

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

ENERGIE : BASISPRINCIPES

LENTE 2025

Hoe de luchtdichtheid van een gebouw verzekeren?

Uitdagingen, criteria voor de beoordeling en de meting van de
luchtdichtheid

Muriel BRANDT

écoRce
LOGEMENTS CONSULTANT



- ▶ Wijzen op de invloed van de luchtdichtheid op de globale energiebalans van een gebouw
- ▶ Meegeven van de technische woordenschat met betrekking tot transmissieverliezen
- ▶ De definities, eenheden en grootteordes toelichten
- ▶ Weten hoe een dichte gebouwschil te materialiseren
- ▶ Weten welke maatregelen je moet nemen om ervoor te zorgen dat de schil luchtdicht is



INLEIDING

- ▶ **Definitie**
- ▶ **Infiltraties**
- ▶ **Lucht / waterdampdichtheid**

UITDAGINGEN

- ▶ Waarom luchtdicht maken?

METINGEN & INDICATOREN

- ▶ Blower Door
- ▶ Indicatoren van het luchtdichtheidsniveau

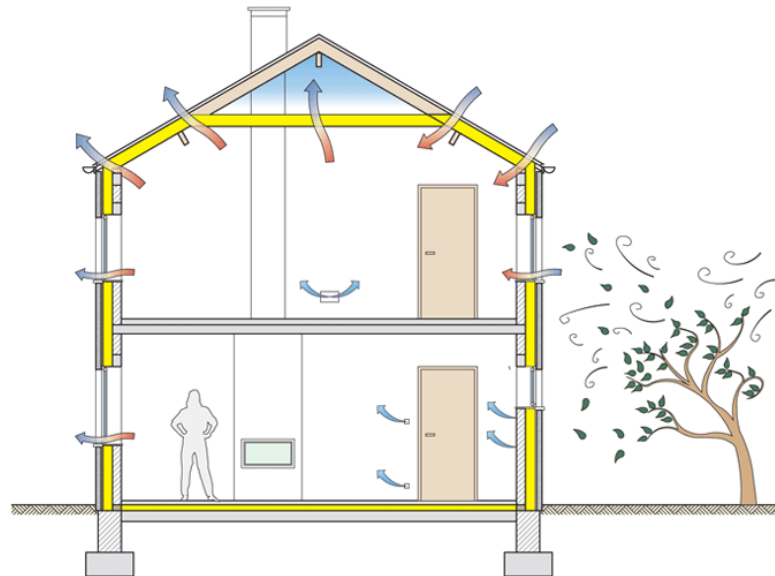
HOE LUCHTDICHT MAKEN?

- ▶ Luchtdicht volume
- ▶ Materialen
- ▶ Inrichtingen



Luchtdichtheid [Bron: Buildwise]

- ▶ *De luchtdichtheid van een gebouw is zijn vermogen om de luchtstromingen van buiten naar binnen toe - maar ook omgekeerd - binnen de perken te houden.*
- ▶ *Deze eigenschap wordt gekwantificeerd door het lekdebiet doorheen de gebouwschil bij een gegeven drukverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving. In België wordt de luchtdichtheid uitgedrukt bij een drukverschil van 50 Pa*

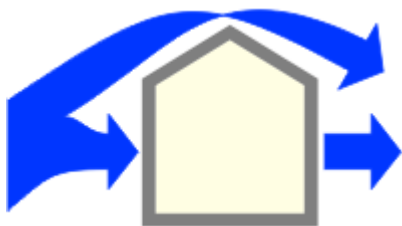


Bron: Buildwise



Fysisch verschijnsel

- ▶ Drukverschil tussen binnen- en buitenomgeving (0 tot 100 Pa)
→ Luchtmigratie
 - Wind
Druk/onderdruk op de gevels



Bron: energie+



- Temperatuur
Verwarming → Uitzetting van de omgevingslucht → overdruk

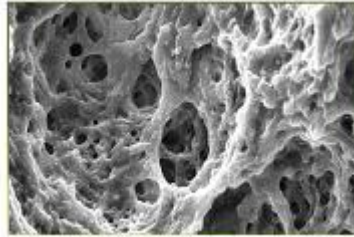


Bron: energie+



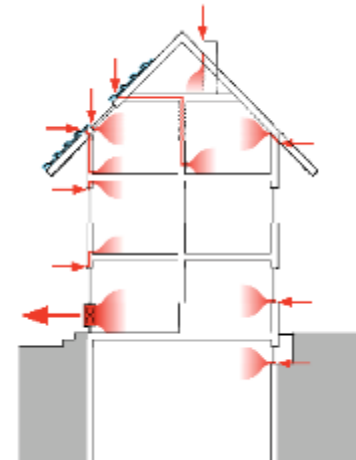
Waar komen de lekken vandaan?

- Porositeit van de materialen



Microscopische foto van weefsel

- Non-continuïteit tussen bouwelementen
 - Verbindingen tussen scheidingsconstructies / materialen / ramen
 - Constructiefouten
 - Deurlijsten en vensterramen > openend/vast
 - Doorbrekingen
 - ...

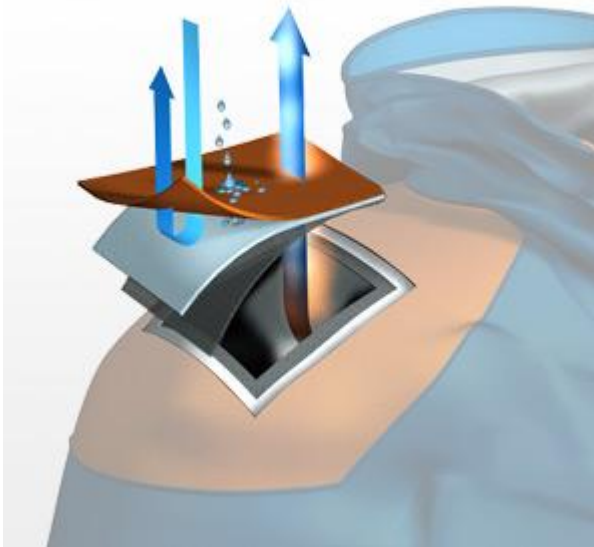


Bron : energie+



Luchtdichtheid ≠ waterdampdichtheid

- ▶ Dichte en ademende gebouwschil = nieuwe jas uit Gore-Tex®,
- ▶ Niet-dichte, dampondoorlatende gebouwschil = jas uit plastic met gaatjes



Bron: GORE-TEX



INLEIDING

- ▶ Definitie
- ▶ Infiltraties
- ▶ Lucht/waterdampdichtheid

UITDAGINGEN

- ▶ **Waarom luchtdicht maken?**

METINGEN & INDICATOREN

- ▶ Blower Door
- ▶ Indicatoren van het luchtdichtheidsniveau

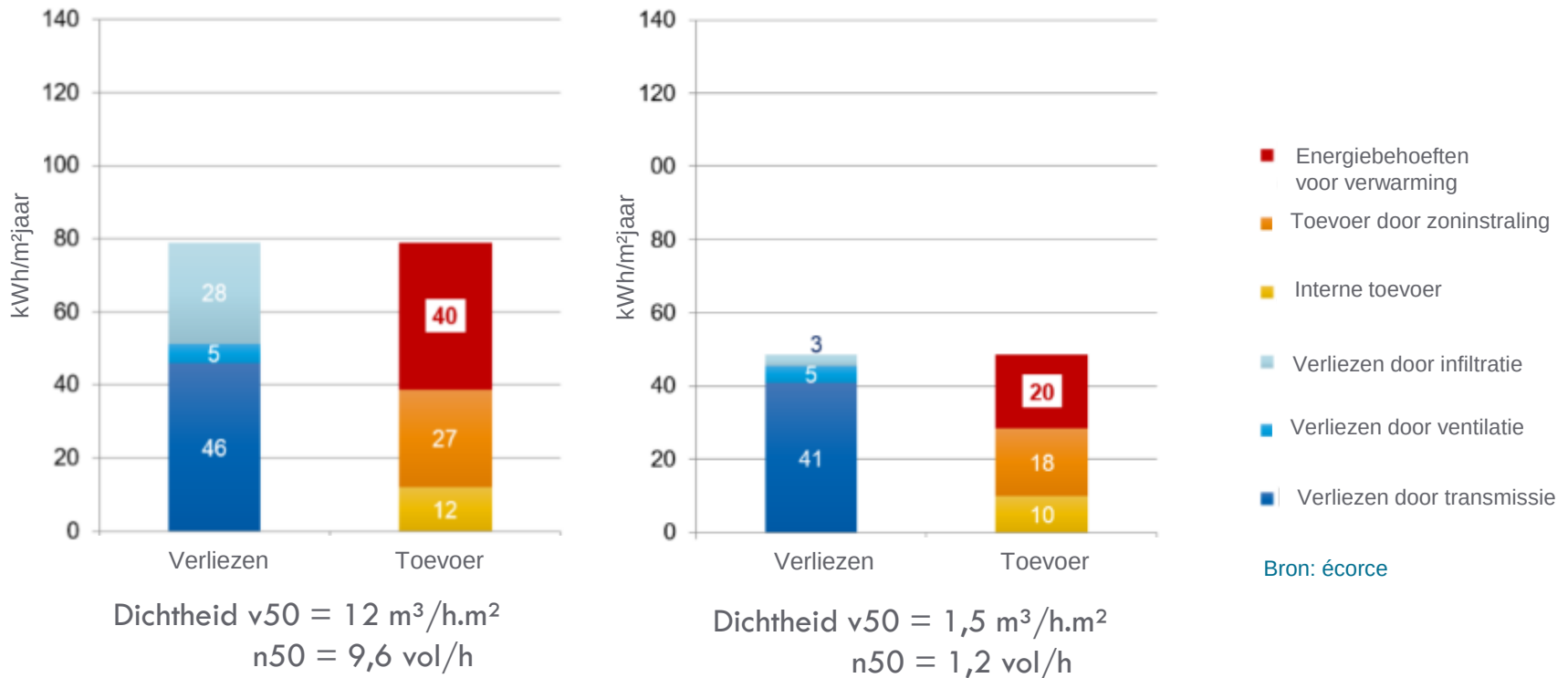
HOE LUCHTDICHT MAKEN?

- ▶ Luchtdicht volume
- ▶ Materialen
- ▶ Inrichtingen



De warmteverliezen beperken (ongecontroleerde ventilatie)

- Energiebalans: invloed van de luchtdichtheid op vermindering van de verwarmingsbehoefte

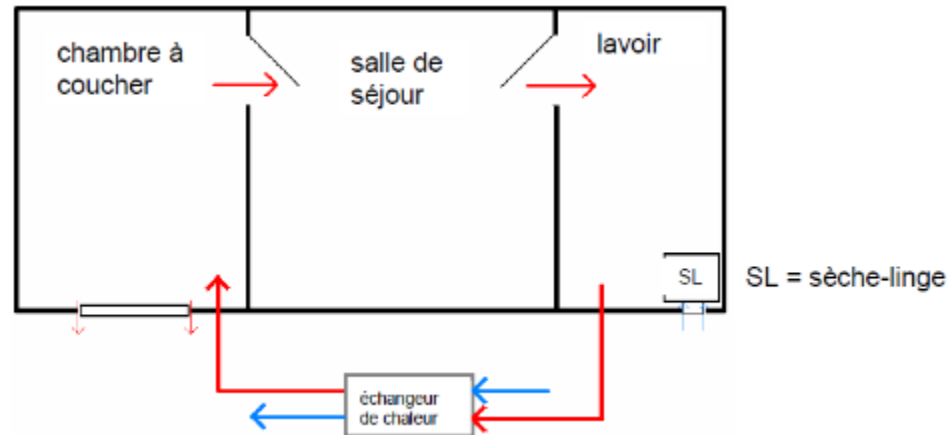


⇒ **Behoeften worden door 2 gedeeld !**



De goede werking van de ventilatie bevorderen

- ▶ Als lekdebiet (n_{50}) $\nearrow$, rendement GMV (η_{GMV}) $\searrow$
 - Afgevoerde lucht is kouder (vermenging van buiten- en binnenlucht)
 - Temperatuurverschil tussen afgevoerde lucht en toegevoerde buitenlucht is kleiner



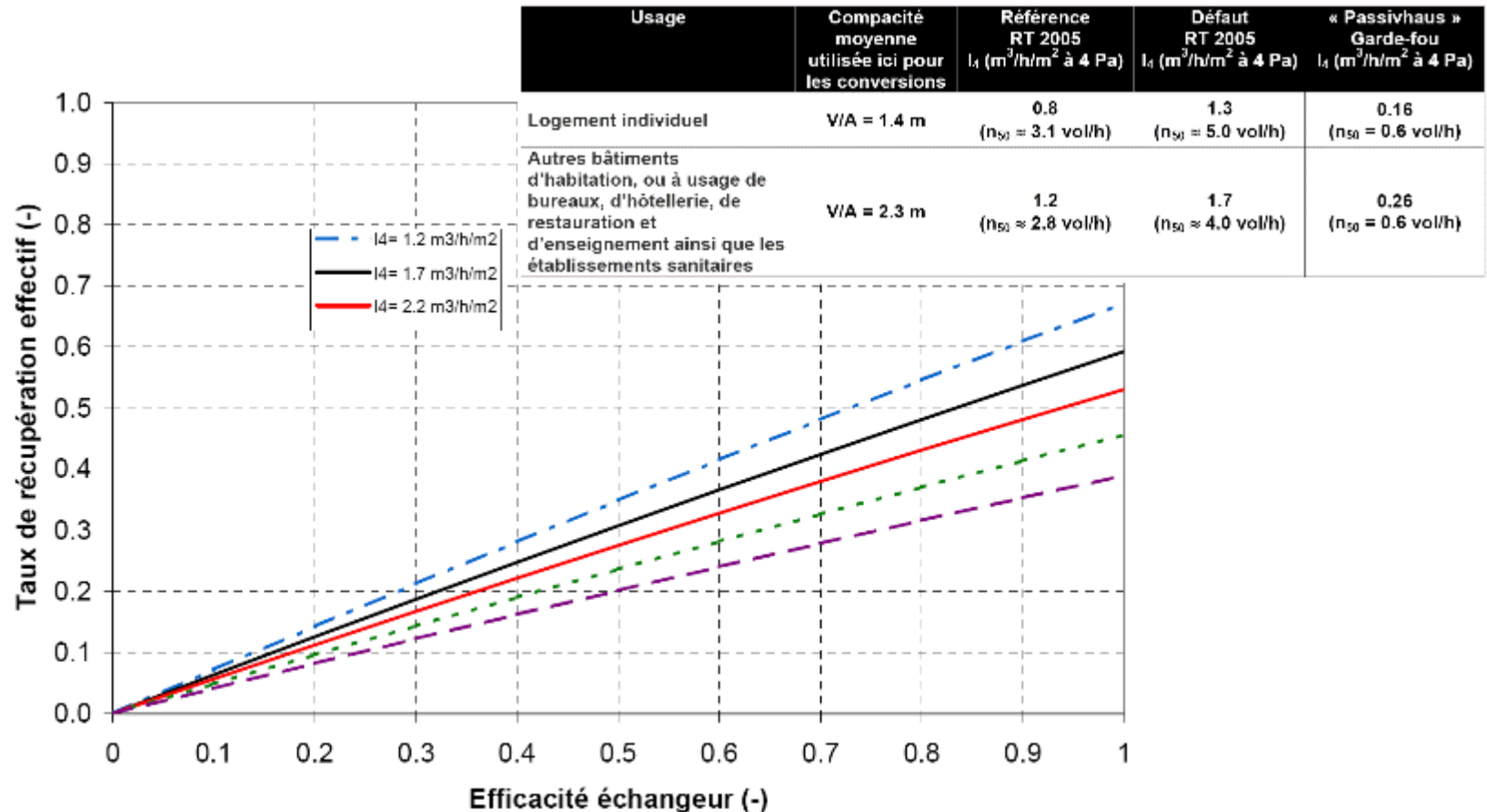
Bron: PRO-CLIMA

Ventilatie en luchtdichtheid gaan samen



De goede werking van de ventilatie bevorderen

- Als lekdebiet (n_{50}) $\nearrow$, rendement GMV (η_{GMV}) $\searrow$



INLEIDING

- ▶ Definitie
- ▶ Infiltraties
- ▶ Lucht/waterdampdichtheid

UITDAGINGEN

- ▶ Waarom luchtdicht maken?

METINGEN & INDICATOREN

- ▶ **Blower Door**
- ▶ **Indicatoren van het luchtdichtheidsniveau**

HOE LUCHTDICHT MAKEN?

- ▶ Luchtdicht volume
- ▶ Materialen
- ▶ Inrichtingen

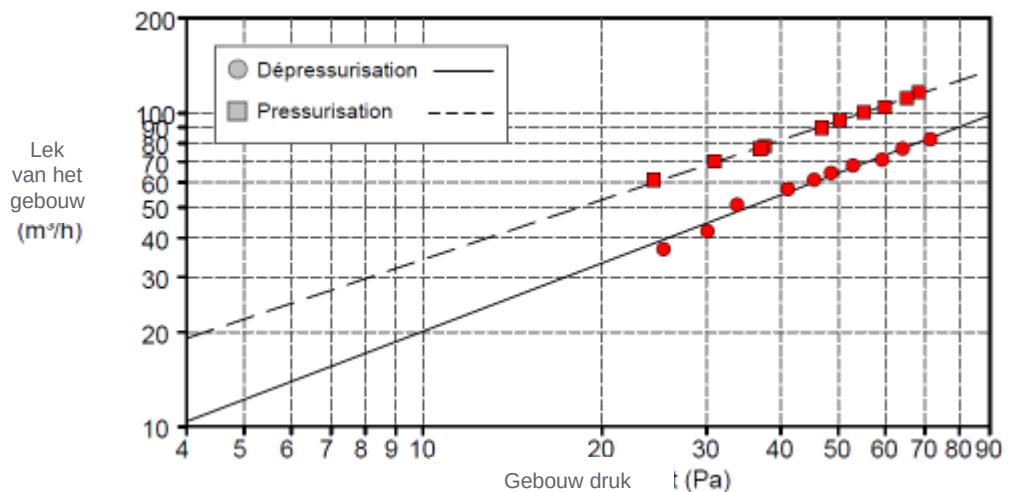


Definitie

- ▶ Ook blaasdeurtest, over- en onderdruktest of infiltrometrietest genoemd
- ▶ Bestaat uit het in onderdruk en in overdruk brengen van de ruimten met behulp van een ventilator en (facultatief) uit het detecteren van de plaatsen waar lucht doorheen de gebouwschil gaat.



Bron: écorce

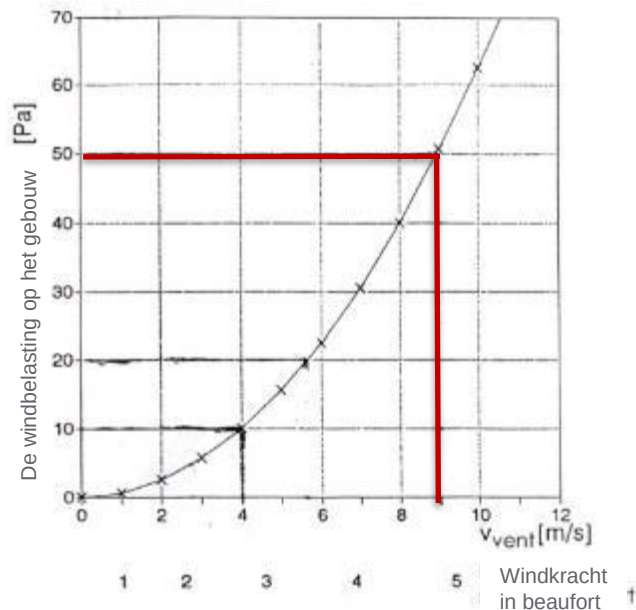


Meetvoorwaarden

- Als basis voor alle waarden geldt een drukverschil van 50 Pa tussen de binnen- en de buitenomgeving

Als een exact gewicht van 0,1 kg inwerkt op een oppervlakte van 1 m², wordt een druk van 1 Pascal gegenereerd. Bij 5 kg of een WK van 5 mm wordt een druk van 50 Pascal bereikt.

In werkelijkheid kan de winddruk op de gevel variëren tussen 0 en 100 Pa. In België gaat men gemiddeld uit van een drukverschil van 2 Pa tussen binnen en buiten.



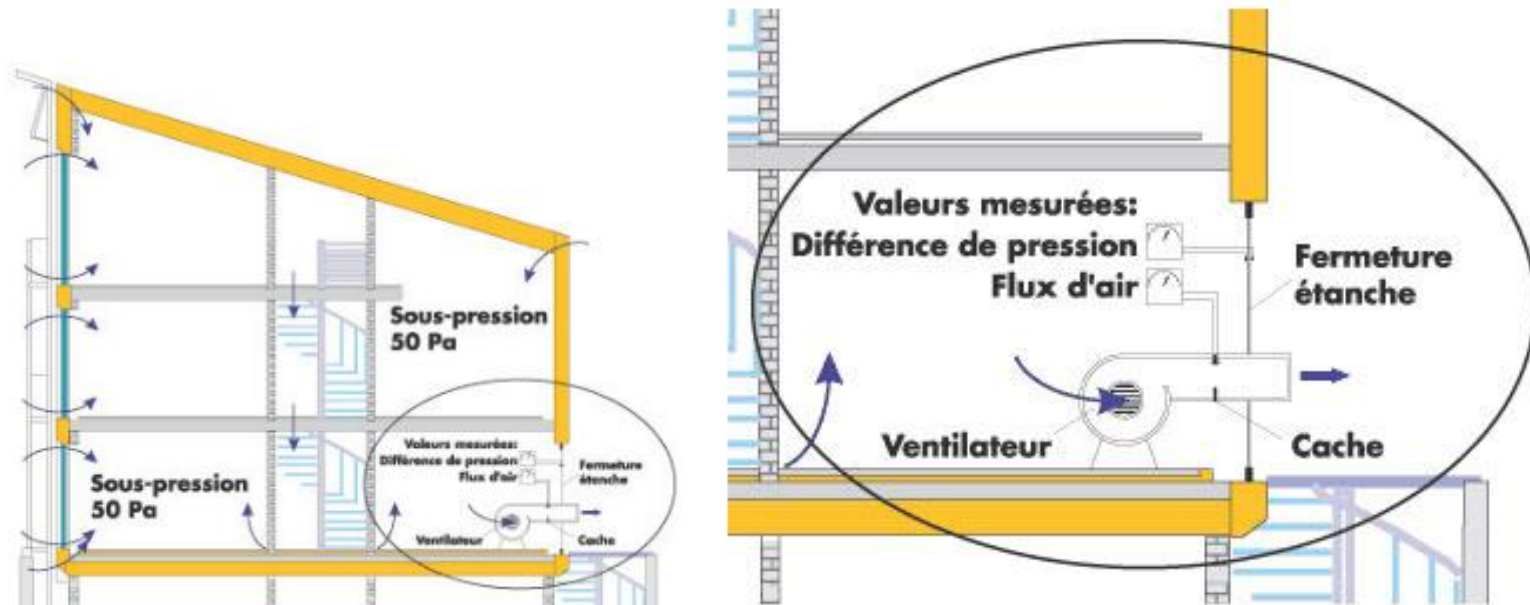
Bft	Benaming	Gemiddelde wind-snelheid				Kenmerken
		m/s	knopen	km/u	mi/u	
0	Windstil	<0.2	<1	<1	<1	Rook stijgt (recht) omhoog
1	Zwak	0.3 - 1.5	1 - 3	1 - 5	1 - 3	Rookpluimen geven richting aan
2	Zwak	1.6 - 3.3	4 - 6	6 - 11	4 - 7	Bladeren ritselen
3	Matig	3.4 - 5.4	7 - 10	12 - 19	8 - 12	Bladeren en twijgen voortduren in beweging
4	Matig	5.5 - 7.9	11 - 16	20 - 28	13 - 18	Stof en papier dwarrelen op
5	Vrij krachtig	8.0 - 10.7	17 - 21	29 - 38	19 - 24	Takken maken zwaaiende bewegingen
6	Krachtig	10.8 - 13.8	22 - 27	39 - 49	25 - 31	Grote takken bewegen
7	Hard	13.9 - 17.1	28 - 33	50 - 61	32 - 38	Bomen bewegen
8	Stormachtig	17.2 - 20.7	34 - 40	62 - 74	39 - 46	Twijgen breken af
9	Storm	20.8 - 24.4	41 - 47	75 - 88	47 - 54	Takken breken af. Dakpannen waaien weg
10	Zware storm	24.5 - 28.4	48 - 55	89 - 102	55 - 63	Bomen worden ontworteld
11	Zeer zware storm	28.5 - 32.6	56 - 63	102 - 117	64 - 74	Uitgebreide schade aan bossen en gebouwen
12	Orkaan	>32.6	>63	>117	>74	Niets blijft meer overeind

Bron: BlowerDoor GmbH: Minneapolis Blower Door, in: Anwenderhandbuch Modell 4; Springe, 2002



NBN EN 13829

- Thermische eigenschappen van gebouwen – Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen – Overdrukmethode (ISO 9972:1996, gewijzigd)
- Meetproces



Bron: lamaisonpassive.be



NBN EN 13829

- ▶ De norm beschrijft twee types beproevingsmethode, afhankelijk van het nagestreefde doel.
- ▶ Deze twee methodes vereisen een verschillende voorbereiding van het gebouw
 - Methode A (beproeving van een gebouw in gebruik)

De toestand van de gebouwschil moet overeenstemmen met de toestand ervan tijdens het seizoen waarin de systemen worden gebruikt.

⇒ **Vereiste methode voor valorisatie bij passief en EPB-certificering**

- Methode B (beproeving van de gebouwschil)

Ieder bewuste opening in de gebouwschil moet worden gesloten of afgedicht, zoals gespecificeerd in 4.b.I en 4.b.II.

⇒ **Maakt het mogelijk de luchtdichtheid te beoordelen tijdens de werken**

⇒ **Aanvullend op testmethode A, zeker als de eisen hoog zijn**



V_{50} [m³/h]

- ▶ Totaal lekdebiet bij een drukverschil van **50 Pascal**
- ▶ Gemiddelde van het gemeten debiet bij **overdruk** en bij **onderdruk**



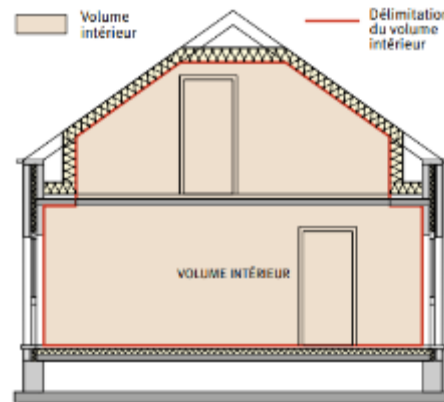
v_{50} [m³/h.m²]

- ▶ Totaal lekdebiet per m² verliesoppervlakte A_t [m²] bij een drukverschil van 50 Pascal
- ▶ Waarde die in de EPB-software wordt ingevoerd
- ▶ Komt overeen met V_{50}/A_t
- ▶ A_t : verliesoppervlakte van het beschermd volume [m²]



n_{50} [$\text{m}^3/\text{h.m}^3$ of $1/\text{h}$]

- ▶ Aantal luchtverversingen per uur bij een drukverschil van 50 Pa
- ▶ $n_{50} = V_{50} / V_{\text{binnen}}$
 - V_{binnen} = nettobinnenvolume
 - Definitie: *Bewust geklimatiseerde ruimte in een gebouw of gebouwdeel onderworpen aan de test, die in het algemeen niet de zolderruimte en evenmin de kelderruimte of bijgebouwen en aanbouwen omvat.*



Bron: Buildwise TV 255

- ▶ Om aan de criteria van de passiefnorm te voldoen: $n_{50} < 0,6$
- ▶ Door te delen door 20 wordt een benadering van de gemiddelde infiltratiedebieten over een periode van een jaar verkregen



**Niet verwarren:**

- n_{50} : luchtverversingsdebiet [vol/h] (lekdebiet in verhouding tot het binnenvolume van het gebouw → Gebruikt in PHPP)

$$n_{50} = \dot{V}_{50} / V$$

- $\dot{v}_{50}$: luchtdoorlaatbaarheid van de gebouwschil [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$] (lekdebiet in verhouding tot de oppervlakte van de gebouwschil) → Gebruikt in EPB

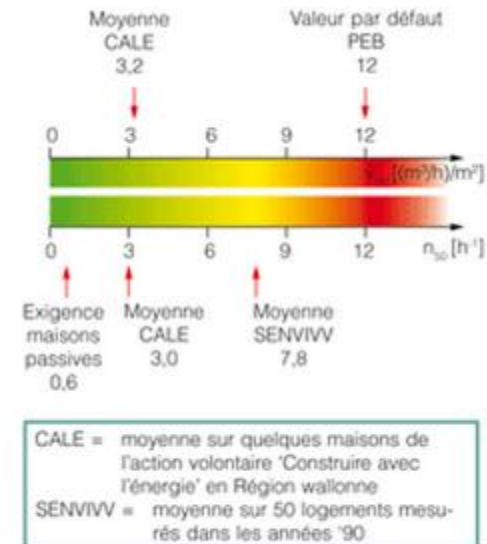
$$\dot{v}_{50} = V_{50} / A_t$$



Grootteordes



- ▶ Niet-gerenoveerd oud gebouw : $n_{50} \approx 7,8$ vol/h
- ▶ Passieflabel: $n_{50} \leq 0,6$ vol/h
- ▶ Waarde bij ontstentenis EPB: $\dot{v}_{50} = 12$ m³/h.m²



Bron: Buildwise

Fig. 1 Valeurs repères pour $\dot{v}_{50}$ et n_{50} .

Werking van de ventilatie

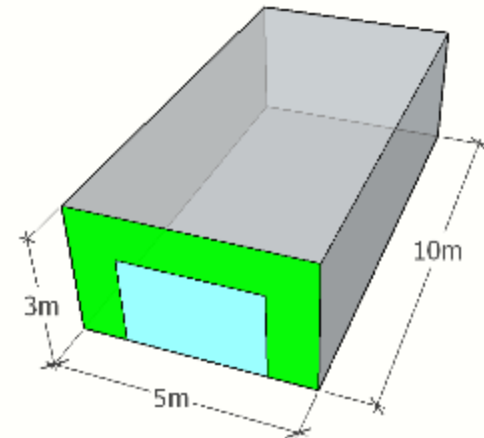
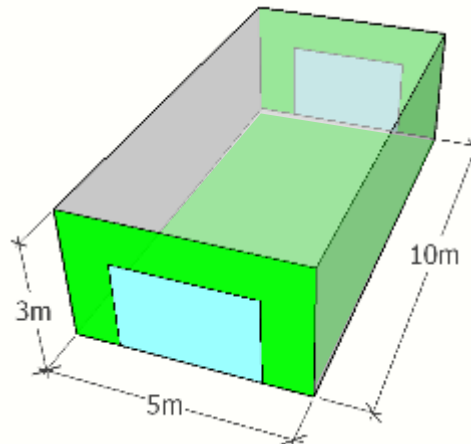
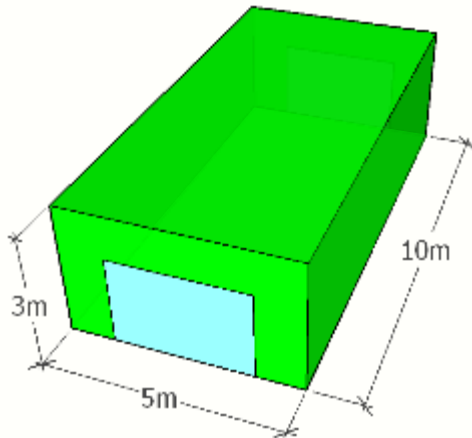
- ▶ 3 vol/h als het gebouw wordt geventileerd door een mechanisch systeem van het type B, C of D.
- ▶ 1 vol/h als het gebouw wordt geventileerd door een mechanisch systeem met dubbele stroom uitgerust met een recuperator voor warmteterugwinning.





Oefening

- Bereken de v_{50} voor de volgende 3 gevallen, bij $n_{50} = 0,6$ Vol/h,
 - Geval 1: vrijstaande eenheid (6 verlieszijden)
 - Geval 2: doorgaande eenheid, op grond (3 verlieszijden)
 - Geval 3: eenheid met één vrije zijde (1 verlieszijde)





Oefening

	Verlies- oppervlakte At [m ²]	Volume [m ³]	n ₅₀ [vol/h]	V ₅₀ [m ³ /h]	V ₅₀ [m ³ /h.m ²]
Geval 1: Vrijstaand			0,6		
Geval 2: Doorgaand, op grond			0,6		
Geval 3: Een vrije zijde			0,6		





Oefening

	Verlies- oppervlakte At [m ²]	Volume [m ³]	n ₅₀ [vol/h]	V ₅₀ [m ³ /h]	V ₅₀ [m ³ /h.m ²]
Geval 1: Vrijstaand	190	150	0,6	90	0,47
Geval 2: Doorgaand, op grond	80	150	0,6	90	1,12
Geval 3: Een vrije zijde	15	150	0,6	90	6



INLEIDING

- ▶ Definitie
- ▶ Infiltraties
- ▶ Lucht / waterdampdichtheid

UITDAGINGEN

- ▶ Waarom luchtdicht maken?

METINGEN & INDICATOREN

- ▶ Blower Door
- ▶ Indicatoren van het luchtdichtheidsniveau

HOE LUCHTDICHT MAKEN?

- ▶ **Luchtdicht volume**
- ▶ **Materialen**
- ▶ **Inrichtingen**



Afbakening van het luchtdicht volume

- ▶ Op elk plan en elke doorsnede van het gebouw moet met een doorlopende lijn de grens van het luchtdichte volume kunnen worden aangegeven
- ▶ Het geïsoleerd volume = het luchtdicht volume
- ▶ Dichte laag aan de binnenkant/de warme kant van de isolatie.

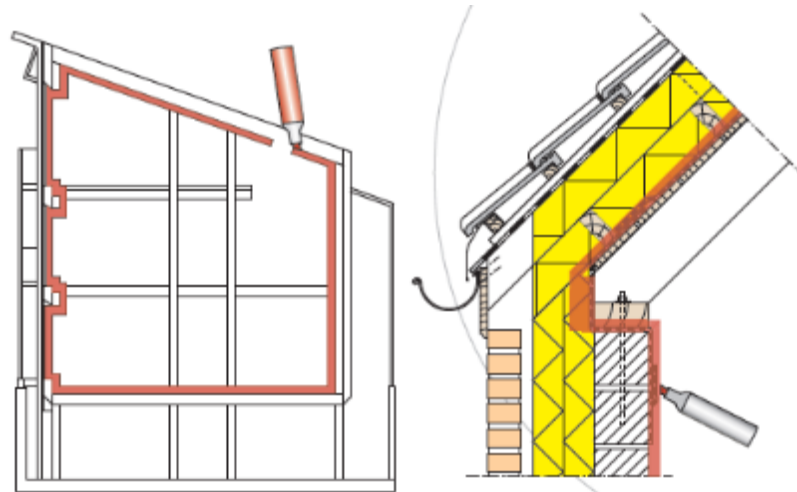


Fig. 4 Schémas de principe et de détail représentant la position de l'écran à l'air (trait rouge)

Bron: WTCB Contact nr.33 (1-2012)

⇒ In de praktijk moet men dus weten hoe de “delicate” verbindingen zullen worden gerealiseerd: muur-dak, muur-venster, muur-vloer, dak-dakraam ...



Afbakening van het luchtdicht volume - Welke ruimten omvat het?

- ▶ Garage

⇒ **A priori niet in het beschermd/luchtdicht volume**

- ▶ Lokalen die voortdurende natuurlijke ventilatie vereisen

- Vuilnislokalen
- Gasmeterlokalen
- Stookruimte

⇒ **A priori niet in het beschermd/luchtdicht volume**

- ▶ Toegang tot aanpalende niet-verwarmde ruimten

- Zolder, garage, enz.

⇒ **Naargelang het geval ... Ontwerpkeuzes!**

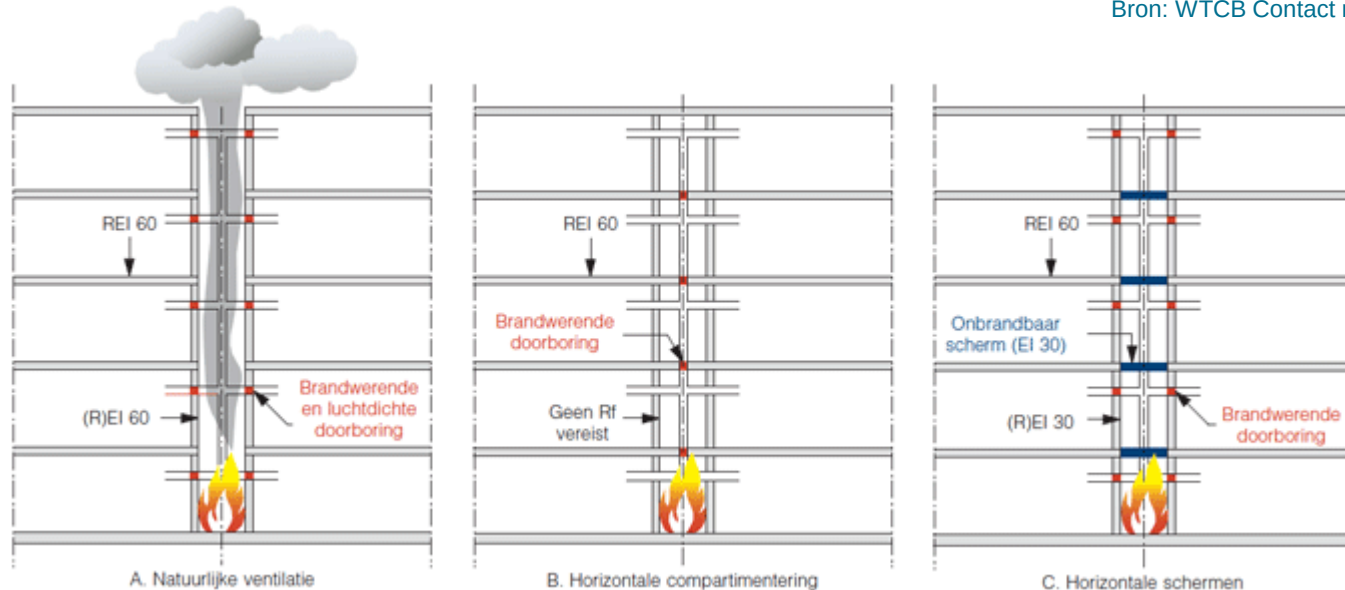


Afbakening van het luchtdicht volume - Welke ruimten omvat het?

- Technische kokers

⇒ Volgens het principe van brandcompartimentering.
Ontwerpkeuzes!

Bron: WTCB Contact nr.33 (1-2012)



Compartimentering

Verticaal

Horizontaal

Verticaal en
horizontaal

Geventileerd?

Ja

Neen

Neen

In dicht volume?

KO*

OK

OK



*Behalve indien Bluekit

Massiefbouw

- ▶ Luchtdichtingsmateriaal = **Continu pleisterwerk zonder enige scheur**
 - Pleisterwerk : gips, kalk, klei, mortex, cementering ...



Bron : Knauf



Bron : Maison.com



Bron : BEAL



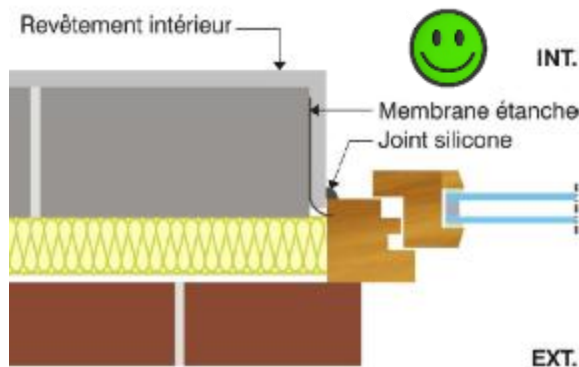
Massiefbouw

- ▶ Luchtdichtingsmateriaal = **Continu pleisterwerk zonder enige scheur**
 - Continu : zonder onderbreking tot aan het volgende dichte element

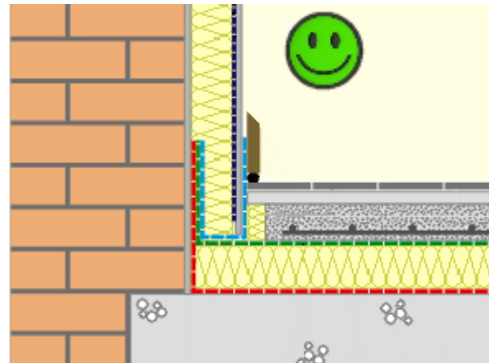
Bepleisteren van dagkanten

Elektriciteit verzonken in pleister

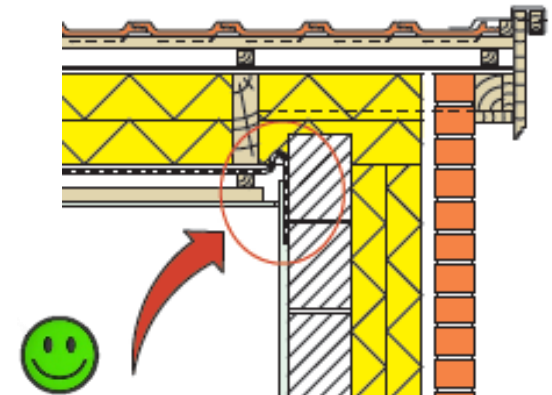
Passende membranen bij de aansluitingen



Aansluiting raam/muur
Bron: energie+



Aansluiting muur/vloerplaat
Bron: energie+

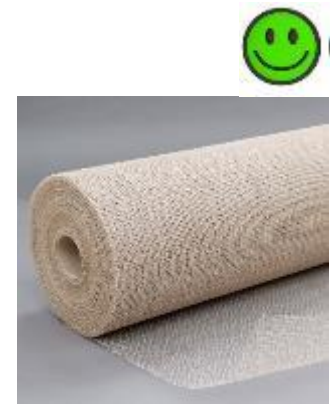


Aansluiting muur/dak
Bron: Buildwise



Massiefbouw

- ▶ Luchtdichtingsmateriaal = **Continu pleisterwerk zonder enige scheur**
 - Zonder scheuren : opgelet op de uitvoering (geometrie) en op de samenstelling (vooral voor klei) en de duurzaamheid van de gekozen materialen !



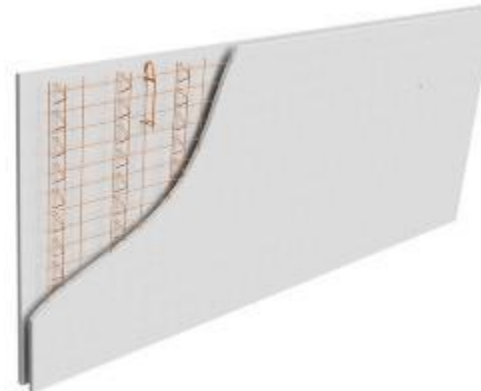
Bron : Claytec

Massiefbouw

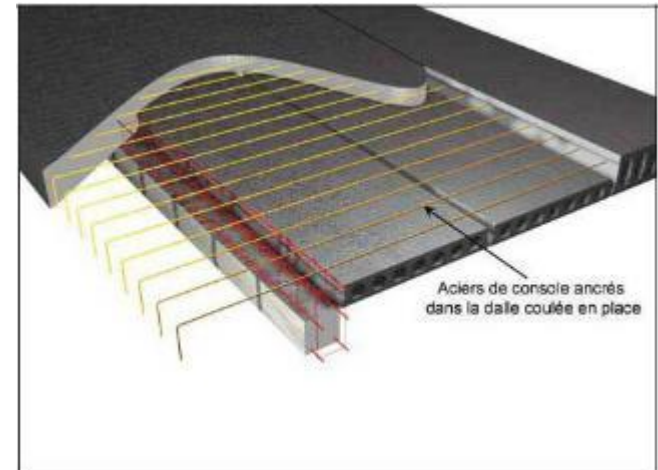
- ▶ CONTINUE gegoten betonelementen
 - dunne betonwand
 - druklaag
 - holle betonelementen (opgelet opvulling holten op zijvlakken)
 - ...



Dunne betonwand



Dubbele betonwanden
Bron : Rector



Druklaag
Bron : SEAC



Massiefbouw

- ▶ Cellenbeton/kalkzandsteen blokken
 - Overal luchtdicht, maar vereist zorgvuldige installatie > Dun pleisterwerk wordt aanbevolen !



Cellenbeton blokken

Bron : Ytong



Kalkzandsteen blokken

Bron : Xella

Houtskeletbouw

- ▶ OSB-platen (messaging en groef, voegafdekking met aangepaste tape)



- ▶ Dichtingsfolie

- aluminium/polyethyleenfolie dient vermeden, verstevigd papier is te verkiezen



Bron : Pro clima



Bron : Isover



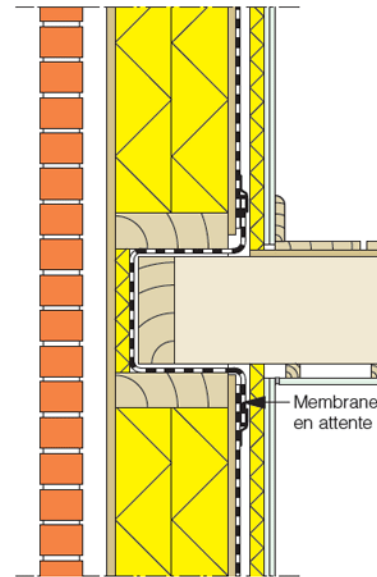
Houtskeletbouw

- ▶ Continuïteitsprincipe moet worden gerespecteerd d.m.v. verschillende producten
 - Tape, contactlijm of geplooide dubbele hechting ...
 - Vaak installatielaag nodig (technische voorzetwand)

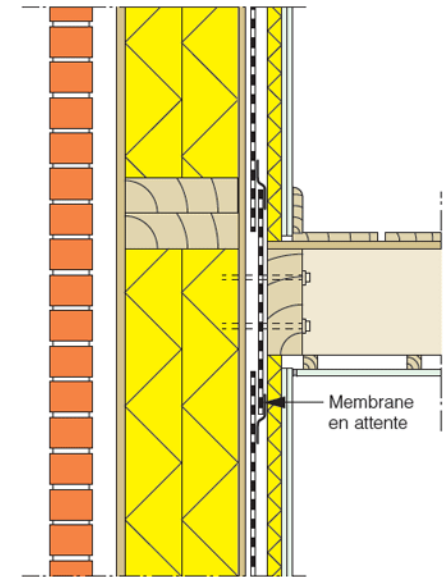
⇒ **ANTICIPEREN!**



Diverse aansluitingen
Bron: Buildwise

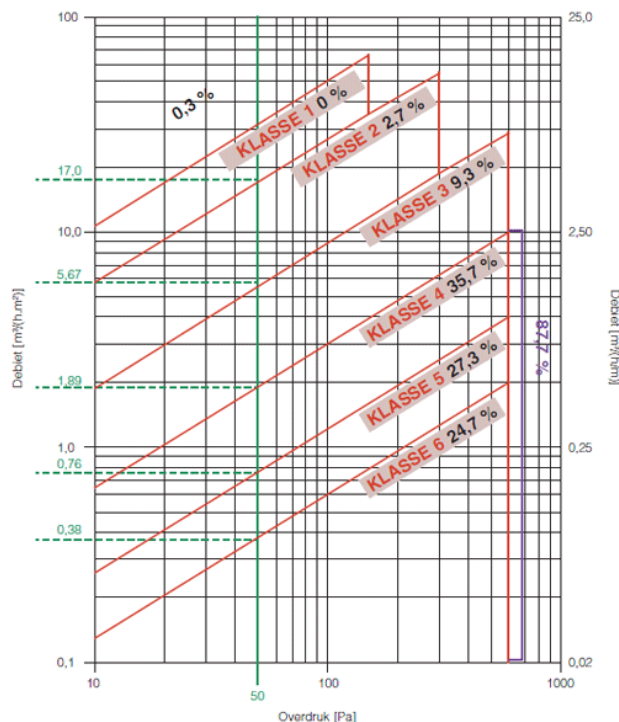


Aansluiting gevel / tussenvloer
Bron: Buildwise



Ramen

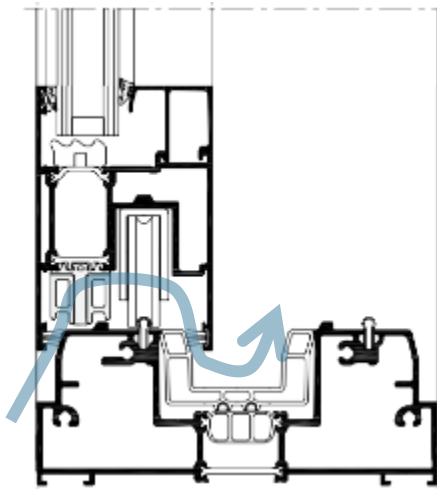
- Infiltratiebron 1 : Op niveau van het raamwerk zelf (vleugel/kozijn)
 - Luchtdichtheidsprestatieklassen voor buitenschrijnwerk
 - Vaste ramen > draaikip en met enkele vleugel > dubbele vleugel > schuiframen



→ Raam dichtheidsklasse 4
 Lekken bij 50 Pa (BD-testvoorwaarden)
 = 1,89 m³/h.m²

Ramen

- ▶ Infiltratiebron 1: Op niveau van het raamwerk zelf (vleugel/kozijn)
 - Opgelet op schuifraamwerk
 - Borstelafdichtingen zonder samendrukking (>< venster met aanslag met samengedrukte polymeer afdichting)
 - Mogelijkheid van een til- en schuifstelsel



Doorsnede schuifprofiel



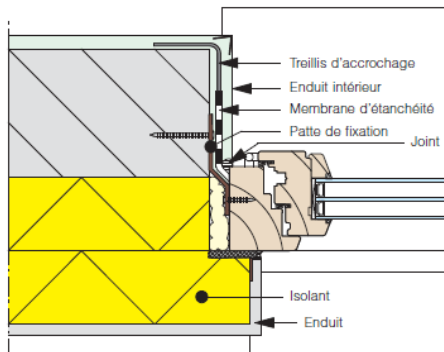
Ramen

- ▶ Infiltratiebron 1: op niveau van het raamwerk zelf (vleugel/kozijn)
 - Invloed van het type profiel en zijn uitvoering, aandachtspunten:



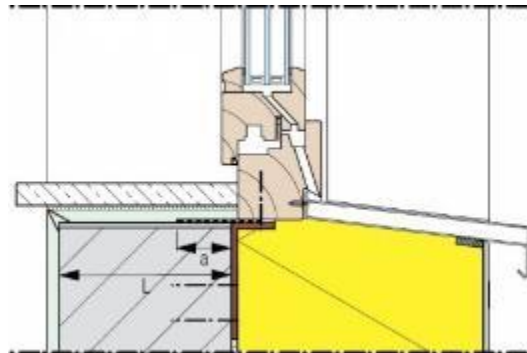
Ramen

- ▶ Infiltratiebron 2: tussen het raam en de drager (plaatsing)
 - Verbindingen met de muur afgedicht met tape
 - Deurdorpels correct behandelen
 - Automatische deurplinten - die zakken bij sluiting
 - Borstelafdichtingen eventueel gecombineerd met scharnieren met helicoïdale beweging om de wrijving van de borstel over de vloer bij het openen en sluiten van de deur te beperken
 - “Zwitserse dorpel”



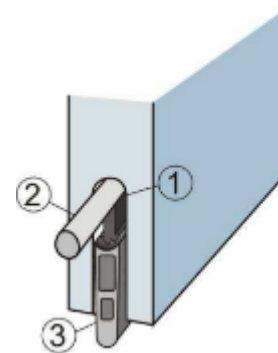
Aansluiting raam/muur

Bron: Buildwise



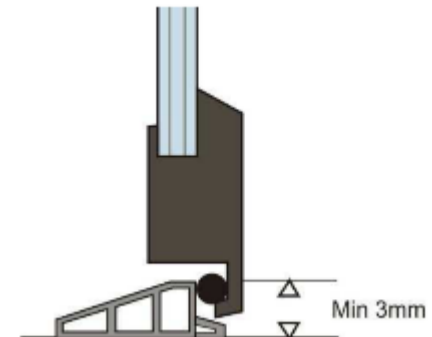
Aansluiting raam/vensterbank

Bron: Buildwise



“Kaltefeind”

Bron: Matriciel



“Zwitserse dorpel”

Bron: Matriciel

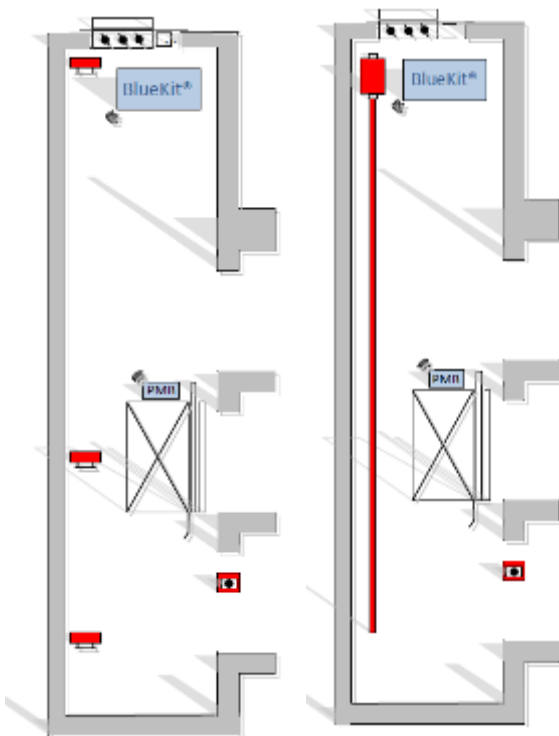


Dampkap

- ▶ Zonder afvoer naar buiten (met actieve-koolfilter voor woningen of met compensatie voor grotere systemen)

Lift

- ▶ Automatische ventilatieklep (bijv. 'BlueKit')



Bron : BlueKit



Ventilatie

- ▶ Geprefabriceerde dichte mof
- ▶ Tape (radiale plaatsing)



Bron: Buildwise



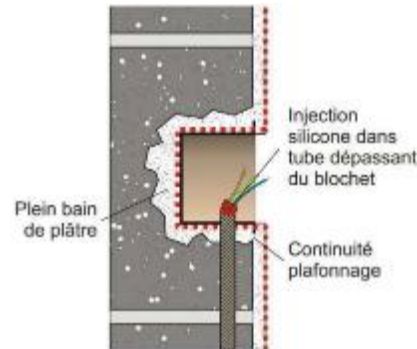
Bron: Pro Clima

Elektrische uitrusting

- ▶ Waterdichte dozen
- ▶ Standaarddozen verzonken in pleisterwerk



Bron: Buildwise

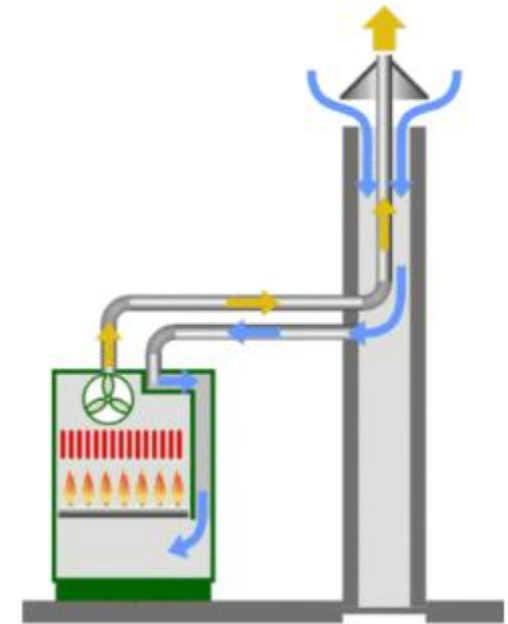


Bron: Gids Duurzame Gebouwen



Verwarming

- ▶ Voorkeur geven aan plaatsing van een dichte verwarmingsketel (indien $< 70 \text{ kW}$)
 - Zie NBN B 61-001 (indien $P > 70 \text{ kW}$)
 - Zie NBN B 61-002 (indien $P < 70 \text{ kW}$)



Bron: energie+

Brievenbus

- ▶ Buiten de luchtdichte barrière

Kattenluik

- ▶ Geen erkende oplossingen



Enkele vaak voorkomende problemen...



Foto's: écorce



Enkele vaak voorkomende problemen...



Foto: Daniel De Vroey



Foto: écorce



Foto's: écorce



Enkele vaak voorkomende problemen.



Foto: écorce



Foto: Daniel De Vroey



Foto: Daniel De Vroey



Foto: Daniel De Vroey





- ▶ Er moet zorg worden besteed aan de luchtdichtheid om warmteverliezen te beperken en de duurzaamheid van de constructie te garanderen
- ▶ Er moet van bij het begin van het project over de luchtdichtheid worden nagedacht
 - Afbakening van het luchtdicht volume en de ruimten die het omvat
 - Oordeelkundige keuze van materialen
 - Studie van de aansluitingen





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ [Dossier | Luchtdichtheid verbeteren](#)
- ▶ [Voorziening | Luchtdichtheid van de wanden en aansluitingen](#)
- ▶ [Voorziening | Luchtdichtheid van vensterramen](#)
- ▶ [Voorziening | Luchtdichtheid van buitendeuren](#)
- ▶ [Voorziening | Luchtdichtheid van technische voorzieningen](#)
- ▶ [Voorziening | Luchtdichtheidstest](#)



Websites

- ▶ [Buildwise | Luchtdichtheidsprestatieklassen voor buitenschrijnwerk](#)
- ▶ [Energie + | Concevoir l'étanchéité à l'air](#)



Opleidingen en seminars

- ▶ Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen
<https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>
Raadpleeg gratis alle documentatie!



Muriel BRANDT

Projectingenieur

écorce nv

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

