

Luchtdichtheid, van het ontwerp tot op de werf

De kwaliteit en de prestatie van de gebouwen verbeteren door het meten van de luchtdichtheid in de verschillende fases van de werkzaamheden in te plannen

21 april 2016



"Blower door" test



Site de Tour & Taxis · Avenue du Port 86C/3000 · 1000 Bruxelles
T +32 2 775 75 11 · F +32 2 775 76 11
info@environnement.brussels · www.environnement.brussels
N° d'entreprise 0236.916.956



Site van Thurn & Taxis · Havenlaan 86C/3000 · 1000 Brussel
T +32 2 775 75 11 · F +32 2 775 76 11
info@leefmilieu.brussels · www.leefmilieu.brussels
Ondernemingsnr. 0236.916.956





Luchtdichtheid, van het ontwerp tot op de werf



Tweetalig seminarie (simultane vertaling)

Brussel 21 april 2016

8 :30	Onthaal van de deelnemers	
9 :00	Inleiding	<i>Moderator : Pierre DEMESMAECKER (FR), ICEDD</i>
9 :15	Het belang van de luchtdichtheid bij gebouwen Cijfervoorbeeld van de impact van de luchtdichtheid op de concrete energiebalans	<i>Séverine GILLET (FR), PMP</i>
10 :00	Rekening houden met de luchtdichtheid van bij de aanvang van het project Ontwerprichtlijnen voor specifieke situaties	<i>Julie WILLEM (FR), A2M</i>
10 :40	<i>Koffiepauze en gesprek met de sprekers</i>	
11 :15	Een goede luchtdichtheid verzekeren over de volledige levensduur van het project Technische voorlichtingnota, testprotocol en duurzaamheid van de luchtdichtheid	<i>Benoît MICHAUX (FR), WTCB</i>
12 :00	De luchtdichtheid op de werf Praktische details bij de uitvoering en gebruikte materialen	<i>André BAIVIER (FR), ISOPROC</i>
12 :45	Conclusies van de voormiddag	<i>Moderator</i>
13 :00	<i>Gesprekken tijdens de lunch</i>	
13 :40	Vertrek – inleiding op het bezoek	<i>Begeleider (FR/NL), Leefmilieu Brussel</i>
14 :10	Demonstratie van een luchtdichtheidsmeting op de werf - Werfbezoek (Voorbeeldgebouw Picardstraat 204) http://app.bruxellesenvironnement.be/batex_search/Docs/fs_207_nl.pdf - Technische voorbereiding van het gebouw voor de test - Protocol, test en analyse van de resultaten	<i>Lionel WAUTERS (Urbani), Clarisse MEES (WTCB) en Daniel DE VROEY</i>
16 :30	Terugkeer naar Tour & Taxis	
17 :00	Einde van het seminarie	

Orateurs/Sprekers

Monsieur Pierre DEMESMAECKER

Responsable de Projets
Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable
(ICEDD)
Boulevard Frère Orban 4
5000 NAMUR
pdm@icedd.be

Madame Séverine GILLET

Plate-forme Maison Passive asbl (PMP)
Boulevard Audent 15
6000 CHARLEROI
seg@maisonpassive.be

Madame Julie WILLEM

A2M sprl
Chaussée de Boondael 6 bte 13
1050 IXELLES
willem@a2m.be

Monsieur Benoît MICHAUX

Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC)
Avenue Pierre Holoffe 31
1342 LIMELETTE
benoit.michaux@bbri.be

Monsieur André BAIVIER

Isoproc sa
Boterstraat 23 A
2811 HOMBEEK
andre.baivier@isoproc.be

Test d'infilmométrie

Monsieur Lionel WAUTERS

Urbani sa
Rue du Gruyer 50
1170 WATERMAEL-BOITSFORT
lw@urbani.be

Madame Clairissee MEES

Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC)
Avenue Pierre Holoffe 31
1342 LIMELETTE
Clairissee.mees@bbri.be

Monsieur Daniel DEVROEY

Rue Elise 71
1050 IXELLES
Daniel.devroey@skynet.be

Commanditaire / Opdrachtgever

Bruxelles Environnement (IBGE) - Leefmilieu Brussel (BIM)
Monsieur Pierre MASSON
Site Tours et Taxis
Avenue du Port 86c/3000
1000 BRUXELLES/BRUSSEL
@ : pmasson@environnement.irisnet.be

Encadrement – Omkadering

CERAA asbl – Cenergie bvba – ICEDD asbl
Madame Cécile ROUSSELOT
Rue Ernest Allardstraat 21
1000 BRUXELLES/BRUSSEL
@ : cecile.rousselet@ceraa.be

Het belang van de luchtdichtheid bij gebouwen

Cijfervoorbeeld van de impact van de luchtdichtheid op de concrete energiebalans

**Séverine Gillet,
pmp**

De luchtdichtheid van een gebouw, of beter gezegd, zijn doorlaatbaarheid, brengt ons bij de luchtstromen die door de gebouwschil heen gaan. De luchtverplaatsingen hebben een impact op diverse prestaties van het gebouw, gaande van het akoestisch comfort tot de brandveiligheid, maar evenzeer bijvoorbeeld op het hygrothermisch gedrag van de bouwschil, de dimensionering van de verwarmingsinstallatie of de luchtkwaliteit.

Een snelle oefening toont aan dat een opening van een vierkante centimeter in de gebouwschil qua grootteorde elk jaar opnieuw een flinke cent kost. Maar hoe zit het dan op gebouwniveau? Door het uitvoeren van een druktest in het gebouw, kan het lekdebiet dat door de schil gaat bij een bepaalde referentiedruk, gemeten worden. Hoewel deze informatie interessant is voor het opstellen van de energiebalans, is ze weinig aangepast voor het onderling vergelijken van gebouwen of om er zich op te baseren voor een regelgevend criterium. Door het lekdebiet te delen door een karakteristieke dimensie van het gebouw, bekomt men een afgeleide grootheid, waarmee vergelijkingen gemakkelijker kunnen worden uitgevoerd. De afgeleide grootheden die het vaakst worden gebruikt, gebruiken als referentie ofwel het binnenvolume, ofwel het verliesoppervlak van de gebouwschil. Deze twee indicatoren moeten wel met de nodige zorgvuldigheid worden geïnterpreteerd bij "afwijkende" gevallen van compactheid, te wijten aan afwijkende volumes of aan een groot aandeel van gemene muren.

Tenslotte werd ook een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd op de netto energiebehoefte voor verwarming in twee passiefbouwprojecten. Bij gelijke prestaties, stellen we vast dat een bijkomende inspanning op het vlak van de luchtdichtheid, rendabeler is dan een extra inspanning om nog meer thermische isolatie aan te brengen. Alle andere parameters in het gebouw werden ondertussen constant gehouden (schrijnwerk, beglazing, ventilatie, beschaduwing, gebruik, klimaat). Deze tendens manifesteert zich nog meer naarmate hoge gebouwprestaties worden nagestreefd.

Seminarie Duurzaam Bouwen:

Luchtdichtheid, van het ontwerp tot op de werf

21.04.2016

Leefmilieu Brussel

HET BELANG VAN DE LUCHTDICHTHEID BIJ GEBOUWEN Cijfervoorbeeld van de impact van de luchtdichtheid op de concrete energiebalans

Séverine GILLET, Ir pmp asbl



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

Doelstellingen van de presentatie

- Vertrouwd raken met de grootteordes van energieverliezen te wijten aan de luchtdoorlaatbaarheid in performante gebouwen
- De indicatoren als resultaat van een luchtdichtheidstest kunnen interpreteren
- Er bewust van worden dat een uitmuntende luchtdichtheid rendabeler is dan thermisch te « overisoleren »



Overzicht van de presentatie

1. Luchtlekken?
2. Welke gevolgen?
3. Hoe kwantificeren?
4. Voorbeelden van energiebalansen
5. Conclusies



3

1. Luchtlekken?

- Doorheen de gebouwschil
- Drukomstandigheden
 - ▶ binnen
 - › toestellen
 - ▶ buiten
 - › atmosferische druk
 - › wind
- Begrip: blootstelling aan de wind

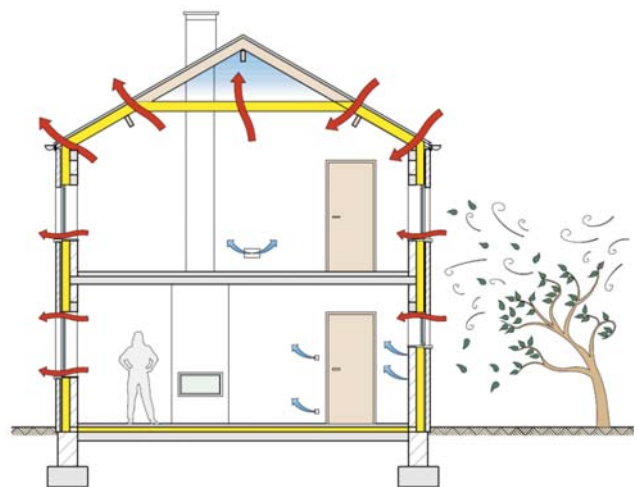


Fig. 2 L'étanchéité à l'air d'une construction définit sa capacité à s'opposer au passage de l'air extérieur vers l'intérieur et inversement.

Bron : WTCB, TV 255



4

2. Welke gevolgen?

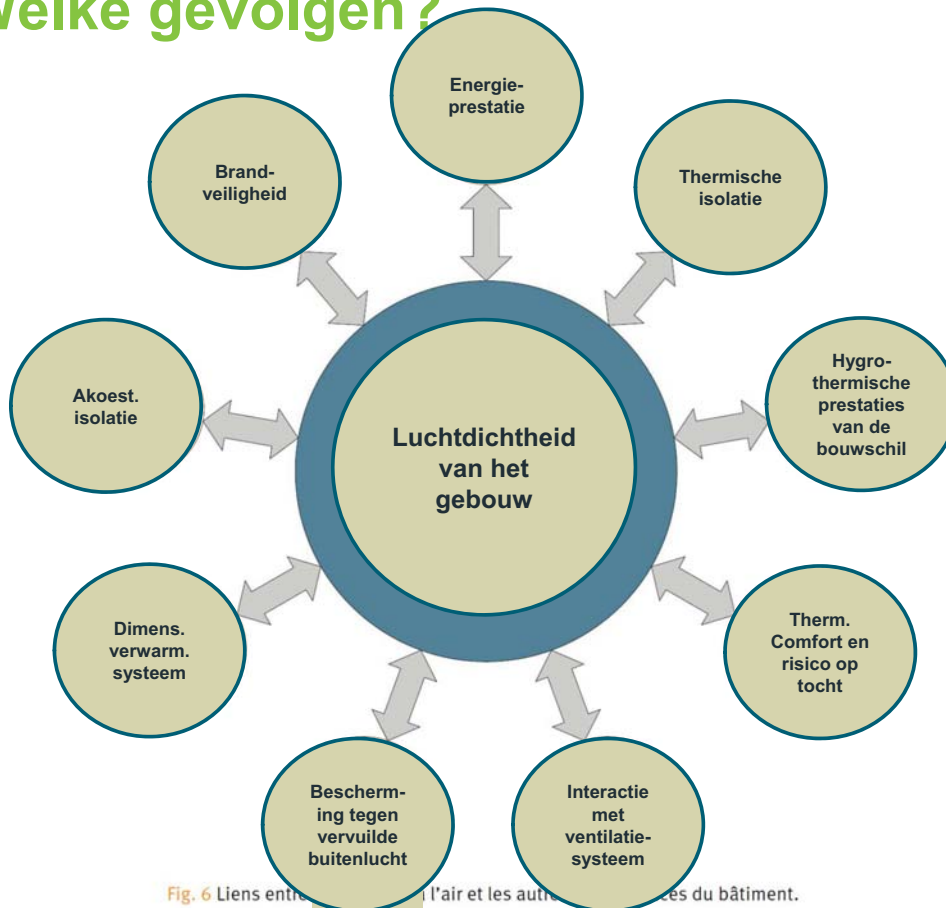


Fig. 6 Liens entre l'air et les autres aspects du bâtiment.
Bron : WTCB, TV 255

5

2. Welke gevolgen?

- 1 cm² opening

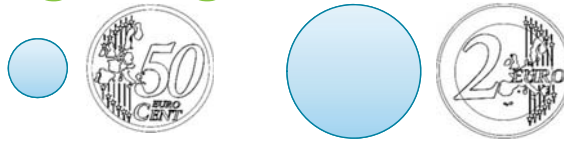
- Bij testcondities (50 Pa) : 3,5 m³/u verlies (volgens ISO norm, definitie ELA_{pr})

- Verwarmingsbehoefte: 6,5 kWh/jaar (Buitenklimaat: Brussel IWEBC, blootstelling aan gemiddelde wind, binnenklimaat : 20°C)

- Jaarlijkse kost: ~0,50 €/jaar (benaderende grootteorde, aardgas)



2. Welke gevolgen?



- Welke grootteorde op het niveau van een volledige eenheid?
- Appartement - 125 m² vloeropp, binnenvolume van 333 m³
 - ▶ Lage energie : NEBverw = 60 kWh/m²jr, of 7500 kWh/jaar
 - ▶ Passief : NEBverw = 15 kWh/m²jr, of 1875 kWh/jaar

gemeten lekdebiet bij 50 Pa [m ³ /u]	n ₅₀ [1/h]	lekoppervlakte ELA ₅₀ [cm ²]	NEBverw te wijten aan luchtdoorlaatbaarheid [kWh/jaar]	aandeel totaal NEBverw bij lage energie	aandeel totaal NEBverw bij passief	Jaarlijkse kost luchtdoorlaatbaarheid [€/jaar]
2000	6	563 ~ A4 blad	3665	49%	195%	282
1000	3	282 ~ A5 blad	1833	24%	98%	141
500	1,5	141	916	12%	49%	70
200	0,6	56 ~ eID kaart	367	5%	20%	28
100	0,3	28	183	2%	10%	14
50	0,15	14	92	1%	5%	7



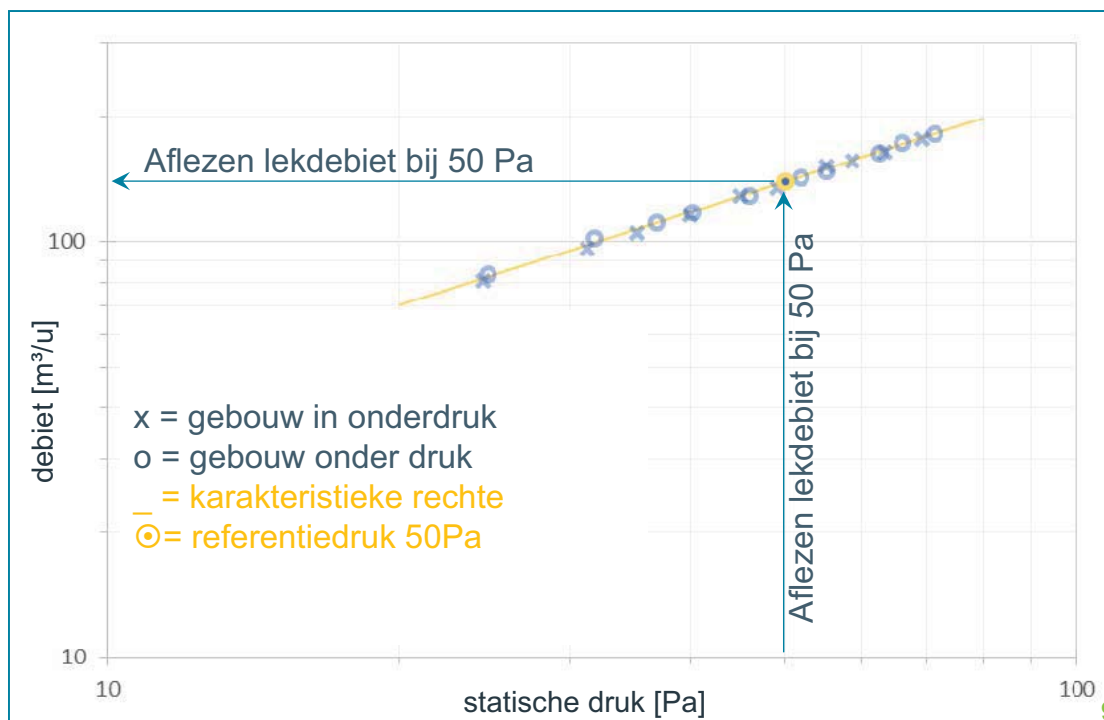
7

3. Hoe kwantificeren? - Infiltratietest

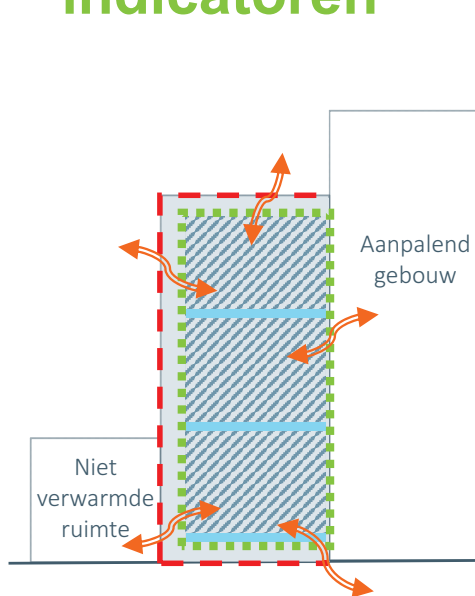


8

3. Hoe kwantificeren? - Infiltratietest



3. Hoe kwantificeren? indicatoren



« HET » resultaat van de test :	Notatie volgens EN_13829 (2001)	Notatie volgens ISO_9972 (2015)
Lekdebit	\dot{V}_{50}	\dot{q}_{50}
Dimensie	Afgeleide grootteorde : Deling van het lekdebit door de dimensie	
V	n_{50}	n_{50}
A_F	w_{50}	q_{F50}
A_E	q_{50}	q_{E50}
A_T	v_{50} (non défini dans les normes)	

Dimensie → Indicator

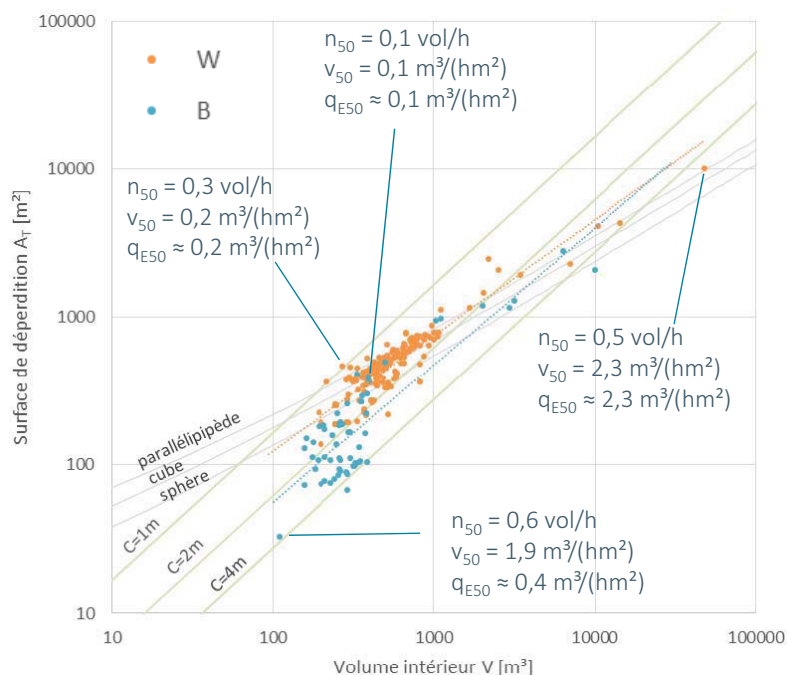
Dimensie x Indicator = lekdebit



3. Hoe kwantificeren? – compactheid

Brusselse context:
compactheid via
gemene muren

$$C = \frac{V_{ext}}{A_T}$$



Bron : pmp, steekproef gecert. passief eenheden

11



3. Hoe kwantificeren? - regelgeving

- Twee tendensen:

- ▶ Defaultwaarden minder gunstig

- › Bv in België: standaardmeting $v_{50} = 12 \frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2}$

- ▶ Expliciete eis

- › Denemarken, Frankrijk, Ned, VK

- › Gebruikte indicatoren: n_{50} of v_{50} of q_{F50}

- › Noorwegen

- woningen: $n_{50} \leq 2,5\text{h}^{-1}$

- andere gebouwen: $n_{50} \leq 1,5\text{h}^{-1}$

- › EPB Brussel vanaf 2018: $n_{50} \leq 0,6\text{h}^{-1}$

- › Internationaal – vrijwillige passief certificatie: $n_{50} \leq 0,6\text{h}^{-1}$



12

4. Voorbeelden: 2 typologieën van passiefeenheden

	Voorbeeld 1 : Woning	Voorbeeld 2 : Kantoor- gebouw	Voorbeeld 3 : Appartement	
Gemeten lekdebiet bij 50 Pa :	73	23 000	73	m ³ /u
Volume V:	270	48 000	300	m ³
N_{50}	0,3	0,5	0,2	h ⁻¹
Verliesopp A _T :	470	10 000	155	m ²
V_{50}	0,2	2,3	0,5	(m ³ /u)/m ²
Gebouwschilopp:	~470	~10 000	~420	m ²
q_{E50}	~0,2	~2,3	~0,2	(m ³ /u)/m ²
Vloeropp:	110	12 000	110	m ²
q_{F50}	0,7	1,9	0,7	(m ³ /u)/m ²



13

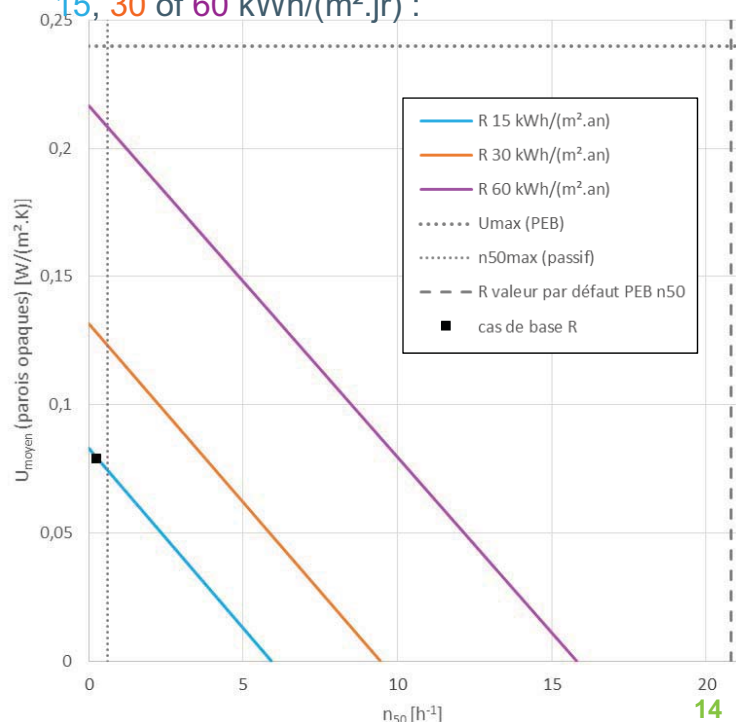
4. Voorbeelden - n°1 : Eengezinswoning

Combinaties (U_{opaak} , n_{50}) met een zelfde NEB aan verwarming:

15, 30 of 60 kWh/(m².jr) :

Eengezinswoning

- ▶ ~100m²
- ▶ 4 gevels
- ▶ weinig compacte bungalow
- ▶ Zeer doorgedreven isolatie
- ▶ Driedubbele beglazing
- ▶ $n_{50} = 0,3 \text{ h}^{-1}$
- ▶ $v_{50} = 0,2 \text{ h}^{-1}$
- ▶ $U_{\text{opaak}} = 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$



14

4. Voorbeelden - n°2 : Kantoorgebouw

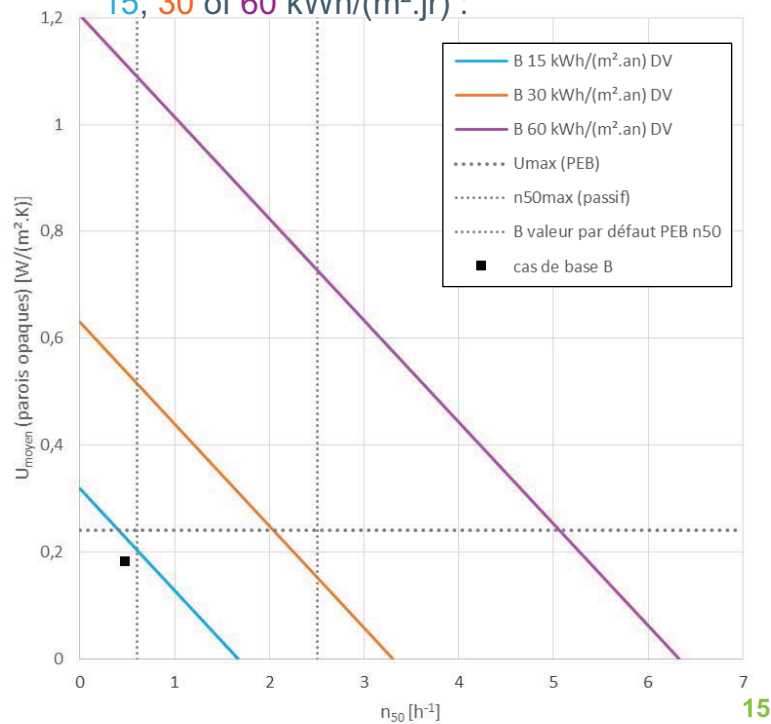
Kantoren

- ▶ ~12 000m²
- ▶ Hoog gebouw
- ▶ Dubbele beglazing
- ▶ $n_{50} = 0,5 \text{ h}^{-1}$
- ▶ $v_{50} = 2,3 \text{ h}^{-1}$
- ▶ $U_{\text{opaak}} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



Combinaties (U_{opaak} , n_{50}) met een zelfde NEB aan verwarming:

15, 30 of 60 kWh/(m².jr) :



4. Voorbeelden - n°3 : Appartement

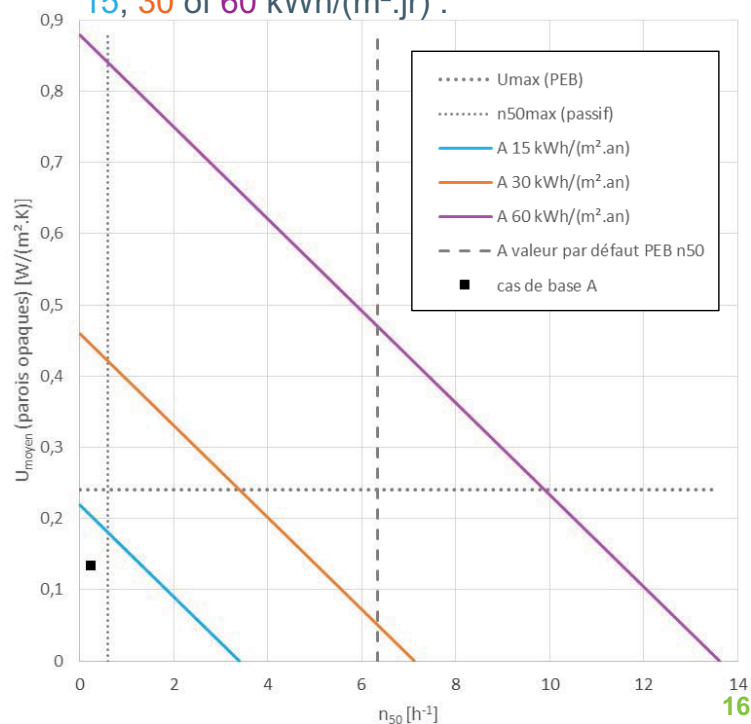
Appartement

- ▶ ~110 m²
- ▶ 3 gevels
- ▶ Aanpalend hoog/laag
- ▶ Driedubbele beglazing
- ▶ $n_{50} = 0,25 \text{ h}^{-1}$
- ▶ $v_{50} = 0,47 \text{ h}^{-1}$
- ▶ $U_{\text{opaak}} = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

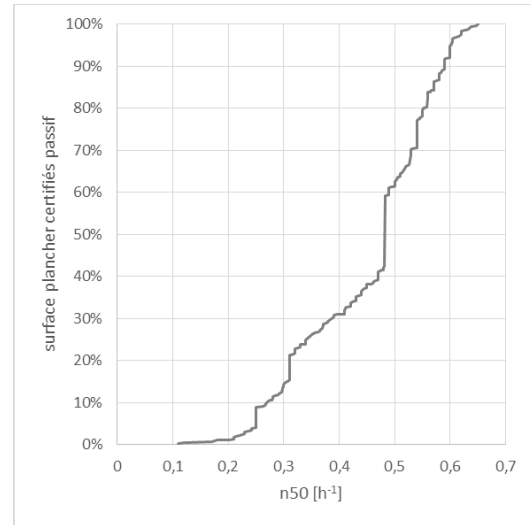
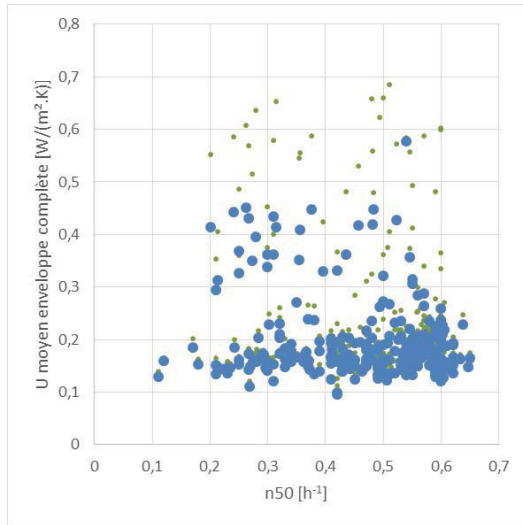


Combinaties (U_{opaak} , n_{50}) met een zelfde NEB aan verwarming:

15, 30 of 60 kWh/(m².jr) :



4. Voorbeelden– Statistieken pmp



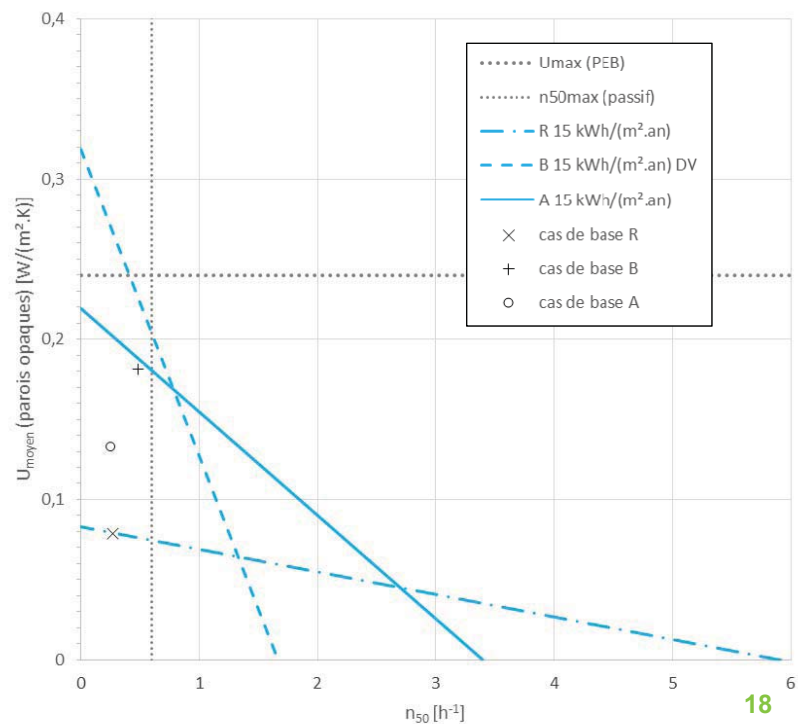
17

4. Voorbeelden– Passiefvoorbeelden vergeleken

Combinaties ($U_{opaques}$, n_{50}) 3 vorige voorbeelden voor 15 kWh/(m².jr) NEBverw:

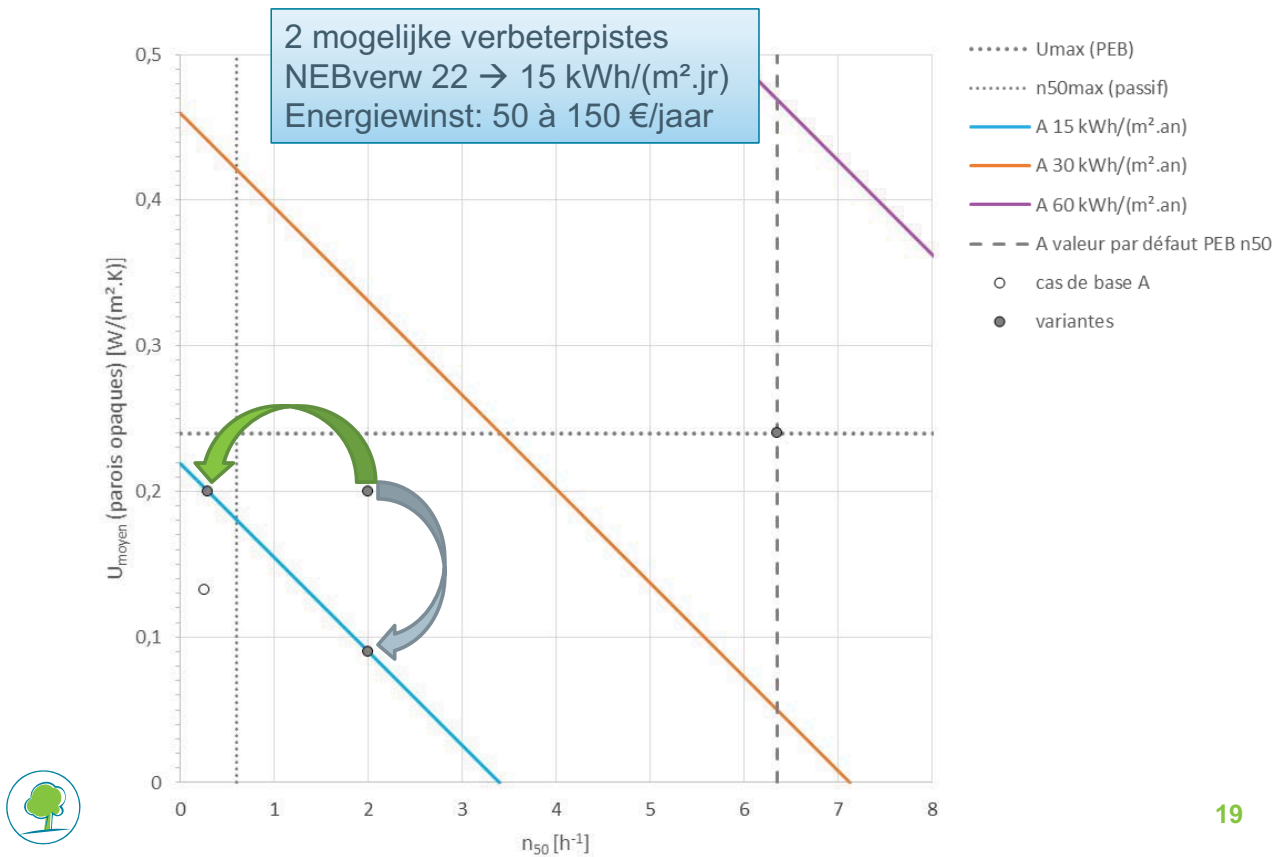
3 zeer verschillende configuraties

- ▶ Geometrie
 - › Volume
 - › Compactheid
 - › Gemene muren
- ▶ Vensters/beglazing
 - › U_f , U_g , g , properties
- ▶ Beschaduwing
- ▶ Ventilatie, η
- ▶ Bestemming, interne warmtetoedracht



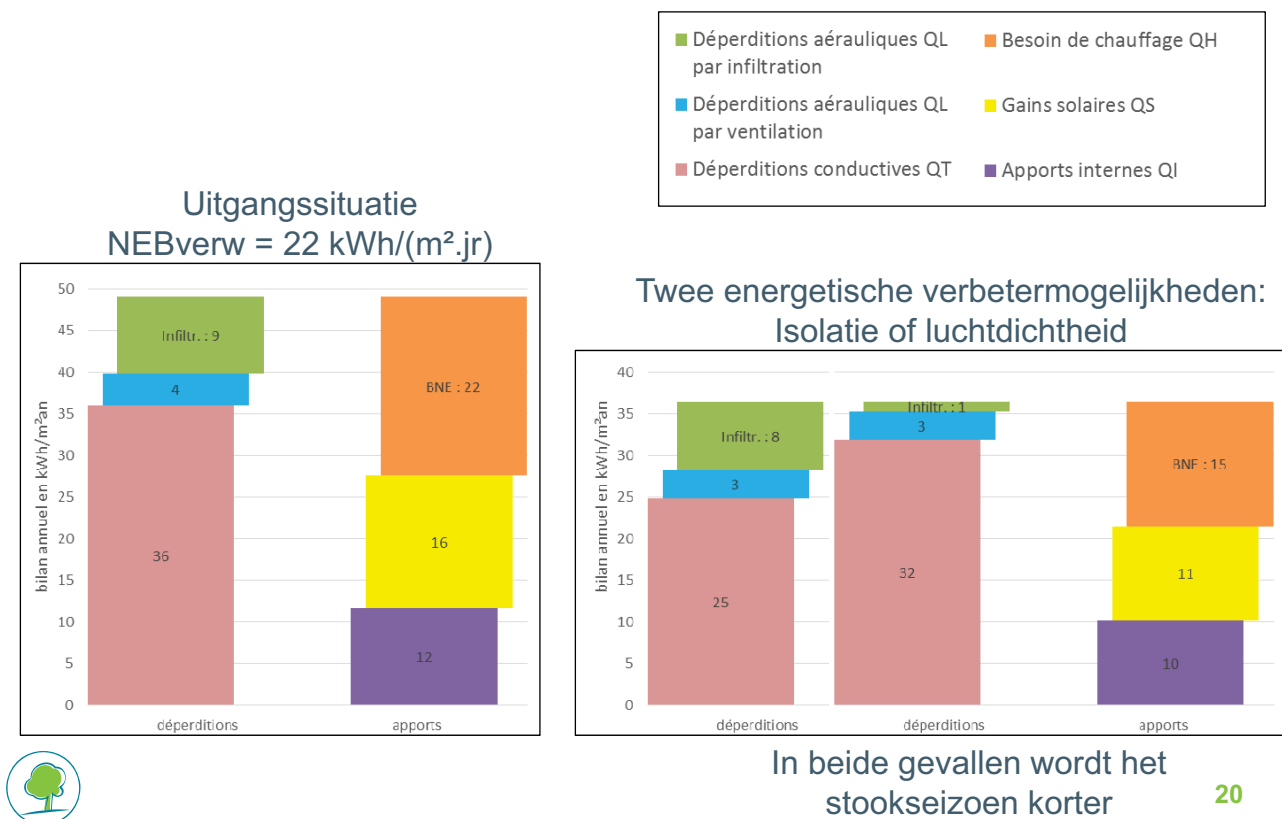
18

4. Voorbeelden– Appartement : detailbalans



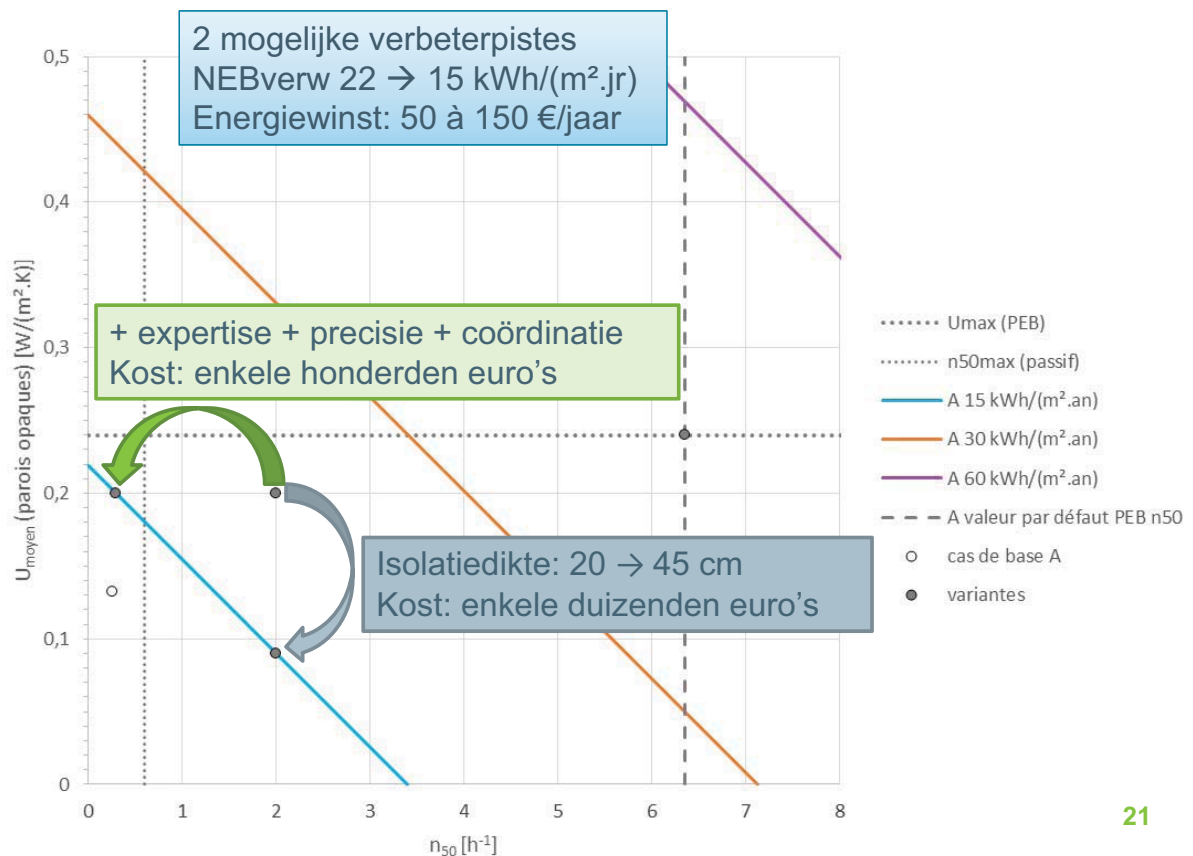
19

4. Voorbeelden– Appartement : detailbalans



20

4. Voorbeelden – Appartement : detailbalans



5. Conclusie

- Wat leren de testresultaten ons?
 - ▶ Welke indicator wordt gebruikt?
 - › Compactheid, Volume, Gemene muren
 - ▶ Slotsom: steeds een lekdebiet
- Wat de rentabiliteit betreft:
 - ▶ De zorg besteedt aan de luchtdichtheid « draagt meer bij » dan een dikkere isolatielaag
 - ▶ De luchtdichtheid is dus « rendabeler » naarmate het gebouw al hogere prestaties heeft



Interessante tools, websites, ...:

- TV 255 :

<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&serie=1>

- STS-P71-3 :

http://economie.fgov.be/nl/ondernemingen/specifieke_domeinen/kwaliteit_bouw/Goedkeuring_voorschriften/#.Vw5aKfmLSUK

- EPB voorschriften:

<http://www.epbd.be/index.cfm?n01=air&lang=nl>

- Website van Leefmilieu Brussel:

www.leefmilieubrussel.be

en meer in het bijzonder:

- ▶ <http://www.gidsduurzamegebouwen.brussels.nl/homepage.html?IDC=1506>
- ▶ http://www.leefmilieu.brussels/themas/gebouwen?view_pro=1



23

Gids Duurzaam Bouwen

www.leefmilieu.brussels : Gebouwen > Goede praktijken om te bouwen en te renoveren > Om u te helpen > Gids Duurzame Gebouwen

Of rechtstreeks via:

<http://www.gidsduurzamegebouwen.brussels.nl/homepage.html?IDC=1506>



En in het bijzonder de fiche:

- ▶ <http://www.gidsduurzamegebouwen.brussels.nl/dossier-infiltratieverliezen-beperken.html?IDC=1125>



24

Te onthouden uit deze presentatie

- Een resultaat van 1000 m³/u van de infiltratietest betekent
 - ▶ Een lekdebiet ter grootte van ongeveer een A5 blad
 - ▶ Een NEBverw van rond de 1800 kWh
- Opgelet bij de interpretatie van de testresultaten
- De luchtdichtheid is in het bijzonder interessant
 - ▶ Gezien de lage kost aan materialen
 - › Maar vereist wel de nodige coördinatie en verzorgde plaatsing
 - ▶ Voornaamste inspanning op niveau van sensibilisering en vorming



25

Contact

Séverine GILLET

Functie: Ir, projectleider

Coördinaten:

☎ : +32 71 960 320

E-mail : info@maisonpassive.be



26

Rekening houden met de luchtdichtheid van bij de aanvang van het project

Ontwerprichtlijnen voor specifieke situaties

**Julie WILLEM (FR),
A2M**

De lucht, dat ongrijpbare element, is even vitaal als onzichtbaar. In tegenstelling tot materialen en technieken, impliceert het beheren van de lucht de nood aan visualisatietools (blowerdoor, rookmiddelen, thermische camera, ...) waarmee de soms gebrekkige uitvoering van de "luchtdichtheid" wordt getoond. Nochtans is de luchtkwaliteit en verversing een belangrijke garantie voor bouwen met een hoge energieprestatie.

De regeling van gebouwen wordt reeds (al te) lang bepaald door mechanische technieken, zoals de centrale verwarming, luchtbehandeling, elektrisch licht en andere energieverbruikers. Dit paradigma is meer en meer in afbouw omwille van de noodzaak om te besparen op grondstoffen (natuurlijke grondstoffen, maar dus ook financieel). Vandaag de dag moet de bouwwijze energetisch hoog performant zijn: de mechanische regeling om het comfort te behalen wordt meer en meer een fysisch ingrijpen. Zo bekeken kan je stellen dat radiatoren vervangen worden door isolatie.

In dat opzicht is de luchtdichtheid van de bouwschil bepalend voor de regeling gezien deze het mogelijk maakt de luchtstromen, maar evenzeer de thermische en vochtstromen, doorheen de wanden van het beschermd volume te controleren. En dit terwijl ze nog veel te weinig gekend is en vaak aanleiding geeft tot problemen en kennisopbouw nog nodig is.

In deze presentatie trachten we de grote lijnen van het toepassen van luchtdichtheid in gebouwen te benaderen. Van het afbakenen van het beschermd volume, tot de plaatsing van bepaalde elementen.

Vervolgens bekijken we hoe deze gegevens kunnen vertaald worden naar het projectontwerp: de te vermelden en te bestuderen waarden, de te voorziene details, het regelgevend aspect en de TV 255.

Tenslotte nemen we 3 specifieke voorbeelden onder de loep, een voor elke isolatietechniek: langs buiten, geïntegreerd en langs binnen. Deze voorbeelden hebben we deels geplukt uit onze werfervaring en komen deels uit de meest gestelde vragen tijdens opleidingen. De voornaamste doelstelling is de deelnemers te doen nadenken over deze thematiek, eerder dan zeer exhaustief alles te behandelen.

De luchtdichtheid is een ruimer en interessanter onderzoeksdomein dan men op het eerste zicht zou vermoeden...

Seminarie Duurzaam Bouwen:

Luchtdichtheid, van het ontwerp tot op de werf

21.04.2016

Leefmilieu Brussel

Rekening houden met de luchtdichtheid van bij de aanvang van het project

Ontwerprichtlijnen voor specifieke situaties

Julie WILLEM, architect partner

A2M be.passive Pmp / ulb



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

Doelstellingen van de presentatie

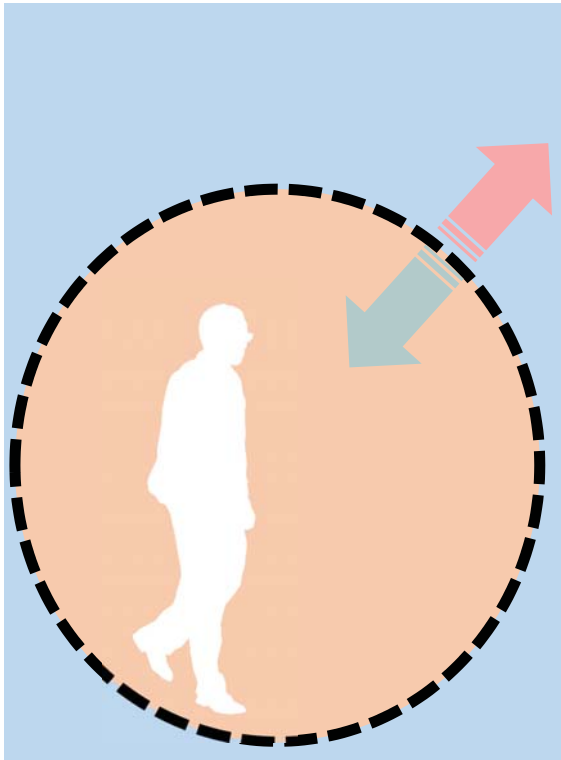
- De grote, ontwerpgerelateerde principes van luchtdichtheid begrijpen
- Detailontwerp en ontwerp van projecten in lijn met deze algemene principes



Overzicht van de presentatie

1. Introductie
2. Beschermd volume
3. Ontwerp van projecten:
 1. Buitenisolatie
 2. Geïntegreerde isolatie
 3. Binnenisolatie





Comfort van de gebruiker

- **Thermisch** 19,7 à 24, 7 °C
straling via de wanden
(werkingsvork ...)
- **Lucht :** snelheid < 0,2m/s
- **Vochtigheid:** 30 à 70 % RL
-

Efficiëntie van de schil

Het comfort behouden met een minimum aan « actieve » energie

Kwaliteit van de constructie

Kwaliteitscontrole op de uitvoering van de bouwschil

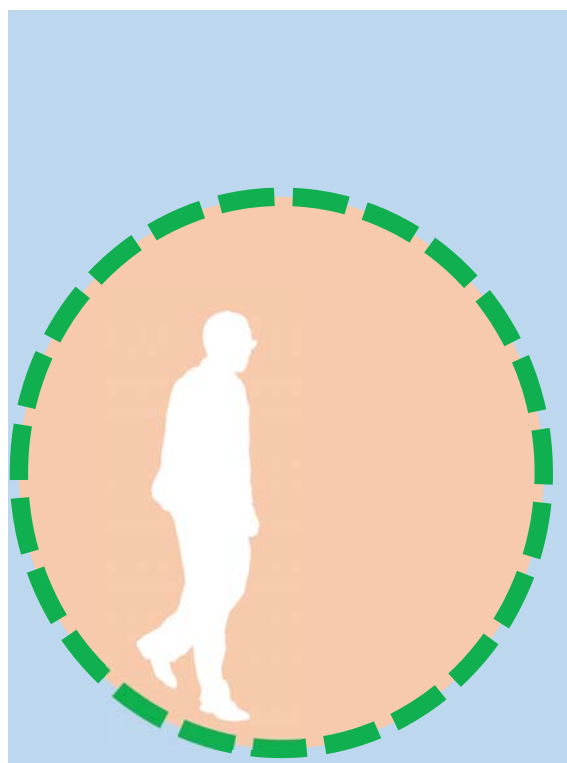


De zwakke punten van het ontwerp van de bouwschil worden gecorrigeerd met behulp van mechanische of technologische lapmiddelen





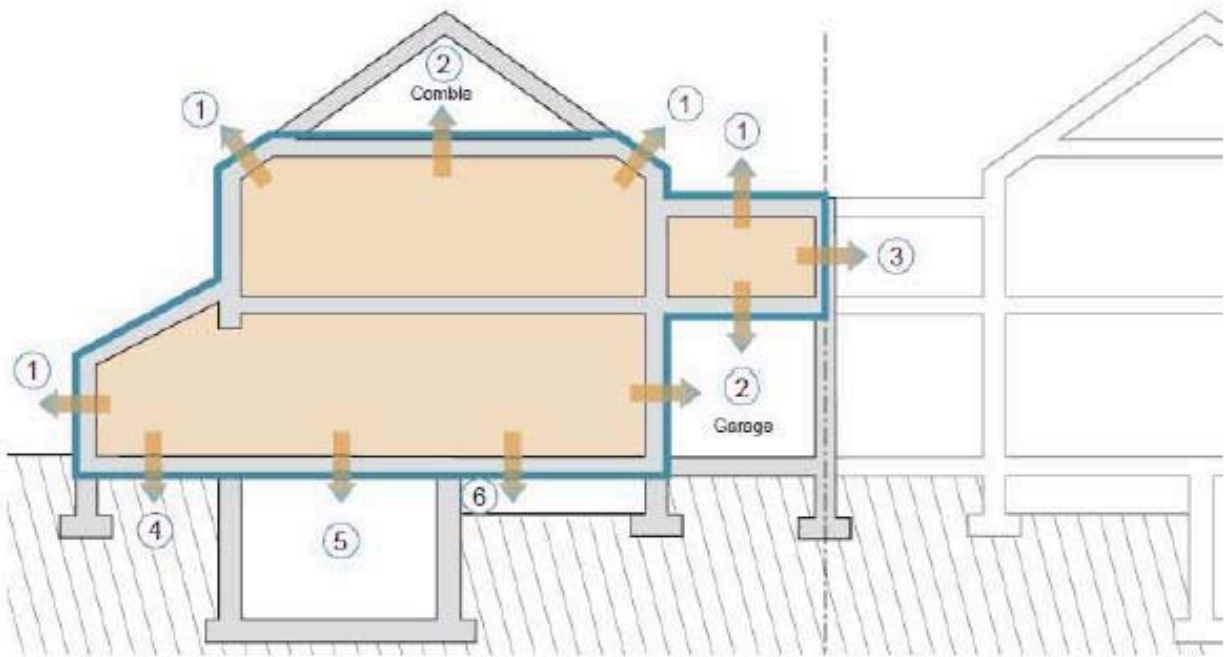
Gebouwen met hoge energieprestaties integreren deze mogelijkheden van meet af aan in de fysische schil van het gebouw, waardoor de energiebehoefte, om het comfort te realiseren, lager uitvalt.



Architectuur | rechtstreeks geïntegreerde technieken in de opbouw van de schil

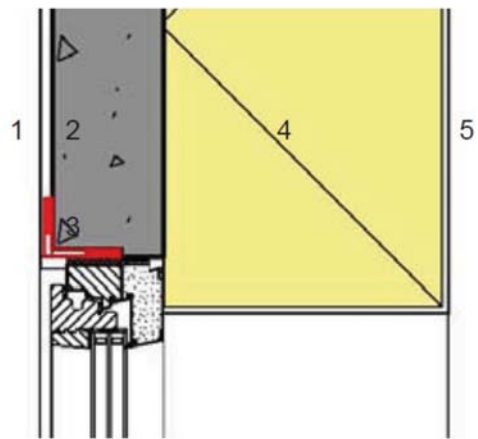
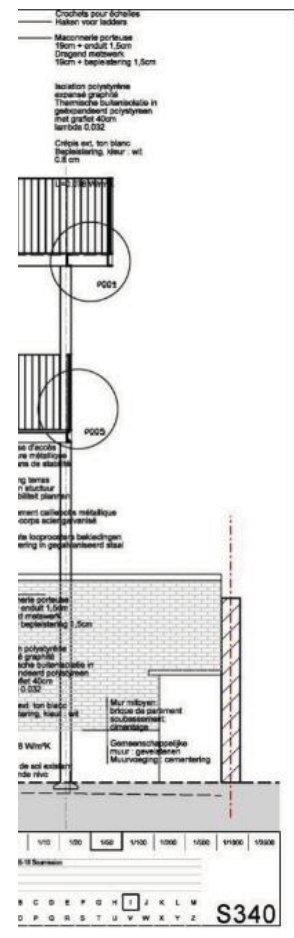
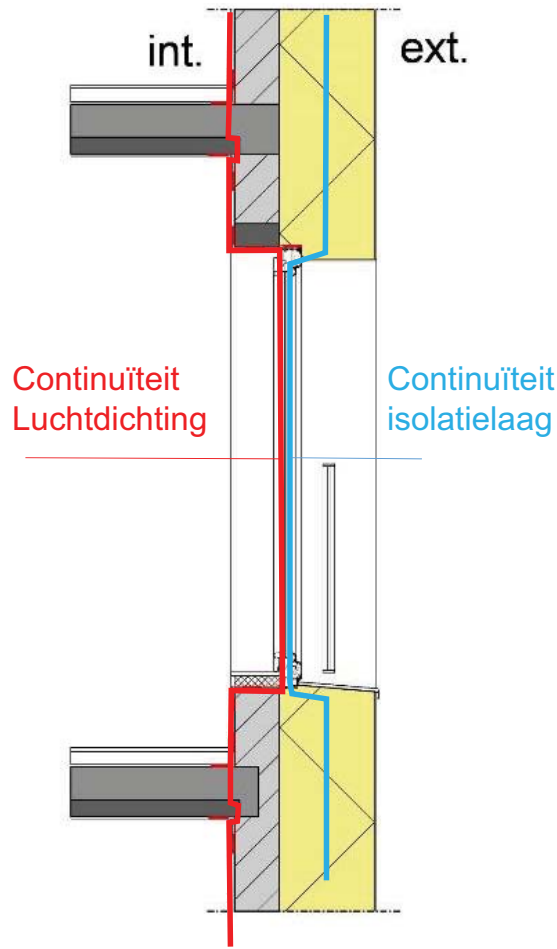
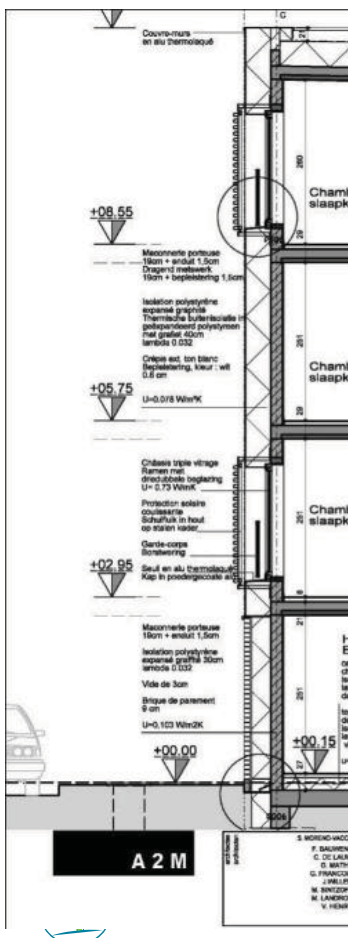


Beschermd volume

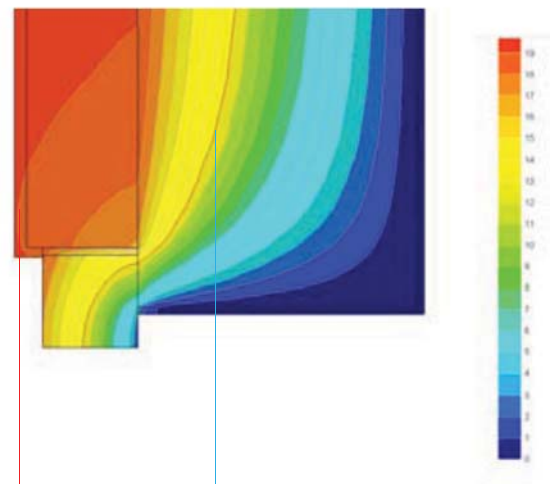


9





- $\Psi = -0.12 \text{ W/m.K}$
- 1 enduit
 - 2 voile BA
 - 3 étanchéité à l'air
 - 4 isolant EPS graphité Neopor®
 - 5 enduit extérieur STO®

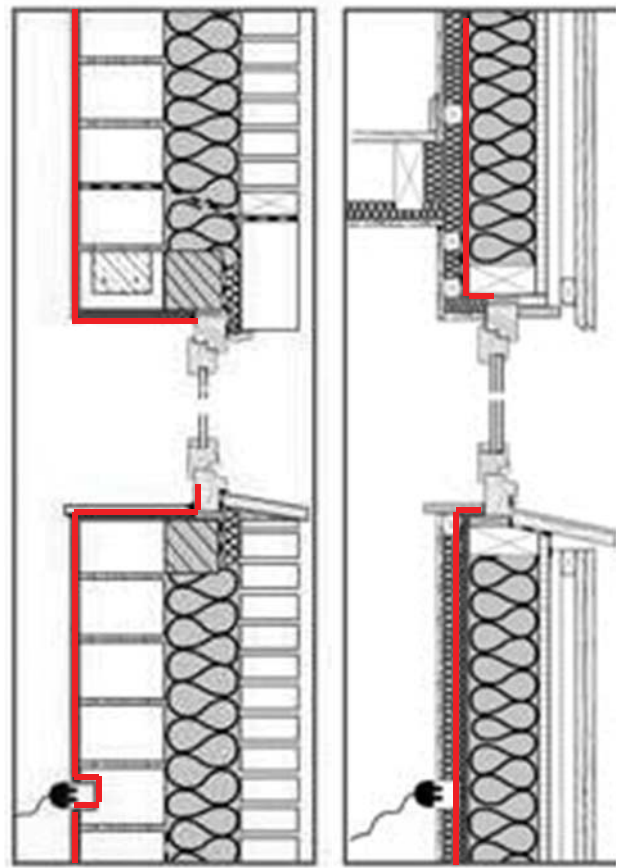


Continuité Luchtdichting
 Continuité isolatielaag
 Warme zijde van de isolatie (in onze klimaatzone)



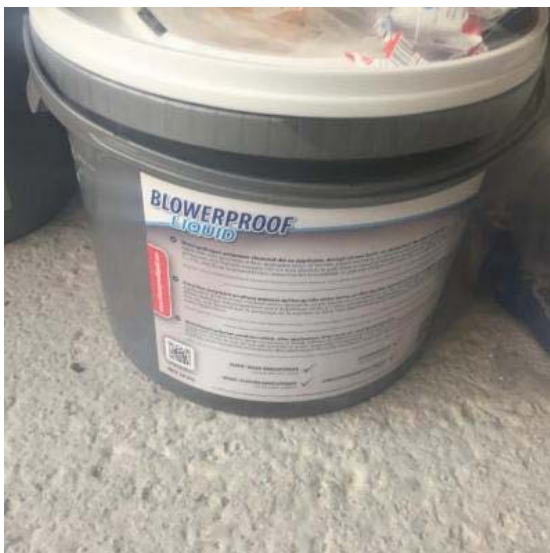


Continuïteit luchtdichting



massief

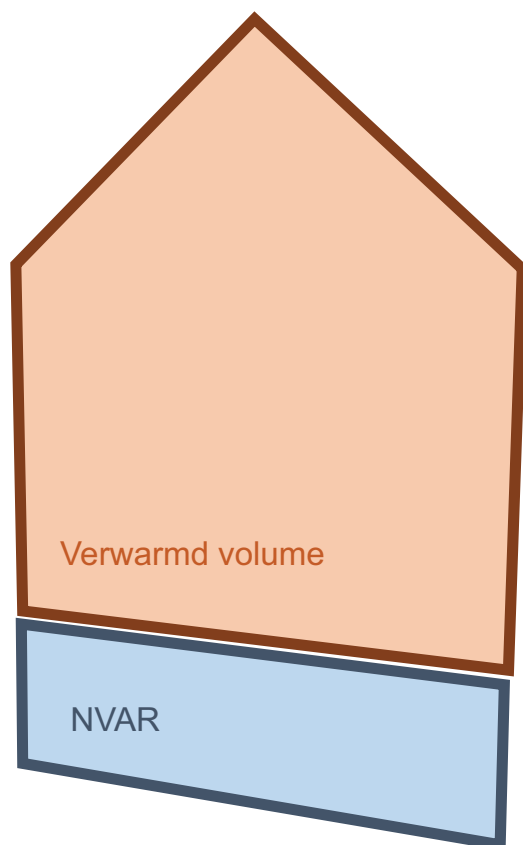
licht

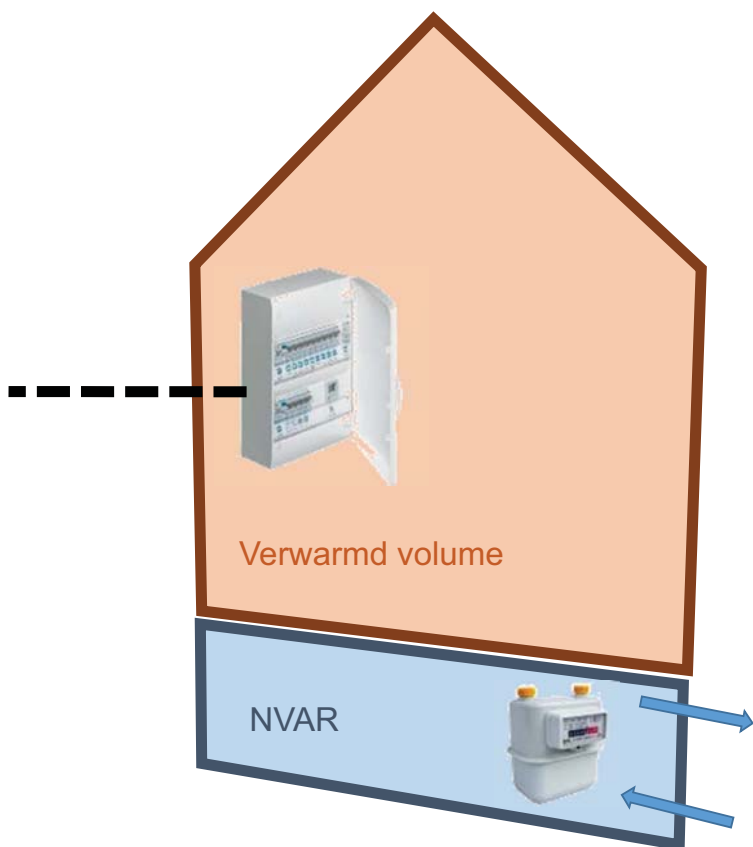
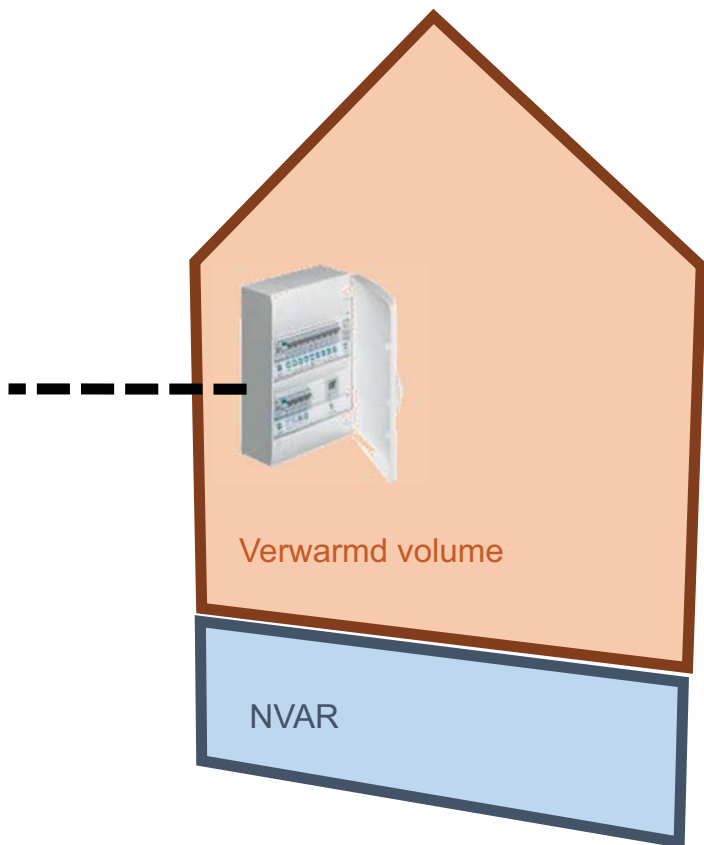


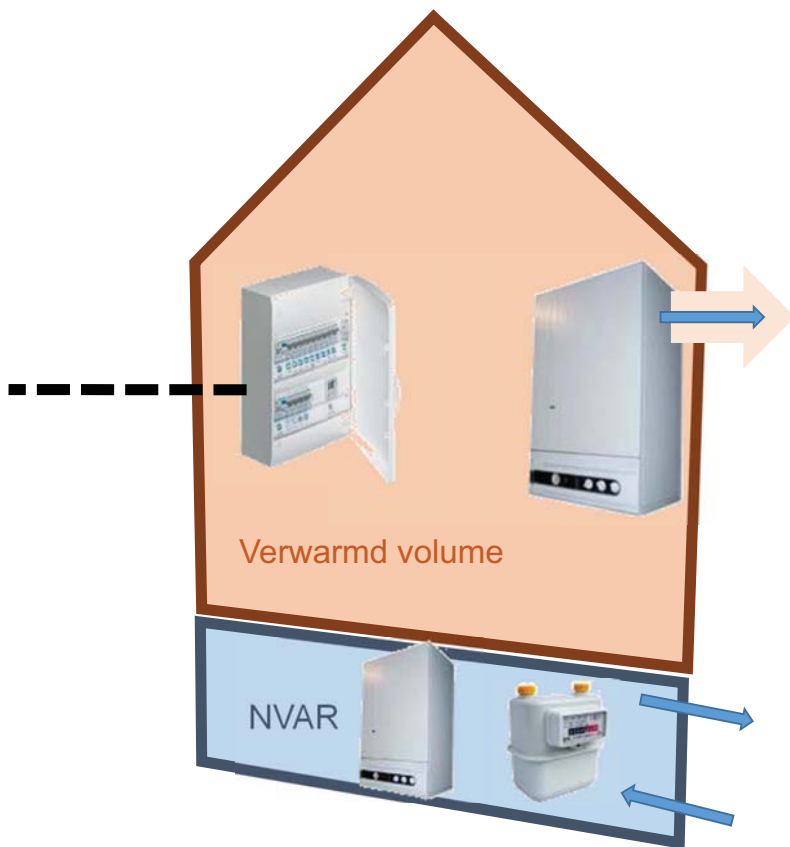
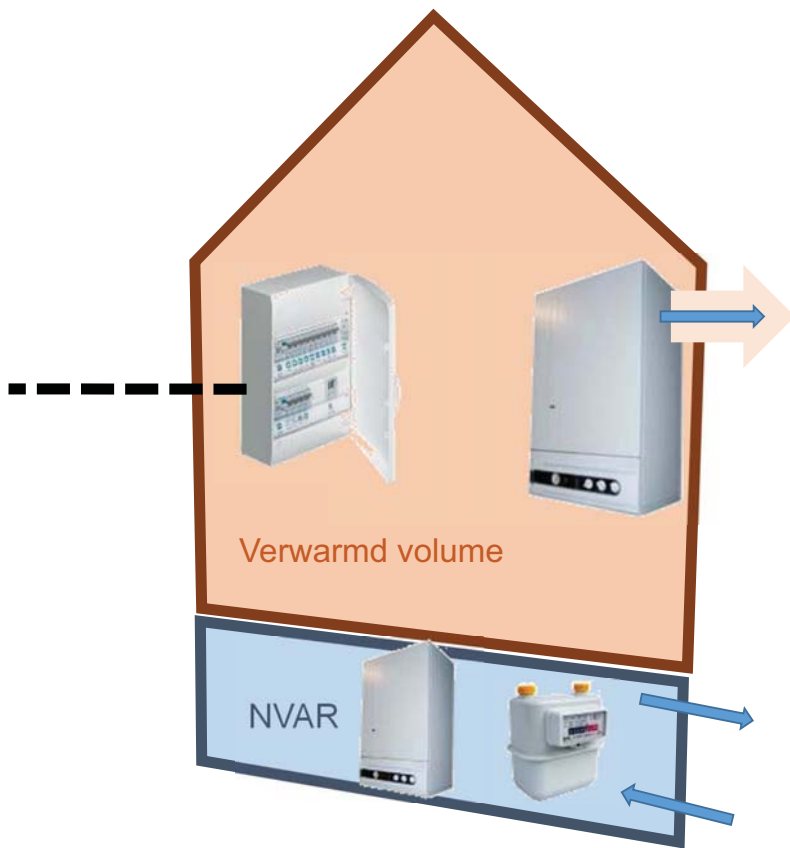
Risicofactor van bij
Plaatsing

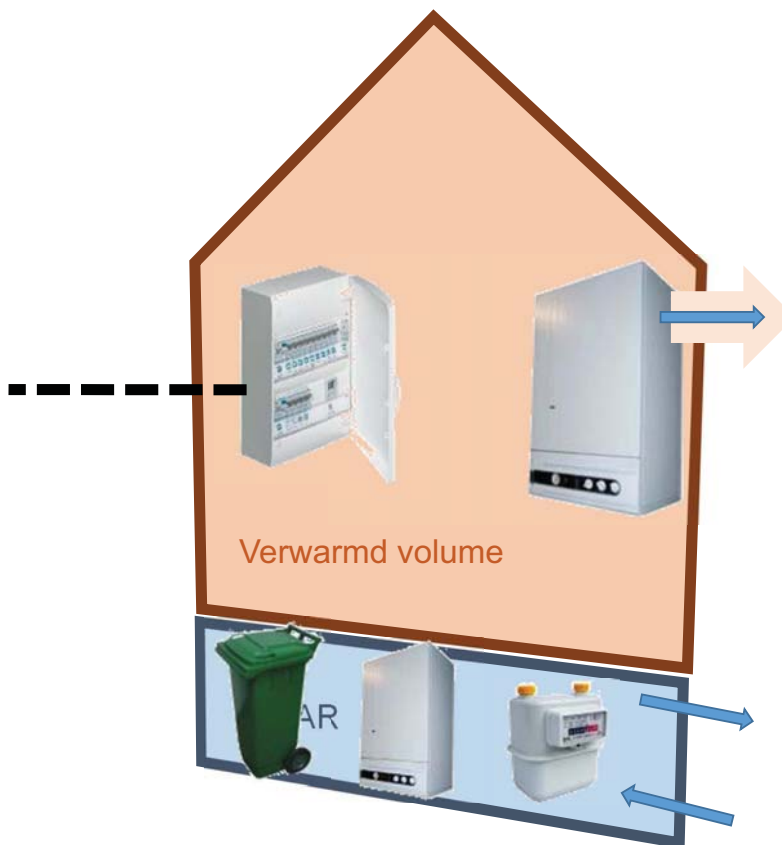
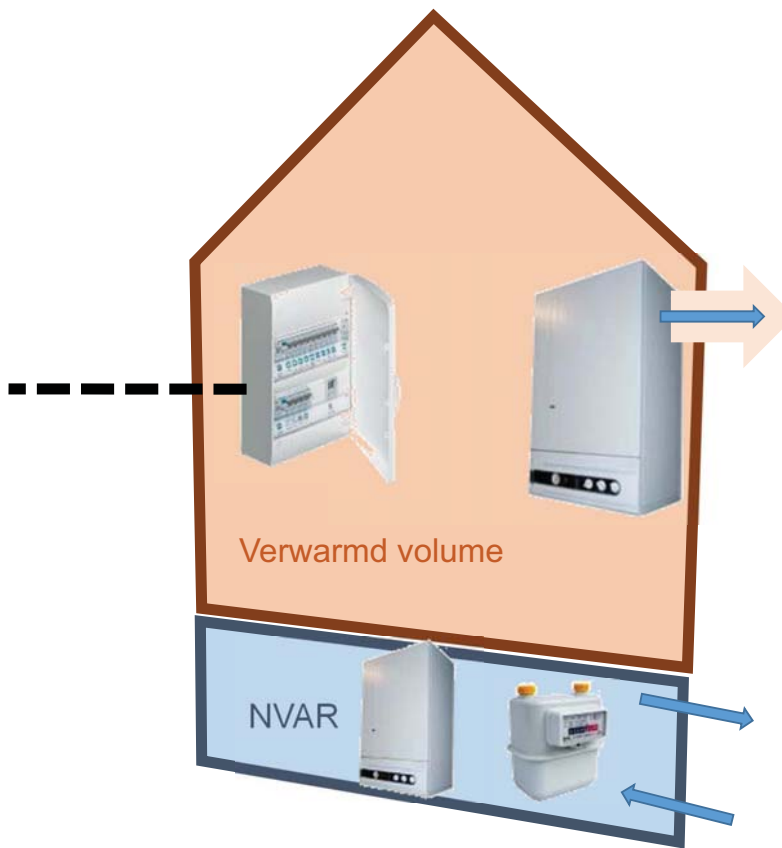


Beslis waar de
volgende technische
elementen moeten
geplaatst worden









n_{50} > 0,6V/h min, methode A, condities, aantal ...

μ_d > waarden dampdichtheid

a > bij waterwerend



1. Buitenisolatie



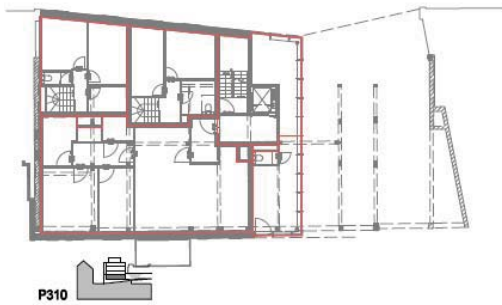
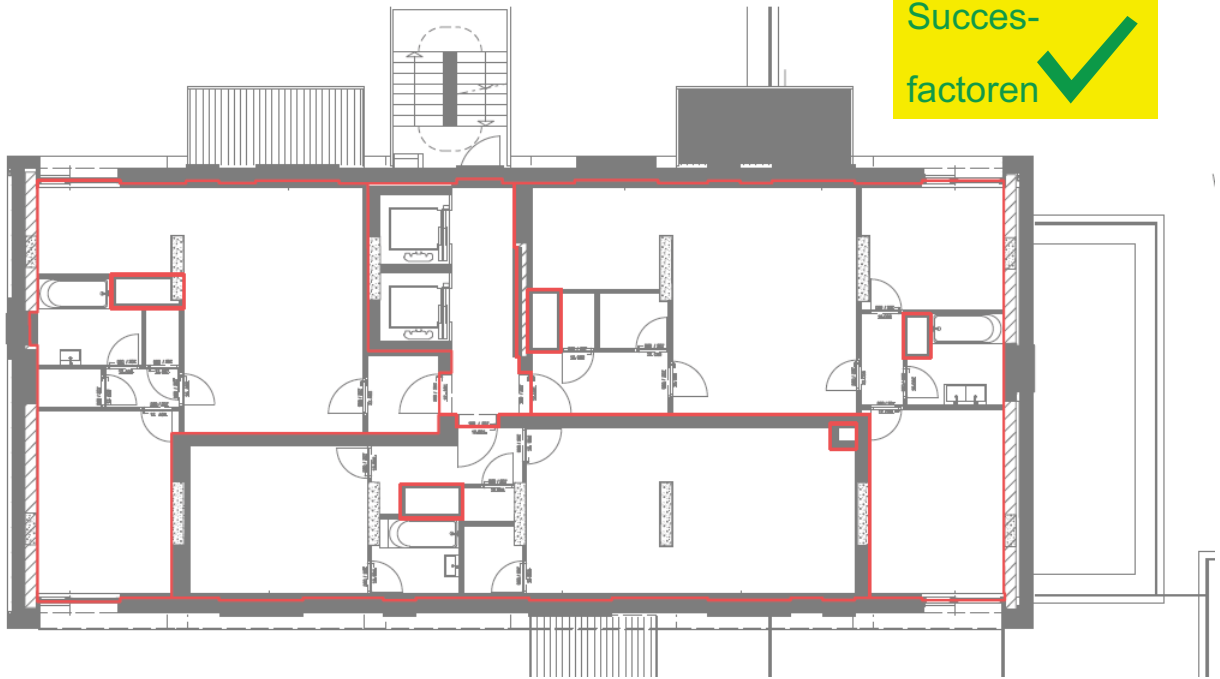
2. Geïntegreerde isolatie



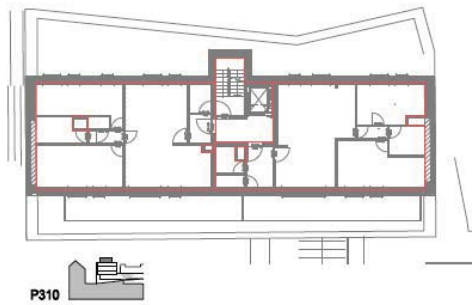
3. Binnenisolatie



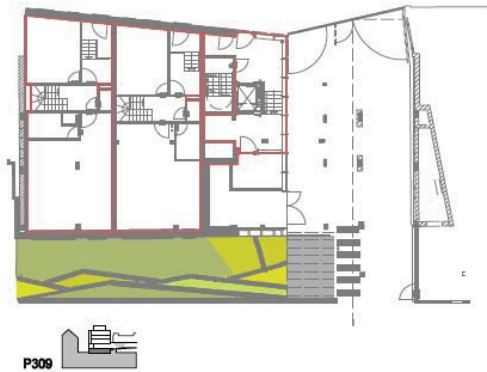
Succes-
factoren ✓



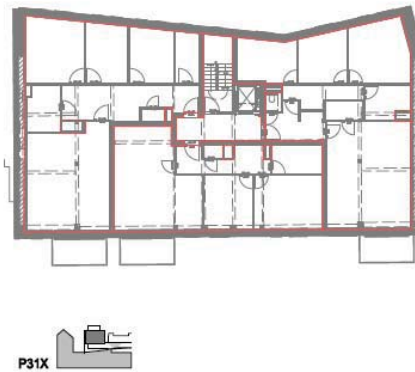
P310



P310



P309



P31X

Limite d'étanchéité à l'air
tuchdichtheid sanstelling



1. **Buitenisolatie**



2. **Geïntegreerde isolatie**



3. **Binnenisolatie**

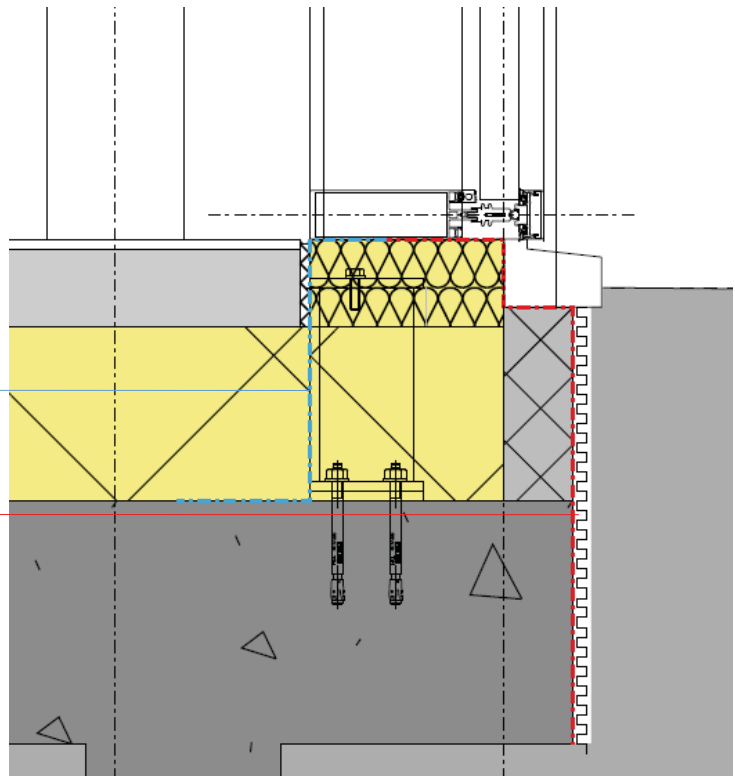


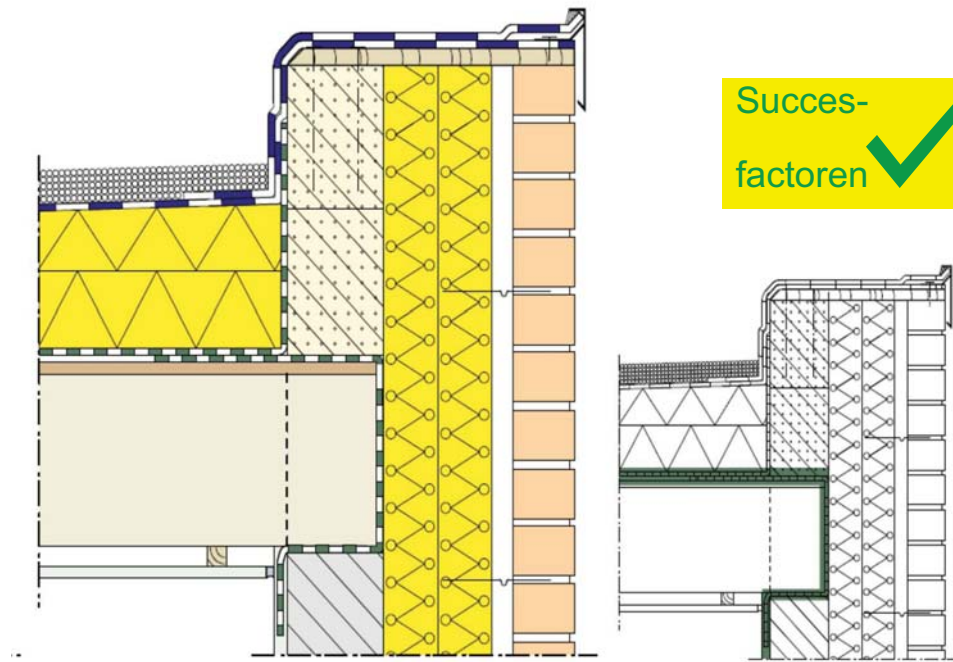
Succes-
factoren 

Luchtdicht membraan

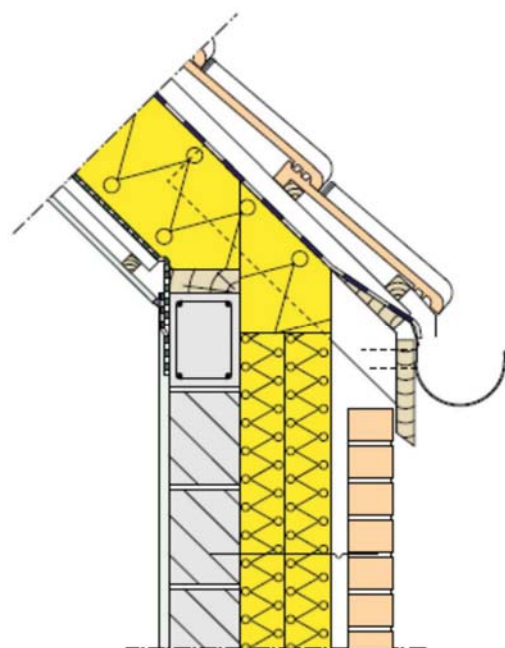
Waterdicht membraan

Snede gordijngevel





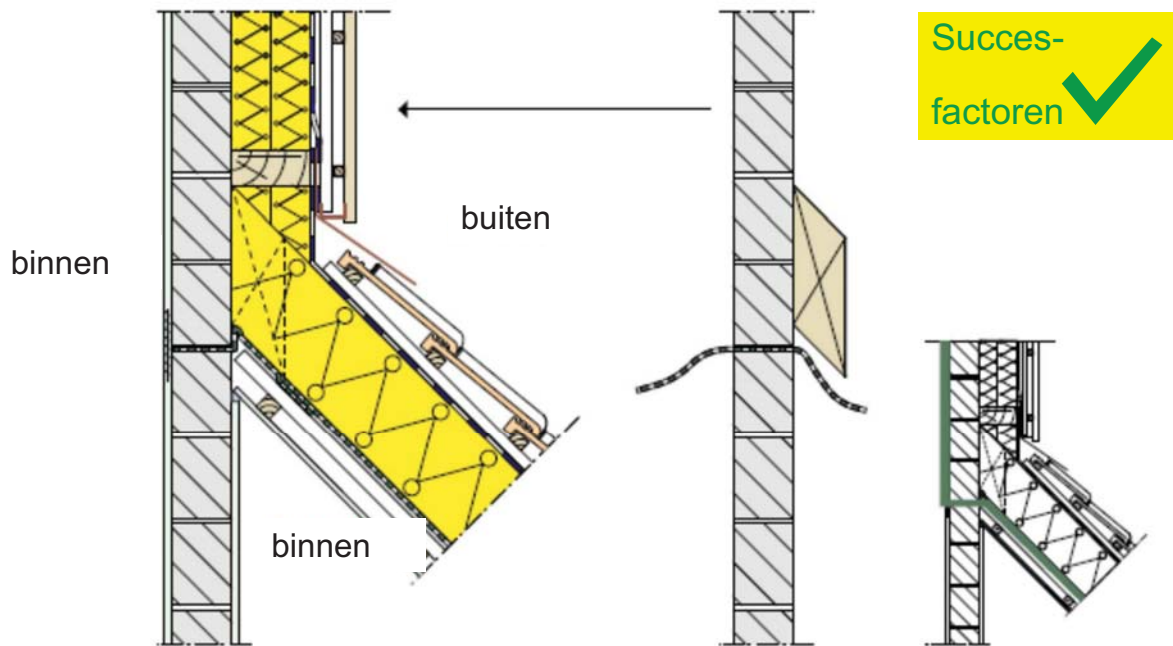
TV 255 p100



Succesfactoren ✓

TV 255 p76





TV 255 p83



1. Buitenisolatie



2. Geïntegreerde isolatie



3. Binnenisolatie



binnen		μ	ep	μ_d
Durelis vapour bloc	D1	243	0,01	2,43
	D2	243	0,012	2,92
	D3	243	0,015	3,65
OSB EGGER	O1	200	0,012	2,40
	O2	200	0,015	3,00
	O3	200	0,022	4,40
	O4	200	0,025	5,00
buiten				
Hidroflam	H1	50	0,012	0,60
	H2	50	0,016	0,80
	H3	50	0,018	0,90
	H4	50	0,022	1,10
Celit	C1	5	0,018	0,09



binnen		μ	ep	μ_d
Durelis vapour bloc	D1	243	0,01	2,43
	D2	243	0,012	2,92
	D3	243	0,015	3,65
OSB EGGER	O1	200	0,012	2,40
	O2	200	0,015	3,00
	O3	200	0,022	4,40



STRUCTURAL-PHYSICAL CALCULATION VALUES

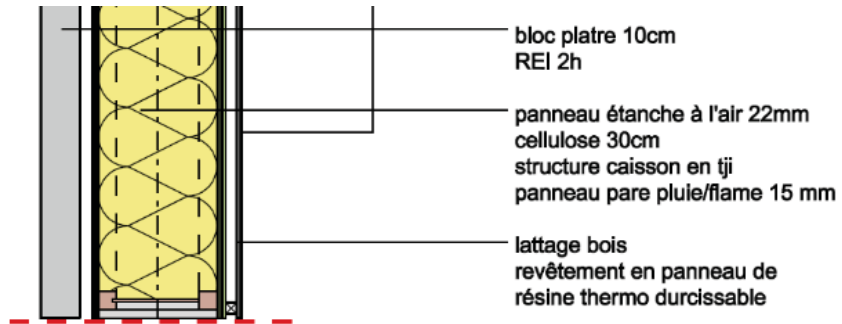
EUROSTRAND® OSB 4 TOP according to Z-9.1-566

Characteristic	Test standard	Unit	EUROSTRAND® OSB 4 TOP
Raw density	EN 323	kg/m³	600 – 640
μ -value*	EN ISO 12572	–	200 / 200
Thermal conductivity λ_R	EN 13986	W/(mK)	0.13
Specific thermal capacity c	EN 12524	J/(kgK)	1.700
Reaction to fire	EN 13986	–	D-s2, d0
24h thickness swelling	EN 317	%	d ≤ 10 mm: ≤ 12 / d > 10 mm: ≤ 10
Linear expansion per 1 % of moisture content	EN 318	%/%	0.03
Formaldehyde emission	EN 717-1	ppm	< 0.03

* Calculation values for water vapour diffusion factor μ correspond to the general building authority approval Z-9.1-566.



Brandpreventie



Deze wandsamenstelling valt in de categorie « **enkelwandige gevel** » in de zin van art 16 punt 5.10 van het Besluit van 12/7/2012

Voor Gemiddelde Gebouwen (GG) en Hoge Gebouwen (HG) moet de gevel een brandweerstand hebben van categorie B-s3, d0

!!! Het is de buitenbekleding die een B-s3, d0 moet zijn. Max 5% van het zichtbare oppervlakte is niet onderworpen aan deze eis (volgens advies brandweer) !!!



binnen		μ	ep	μd
Durelis vapour bloc	D1	243	0,01	2,43
	D2	243	0,012	2,92
	D3	243	0,015	3,65
OSB EGGER	O1	200	0,012	2,40
	O2	200	0,015	3,00
	O3	200	0,022	4,40
	O4	200	0,025	5,00
buiten				
Hidroflam	H1	50	0,012	0,60
	H2	50	0,016	0,80
	H3	50	0,018	0,90
	H4	50	0,022	1,10
Celit	C1	5	0,018	0,09

 **SPANO**
Wood Based Solutions



Hidroflam®

 **Celit**



Samenstelling	μdbinn	μdbuit	verhouding (min 6!)
D3 15mm / H1 12mm	3,65	0,60	6,08
D3 15mm / H2 16mm	3,65	0,90	4,05
O3 22mm/ H1 12mm	4,40	0,60	7,33
O3 22mm/ H2 16mm	4,40	0,80	5,50
O4 25mm/ H2 16mm	5,00	0,80	6,25
O1 12mm/ C1 18mm	2,40	0,09	26,67

Succes-
factoren 



Samenstelling	Mdbinn	Mdbuit	Verhouding (min 6!)
D3 15mm / H1 12mm	3,65	0,60	6,08
D3 15mm / H2 16mm	3,65		
O3 22mm/ H1 12mm	4,40		
O3 22mm/ H2 16mm	4,40		
O4 25mm/ H2 16mm	5,00		
O1 12mm/ C1 18mm	2,40		

MORGOFASSADE® UV-FR

Materiaal

Drager
Toplaag

TPES vlies
Hoogwaardige acrylcoating

Gewicht

Ca. 270 gr/m²

Kleur

Zwart

Treksterkte

lengte
Breedte

320 N/50mm
200 N/50mm

EN 12311-1

Rek bij breuk

lengte
Breedte

40%
40%

EN 12311-1

Klasse treksterkte

PS

Waterkerendheid

W1

EN 13859-1

Kleurstabiliteit

Goed

Waterdampdoorlaatbaarheid

≥ 1000 gr/m²/24h

Mu-D waarde

0,02 m²



1. Buitenisolatie



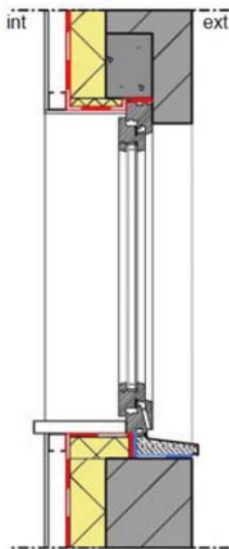
2. Geïntegreerde isolatie



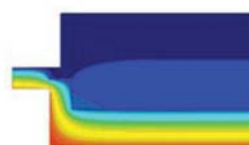
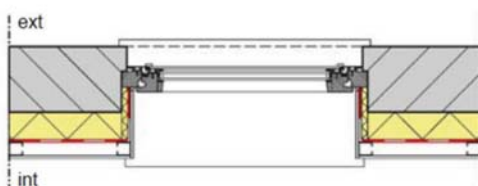
3. Binnenisolatie



41

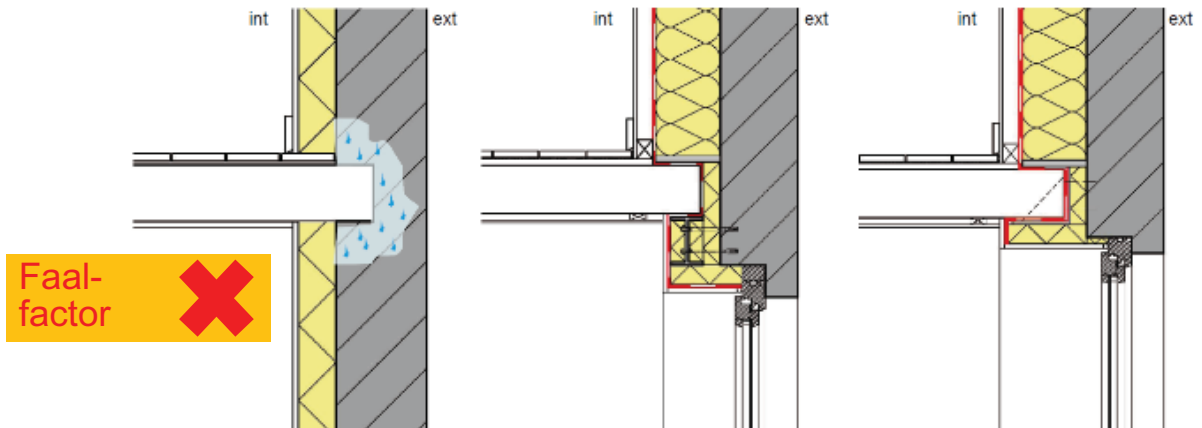


Succes-
factoren ✓





Succes-
factoren ✓

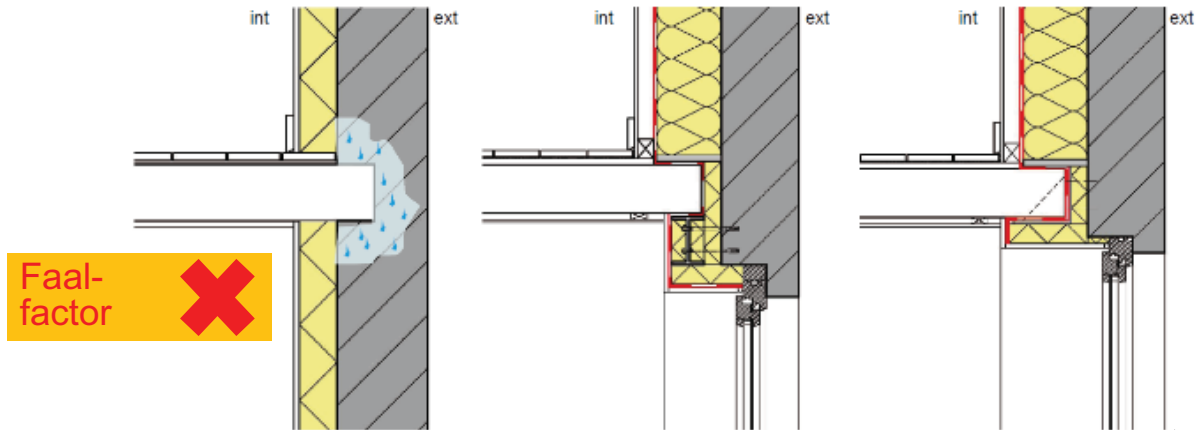


Faal-
factor ✗





Succes-
factoren ✓



Passive+architecture p140 ch02 A. Branders J. Willem



Interessante tools, websites, ...:

- TV 255 : Luchtdichtheid van gebouwen
- Passive+architecture

- Website van Leefmilieu Brussel:

www.leefmilieubrussel.be

en meer in het bijzonder:

- ▶ <http://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/nl/homepage.html?IDC=1506>
- ▶ http://www.leefmilieu.brussels/themas/gebouwen?view_pro=1



Gids Duurzaam Bouwen

www.leefmilieu.brussels : Gebouwen > Goede praktijken om te bouwen en te renoveren > Om u te helpen > Gids Duurzame Gebouwen

Of rechtstreeks via:

<http://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/nl/homepage.html?IDC=1506>



En in het bijzonder de fiches :

- ▶ [G HUM00 - Intro | Een gebouw ontwerpen dat de sociale interactie bevordert](#)
- ▶ [G PHY00 – Intro | De integratie van een gebouw in zijn fysische omgeving optimaliseren](#)
- ▶ [G MAT00 – Duurzaam materialengebruik](#)
- ▶ [G ENE00 – Intro | Het energieverbruik van gebouwen beperken](#)
- ▶ [G WAT00 – Intro | Het waterbeheer verbeteren in duurzame gebouwen en op het perceel](#)
- ▶ ...



47

Te onthouden van deze presentatie

- De principes van hoe de verschillende stromen (warmte, lucht en damp) op elkaar inwerken.
 - ▶ Zeer precies en juist bepalen van het verwarmd + het geïsoleerd + het luchtdicht volume
 - ▶ Luchtdichtheid aan de warme zijde van de isolatie
 - ▶ Dampmigratie is bepalend voor de structuur, met geïntegreerde isolatie of aan de binnenzijde
- Opgelet bij de uitvoering:
 - ▶ Vereenvoudigen (aantal technieken, materialen, denk aan fasering)
 - ▶ Netheid van de werf en begrip van de essentiële logica
 - ▶ Blower door via tussenpersonen



48

Contact

Julie WILLEM

Architect

A2M

willem@a2m.be

02 640 51 81



Een goede luchtdichtheid verzekeren over de volledige levensduur van het project

Technische voorlichtingnota, testprotocol en duurzaamheid van de luchtdichtheid

**Benoît MICHAUX,
CSTC**

De spreker start met een overzicht van de inhoud van de Technische Voorlichtingsnota over de aangewezen te volgen principes voor het realiseren van gebouwen met een goede luchtdichtheid. De globale prestatie van de gebouwschil in acht genomen, hangt het niveau van de luchtdichtheid af van tal van factoren : projectontwerp, keuze en plaatsing van de technische installaties, aantal doorboringen, keuze van materialen en onderdelen, ontwerp en uitvoering van de details, enz.

Vervolgens wordt ingegaan op de verschillende aspecten van de testprotocollen waarmee de luchtdichtheid kan gekwantificeerd worden.

De druktest wordt in detail bekeken, eerst met de voorbereiding los van de werf (doelstelling, bepaling van de te meten zone in verschillende gevallen en met verschillende materialen) en vervolgens op de werf zelf (voorbereiding van het gebouw). Ook de uitvoering van de maatregelen en de controle en behandeling van de resultaten, komen aan bod.

Tenslotte gaat de spreker nog in op de resultaten van uitgevoerde studies op het vlak van de duurzaamheid van luchtdichtheid en leidt er praktische conclusies voor toepassing op de werf uit af.

Seminarie Duurzaam Bouwen :

Luchtdichtheid, van het ontwerp tot op de werf

21.04.2016

Leefmilieu Brussel

Een goede luchtdichtheid verzekeren over de volledige levensduur van het project
Benoît Michaux



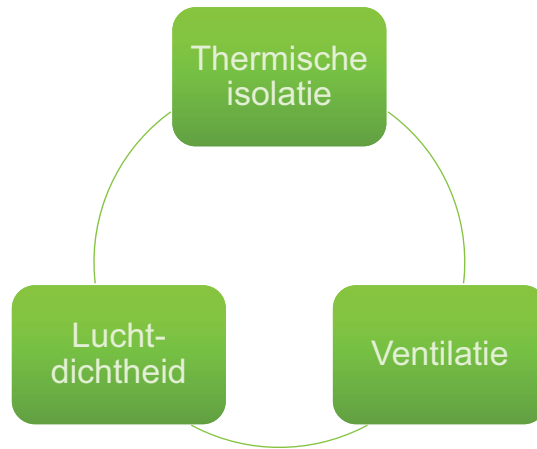
LEEFMILIEU BRUSSEL
BIM - BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER

Doelstellingen

- Technische Voorlichting
- Proefprocedure
- Duurzaamheid van luchtdicht bouwen.



Een globale strategie



Beschikbaar op www.wtcb.be



Luchtdichtheid van gebouwen

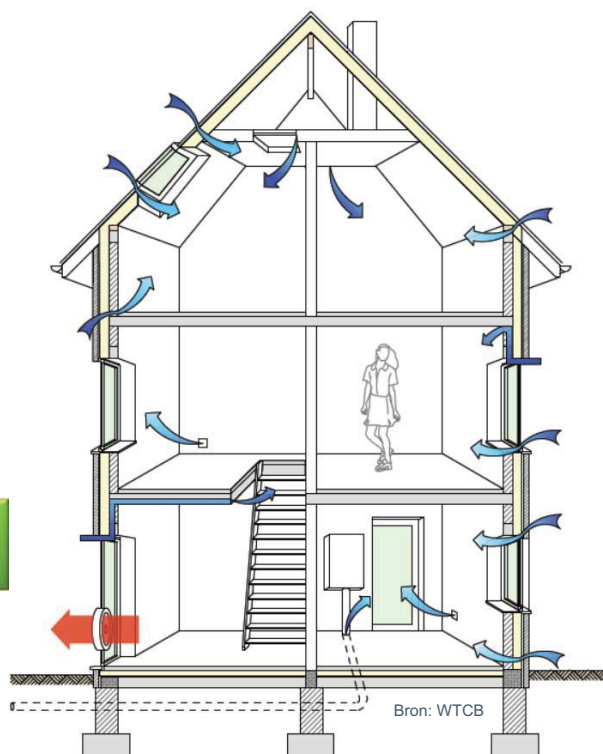
Inhoud

VOORWOORD	5		
1 INLEIDING	7		
1.1 Historiek	7		
1.2 Luchtdichtheid van gebouwen: welke luchtbewegingen worden hiermee bedoeld?	7		
1.3 Luchtdichtheid, thermische isolatie en ventilatie: een onafscheidelijk trio	8		
1.4 Belang van de luchtdichtheid en verband met de andere bouwprestaties	9		
2 NUTTIGE BASISGEGEVENS VOOR DE BEPALING VAN DE LUCHTDICHTHEID	15		
2.1 Drukken en drukverschillen	15		
2.2 Verband tussen het drukverschil en het luchtdebiet dat doorheen een opening passeert	15		
2.3 Grootteorde van de luchtdebieten die doorheen een opening passeren	16		
2.4 Luchtdoorlatendheid van de materialen	16		
3 UITDRUKKING VAN DE LUCHTDICHTHEID EN EISEN OP GEBOUWNIVEAU	19		
3.1 Uitdrukking van de luchtdichtheid	19		
3.2 Welk infiltratievoud in de praktijk?	22		
3.3 Opgelegde eisen	22		
3.4 Huidige prestatie van het gebouwenpark	23		
3.5 Belang van de luchtlekken	24		
4 ONTWERP VAN EEN LUCHTDICHT GEBOUW EN COÖRDINATIE VAN DE UITVOERING	25		
4.1 Vastleggen van een ambitieniveau	25		
4.2 Invloed van het bouwsysteem	27		
4.3 Bepaling van het beschermde volume	27		
4.4 Keuze en positionering van de technische installaties – ventilatie-eisen voor bijzondere ruimten	28		
4.5 Beheer van de leidingdoorvoeren	38		
4.6 Aard van het luchtscherm in de lopende delen	40		
4.7 Schrijnwerk	40		
4.8 Continuïteit van de luchtdichtheid en coördinatie van de werkzaamheden	43		
5 PRODUCTEN EN MATERIALEN TER VERZEKERING VAN DE LUCHTDICHTHEID	45		
5.1 Lopende delen	45		
5.2 Aansluitingen tussen luchtschermen	49		
5.3 Behandeling van de doorboringen	52		
		6 BEHANDELING VAN DE BOUWDETAILS	55
		6.1 Wat is een bouwdetail?	55
		6.2 Welke bouwdetails moeten prioritair behandeld worden?	55
		6.3 Welke oplossingen genieten de voorkeur?	55
		6.4 Hoe kunnen de details aangepast worden?	56
		6.5 Aansluitingen van de gevel	56
		6.6 Aansluitingen bij hellende daken	68
		6.7 Integratie van het schrijnwerk in de ruwbouw	89
		6.8 Aansluitingen met een plat dak	96
		7 BEOORDELING VAN DE LUCHTDICHTHEIDSPRESTATIES VAN EEN GEBOUW	101
		7.1 Pressurisatieproef – Kwantitatieve methode	101
		7.2 Opsporen van de luchtlekken	103
		8 ONDERHOUD VAN HET GEBOUW EN POTENTIELE IMPACT VAN DE GEBRUIKERS	107
		BIJLAGE 1	
		Historiek van de luchtdichtheid	109
		BIJLAGE 2	
		Checklist voor de ontwerper	110
		BIJLAGE 3	
		Checklist voor de aannemer	112
		BIJLAGE 4	
		Verantwoordelijkheden	115
		BIJLAGE 5	
		Blootstelling van wanden aan de wind: invloed op de luchtdichtheid	116
		LITERATUURLIJST	116

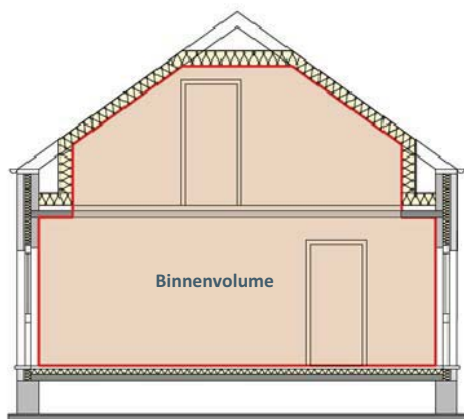


Kwantificering van de luchtdichtheid

V_{50} : lekdebiet doorheen de bouwschil [m^3/h]



Infiltratievoud n_{50}

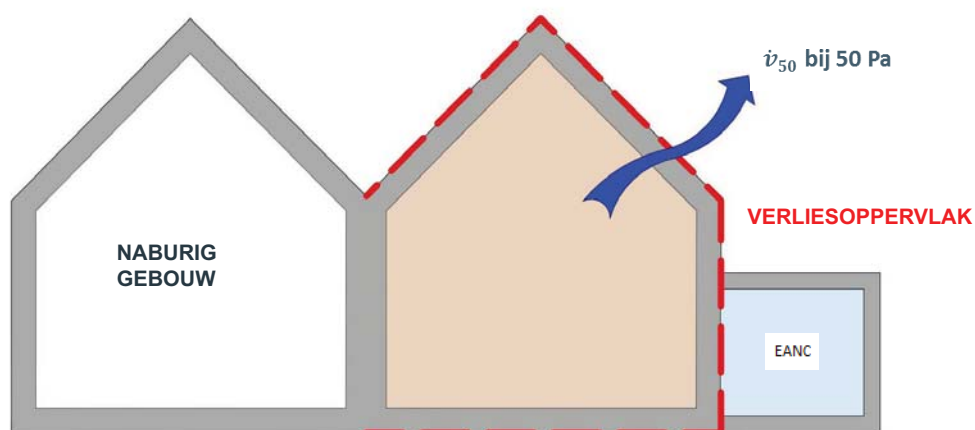


$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V_{int}} \quad [\text{vol per h of h}^{-1}]$$

n_{50} : Infiltratievoud [1/h]
(lekdebiet gedeeld door het binnenvolume van het gebouw)



Oppervlakedoorlaatbaarheid v_{50}



$$v_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}} \quad [\text{m}^3/\text{h per m}^2]$$

v_{50} : oppervlakedoorlaatbaarheid [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$]
(lekdebiet in verhouding tot het oppervlak van de bouwschil)

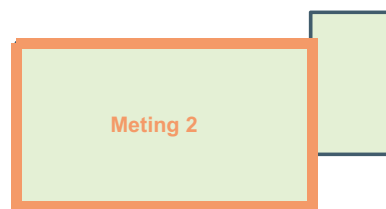
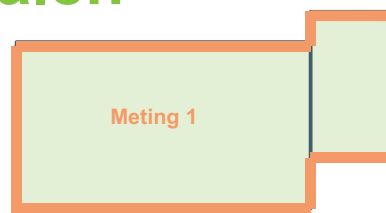


Opmerking: v_{50} (Definitie PEB) \neq q_{50} (NBN EN 13829)

Maatregelen door de lokalen

Door verschil

- Twee "conventionele" metingen met en zonder de kleine kamer:
 - ▶ Luchtverlies (m^3/h) van de kamer
= $V50$ (meting 1) – $V50$ (meting 2)



Met flowfinder

- Directe meting met flowfinder:
 - Luchtverlies (m^3/h) van de kamer



Source: CSTC



Kwalitatieve metingen

De rook

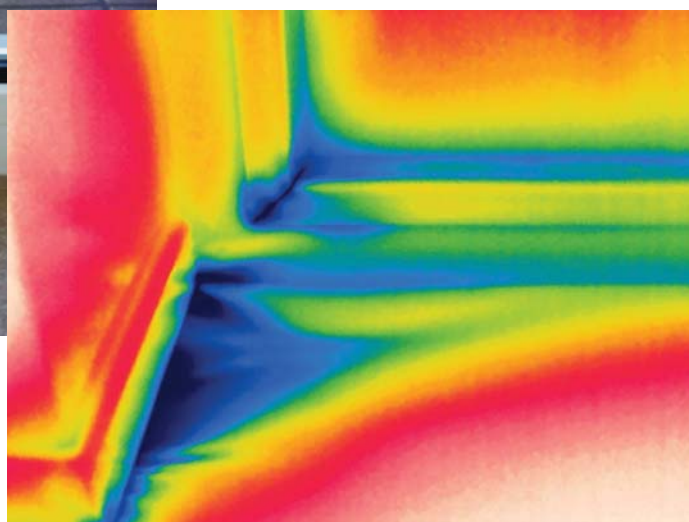


Source: CSTC



Kwalitatieve metingen

De infrarood camera



Kwalitatieve metingen

De infrarood camera

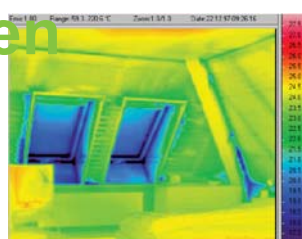


Foto zonder Blower door

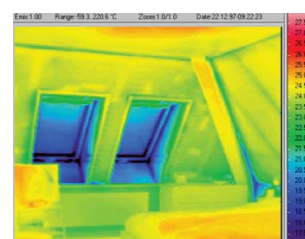
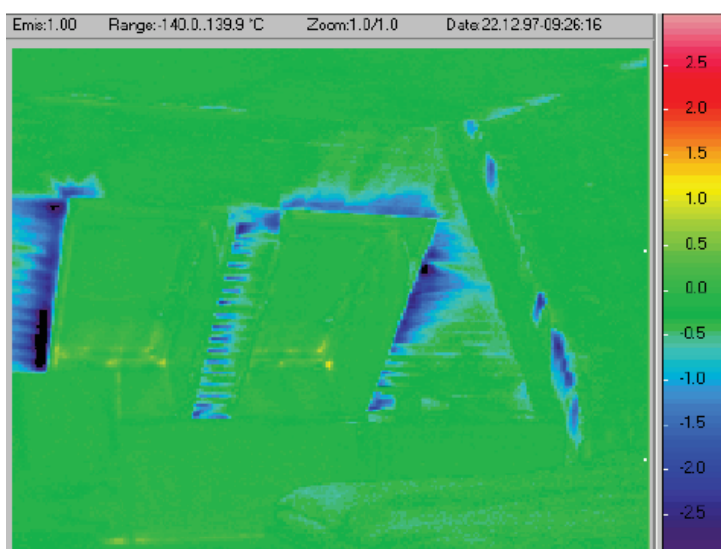


Foto met Blower door



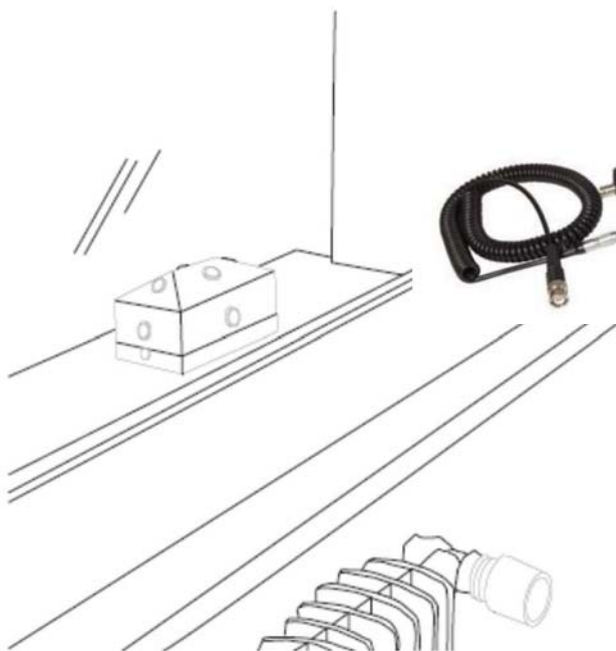
Kwalitatieve metingen

Ultrageluid



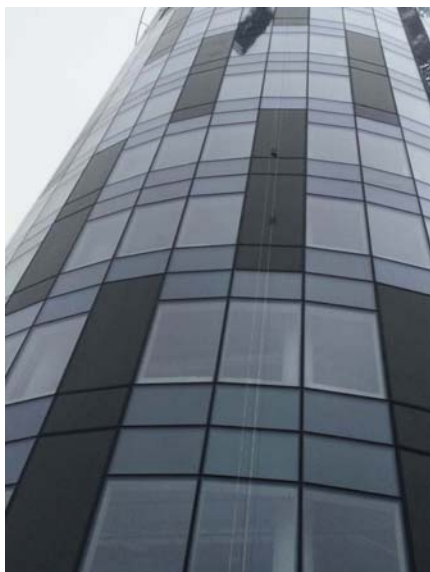
Kwalitatieve metingen

Ultrageluid



Kwalitatieve metingen

Ultrageluid



Locatie van luchtverlies

Vergelijking van de verschillende oplossingen

	Voordelen	Nadelen
Rook	Intuïtieve bediening Goedkope apparatuur	Het gebouw moet in onderdruk zijn, en gesloten.
Infrarood camera		Het gebouw moet in onderdruk zijn, en gesloten. Aandacht voor de voorwaarden en de interpretatie van de resultaten
Ultrageluid		Het gebouw moet niet in onderdruk zijn, en niet gesloten.

Kwantitatieve meting

Outputs

- ▶ Luchtverlies V50 (m³/h)
- ▶ Berekende waarden v50 (m³/(h.m²)) en n50 (vol/h)
- ▶ ELA 10 (cm²)
- ▶ Coëfficiënt n



Voor een meting in EPB-context

- Norm NBN EN 13829

Geregistreeerde Belgische norm	NBN EN 13829 1e uitg., februari 2001 Normklasse: B 62
Thermische eigenschappen van gebouwen – Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen - Overdrukmethode (ISO 9972:1996, gewijzigd)	

Beschikbaar op
www.wtcb.be

- Aanvullende specificaties

Vlaamse overheid 		REGION DE BRUXELLES-CAPITALE BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST		Wallonie
<i>Opgelet: sinds publicatie STS-P 71-3 (2014): verschillende documenten per Gewest</i>				
Bijkomende specificaties voor de meting van de luchtdichtheid van gebouwen in het kader van de EPB-regelgeving				

Beschikbaar op
www.epbd.be



Voornaamste stappen voor de realisatie van een pressurisatietest



Metingen

Bepaling van de te meten zone

- Te bepalen
 - ▶ **Door de aanvrager, vóór de test!**
 - ▶ In overeenstemming met de indeling van het gebouw in het kader van EPB
- Algemene regel
 - ▶ Minimum: EPW- of EPU-volume
 - ▶ Maximum: beschermd volume (BV)

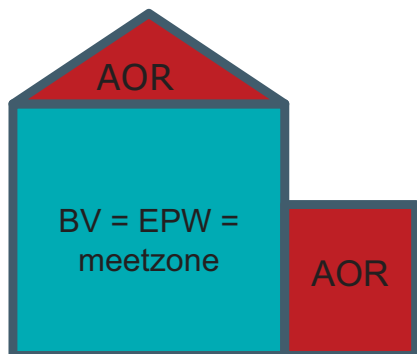
→ EPW? EPU? BV?



EPW of EPU ≤ te meten zone ≤ BV

Bepaling van de te meten zone: voorbeeld van een woning

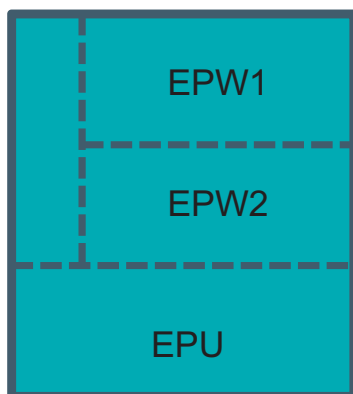
- Eenvoudige woning: **EPW = BV = te meten zone**



AOR = aangrenzende onverwarmde ruimte

Bepaling van de te meten zone: voorbeeld van appartementen

- Mogelijkheid 1: meetzone = **totaal BV**

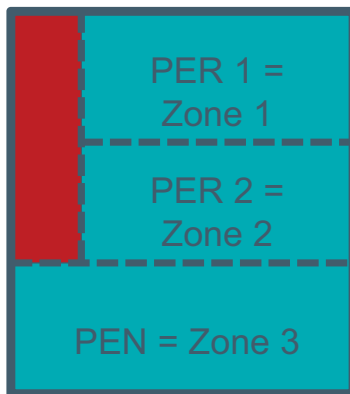


BV = meetzone



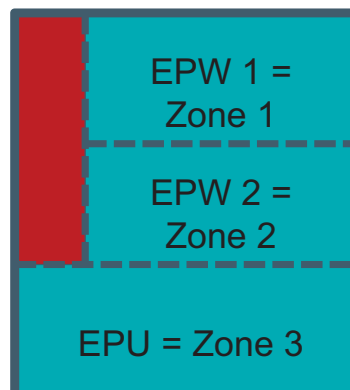
Bepaling van de zone: voorbeeld van appartementen

- Mogelijkheid 1: meetzone 1 = PER 1, zone 2 = PER 2, enz.



Bepaling van de zone: voorbeeld van appartementen

- Het is niet toegelaten om de aanpalende appartementen te pressuriseren tijdens de test



Opstelling

Ventilator in de deuren geïnstalleerd



Opstelling voor grote gebouwen

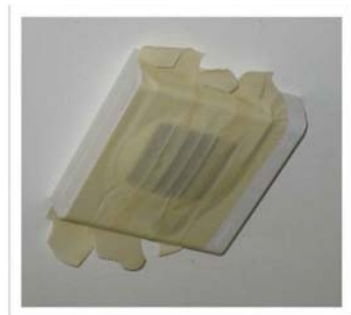


Source: CSTC

Opstelling



Gevulde leidingen



Gesloten toestel



► Niet strak maken



Vorbereitung van het gebouw - Vlaams Gewest (STS-P 71-3)

Tabel 5. Behandeling van bewuste openingen voor proefmethoden A en B.

Bestanddelen	Toestand	
	Proefmethode A	Proefmethode B
Openingen binnen de te meten zone (zie §5.7.3.3)		
> Deuren, vensters, luiken en andere bewuste openingen (behalve de afwijkingen, zie §5.7.3.3) – bv.:	Open	Open
• deuren naar een technische ruimte, stookruimte, enz...	Open	Open
• luiken groter dan 1 m ² , luik naar een toegankelijke ruimte voor het onderhoud van installaties	Open	Open
Openingen in de schil van de te meten zone		
> Mechanische ventilatieopeningen (9)	Afgedicht (zie §5.7.3.4)	Afgedicht (zie §5.7.3.4)
> Regelbare natuurlijke ventilatieopeningen (voor toevoer en afvoer) met sluitvoorziening (1) (9)	Sluiting verplicht - afdichting toegestaan (10)	Afgedicht
> Andere regelbare ventilatieopeningen met sluitvoorziening (bv. intensief nachtventilatiesysteem) (2)	Gesloten	Afgedicht
> Andere openingen met sluitvoorziening – bv.: (3)		
• buitendeuren en -vensters	Gesloten	Gesloten



<ul style="list-style-type: none"> deuren en luiken naar een binnenvolume buiten de te meten zone: naar een kelder, garage, zolder, verluchte ruimte, niet-bewoonbare zolder, enz... 	Gesloten	Gesloten
<ul style="list-style-type: none"> brievenbussen, toegangsluiken voor huisdieren (kattenluik) 	Gesloten (4)	Gesloten (4)
<ul style="list-style-type: none"> grijswaterafvoeren 	Gesloten (5)	Gesloten (5)
<ul style="list-style-type: none"> luchtafvoerroosters met sluiting, voor een droogkast, een afzuigkap 	Gesloten (4) (6)	Afgedicht
<ul style="list-style-type: none"> schoorstenen met sluiting (open haard, stookketel, kachel, enz.) 	Gesloten (6) (7)	Afgedicht (7) (8)
<ul style="list-style-type: none"> brandafsluitingen 	Gesloten (zie §5.7.3.5)	Gesloten (zie §5.7.3.5)
> Andere openingen zonder sluitvoorziening, bijvoorbeeld: (6)		
<ul style="list-style-type: none"> niet-sluitbare verluchttingsroosters (bijvoorbeeld luchtinlaat van een toestel met open verbranding, enz.) 	Open (niet afgedicht)	Afgedicht

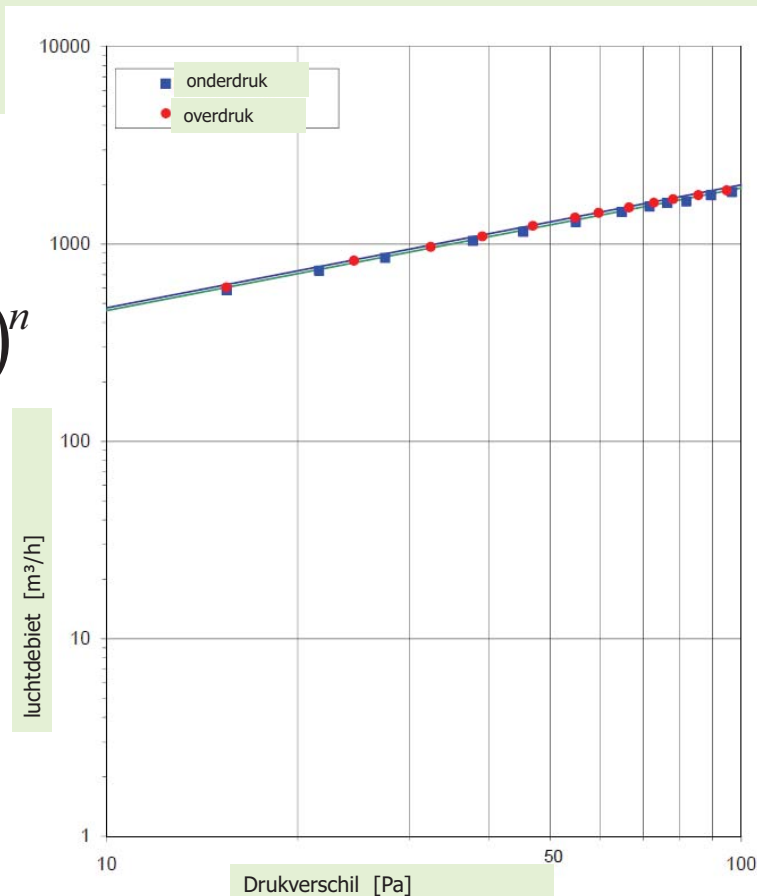


Proefrapport

Vereiste inhoud:

Grafiek resultaten

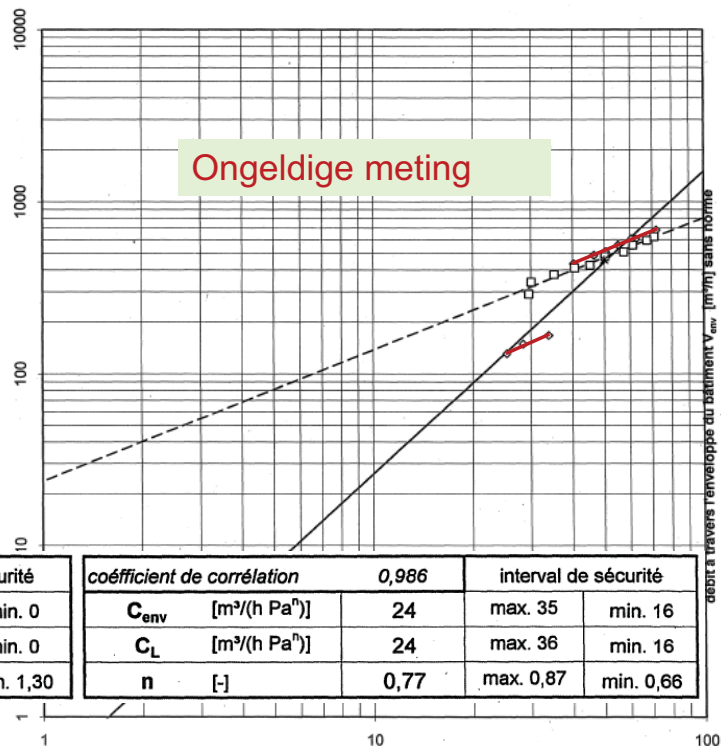
$$V_{env} = C_{env} \cdot (\Delta p)^n$$



Betrouwbaarheid van de resultaten

- ISO 9972:2006
- correlatiecoëfficiënt ≥ 0.98
- n-waarde tussen 0.5 en 1

Nota: dit is geen WTCB-meting



coefficient de corrélation		0,953	interval de sécurité		coefficient de corrélation		0,986	interval de sécurité	
C_{env}	$[m^3/(h Pa^n)]$	0	max. 3	min. 0	C_{env}	$[m^3/(h Pa^n)]$	24	max. 35	min. 16
C_L	$[m^3/(h Pa^n)]$	0	max. 3	min. 0	C_L	$[m^3/(h Pa^n)]$	24	max. 36	min. 16
n	[-]	1,76	max. 2,22	min. 1,30	n	[-]	0,77	max. 0,87	min. 0,66



Algemene wanden

Luchtdoorlatendheidsmetingen

- Luchtdoorlatendheidsmeting van een wand in het laboratorium (NBN EN 12114) :

$$Q = C (\Delta P)^n$$

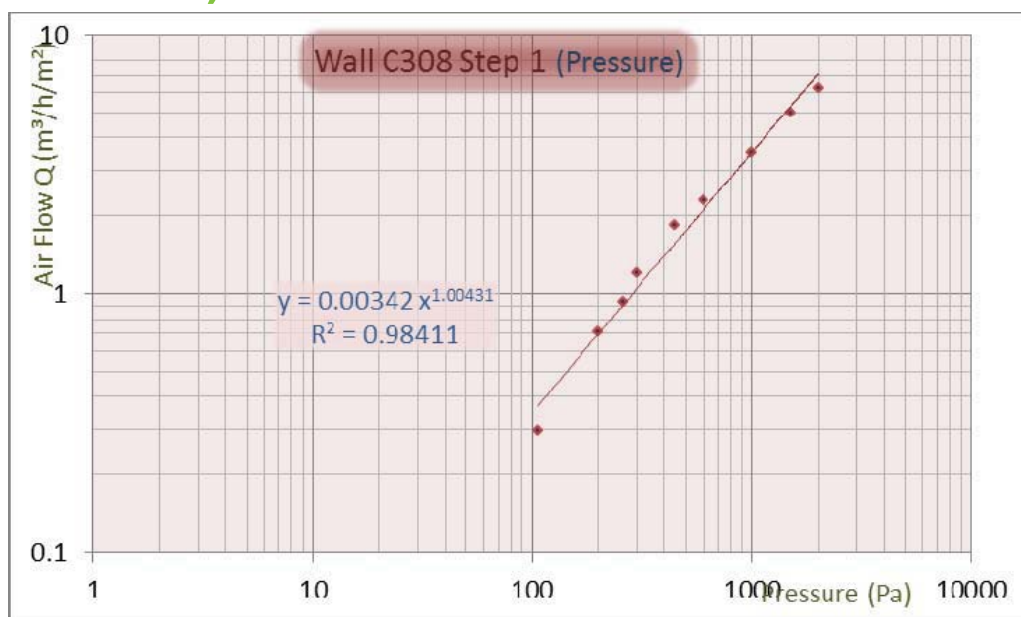
C= Luchtdoorlatendheids coëfficiënt (ook genoemd K_a met $n=1$)
n hangt af van het type luchtdoorlatendheid

voor een homogene wand : $n \rightarrow 1$

voor een diafragma : $n \rightarrow 0.5$



Voorbeeld van luchtdichtheidsresultaten (DREAM)



- 46 wanden
- Metingen in overdruk en onderdruk
- Initiële metingen en na veroudering
- Meer dan 700 proeven



Ontwerp van een luchtdichte woning

Keuze van aangepaste materialen

MASSIEVE MUREN

• Metselwerk

► Gemetste muren zijn niet luchtdicht !:

- › Porositeit van de blokken
- › Niet volledig gevulde voegen
- › Aansluitingen
- › ...

→ Pleisterwerk





Metselwerk



Metselwerk uit betonblokken	Baksteenmetselwerk	Bepleisterd metselwerk
Van 1 tot 35 m ³ /(h.m ²)	Van 0,2 tot 50 m ³ /(h.m ²) De hoogste waarden werden opgetekend bij blokken/metselstenen met geringe afmetingen. Hierbij is de voegoppervlakte immers groter.	Van 0,02 tot 0,15 m ³ /(h.m ²) Deze waarden zijn onder meer afhankelijk van het type bepleistering, de pleisterdikte en de droging.

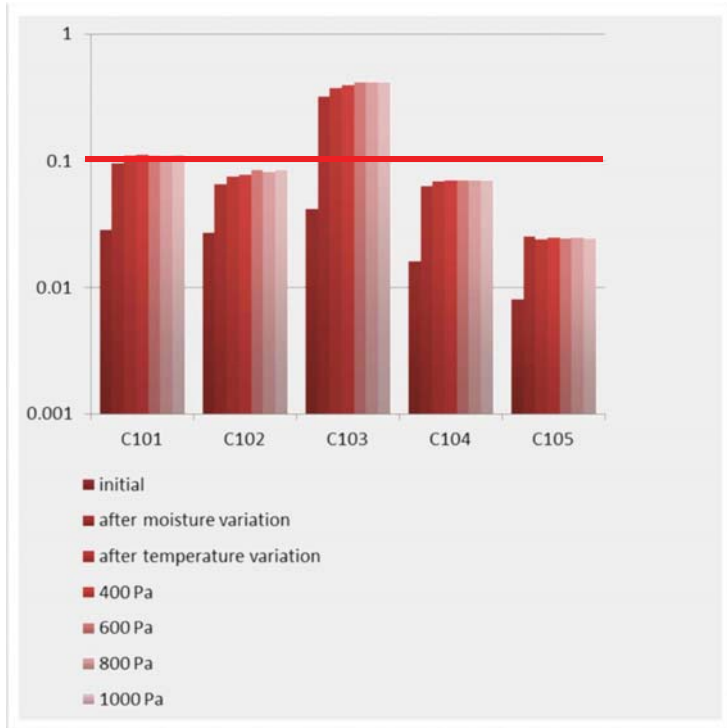
Source: CSTC



Source: CSTC

Duurzaamheid?

Pleisterwerk

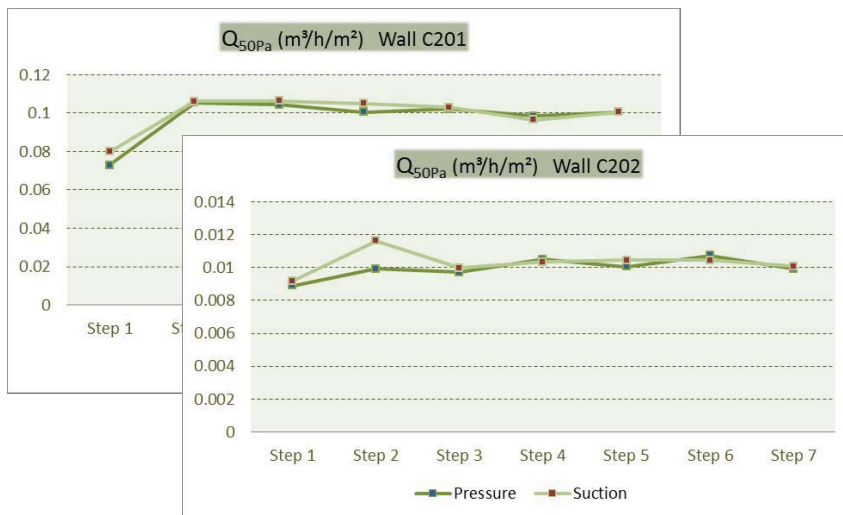


Ref	Beschrijving
C 101	Muur metselwerk + pleisterlaag (dikte = 6 mm)
C 102	Muur metselwerk + pleisterlaag (dikte = 17 mm)
C 103	Muur metselwerk + pleisterlaag (dikte = 3 mm)
C 104	Muur metselwerk + pleisterlaag (dikte = 4 mm)
C 105	Muur metselwerk + pleisterlaag (dikte = 18 + 2 mm)



Bron: DREAM, 201

Binnen klei



Ref	Beschrijving
C 201	Gemetselde wand met mager beton blok en binnen klei 28 mm
C 202	Gemetselde wand met mager beton blok en binnen klei 51 mm

Step 1: initial test
 Step 2: Test after moisture variation
 Step 3: Test after temperature variation
 Step 4: Test after storm of 400 Pa
 Step 5: Test after storm of 600 Pa
 Step 6: Test after storm of 800 Pa
 Step 7: Test after storm of 1000 Pa

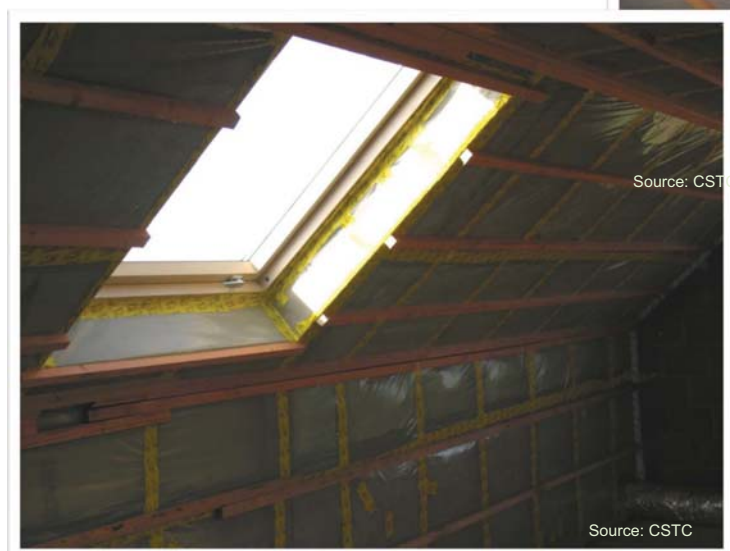


Voorkeur klei met een dikte van 3 cm en dikker.

Luchtdicht met membraan

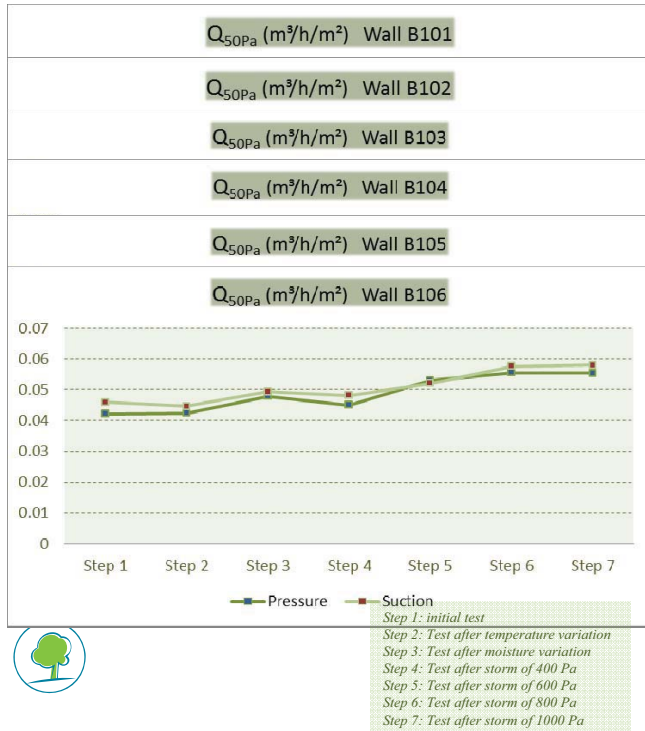


Luchtdicht membraan



Luchtdicht membraan

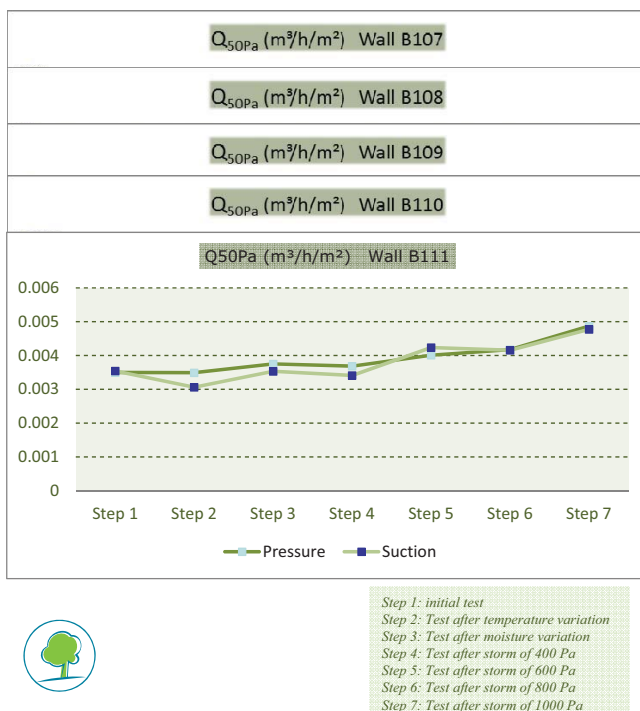
Houtskelet met stijfprofiel 140 mm minerale wol, buiten lichte vezelplaat



Ref	Description
B 101	Membrane type A, in one piece (no joint), stapled, without tape or lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 102	Membrane type A, in one piece (no joint), stapled, with vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 103	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with double sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 104	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with single sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 105	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with single sided tape and staples. And horizontal lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 106	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with single sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.: 2.4x2.4m)
B 107	Membrane type B , stapled, vertical placing, joint made with single sided tape, staples and vertical lathing (Dim.: 2.4x2.4m)
B 108	Membrane type A, stapled, horizontal placing , joint made with single sided tape, staples and horizontal lathing. (Dim.: 2.4x2.4m)
B 109	Membrane type C , stapled + tape , vertical placing, joint made with single sided tape, staples and horizontal lathing. (Dim.: 2.4x2.4m)
B 110	Membrane type C, stapled, vertical placing, standing joint made with double sided tape , staples and vertical lathing. (Dim.: 2.4x2.4m)
B 111	Membrane type C, stapled, vertical placing, standing joint with glue and vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)

Luchtdicht membraan

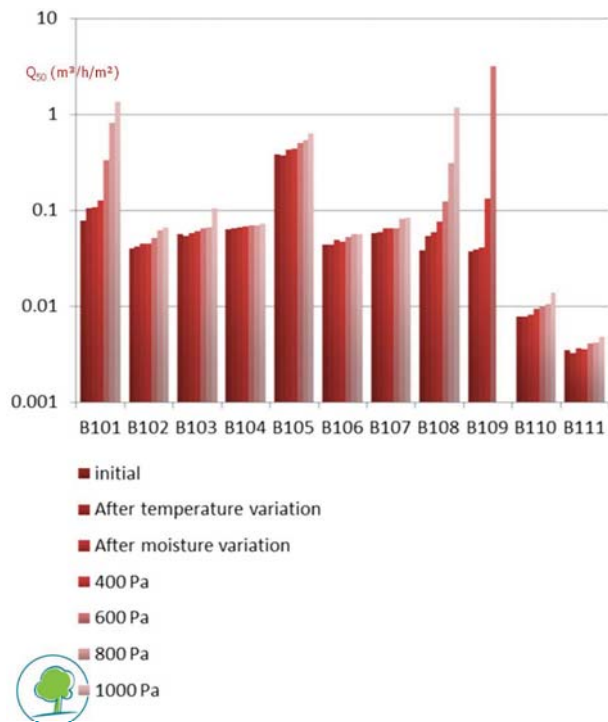
Houtskelet met stijfprofiel 140 mm minerale wol, buiten lichte vezelplaat



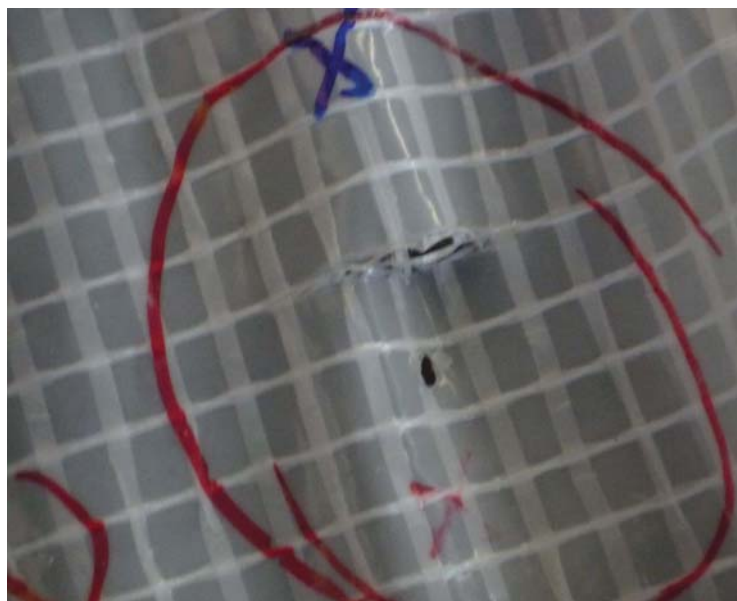
Ref	Description
B 101	Membrane type A, in one piece (no joint), stapled, without tape or lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 102	Membrane type A, in one piece (no joint), stapled, with vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 103	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with double sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 104	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with single sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 105	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with single sided tape and staples. And horizontal lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 106	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with single sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.: 2.4x2.4m)
B 107	Membrane type B , stapled, vertical placing, joint made with single sided tape, staples and vertical lathing (Dim.: 2.4x2.4m)
B 108	Membrane type A, stapled, horizontal placing , joint made with single sided tape, staples and horizontal lathing. (Dim.: 2.4x2.4m)
B 109	Membrane type C , stapled + tape , vertical placing, joint made with single sided tape, staples and horizontal lathing. (Dim.: 2.4x2.4m)
B 110	Membrane type C, stapled, vertical placing, standing joint made with double sided tape , staples and vertical lathing. (Dim.: 2.4x2.4m)
B 111	Membrane type C, stapled, vertical placing, standing joint with glue and vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)

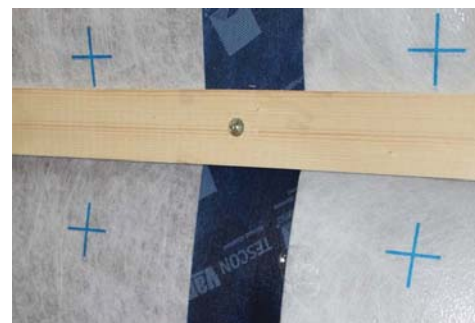
Luchtdicht membraan

Houtskelet met stijfprofiel 140 mm minerale wol, buiten lichte vezelplaat



Ref	Description
B 101	Membrane type A, in one piece (no joint), stapled, without tape or lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 102	Membrane type A, in one piece (no joint), stapled, with vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 103	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with double sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 104	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with single sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 105	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with single sided tape and staples. And horizontal lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)
B 106	Membrane type A, stapled, vertical placing, joint made with single sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.:2.4x2.4m)
B 107	Membrane type B , stapled, vertical placing, joint made with single sided tape, staples and vertical lathing (Dim.:2.4x2.4m)
B 108	Membrane type A, stapled, horizontal placing , joint made with single sided tape, staples and horizontal lathing. (Dim.:2.4x2.4m)
B 109	Membrane type C , stapled + tape , vertical placing, joint made with single sided tape, staples and horizontal lathing. (Dim.:2.4x2.4m)
B 110	Membrane type C, stapled, vertical placing, standing joint made with double sided tape, staples and vertical lathing. (Dim.:2.4x2.4m)
B 111	Membrane type C, stapled, vertical placing, standing joint with glue and vertical lathing. (Dim.: 1.2x1.2m)





- De tape over de nietjes is van essentieel belang
- Product toepasbaarheid is belangrijk
- Als windbelasting :
 - Extra latten kunnen nodig zijn
 - Latten loodrecht op de hoofdstructuur onvoldoende
- De optimale oplossing is een voeg te plaatsen met additionele latwerken



Houtskeletbouw

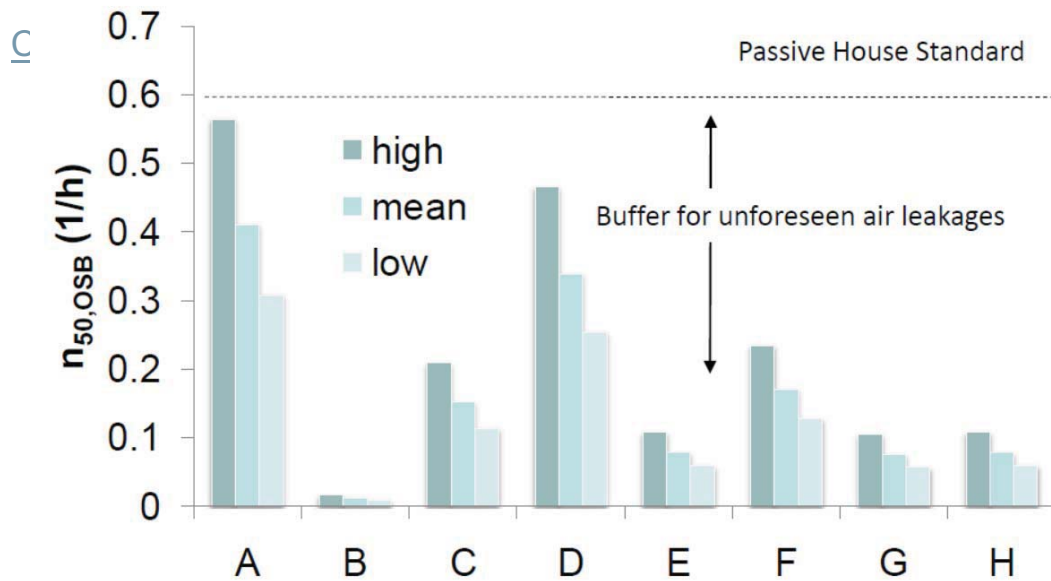


Houtplaten / OSB



Raad :
Bepaalde OSB voldoen niet aan de criteria van luchtdichtheid. Verschillende soorten panelen kunnen gebruikt zijn.





Source: KU Leuven – Jelle Langmans



Luchtdichtheid door panelen

- Variabiliteit vooral voor OSB.
- Sommige fabrikanten geven prestatie.
- Voegen tussen panelen.



HFB ENGINEERING GMBH
PRÜFSTELLE FÜR BAUSTOFFE UND BAUELEMENTE



HFB Engineering GmbH • Zochener Straße 42 • 04129 Leipzig

• Im bauaufsichtlichen Bereich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsgesellschaft entsprechend dem gültigen Verzeichnis des Deutschen Institutes für Bautechnik (Kennziffer SAC 05)
• Notifizierte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsgesellschaft nach dem Bauproduktengesetz – Funktionen und Produktbereiche gemäß Anerkennungsbescheid (Kenn-Nummer 1034)
• Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001

PRÜFZEUGNIS

Nr.: PZ 31100 2047 / 2 / 2012

1. Ausfertigung

Auftraggeber: NORBORD N.V., Eikelaarstraat 33, 3600 Genk, Belgien
Auftragsgegenstand: Prüfung von OSB-Platten auf Luftdurchlässigkeit bei positiver und negativer Luftdruckbeaufschlagung von 50 Pa in Anlehnung an DIN EN 12114: 2000
Prüfkörper: SterlingOSB4-Zero Nenndicken 12 mm und 22 mm
Hersteller: NORBORD N.V., Eikelaarstraat 33, 3600 Genk, Belgien

Nenndicke in mm	Ø-Volumenstrom V_d und $V_{d,k}$ bei Druck-Beanspruchung mit 50 Pa V_d in m^3/h und $V_{d,k}$ in m^3/hm^2	Ø-Volumenstrom V_d und $V_{d,k}$ bei Sog-Beanspruchung mit 50 Pa V_d in m^3/h und $V_{d,k}$ in m^3/hm^2
12	0,88	-0,58
22	0,18	0

V_d = Volumenstrom unter Referenzbedingungen (bei $T = 20\text{ °C}$ und $p = 101325\text{ Pa}$)

Gültigkeit und Übertragbarkeit des vorliegenden Prüfzeugnisses:
Das vorliegende Prüfzeugnis ist nur in Verbindung mit dem Prüfzettel Nr. 311002047/2/2012 vom 24.08.2012 gültig. Hinsichtlich der Übertragbarkeit der Prüfergebnisse sowie des Status des vorliegenden Prüfzeugnisses gelten die im o.g. Prüfzettel, Abschnitt 6, enthaltenen Festlegungen.

Leipzig, den 28.08.2012

Dipl.-Ing. L. Röwer
Geschäftsführer



Dipl.-Ing. T. Lippmann
Prüfingenieur

Jede Veröffentlichung des vorliegenden Prüfzeugnisses ist ausdrücklich untersagt – bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung durch die HFB Engineering GmbH.

HFB Engineering GmbH
Zochener Straße 42
04129 Leipzig

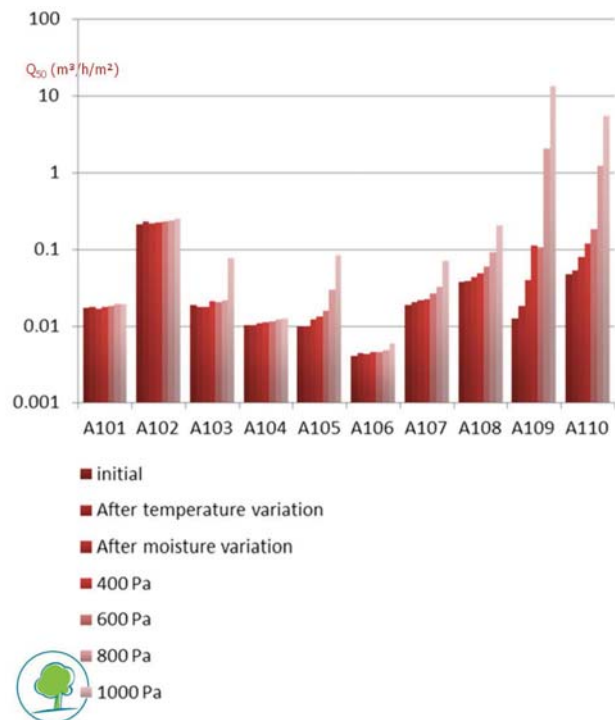
Telefon: 03 41 / 5 43 43 00
Telefax: 03 41 / 5 43 43 79
e-Mail: info@hfb-engine.de

Spezialkassen Leipzig
Tel.: 800 333 92
Fax: 1 800 813 833

Leipzig, HFB-Pk. 911
Ust-Id-Nr.: 23/154/22008
Ust-Id-Nr.: DE 159777258

Geschäftsführer:
Dr. Werner Schmidt
Uwe Gies, Lutz Röwer

Luchtdichtheid door panelen

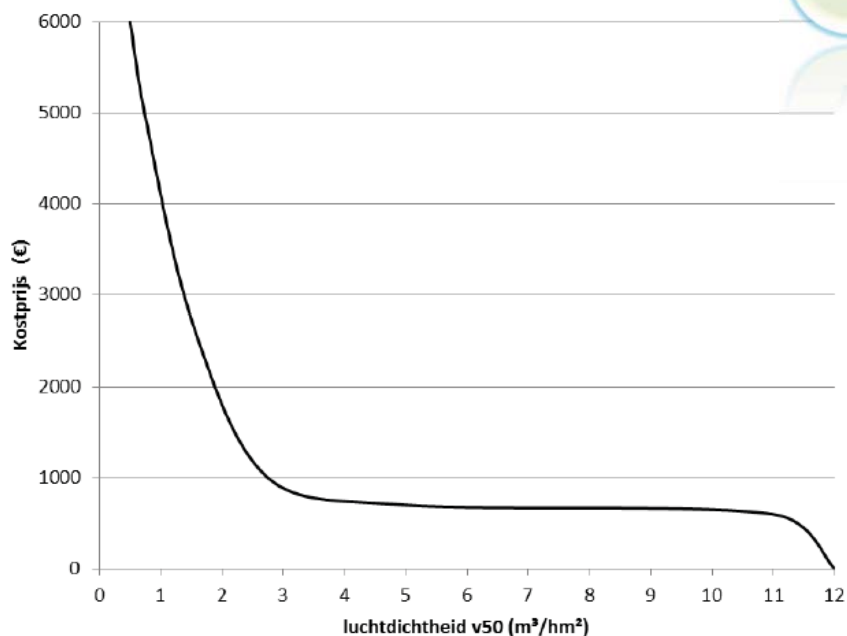


Ref	beschrijving
A 101	Horizontale panelen OSB3 15mm gelijmd voegen PU
A 102	Vertikale panelen OSB3 15mm zonder vrije kant, zonder tape, kanten op verticale kepers
A 103	Vertikale panelen OSB3 15mm zonder vrije kant met tape , anten op verticale kepers zonder latwerk
A 104	Vertikale panelen OSB3 15mm zonder vrije kant met tape , anten op verticale kepers met latwerk
A 105	Vertikale spaanplaat 15mm zonder vrije kant met tape , anten op verticale kepers zonder latwerk
A 106	Vertikale spaanplaat 15mm zonder vrije kant, met silicone kit en latwerk
A 107	Vertikale panelen OSB 3 18mm met vrije kant , met tape en verticale latwerk en horizontale tape
A 108	Vertikale panelen OSB 2 12mm zonder vrije kant, met tape en verticale latwerk.
A 109	Vertikale panelen multiplex 18mm zonder vrije kant, met tape en verticale latwerk.
A 110	Vertikale panelen OSB3 15mm zonder vrije kant, met tape (type 2) en verticale latwerk.



Economisch optimum?

NE
W



Bron: Studie naar kostenoptimale niveaus van de minimumeisen inzake energieprestaties van residentiële gebouwen. Jeroen Van der Veken, KCE, Stakeholdersvergadering VEA 21-11-14

Duurzaamheid?

- ▶ Windblootstellingsklasse
 - › Functie van terreinruwheid en gebouwhoogte

A | Windblootstellingsklassen in functie van de ligging en de hoogte van het gebouw

Gebouwhoogte	Terreinruwheid (volgens NBN EN 1991-1-4)			
	Stad (IV)	Bosrijk gebied (III)	Open veld (II)	Zeerand (I en o)
0-9 m	A	A	B	B
10-17 m	A	B	B	B
18-24 m	A	B	B	B
25-49 m	B	B	C	C
50-100 m (*)	C	C	C	C

(*) Gebouwen hoger dan 100 m vereisen een specifieke studie.

Bron: DREAM 2013| Meer info? Zie: publicaties resultaten DREAM in WTCB-contact (2015): Artikel WTCB-contact 2015/3 blz. 16-17 (folies) & artikel WTCB-contact 2015/4 blz. 14-15 (platen)



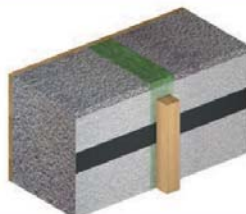
Duurzaamheid?

► Windblootstellingsklasse A (matige windbelasting)

› Welke plaatsingstechnieken mogelijk?



Het nieten van de membranen gebeurt in de lopende delen van de wand (?).



Bij een groot aantal daken wordt het membraan horizontaal geplaatst ten einde de uitvoering te versnellen. De overlapping tussen de membranen wordt tot stand gebracht door middel van een éénzijdige kleefband. Op de stijlen (loodrecht op de kleefband) wordt er een latwerk aangebracht.



Niet alle plaatranden worden versterkt door in de wand geïntegreerde tussenregels (geval van wanden met grote hoogte). De kleefband moet geschikt zijn en verenigbaar zijn met de platen. Er wordt eveneens een verticaal latwerk voorzien (de horizontale randen worden niet versterkt met een latwerk) (?)(?).

... en de technieken geschikt voor B en C

Duurzaamheid?

► Windblootstellingsklasse B (gemiddelde windbelasting)

› Welke plaatsingstechnieken mogelijk?



De overlapping tussen twee membranen wordt tot stand gebracht door middel van een één- of tweezijdige kleefband (bevestiging met nietjes zonder latwerk) (?).



De platen zijn voorzien van een tand- en groefverbinding. De plaatranden worden versterkt door een in de wand geïntegreerde stijl of lijst (geval van wanden met dezelfde hoogte als de naadloze platen). De gebruikte kleefband moet geschikt zijn en verenigbaar zijn met de platen (?)(?).

... en de technieken geschikt voor C

Duurzaamheid?

► Windblootstellingsklasse C (hoge windbelasting)

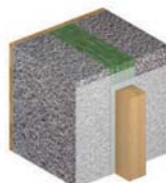
› Welke plaatsingstechnieken mogelijk?



Om een goede inblazing van de met een luchtdichtheidsmembraan uitgeruste wanden toe te laten, wordt er een horizontaal latwerk aangebracht. In dit geval moet er een bijkomende kleefband op de nietjes voorzien worden om goede duurzame prestaties te behalen.



De platen worden geassembleerd zonder kleefband. Er wordt een bijkomend latwerk aangebracht ter hoogte van de plataan sluitingen. Tussen de platen en de latten wordt er een kit voorzien.



De overlapping tussen twee membranen wordt versterkt door middel van een latwerk (ook bij een uitvoering zonder kleefband, bijvoorbeeld wanneer de overlapping zich ter hoogte van een continue kitvoeg bevindt).



De platen zijn voorzien van een verlijmd tand- en groefverbinding. De verlijming moet continu zijn en uitgevoerd worden tot verzadiging met behulp van een expansieve lijm (van het PU-type). De kwaliteit van de platen is mede bepalend voor de initiële luchtdichtheidswaarde.



De platen zijn voorzien van een tand- en groefverbinding of van rechte randen. De kleefband zorgt voor de verbinding tussen de platen en deze aansluiting wordt verstevigd door een latwerk.

Duurzaamheid?

Luchtdichtheid LICHTE wanden: synthese

- **Nietgaten afdichten met luchtdichtingstape** is noodzakelijk
- In functie van de blootstelling van de wand aan wind (windblootstellingsklasse):
 - Een **bijkomend latwerk** kan nodig zijn
 - Een latwerk **loodrecht op de draagstructuur** kan **onvoldoende** zijn
- Aandachtspunt: compatibiliteit tape – substraat
- Niet elke techniek geschikt voor om het even welke binnenklimaatklasse



Bron: DREAM 2013| Meer info? Zie: publicaties resultaten DREAM in WTCB-contact (2015): Artikel WTCB-contact 2015/3 blz. 16-17 (folies) & artikel WTCB-contact 2015/4 blz. 14-15 (platen)



Disclaimer

Cursussen en syllabi van het WTCB vormen geen onderdeel van de officiële publicaties van het WTCB en kunnen dus niet als referentie gebruikt worden.

Auteursrechten:

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de tekst van deze publicatie is slechts toegelaten na schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever

Verantwoordelijke uitgever:

WTCB - Jan Venstermans - Lombardstraat 42 - 1000 Brussel



Contact

Benoît Michaux

Functie : Adjunct Afdelingshoofd

Afdeling Gebouwschil en Schrijnwerk

Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf

gegevens : www.wtcb.be

☎ : 02 655 77 11

Email : bmi@bbri.be



De luchtdichtheid op de werf

Praktische details bij de uitvoering en gebruikte materialen

**André BAIVIER,
ISOPROC**

Iedereen wil dat zijn project een duurzaam comfortabel, economisch en gezond gebouw oplevert. Om die reden zijn thermische isolatie, ventilatie en luchtdichtheid onontbeerlijk en onlosmakelijk met elkaar verbonden. En dit ondanks een op het eerste zicht contradictorische relatie tussen de laatste twee.

Een luchtdichte gebouwschil is absoluut een eerste vereiste om een efficiënte en uitgebalanceerde ventilatie te optimaliseren, terwijl deze toch zo energiezuinig mogelijk is. Ze is eveneens onontbeerlijk opdat de geplaatste isolatie niet wordt “weggeblazen”, wat haar prestaties nadelig zou beïnvloeden.

Deze presentatie reikt een heel aantal elementen aan voor een geslaagde “luchtdichte” bouw.

Van bij de start van het project komt het er op aan klaar en duidelijk af te lijnen wat onderdeel is van het beschermd volume en wat niet, zoals bijvoorbeeld kelders, garages of xxx combles par exemple. Er moet eveneens worden nagedacht over de verschillende knopen en besloten worden welke vakmannen met de uitvoering worden belast en op welk moment van de realisatie ze zullen tussenkomen. Elke uitvoerder moet goed op de hoogte zijn van de risico's en van de specifieke oplossingen gelinkt aan zijn werkzaamheden. Er is geen ruimte voor improvisatie, enkel voor anticipatie en een planmatige aanpak. Op die manier kan er « luchtdicht » gebouwd worden tegen een zeer aanvaardbare prijs. Tal van geslaagde projecten kunnen hiervan getuigen.

De spreker deelt zijn ervaringen met u en toont u hoe de knopen op een luchtdichte manier kunnen gerealiseerd worden. Hij helpt u om de juiste keuzes te maken voor de meest passende, eenvoudige, doeltreffende en duurzame oplossingen.

Seminarie Duurzaam Bouwen:

Luchtdichtheid, van het ontwerp tot op de werf

21.04.2016
Leefmilieu Brussel

De luchtdichtheid op de werf

Praktische details bij de uitvoering en gebruikte materialen

André BAIVIER Technisch raadgever

ISOPROC



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

Doelstellingen van de presentatie

Aantonen dat:

- De luchtdichtheid zowel noodzakelijk als voordelig is
- De luchtdichtheid logisch en planbaar is
- De luchtdichtheid logisch en eenvoudig is
- De luchtdichtheid een aanvaardbare kostprijs heeft



Overzicht van de presentatie

1. Ontwerp, communicatie en coördinatie
2. De oppervlaktes bepalen en hun ruwheid
3. De voegen identificeren
4. Soberheid en eenvoud
5. Moeilijke punten
6. Werken langs de buitenzijde?
7. Vermijden van convectiestromen



3

Een onverbreikbaar trio

Thermische isolatie



Luchtdichtheid

Ventilatie



Bepalen van de gebouwschil





Plannen



Communiceren



Organiseren

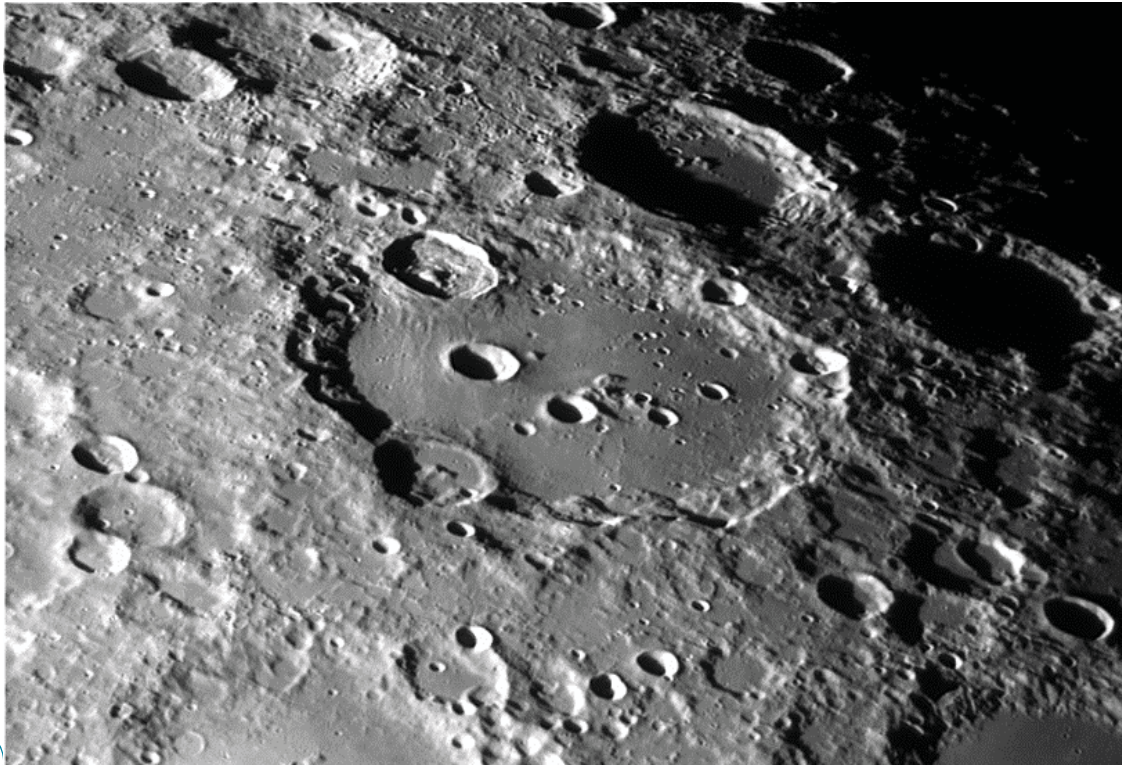


Overzicht van de presentatie

1. Ontwerp, communicatie en coördinatie
2. **De oppervlaktes bepalen en hun ruwheid**
3. De voegen identificeren
4. Soberheid en eenvoud
5. Moeilijke punten
6. Werken langs de buitenzijde?
7. Vermijden van convectiestromen



De oppervlaktes bepalen en hun ruwheid



13

Welke materialen?

- Sommige materialen zijn niet (zeer) luchtdicht
 - ▶ Betonblokken, cellenbeton, snelbouwsteen
 - ▶ Sommig plaatmateriaal op basis van hout
 - ▶ Vezelisolatie in het algemeen
 - ▶ Oud timmerwerk met spleten, scheuren
 - ▶ Heterogene muren zoals vakwerkmuren
 - ▶ Poreuze materialen in het algemeen
- Sommige materialen zijn gekend als luchtdicht
 - ▶ Glas
 - ▶ Staal, zink, aluminium
 - ▶ Volledig bezette gemetselde muren
 - ▶ Dubbele wanden en ondervloeren in gestort beton
 - ▶ Gewapende welfsels met ringbalk en ballast
 - ▶ Sommig plaatmateriaal op basis van hout
 - ▶ Draagbalken met gelijmde lamellen, massief hout zonder spleten, hout in meerdere verlijmde lagen
 - ▶ Specifieke membranen en accessoires



De rol van pleisterwerk



Overzicht van de presentatie

1. Ontwerp, communicatie en coördinatie
2. De oppervlaktes bepalen en hun ruwheid
3. **De voegen identificeren**
4. Soberheid en eenvoud
5. Moeilijke punten
6. Werken langs de buitenzijde?
7. Vermijden van convectiestromen



Droog-natte aansluiting tussen muur en dak



Vorbereiding rond schrijnwerk



Te integreren membraan op halve dikte pleister



Grondlaag



Inwerken op halve dikte pleisterlaag



Vergeet de vierde zijde niet



Andere voorbereidingswijze schrijnwerk



Klevend membraan te bedekken met pleister



Vervanging schrijnwerk en onregelm. muren

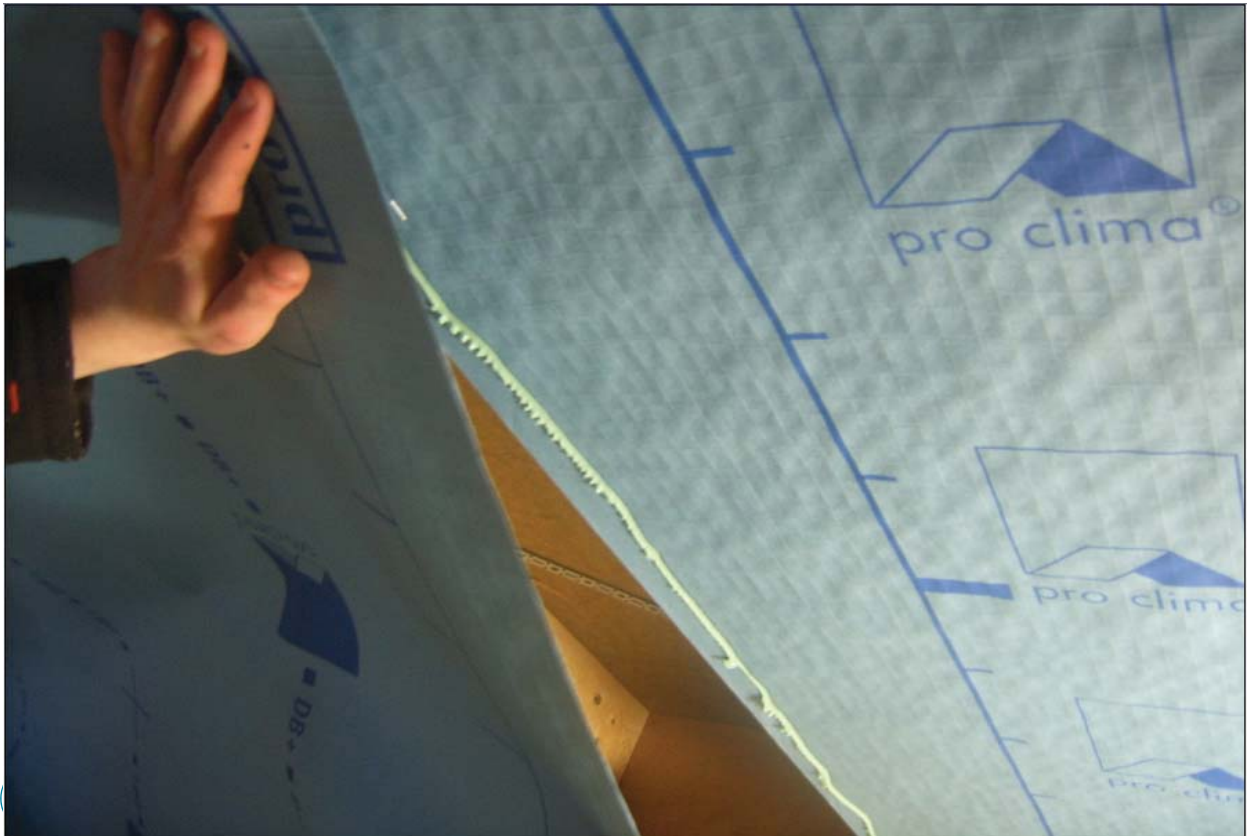


Welke aansluitingen tussen materialen?

- Aansluitingen «droog-droog»
 - ▶ Naden tussen meerdere stukken membraan
 - ▶ Naden tussen verschillende platen zoals OSB
 - ▶ Voegen tussen membraan en houtskelet
 - ▶ Voegen tussen schrijnwerk in hout, alu, PVC et houtskelet
 - ▶ Naden tussen timmerwerk en dakvenster
 - ▶ Verkleven van een membraan op een reeds droge muur, venster, betegeling, prefabmuur of vloerplaat,
 - ▶ Naden tussen geprefabriceerde elementen houtskelet
 - ▶ Voegen tussen geprefabriceerde betonnen elementen
- Aansluitingen «droog-vochtig»
 - ▶ Wanneer nog een luchtdichte pleister moet aangebracht worden
 - › Ofwel met een tape niet gehecht aan de muur en in te werken in het midden van de pleisterlaag
 - › Ofwel met een kleefstrook bevestigd op de muur en te bepleisteren



Aansluiting tussen membranen



Aansluiting tussen membranen



source



pro clima - Moll

Droog-droog aansluiting met manchette



Droog-droog aansluiting bij houtskelet



Overzicht van de presentatie

1. Ontwerp, communicatie en coördinatie
2. De oppervlaktes bepalen en hun ruwheid
3. De voegen identificeren
4. **Soberheid en eenvoud**
5. Moeilijke punten
6. Werken langs de buitenzijde?
7. Vermijden van convectiestromen



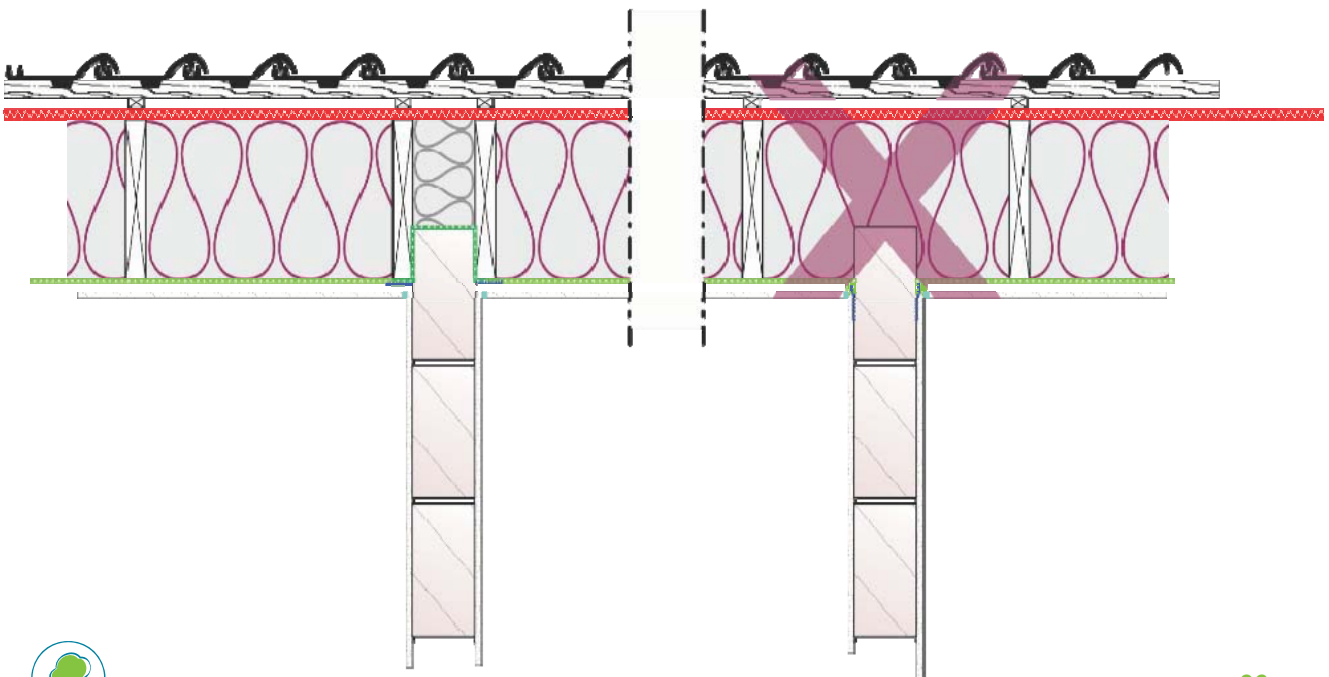
Vereenvoudig de plaatsing



A posteriori plaatsing van de wanden



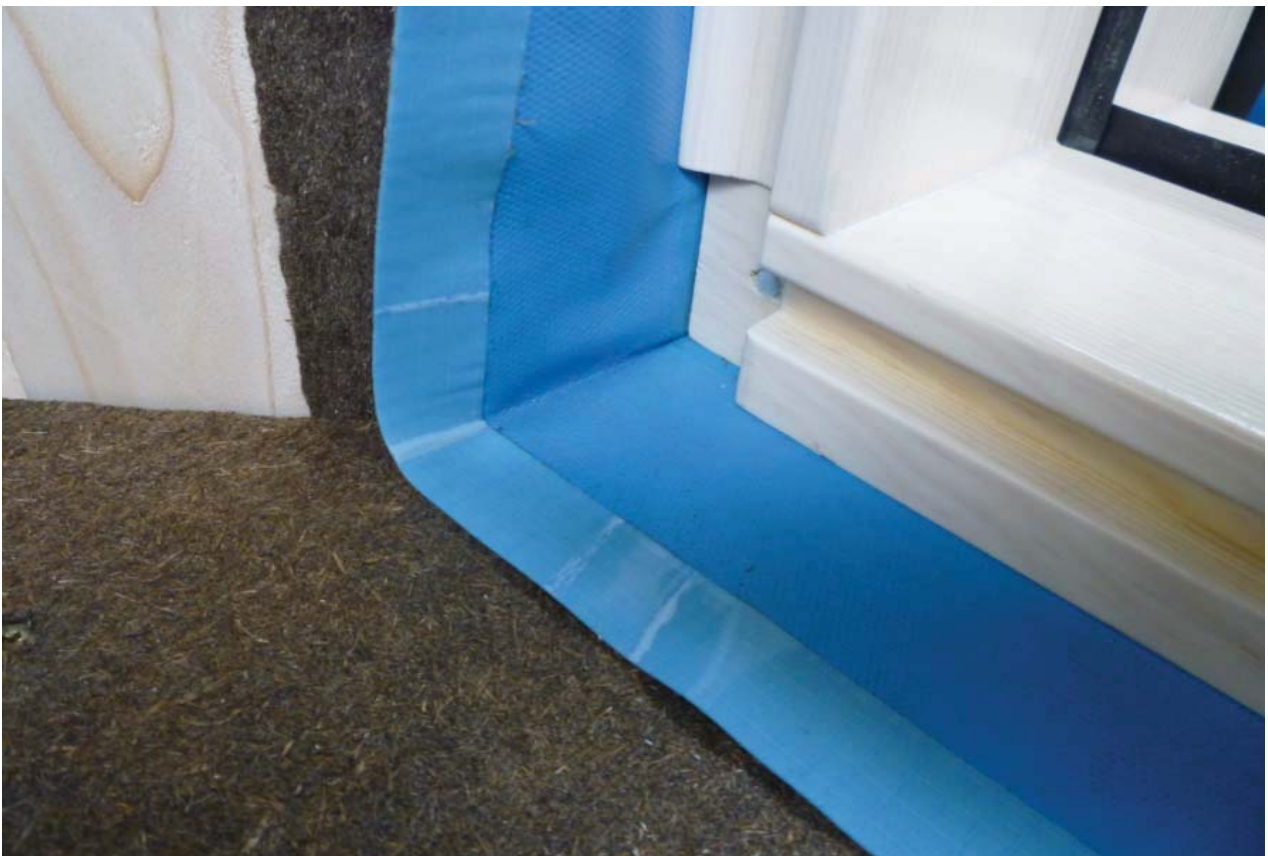
Wachtmembranen bij metselwerk



Droog-droog aansluiting met oortjes



Goed in de hoeken zodat afwerking mogelijk is



Bijna afgewerkt dakvenster



Efficiënt en eenvoudig, de droog-natte aansluiting



Continuïteit en droog-natte aansluiting



Overzicht van de presentatie

1. Ontwerp, communicatie en coördinatie
2. De oppervlaktes bepalen en hun ruwheid
3. De voegen identificeren
4. Soberheid en eenvoud
5. **Moeilijke punten**
6. Werken langs de buitenzijde?
7. Vermijden van convectiestromen



Luchtdichtheid is ook



Luchtdichtheid is ook



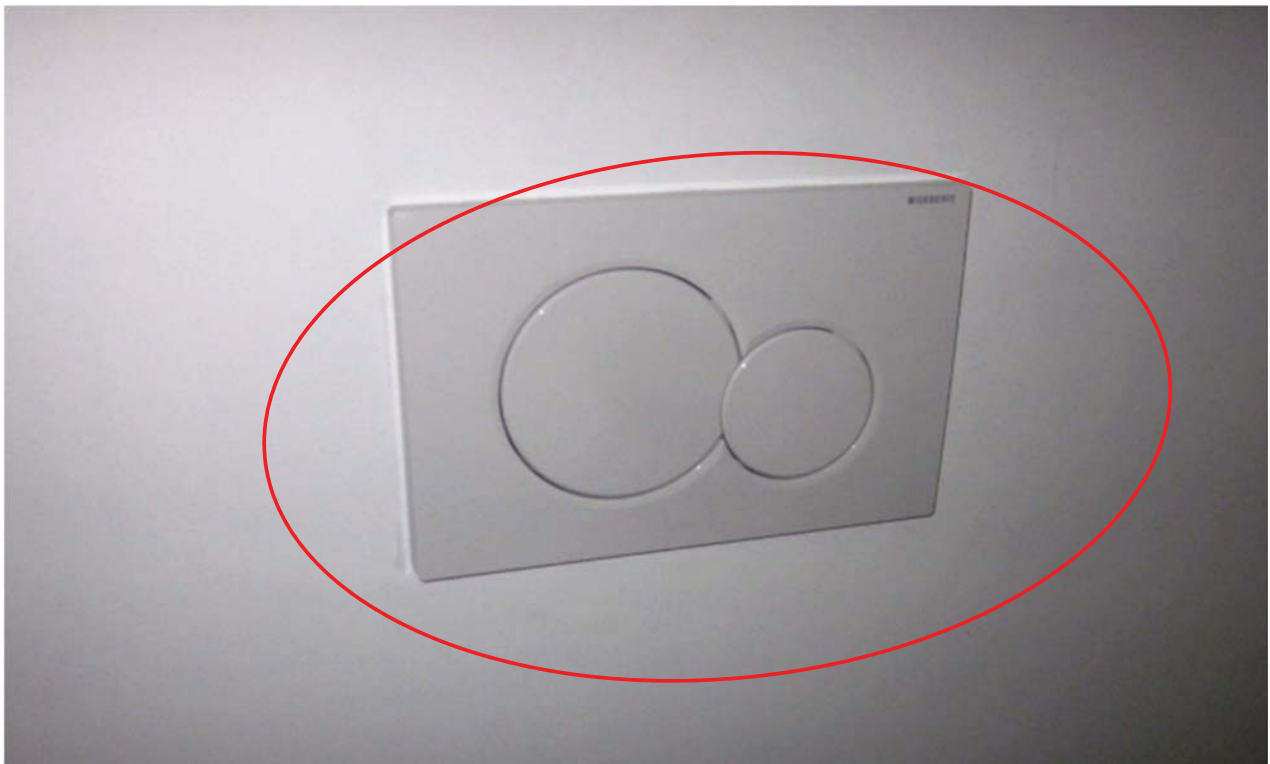
Luchtdichtheid is ook



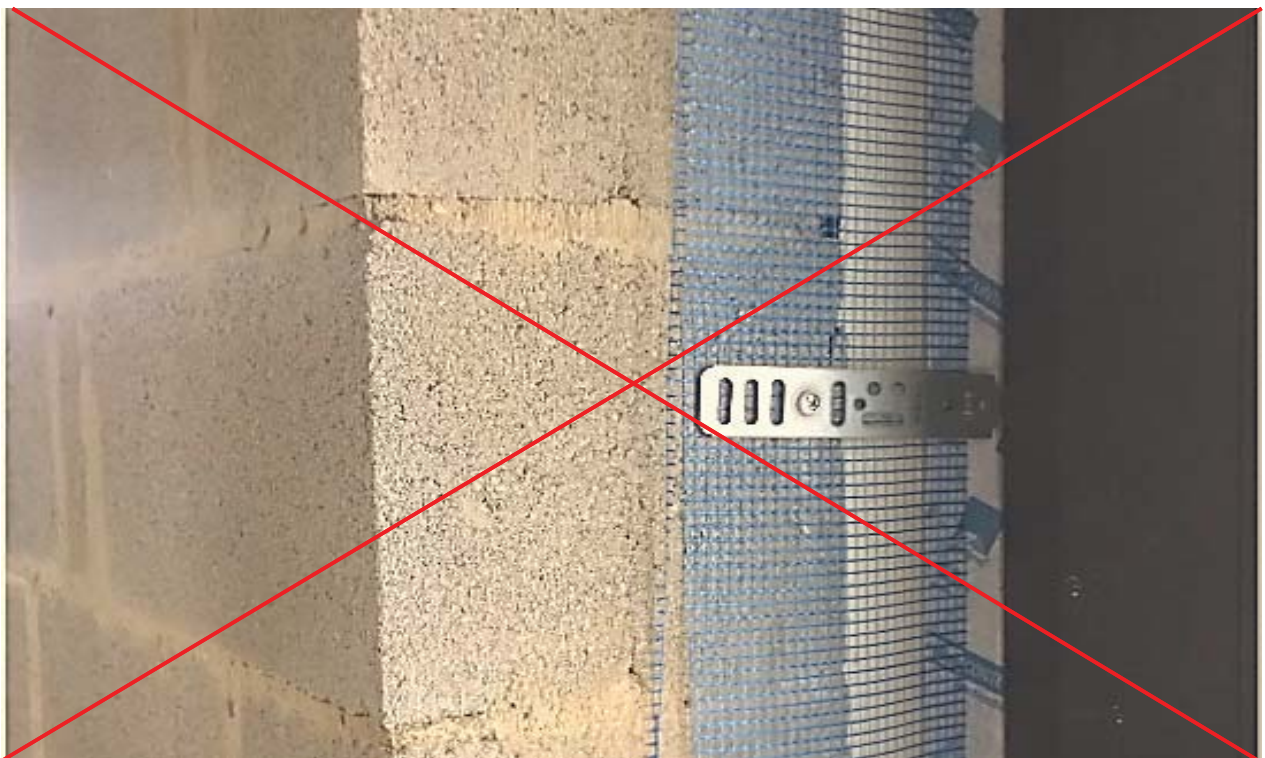
Keuze bij waar plaatsing



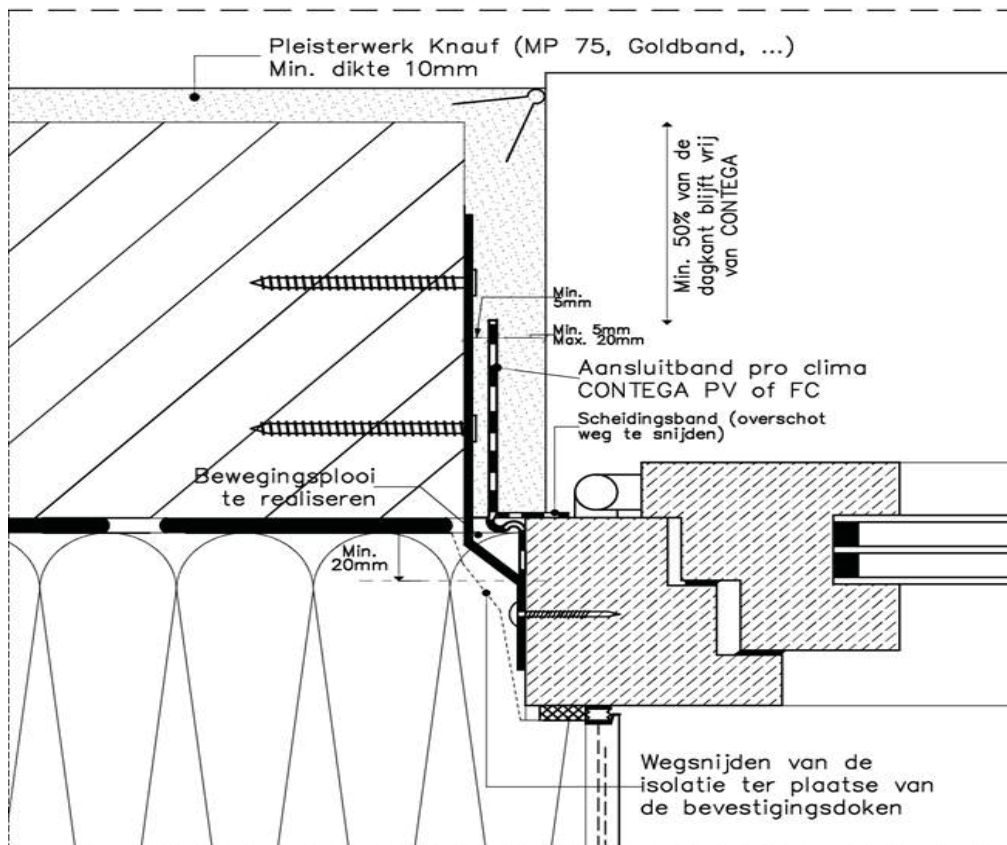
Gebrekkige continuïteit



Foute plaatsing



Technische snede: te respecteren



49

Overzicht van de presentatie

1. Ontwerp, communicatie en coördinatie
2. De oppervlaktes bepalen en hun ruwheid
3. De voegen identificeren
4. Soberheid en eenvoud
5. Moeilijke punten
6. **Werken langs de buitenzijde?**
7. Vermijden van convectiestromen

50

Nieuwe sporthal in schoolomgeving



Nieuwe sporthal in schoolomgeving

- Gegevens en doelstellingen
 - ▶ Geen bepleistering aan binnenkant sporthal
 - ▶ Luchtdichtheid $n_{50} < 0,6$ vol/h
 - ▶ Vensters enigszins uitpuilend geplaatst



Dubbelzijdige kleefstrips aan buitenzijde



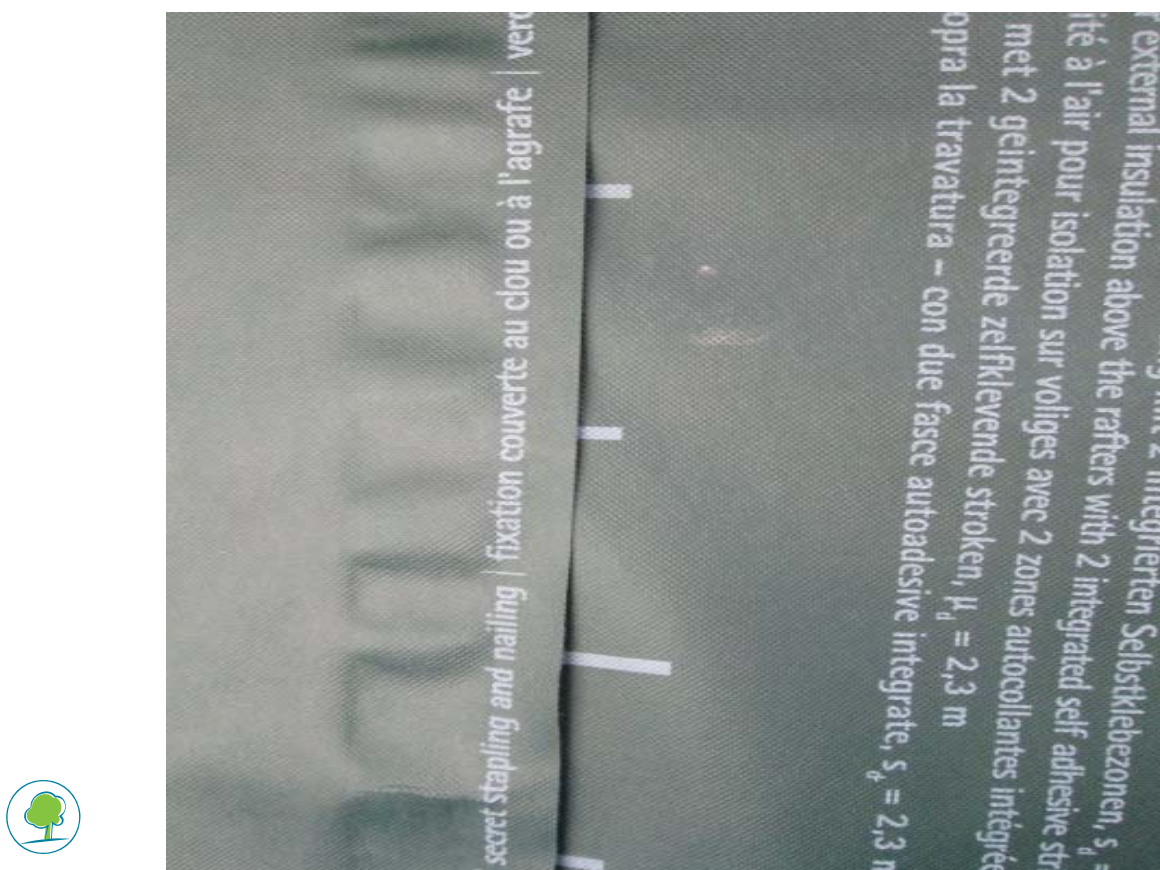
Dubbelzijdige Butyl kleefband



Weersbestendig luchtdicht membraan



“Connect” kleeflaag tussen delen



Droog-droog aansluiting met ringbalk



Aansluiting onderkant muur nog te plaatsen



Random schrijnwerk



Random schrijnwerk



Random schrijnwerk



Random schrijnwerk



Aanpasbaarheid aan complexe vormen



Overzicht van de presentatie

1. Ontwerp, communicatie en coördinatie
2. De oppervlaktes bepalen en hun ruwheid
3. De voegen identificeren
4. Soberheid en eenvoud
5. Moeilijke punten
6. Werken langs de buitenzijde?
7. **Vermijden van convectiestromen**



Geknoei met EPDM-membraan



65

Niet winddichte plaatsing van de isolatie



66

Dotsgewijze verlijming = convectie = niet doeltreffend



67

Convectiestromen achter de isolatie



68

Wat moet ik onthouden van de presentatie?

- Fundamentele belang van het ontwerp, de communicatie en de planning
- Denken in termen van oppervlaktes
- Denken in termen van de aansluitingen tussen deze oppervlaktes
- Winddichtheid en ontbreken van convectiestromen zijn eveneens belangrijk



69

Contact

André BAIVIER

Technisch raadgever

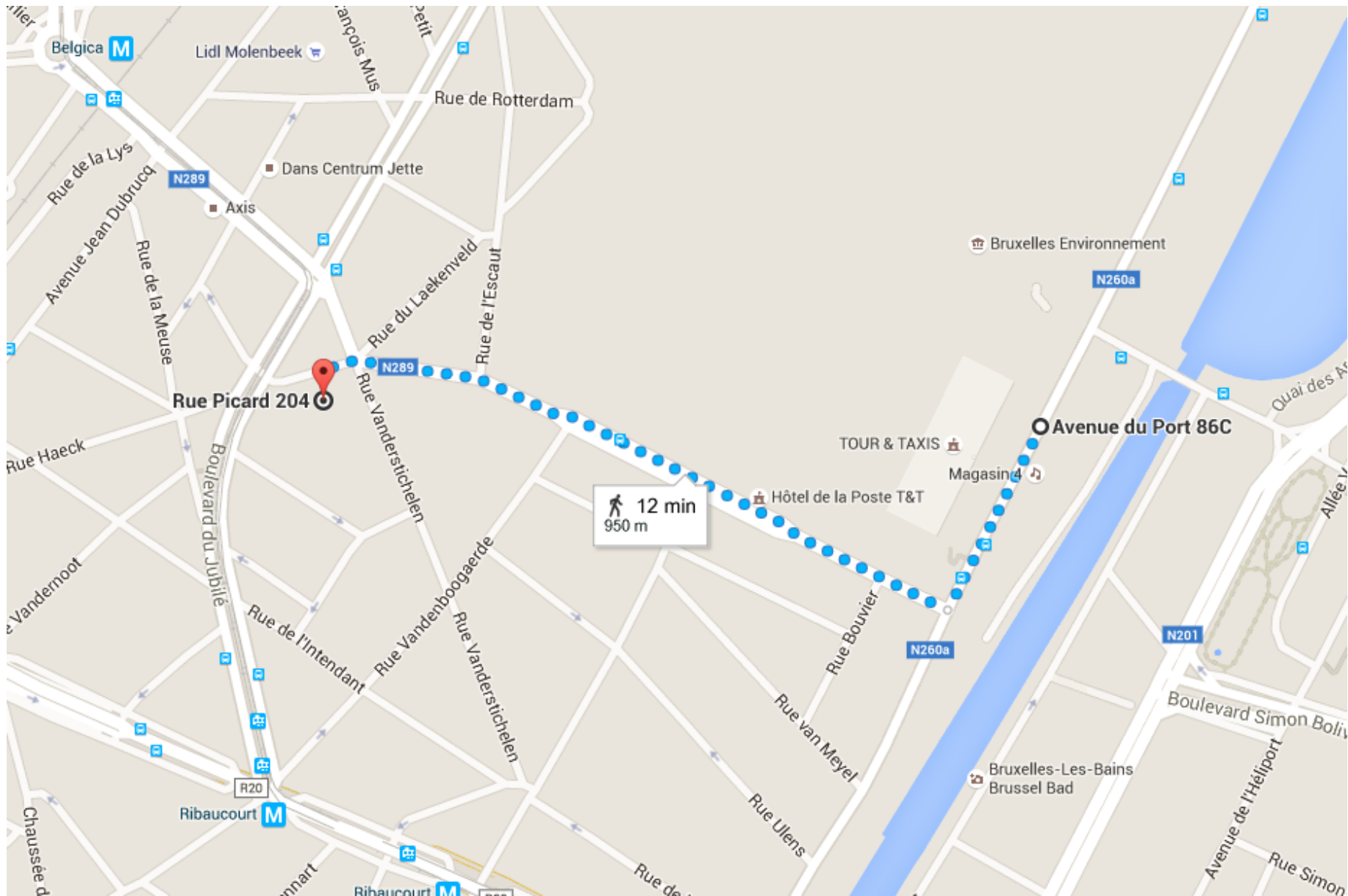
Coördinaten:

☎ : +32 87 22 45 79 +32 496 14 57 60

E-mail : andre.baivier@isoproc.be



70



Meer informatie?

U vindt de presentaties van dit seminarie op onze website:

www.leefmilieu.brussels/opleidingendubo > Verslagen en nota's >
Seminarieverslagen Duurzaam Bouwen 2016

De Facilitator Duurzaam Bouwen staat ter beschikking:

facilitator@leefmilieu.brussels

0800/85 775

De Gids Duurzame Gebouwen is beschikbaar online:

www.gidsduurzamegebouwen.brussels