

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

ENERGIEBEHEER : ENERGIEVERANTWOORDELIJKE

LENTE 2023

Diagnosetools voor renovatie:

Luchtdichtheid bij renovatie

Claire GRAVOUIL



Op basis van de presentatie van ICEDD vzw





- ▶ De aandacht vestigen op de moeilijkheden om een performant luchtdichtheidsniveau te bereiken in gerenoveerde gebouwen
- ▶ Beschikken over nuttige tools en informatiebronnen om het probleem van de luchtdichtheid aan te pakken



LUCHTDICHTHEID: INLEIDING

DE VENSTERS IN DE GEBOUWSCHIL

DE DEUREN IN DE GEBOUWSCHIL

MOEILIKHEDEN OM LUCHTDICHTHEID TE REALISEREN BIJ
RENOVATIES

LUCHTDICHTHEIDSTEST



- ▶ **Slecht:** ondichtheid voor water en binnencondensatie
- ▶ **Gemiddeld:** sterke energieverliezen in een goed geïsoleerd gebouw
- ▶ **Hoog:** weinig verliezen, maar vereist een gecontroleerd ventilatiesysteem

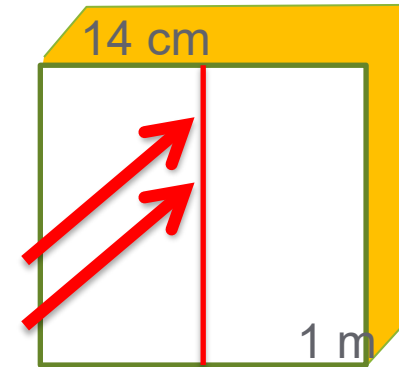
⇒ **Renovatie houdt isolatie in. Voor een efficiënte en duurzame isolatie moet de gebouwschil “luchtdichter” worden gemaakt, zodat ook ventilatie nodig is.**



IMPACT OP DE THERMISCHE PRESTATIES

Waarden van de energetische referentieoppervlakte	
Energetische referentieoppervlakte A_{RE}	85.2 m ²
Gebruikte methode: Maandelijks methode:	
Jaarlijkse verwarmingsbehoefte:	15 kWh/(m ² a)
Resultaat van de infiltratietest:	0.6 h ⁻¹
Behoefte aan primaire energie (sanitair warm water, verwarming, bijkomende en huishoudelijke elektriciteit):	85 kWh/(m ² a)
Waarden van de energetische referentieoppervlakte	
Energetische referentieoppervlakte A_{RE}	85.2 m ²
Gebruikte methode: Maandelijks methode:	
Jaarlijkse verwarmingsbehoefte:	22 kWh/(m ² a)
Resultaat van de infiltratietest:	1.5 h ⁻¹
Behoefte aan primaire energie (sanitair warm water, verwarming, bijkomende en huishoudelijke elektriciteit):	93 kWh/(m ² a)
Waarden van de energetische referentieoppervlakte	
Energetische referentieoppervlakte A_{RE}	85.2 m ²
Gebruikte methode: Maandelijks methode:	
Jaarlijkse verwarmingsbehoefte:	77 kWh/(m ² a)
Resultaat van de infiltratietest:	7.8 h ⁻¹
Behoefte aan primaire energie (sanitair warm water, verwarming, bijkomende en huishoudelijke elektriciteit):	156 kWh/(m ² a)
Behoefte aan primaire energie (sanitair warm water, verwarming, bijkomende elektriciteit):	102 kWh/(m ² a)
Behoefte aan primaire energie bespaard door de elektriciteitsproductie	kWh/(m ² a)
Verwarmingsvermogen:	61 W/m ²
Oververhitting in de zomer:	4 %
Jaarlijkse koelingsbehoefte:	kWh/(m ² a)
Koelingsvermogen:	W/m ²

Source/Bron: A2M

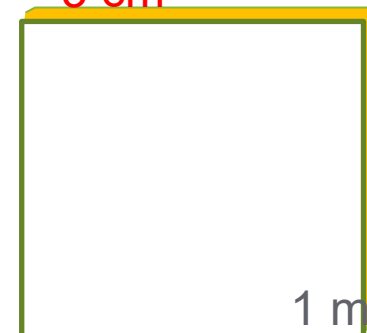


Spleet van 1 mm

$$U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

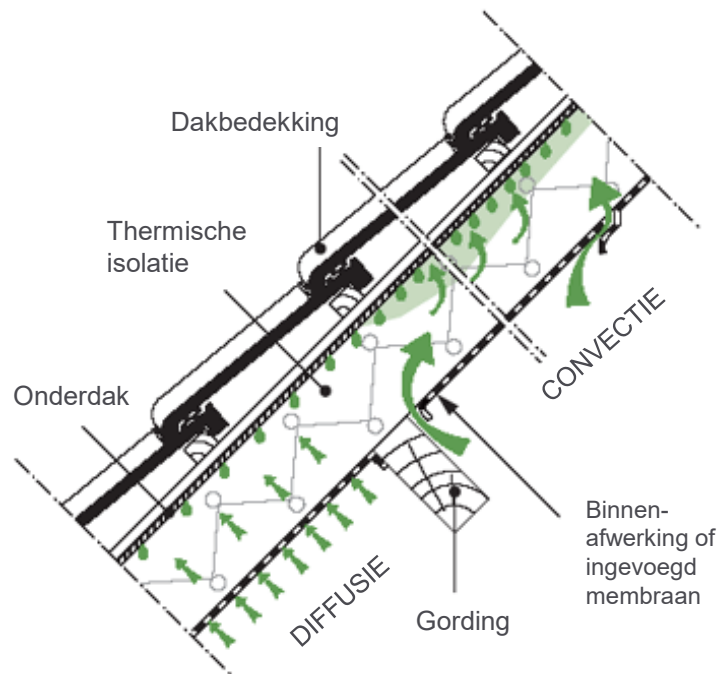
$$> U = 1,44 \text{ W/m}^2\text{K} !$$

Of 4,8 x slechter



Source/Bron: Isoproc



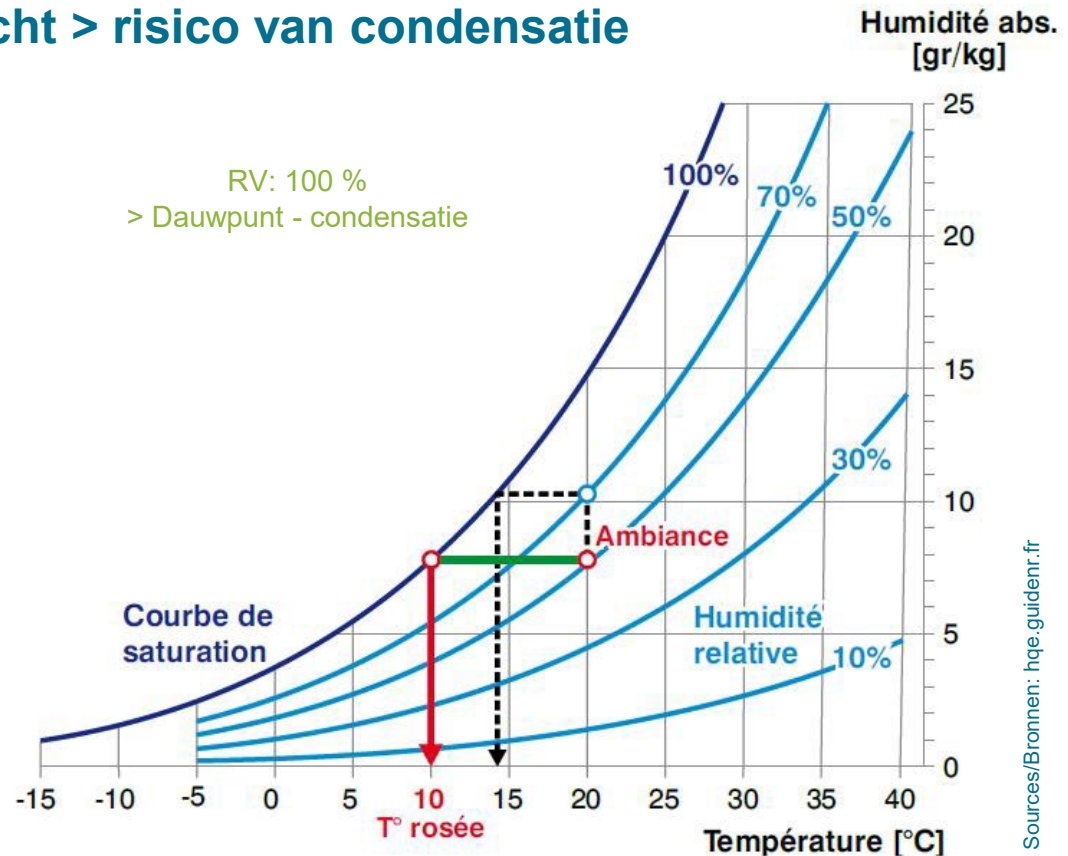
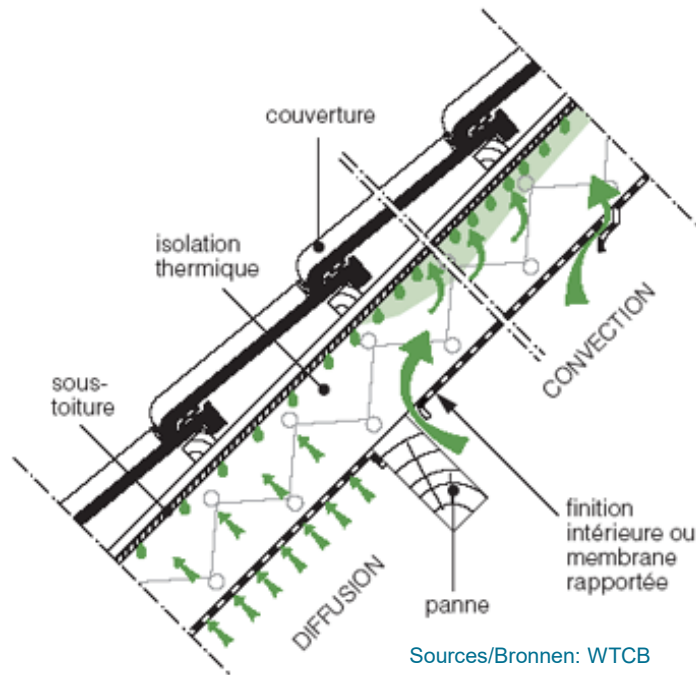


Sources/Bronnen: WTCB

Hoog risico van binnencondensatie!



Focus op waterdampoverdracht > risico van condensatie



Warme lucht kan meer vochtigheid bevatten dan koude lucht

Hoog risico van binnencondensatie!



Focus op waterdampoverdracht > risico van condensatie

μ (mu) [-] : Waterdampdiffusieweerstandscoefficiënt
(of waterdampdiffusiefactor)

- ▶ Hoe groter μ , hoe groter de weerstand, hoe beter het materiaal bestand is tegen waterdampoverdracht
 - Lucht: 1
 - Minerale wol: 1,1 – 1,8
 - Gipspleister: 6-10
 - Grenen: 370
 - Metaal: oneindig

Sd [m]: Waterdampdiffusieweerstand of gelijkwaardige luchtdikte

- Dikte van de luchtlaag gelijkwaardig aan de diffusie (in meter).
- $Sd = \mu \times d$ (m)

Dampscherm: Vaak hoge Sd > 100m

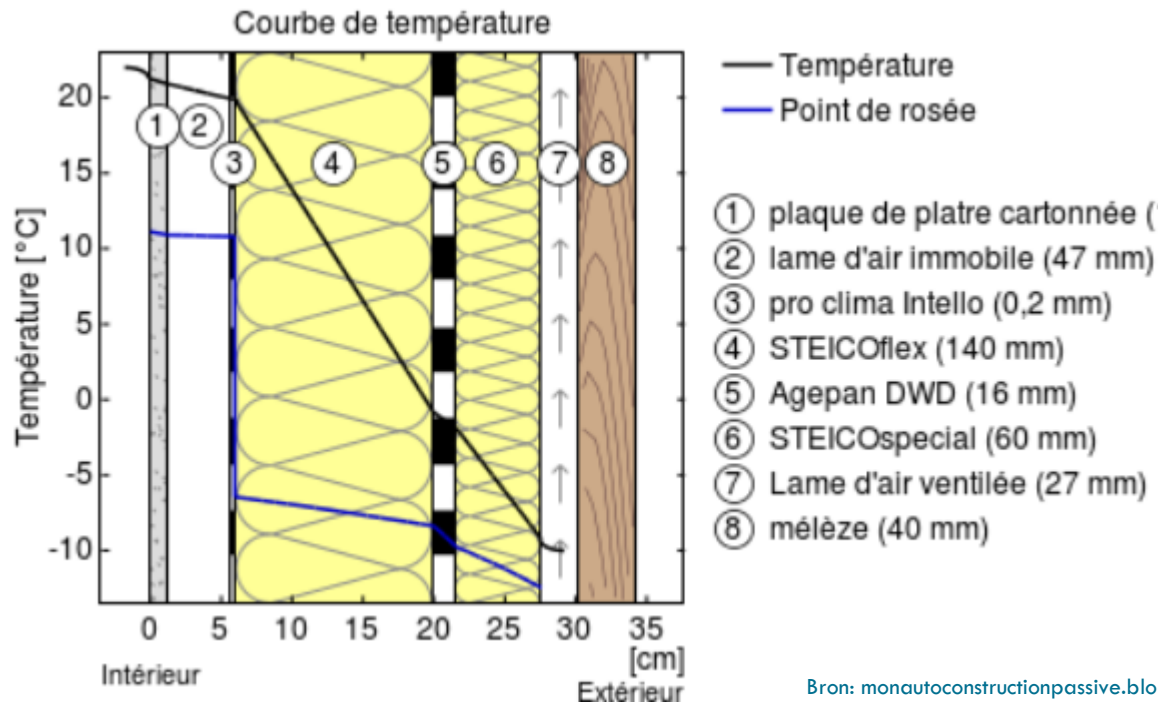
Damprem (hygrovariabel): Gemiddelde Sd: 2 tot 18 m

➔ Altijd aan de warme zijde
van de wand te plaatsen



Focus op waterdampoverdracht > risico van condensatie

Glaserdiagram



Bron: monautoconstructionpassive.blogspot.fr

Om condensatie te vermijden:
temp. dauwpunt < temp. in wand



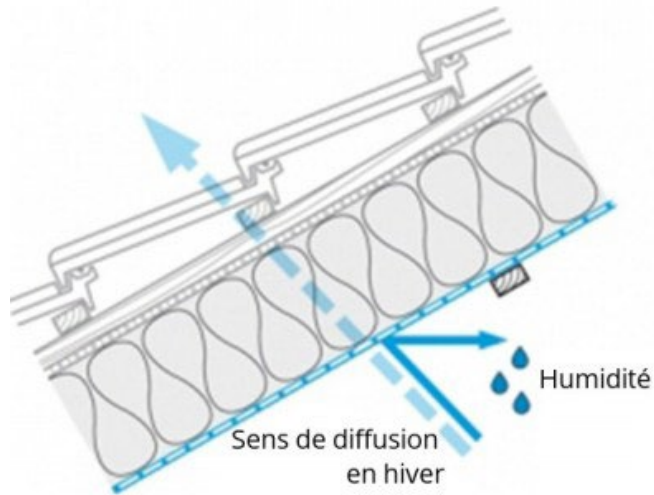
Focus op waterdampoverdracht > risico van condensatie

Migratie van waterdamp:

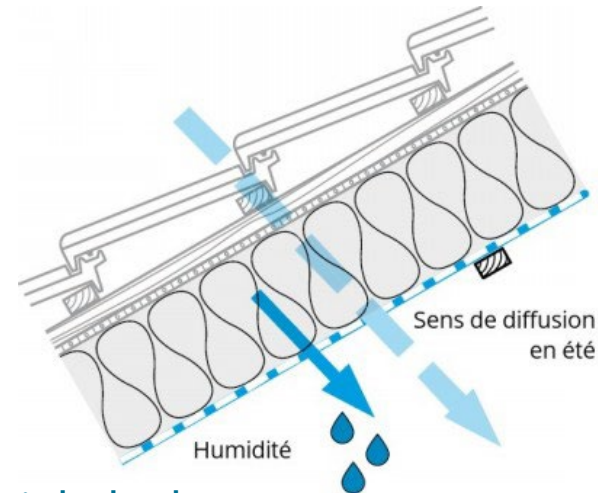
Hoogste dampdruk* > Laagste dampdruk

*De dampdruk is afhankelijk van temperatuur en vochtigheid

Richting waterdampdiffusie in de winter



Richting waterdampdiffusie in de zomer



Dampscherm - Hygrovariabele damprem

Bron: proclima

- **Dampscherm:** volledig dampdicht
- **Damprem:** regelt de dampdoorlatendheid
 - ➔ Hierdoor kan in de zomer de in de caisson gevangen vochtigheid opdrogen



LUCHTDICHTHEID: INLEIDING

DE VENSTERS IN DE GEBOUWSCHIL

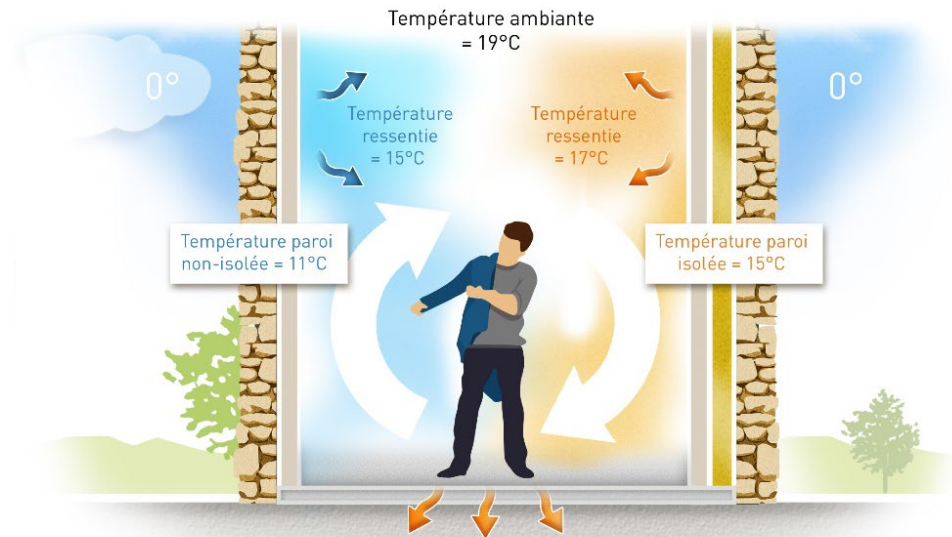
DE DEUREN IN DE GEBOUWSCHIL

MOEILIKHEDEN OM LUCHTDICHTHEID TE REALISEREN BIJ
RENOVATIEWERKEN

LUCHTDICHTHEIDSTEST



- ▶ De lucht- en waterdichtheid zijn over het algemeen zwak
- ▶ De thermische prestaties zijn slecht
- ▶ De oppervlaktetemperatuur is laag in de winter $\Rightarrow$ thermische onbehaaglijkheid
- ▶ De inbraakveiligheid is beperkt



$\Rightarrow$ Bij renovatie denkt men vaak eerst aan **vervanging** van de vensters. Soms is **renovatie** van de vensters ook mogelijk (afdichtingen, dubbel glas, voorzetramen, ...)

PS: de vervanging van vensters is heel **weinig rendabel** (hoge ETVT ~min. 20-30 jaar) als de berekening alleen gebaseerd is op de energiebesparingen die dit kan opleveren



Principe van dubbele dichting

Fig. 3 Principe van de dubbele dichting

1. waterkering
2. decompressiekamer
3. ontwateringsgaten
4. tochtafsluiting
5. ontwateringskanaal van de glassponning

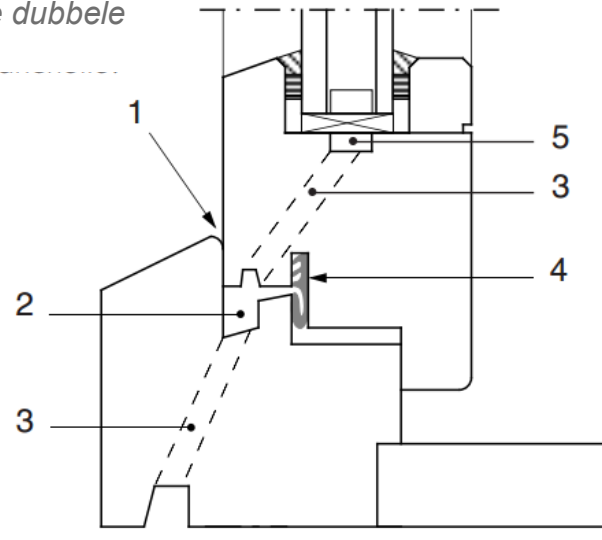
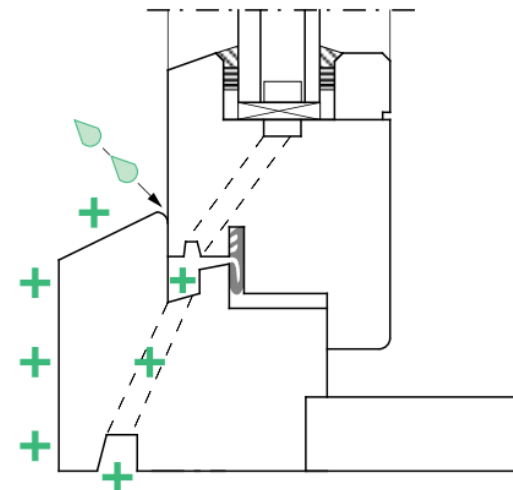


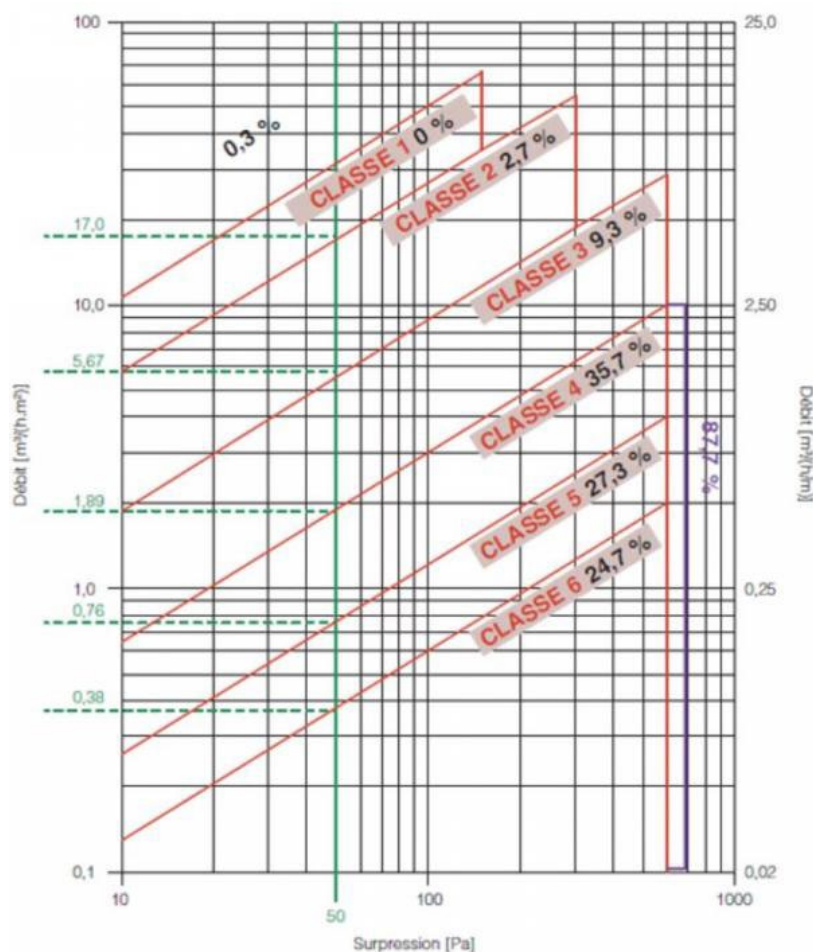
Fig. 4
Drukvereffening
tussen
buitenomgeving en
decompressiekamer



Source/Bron: WTCB Revue 1/1995 p23-24



Hoe kan een raam een goede dichtheid garanderen?



Source/Bron: WTCB

- ▶ Klasse van 1 tot 6
- ▶ 87 % van de ramen is van klasse 4
- ▶ Voldoende voor traditionele dichtheid
- ▶ Voor passiefhuis:
 - 20 % van de verliezen via de ramen



Dichtheid tussen raam en wand

- Het raam zelf is dicht, maar de uitvoering van de aansluiting op de muur is belangrijk



LUCHTDICHTHEID: INLEIDING

DE VENSTERS IN DE GEBOUWSCHIL

DE DEUREN IN DE GEBOUWSCHIL

MOEILIKHEDEN OM LUCHTDICHTHEID TE REALISEREN BIJ
RENOVATIEWERKEN

LUCHTDICHTHEIDSTEST



Dichtheidsparameters:

- ▶ De deur zelf (dichtheidsklasse)
- ▶ Aansluiting met de wand
- ▶ Het verschil met de vensters: **de dorpel**



Voorbeeld van luchtlekken ter hoogte van de dorpel van de deuren

Guillotineplint



Source/bron: barbier.be

Voordelen:

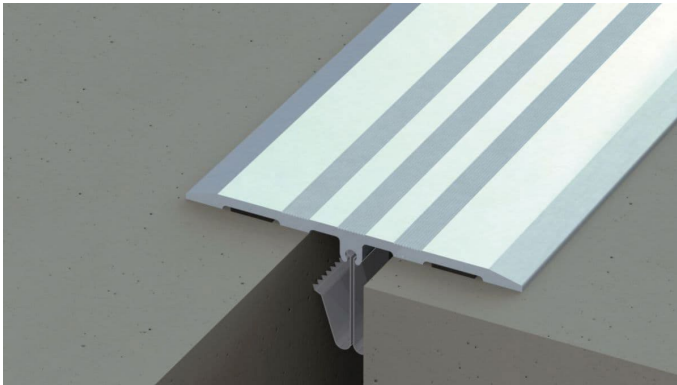
- luchtdicht en efficiënt indien goed uitgevoerd

Nadelen:

- Moeilijke uitvoering
- Vereist een groef in de deur (niet eenvoudig bij renovatie)
- Onderhoud van het mechanisme



Metalen dorpelprofiel



Source/bron: pointp.fr

Voordelen:

- Maakt komaf met luchtlekken toe te schrijven aan onderbroken vloerbedekking
- Makkelijke uitvoering
- Licht opgehoogd ten opzichte van de vloer

Nadelen:

- Minder dicht (maar kan efficiënt zijn in combinatie met een guillotineplint, een borstel of een lip uit rubber)



Toevoeging van een borstel



Source/bron: comparateur-batiment.com

Voordelen:

- Makkelijke uitvoering
- Kan worden gecombineerd met schroevende scharnieren, waardoor de wrijving van de borstel op de vloer tijdens het openen of sluiten van de deur kan worden beperkt

Nadelen:

- Minder dicht (minder dan een lip uit rubber)



Toevoeging van een lip uit rubber



Source/bron: comparateur-batiment.com

Voordelen:

- Makkelijke uitvoering
- Kan worden gecombineerd met schroevende scharnieren, waardoor de wrijving van de borstel op de vloer tijdens het openen of sluiten van de deur kan worden beperkt

Nadelen:

- Minder dicht (minder dan een guillotineplint of een onderregel)
- Kan zonder schroevende scharnieren het openen / sluiten moeilijker maken



Onderregel (of Zwitserse dorpel)



Source/bron: stroybek.ru

Voordelen:

- Makkelijke uitvoering
- Geschikte oplossing bij renovatie
- Efficiënt systeem voor luchtdichtheid

Nadelen:

- Verhoging (ongeveer 15, 20 mm) ten opzichte van het niveau van de vloer, niet zo geschikt voor een voordeur (toegang voor PBM's)



Vensterdeur



Source/bron: forumcontruire.com

Voordelen:

- Bijzonder dicht systeem

Nadelen:

- Verhoging (ongeveer 15, 20 mm) ten opzichte van het niveau van de vloer, niet zo geschikt voor een voordeur (toegang voor PBM's)
- Gevaar voor beschadiging van het systeem bij frequente doorgang



Installatie van een toegangssas



Source/bron: miroiterie-uni-verre.fr

Voordelen:

- Bijzonder dicht systeem

Nadelen:

- Duur
- Moeilijke uitvoering
- Wijziging van het voorkomen van de buitengevel
- Niet altijd mogelijk



Tochtstopper



Source/bron: [pinterest.com](https://www.pinterest.com)

Voordelen:

- Zonder werken
- Lage kostprijs

Nadelen:

- Moet telkens correct worden teruggeplaatst na het openen van de deur
- Kan hinderlijk zijn
- Esthetisch aspect



Openingen vermijden

- Kattenluikjes



Source/bron: ferplast

Luchtdicht kattenluikje

(elektronische opening zodra de halsband van de kat wordt gedetecteerd)



LUCHTDICHTHEID: INLEIDING

DE VENSTERS IN DE GEBOUWSCHIL

DE DEUREN IN DE GEBOUWSCHIL

**MOEILIKHEDEN OM LUCHTDICHTHEID TE REALISEREN BIJ
RENOVATIEWERKEN**

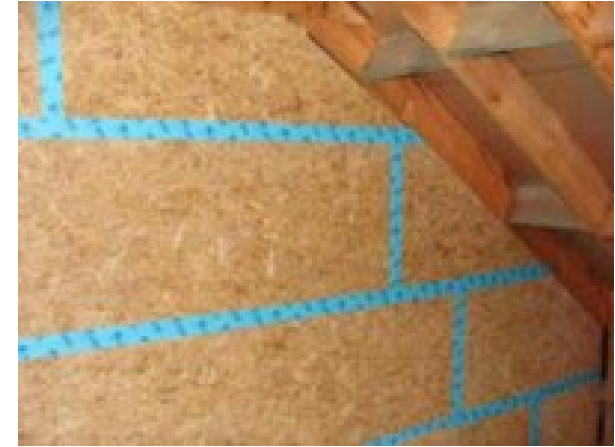
LUCHTDICHTHEIDSTEST



Luchtdichte materialen voorzien



Source/Bron: monplafonneur.be



Source/Bron: la maison durable

Système INTELLIO PLUS F18



Source/Bron: Isoproc.be



Source/Bron: hevadex.com



Luchtdichte materialen voorzien

	+	-
Gipspleister	Doorlopend Lage kostprijs Neemt weinig plaats in	Minstens 4 mm Vochtige oplossing Duurzaamheid in de tijd (geen openingen mogelijk)
Platen op houtbasis (OSB ...)	Droge uitvoering Structurele functie (windverband)	Naden en aansluitingen moeten getapet worden Kan niet worden gebruikt als afwerking Duurder dan een membraan
Droog membraan	Dampscherm of damprem (hygrovariabel) Droge uitvoering Lage kostprijs	Vereist zorgvuldige uitvoering Wandmaterialen moeten droog zijn voor de plaatsing van het membraan
Vloeibaar membraan	Praktisch voor metselwerk en delicate verbindingen (hoeken, scheuren, enz.)	Luchtkwaliteit van materialen (nog te weinig ervaring met dit materiaal om te kunnen oordelen)



De continuïteit van deze luchtdichtheidsbarrière verzekeren bij elke aansluiting/naad, d.w.z. om spleten/scheuren te voorkomen

- Soms met soepele voegen in "scheurbare" hoeken
- Bij voorkeur door middel van speciale tape (zelfklevend) of voegstroken

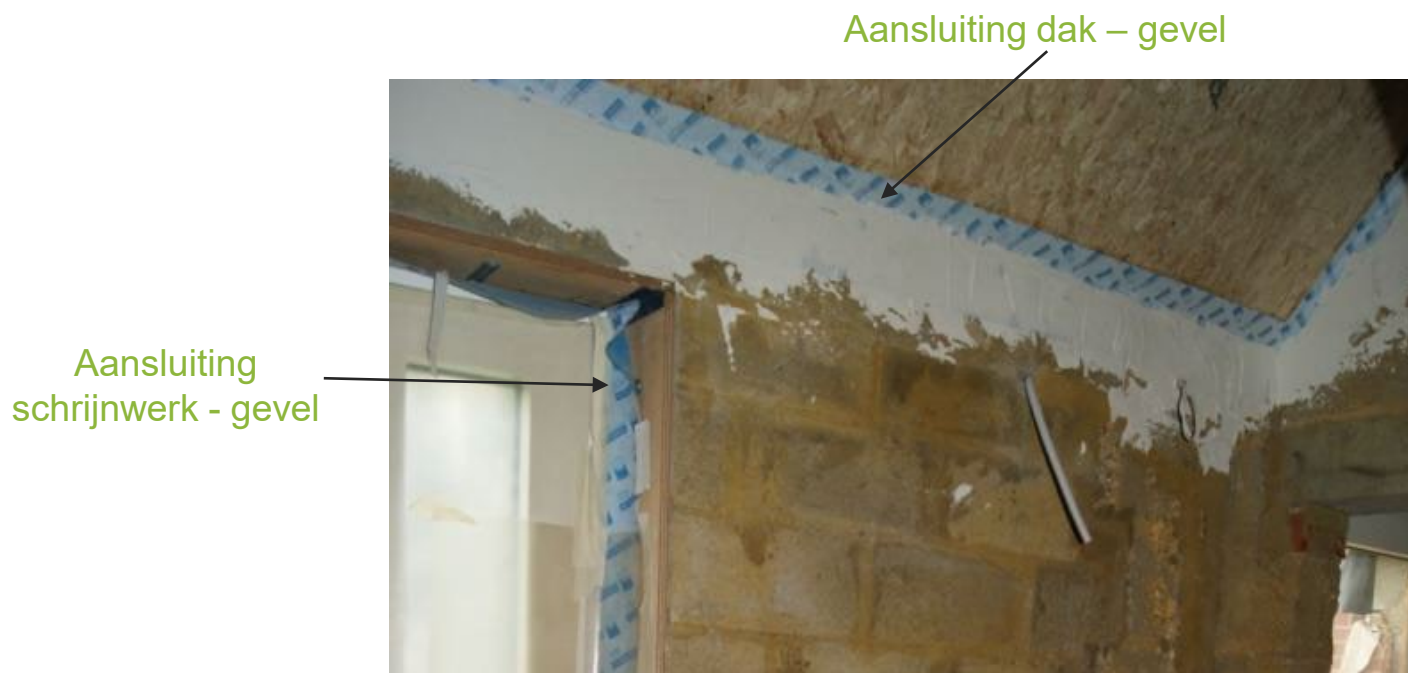
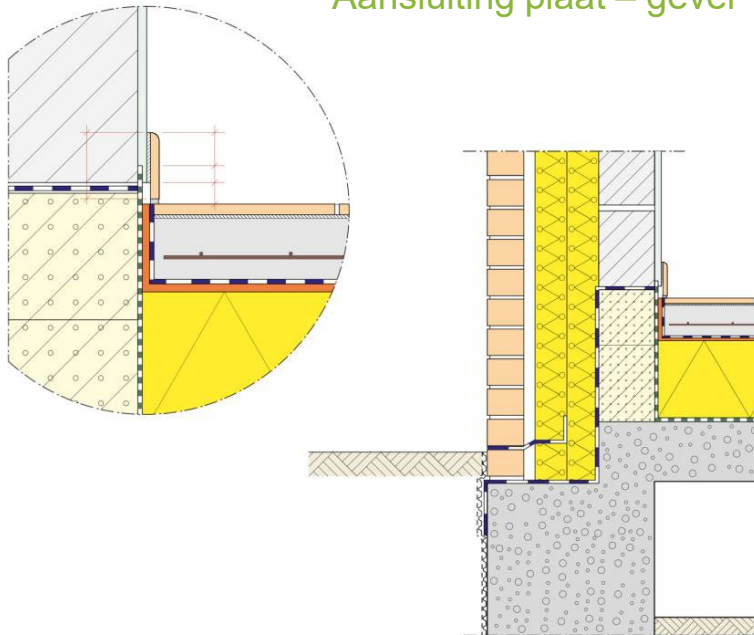


Foto: ICEDD

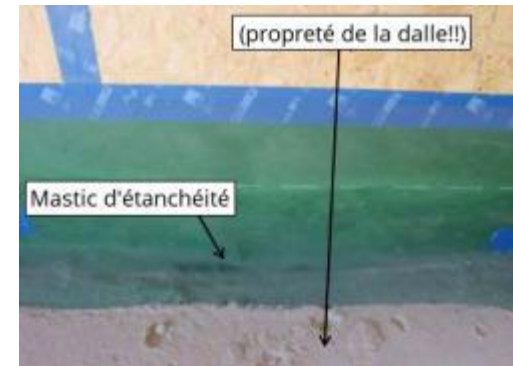


De continuïteit van deze luchtdichtheidsbarrière verzekeren bij elke aansluiting/naad, d.w.z. om spleten/scheuren te voorkomen

Aansluiting plaat – gevel



Bronnen: Gids Duurzame
Gebouwen



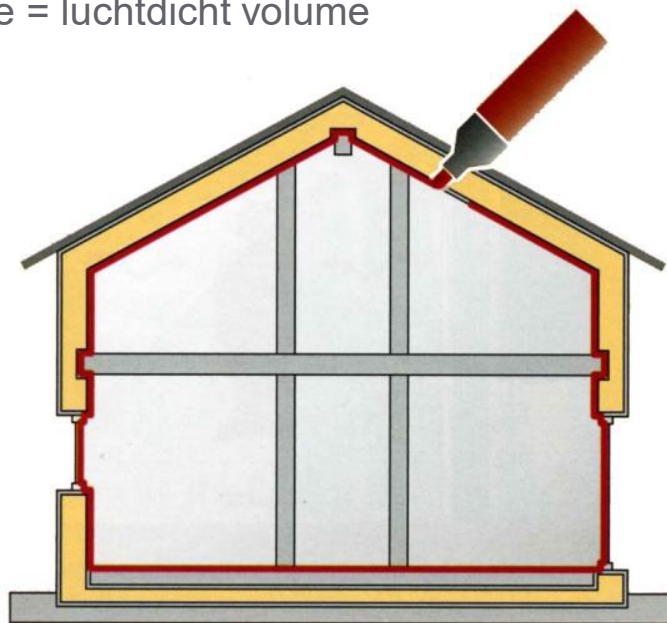
Bronnen: WTCB



32 BEPALING VAN HET LUCHTDICHTE VOLUME

In theorie

- ▶ Op elk plan en op elke doorsnede van het gebouw moet een doorlopende lijn kunnen worden getrokken die de luchtafdichting weergeeft
- ▶ Geïsoleerd volume = luchtdicht volume



- ⇒ In de praktijk moet men dus weten hoe “moeilijke” aansluitingen worden uitgevoerd: muur/dak, muur/venster, muur/vloer, dak/dakvenster, ...
- ⇒ Vaak onderzoeken nodig!



In de praktijk: vloerniveau



Bron: <http://img8.bricozone.be/159384e365d2154afc.jpg>



In de praktijk: vloerniveau

- **Oplossing 1** (indien isolatie aan de binnenzijde):

Onderbreking van de vloeren en de gevel

Balken afzagen voordat ze in de muur worden ingewerkt en ze ondersteunen met een loodrechte balk of een voorzetmuur.



Foto A2M



In de praktijk: Vloer

- **Oplossing 1** (in geval van isolatie langs de binnenzijde):

Onderbreking van de vloeren en de gevel

Balken afzagen voordat ze in de muur worden ingewerkt en ze ondersteunen met een loodrechte balk of een voorzetmuur.

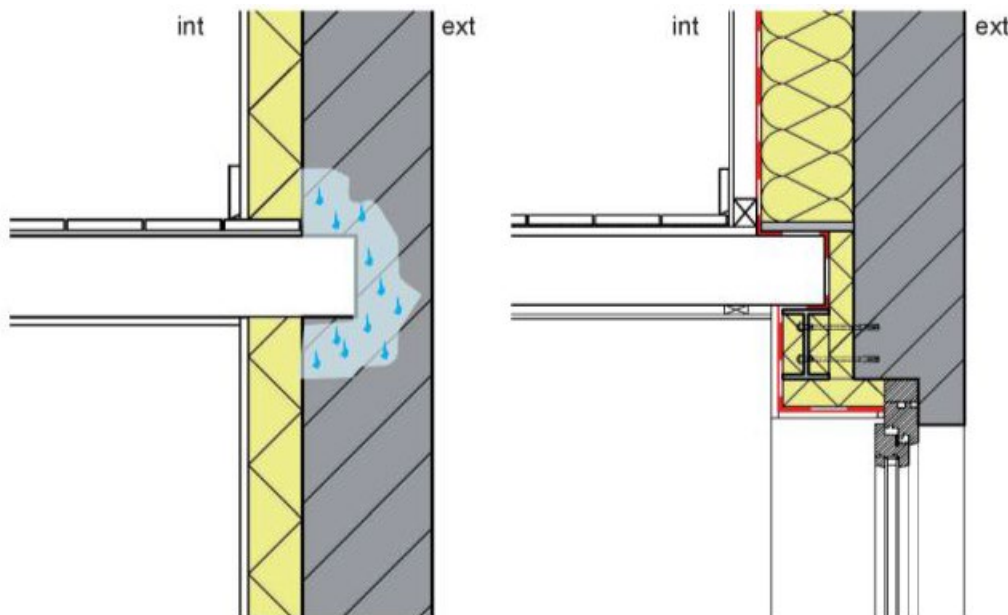


Foto A2M

Logement à Eupen
| Eupen | Famille
Henz-Noffalise |
architecte: FHW



In de praktijk: vloerniveau

► Oplossing 2:

Luchtafdichting aanbrengen tussen elke vloerbalk en de muur



Foto ICEDD



In de praktijk: vloerniveau

► Oplossing 3:

De houten vloer vervangen door een “zware” vloer, zoals beton dat ter plaatse wordt gegoten

- Toepasbaar in grote renovatieprojecten
- Hierdoor kunnen tal van problemen worden opgelost (brandveiligheid, akoestiek, thermische inertie, ...)



Bronnen: isotolp.com



In de praktijk: muur/trap



Bron: www.bricoleurdudimanche.com/local/cache-vignettes/L50xH38/1336059688-9c7c8.jpg



In de praktijk: muur/trap

► Oplossing 1

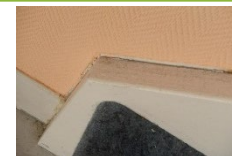
Uitvoering van een soepele aansluiting tussen trap en muur

⇒ **Niet zo duurzaam: te vermijden!**

► Oplossing 2

Achter de trap wordt een membraan geplaatst dat tegen de muur wordt gelijmd

⇒ **Vaak moeilijk!**



In de praktijk: ter hoogte van de kabel-/kokerdoorvoeren achter de bestaande elektriciteitskasten

⇒ **Dit moet geval per geval worden bekeken...**



Foto Pierre Demesmaecker



41 BEPALING VAN HET LUCHTDICHTE VOLUME

In de praktijk: ter hoogte van de kabel-/kokerdoorvoeren achter de bestaande elektriciteitskasten



► Mogelijkheden:

- Dichtstoppen van kokers, zorgvuldige luchtafdichting rond elektriciteitskasten (vooral aan de kabeldoorvoeren), ...
- Het lokaal opnemen in het beschermde volume



Bron: pro clima



Oog/
luchtdichte mof



Bron: pro clima



42 BEPALING VAN HET LUCHTDICHTE VOLUME

In de praktijk: verwarmingsinstallatie

⇒ Dit moet geval per geval worden bekeken ...



Foto's: ICEDD



43 BEPALING VAN HET LUCHTDICHTE VOLUME

In de praktijk: verwarmingsinstallatie

► Mogelijkheden:

- Plaats bij voorkeur een luchtdichte verwarmingsketel (indien < 70 kW)

Zie NBN B 61-001 (indien $P > 70$ kW)

Zie NBN B 61-002 (indien $P < 70$ kW)

- Het lokaal wordt buiten het beschermde volume gelaten (opgelet met de leidingdoorvoeren)

┌ NBN
61.001
└ ┘
┌ NBN
61002
└ ┘



44 BEPALING VAN HET LUCHTDICHTE VOLUME

In de praktijk: brievenbussen / gasmeters

- Mogelijkheden:
 - Zet ze bij voorkeur buiten het gebouw
 - Indien dit niet kan: houd ze buiten het beschermde volume (de wanden moeten geïsoleerd worden en de brievenbus moet aan de binnenkant worden afgewerkt met een dichte omkasting (idem vensters))

Bron: gallery.linear.org

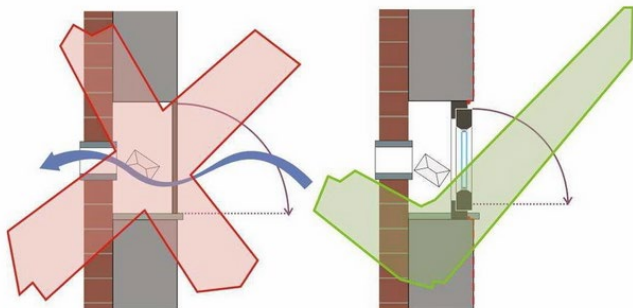


Foto ICEDD

Source/Bron: Matriciel



45 BEPALING VAN HET LUCHTDICHTE VOLUME

In de praktijk: liften

- ▶ Een opening bovenaan in de liftschacht (dak) is verplicht
 - De lift wordt buiten het beschermde volume gehouden
 - of
 - Mogelijkheid een gemotoriseerde klep + automatisering ervan te plaatsen (bijvoorbeeld: Blue Kit)



Bron: www.bluekit.eu



46 BEPALING VAN HET LUCHTDICHTE VOLUME

In de praktijk: anders

- ▶ Hoe zit het met
 - de afvallokalen
 - de niet-ingerichte zolders die in het beschermde volume liggen
 - de muur achter het hangtoilet: bepleisterd?
 - ...



Niet-bepleisterde muur achter de leidingen: INFILTRATIES



Niet-bepleisterde muur achter de wc: INFILTRATIES

Er zijn standaardoplossingen, maar in renovatieprojecten hangt dit vaak af van het geval, en is dit moeilijk te voorzien in de ontwerpfase!



LUCHTDICHTHEID: INLEIDING
DE VENSTERS IN DE GEBOUWSCHIL
DE DEUREN IN DE GEBOUWSCHIL
MOEILIKHEDEN OM LUCHTDICHTHEID TE REALISEREN BIJ
RENOVATIES

LUCHTDICHTHEIDSTEST



LUCHTDICHTHEIDSTEST

- ▶ De luchtdichtheid wordt niet berekend, maar gemeten
- ▶ Methode: druktest of infiltrometrie of blowerdoortest
- ▶ Deze test is het enige middel om de verliezen door in-/exfiltratie nauwkeurig te bepalen



Bron : www.architectesdehemptinneetregoire.be



- ▶ 1 overdruktest, 1 onderdruktest > gemiddelde
- ▶ 1 of meer deuren, afhankelijk van het geteste volume
- ▶ Deur te plaatsen op een luchtdicht schrijnwerk
 - Niet op de voordeur (omdat die vaak niet luchtdicht is)

Testen met verschillende methoden:

- **Methode B**

- Tussentijdse test tijdens de werken
- Het is toegestaan bepaalde lekken te tapen indien verbetering voorzien is

- **Methode A**

- Eindtest
- Het gebouw moet worden getest zoals het zal worden gebruikt (geen tape toegestaan)
- Bedoelde luchtinlaten kunnen worden gedicht (roosters in raamwerk gesloten, ventilatiegroep uitgeschakeld en afgesloten, ...)
- Open binnendeuren

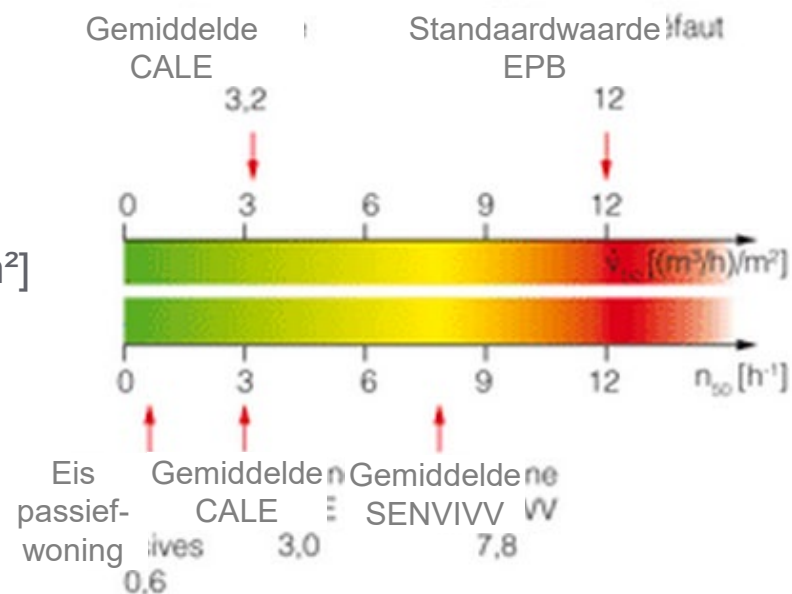


Opgelet! Niet te verwarren:

- ▶ $\dot{v}_{50}$: EPB
- ▶ n_{50} : gebruikt in PHPP

$\dot{v}_{50} = V_{50} / \text{verliesoppervlakte} [\text{m}^3/\text{u.m}^2]$

$n_{50} = V_{50} / \text{binnenvolume} [\text{vol/h}]$



CALE = gemiddelde voor enkele huizen van de vrijwillige actie "Construire avec l'énergie" in het Waals Gewest

SENVIVV = gemiddelde voor 50 woningen gemeten in de jaren '90

Fig. 1 Richtwaarden voor $\dot{v}_{50}$ et n_{50} .

Bron: WTCB





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- Thema ENERGIE

[Dossier | Luchtdichtheid verbeteren](#)

[Voorziening | Luchtdichtheid van de wanden en aansluitingen](#)

[Voorziening | Luchtdichtheid van vensterramen](#)

[Voorziening | Luchtdichtheid van buitendeuren](#)

[Voorziening | Luchtdichtheid van technische voorzieningen](#)





Websites

- ▶ Energie+

www.energieplus-lesite.be

- ▶ WTCB

www.wbtc.be

Wallonie énergie

<http://energie.wallonie.be>

- ▶ Fiches voorbeeldgebouwen (fiches 1.1. en 1.2.)

https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF%20RT%20BATEX%20Fiche1.1.%20Luchtdichtheid%20NL.pdf

- ▶ https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF%20RT%20BATEX%20Fiche1.2.%20Luchtdichtheid%20NL.pdf

- ▶ Gids voor het ontwerp van duurzame nieuwe woningen

<http://energie.wallonie.be/fr/conception-de-maisons-neuves-durables.html?IDC=6099&IDD=44684>





- ▶ De luchtdichtheid moet zorgvuldig worden uitgevoerd om verliezen te vermijden en een normale duurzaamheid van de constructie te garanderen
- ▶ De luchtdichtheid moet worden bedacht in de ontwerpfase en voor de verschillende vakgroepen is scholing/sturing/controle een must
- ▶ Bij renovatiewerken is het zeer moeilijk een performante luchtafdichting uit te voeren. De samenwerking en de communicatie tussen architect en aannemer (en bouwheer) moeten efficiënt zijn



Claire GRAVOUIL

Ingenieur

Cenergie

 + 32 488 18 96 52 Claire.gravouil@cenergie.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

