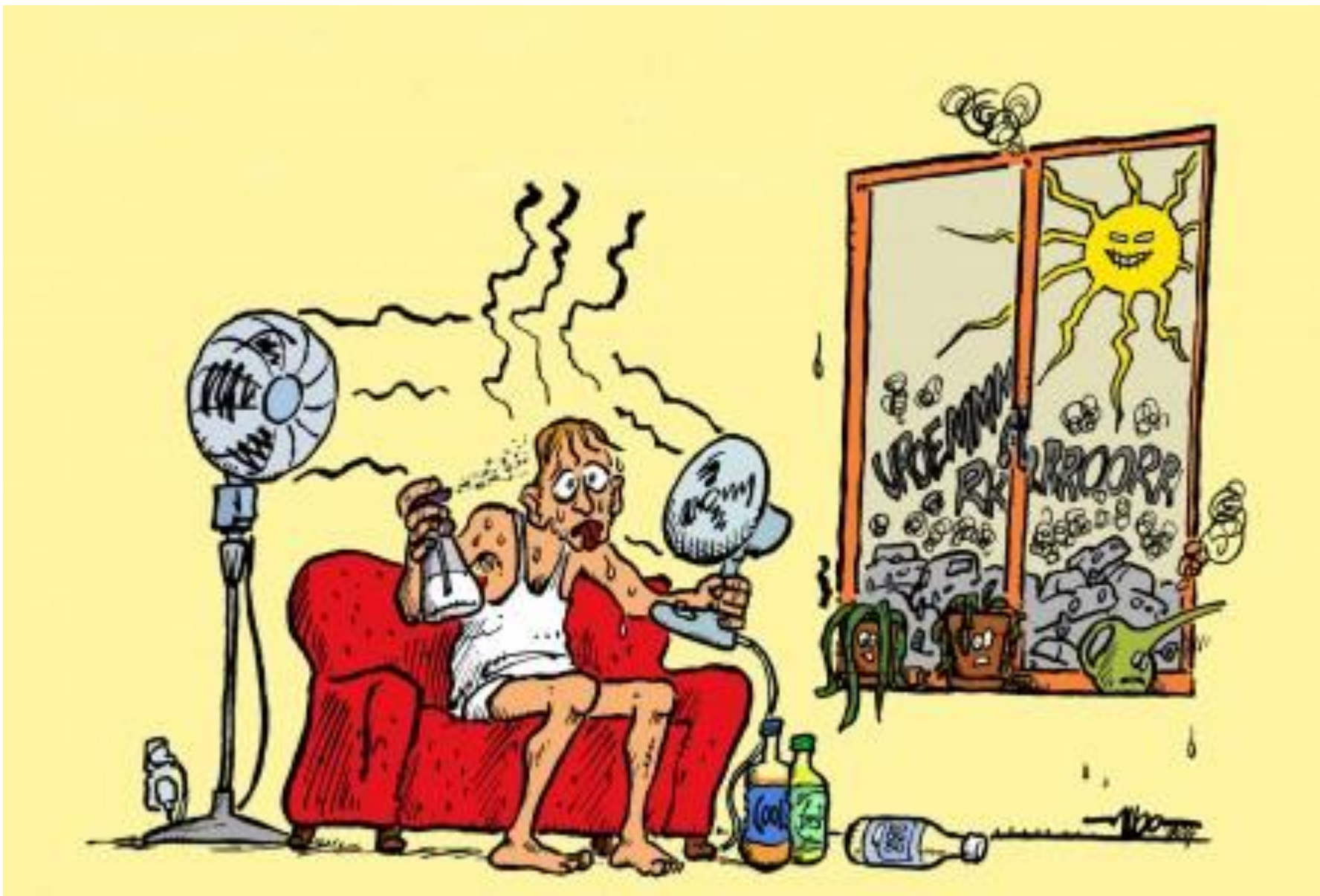
**Luchtdicht = 100% benutten isolatie**  
beter thermisch comfort



# B. Ventileren

- 1. Inleiding**
2. De systemen
3. De eisen
4. Componenten natuurlijke ventilatie
5. Componenten mechanische ventilatie
6. Afstellen, indienststelling, oplevering
7. Onderhoud

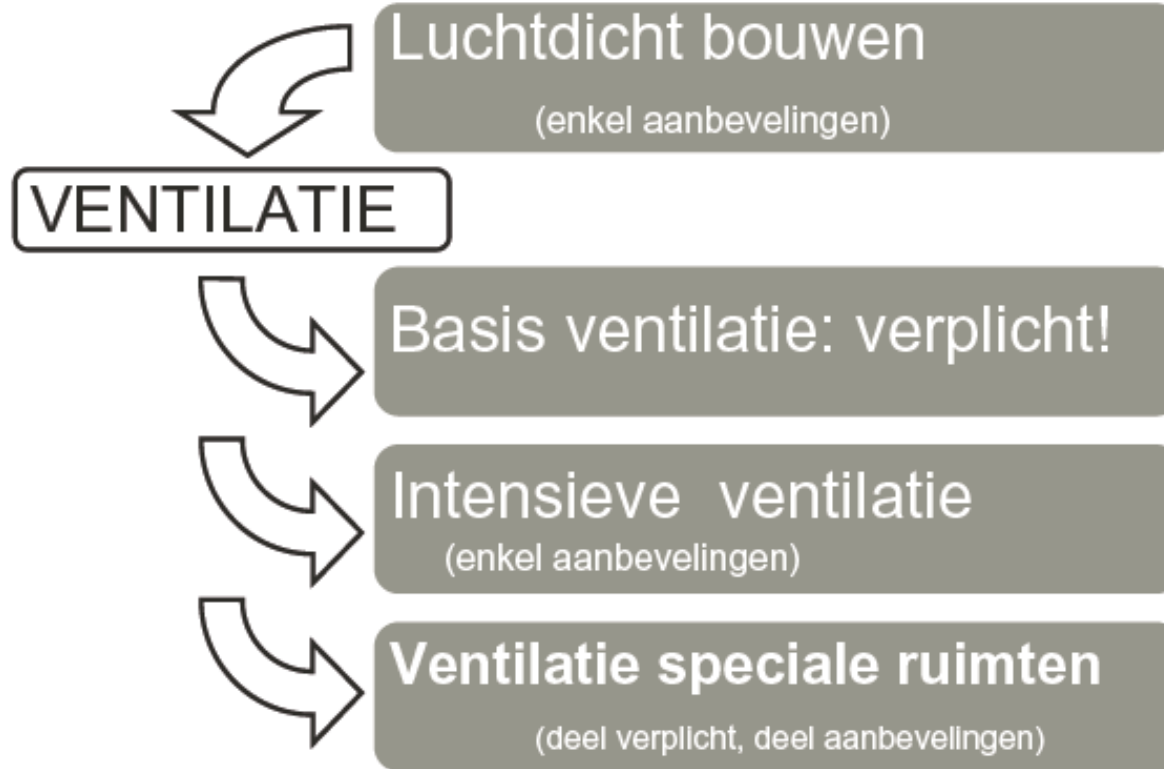




Bron: bouwfysisch adviesburo Zorn

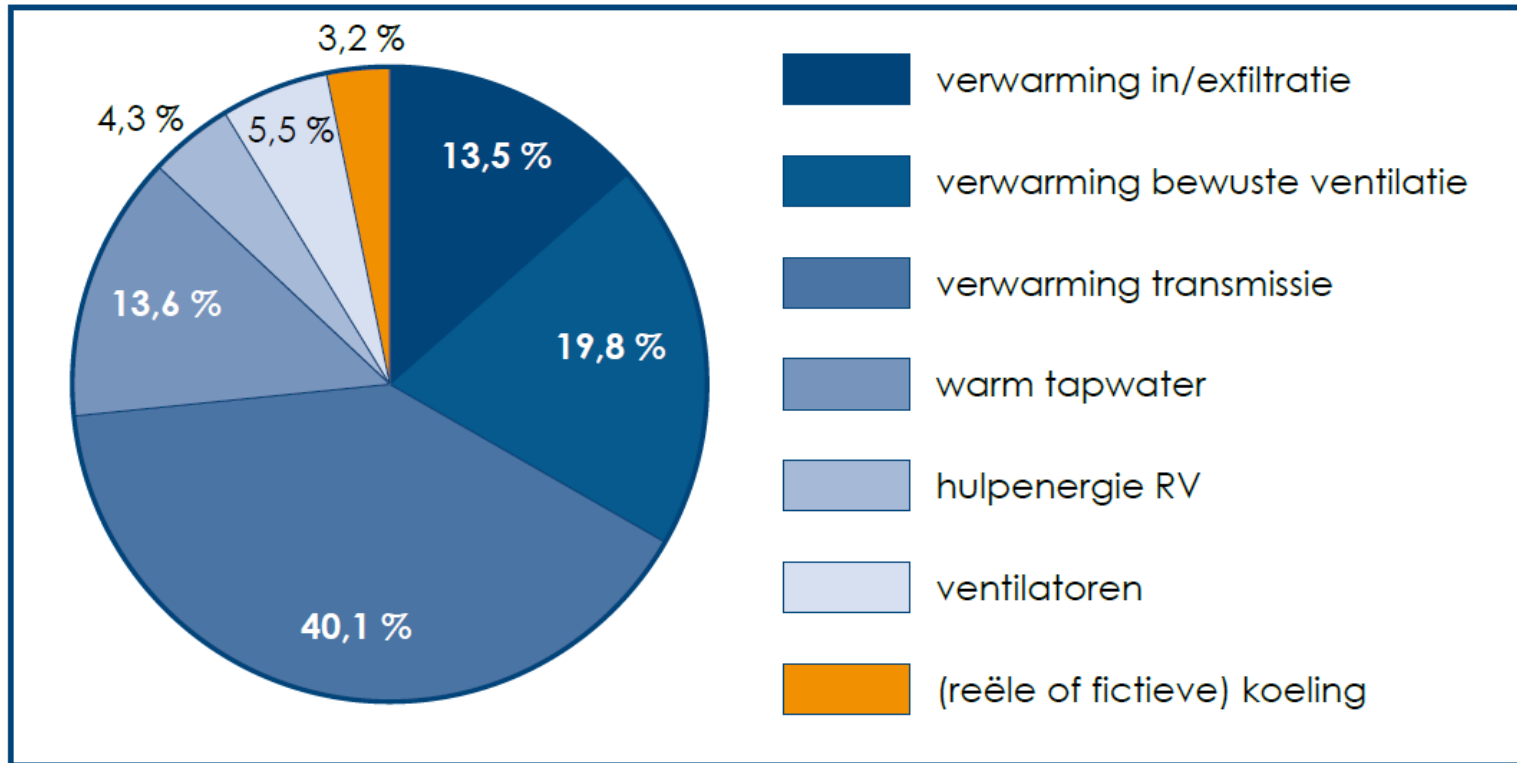
# B.1. Inleiding

<https://www.youtube.com/watch?v=JGgWJyGqDVU>  
Video WTCB: Ventilatie



Basisventilatie in Vlaanderen verplicht bij nieuwbouw sinds 1992 (ventilatie-decreet)  
Praktisch: slechts toegepast sinds invoering EPB = 2006

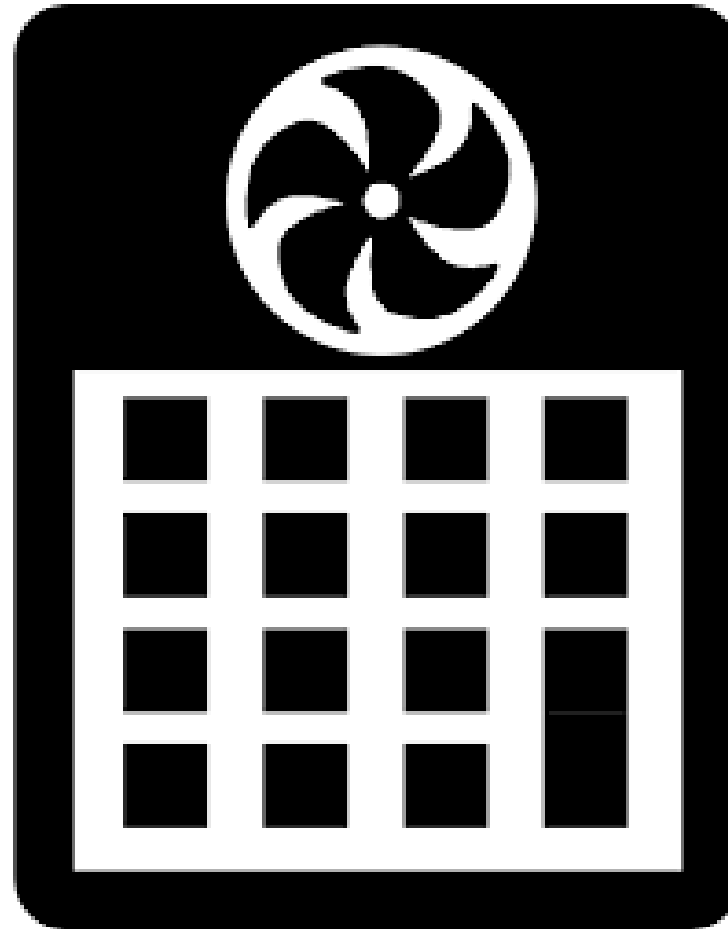
# Ventilatie en EPB / energieverlies



Bron: VEA ventilatiedocument residentieel 2014

De bijgaande figuur geeft een typisch beeld van het aandeel van ventilatie in het globale E-peil (opgesteld voor 200 woningen met ventilatiesysteem C, met een maatregelenpakket dat resulteert in een gemiddeld E-peil van E97 en waarbij gebruik wordt gemaakt van ontstenteniswaarden). Luchtlekken en bewuste ventilatie zijn hier verantwoordelijk voor meer dan 1/3 van het E-peil!

# Documenten en rekentool

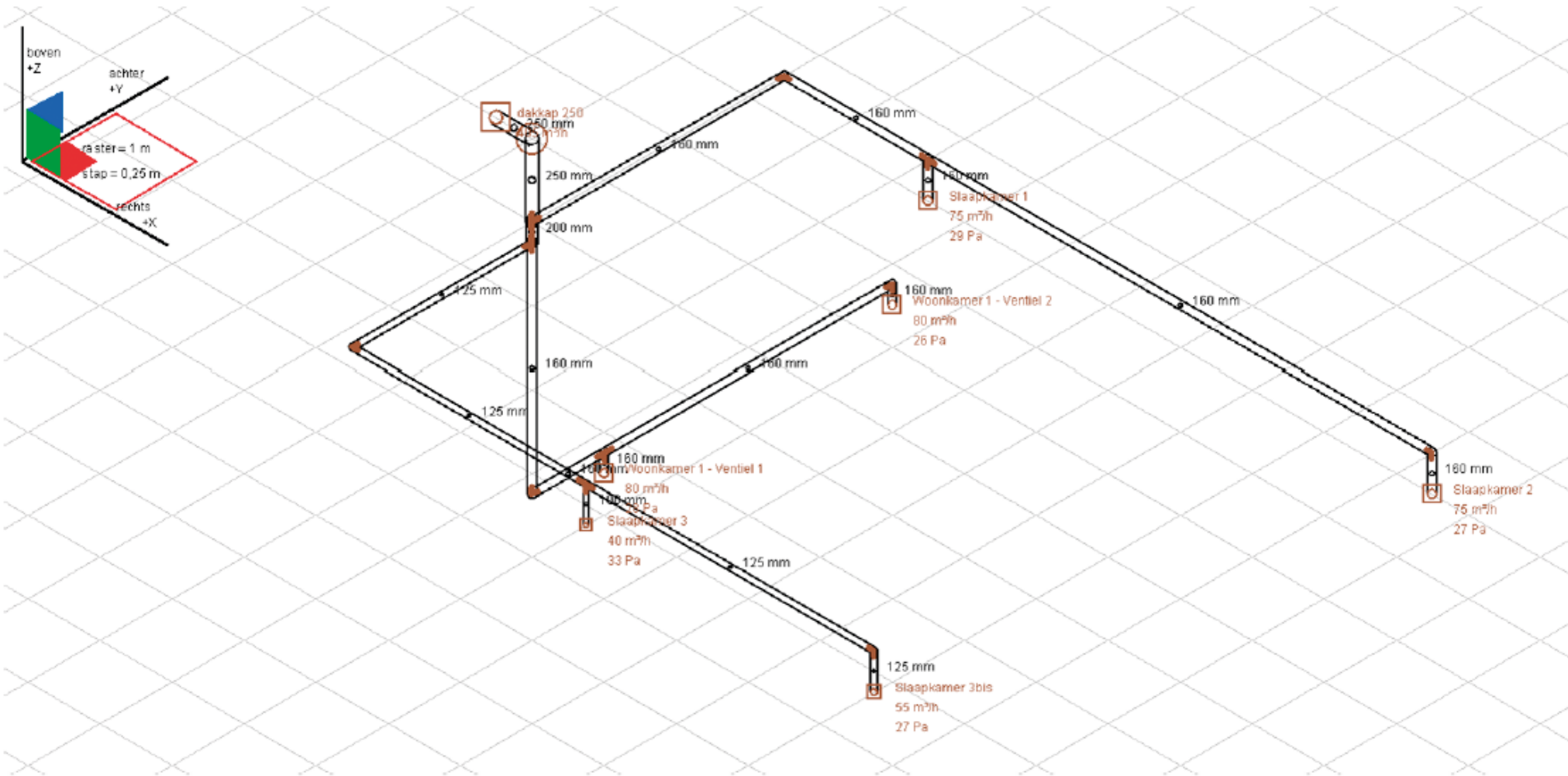


www.wtcb.be

Optivent rekentool (WTCB)

Video:

<https://youtu.be/W4NEJ4pxOiQ>



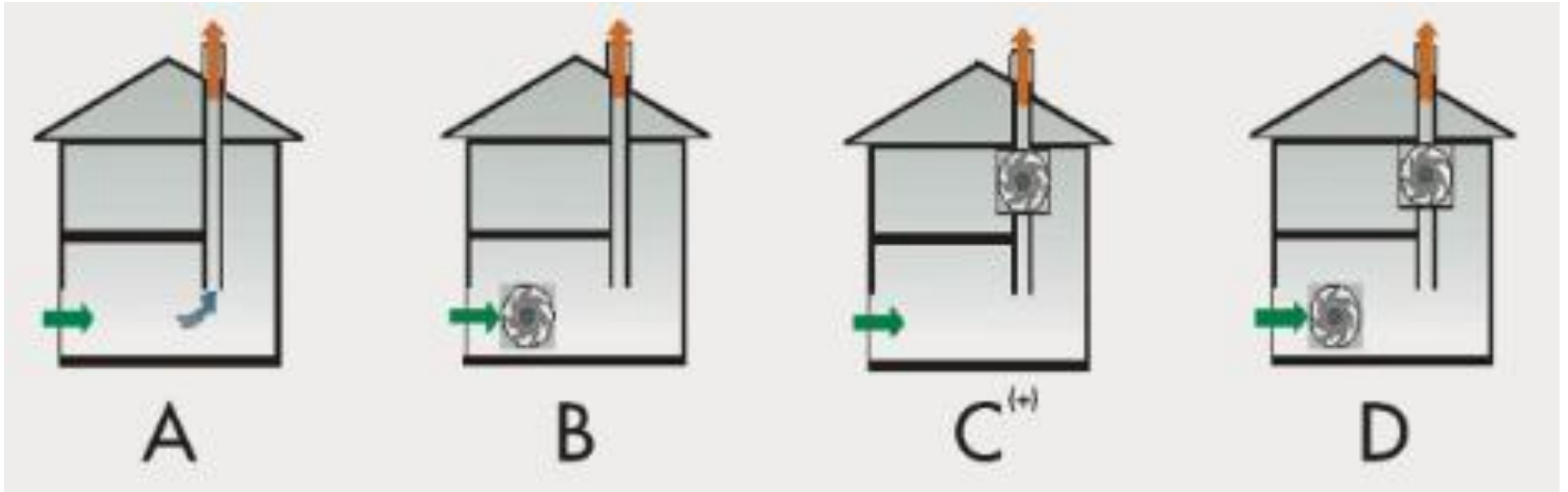
Afb. 1 Voorbeeld van het kanalen-tracé, afgedrukt met behulp van de rekentool.

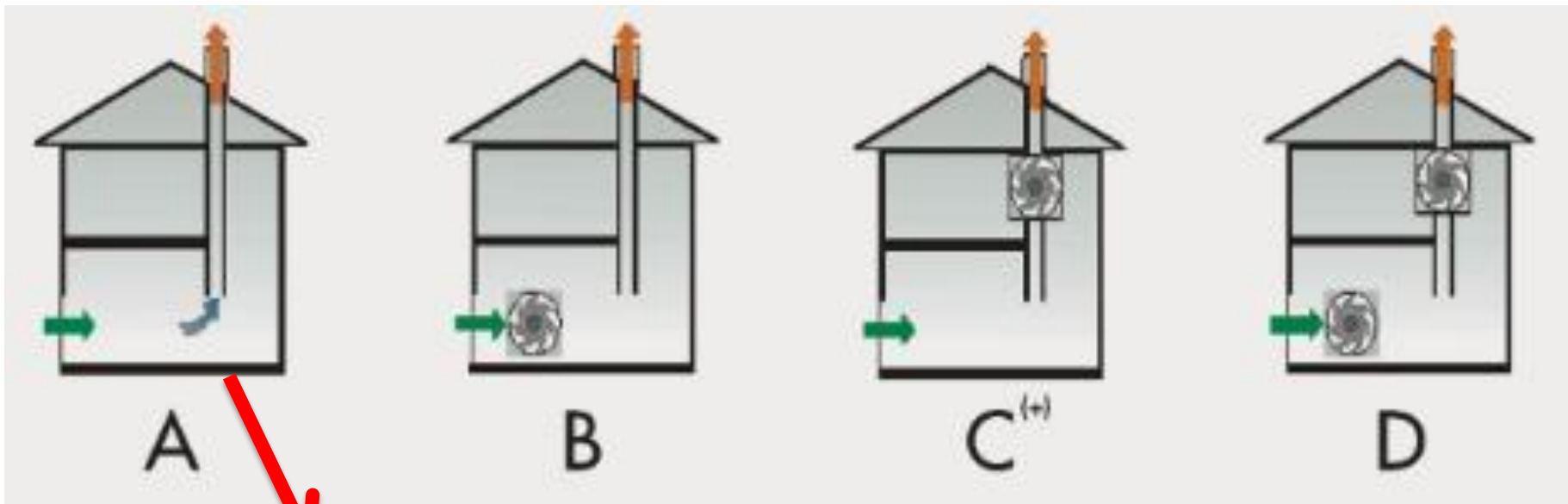
Bron: WTCB TV 258 – OPTIVENT rekentool

# B. Ventileren

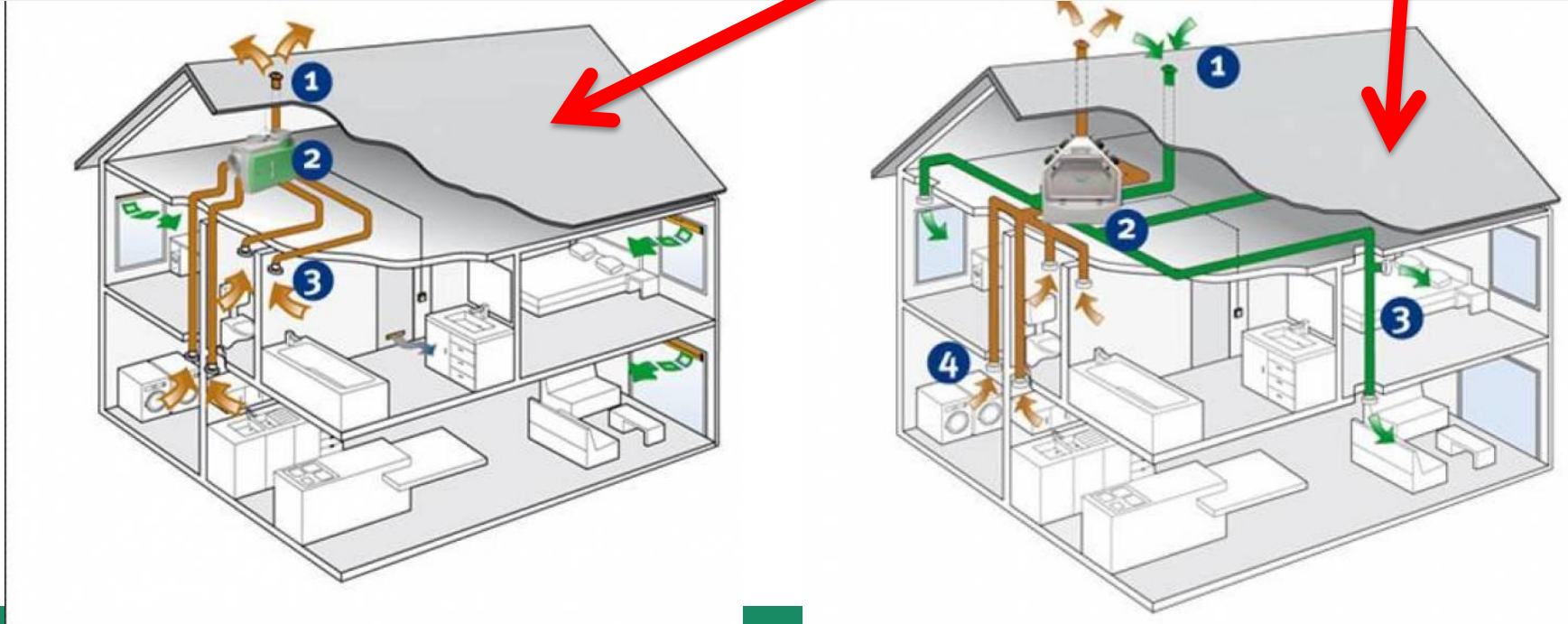
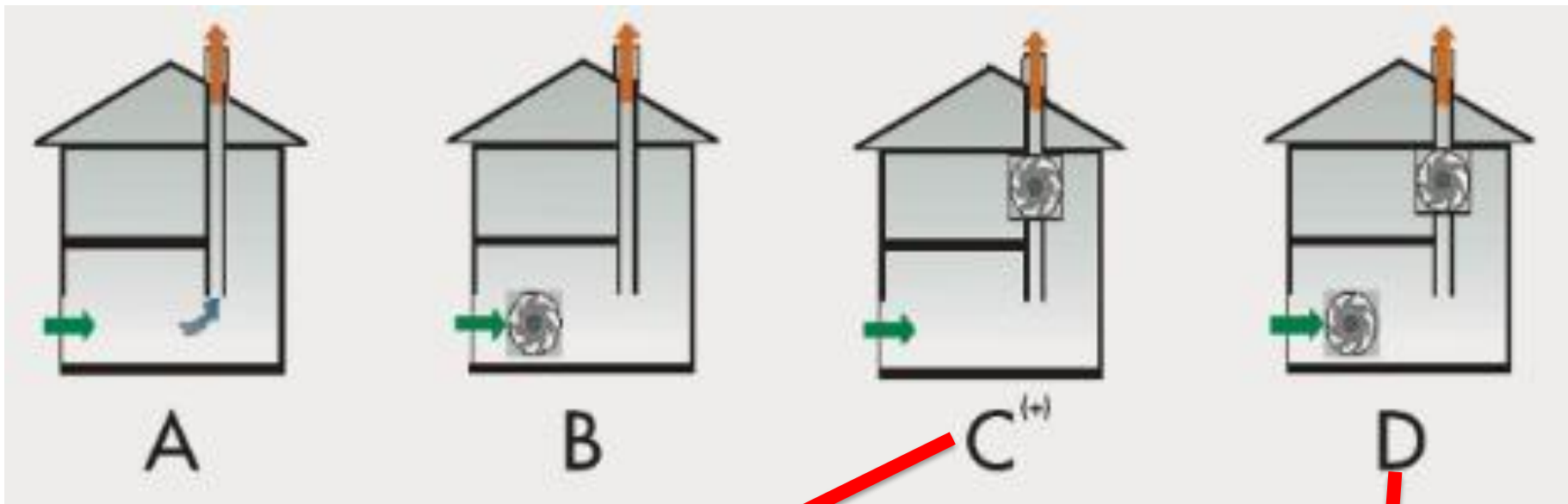
1. Inleiding
- 2. De systemen**
3. De eisen
4. Componenten natuurlijke ventilatie
5. Componenten mechanische ventilatie
6. Afstellen, indienststelling, oplevering
7. Onderhoud

## B.2. De systemen

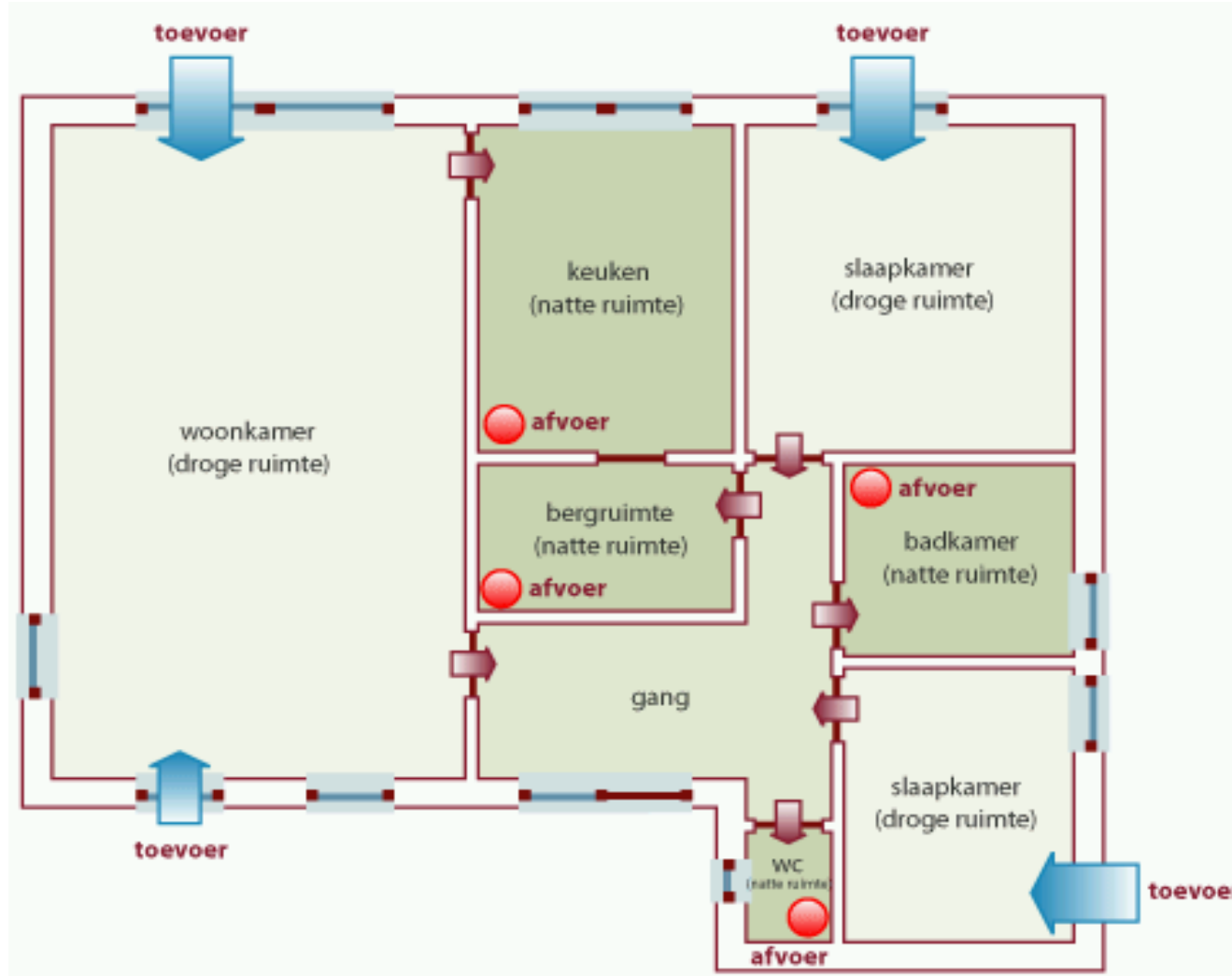




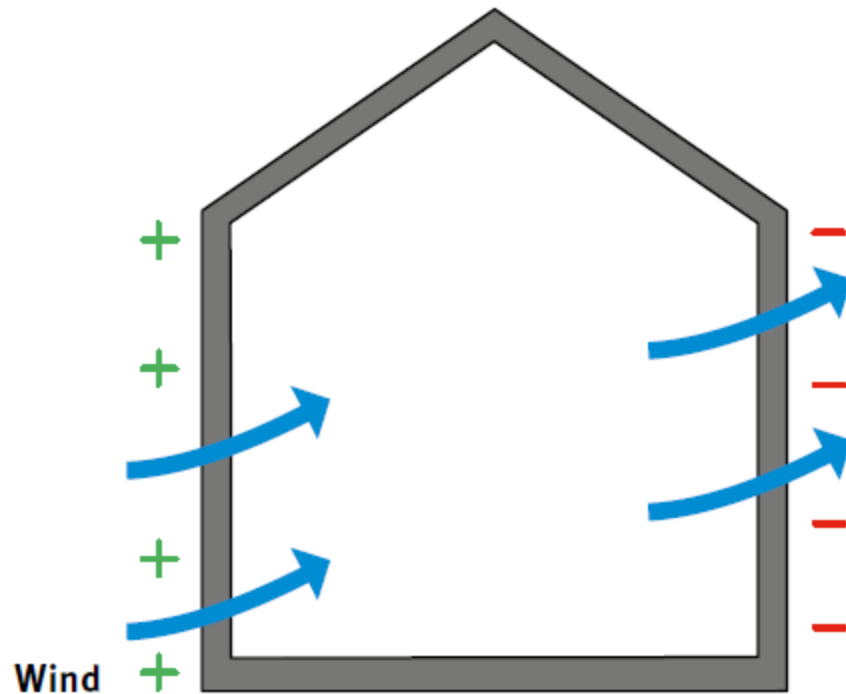




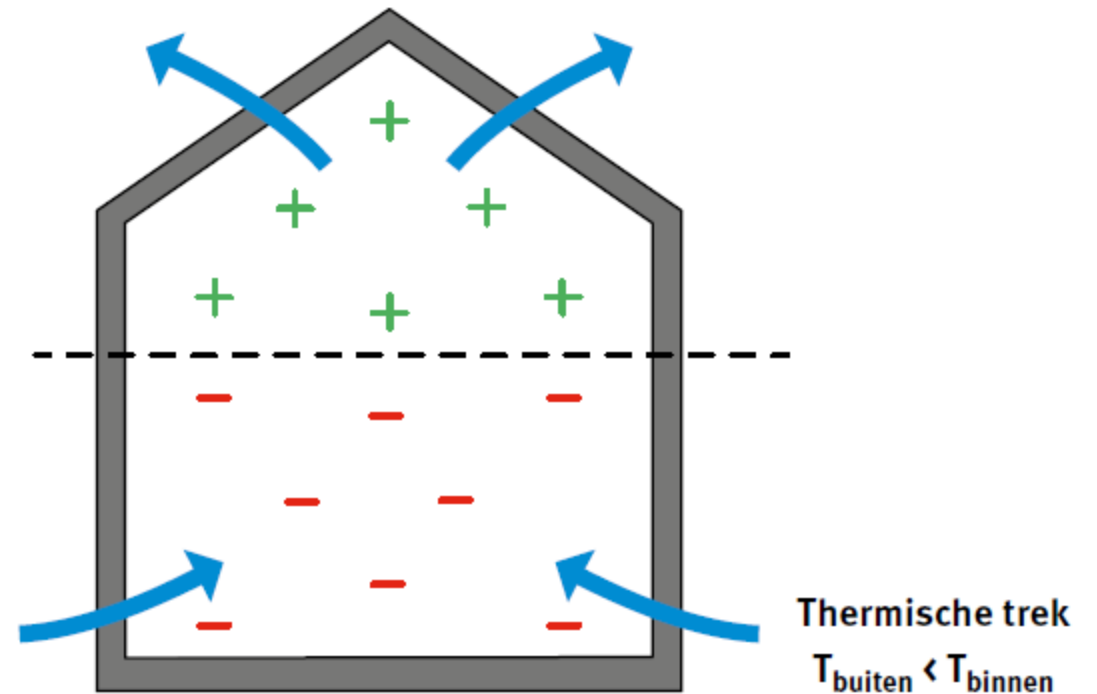
# Basisprincipe - doorstroming



# Basisprincipe luchtbeweging in huis



Afb. 7 Drukverschillen ten gevolge van de wind.



Afb. 8 Drukverschillen ten gevolge van thermische trek.

Bron: WTCB TV 258

# Het jargon: afkortingen

**TO: toevoeropening**

**RTO: regelbare toevoeropening**

**DO: doorvoeropening**

**AO: afvoeropening**

**RAO: regelbare afvoeropening**

**AOR: aangrenzende onverwarmde ruimte**

**AVR: aangrenzende verwarmde ruimte**

# Toevoer "verse" lucht (RTO)

## Droge leefruimten



Bron: architectenburo Aros - Halle



Bron: webco.be

# Toevoer "verse" lucht (RTO)



Bron: Renson



Bron: Renson

RTO = regelbare toevoeropening

- minstens 5 standen: toe, 3 tussenstanden, volledig open
- of continu regelbaar

# Toevoer "verse" lucht

Regelbare roosters: systeem A en C

Ventilator en toevoerventiel: systeem D



# Doorvoer (DO)

## circulatieruimten



Bron: Daro Appartements



Bron: vai.be



# Doorvoer (DO)



Bron: luchtwinkel.be



# Afvoer "vuile" lucht (RAO)

Natte ruimten



Bron: bouwinfo



Bron: catsofaustralia.com



Bron: bouwinfo

# Afvoer "vuile" lucht (RAO)

System C



Bron: Renson



Bron: Stork

System D



Bron: [comforthome.problog.be](http://comforthome.problog.be)

# Nog meer systemen

- **A<sup>+</sup>**
- **C<sup>+</sup>**
- **D+WTW**
- **E<sup>+</sup>**

# Ventilatiesysteem A<sup>+</sup>

**Vraaggestuurd**

**RTO: regelbaar  
ventilatioerooster**

**RAO: regelbaar  
lamellen rooster**



Bron: Schiedel - Bernal

# Ventilatiesysteem C<sup>+</sup>

## Vraaggestuurd

- CO<sub>2</sub>
- Vocht
- Aanwezigheid

Ook sturing  
ventilatioeroosters mogelijk



Bron: DUCO

# Ventilatiesysteem E<sup>+</sup>

- 1 Toevoer**  
van verse lucht in “droge” ruimtes (woonkamer, slaapkamer, bureau, speelkamer)
- 2 Doorvoer**  
van lucht (gang, trappenhal)
- 3 Afvoer**  
van vervuilde lucht uit “vochtige” ruimtes (badkamer, toilet, keuken, wasplaats)
- 4 Productie van warmte**

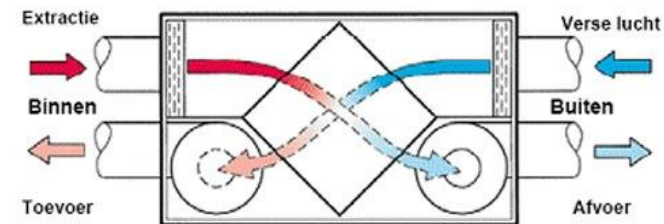


<http://www.renson-ventilation.be/nl/product/systeem-e>

# Ventilatiesysteem D met WTW en vraagsturing



## WARMTERECUPERATIE



## BIJ EEN VENTILATIESYSTEEM



# Aandachtspunten

**Warmteterugwinning: D+WTW, E<sup>+</sup>**

**Vraaggestuurd: A<sup>+</sup>, C<sup>+</sup>, D<sup>+</sup>**

- Aanwezigheid
- Luchtvochtigheid
- CO<sub>2</sub> (aantal aanwezigen)

**Er is steeds een minimumdebiet, ook als er niemand thuis is.**

Tabel 1 Criteria die in aanmerking genomen kunnen worden bij de keuze van het ventilatiesysteem.

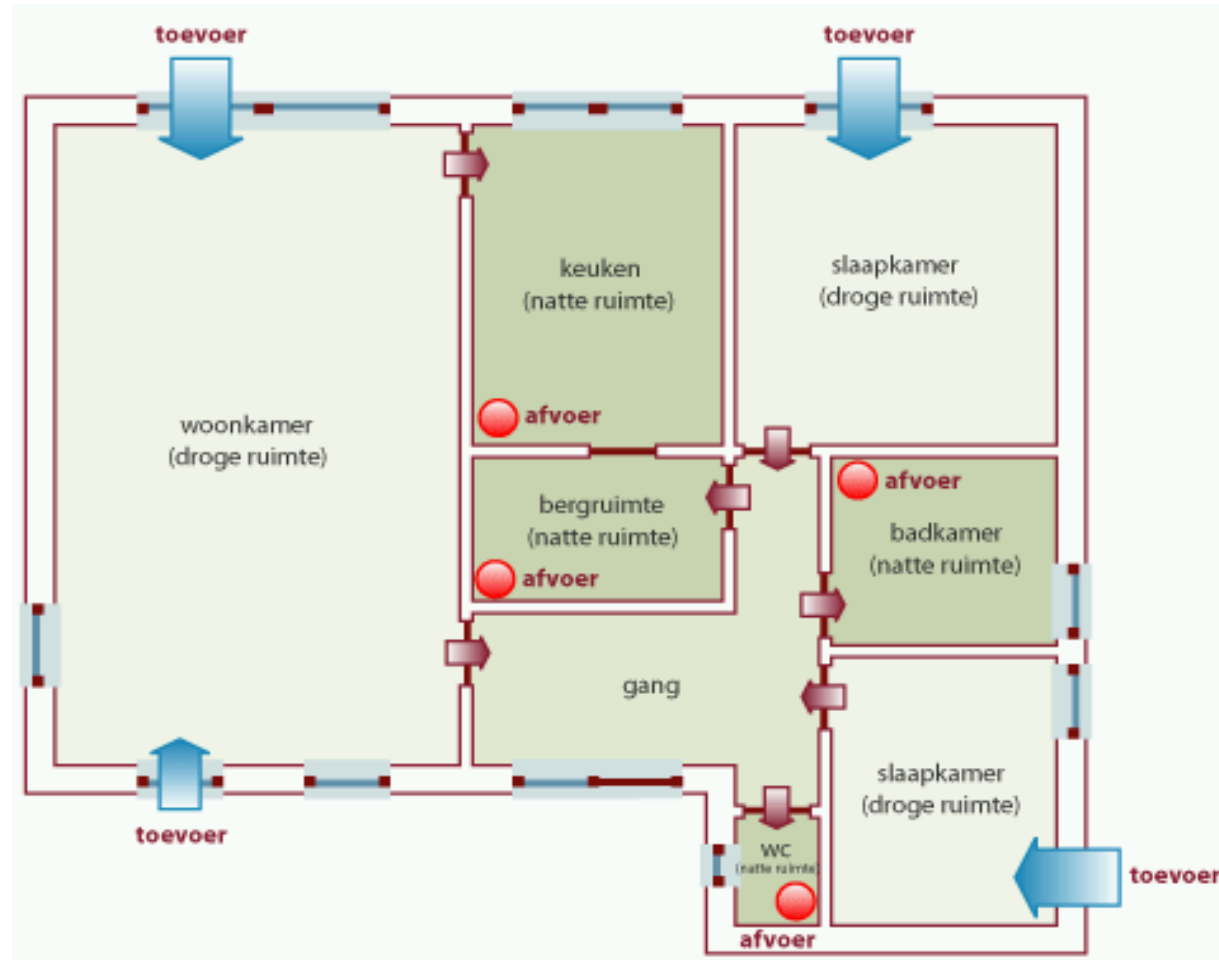
Criteria	Systeem A Natuurlijke toevoer en afvoer	Systeem B Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer	Systeem C Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	Systeem D Mechanische toevoer en afvoer
<b>Luchtkwaliteit</b>				
Controle van de debieten	2 natuurlijke componenten	1 natuurlijke en 1 mechanische component	1 natuurlijke en 1 mechanische component	2 mechanische componenten
<b>Energieverbruik</b>				
Elektriciteitsverbruik	Geen ventilator	Eén enkele ventilator	Eén enkele ventilator	Twee ventilatoren
Verwarmingsbehoeften	–	–	–	Warmteterugwinning mogelijk
Vraaggestuurde ventilatie mogelijk met alle systemen				
<b>Comfort</b>				
Risico op koude luchtstromingen (tocht)	Via de natuurlijke-toevoeropeningen	Hoog (er is vaak een voorverwarming nodig)	Via de natuurlijke-toevoeropeningen	Beperkt (in geval van warmteterugwinning)
Risico op lawaai van buitenaf	In de droge en de natte ruimten	In de natte ruimten	In de droge ruimten	Beperkt
Risico op systeemlawaai	Geen	In de droge ruimten	In de natte ruimten	In de droge en de natte ruimten
<b>Kosten</b>				
Investing	Zeervariabel, naargelang van het geval en de gewenste prestaties			
Gebruik	Hangt voornamelijk af van de verwarmingsbehoeften en, in mindere mate, van het elektriciteitsverbruik (zie hoger)			
Onderhoud	Beperkt	Gemiddeld	Gemiddeld	Hoog

Bron: WTCB  
TV 258

# B. Ventileren

1. Inleiding
2. De systemen
- 3. De eisen**
4. Componenten natuurlijke ventilatie
5. Componenten mechanische ventilatie
6. Afstellen, indienststelling, oplevering
7. Onderhoud

# B.3. De eisen (in Vlaanderen)

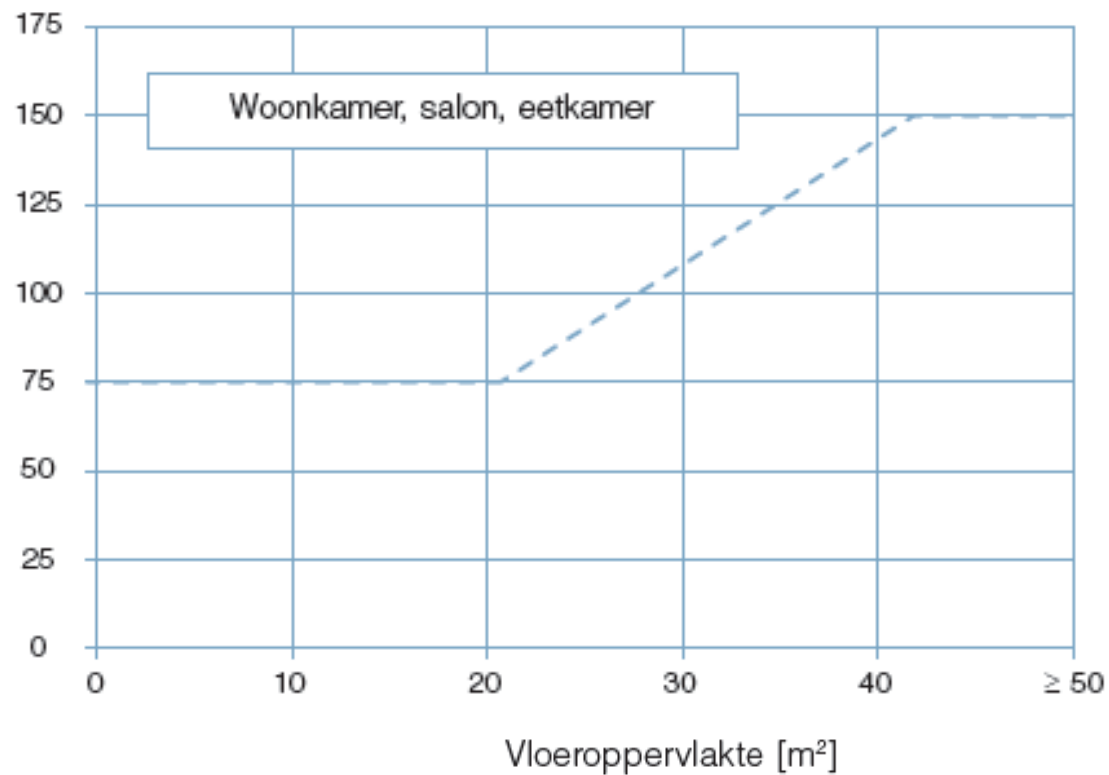
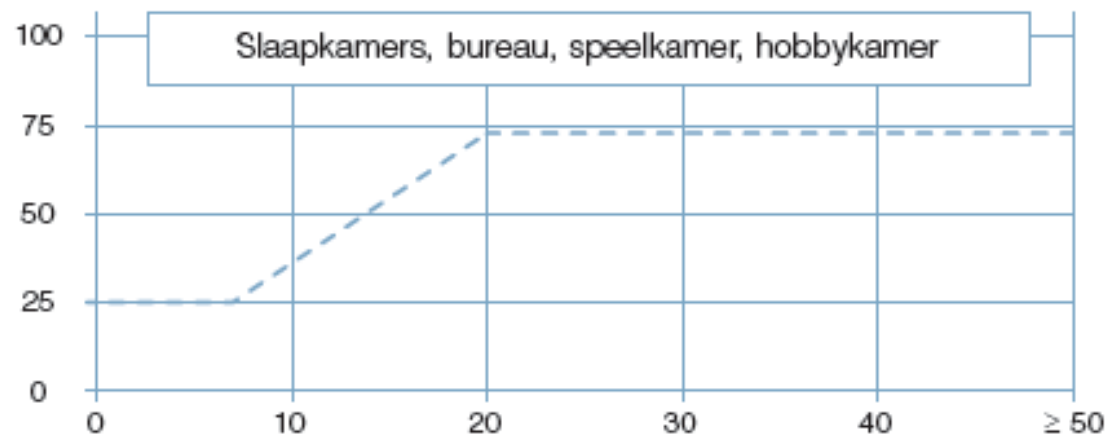


**Toevoerruimten** zijn ruimten met lage vochtproductie en in het algemeen met langdurige bezetting.



TOEVOER	Ruimte	Ontwerpdebiet		Boven grens	Vrije toevoer (A, C) maximaal
		Algemene regel	Minimaal		
	Woonkamer		75 m <sup>3</sup> /h	150 m <sup>3</sup> /h	
Slaapkamer Studeerkamer Speelkamer	3.6 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>	25 m <sup>3</sup> /h	72 m <sup>3</sup> /h (Bijlage V)	2 x nominaal	

minimum ontwerpdebiet [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

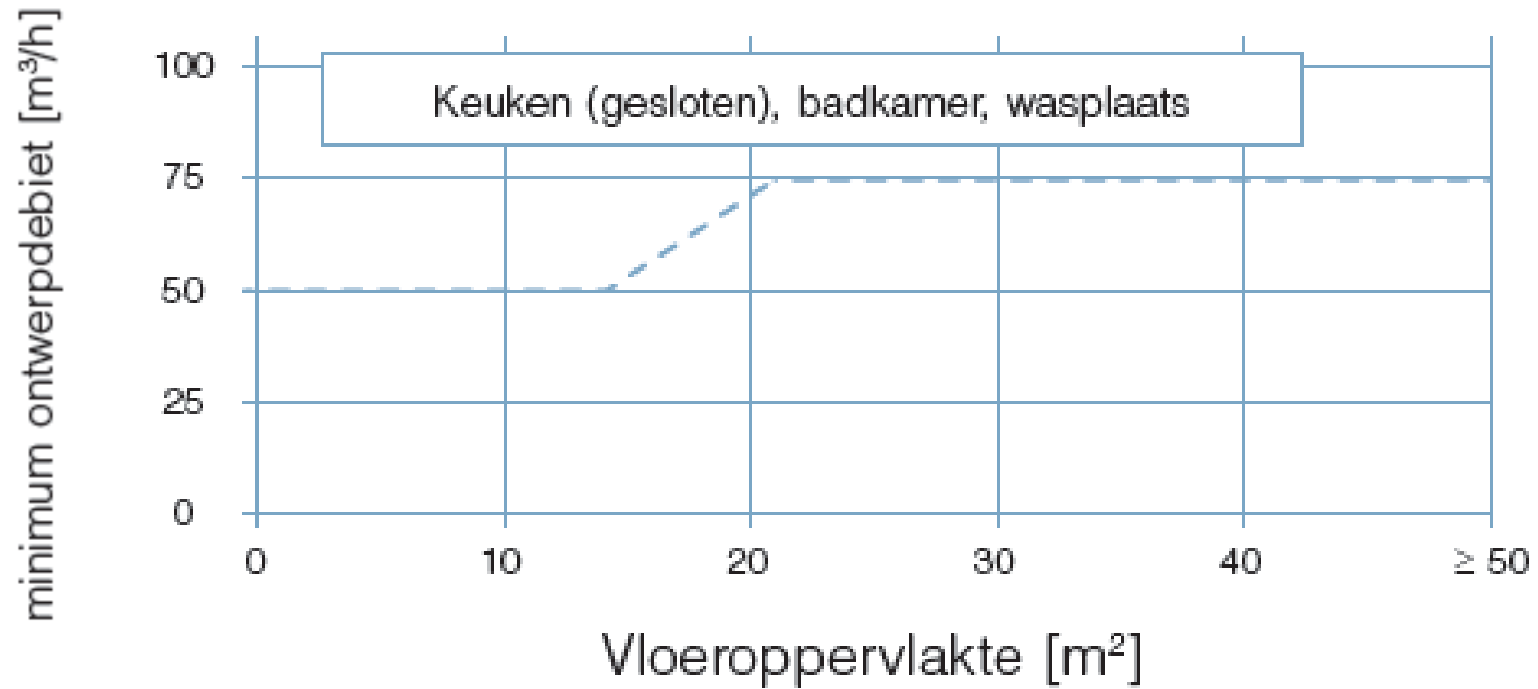


Minimum debiet = grafiek  
Maximum debiet = 2 x minimum  
(Vlaanderen: aanbeveling)

**Afvoerruimten** zijn ruimten met een hoge productie van vocht of geuren.



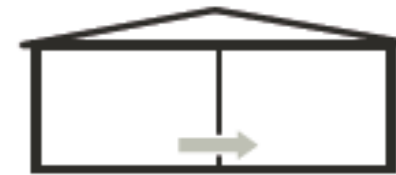
AFVOER	Ruimte	Ontwerpdebiet		Boven grens
		Algemene regel	Minimaal	
AFVOER	Keuken, Badkamer Was-, droogplaats + analoge	3.6 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>	50 m <sup>3</sup> /h	75 m <sup>3</sup> /h
	Open keuken		75 m <sup>3</sup> /h	
	WC		25 m <sup>3</sup> /h	



Minimum debiet = grafiek  
Maximum debiet = 2 x minimum  
(Vlaanderen: aanbeveling)

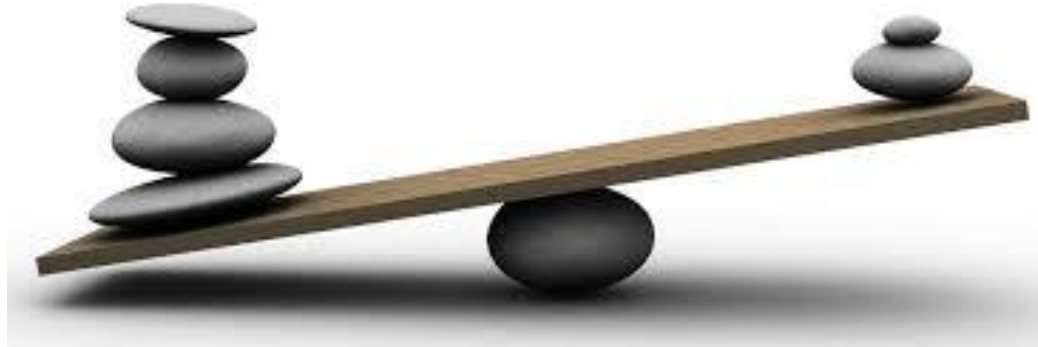


Zowel in ruimten met een luchttoevoer als met een luchtafvoer moeten er doorstroomopeningen worden voorzien.



DOORSTROOM	Als afvoer uit de ruimte of toevoer naar de ruimte	Ontwerpdebiet DO (minimum)	Minimale spleet onder de deur
	Woonkamer	25 m <sup>3</sup> /h	70 cm <sup>2</sup>
	Slaapkamer Studeerkamer Speelkamer	25 m <sup>3</sup> /h	70 cm <sup>2</sup>
	Badkamer, was- of droogplaats	25 m <sup>3</sup> /h	70 cm <sup>2</sup>
	Keuken	50 m <sup>3</sup> /h	140 cm <sup>2</sup>
	WC	25 m <sup>3</sup> /h	70 cm <sup>2</sup>

# Problematiek systeem D



## Balansventilatie (in = uit)

### Meestal meer toevoer dan afvoer

- Verhogen afvoerdebiet
- Bijkomende afvoer waar niet nodig (droge berging, hal, ...)
- Gedeeltelijke recirculatie in droge ruimten

# Niet-residentieel

Bron: WTCB infofiche 42

Tabel 2 Vereiste minimum ontwerpdebieten voor niet-residentiële toepassingen

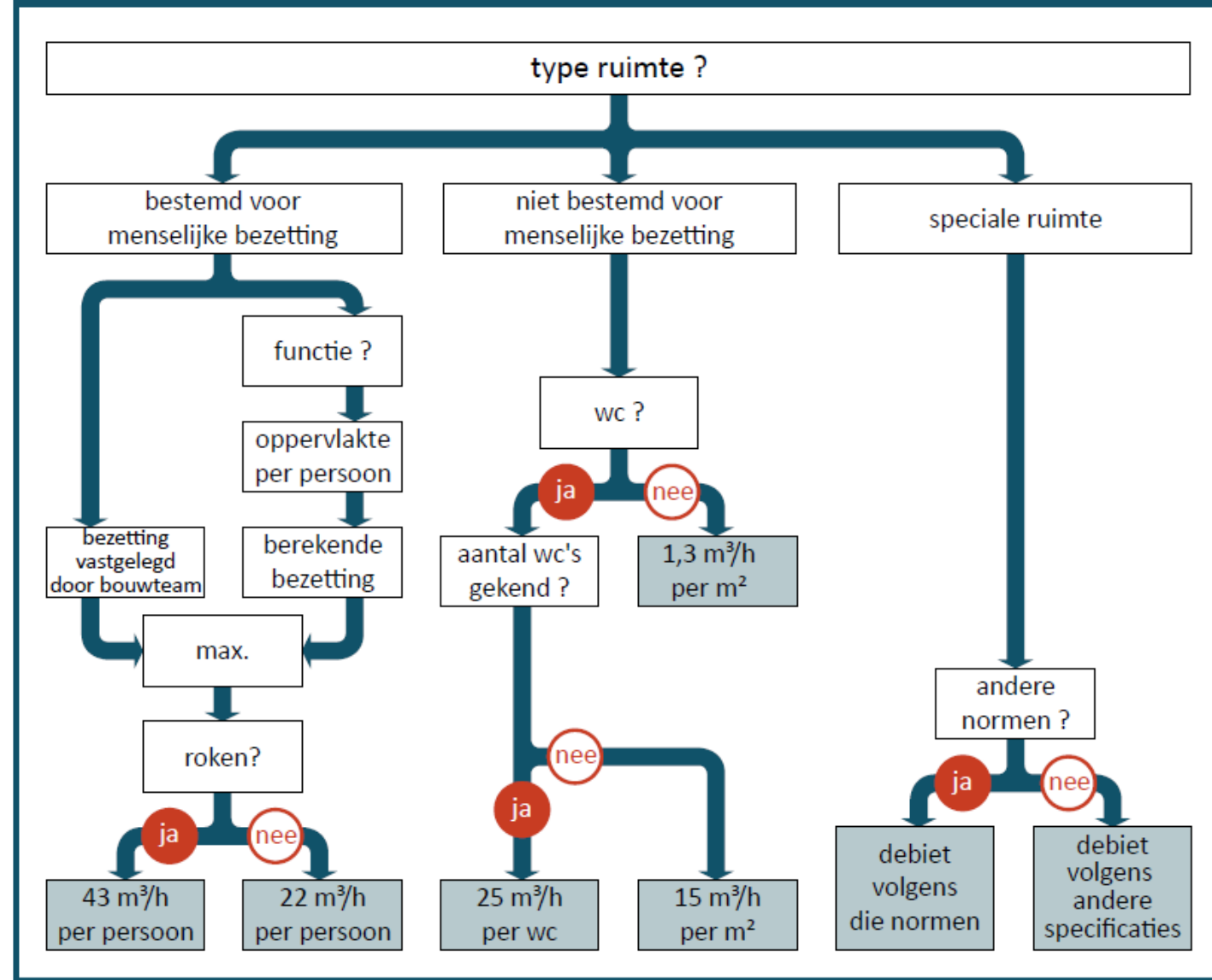
Soort ruimte	Voorbeelden	Minimum ontwerpdebiet	Luchttoevoer (minimum ontwerpdebiet)	Luchtafvoer
Bestemd voor menselijke bezetting				
Luchtkwaliteit ETA1 of ETA2	Kantoor, vergaderzaal, leslokaal, eetzaal, hotelkamer	22 m <sup>3</sup> /h.pers of 43 m <sup>3</sup> /h.pers	Verse buitenlucht vereist	Doorvoer toegestaan
Luchtkwaliteit ETA3 of ETA4	Keuken, werkplaats, laboratorium, sauna, ...	als roken toegestaan is	Verse buitenlucht vereist	Afvoer vereist
Niet bestemd voor menselijke bezetting				
Toiletten		25 m <sup>3</sup> /h per toilet of urinoir of 15 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> indien aantal onbekend	Doorgevoerde lucht toegestaan	Afvoer vereist
Luchtkwaliteit ETA1 of ETA2	Hal, trap, archiefruimte		Doorgevoerde lucht toegestaan	Doorvoer toegestaan
Luchtkwaliteit ETA3 of ETA4	Wastafels, garage, ...	1,3 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>	Doorgevoerde lucht toegestaan	Afvoer vereist

# Niet-residentieel

- ETA 1 en ETA 2: laag tot matig verontreinigingsniveau. De bronnen van vervuiling zijn voornamelijk de emissies van bouwmaterialen en -structuren en de menselijke stofwisseling.
- ETA 3 en ETA 4: hoog tot zeer hoog verontreinigingsniveau. Er worden andere pollutanten afgegeven zoals vocht, bepaalde stoffen uitgestoten door chemische processen of stoffen, bepaalde geuren of onzuiverheden die schadelijk zijn voor de gezondheid.

# Niet-residentieel

## Minimum debiet : volledige procedure



# B. Ventileren

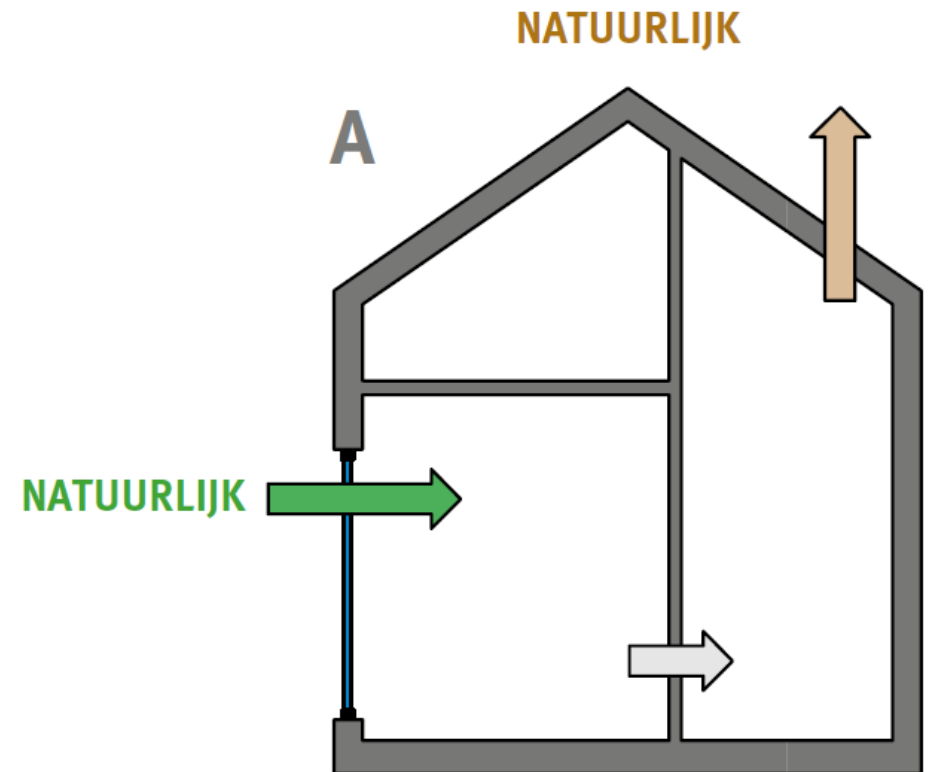
1. Inleiding
2. De systemen
3. De eisen
- 4. Componenten natuurlijke ventilatie**
5. Componenten mechanische ventilatie
6. Afstellen, indienststelling, oplevering
7. Onderhoud

# B.4. Componenten natuurlijke ventilatie

Stelsel A: RTO – DO – (R)AO

Stelsel C: RTO – DO

Stelsel D: DO



Bron: WTCB TV 258

EPB-productgegevens databank - REGELBARE TOEVOEROPENING MET VARIABLE AFMETINGEN - Erkende productgegevens (status 1)

Merk	Product_ID	Product	Subtype	Debiet in geopende stand				Lekdebiet in gesloten stand		Zelfregelend heidsklasse	Test comfort criterium	Erkenningstermijn		Fiche
				2 Pa		10 Pa		L0c, 50 Pa (m)	q1c, 50 Pa (m³/h.m)			begin (T0)	einde (T0+2)	
				L0, 2 Pa (m)	q1, 2 Pa (m³/h.m)	L0, 10 Pa (m)	q1, 10 Pa (m³/h.m)							
Duco	DucoTop 60 ZR v2013	DucoTop 60 ZR Corto tot Grando	4.1.2222	-0,02	64,5	-0,02	49,8			P3	niet beschikbaar	31/03/2015	22/04/2019	Fiche
Duco	DucoTop 60 ZR AK v2013	DucoTop 60 ZR AK Corto tot Grando	4.1.2222	-0,02	64,5	-0,02	49,8			P3	niet beschikbaar	31/03/2015	22/04/2019	Fiche
Renson	AR75 Small	AR75 Small	4.1.1222	0,05	56	0,05	64			P4	niet beschikbaar	25/09/2015	30/01/2020	Fiche
Renson	AR75 Medium	AR75 Medium	4.1.1222	0,05	72	0,06	80			P4	niet beschikbaar	25/09/2015	30/01/2020	Fiche

## Waardes voor EPB: [www.epbd.be](http://www.epbd.be)

- Debieten: 30 à 100 m³/h per meter
- Bij 2 Pa drukverschil (residentieel) en 10 Pa (niet-res.)

Minstens 1,8 m boven vloer (of ...)

Minstens 5 standen (aan, uit + 3 tussenstanden) of continu

Extra warmteverlies


Akoestiek? Speciale uitvoeringen





# RTO's

Tabel 1 EPB-eisen voor natuurlijke toevoeropeningen voor ventilatie

Eis	Residentieel	Niet-residentieel
Debiet (1)	Het debiet van elke opening bij een drukverschil van 2 Pa moet gekend zijn.	Het debiet van elke opening bij een drukverschil van 2 Pa en 10 Pa moet gekend zijn.
Regelbaarheid	Ofwel traploos regelbaar ofwel met minstens 5 standen, waaronder volledig open en volledig gesloten.	
Thermisch comfort (2) 	Het onderste deel van de natuurlijke toevoeropening moet op een hoogte van minstens 1,8 m boven de afgewerkte vloer aangebracht worden. Zoniet moet er een testverslag over de luchtverspreiding afgeleverd worden (zie EPB-regelgeving voor meer details)	
Bescherming tegen binnendringend ongedierte (2) 	Het mag niet mogelijk zijn: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ een metalen bolletje van 4 mm diameter,</li> <li>▪ een metalen schijfje van 10 mm diameter en 3 mm dik,</li> </ul> door de opening te laten passeren.	
Waterdichtheid (2) 	Waterdicht bij een drukverschil gelijk aan of lager dan 150 Pa in gesloten stand en gelijk aan of lager dan 20 Pa in volledig open stand.	

# RTO's

Tabel 1 EPB-eisen voor natuurlijke toevoeropeningen voor ventilatie

Eis	Residentieel	Niet-residentieel
Wanneer de opening dient voor luchtaanvoer vanuit een aangrenzende onverwarmde ruimte, ...	... moet deze aangrenzende onverwarmde ruimte ook voorzien zijn van één of meerdere natuurlijke toevoeropening(en) van buitenaf die zorgen voor het vereiste minimumontwerpdebiet bij een drukverschil van 2 Pa.	Niet van toepassing
Wanneer de opening aangebracht is in een ruimte onder een hellend dak, ...	... mag de opening aangebracht worden in een hellend dak met een helling van 30° of meer wanneer er in deze ruimte geen verticale gevel met een nuttige hoogte van minstens 2 m aanwezig is of wanneer deze gevel een gemeenschappelijke muur is of op de grens van het mede-eigendom ligt.	Niet van toepassing

(1) Het betreft het ontwerpdebiet van de vrije toevoeropening voor een gegeven drukverschil, bijvoorbeeld 2 of 10 Pa. Het debiet dat bij gebruik werkelijk door de opening stroomt, kan verschillen: het hangt af van het werkelijke verschil tussen de binnen- en buitendruk (eventuele mechanische afvoer, wind, temperatuurverschil, ...).



Wallonie

(2) De eisen in verband met thermisch comfort, indringing van insecten en waterdichtheid zijn slechts aanbevelingen van het Waalse Gewest.

# RTO's (A,C)

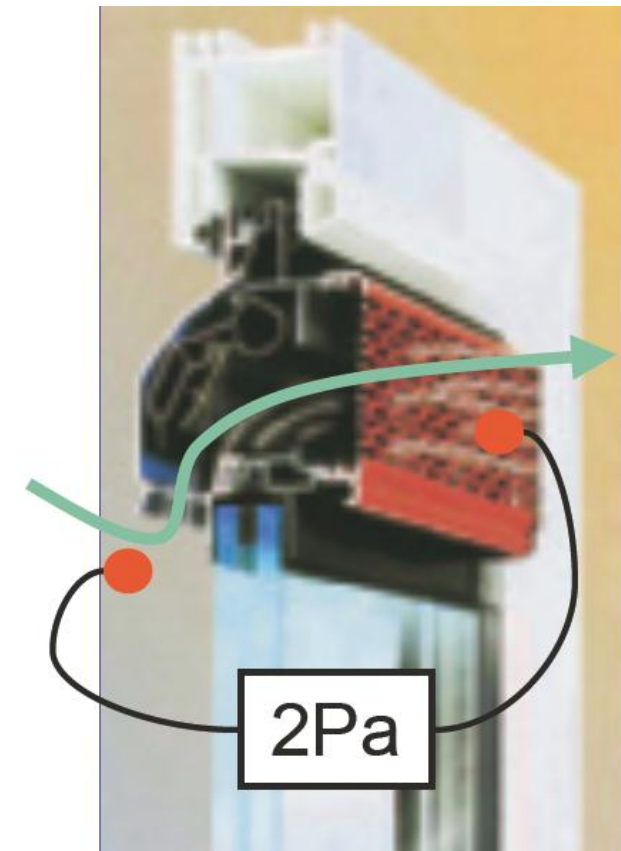
Meestal aan venster  
(meestal 5 à 10 lm nodig)

Mag ook in muur

Indien niet anders kan mag het ook in hellend dak

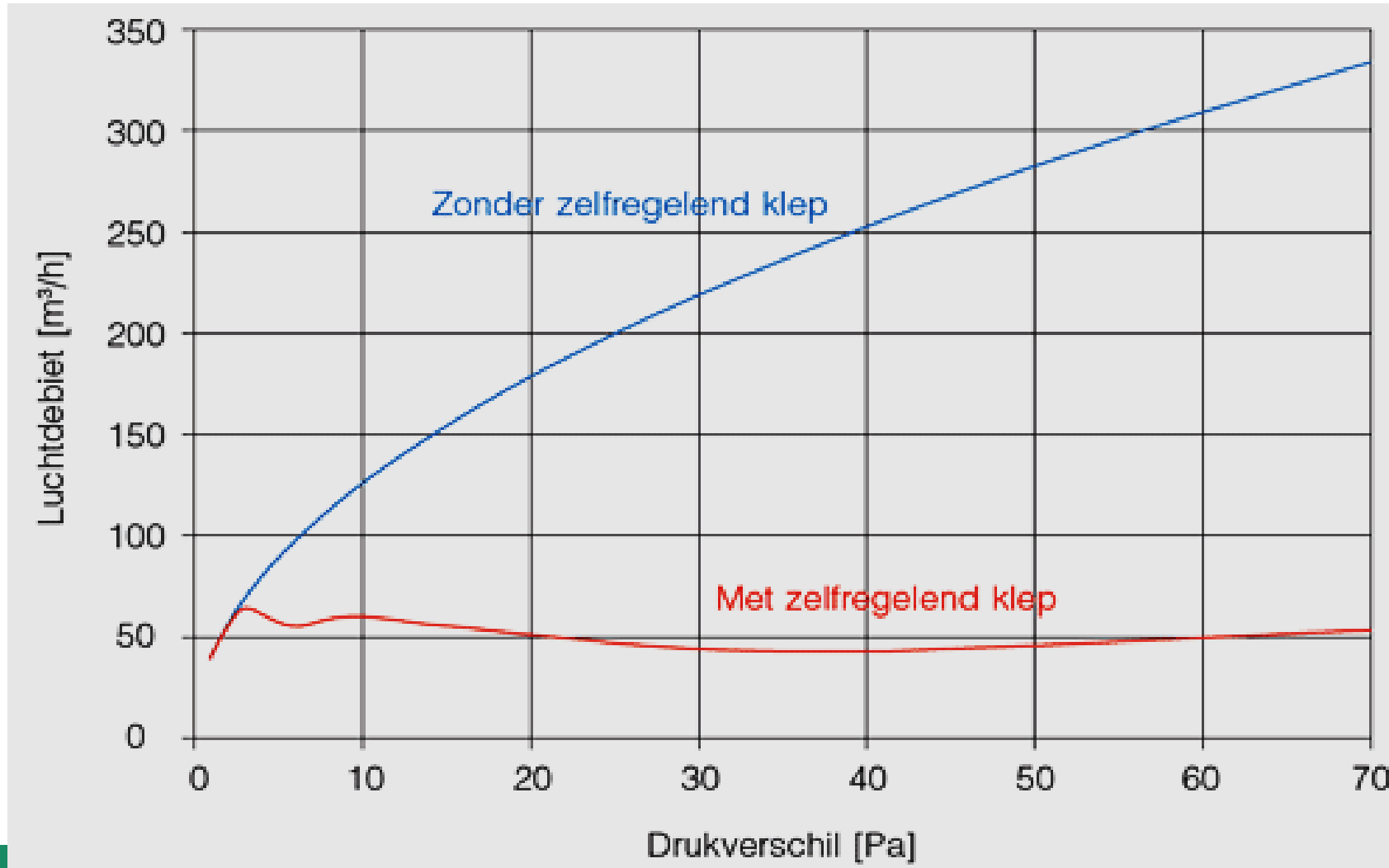
Voorwaarden inbouw hellend dak toegelaten:

- Dakhelling  $\geq 30^\circ$
- RTO niet mogelijke in tipgevels of zijmuren (gevelelement  $h \geq 2$  m)
- Enkel zijmuren die ook gemene muur zijn, al of niet reeds tegen gebouwd



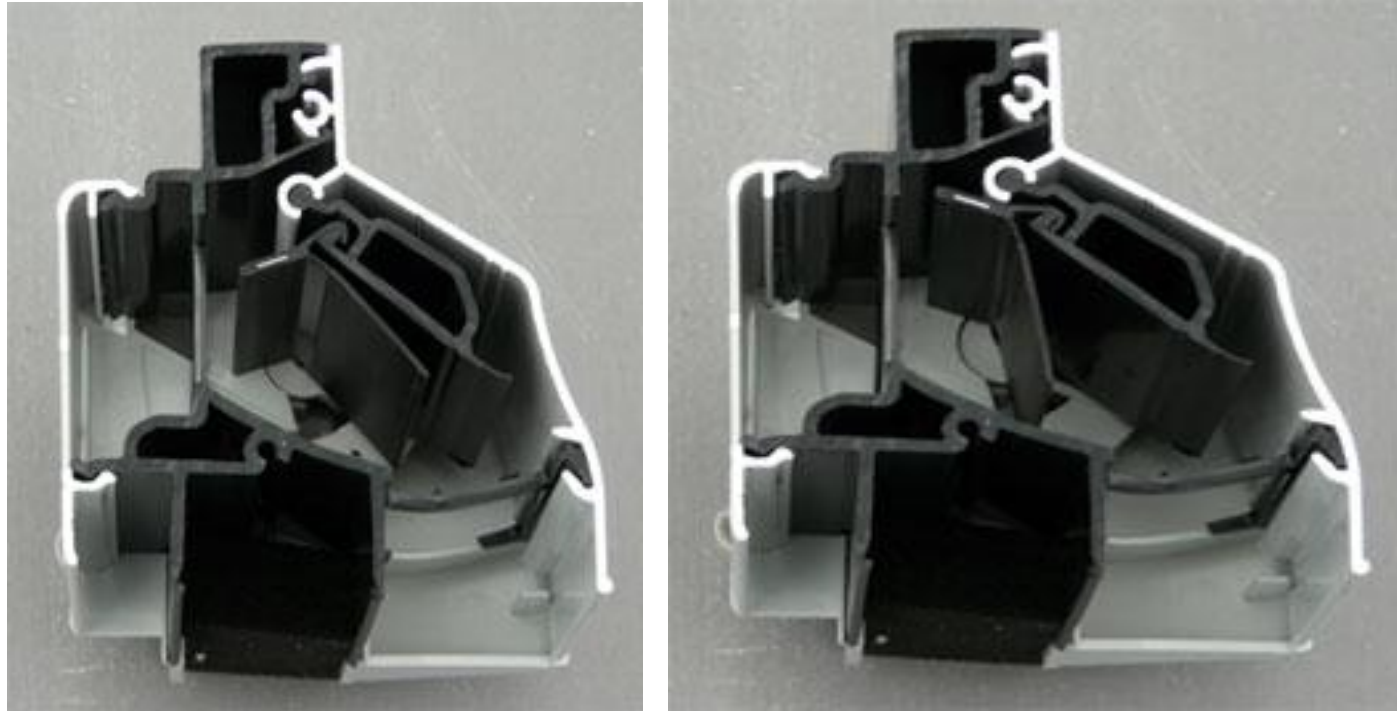
**Gemakkelijk toegankelijk / demonteerbaar voor onderhoud**

# Zelfregelende RTO's (A,C)



Bron: WTCB TV 258

# Zelfregelende RTO's (A,C)



Hoe sterk zelfregelend?

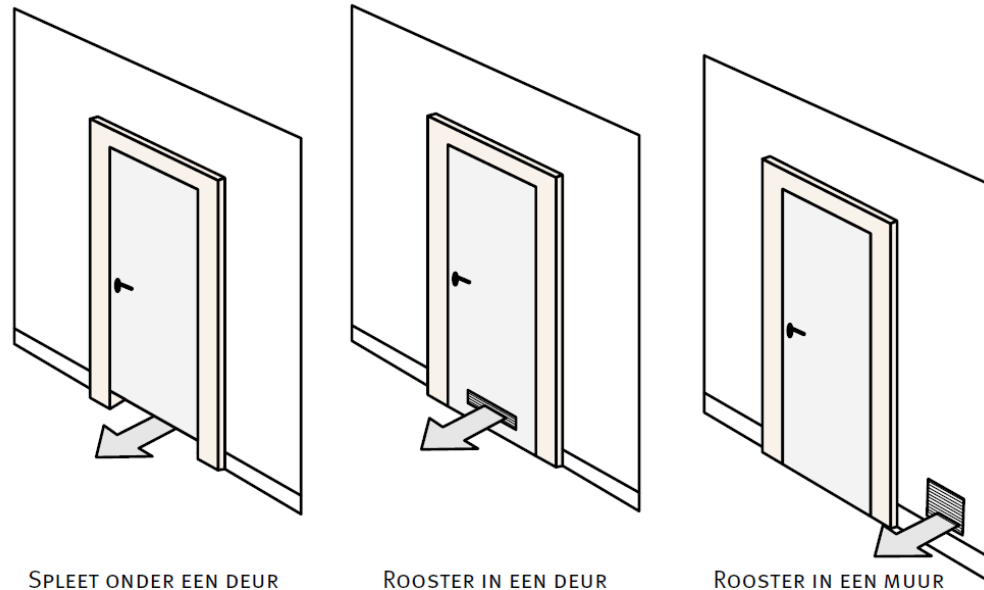
4 klassen: van P<sub>1</sub> tot P<sub>4</sub> (van niet zelfregelend tot bijna perfect onafhankelijk van winddruk)

Aanbeveling: neem P<sub>3</sub> of P<sub>4</sub>

# DO's (A,C,D)

Eenvoudigste en meest voorkomend:

Spleet onder deur van  $\geq 1$  cm (keuken  $\geq 2$  cm)



SPLEET ONDER EEN DEUR

ROOSTER IN EEN DEUR

ROOSTER IN EEN MUUR

Afb. 31 Voorbeelden van doorstroomopeningen.

Doorvoer keuken:  $\geq 140$  cm<sup>2</sup>  
Doorvoer naar overige natte ruimten:  $\geq 70$  cm<sup>2</sup>



Bron: WTCB TV 258

Bron: Rentokil

# DO's (A,C,D)

**Niet afsluitbaar!**

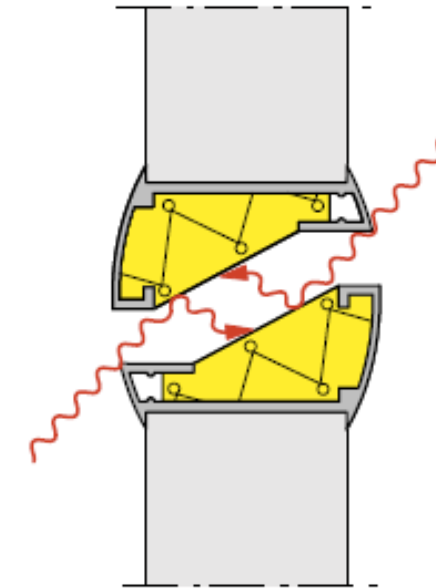
**Niet regelbaar!**

**Akoestiek?**

**Debiet bij 2 Pa**



OPENING GEÏNTEGREERD IN DE DEURKRUK  
(capaciteit te bepalen voor een drukverschil van 2 Pa)



Afb. 32 Schematische doorsnede van een doorstroomopening met geluidsdemper.

Bron: WTCB TV 258

# Afvoerkanaal en (R)AO (A)

## Kanaal

- Glad en strak (geen flexibel)
- Verticaal
- Luchtdicht
- Uitkomend boven dak 50 cm + regenkap
- Luchtsnelheid  $\leq 1$  m/s



Afb. 30 Betonnen elementen die dienst doen als een natuurlijke-afvoerkaal.

Bron: WTCB TV 258



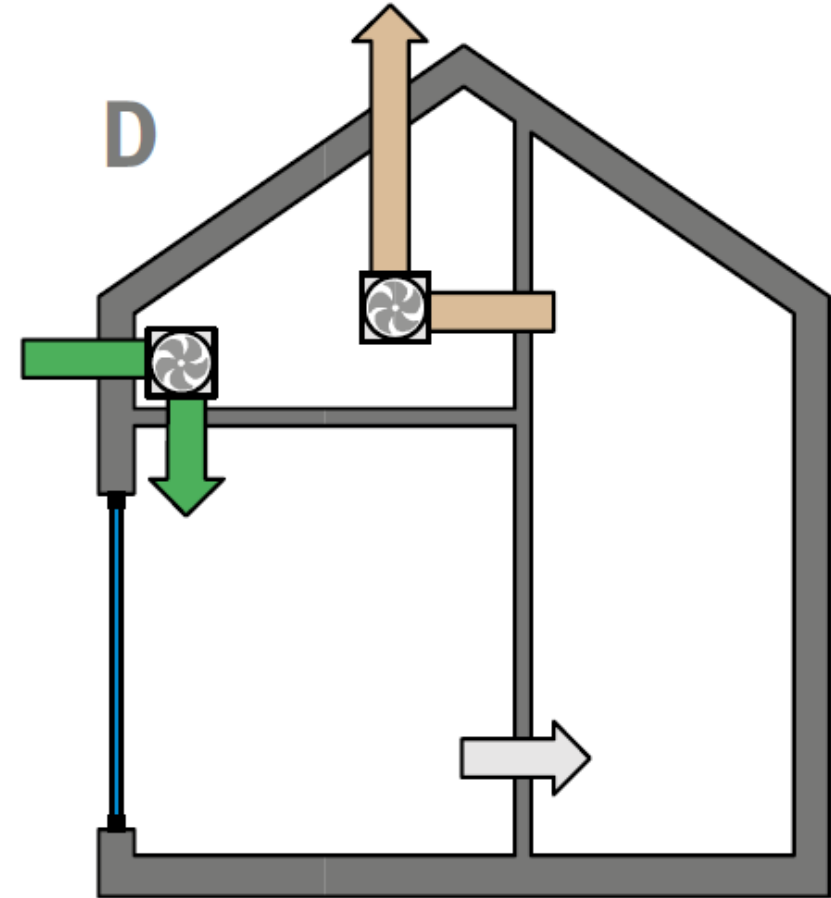
# B. Ventileren

1. Inleiding
2. De systemen
3. De eisen
4. Componenten natuurlijke ventilatie
- 5. Componenten mechanische ventilatie**
6. Afstellen, indienststelling, oplevering
7. Onderhoud

# B.5. Componenten mechanische ventilatie

Systeem C: (R)AO

Systeem D: (R)TO en (R)AO






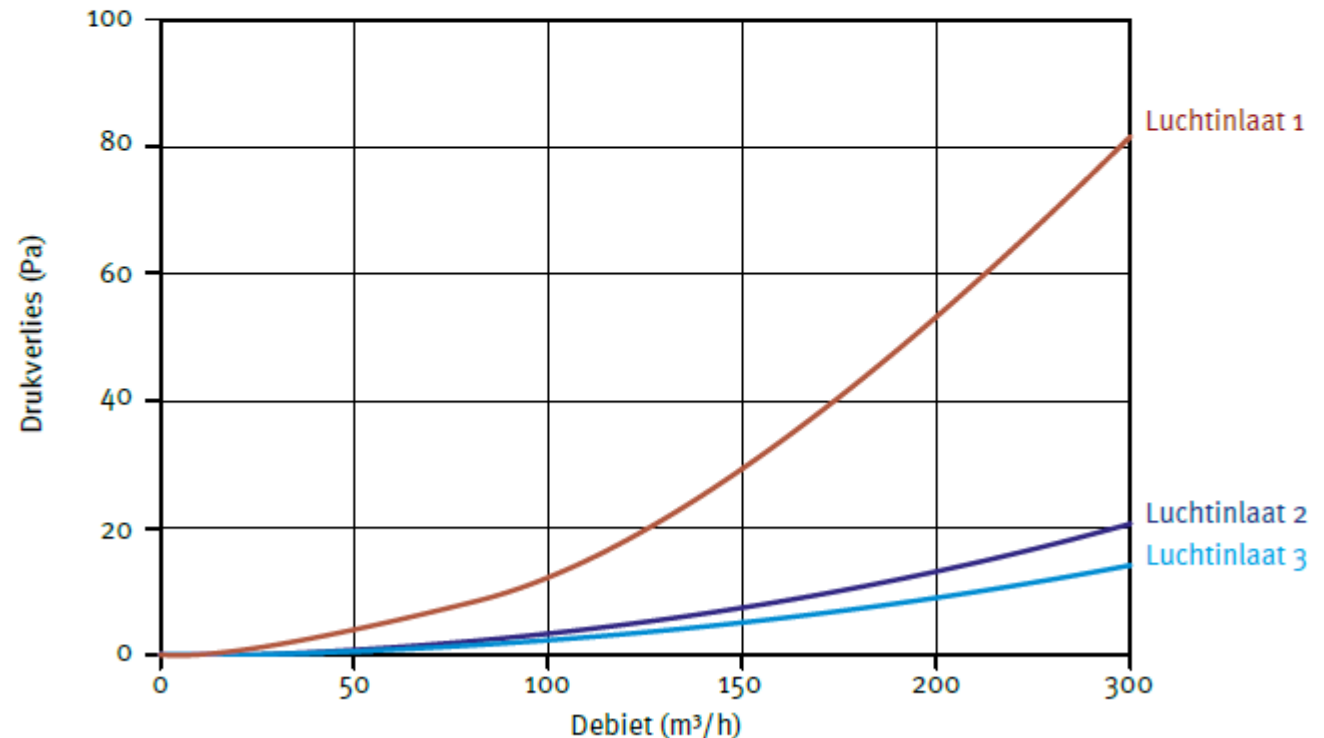
# Luchtinlaat

## Zo klein mogelijke drukverlies in inlaat

Bron: WTCB TV 258

Tabel 3 Vergelijking van de drukverliezen voor verschillende types luchtinlaten met een verschillende nettodoorlaat.

Parameter	Luchtinlaat 1  SIG Air Handling	Luchtinlaat 2  SIG Air Handling	Luchtinlaat 3  SIG Air Handling
Nettodoorlaat	115 cm <sup>2</sup>	330 cm <sup>2</sup>	370 cm <sup>2</sup>
Drukverlies voor 150 m <sup>3</sup> /h	30 Pa	7 Pa	5 Pa
Drukverlies voor 250 m <sup>3</sup> /h	80 Pa	20 Pa	15 Pa

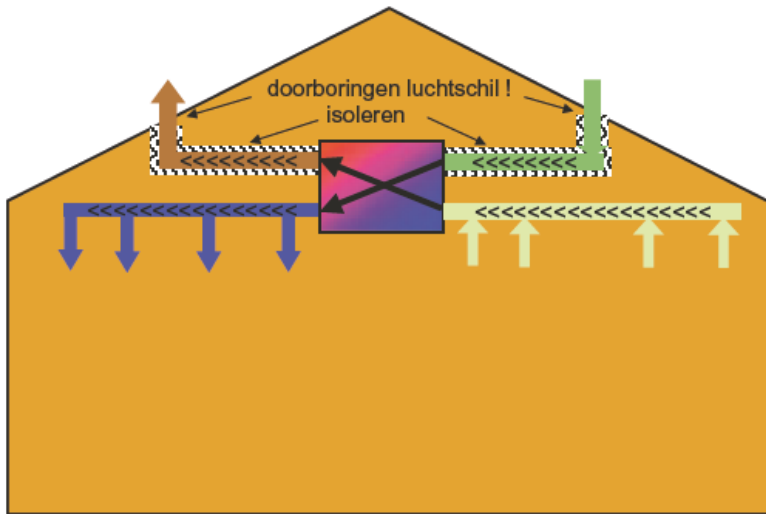


Afb. 37 Impact van de nettodoorlaat van de luchtinlaat op de drukverliezen voor de drie luchtinlaten uit tabel 3.

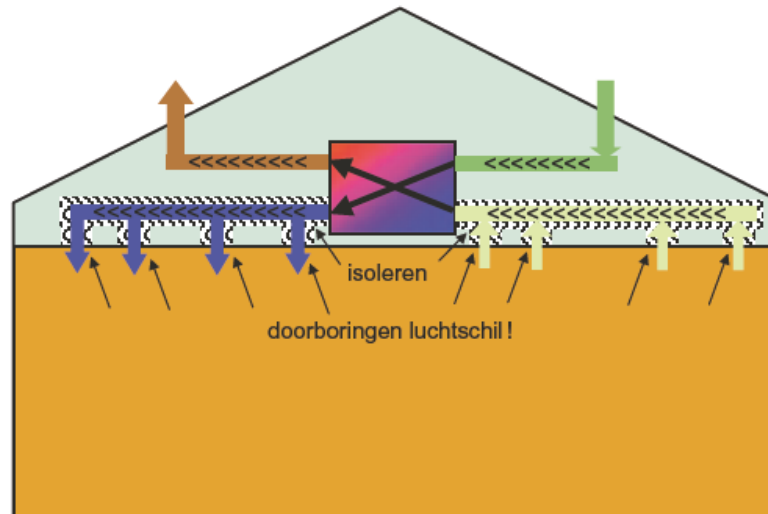
# Positie ventilatiegroep

Liefst binnen beschermd volume  
(anders kanalen isoleren)

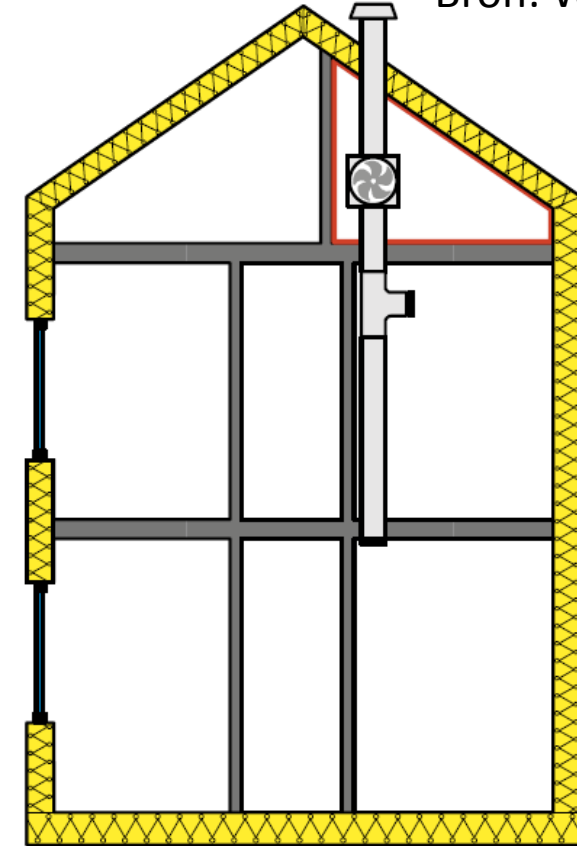
WTW binnen beschermd volume



WTW buiten beschermd volume



Bron: WTCB TV 258



Afb. 33 Positie van de ventilatiegroep in een gesloten technische ruimte binnen het beschermd volume.

# Positie ventilatiegroep

**Toegankelijkheid (onderhoud, filters)**



*Slechte toegankelijkheid*

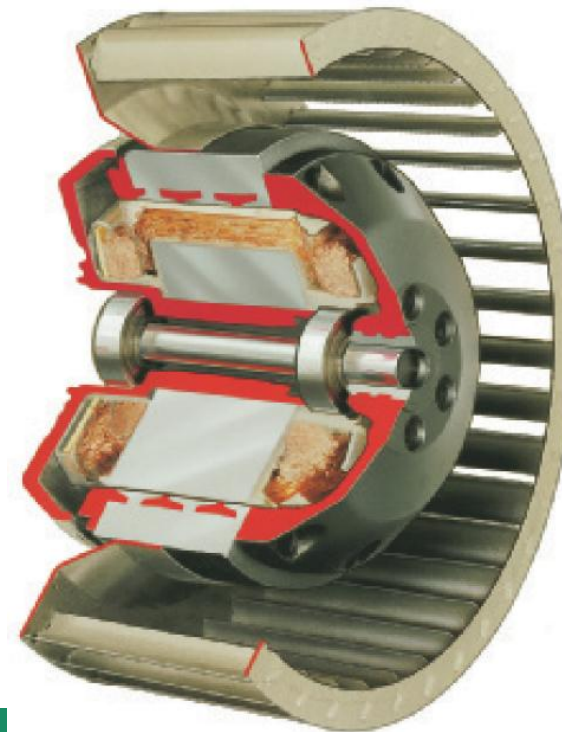


*Goede toegankelijkheid*

# Ventilatoren en luchtgroepen

## Gelijkstroommotoren

- Zogenaamde EC-motoren



# Ventilatiegroep

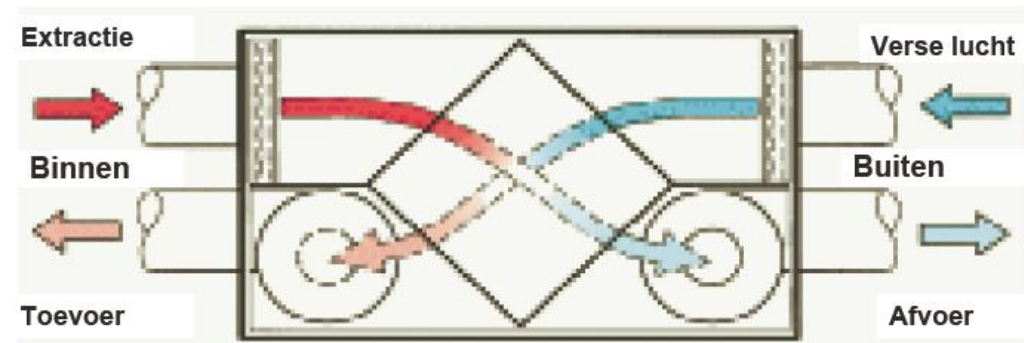
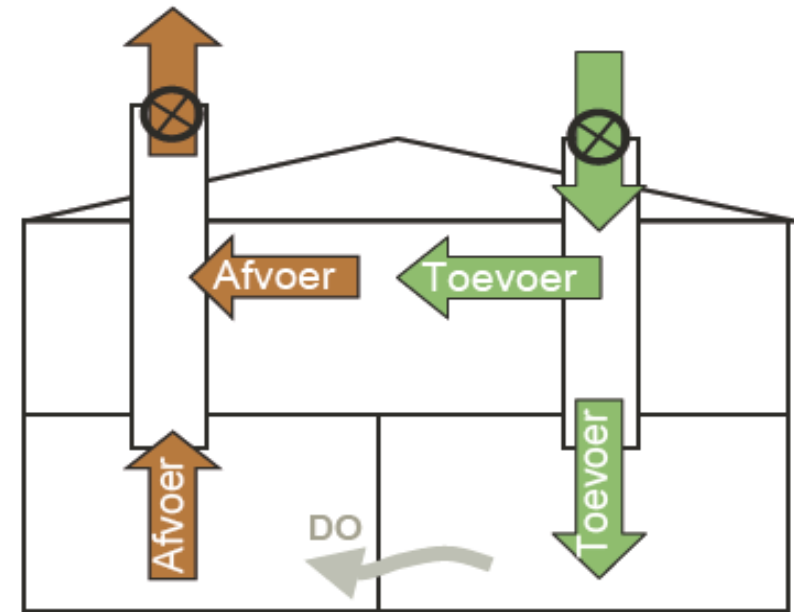


Afb. 1 Kanalennet voor mechanische ventilatie : een voorbeeld van een goede (links) en een extreem slechte (rechts) installatie.

Bron: WTCB infofiche 42

# Stelsel D + WTW

Kies altijd voor:  
warmteterugwinning (WTW)  
Vraaggestuurd  
BALANS!





# Warmtewisselaar

**Bij systeem D+WTW**

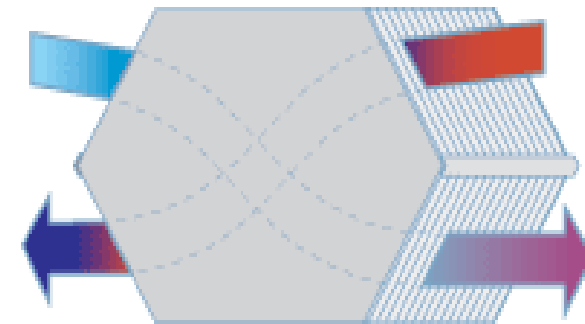
**Meerdere mogelijkheden**

- Kruiswisselaar
- Tegenstroomwisselaar (residentieel b
- Warmtewiel

**Lucht niet gemengd**

**Soms overdracht vocht**

**Zomer-by-pass**



**Afb. 4** Tegenstroomwisselaar.

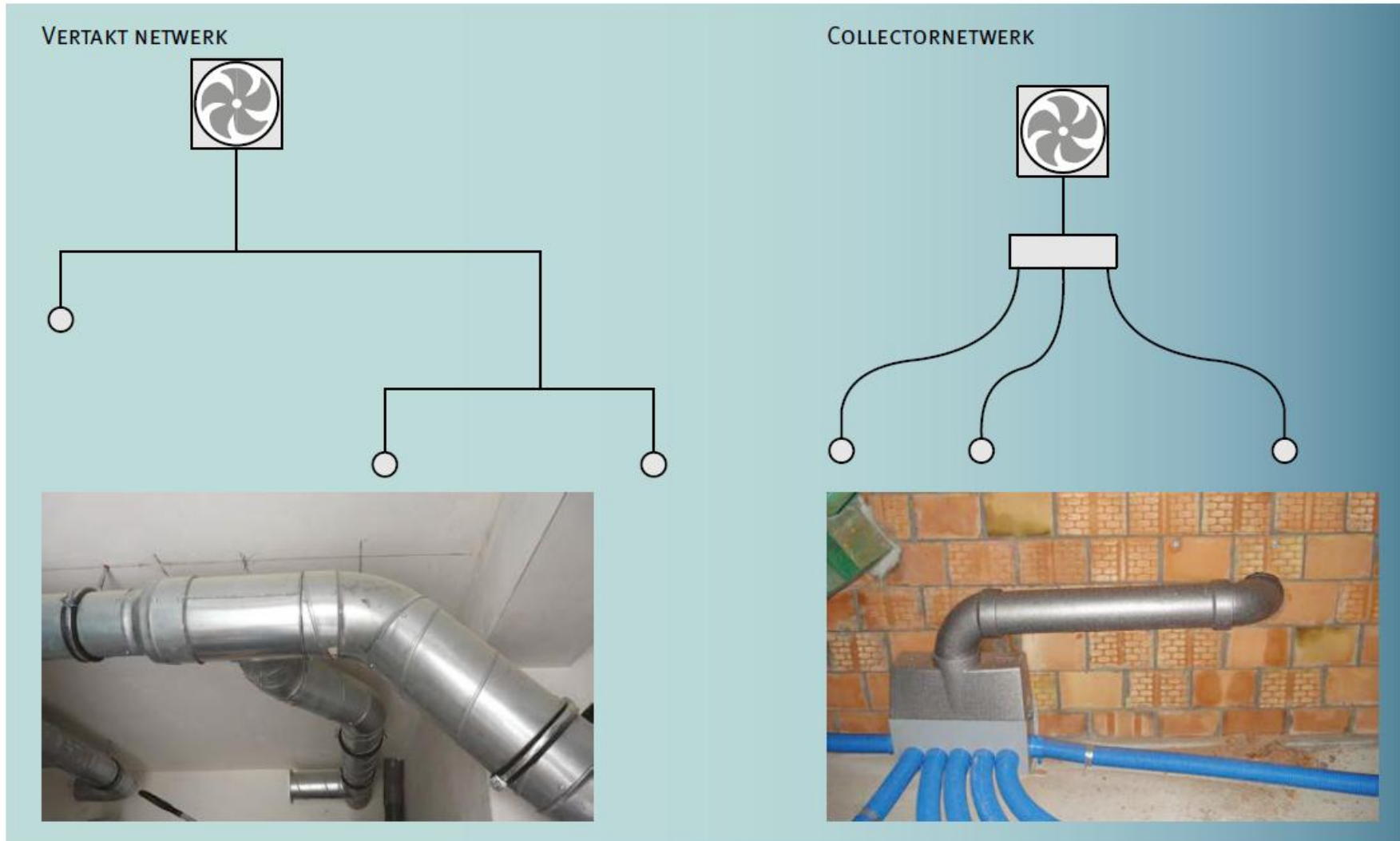
Bron: WTCB infofiche 42

# Stysteem D

## Droge lucht in winter?

- Debieten verminderen (is dit de bedoeling van ventilatie?) – beter is vraaggestuurd
- Vochtterugwinning toestel = contact tussen wat in afvoerlucht zit en aanvoerlucht?
- Planten, waterpartijtje, aparte bevochtiger

# Kanalen: vertakt netwerk of collector?



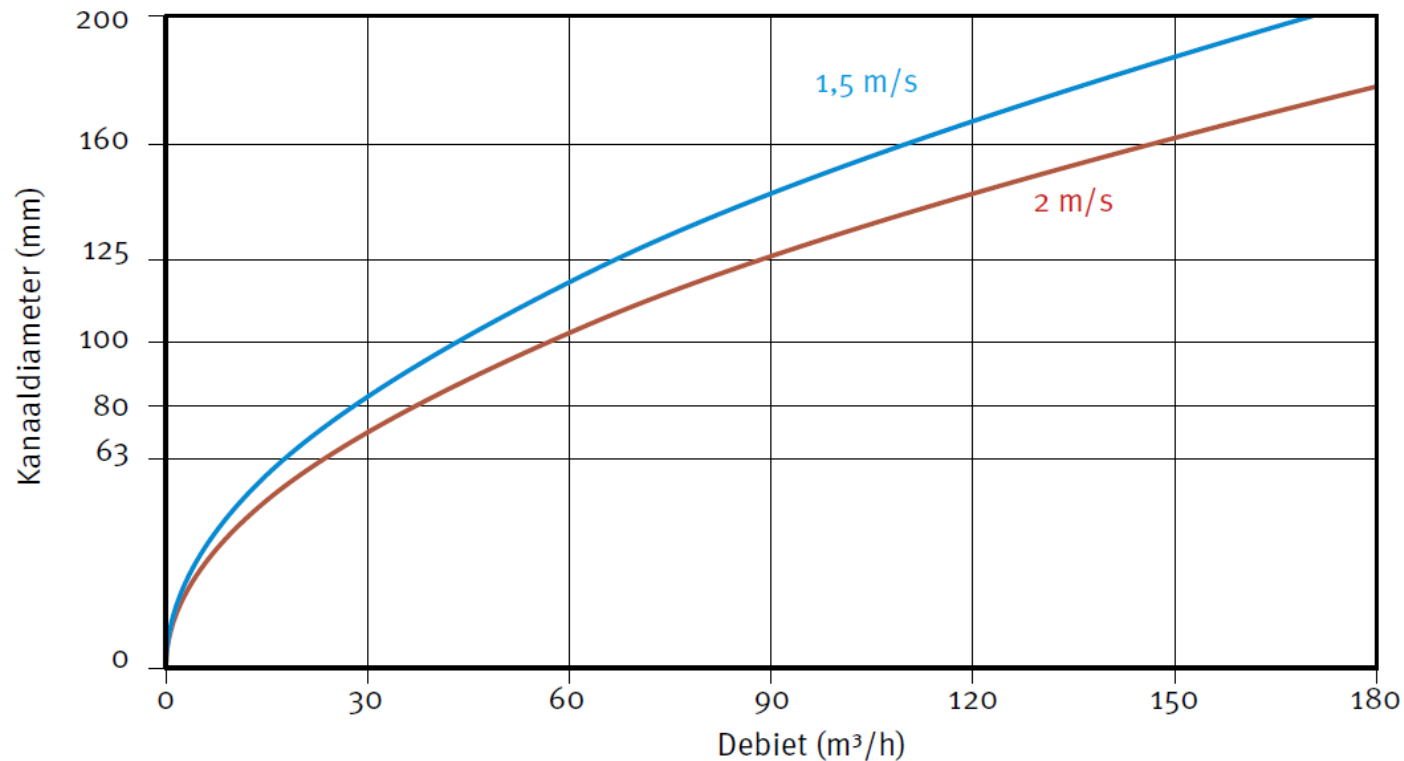
Bron: WTCB TV 258

Afb. 6o Vertakt netwerk en collectornetwerk.

# Kanalen

Glad, strak en rond (geen flexibels, behalve eventueel aan ventilatiegroep)

Luchtsnelheid liefst  $\leq 1,5$  à 2 m/s in eindkanalen



Afb. 41 Verband tussen het debiet en de diameter van ronde kanalen voor luchtsnelheden van 1,5 en 2 m/s.

Bron: WTCB TV 258

# Kanalen

## Kanalen niet vervuild? Luchtdichtheid kanalen



Afb. 83 Kanalen met een fabrieksmatig aangebrachte afdichting: links, starre kanalen; rechts, semi-flexibel kanaal.

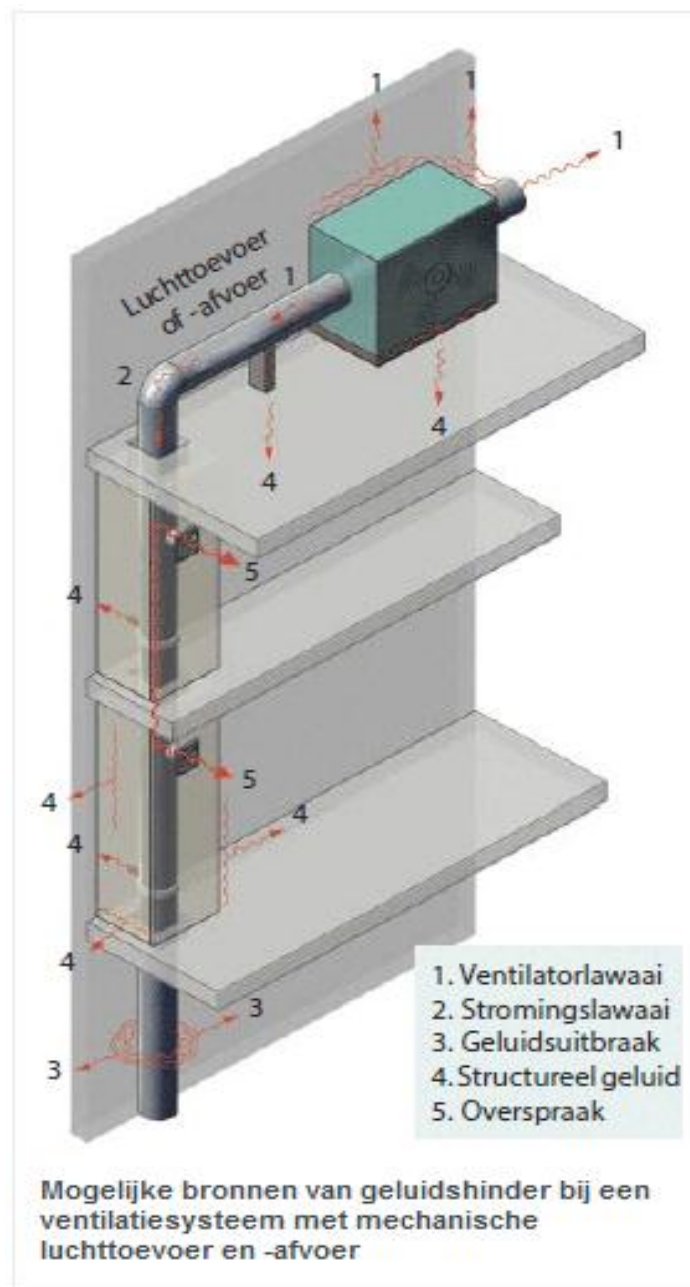


Afb. 87 Soepele manchet voor de aansluiting van het netwerk op de ventilatiegroep. Bron: WTCB TV 258

# Kanalen en akoestiek

## Akoestiek hele systeem

1. Ventilatorlawaai
2. Stromingslawaai
3. Geluidsuitbraak
4. Structureel geluid
5. Overspraak



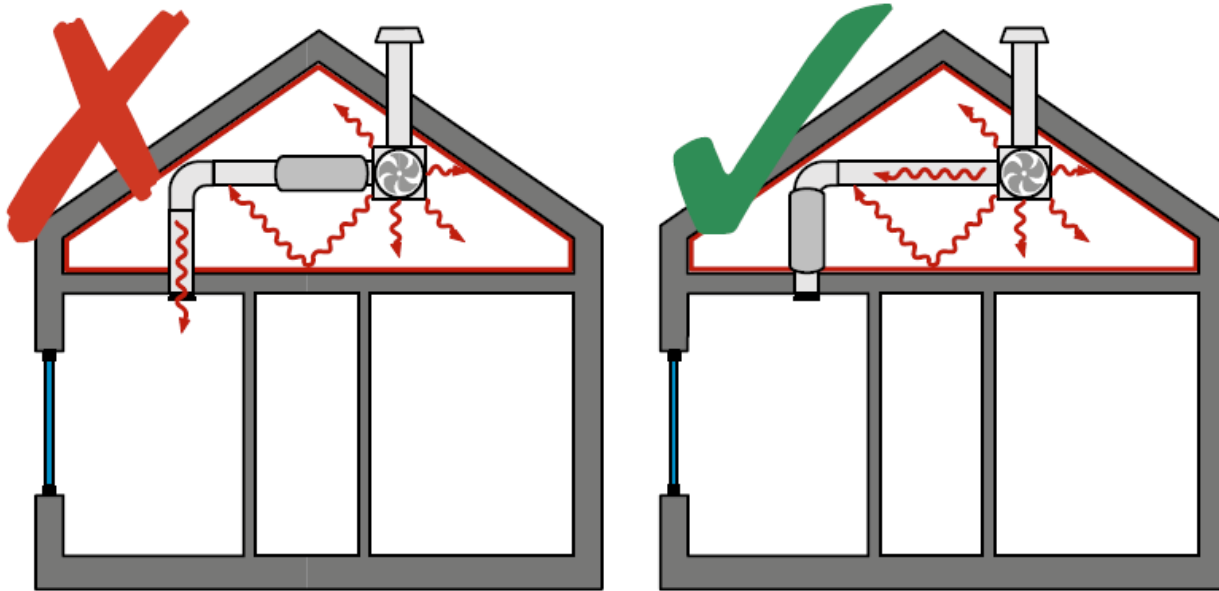
# Ventilatorlawaai

- $\Delta p$  zo laag mogelijk.
- Evalueer technische gegevens (geluidsvermogenenniveaus) voor de verschillende ventilatorgroepen in het gewenste werkingpunt ( $Q$ ,  $\Delta p$ ).
- Licht overgedimensioneerde ventilatiegroep kiezen
- Grote afstand tussen ventilatorgroep en geluidsgevoelige vertrekken
- Geluidisolatie (technische) ruimte / geluiddempende omkasting
- Primaire geluidsdemper (aan ventilator) in het toevoer- en afvoerkanaal
- Primaire geluidsdempers van minstens 90 cm lang met een geluidsabsorberende binnenmantel van minstens 5 cm dik zo dicht mogelijk bij doorgang kanaal door **wand technische ruimte**



Afb. 40 Starre (links) en flexibele (rechts) geluidsdemper.

# Geluiddempers



Afb. 38 De geluiddempers zouden zo dicht mogelijk bij de plaats gelegen moeten zijn waar het hoofdkanaal de wand van de technische ruimte doorboort (aangegeven door de rode lijn) en dit, om te vermijden dat het door de ventilator in de ruimte geïnjecteerde lawaai verder doorgegeven zou worden aan het kanaal na de geluiddempers.

Bron: WTCB TV 258



Afb. 39 De geluiddempers zouden zo dicht mogelijk bij de plaats gelegen moeten zijn waar de hoofdkanaal de wand van de technische ruimte doorboren.



## Stromingslawaai

- Min.  $3 \times D$  afstand tussen ventilator en eerste bocht
- Afstand tussen bochten en aftakkingen min  $4/5 \times D$
- Geen scherpe bochten
- Ventielen op recht kanaalstukken van min  $3 \times D$
- Geluidsdempers werken niet tegen stromingslawaai
- Ventielen reinigen

## Geluidsuitbraak

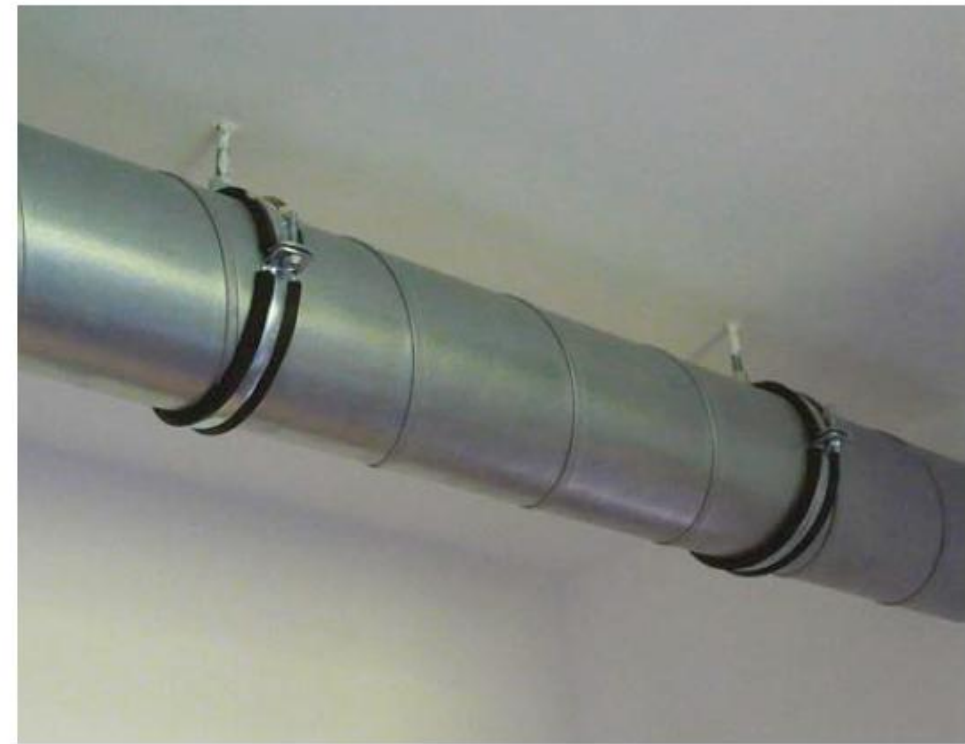
- Geluidsisolerende kokers
- Geluidsisolerend verlaagd plafond

## Structureel geluid

- soepele bevestiging
- soepele doorvoer
- ophanging ventilatiegroep aan zware structuur

## Overspraak

- maximaliseer afstand
- Vermijd directe verbindingen (voordeel collectornetwerk)



Afb. 85 Klemringen voorzien van een soepele trillingsdempende strip.

Bron: WTCB TV 258

# RTO's -ventielen



Afb. 45 Ventiel met oriënteerbare luchtstroom.



Afb. 46 Ventiel met zijdelingse luchtstroom.



Afb. 47 Spiraalvormige diffusor die de luchtvermenging bevordert.



Afb. 48 Lineaire diffusor.

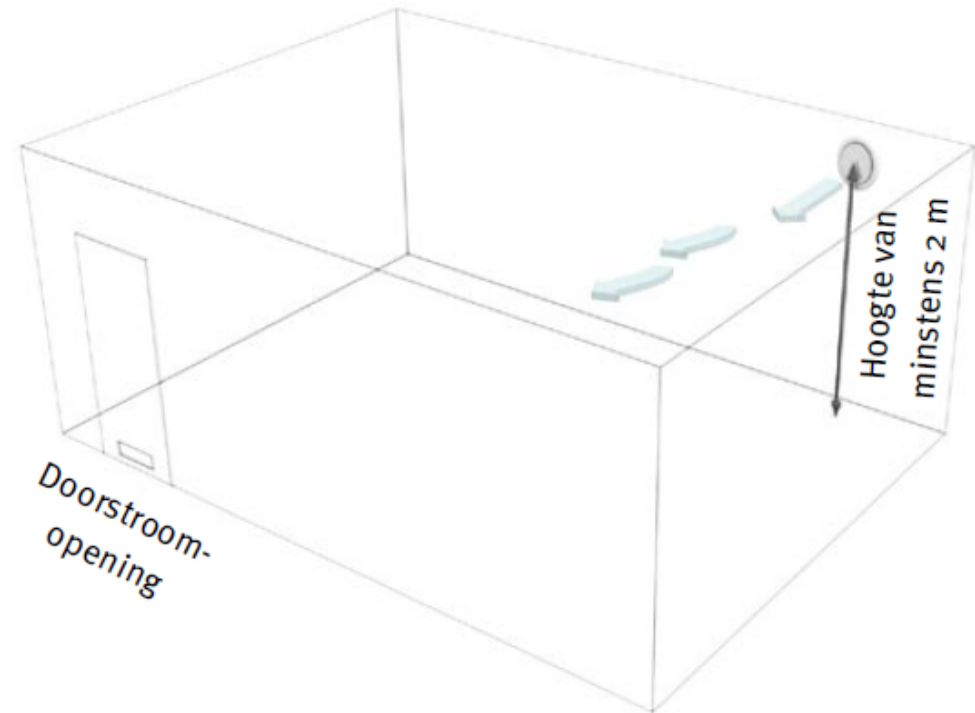


Afb. 49 Ventielen met een weinig of niet-georiënteerde luchtstroom, die geen of slechts een beperkte worp creëren.

# Positie toevoerventiel

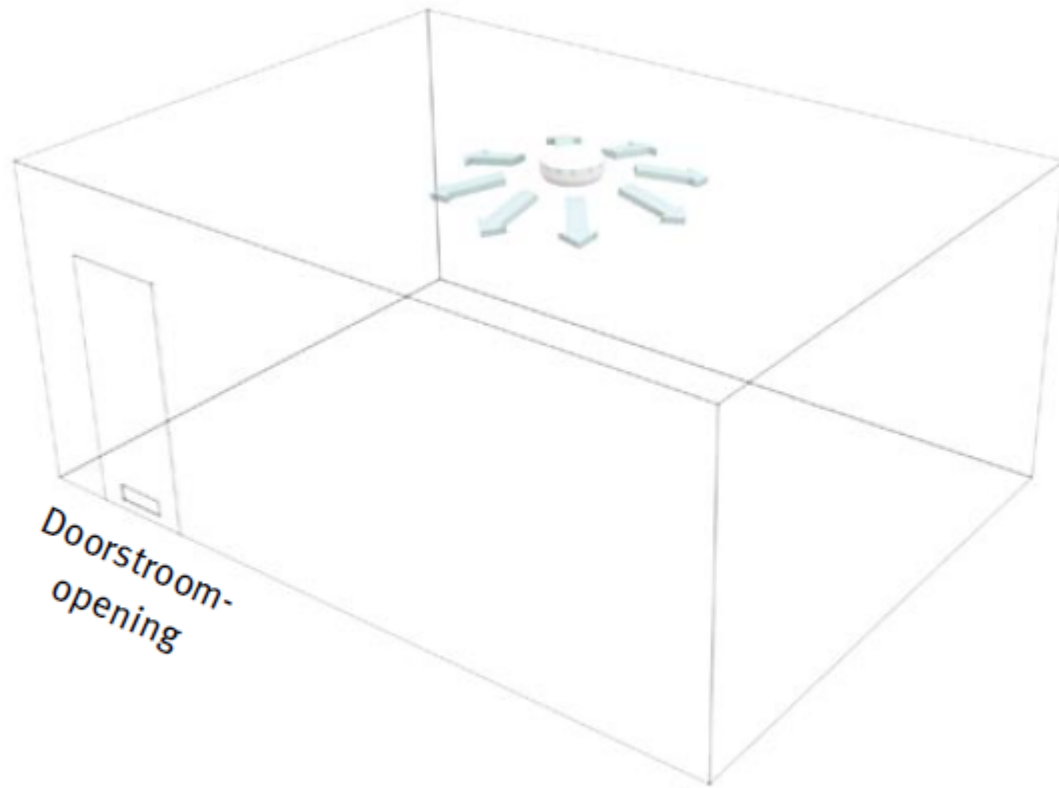


**Afb. 42** Het ventiel moet op een toereikende afstand (minimum 50 cm) van de aangrenzende wanden gelegen zijn.

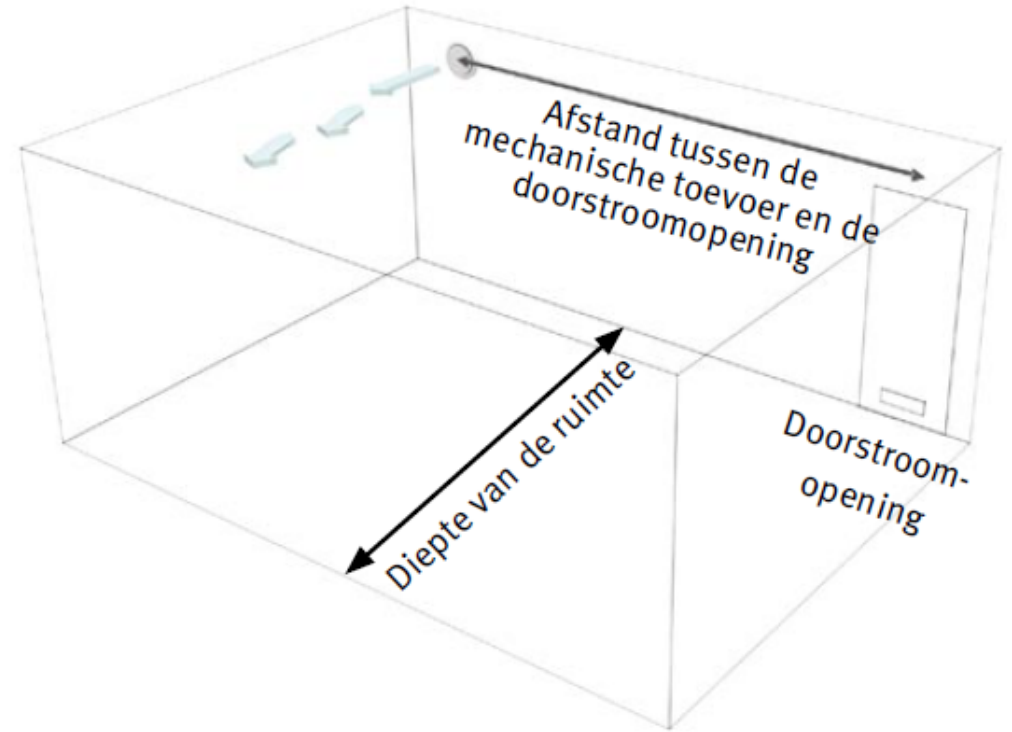


**Afb. 51** Toevoerventiel in een muur dat een horizontale worp op een hoogte van meer dan 2 m boven de grond creëert en diagonaal ten opzichte van de afvoer (via de doorstroomopening) gelegen is.

Bron: WTCB TV 258



**Afb. 52** Toevoerventiel met zijdelingse luchtstroom vanaf een plafond.



**Afb. 53** De mechanische toevoer (met een horizontale worp) en de afvoer (via de doorstroomopening) mogen in dezelfde muur gelegen zijn, op voorwaarde dat de afstand tussen de toevoer en de afvoer groter is dan de diepte van de ruimte.

Bron: WTCB TV 258

# Aanbevelingen

Luchtsnelheid aan ventiel: maximaal 1 m/s (eventueel plenum)

Luchtsnelheid in kamer: maximaal 0,15 à 0,2 m/s

Geen bochten vlak voor ventiel



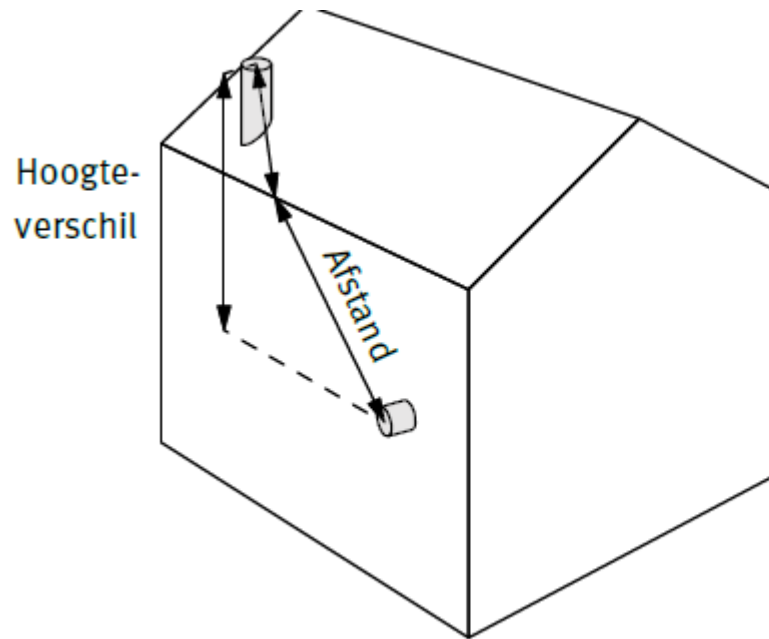
Afb. 44 Plenums die een zekere geluidsdemping (en andere functies: afstelling, meting ...) mogelijk maken.



Afb. 54 Mechanische-afvoerventielen.

Bron: WTCB TV 258

# Positie luchtinlaat en luchtuitlaat



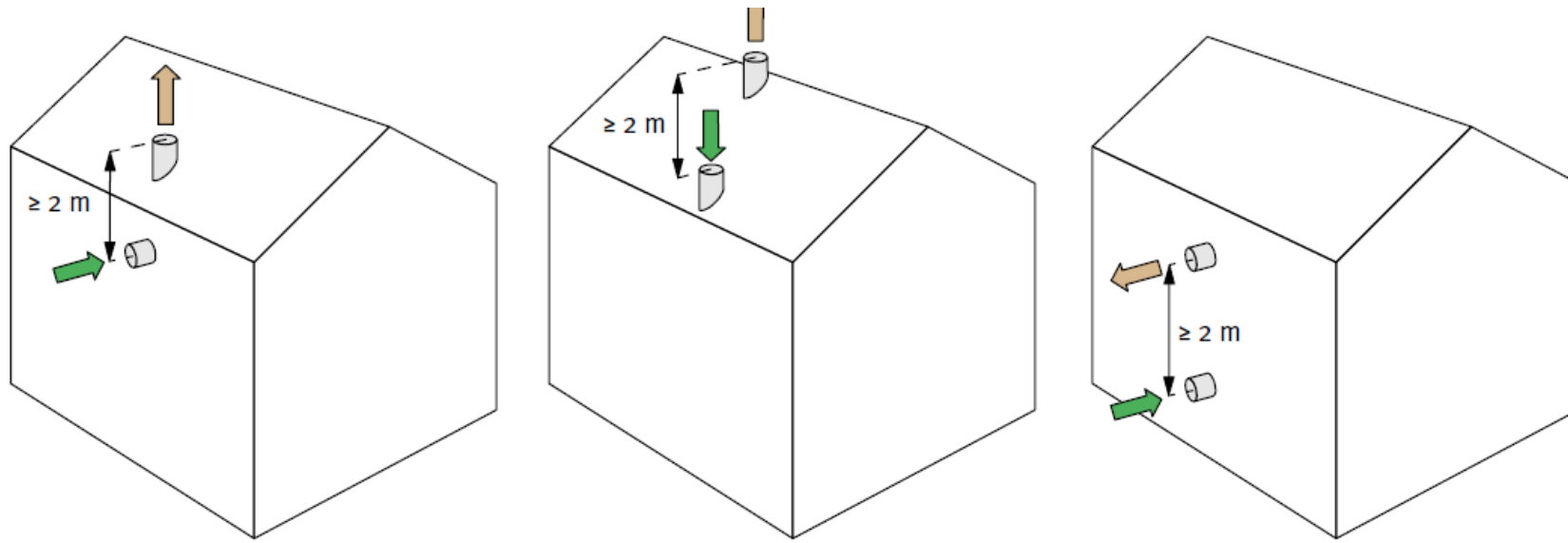
Afb. 19 Absoluut hoogteverschil en kortste afstand die de lucht tussen twee openingen dient af te leggen.

**Uitlaat minstens 2 m hoger dan inlaat**

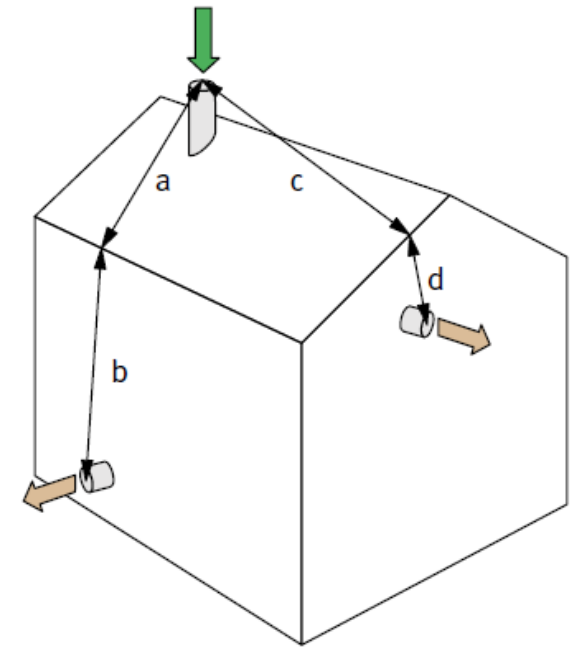
**Of**

**Afstand tussen uitlaat en inlaat groter dan 10 m**

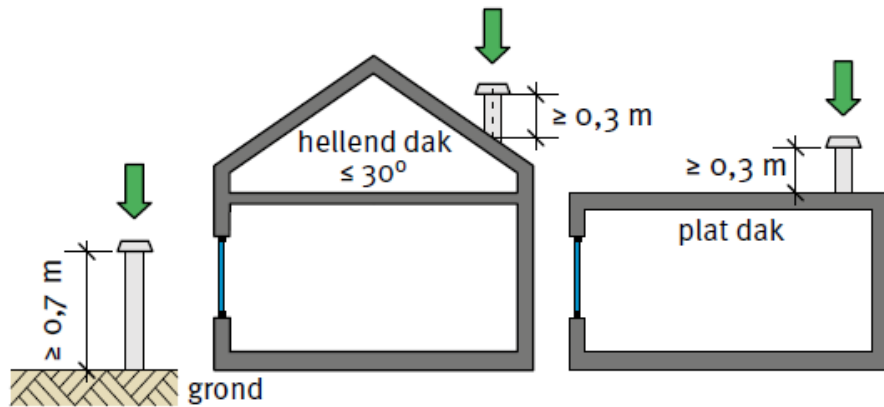
Bron: WTCB TV 258



Afb. 20 Minimaal hoogteverschil van 2 m tussen een luchttoevoeropening en een afvoeropening voor verschillende situaties (de luchttoevoeropening ligt hierbij lager dan de afvoeropening).



Afb. 21 Minimale afstand van 10 m ( $a + b$  en  $c + d$ ) tussen een afvoeropening en een luchttoevoeropening voor verschillende situaties (wanneer het niet mogelijk is om de luchttoevoeropening 2 m lager te plaatsen dan de afvoeropening).



Afb. 23 Minimale hoogte van de luchtinlaat op de grond (links) en op een dak waarvan de helling niet groter is dan  $30^\circ$  (rechts).



Afb. 22 Ongeschikte positie van een luchttoevoeropening, gelet op het risico op een overwoekering door de vegetatie.

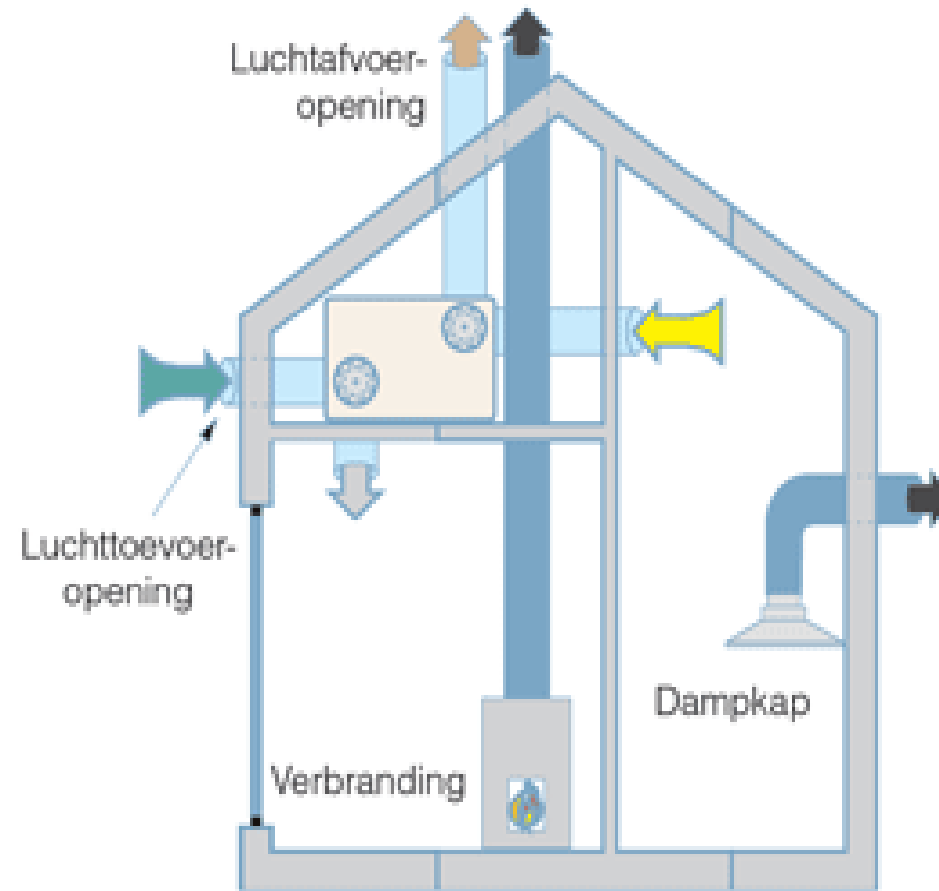
Bron: WTCB TV 258



# Positie luchtinlaat en luchtuitlaat

## Goede oplossing

**Afb. 5** Voorbeeld van luchttoevoer en luchtafvoer via verschillende zijden  
De plaatsing van deze openingen in verschillende muren kan nog een beter resultaat opleveren door ze bijvoorbeeld in twee gevels met verschillende oriëntatie te plaatsen of door de luchttoevoer in een gevel en de afvoer in een hoger gelegen dak te voorzien.



Bron: WTCB infofiche 42

# B. Ventileren

1. Inleiding
2. De systemen
3. De eisen
4. Componenten natuurlijke ventilatie
5. Componenten mechanische ventilatie
- 6. Afstellen, indienststelling, oplevering**
7. Onderhoud

## B.6. Afstellen, in dienststelling, oplevering



Afb. 91 Geblokkeerd en gemarkeerd ventiel (naam van de ruimte, ontwerpdebiet en afstelpositie).

Bron: WTCB TV 258



Afb. 92 Opeenvolgende stappen van de vereenvoudigde afstemmethode.

Bron: WTCB TV 258

# B. Ventileren

1. Inleiding
2. De systemen
3. De eisen
4. Componenten natuurlijke ventilatie
5. Componenten mechanische ventilatie
6. Afstellen, indienststelling, oplevering
- 7. Onderhoud**

# B.7. Onderhoud

Bron: WTCB TV 258

**Tabel 6** Aanbevolen inspectiefrequenties voor de verschillende componenten van een ventilatiesysteem en indicatieve reinigings- en vervangingsfrequenties.

Type component	Systeem				Inspectiefrequentie	Indicatieve reinigingsfrequentie	Indicatieve vervangingsfrequentie
	A	B	C	D			
Natuurlijke-toevoeropeningen	X	–	X	–	3 maanden	1 jaar	–
Luchtinlaten	–	X	–	X	3 maanden	1 jaar	–
Filters	–	(X)	(X)	X	1 maand	3 maanden	1 jaar
Warmtewisselaar	–	–	–	X	1 jaar	3 jaren	–
Ventilatoren :							
– beschermd door een filter	–	(X)	(X)	X	1 jaar	3 jaren	–
– niet beschermd	–	X	X	–	1 jaar	1 jaar	–
Kanalen :							
– star en semi-flexibel (*)	–	X	X	X	3 jaren	9 jaren	–
– flexibel	–	(X)	(X)	(X)	3 jaren	–	9 jaren
Ventielen	–	X	X	X	3 maanden	1 jaar	–
Natuurlijke-afvoeropeningen	X	–	X	–	3 maanden	1 jaar	–
Natuurlijke-afvoerkanalen	X	–	X	–	3 jaren	9 jaren	–
X: van toepassing voor dit systeem; (X): van toepassing indien aanwezig op dit systeem; –: niet van toepassing.							
(*) Voor collectornetwerken, zie § 6.1.8.2 (p. 56).							

VERVANGING VAN EEN FILTER



STAAT VAN EEN WARMTEWISSELAAR NA ENKELE JAREN GEBRUIK



REINIGING VAN EEN KANAAL MET BEHULP VAN EEN ROTERENDE BORSTEL



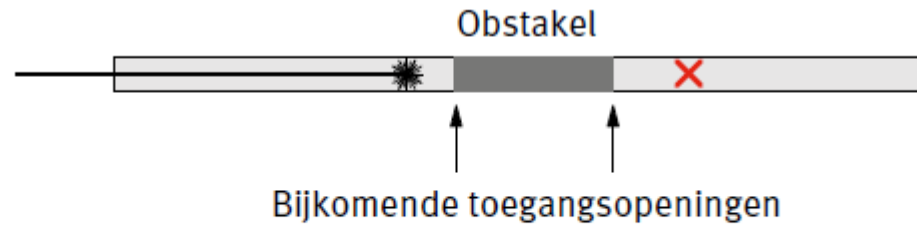
Afb. 95 Enkele aspecten van het onderhoud van een installatie.



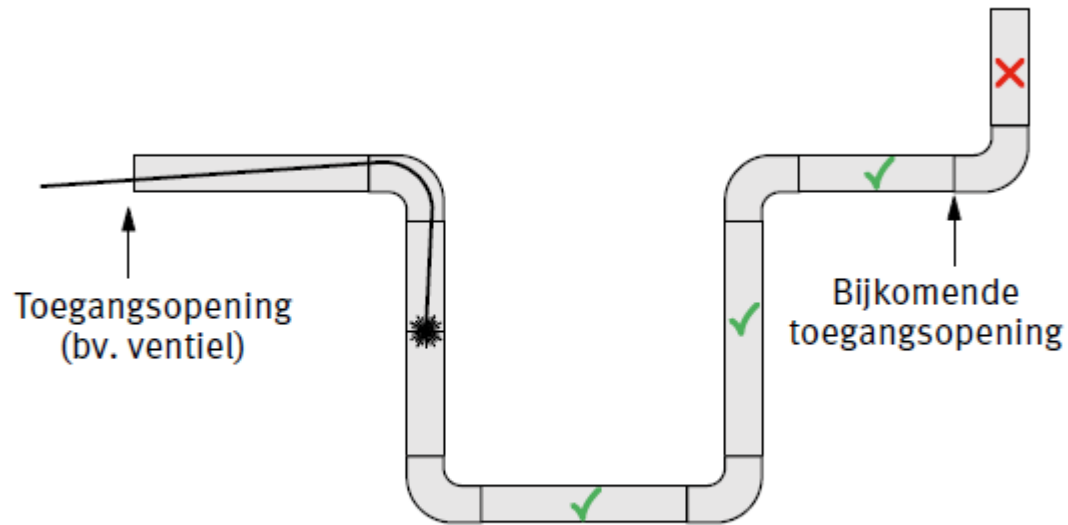
Afb. 71 Toegangsopening op een hoofdkanaal.



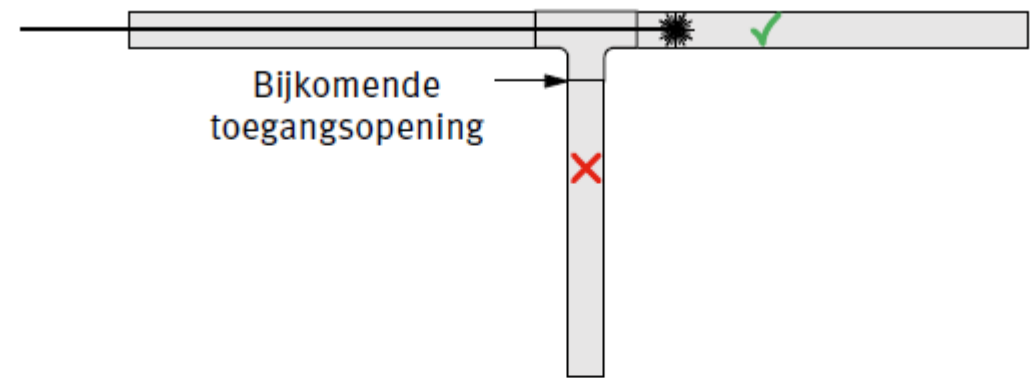
Afb. 73 Voorbeelden van obstakels die de doorgang van de reinigingsborstel verhinderen: afstelklep (links) en geluids-  
demper met schotten (rechts).



**Afb. 72** Er is een bijkomende toegangsopening vereist vóór en na ieder obstakel.



**Afb. 74** Er is een bijkomende toegangsopening vereist indien het aantal bochten van 90° groter is dan of gelijk is aan 4.



**Afb. 75** Er is een bijkomende toegangsopening noodzakelijk bij gebruik van een T-stuk voor de scheiding van de stroom in T-vorm.

Bron: WTTCB TV 258