



06-03-2024 – Aerothermal, geothermal and aquathermal systems in individual and collective housing



A

M

2

Architecturaal ontwerp van de gebouwschil

renaud le clair
building thermal designer
– A2M
leclair@a2m.be

BRU | LIS | NYC

deel 1 – inleiding

deel 2 – van ontwerp tot uitvoering:

- ☐ analyse van de situatie
- ☐ thermische prestaties
- ☐ keuze van constructiemethode en materialen
- ☐ analyse van koudebruggen
- ☐ validatie van prestaties
- ☐ follow-up van de uitvoering

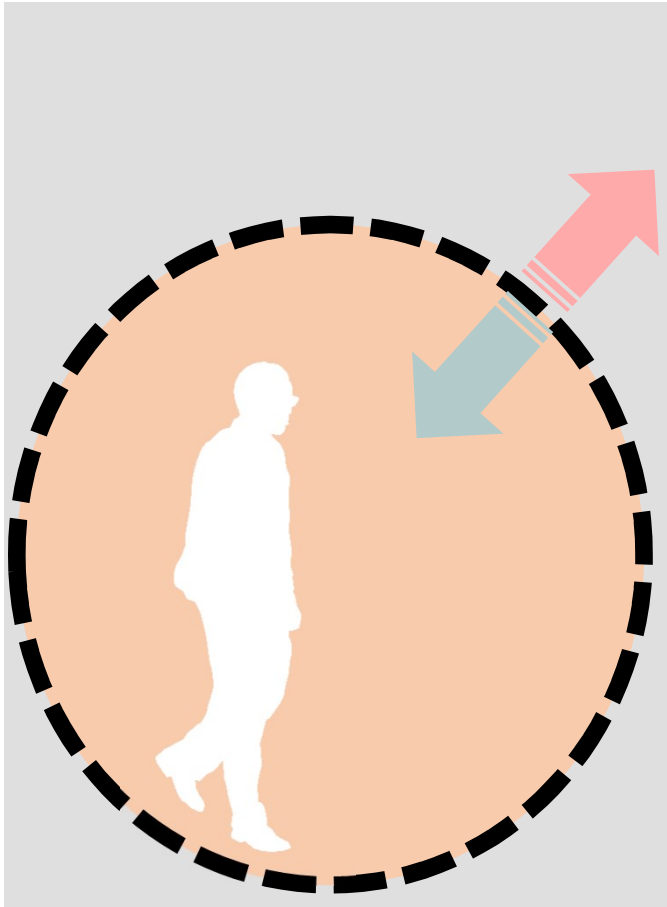
deel 3 – om verder te gaan

partie 1 — inleiding

A2M

→ 2024.03.06
FORMATION ATIC

4



Comfort voor de inzittenden

- **Thermisch** 19,7 tot 24,7 °C
wandstraling
(operatief tp...)
- **Lucht** : snelheid < tot 0,2m/s
- **Vochtigheid** : 30 tot 70 % RV
-

Efficiëntie van de envelop

Behoud comfort met een minimum aan "actieve" energie

Kwaliteit van de constructie

Controle van de afwerking van de omhulling



Zwakke punten in het ontwerp van de schil worden gecorrigeerd met mechanische en technologische middelen.



Hoogrendementsgebouwen integreren deze mogelijkheden rechtstreeks in de fysieke schil van het gebouw, waardoor er minder energie nodig is om het comfort te behouden.

partie 2 — van ontwerp tot uitvoering

A2M

→ 2024.03.06
FORMATION ATIC

8

ontwerp- proces

Analyse van de bestaande
situatie (nieuw of gerenoveerd)

analyse van de situatie

Nieuw / Renovatie

Algemene context:

- Grondsoort, helling, toegang, enz.
- Locatie, oriëntatie, zonwering, ...
- Mogelijke bescherming tegen zon, wind, regen en opstijgend vocht
- Bij renovatie: staat van instandhouding en erfgoedwaarde



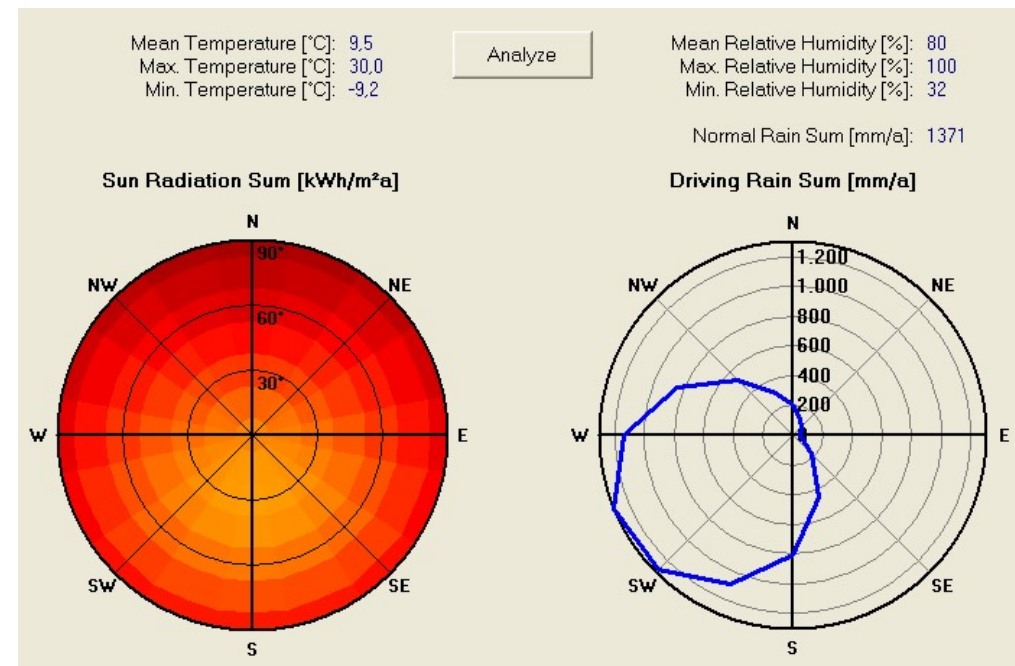
analyse van de situatie

Buitenklimaat

- Oriëntatie en belichting
- Slagregen
- Zonnestraling
- Wind

Binnenklimaat

- Warme/koude ruimtes
- Droge/vochtige ruimtes



analyse van de situatie

Als bestaande muren > de eigenschappen evalueren

Isolatie: Warmtegeleidingscoëfficiënt: λ [W/mK]

→ Gegevens: NORM NBN 62-002, ATG, gegevens van de fabrikant, enz.

Weerstand tegen waterdampdiffusie: μ_d of S_d [m]

→ Gegevens: norm NBN EN 12524, ATG, gegevens van de fabrikant, enz.

Overdracht van vloeibaar water: Absorptiecoëfficiënt A (kg/m² s^{1/2})

→ Karsten / Pleyers, ... Watergehalte: W [kg/m³] → hygrometer, carbiddrik, ...

ontwerp- proces

Analyse van de bestaande
situatie (nieuw of gerenoveerd)

Beperkingen en behoeften van
het programma

Thermische prestaties: regeling
- criteria

PEB EPB

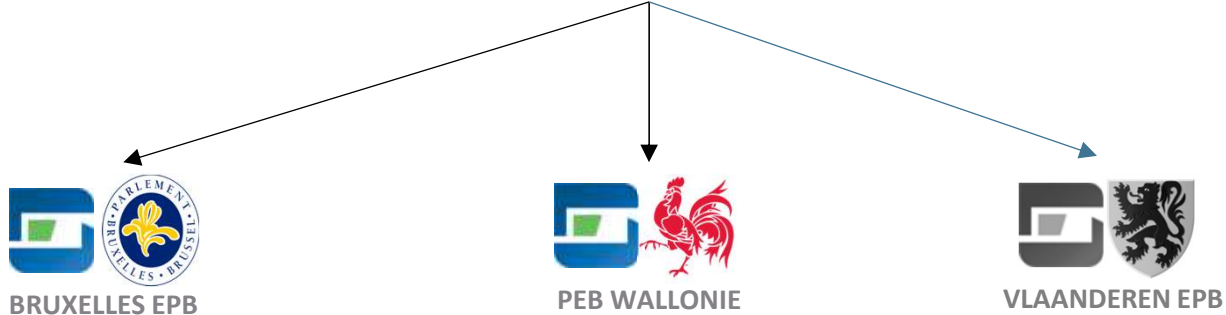


thermische prestaties regeling

EPB

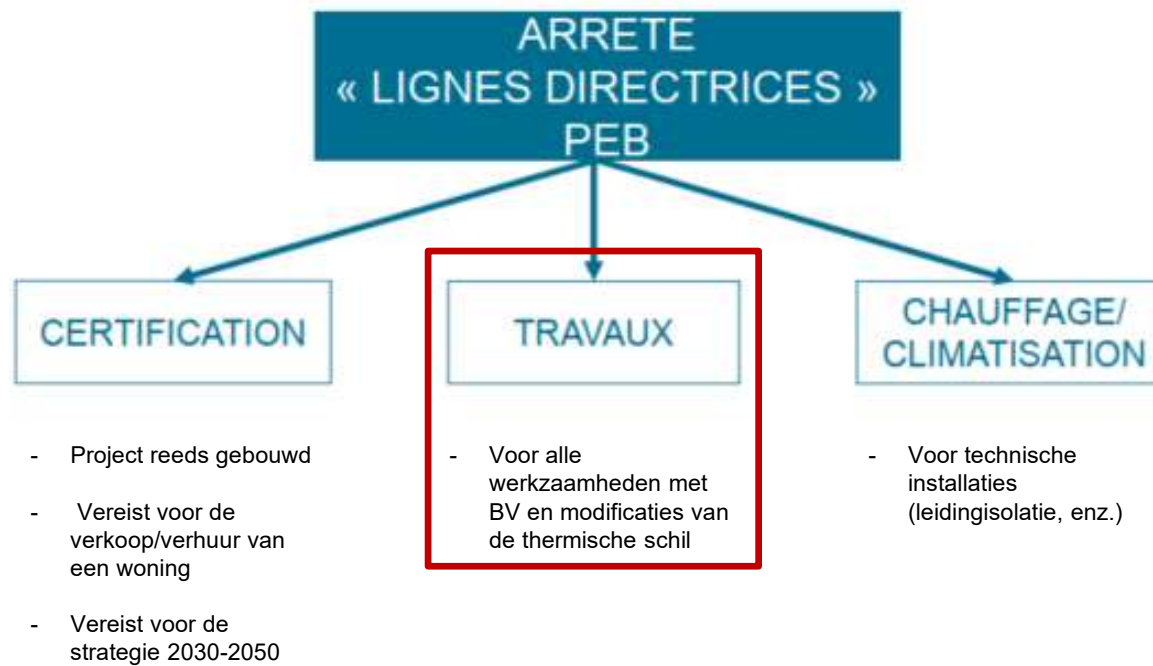
= EnergiePrestatie en Binnenklimaat

Verplicht, verschillend in alle 3 de regio's



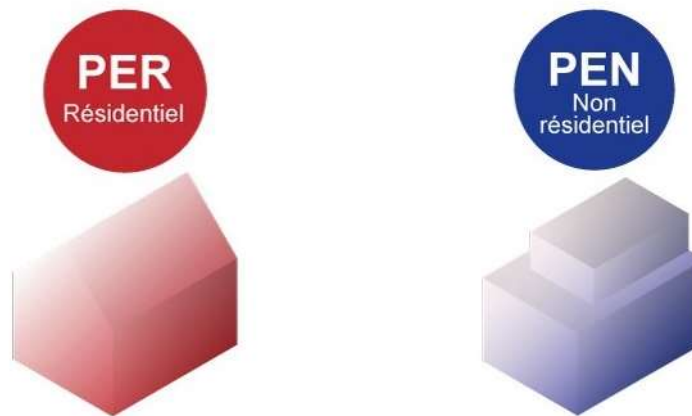
Opgelet: de projecten in de 3 gewesten verwijzen niet naar dezelfde wetteksten

thermische prestaties regeling



thermische prestaties regeling

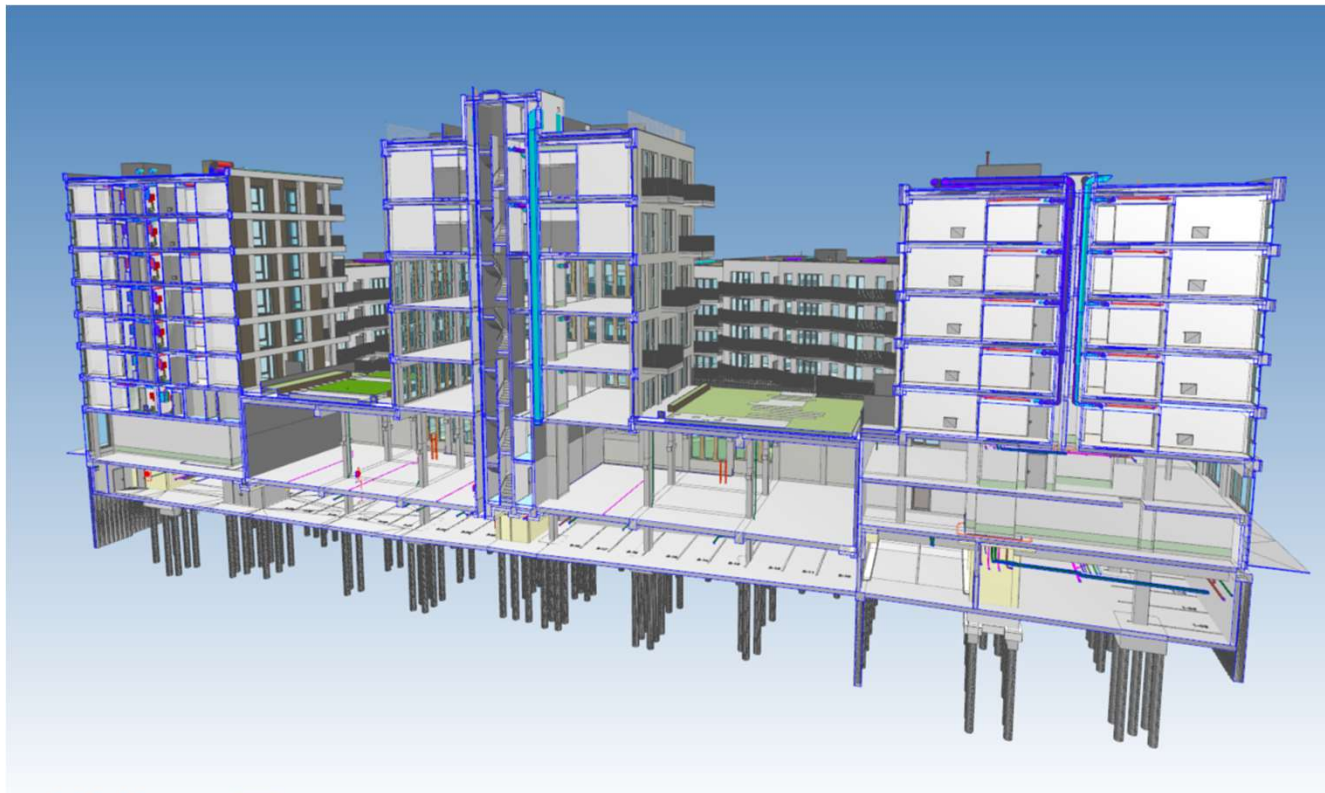
DESTINATION DE L'UNITÉ PEB



+ gemeenschappelijke delen

+ andere/industrie delen

thermische prestaties regeling



ATIC
for HVAC professionals
A2M

Marchandises

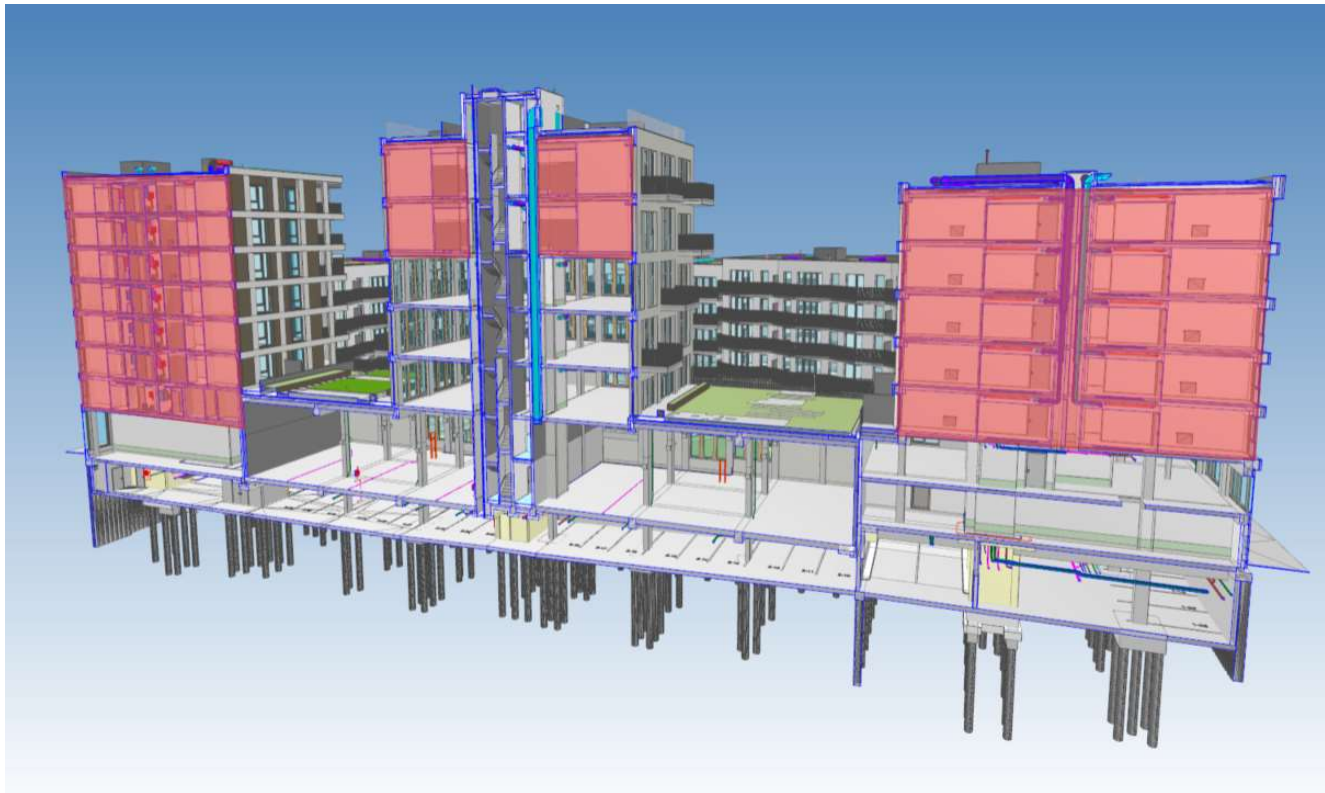
Programma: gezamenlijk project

Projectfase: werk in uitvoering



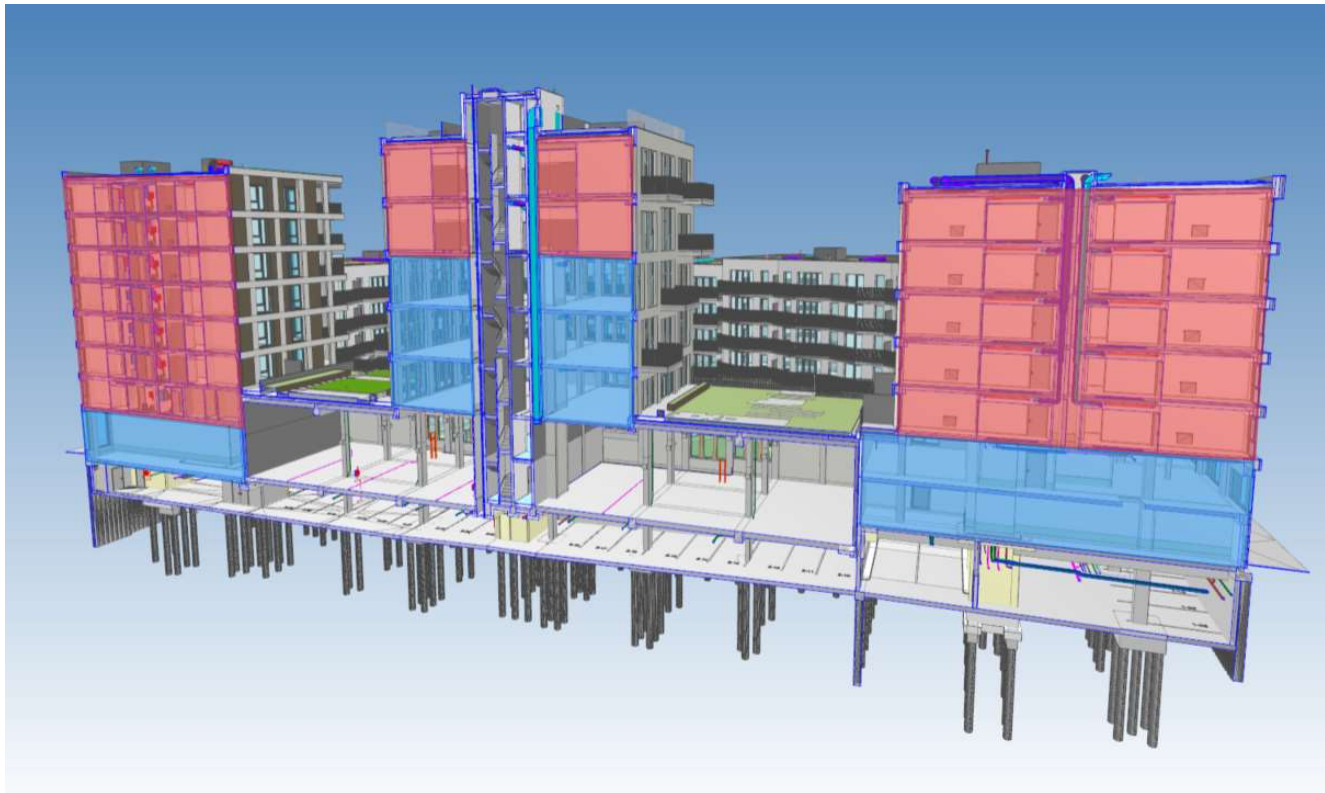
→ 2024.03.06
FORMATION ATIC

thermische prestaties regeling



UPEB Résidentielle (PER)

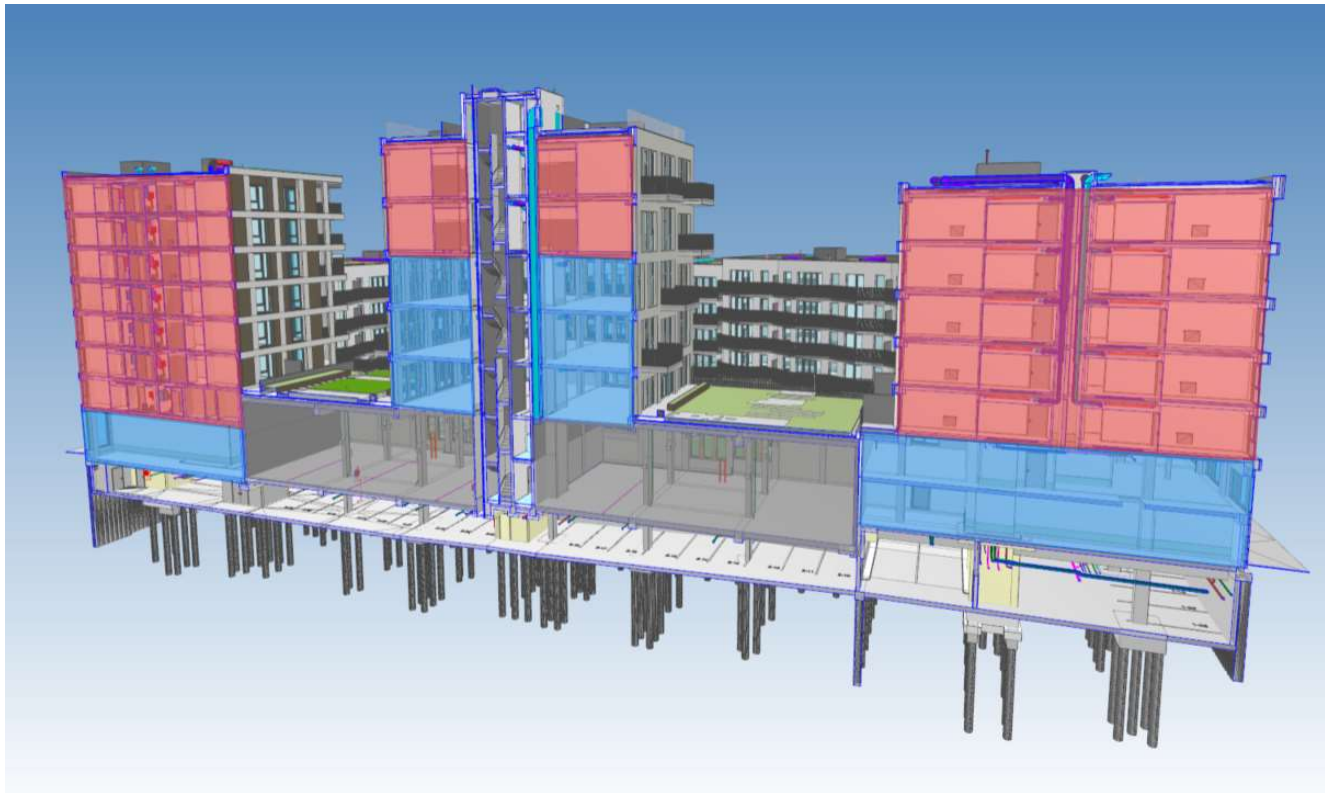
thermische prestaties regeling



UPEB Résidentielle (PER)

UPEB Non-résidentiel (PEN)

thermische prestaties regeling

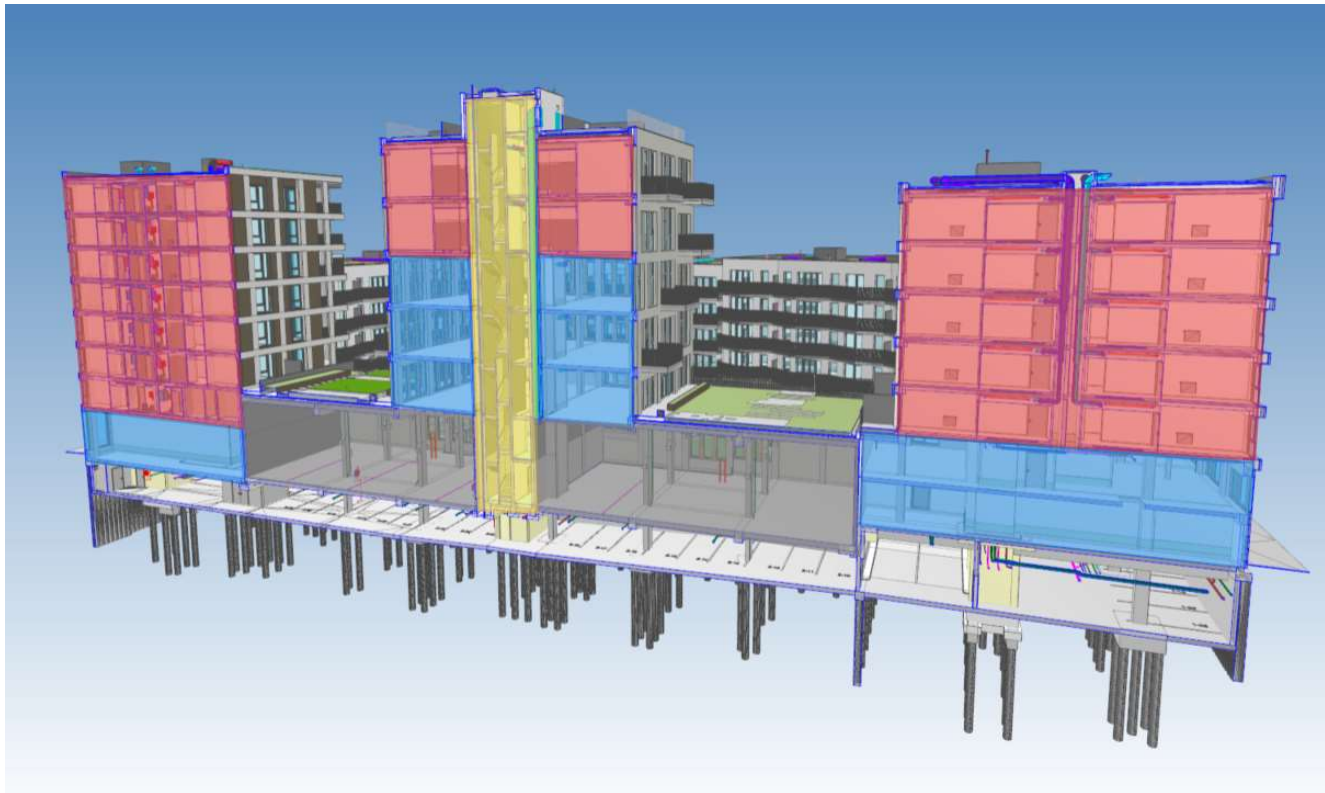


UPEB Résidentielle (PER)

UPEB Non-résidentiel (PEN)

UPEB Autre / industrielle

thermische prestaties regeling



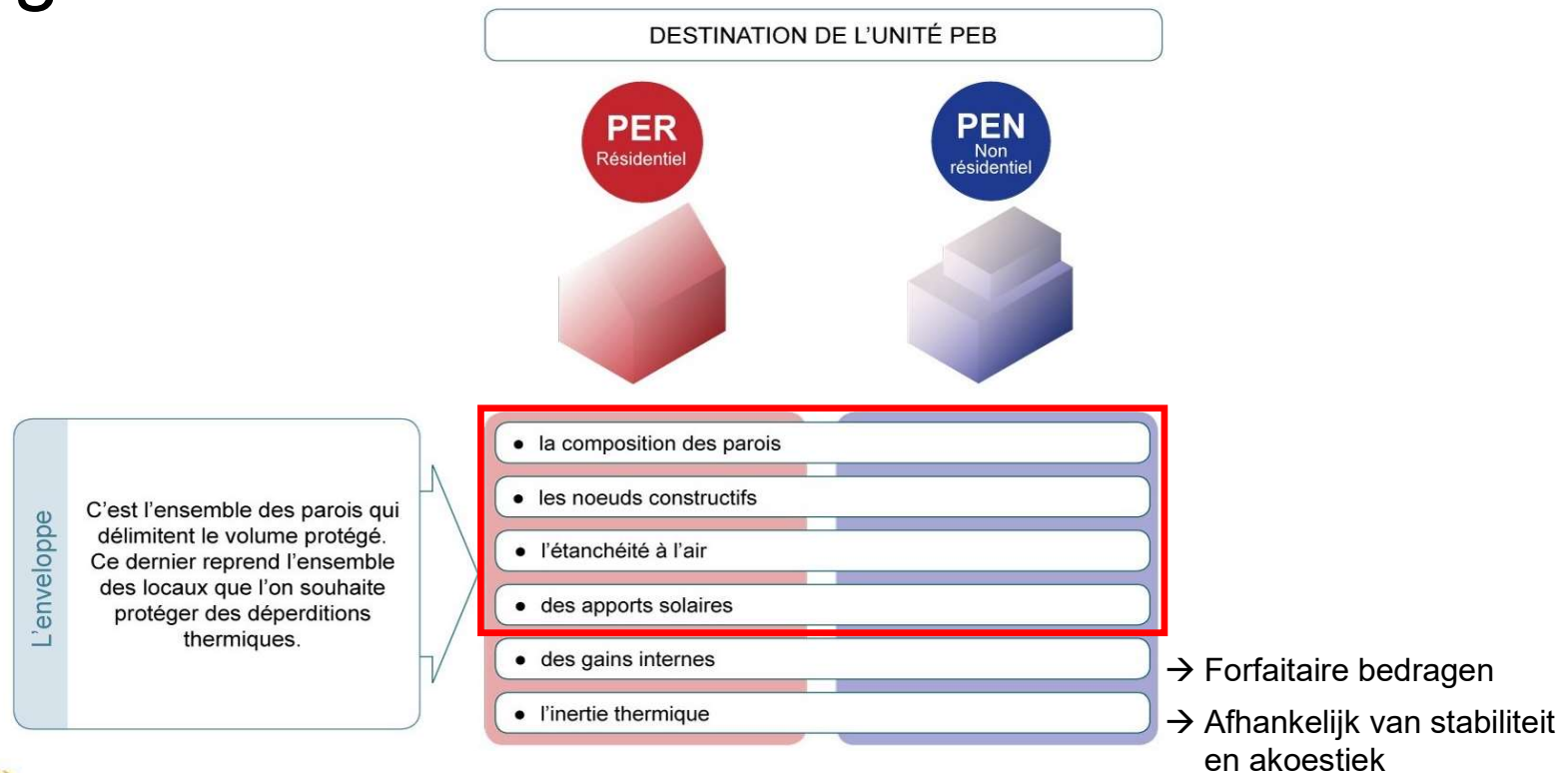
UPEB residentieel (PER)

UPEB niet-residentieel (PEN)

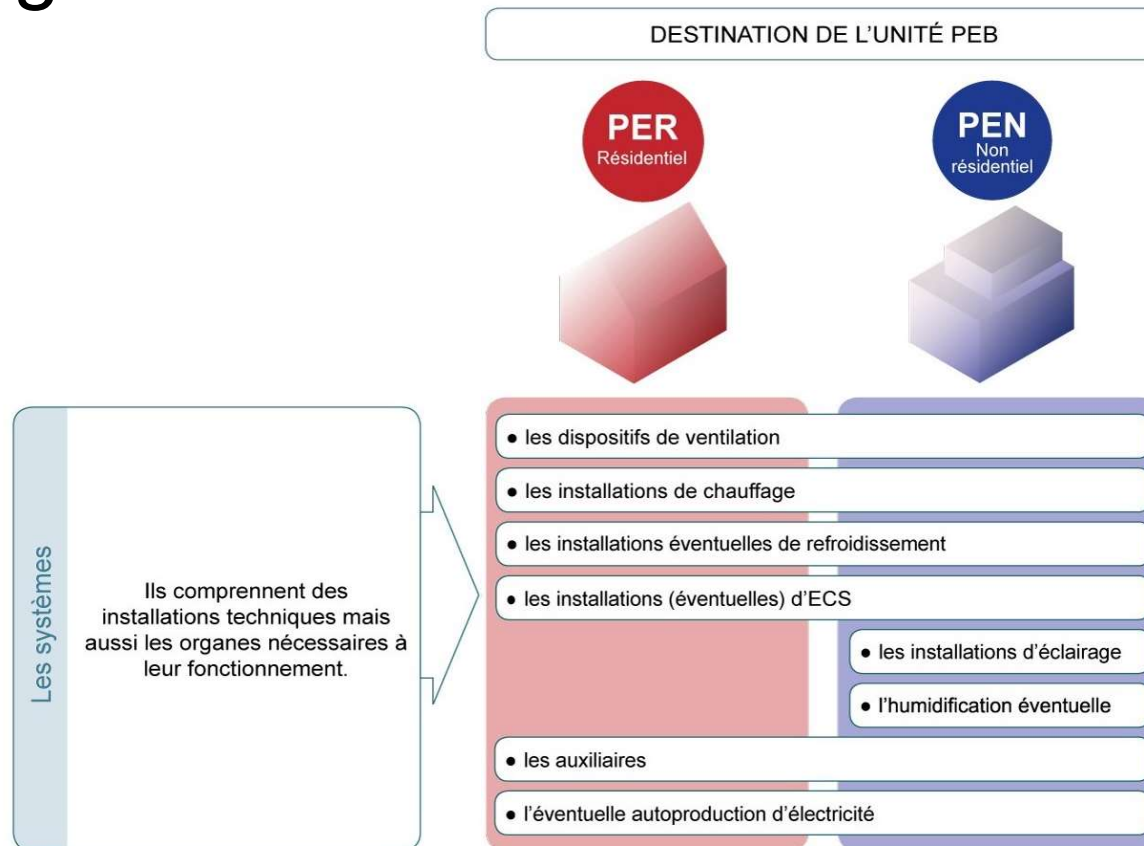
UPEB andere / industrie

UPEB gemeenschappelijke
delen

thermische prestaties regeling



thermische prestaties regeling



vereiste voor resul

NATURE DES TRAVAUX SOUIS À PERMIS				Valeurs U	Niveau K	Niveau E _u	Consommation
				U	K	E _u	E _u
Procédure AVEC responsable PEB		PER	Maisons unifamiliales Appartements			45	85 kWh/m ² /an
	Bâtiment neuf ou assimilé	PEN	Bureaux Services Enseignement Hôpitaux HORECA Commerces Hébergements collectifs	≤ U _{max} (1)	≤ K35 + nœuds constructifs	90/45 (2)	
		I	Industriel				
	Rénovation importante (4)			Uniquement éléments modifiés et neufs			
Procédure SANS responsable PEB Déclaration PEB simplifiée	Rénovation simple, y compris Changement d'affectation chauffé > chauffé (4)			≤ U _{max} (1)	des éléments modifiés et neufs		
	Changement d'affectation non chauffé > chauffé (4)				≤ K65 + nœuds constructifs		

Exigences et procédure à partir du 01/07/2017 unité

NATURE DES TRAVAUX PEB (toutes affectations PEB)	UN	PER	UAN
% de la surface de déperdition thermique concernée par des travaux influençant sa performance énergétique	(pas de %)	Construction neuve par définition	≥ 7
Travaux aux installations techniques PEB	Installations techniques PEB neuves par définition	Place et rempli de tout instal technique	
EXIGENCES			
Habitation Individuelle			
CEP [kWh/(m ² .an)]	CEP _{max} UN	CEP _{max}	
BNC [kWh/(m ² .an)]	BNC _{max} UN	BNC _{max}	
Surchauffe	Max 5% tps > 25°C	Max 5% t	
Installations techniques PEB	✓	✓	
Isolation thermique (U/R) (U) à partir de 2021	Toutes les parois	Parois l'objet de	
1. Parois de la surface de déperdition thermique	✓	✓	
2. Parois entre VP	✓	✓	
3. Parois intérieur VP entre certaines unités	✓	✓	
Ventilation hygiénique	✓	✓	

Précisions sur les exigences applicables aux unités PEB

EXIGENCES	
Consommation d'Énergie Primaire (CEP) UN	45 +
Consommation d'Énergie Primaire (CEP) URL à pd 2023	
Besoin Net en énergie pour le Chauffage (BNC) UN	

Nieuwbouw (of gelijkwaardig)	Thermische isolatie	<u>S-peil</u> : maximaal S28 (wooneenheid) en <u>maximale U-waarden</u>
	Energieprestatie	<u>E-peil</u> : maximaal E30 (wooneenheid)
	Binnenklimaat	Voor wooneenheid: <u>Minimale ventilatievoorzieningen</u> en beperken van risico op <u>oververhitting</u>
	Installaties	<u>Hernieuwbare energie</u> Minstens 25 kWh/m ² .jaar <u>Verwarming op lage temperatuur</u> : de ontwerpvertrektemperatuur van het warmteafgiftesysteem mag <u>maximaal 45°C</u> (zie <u>dimensioneringsnota</u>) bedragen
Ingrijpende energetische renovatie	Thermische isolatie	Voor nieuwe en na-geïsoleerde delen: <u>maximale U-waarden</u>
	Energieprestatie	<u>E-peil</u> : maximaal E60 (wooneenheid)
	Installaties	-
	Binnenklimaat	<u>Minimale ventilatievoorzieningen</u>
Renovatie	Installaties	<u>Hernieuwbare energie</u> Minstens 20 kWh/m ² .jaar
	Thermische isolatie	Voor nieuwe en na-geïsoleerde delen: <u>maximale U-waarden</u>
	Energieprestatie	-
	Installaties	Voor nieuwe, vernieuwde of vervangen installaties: <u>Minimale installatie-eisen</u>
	Binnenklimaat	Voor bestaande ruimten bij vervanging van vensters en voor nieuwe ruimten: <u>Minimale ventilatievoorzieningen</u>

vereiste voor middelen – U_{max}

Elément de construction		U _{max} [W/m²K]
Parois délimitant le volume protégé		
Toitures et plafonds		0.24
Murs (1)		0.24
Planchers (1)		0.24
Portes et portes de garage		2.00
Fenêtres :		
- Ensemble châssis et vitrage		1.50
- Vitrage uniquement		1.10
Murs-rideaux :		
- Ensemble châssis et vitrage		2.00
- Vitrage uniquement		1.10
Parois transparentes/translucides autres que le verre :		
- Ensemble châssis et partie transparente		2.00
- Partie transparente uniquement (ex : coupole de toit en polycarbonate,...)		1.40
Briques de verre		2.00
Parois entre 2 volumes protégés situés sur des parcelles adjacentes (2)		1.00
Parois opaques à l'intérieur du volume protégé ou adjacentes à un volume protégé sur la même parcelle (3)		1.00



Valeurs U_{max} réglementaires pour un projet dont la demande de permis d'urbanisme est déposée à partir du 01/01/2021



ELEMENT DE CONSTRUCTION	U _{max} (W/m²K)
1. PAROIS DELIMITANT LE VOLUME PROTEGE, à l'exception des parois formant la séparation avec un volume protégé adjacent	
1.1. PAROIS TRANSPARENTES/TRANSLUCIDES, à l'exception des portes et portes de garage (voir 1.3.), des murs-rideaux (voir 1.4.) et des briques en verre (voir 1.5.)	U _{W,max} = 1.5 (1) à pd 2021 U _{g,max} = 1.1 (2)
1.2. PAROIS OPAQUES, à l'exception des portes et portes de garage (voir 1.3.) et des murs-rideaux (voir 1.4.)	
1.2.1. Toitures et plafonds	U _{max} = 0.24
1.2.2. Murs non en contact avec le sol, à l'exception des murs visés en 1.2.4.	U _{max} = 0.24
1.2.3. Murs en contact avec le sol	U _{max} = 0.24 (1) à pd 2021
1.2.4. Parois verticales et en pente en contact avec un vide sanitaire ou avec une cave PEB en dehors du volume protégé	U _{max} = 0.24 à pd 2021
1.2.5. Planchers en contact avec l'environnement extérieur ou au-dessus d'un espace adjacent non-chauffé	U _{max} = 0.24 à pd 2021
1.2.6. Autres planchers (planchers sur terre-plein, au-dessus d'un vide sanitaire ou au-dessus d'une cave PEB en dehors du volume protégé, planchers de cave enterrés)	U _{max} = 0.24 (1) à pd 2021
1.3. PORTES ET PORTES DE GARAGE (cadre inclus)	U _{0,max} = 2.0
1.4. MURS-RIDEAUX (suivant prEN 13947)	U _{0W,max} = 2.0 U _{g,max} = 1.1 (2)
1.5. PAROIS EN BRIQUES DE VERRE	U _{max} = 2.0
1.6. PAROIS TRANSPARENTES/TRANSLUCIDES AUTRES QUE VERRE, à l'exception des portes et portes de garage (voir 1.3.) et des murs-rideaux (voir 1.4.)	U _{max} = 2.0 (1) U _{0,max} = 1.4
2. PAROIS ENTRE 2 VOLUMES PROTEGES, (1) à l'exception des portes et portes de garage	U _{max} = 1.0
3. PAROIS OPAQUES SUIVANTES A L'INTERIEUR DU VOLUME PROTEGE, (1) à l'exception des portes et portes de garage :	
3.1. ENTRE UNITES PEB « HABITATION INDIVIDUELLE » ET TOUTES AUTRES UNITES PEB	U _{max} = 1.0
3.2. ENTRE UNITES PEB « AUTRE » ET TOUTES AUTRES UNITES PEB	

(Source : Bruxelles Environnement)

Constructiedeel		Vanaf 01/01/2019
		U _{max} (W/m²K) (10)
1.	SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN (13), met uitzondering van de scheidingen die de scheiding vormen met een aanpalend beschermd volume.	
1.1	TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES , met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), lichte gevels (zie 1.4), glasbouwsteenwanden (zie 1.5) en andere dan glas (zie 1.6)	1,50 (1) en U _{g,max} = 1,1 (2)
1.2	OPAQUE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES , met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en lichte gevels (zie 1.4)	
1.2.1	daken en plafonds	0,24
1.2.1	muren niet in contact met de grond, met uitzondering van de muren bedoeld in 1.2.4.	0,24
1.2.3	muren in contact met de grond	0,24 (4)
1.2.4	verticale en hellende scheidingen in contact met een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume	0,24
1.2.5	vloeren in contact met de buitenomgeving	0,24
1.2.6	andere vloeren (vloeren op volle grond, boven een kruipruimte of boven een kelder buiten het beschermd volume, ingegraven keldervloeren)	0,24 (4)
1.3	DEUREN EN POORTEN (met inbegrip van kader)	2,00
1.4	LICHTE GEVELS	2,00 en U _{g,max} = 1,1 (2)
1.5	GLASBOUWSTEENWANDEN	2,00
1.6	TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES ANDERE DAN GLAS met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en lichte gevels (zie 1.4)	2,00 (1) U _{g,max} = 1,4 (1)
2.	SCHEIDINGSCONSTRUCTIES TUSSEN 2 BESCHERMD VOLUMES (6) OP AANGRENZENDE PERCELEN (6) (13) (met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), transparante constructies (zie 1.1), lichte gevels (zie 1.4) en glasbouwstenen (zie 1.5) en transparante constructies andere dan glas (zie 1.6))	0,60 (9)
3.	VOLGENDE OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES BINNEN HET BESCHERMD VOLUME OF PALEND AAN EEN BESTAAND BESCHERMD VOLUME OP EIGEN PERCEEL (7) (13), met uitzondering van deuren en poorten.	
3.1	Voor muren:	
3.1.1	Tussen aparte wooneenheden	
3.1.2	Tussen wooneenheden en gemeenschappelijke ruimten (trappenhuis, inkomhal, gangen, ...)	0,60
3.1.3	Tussen wooneenheden en ruimten met een niet-residentiele bestemming	
3.2	Voor plafonds/vloeren:	
3.2.1	Tussen aparte wooneenheden	
3.2.2	Tussen wooneenheden en gemeenschappelijke ruimten (trappenhuis, inkomhal, gangen, ...)	1,00
3.2.3	Tussen wooneenheden en ruimten met een niet-residentiele bestemming	
3.3	Tussen ruimten met een industriële bestemming en ruimten met een niet-industriële bestemming	1,00
4.	NA-ISOLEREN VAN BESTAANDE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN (12)	
4.1	OPAQUE BESTAANDE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES , met uitzondering van de scheidingen die de scheiding vormen met een aanpalend beschermd volume.	
4.1.1	BESTAANDE DAKEN EN PLAFONDS MET NA-ISOLATIE tussen of aan de buitenzijde van de draagconstructie, in contact met de buitenomgeving of een AOR.	0,24
4.1.2	BESTAANDE MUREN MET NA-ISOLATIE aan de buitenzijde van de bestaande constructie in contact met buitenomgeving	0,24
4.1.3	BESTAANDE SPOUWMUREN MET NAVULLING , in contact met de buitenomgeving of een AOR. (11)	0,55
4.1.4	BESTAANDE MUREN MET NA-ISOLATIE aan de binnenzijde van de bestaande constructie	Geen eisen
4.1.5	BESTAANDE VLOEREN MET NA-ISOLATIE aan de buitenzijde van de bestaande constructie in contact met buitenomgeving	0,24

→ 2024.03.06
FORMATION ATIC

passief – EPB BXL 2015



Critères	Résidentiel	Tertiaire
Besoins nets en énergie de chauffage	$\leq 15 \text{ kW/m}^2.\text{an}$	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$
Besoins nets en énergie de refroidissement	Pas de critère	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$
Etanchéité à l'air	$n_{50} \leq 0,6$ renouv. / heure	$n_{50} \leq 0,6$ renouv. / heure
Surchauffe	T°_{int} peut dépasser 25°C pdt maximum 5% du temps de l'année	\leq max. 5% du temps d'occupation (variable en fct de l'affectation) au-delà de 25°C
Consommation en Energie Primaire	Obligation de calcul → mention dans le certificat	$\leq 90 - 2,5 \times$ compacité $\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{m}^2.\text{an}$ (chauf. + froid + aux + écl.)



CRITERES	Résidentiel	
Besoins nets en énergie de chauffage	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$	Calculé avec un rendement d'échangeur sur la ventil de min 80%
Besoins nets en énergie de refroidissement		
Etanchéité à l'air	$n_{50} \leq 0,6 \text{ vol / heure}$	Exigence effective à partir de 2018
Surchauffe	T°_{int} peut dépasser 25°C pdt maximum 5% du temps de l'année	
Energie Primaire	$\leq 45 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$ (chauffage + ECS + aux.)	Calculé avec ventilation installée réellement

Passief: belasting op de resultaten, niet op de middelen. → kom je op $15 \text{ kWh/m}^2.\text{jaar}$ zoals je wilt

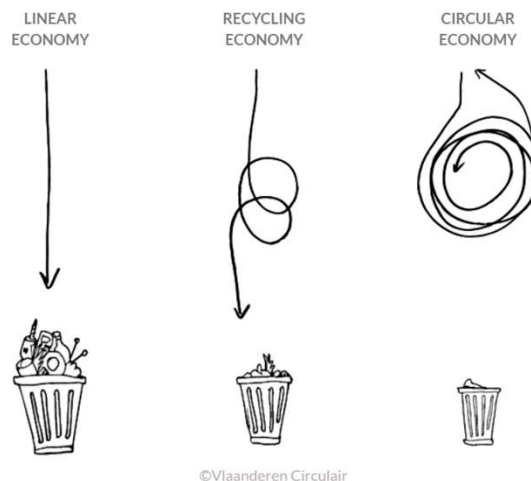
toekomst (BE)



toekomst (EU)

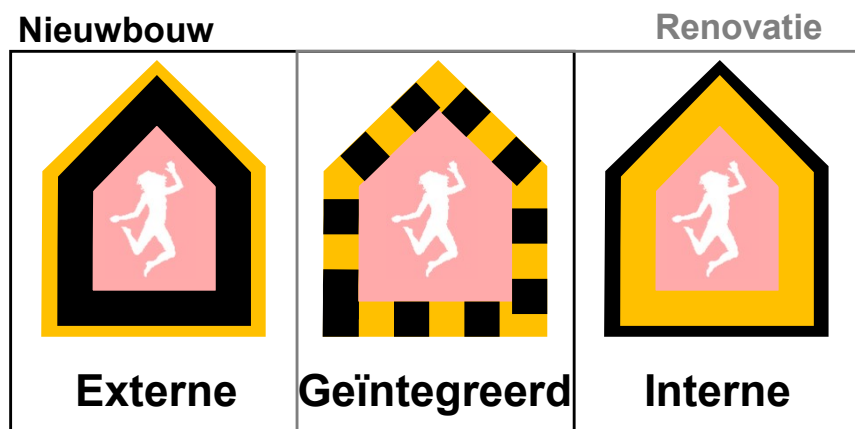


EU Taxonomy Navigator



Type project	Verplichte vereisten
Nieuwbouw	- Primair energieverbruik 10% lager dan huidige energieregelgeving.
	- Voor gebouwen > 5000 m2, LCA berekend tijdens de ontwerpfase en bijgewerkt bij oplevering.
Renovatie	- Primair energieverbruik 30% lager dan de bestaande toestand.

ontwerp- proces



Analyse van de bestaande
situatie (nieuw of gerenoveerd)

Beperkingen en behoeften van
het programma

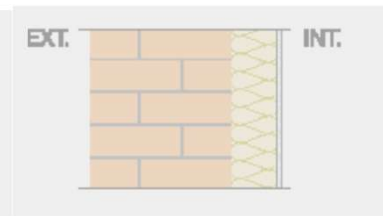
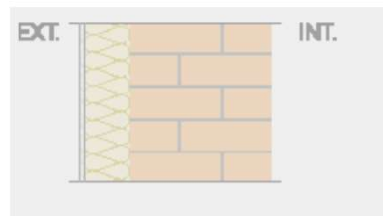
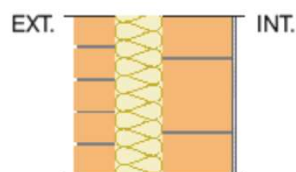
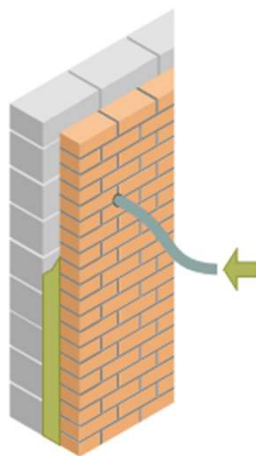
Thermische prestaties

Keuze van bouwmethode en
materialen

Isolatie

keuze van de bouwmethode

Renovatie



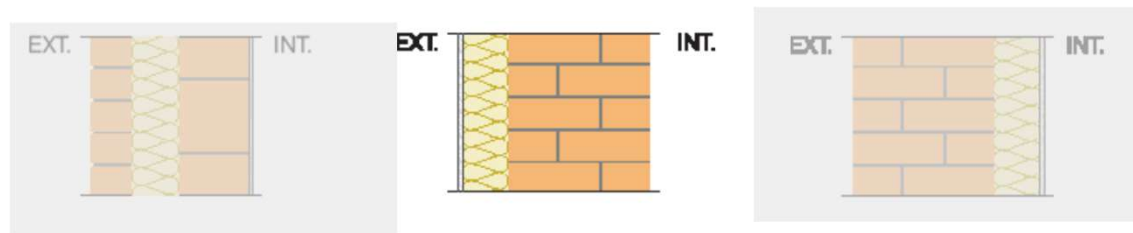
► Isolation par remplissage de la coulisse

😊 Avantages	☹ Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Finitions intérieures et extérieures conservées - Pas d'encombrement - Technique simple - Coût moindre - Pas de permis d'urbanisme à introduire 	<ul style="list-style-type: none"> - Possible que si coulisse suffisamment large (min. 4 cm) et régulière : examen préalable de la coulisse indispensable (endoscopie) - Pas applicable si parement peint ou émaillé : couche étanche empêche évacuation de la vapeur d'eau - Épaisseur d'isolation limitée - Risque d'accentuation des ponts thermiques aux interruptions de la coulisse - Refroidissement du mur de parement : potentiel de séchage réduit, risque de gel

© Architecture et Climat

keuze van de bouwmethode

Nieuwbouw of renovatie



► Isolation par l'extérieur

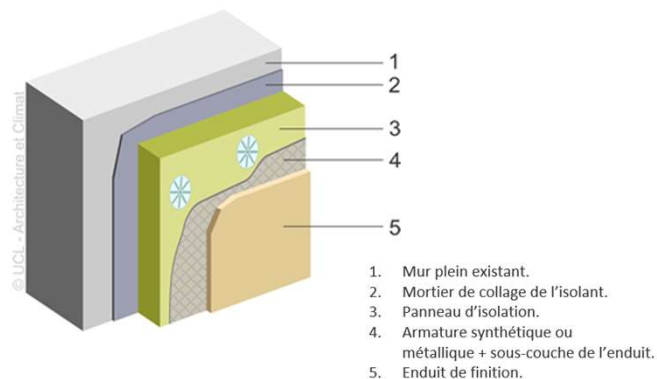
😊 Avantages	😞 Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Continuité de l'isolant : supprime les risques de ponts thermiques locaux - Amélioration de l'étanchéité de la façade - Protège le mur du gel et de la fissuration. - Améliore l'aspect extérieur en cas de revêtement abîmé ou pas assez homogène - Masse thermique et finitions intérieures préservées - Pas de perte de surface habitable à l'intérieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Modification de l'aspect extérieur et , si maisons mitoyennes, modification de l'alignement des façades : nécessité d'introduire un permis d'urbanisme dans la plupart des cas - Retours de baies doivent être isolés, seuils remplacés, etc. (diminution de la surface vitrée) - Déplacement/remplacement/adaptation des descentes d'eau, gouttières, cheneaux, etc. - Nécessité de faire appel à une entreprise spécialisée ; Coût élevé

© Architecture et Climat

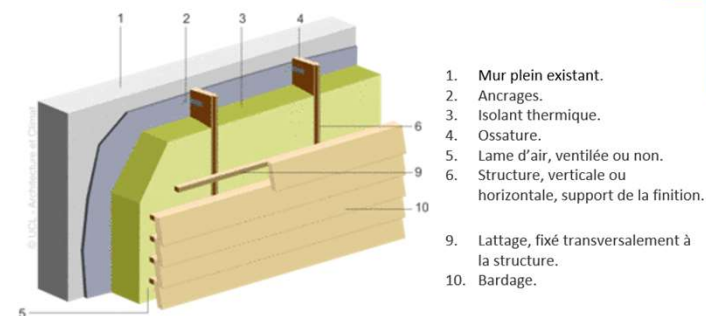
keuze van de bouwmethode



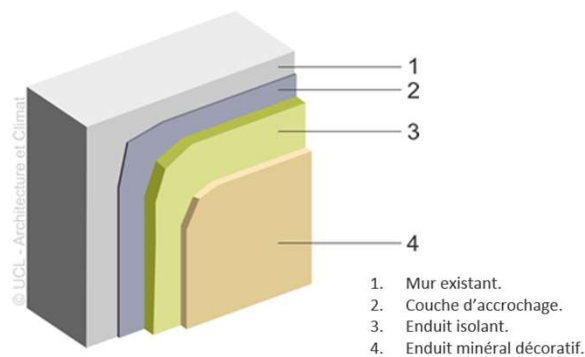
Verlijmd isolatieplaatsysteem



Structuur systeem



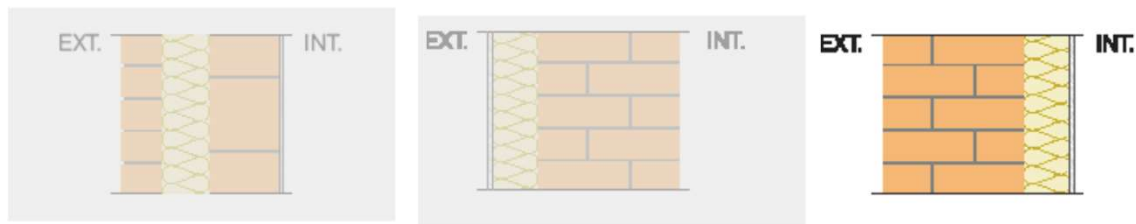
Gespoten isolatiesysteem



© Architecture et Climat

keuze van de bouwmethode

Renovatie



► Isolation par l'intérieur

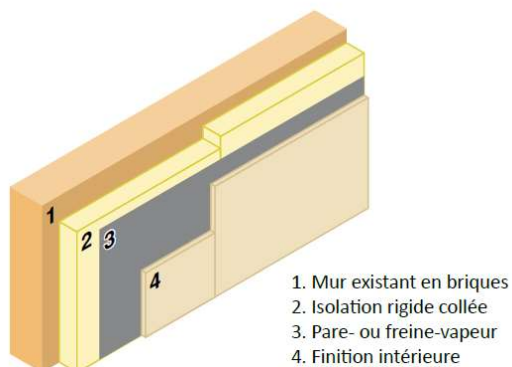
😊 Avantages	😞 Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Aspect extérieur maintenu - Réalisation sans échafaudages - Grande diversité de choix au niveau des isolants - Chantier à l'abri des intempéries - Réalisation possible pièce par pièce : phasage du chantier et des dépenses - Coût moindre - Pas de permis d'urbanisme à introduire 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution de la surface habitable - Finitions intérieures (et éventuellement installations électriques ou de chauffage) à déplacer ou remplacer - Augmentation des sollicitations hygrothermiques dans le mur : risque de condensation interne, de gel, de dilatations de la maçonnerie et d'efflorescences de sels - Ponts thermiques difficiles à résoudre : risque de condensation superficielle et de formation de moisissures - Diminution de l'inertie thermique : risque de surchauffe

© Architecture et Climat

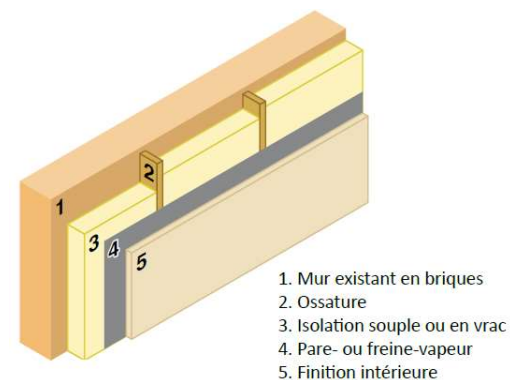
keuze van de bouwmethode



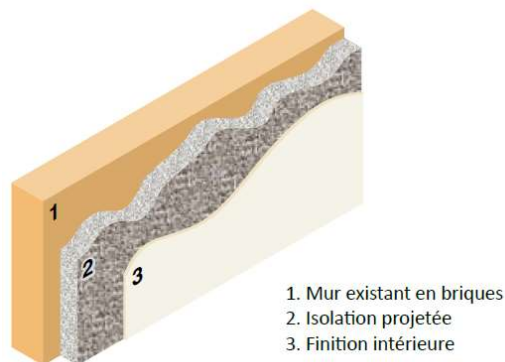
Verlijmd isolatieplaatsysteem



Structuur systeem

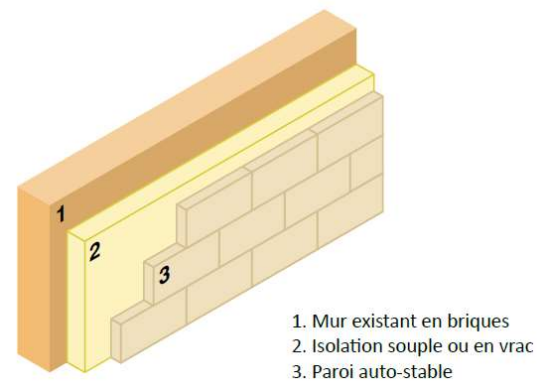


Gespoten isolatiesysteem



© Architecture et Climat

Systeem met gemetselde scheidingswand

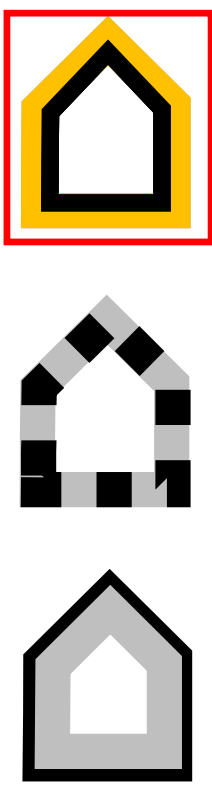



keuze van materialen

Algemene beoordeling

- Technische eigenschappen: drukweerstand, weerstand tegen zettingen, reactie en weerstand tegen brand, enz.
- Hygrothermische eigenschappen: isolatie, weerstand tegen waterdampdiffusie, overdracht van vloeibaar water, watergehalte, traagheid, enz
- Invloed op het milieu en de gezondheid
- Rondheid-installatiegemak (flexibiliteit, samendrukbaarheid, verwerkbaarheid)
- Esthetisch uitzicht
- Kosten
- ...

propriétés thermiques

	<div> <div>U</div> <div>W/m².K</div> </div> <div> <div>Ψ</div> <div>W/m.K</div> </div> <div> <div>xi</div> <div>W/K</div> </div>	 <div>Flux de chaleur → ΔT°</div>
	<div> <div>μ_d</div> <div>m</div> </div> <div> <div>A</div> <div>kg / m² s¹/²</div> </div>	 <div>Flux d'humidité vapeur → Δp_v eau liquide → ΔH_R</div>
	<div> <div>V/h</div> <div>V/h</div> </div>	 <div>Flux d'air → Δp</div>

U-coëfficiënt

U

Warmtetransmissie door een muur

- Afhankelijk van materialen (dikte en λ -waarde)
- Eenheid: W/m^2K

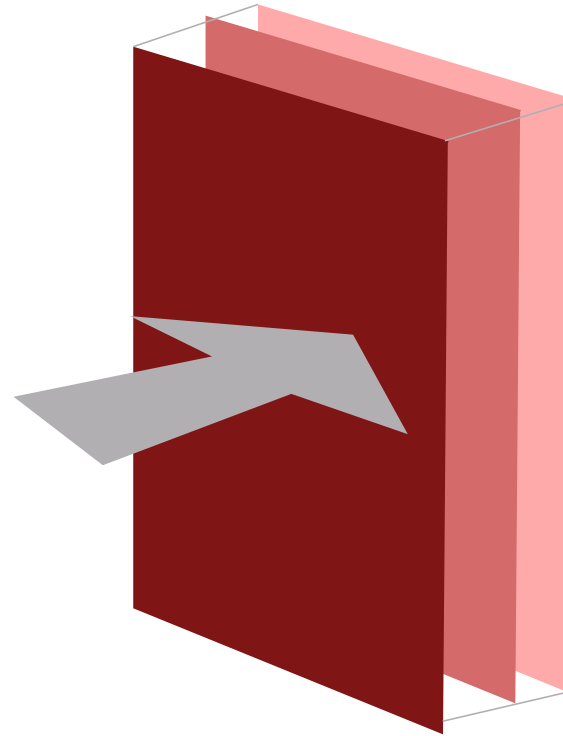
$$U = 1 / (R1 + R2 + \dots)$$

met

$$R_i = d_i / \lambda_i$$

d_i = dikte

λ_i = warmtegeleidingscoëfficiënt

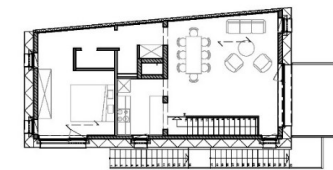


warmtegeleidings- coëfficiënt

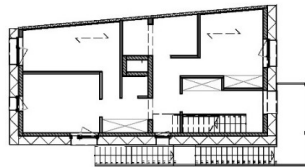
	Cond. Therm. (W/mK)
Isolants naturels	
Liège	0,044
Laine de bois	0,04
Cellulose en vrac	0,04
Laine de chanvre	0,04
Laine de mouton	0,036
Isolants synthétiques	
Polystyrène expansé	0,032
Polystyrène extrudé	0,035
Polyuréthane	0,022
Polyuréthane projeté	0,027
Polyisocyanurate	0,022
Mousse phénolique	0,021
Isolants minéraux	
Laine de roche	0,035
Laine de verre	0,032
Perlite expansée	0,05
Verre cellulaire	0,041

Material group	Material	Colour	Colour index	Design thermal conductivity λ W/(m.K)	Density ρ kg/m3	Specific heat capacity c_p J/(kg.K)
Bitumen	Bitumen sheet		32	0.23	1100	1000
Concrete	Concrete density 1800 kg/m3		72	1.15	1800	1000
	Concrete density 2000 kg/m3		88	1.35	2000	1000
	Concrete density 2400 kg/m3		120	2.0	2400	1000
	Reinforced concrete (steel 2 %)		136	2.5	2400	1000
Glass	Soda lime (incl. "float glass")		18	1.0	2500	750
Gypsum	Gypsum 900		129	0.30	900	1000
	Gypsum 1200		145	0.43	1200	1000
	Gypsum plasterboard		161	0.25	900	1000
Insulation	Insulation 0.020 W/mK		118	0.020	30	1000
	Insulation 0.025 W/mK		135	0.025	30	1000
	Insulation 0.030 W/mK		133	0.030	30	1000
	Insulation 0.035 W/mK		151	0.035	30	1000
	Insulation 0.040 W/mK		131	0.040	30	1000
	Insulation 0.045 W/mK		155	0.045	30	1000
	Insulation 0.050 W/mK		149	0.050	30	1000
	Insulation 0.055 W/mK		156	0.055	30	1000
Masonry	Masonry very light		156	0.19	470	840
	Masonry light		132	0.22	750	840
	Masonry medium density		148	0.32	1050	840
	Masonry semi-heavy		164	0.60	1350	840
	Masonry heavy		180	0.90	1850	840
Metals	Masonry calcium silicate		153	1.50	2000	840
	Aluminium anodized, painted or coated		8	160	2800	880
	Copper		4	380	8900	380
	Lead		9	35	11300	130
	Steel		13	50	7800	450
Plastics	Stainless steel		11	17	7900	460
	Zinc		37	110	7200	380
	Polycarbonates		21	0.20	1200	1200
	Polyvinylchloride (PVC)		41	0.17	1390	900
	Polyamide (nylon)		36	0.25	1150	1600
	Polyamide 6,6 with 25 % glass fibre		44	0.30	1450	1600
	Polyurethane (PU) 1200 kg/m3		40	0.25	1200	1800
	Polyester resin		81	0.19	1400	1200
	Silicone, pure		102	0.35	1200	1000
	Polyurethane (PU) foam		103	0.05	70	1500

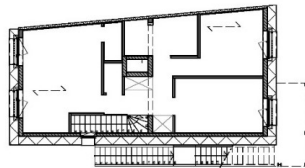
U-coëfficiënt



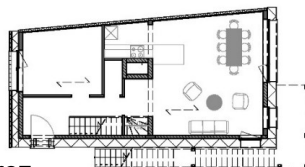
troisième



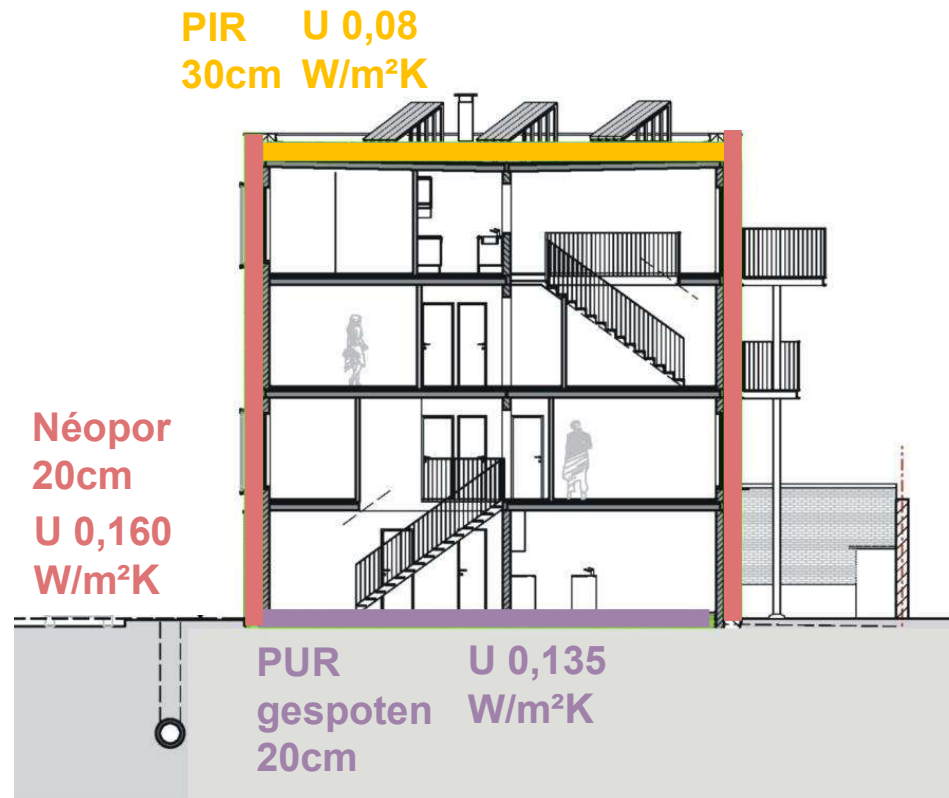
deuxième



premier

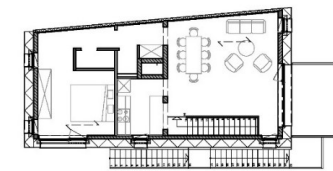


rez

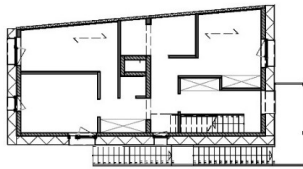


De U-waarde, hoe kleiner hoe beter! ...tot een bepaald punt

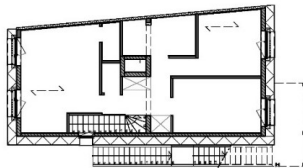
isolation continuïteit



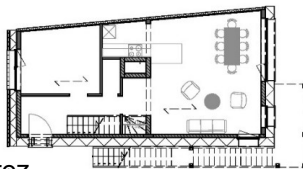
troisième



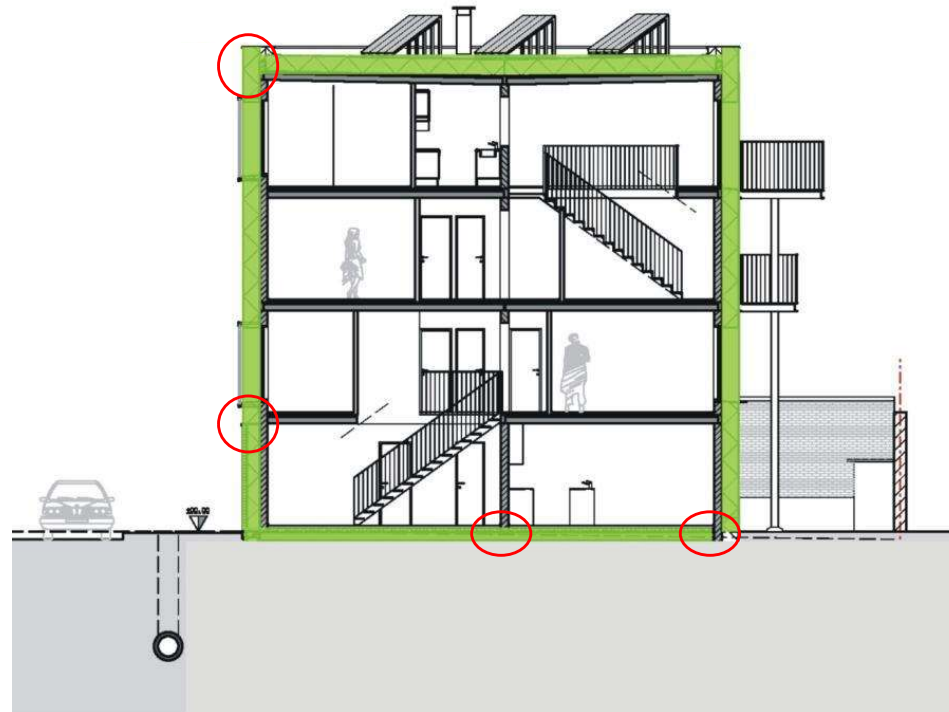
deuxième



premier

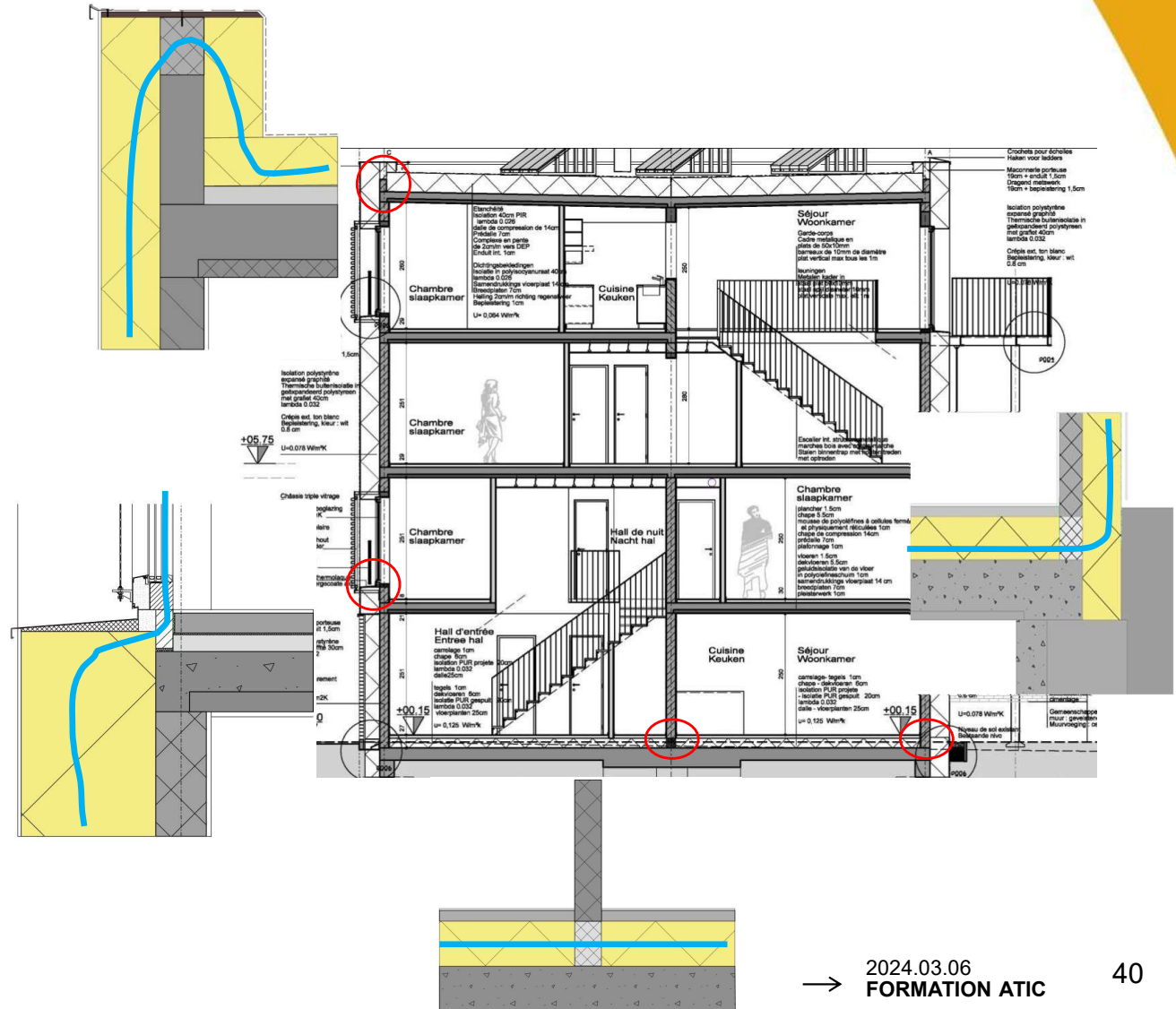
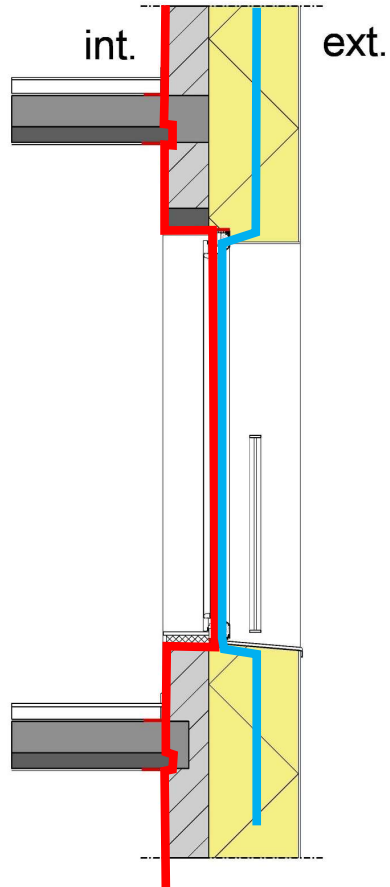


rez

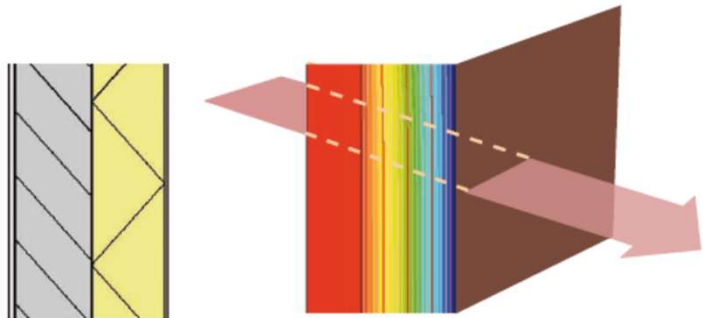


objectif =
continuïteit!

isolatiecontinuïteit



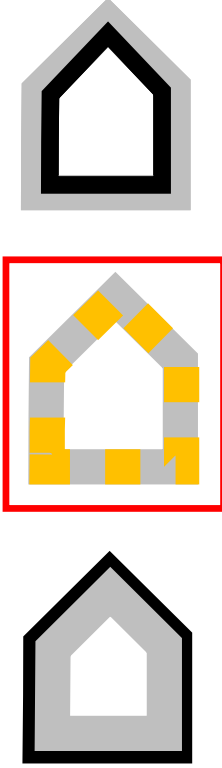



ondersteunende documenten



- **ATG** (Belgische Technische Goedkeuring)
- **ETA** (Europese Technische Goedkeuring)
- **Europees Certificaat van Gelijkvormigheid**
- λ waarde bepaald volgens **EN ISO 10456**



hygrothermische eigenschap

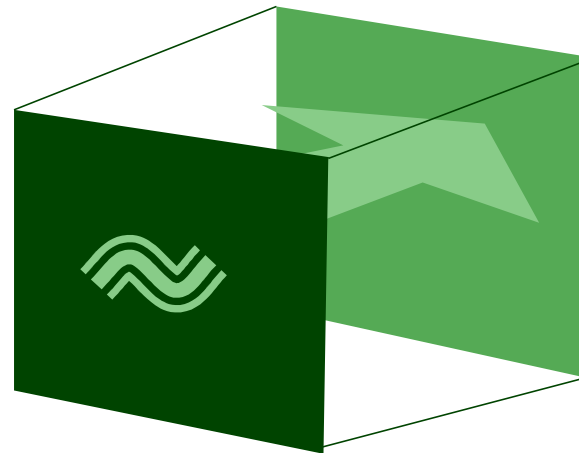
	<div> U $W/m^2.K$ Ψ $W/m.K$ ξ W/K </div> <div>  <p>Flux de chaleur $\rightarrow \Delta T^\circ$</p> </div>
	<div> μ_d m A $kg / m^2 s^{1/2}$ </div> <div>  <p>Flux d'humidité • vapeur $\rightarrow \Delta p_v$ • eau liquide $\rightarrow \Delta HR$</p> </div>
	<div> V/h V/h </div> <div>  <p>Flux d'air $\rightarrow \Delta p$</p> </div>

vochtstroom: stoom

μ_d

= μ * materiaaldikte
Eenheid m

Met μ :
weerstandscoefficiënt
tegen waterdampdiffusie
(vergeleken met een
stationaire luchtlaag)

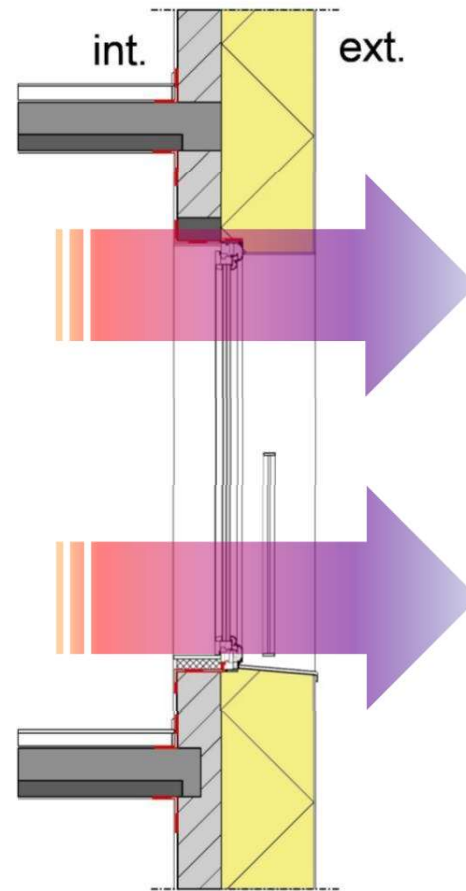


vochtstroom: stoom

20°C



Vp : 120 Pa



4°C



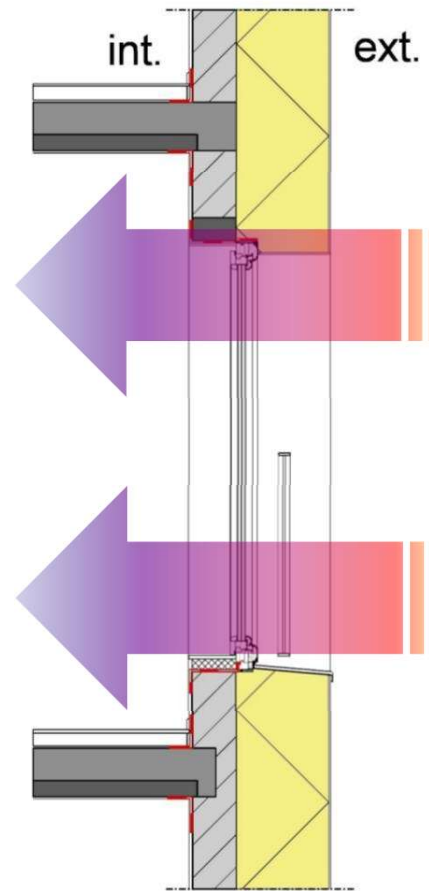
Vp : 70 Pa

vochtstroom: stoom

20°C



Vp : 120 Pa



28°C



Vp : 180 Pa

vochtstroom: stoom

waterdampdoorlatendheid \neq luchtdampdoorlatendheid

cf. NIT 255 :

Is een dampscherm ook een luchtscherm?

Ja, een dampscherm is ook steeds een luchtscherm. Gelet op het feit dat lucht het belangrijkste transportmiddel is voor damp, bestaat de eerste functie van een dampscherm erin om de luchtdichtheid te verzekeren.

Is een luchtscherm ook een dampscherm?

Dit is niet systematisch het geval. Daar waar bepaalde onderdaken niet alleen dienst kunnen doen als luchtscherm, maar ook als windscherm, moeten ze over een toereikende waterdampdoorlatendheid beschikken en kunnen ze dus geenszins gebruikt worden als dampscherm.

vochtstroom: stoom

Luchtschermb

materiaal met een luchtdoorlatendheid van minder dan $0,1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ bij een drukverschil van 50 Pa

1

Dampschermb

doorgaans sprake van een vaste, hoge μ d-waarde

→ zal dus zorgen voor een sterke beperking van de dampdiffusie, ongeacht de gebruiksomstandigheden

2

Damprem

(commerciële benaming)

gewoonlijk geassimileerd wordt met een lagere μ d-waarde, waarvan de grenswaarde niet vastligt

3

Hygrovariabele damprem

gekaracteriseerd door het feit dat hun S_d -waarde schommelt in functie van de relatieve vochtigheidsgraad (RV) en omgevingstemperatuur langs weerszijden van het product (of de laag)

vochtstroom: stoom

Matériau	Épaisseur (e)	Valeur Sd ($\mu \times e$)
Air – valeur de référence	1m	1m
Plâtre	0,015 m	0,06 à 0,15 m
Laine minérale	0,2 m	0,2 m
Ouate de cellulose	0,2 m	0,4 m
Panneau de sous-toiture isolant en fibre de bois	0,022 m	0,11 m
Panneau OSB	0,022 m	0,066 à 4,4 m
2 Frein-vapeur	0,001 m	4,5 m
3 Frein-vapeur à Sd variable	0,0002 m	0,25 à 10 m*
1 Pare-vapeur	0,0002 m	10 m*
Béton armé	0,2 m	20 m
Polyéthylène	0,00015 m	50 m
Feuille d'aluminium	0,00005 m	1500 m
Feuille de PE (agrafée)	0,00015	8 m
Verre	0,006 m	+ ∞

* Valeurs commerciales n'ayant pas fait l'objet de vérification

Remarque : pour les matériaux très minces, souvent seule la valeur Sd est renseignée.

Par exemple

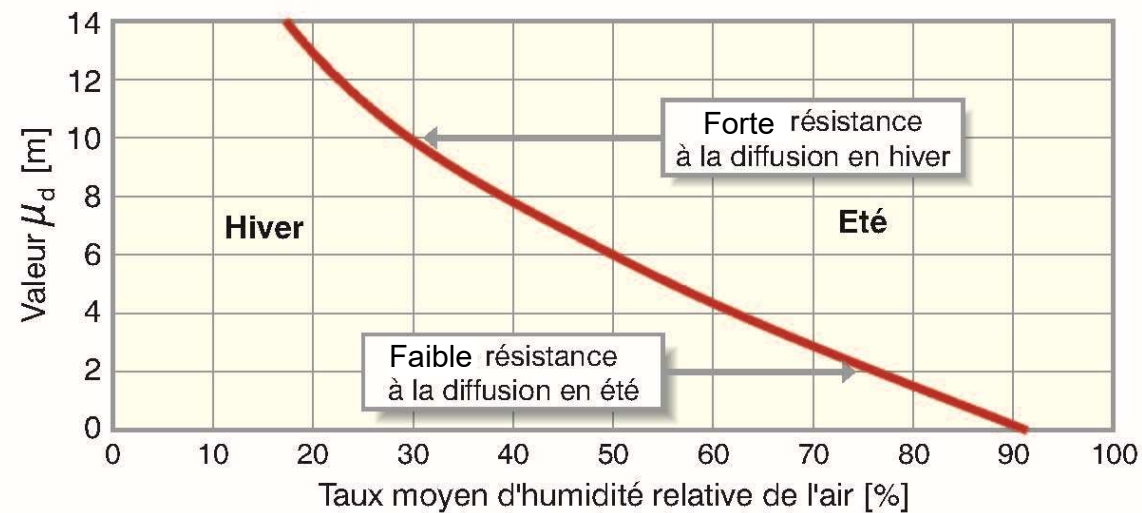
Intello : μ d variable de 0,25 à 25 m

Vario : μ d variable de 0,2 à 4 m...

Pare vapeur > 10m

vochtstroom: stoom

Damprem membraan met variabel S_d



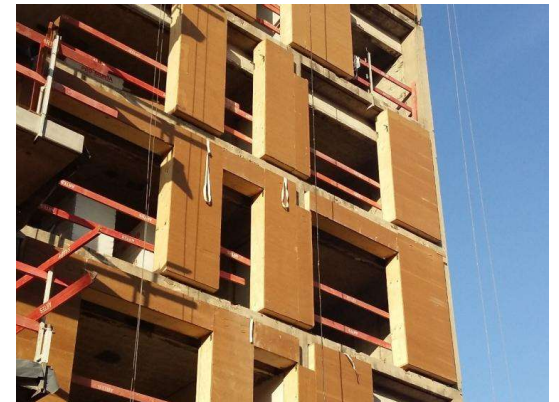
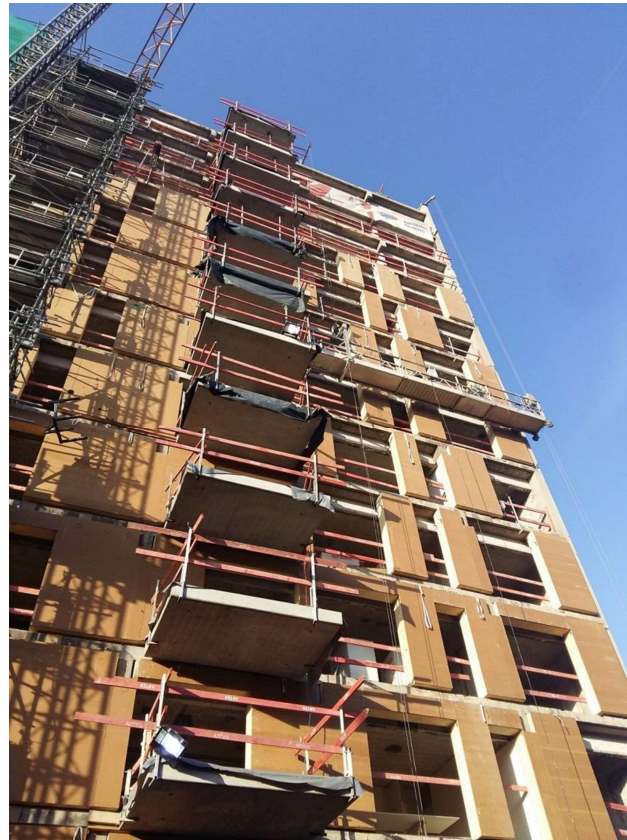
voorbeeld: HSB (houtskeletbouw)



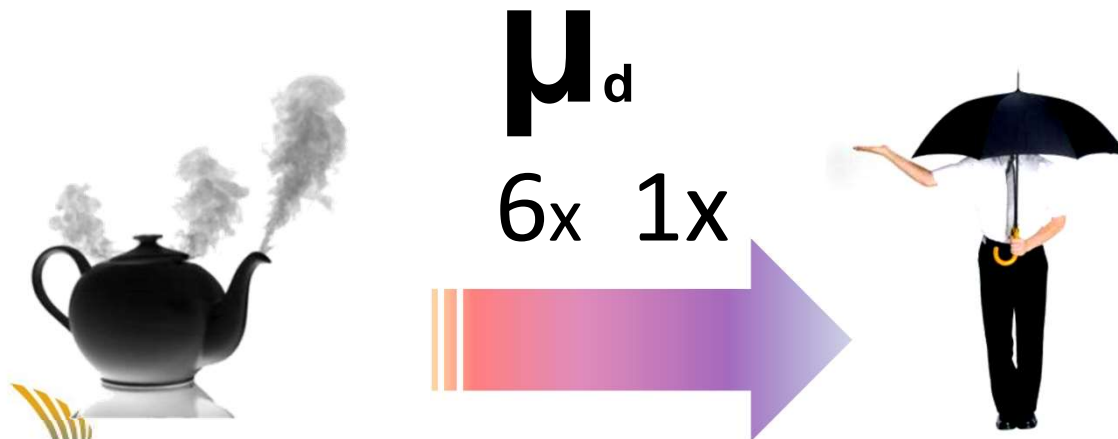
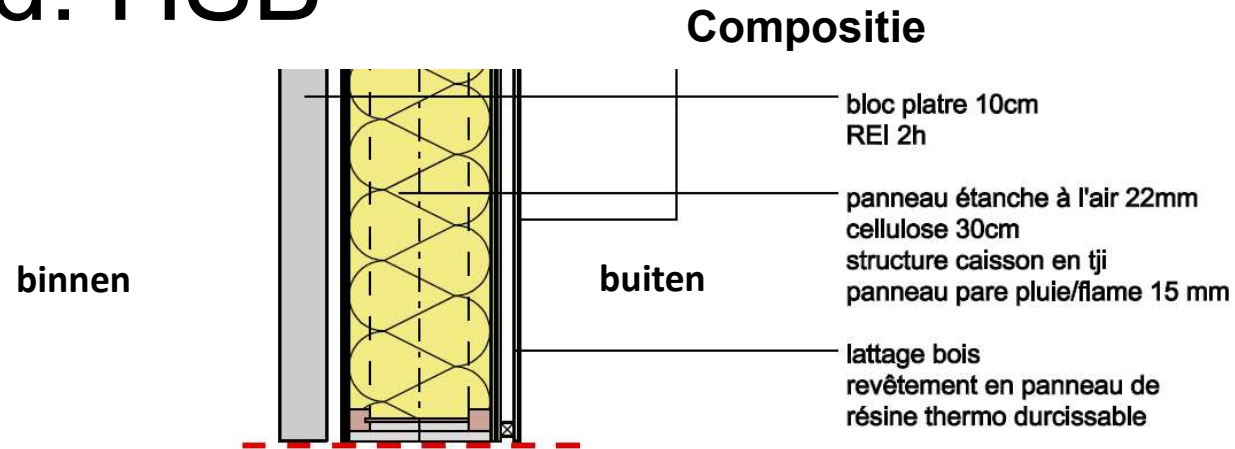
Linné-Plantes

Programma: Passieve renovatie van 50 sociale woningen en nieuwbouw van een passieve crèche

Projectfase: afgerond



voorbeeld: HSB



voorbeeld: HSB



STRUCTURAL-PHYSICAL CALCULATION VALUES EUROSTRAND® OSB 4 TOP according to Z-9.1-566

Characteristic	Test standard	Unit
Raw density	EN 323	kg/m³
μ-value*	EN ISO 12572	–
Thermal conductivity λ _R	EN 13986	W/(mK)
Specific thermal capacity c	EN 12524	J/(kgK)
Reaction to fire	EN 13986	–
24h thickness swelling	EN 317	%
Linear expansion per 1 % of moisture content	EN 318	%/%
Formaldehyde emission	EN 717-1	ppm

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

Intérieur		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
Extérieur				
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

voorbeeld: HSB



Hidroflam®

Intérieur		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
Extérieur				
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

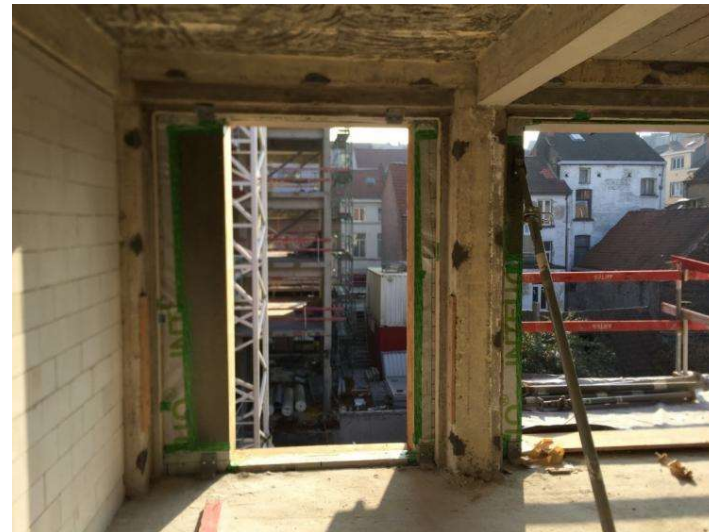
voorbeeld: HSB

MORGOFASSADE® UV-FR



Materiaal	TPES vlies Hoogwaardige acrylcoating	
Gewicht	Ca. 270 gr/m²	
Kleur	Zwart	
Treksterkte	320 N/50mm 200 N/50mm	EN 12311-1
Rek bij breuk	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 m'	

Composition	μdi	μde	rapport (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





vochtstroom: stoom



condensatie

oppervlaktecondensatie

inwendige condensatie

- door convector
- door diffusie



Sommige bouwsystemen brengen grotere risico's met zich mee: isolatie van binnenuit, houtskeletbouw, compacte daken, hybride systemen, grote isolatiediktes, enz.

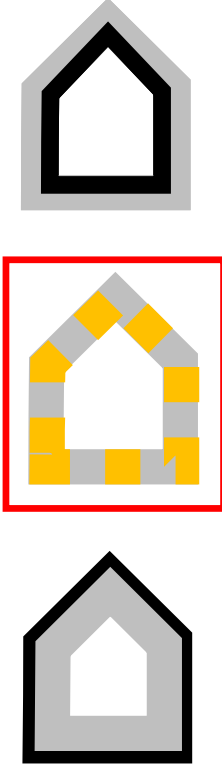



vochtstroom: vloeibaar water



Diverse vochtbronnen

- Water natuurlijk in materiaal,
- Regen,
- Opstijgend vocht,
- Condensatie,
- Waterschade,
- ...

hygrothermische eigenschap

	<div> U $W/m^2.K$ Ψ $W/m.K$ ξ W/K </div> <div>  <p>Flux de chaleur $\rightarrow \Delta T^\circ$</p> </div>
	<div> μ_d m <div> A kg / m^2 $s^{1/2}$ </div> </div> <div>  <p>Flux d'humidité</p> <ul style="list-style-type: none"> vapeur $\rightarrow \Delta p_v$ eau liquide $\rightarrow \Delta HR$ </div>
	<div> V/h V/h </div> <div>  <p>Flux d'air $\rightarrow \Delta p$</p> </div>

vochtstroom: vloeibaar water

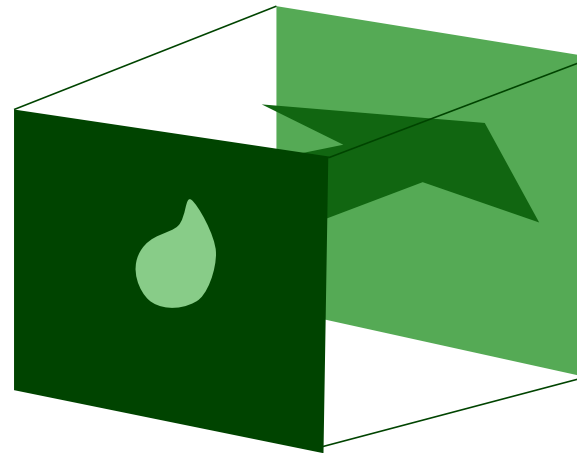
→ vereenvoudigde
methode:

A

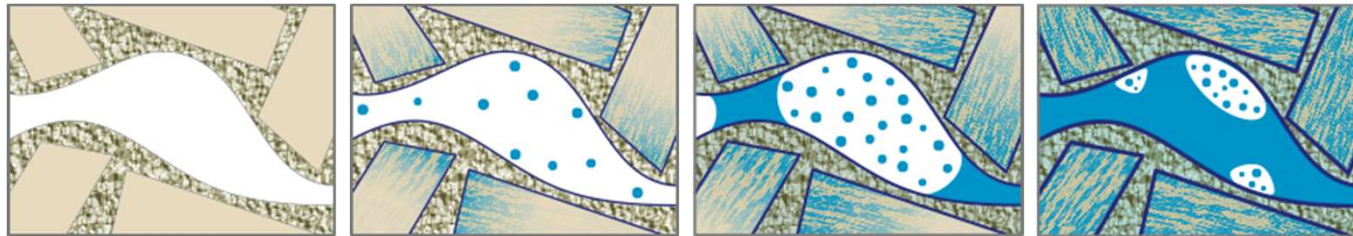
= absorptiecoëfficiënt
Eenheid: $\text{kg} / \text{m}^2 \text{ s}^{1/2}$

Twee coëfficiënten:

- Absorptie van water dat in contact zou komen met het materiaal.
- Herverdeling van vocht aanwezig in de poriën van het materiaal



vochtstroom: vloeibaar water



Droge toestand

Hygroscopische zone

Capillair zone

Oververzadiging

Hygroscopiciteit van een materiaal:

Het vermogen om snel vocht uit de lucht op te nemen.

→ heeft de eigenschap om een bepaalde hoeveelheid vocht te binden dat ermee in contact komt

→ materialen met een hoog percentage microporiën

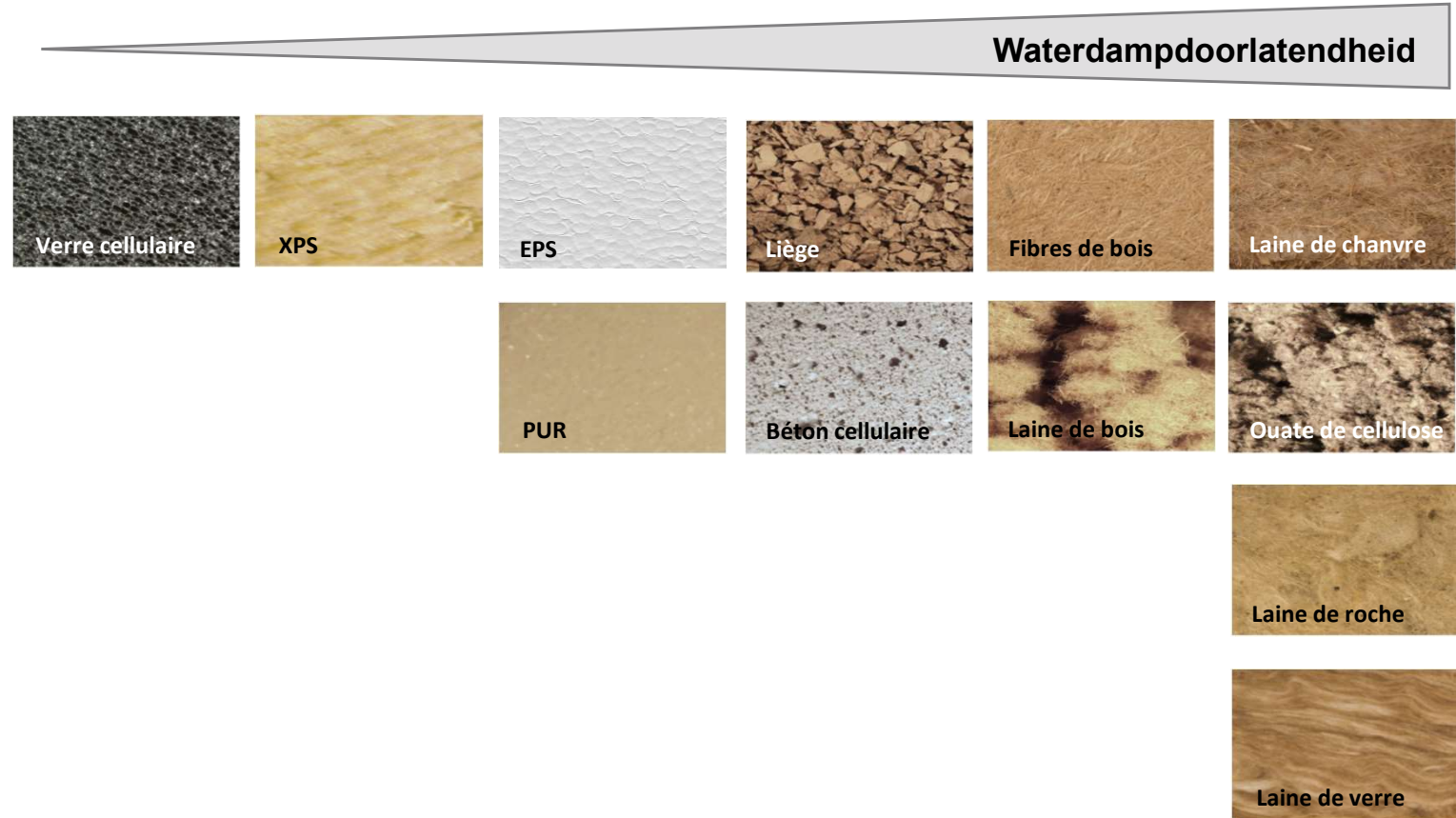
Capillariteit van een materiaal:

Vermogen om



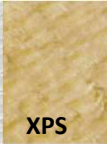
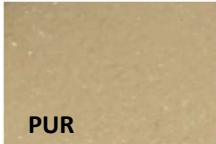








→ vocht over te brengen door materialen met open poriën

→ variabele snelheid afhankelijk van de grootte en vorm van de poriën, ...

vochtstroom: isolatie



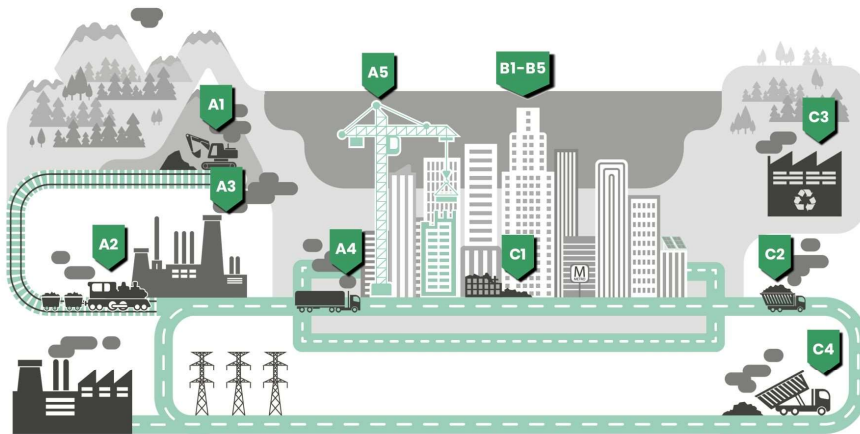
vochtstroom: isolatie

	Hygroscopisch en capillair	Laag of geen hygroscopisch en capillair
Niet bederfelijk	 <p>Béton cellulaire</p>	<div>    </div> <div>   </div>
Niet bederfelijk maar kan worden veranderd (als er veel water is)		<div>   </div>
Bederfelijk en veranderlijk (als kritisch watergehalte wordt overschreden)	<div>   </div> <div>   </div>	

milieu-impact en circulariteit

Sources of embodied carbon across the construction lifecycle

One Click LCA



A1 - A3 Product stage

A1 Raw material extraction
A2 Transport to manufacturing site
A3 Manufacturing

A4 - A5 Construction stage

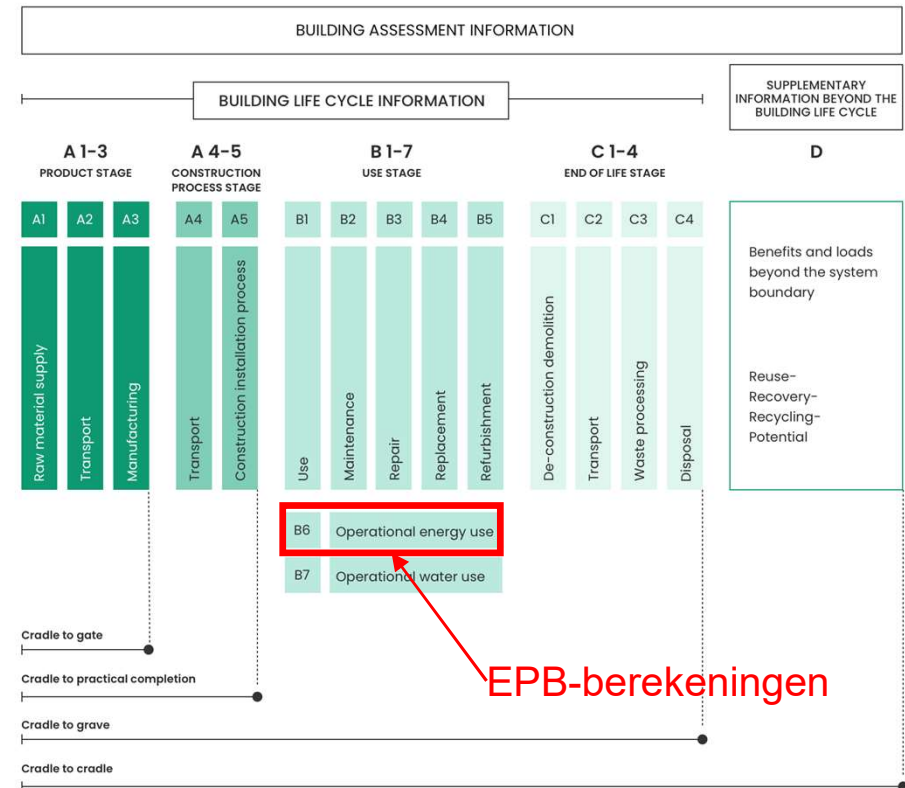
A4 Transport to construction site
A5 Installation / Assembly

B1-B5 Use stage

B1 Use
B2 Maintenance
B3 Repair
B4 Replacement
B5 Refurbishment

C1 - C4 End of life stage

C1 Deconstruction & demolition
C2 Transport
C3 Waste processing
C4 Disposal



Source : OneClick LCA

milieu-impact en circulariteit

5.2 ASSESSMENT SCOPE

The reviewed regulations differ also in respect of the scope of the assessment that is required. Some of the regulations require a whole life cycle assessment, while some others have a narrower scope that is only limited to upfront carbon emissions from A1 to A5. Table 5 presents the life cycle module that should be considered in the assessment for each of the reviewed regulations.

Table 5: Life cycle modules included by policy

Country	Methodology	Raw materials	Transport	Manufacturing	Transport	Installation	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Deconstruction	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse, Recovery, Recycle
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
		Product Stage			Construction Stage		Use Stage							End of Life Stage				Benefits and Loads beyond the system boundary
Denmark	Byggningsreglement	■			■		○	○	○	●	○	●	○	○	○	■		●
Finland	Finnish method / RakL	■			■		○	○	○	●	○	●	○	■				●
France	RE2020	■			■		■							■				●
Netherlands	MPG ²⁰	■			■		■							■				●
Norway	NS 3720 / TEK 17	■			●	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Sweden	Klimatdeklaration av byggnader	■			■		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
UK	London Plan / Part Z ²¹	■			■		■							■				●
EU	Level(s)	■			■		■							■				●

■ Life Cycle Modules are included ● Life Cycle Module included ○ Life Cycle Module not included



Source : OneClick LCA



milieu-impact en circulariteit

- Milieu-indicatoren
 - Grijs energie
 - Beschikbaarheid van hulpbronnen
 - Impact van kweken of extractie
 - Geografische herkomst en transport
- => EPD-fiche

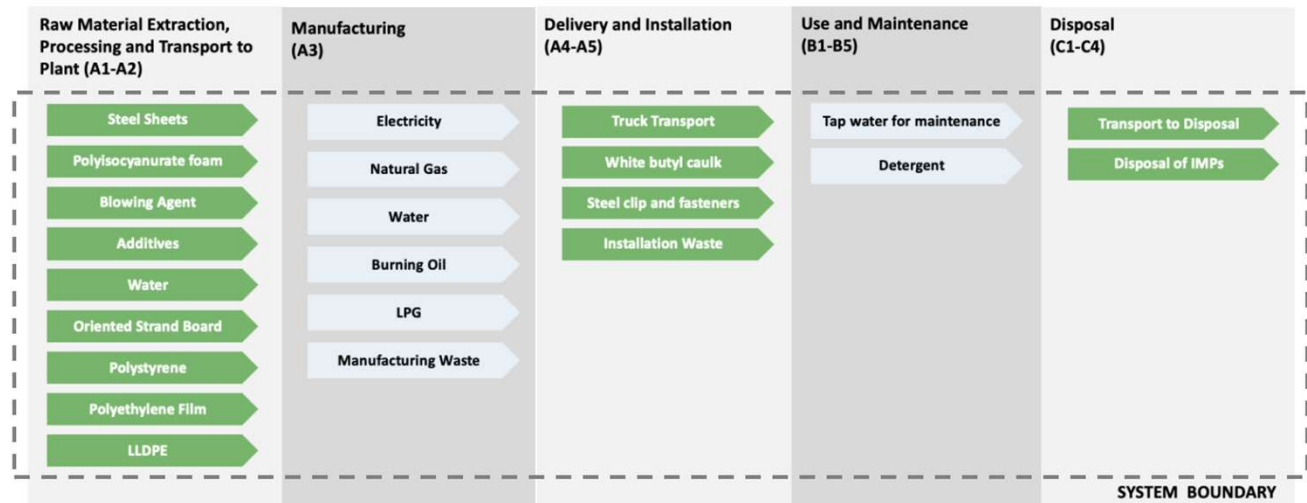


Figure 2: System Boundary

Source : epd from PIR Insulated Metal Panel manufacturer

milieu-impact en circulariteit

- Aanpasbaarheid, flexibiliteit, omkeerbaarheid
- Materialen: demonteerbaar, herbruikbaar-
- Hergebruik, upcycling, downcycling-
- Fabrikanten nemen snijafval terug



Source : energieplus-lesite

milieu-impact en circulariteit

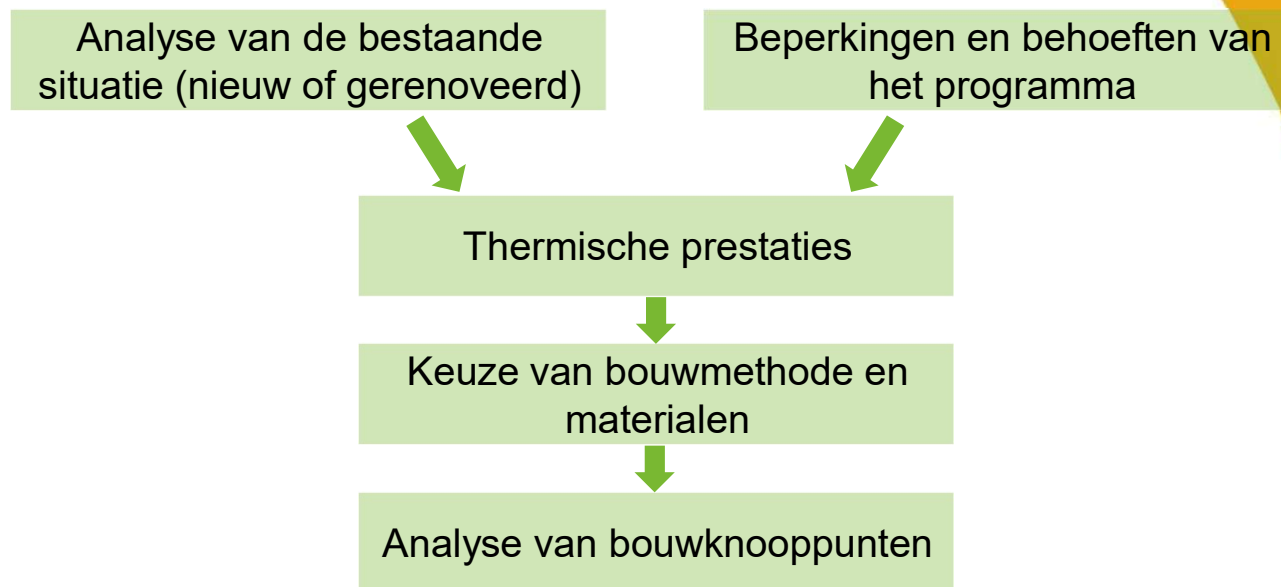
De verbetering van de U-waarde moet gebeuren in samenhang met de milieu-impact

Een optimale U-waarde, door een doordachte constructieve keuze, zal het mogelijk maken om een even optimale milieu-impactscore te hebben

Type de paroi	Impact environnemental			Impact carbone			Divergence ?
	U=0,24 W/m²K	U=0,15 W/m²K	Variation	U=0,24 W/m²K	U=0,15 W/m²K	Variation	
Panneau liège + enduit	22,3	27,1	21 %	245	245	0 %	Oui
Panneau liège sans enduit	22,1	26,1	18 %	184	183	-1 %	Oui
Panneaux de fibre de bois avec 10, 15 ou 20% ossature, pare-pluie et enduit	15,9	15,5	-2 %	199	159	-20 %	Non
Panneaux de fibre de bois avec 10, 15 ou 20% ossature, pare-pluie, lattes et bardage	13,9	12,7	-9 %	148	109	-26 %	Non
Matelas de laine de roche + ossature bois 10, 15 ou 20%, panneau de particules, lattes et bardage	10,9	9,7	-11 %	170	122	-28 %	Non
Matelas de laine de verre + ossature bois 10, 15 ou 20%, lattes et bardage	10,3	9,4	-8 %	168	120	-28 %	Non
Matelas de laine de verre + ossature bois 10, 15 ou 20%, panneau de fibro-ciment, coulisse et brique	82,2	92,4	13 %	224	177	-21 %	Oui
Panneaux de verre cellulaire et enduit épais	9,8	12	22 %	187	184	-2 %	Oui
Panneaux de polyuréthane enduits	12	17,6	46 %	197	212	7 %	Non
Panneaux de polyuréthane + bardage	13	14,7	13 %	220	219	0 %	Oui
Panneaux EPS enduits	9,1	8,4	-8 %	190	159	-17 %	Non
Panneaux EPS et briquettes	9,9	9,5	-4 %	203	174	-14 %	Non

Source : energieplus-lesite

ontwerp -proces



allegorie op de koudebrug



allegorie op de koudebrug

Koudebrug



koudebruggen definitie

gebied met een variatie in thermische weerstand in de gebouwschil

lineaire

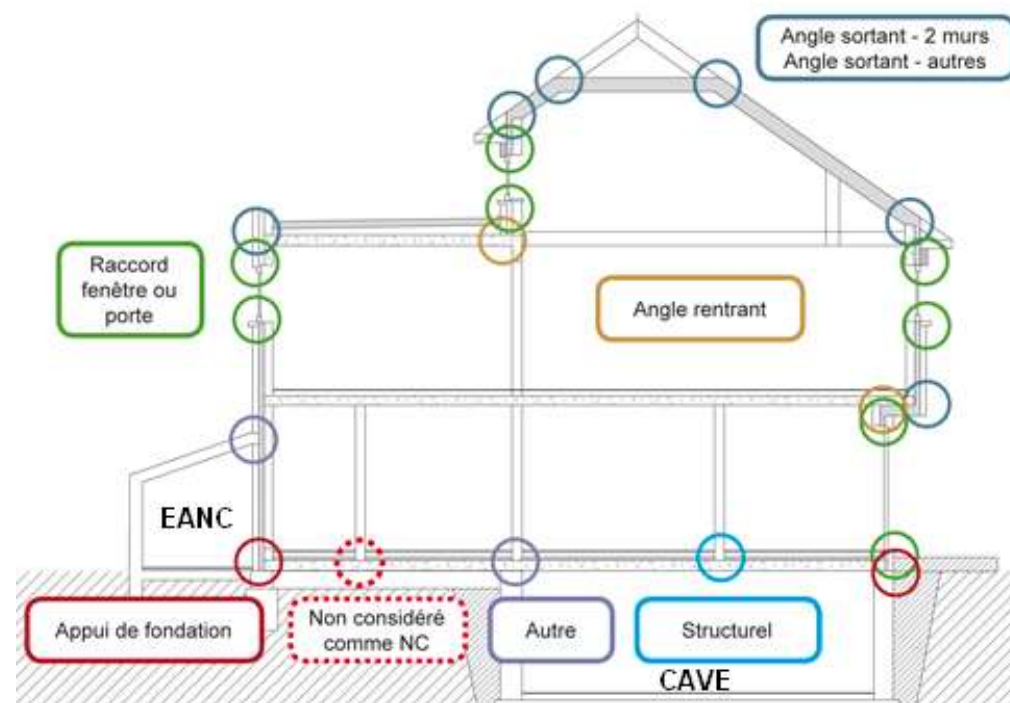
Eenheid : Ψ – psi – [W/m.K]

- Wandaansluiting (muurplinten, borstwering, enz.)
- In dezelfde muur, onderbreking van de isolatie (balkon, enz.)

punctueel

Eenheid : χ – Khi – [W/K]

- Kolommen
- Bevestigings



conforme EPB koudebruggen

A : Gedetailleerde methode

- Alle KB's zijn gecodeerd

B : Conforme EPB bouwknoppen methode Probeer in het ideale geval EPB-knopen conform te maken!

- Enkel niet-EPB-conforme PT's zijn verplicht gecodeerd
- Een forfaitaire toeslag wordt opgenomen in de berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie
- Punctuele koudebruggen kunnen niet als conform EPB worden beschouwd en moeten allemaal worden gecodeerd

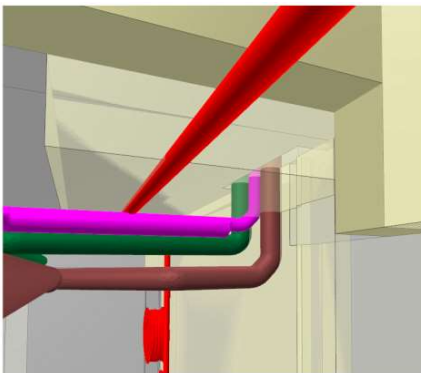
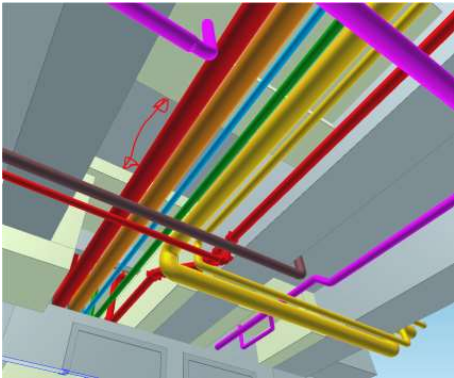
C : ~~Forfaitaire toeslag~~

- Er is ~~geen~~ PT gecodeerd
- Een ~~forfaitaire~~ toeslag wordt opgenomen in de berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie

conforme EPB koudebruggen

<div><div>1 Règle de la continuité</div><div>Continuité des couches d'isolation par une épaisseur de contact minimale</div><div><div>Contact entre deux parois</div><div>$d_{\text{contact}} \geq 1/2 * \min(d_1; d_2)$</div><div>ou</div><div>Contact entre une paroi et un châssis PVC / bois (sans coupure thermique)</div><div>$d_{\text{contact}} \geq 1/2 * \min(d_1; d_2)$</div><div>ou</div><div>Contact entre une paroi et un châssis à coupure thermique</div><div>la coupure thermique doit être en contact total avec l'isolant</div></div></div>	<div><div>PAROI / PAROI</div><div></div></div>	<div><div>BOIS / PVC</div><div></div></div>	<div><div>CHÂSSIS BOIS / ALU A COUPURE THERMIQUE</div><div></div></div>
<div><div>2 Règle de l'interposition d'élément isolant</div><div>Continuité des couches d'isolation par isolant interposé</div><div><div>Exigence de la valeur λ</div><div>⇒</div><div>λ_élément d'interposition ≤ 0,20 W/m.K</div><div>ET</div><div>Exigence de la valeur R</div><div>⇒</div><div>Entre deux parois R_élément d'interposition ≥ min (R1/2; R2/2; 2)</div><div>ou</div><div>$R_{[m^2.K/W]} = \frac{e_{[m]}}{\lambda_{[W/m.K]}}$</div><div>⇒</div><div>Entre une paroi et une menuiserie R_élément d'interposition ≥ min (R1/2; 1,5)</div><div>ET</div><div>Exigence de l'épaisseur de contact</div><div>⇒</div><div>d_contact 1 ≥ 1/2 * min(d1; di)</div><div>ET</div><div>d_contact 2 ≥ 1/2 * min(d2; di)</div><div><small>* di : épaisseur de l'élément d'interposition</small></div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div>Attention, la largeur ET la hauteur du bloc sont à vérifier</div><div></div><div>Bloc d'interposition</div><div><div>Ri vert : Résistance verticale du bloc</div><div>Ri hor : Résistance horizontale du bloc</div></div></div>	

conforme EPB koudebruggen



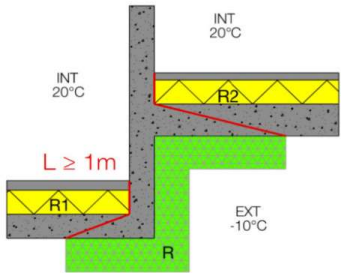
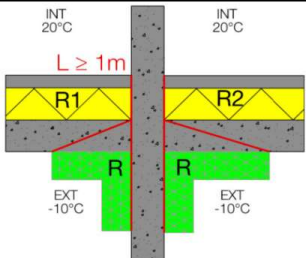
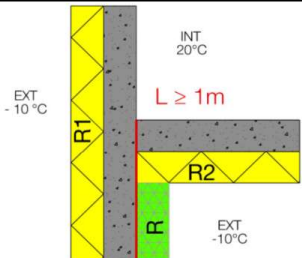
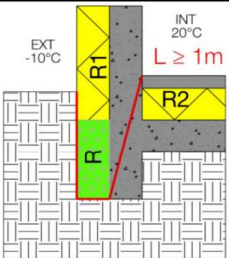
ou

3 Règle de chemin de moindre résistance

Longueur de chemin du froid
 $L \geq 1\text{m}$

ET

$$R_{\min} \geq \min(R_1; R_2)$$



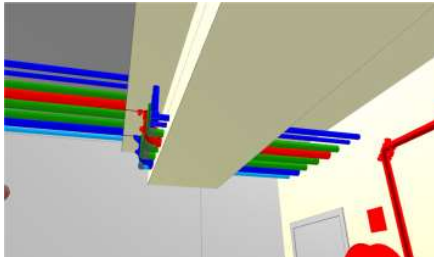
ou

4 Règle du psi limite $\psi_{e,lim}$

Si $\psi_{calc} < \psi_{e,lim}$, alors le nœud est PEB conforme

- | | $\psi_{e,lim}$ (valeurs définies par la PEB) |
|---|--|
| 1. Les angles sortants | |
| a. raccord entre deux murs | -0,10 W/m.K |
| b. Autres angles sortants | 0,00 W/m.K |
| 2. Les angles rentrants | 0,15 W/m.K |
| 3. Raccords aux fenêtres et aux portes | 0,10 W/m.K |
| 4. Appui de fondations | 0,05 W/m.K |
| 5. Balcons et auvents | 0,10 W/m.K |
| 6. Raccord de parois | 0,05 W/m.K |
| 7. Tous les autres nœuds qui n'entrent pas dans les catégories de 1 à 6 | 0,00 W/m.K |

	$\psi_{e,lim}$ (valeurs définies par la PEB)
1. Les angles sortants	
a. raccord entre deux murs	-0,10 W/m.K
b. Autres angles sortants	0,00 W/m.K
2. Les angles rentrants	0,15 W/m.K
3. Raccords aux fenêtres et aux portes	0,10 W/m.K
4. Appui de fondations	0,05 W/m.K
5. Balcons et auvents	0,10 W/m.K
6. Raccord de parois	0,05 W/m.K
7. Tous les autres nœuds qui n'entrent pas dans les catégories de 1 à 6	0,00 W/m.K



conforme EPB koudebruggen

A : Gedetailleerde methode **A2M**

- Alle KB's zijn gecodeerd

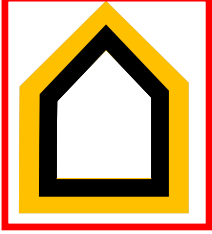
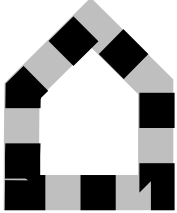
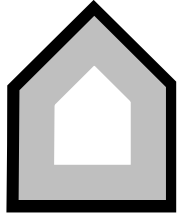



B : Conforme EPB bouwknoppen methode

- Enkel niet-EPB-conforme PT's zijn verplicht gecodeerd
- Een forfaitaire toeslag wordt opgenomen in de berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie
- Punctuele koudebruggen kunnen niet als conform EPB worden beschouwd en moeten allemaal worden gecodeerd

C : ~~Forfaitaire toeslag~~

- Er is ~~geen~~ PT gecodeerd
- Een ~~forfaitaire~~ toeslag wordt opgenomen in de berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie

lineaire koudebrug

  	<div> U </div> <div> Ψ </div> <div> ξ </div> <div> $W/m^2.K$ </div> <div> $W/m.K$ </div> <div> W/K </div> <div>  </div> <div> Flux de chaleur $\rightarrow \Delta T^\circ$ </div>
	<div> μ_d </div> <div> A </div> <div> m </div> <div> kg / m^2 </div> <div> $s^{1/2}$ </div> <div>  </div> <div> Flux d'humidité vapeur $\rightarrow \Delta p_v$ eau liquide $\rightarrow \Delta H_R$ </div>
	<div> V/h </div> <div> V/h </div> <div>  </div> <div> Flux d'air $\rightarrow \Delta p$ </div>

lineaire koudebrug

Ψ

lineaire koudebrug

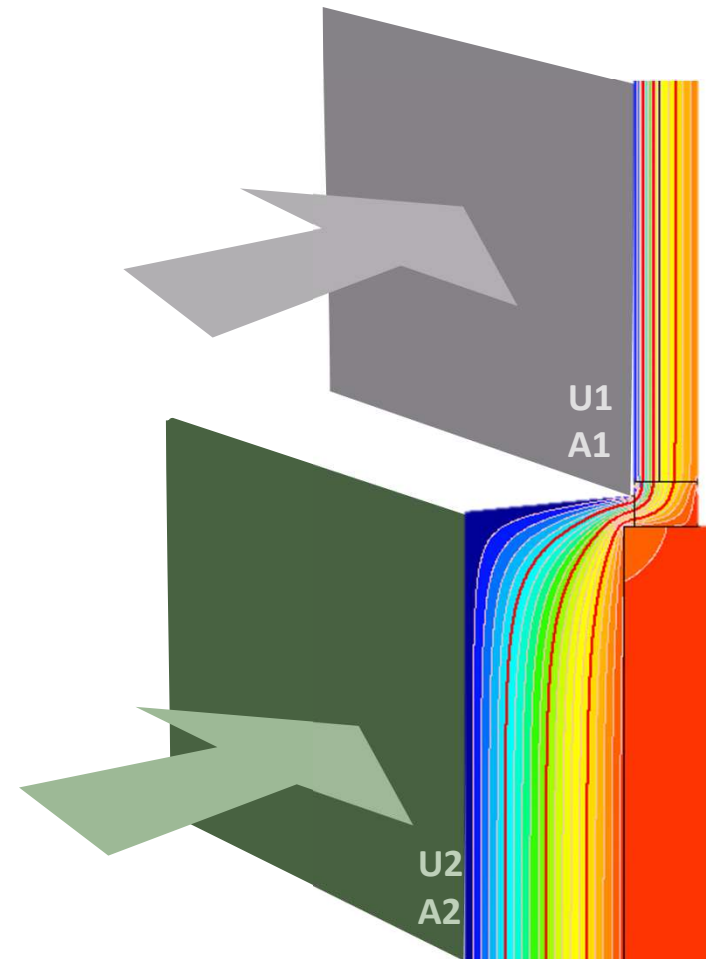
- Eenheid W/m K

$$\Psi = \frac{Q2 - Q1}{L * (\theta_{int} - \theta_{e})}$$

Met

$Q2$ = berekende warmteflux

$Q1 = \sum (A_i * U_i * \theta_i)$



koudebruggen doelstellingen

1) Controleer het risico op condensatie

Als de temperatuur van het binnenoppervlak $\leq 12^\circ\text{C}$

De temperaturen die in de berekeningen worden gebruikt zijn volgens afspraak:

$T_{\text{ext}} : -10^\circ\text{C}$

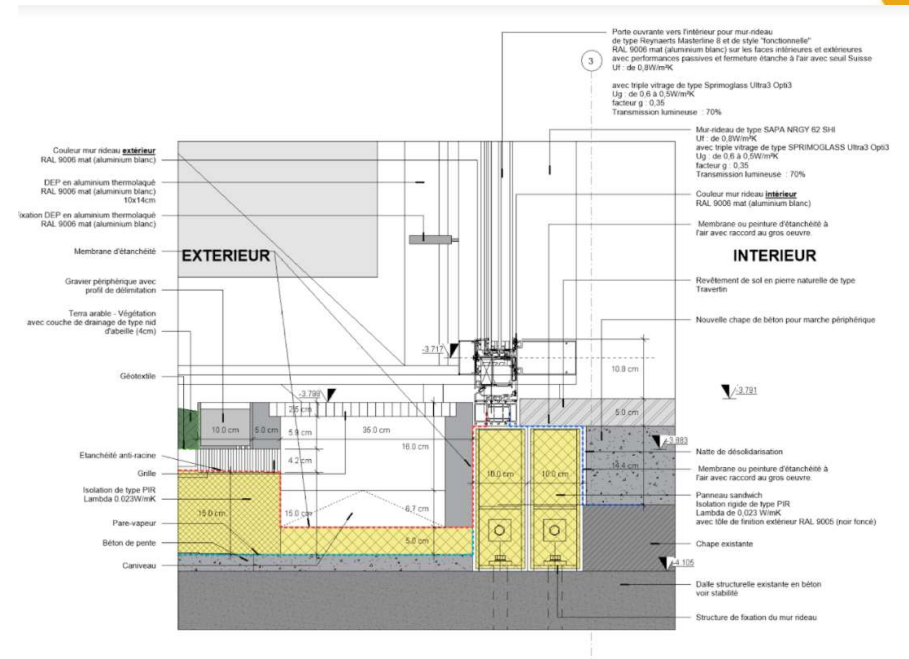
$T_{\text{int}} : 20^\circ\text{C}$

2) warmteverlies kwantificeren

voor EPB- en PHPP-typecertificeringen

3) koudebruggen optimaliseren indien nodig

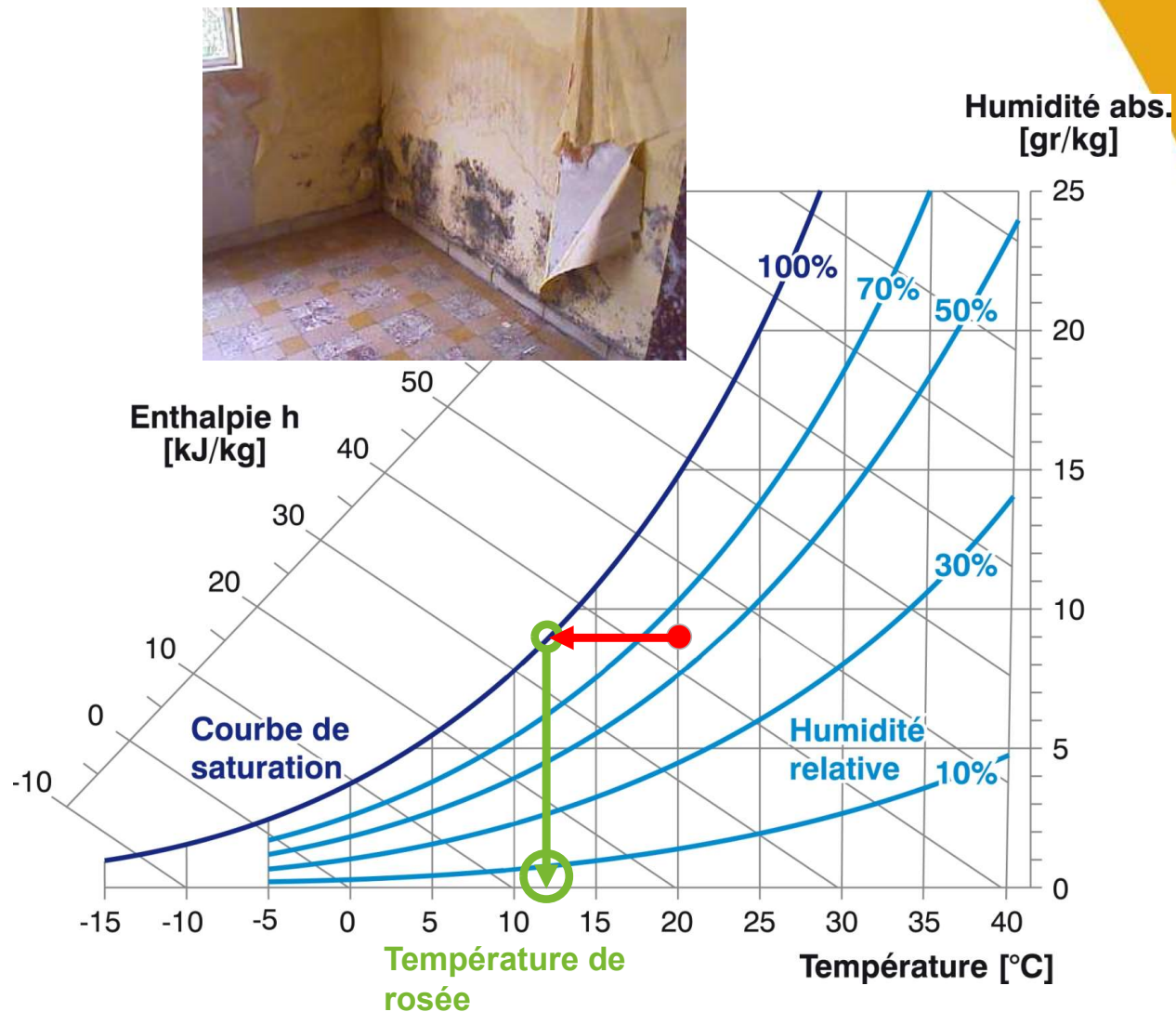
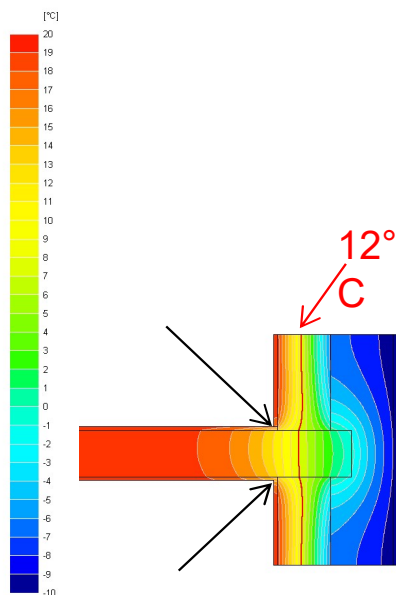
in geval van risico op condensatie en/of te grote verliezen



Let op: boven de 40 cm is het geen koudebrug meer, het is een muur!

koudebruggen doelstellingen

- 1) Geen risico op condensatie!
(12°C voor 60% RV)



koudebruggen doelstellingen

- 2) Totaal behaalde prestaties
(bijv. totale
verwarmingsbehoefte ≤ 15
 kWh/m^2 jaar)

Logement certifié

Besoins en chaleur du logement

excessifs	élevés	moyens	faibles	minimes
-----------	--------	--------	---------	---------

Besoin de chaleur de chauffage annuel:

15 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Résultat du test d'infiltrométrie:

0.6 h^{-1}

Besoin en énergie primaire
(eau chaude sanitaire, chauffage, électricité auxiliaire et domestique):

85 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Besoin en énergie primaire
(eau chaude sanitaire, chauffage et électricité auxiliaire):

30 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Besoin en énergie primaire
économisée par la production d'électricité photovoltaïque:

$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Puissance de chauffage:

11 W/m^2

Surchauffe estivale:

21 %

Besoin de refroidissement annuel:

$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Puissance de refroidissement:

W/m^2

N° Pont thermique	Dénomination des ponts thermiques
131	93
132	94
133	95
134	96
135	97
136	98
137	99
138	100
139	S.in
140	
141	

N° Pont thermique	Dénomination des ponts thermiques	N° Groupe	Attribution au groupe	Q _{se} (W/m²)
142	1	PT 01 Angle Sud Est	1.5	Pont thermique air extérieur
143	2	PT 01 Angle Nord Est	1.5	Pont thermique air extérieur
144	3	PT 02 Fondation	1.5	Pont thermique dalle sur sol
145	4	PT 03 Mur gaines	1.7	Pont thermique air extérieur
146	5	PT 04 : ancrages garde-corps	1.5	Pont thermique air extérieur

N° Pont thermique	Dénomination des ponts thermiques	N° Groupe	Attribution au groupe	Q _{se} (W/m²)	Calcul personnel de la longueur [m]	Déduction personnelle de la longueur [m]	Longueur l [m]	Saisie du coef deperdition du pont W/(m².K)
142	1	PT 01 Angle Sud Est	1.5	Pont thermique air extérieur	1	5.72	5.72	PT 01 Angle Sud Est
143	2	PT 01 Angle Nord Est	1.5	Pont thermique air extérieur	1	5.72	5.72	PT 01 Angle Nord
144	3	PT 02 Fondation	1.5	Pont thermique dalle sur sol	1	23.90	23.90	PT 02 Fondation
145	4	PT 03 Mur gaines	1.7	Pont thermique dalle sur sol	1	4.92	4.92	PT 03 Mur gaines
146	5	PT 04 : ancrages garde-corps	1.5	Pont thermique air extérieur	20	1.00	20.00	PT 04 : ancrages garde-corps
147	6							
148	7							
149	8							
150	9							
151	10							
152	11							
153	12							

Je kunt leven met veel Psy's...

... zolang ze geen gezondheidsproblemen opleveren (12°C voor 60% RV)

... en dat het totale resultaat onder de 15 kWh/m² per jaar blijft

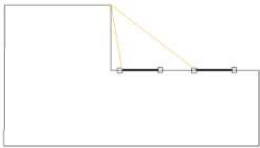


aandachtspunten: raam

conceptie

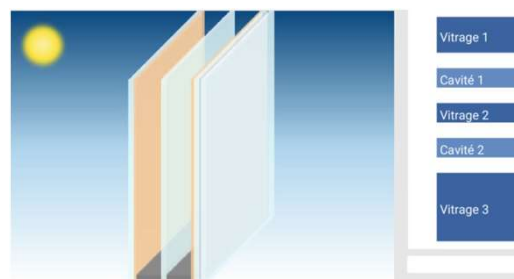
Châssis :

De nombreux paramètres sont influents dans l'encodage des châssis.

paramètre	détails / explication	impact thermique	ensoleillement ombrage
valeur Uf	résistance thermique du châssis (f : frame)	x	
valeur Ug	résistance thermique du vitrage (g : glass)	x	
facteur g	apport solaire thermique	x	x
intercalaire	raccord thermique entre le châssis et le vitrage	x	
seuils suisse	le Uf des châssis est beaucoup moins bon que le reste du Uf	x	
changement de trame calepinage de mur rideaux	ratio vitrage / châssis impacté	x	x
épaisseur des montants	ratio vitrage / châssis impacté	x	x
déplacement d'un châssis	ombrage peuvent varier, par rapport aux bâtiments voisins ou à la volumétrie du projet lui-même (bâtiment en L par exemple) 		x



ELEMENT DE CONSTRUCTION	U _{max} (W/m²K)
1. PAROIS DELIMITANT LE VOLUME PROTEGE, à l'exception des parois formant la séparation avec un volume protégé adjacent	
1.1. PAROIS TRANSPARENTES/TRANSLUCIDES, à l'exception des portes et portes de garage (voir 1.3.), des murs-rideaux (voir 1.4.) et des briques en verre (voir 1.5.)	U _{w,max} = 1.5 ⁽¹⁾ àpd 2021 U _{g,max} = 1.1 ⁽²⁾



- Dubbel glas

U_g max = 1,1 W/m²K → als heel goed!

- Tripel glas

U_g = +/-0,6 W/m²K



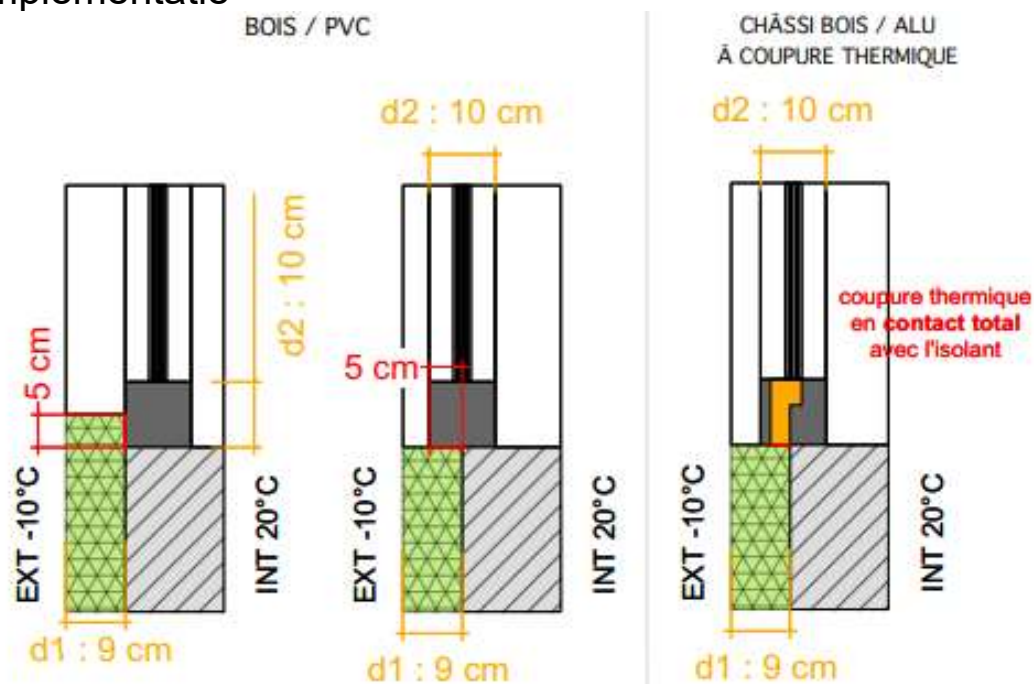
Zonnefactor

→ Aanzienlijke impact hebben voor de verwarmings- en koelingsbehoeften en dus voor het primaire energieverbruik

→ Impact op licht transmissie : LTmin voor residentieel +/-0,6

aandachtspunten: raam

Implementatie



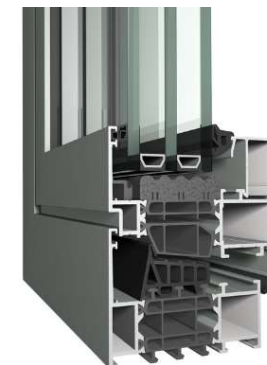
Houten profielen
zonder
thermische
onderbreking



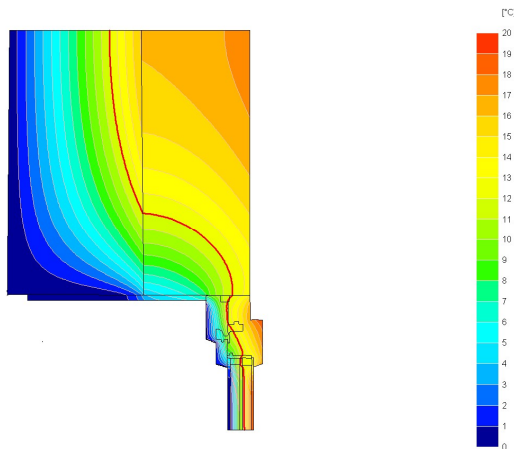
PVC (met TO)



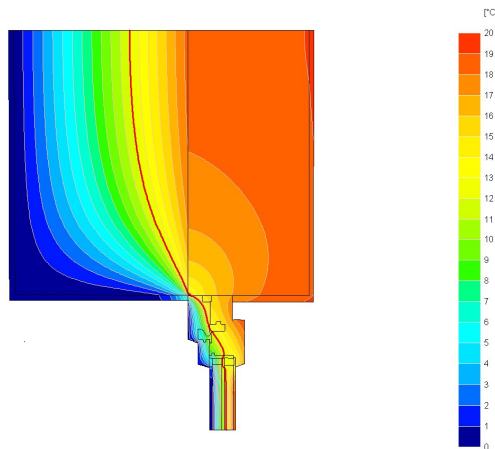
Houten met TO
(Purenit?)



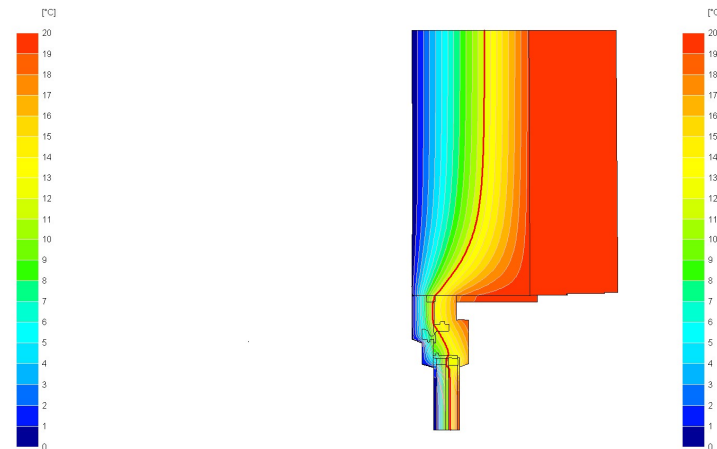
Alu met TO



$\Psi = 0.505 \text{ W/m.K}$

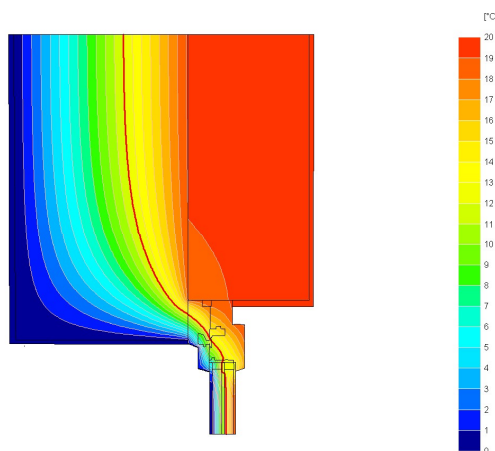


$\Psi = 0.442 \text{ W/m.K}$

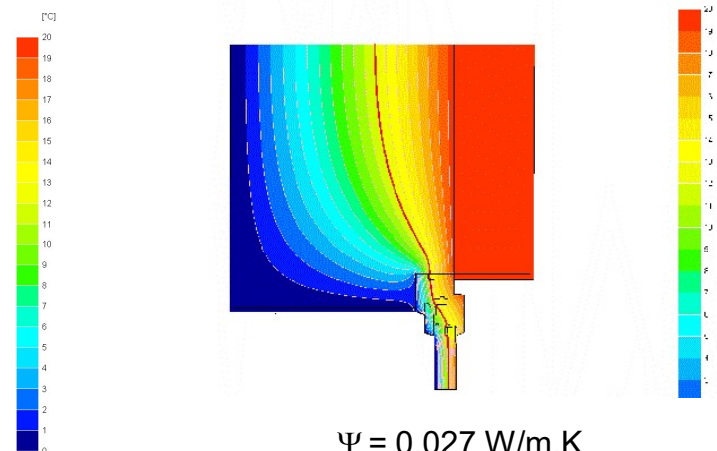


$\Psi = 0.110 \text{ W/m.K}$

Coefficient de transmission thermique
linéique (EN ISO 10211-2)
 $\psi = Q/(t_i - t_e) - U_1 \cdot l_1 - U_2 \cdot l_2$

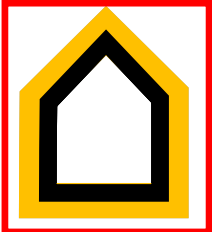

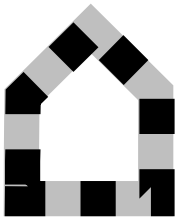

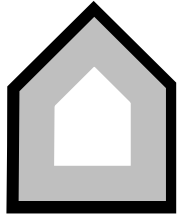



$\Psi = 0.039 \text{ W/m.K}$



$\Psi = 0.027 \text{ W/m.K}$

punctueel koudebruge

	<div> U $W/m^2.K$ </div> <div> Ψ $W/m.K$ </div> <div> \mathbf{xi} W/K </div> <div>  Flux de chaleur $\rightarrow \Delta T^\circ$ </div>
	<div> μ_d m </div> <div> A $kg / m^2 s^{1/2}$ </div> <div>  Flux d'humidité vapeur $\rightarrow \Delta p_v$ eau liquide $\rightarrow \Delta HR$ </div>
	<div> V/h V/h </div> <div>  Flux d'air $\rightarrow \Delta p$ </div>

punctueel koudebruge

X_i

punctueel koudebruge

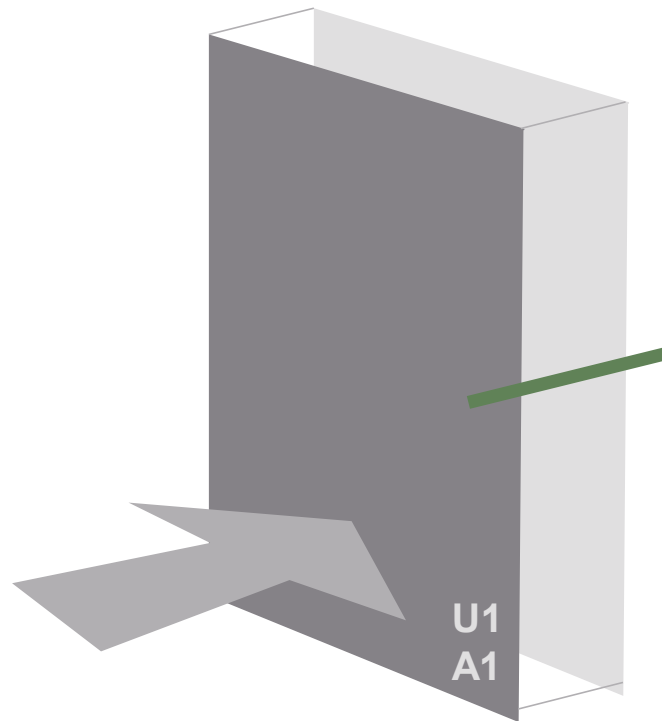
Eenheid W/ K

$$X_i = \frac{Q_2 - Q_1}{(\theta_{int} - \theta_{ext})}$$

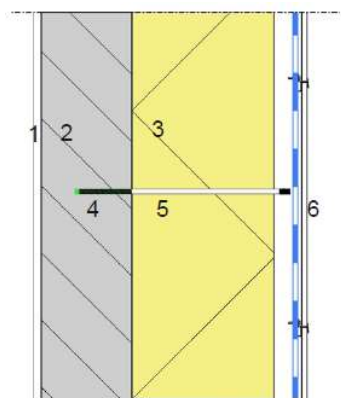
Avec

Q_2 = berekende warmteflux

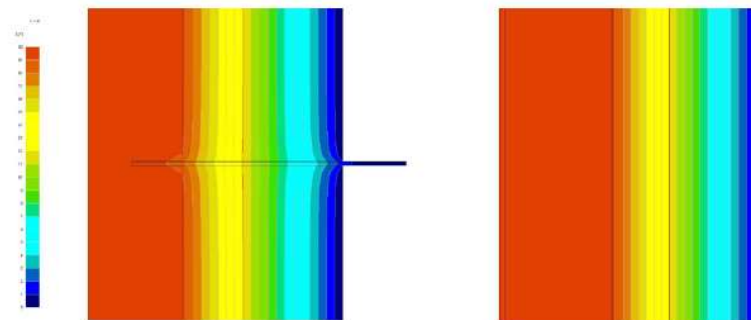
$Q_1 = \sum (A_i * U_i * \theta_i)$



punctueel koudebruge



- 1 enduit
- 2 bloc silico-calcaire
- 3 EPS graphité Neopor®
- 4 cheville polyamide *Borgh Facafix®*
- 5 vis *Borgh Facafix®*
- 6 parement Eternit Equitone Tectiva® sur lattage bois



	mur avec ancrage	mur sans ancrage
Q	4,906 W	2,217 W
θ _{int}	20 ° C	20 ° C
θ _{ext}	0 ° C	0 ° C
U ₁	0.078 W/m².K	0.078 W/m².K

$$X_i = (Q_1 - Q_2) / (\theta_{int} - \theta_{ext})$$

$$X_i = (4,906 - 2,217) / (20 - 0)$$

$$X_i = 0,13 \text{ W/K}$$

Anvers-Simons

Programma: residentieel, school,
kinderdagverblijf

Projectfase: afgerond

Atic
for HVAC professionals
A2M

→ 2024.03.06
FORMATION ATIC

bouwknopen identificeren

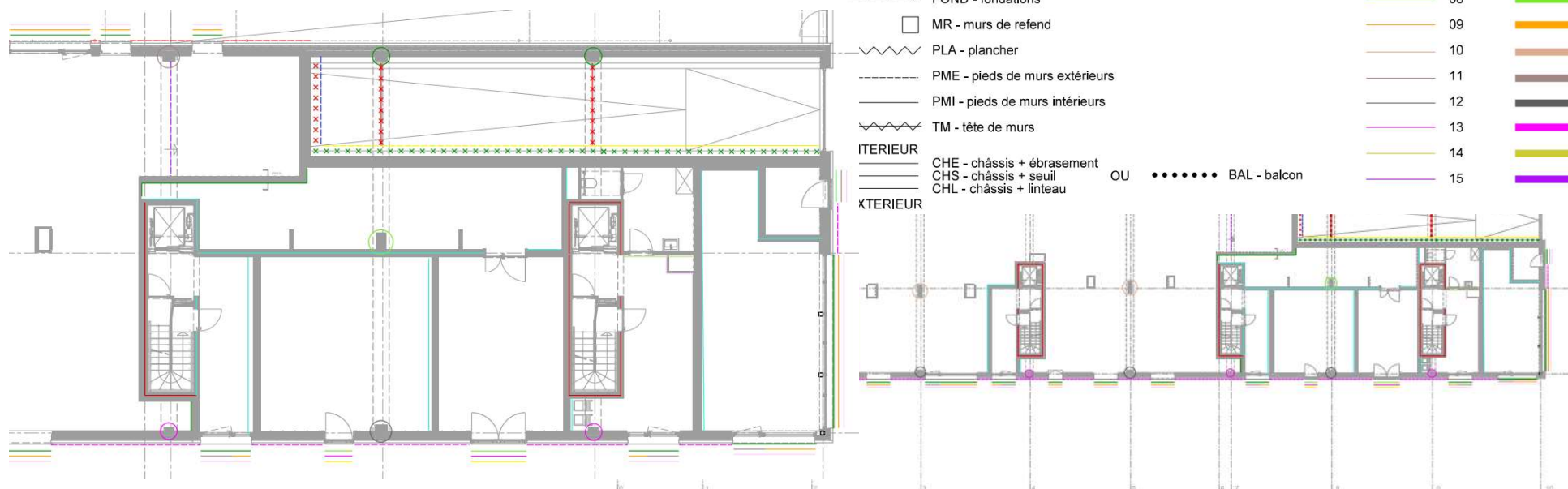
Localisation des PONTS THERMIQUES

LEGENDE DES TRAITES

////////	ACR - acrotères
x x x x x	AR - angles rentrants
●	AS - angles sortants linéaires ou ponctuels
● ● ● ● ●	BAL - balcon
● ● ● ● ●	EF - éléments de façade
○	ES - éléments de structure linéaires ou ponctuels
■ ■ ■ ■ ■	ET - éléments de toiture
----	FOND - fondations
□	MR - murs de refend
~~~~~	PLA - plancher
----	PME - pieds de murs extérieurs
----	PMI - pieds de murs intérieurs
~~~~~	TM - tête de murs
----	INTERIEUR
----	CHE - châssis + ébrasement
----	CHS - châssis + seuil
----	CHL - châssis + linteau
----	EXTERIEUR
● ● ● ● ●	BAL - balcon

LEGENDE DES COULEURS

01	16
02	17
03	18
04	19
05	20
06	21
07	22
08	23
09	24
10	25
11	26
12	27
13	28
14	29
15	30



plan de repérage des ponts thermiques

Atic
for HVAC professionals
A2M

CIRIL

Hakenroedelweg 4b
3000 Hasselt BE
MAÎTRE DE L'OUVRAGE

CITYDEV . Brussels

Rue Gabrielle Petit 6
B-1050 Brussels BE
POUVOIR ADJUDICATEUR

A 2 M

Ch. de Boordael 8 B13
1050 Brussels BE
ARCHITECTES



**31 logements
et une crèche**
Rue Pierre Van Hombek
à Molenbeek-St-Jean

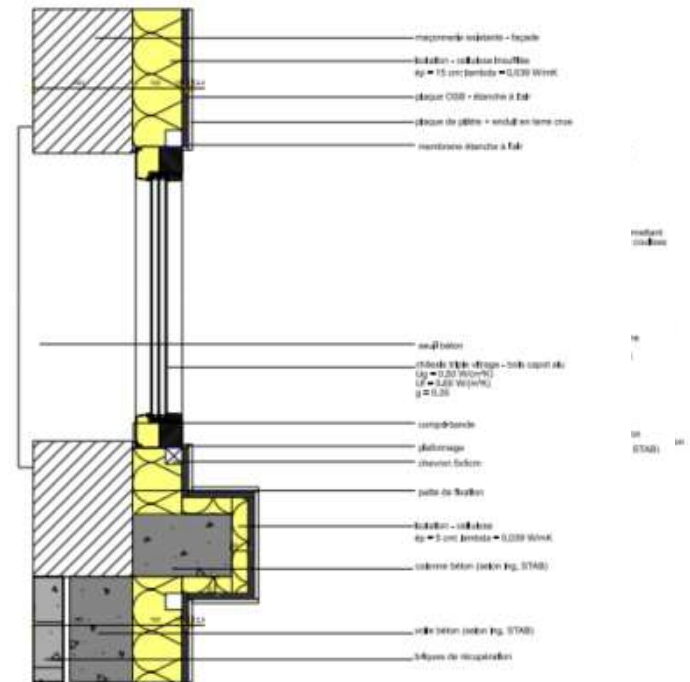
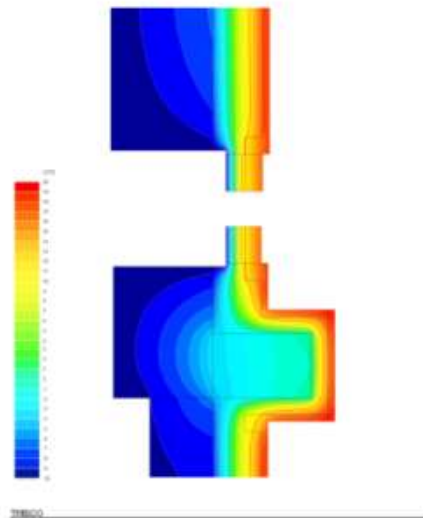
SCALE 1:200
DATE 20-07-2019
PHASE Esquisse
DATA

Ponts thermiques
P310
SHEET No

D
INDEX

→ 2024.03.06
FORMATION ATIC

met architectonische details



carnet de détails
exemple : Mundo LLN
Atic
for HVAC professionals
A2M

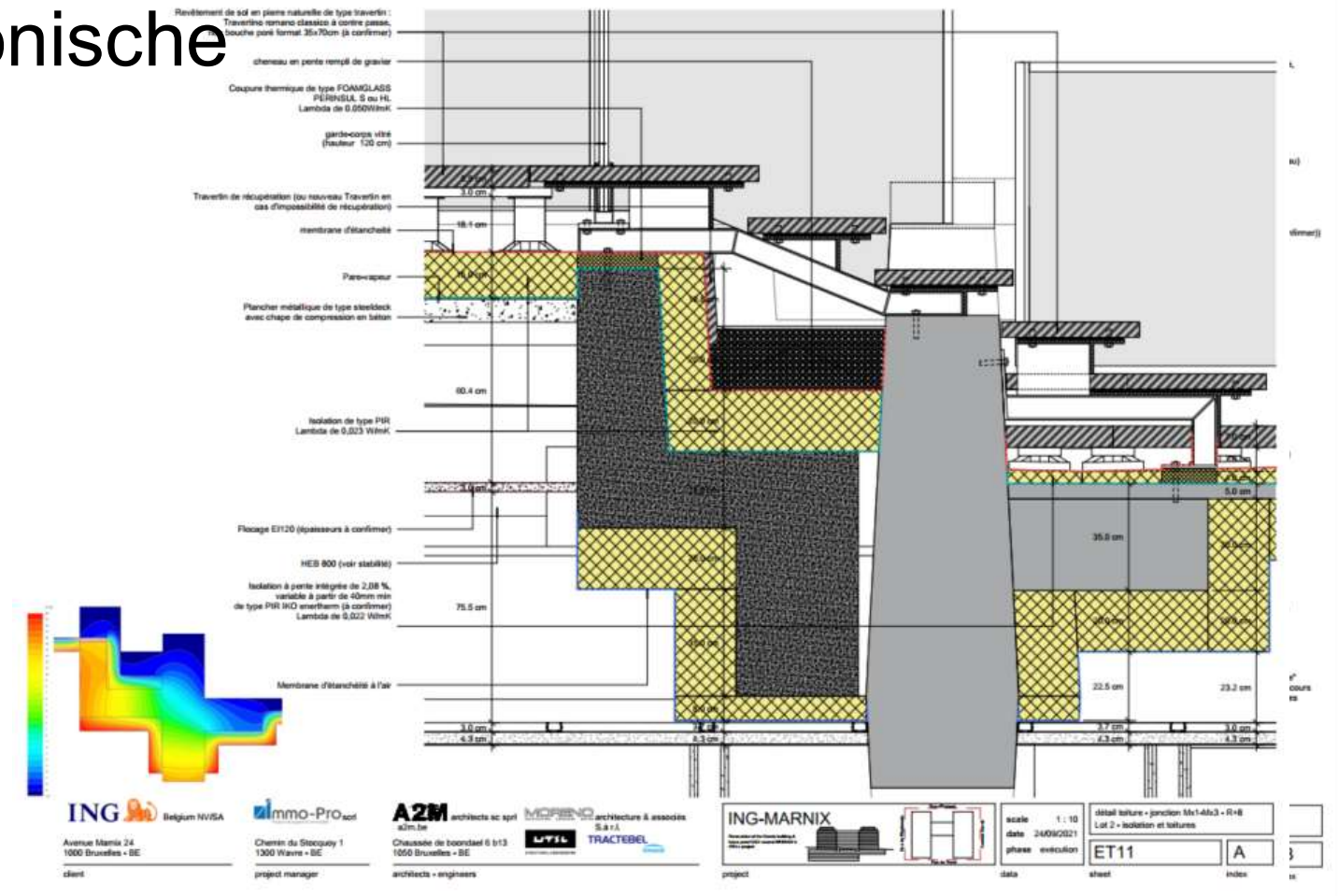
A2M architecte en chef
a2m.be
Chaussée de Louvain 8 b13
1050 Bruxelles • BE

Mundo LAB MUNDO LAB
www.mundo-lab.org
Rue d'Elfenbeum 26
1050 Bruxelles • BE

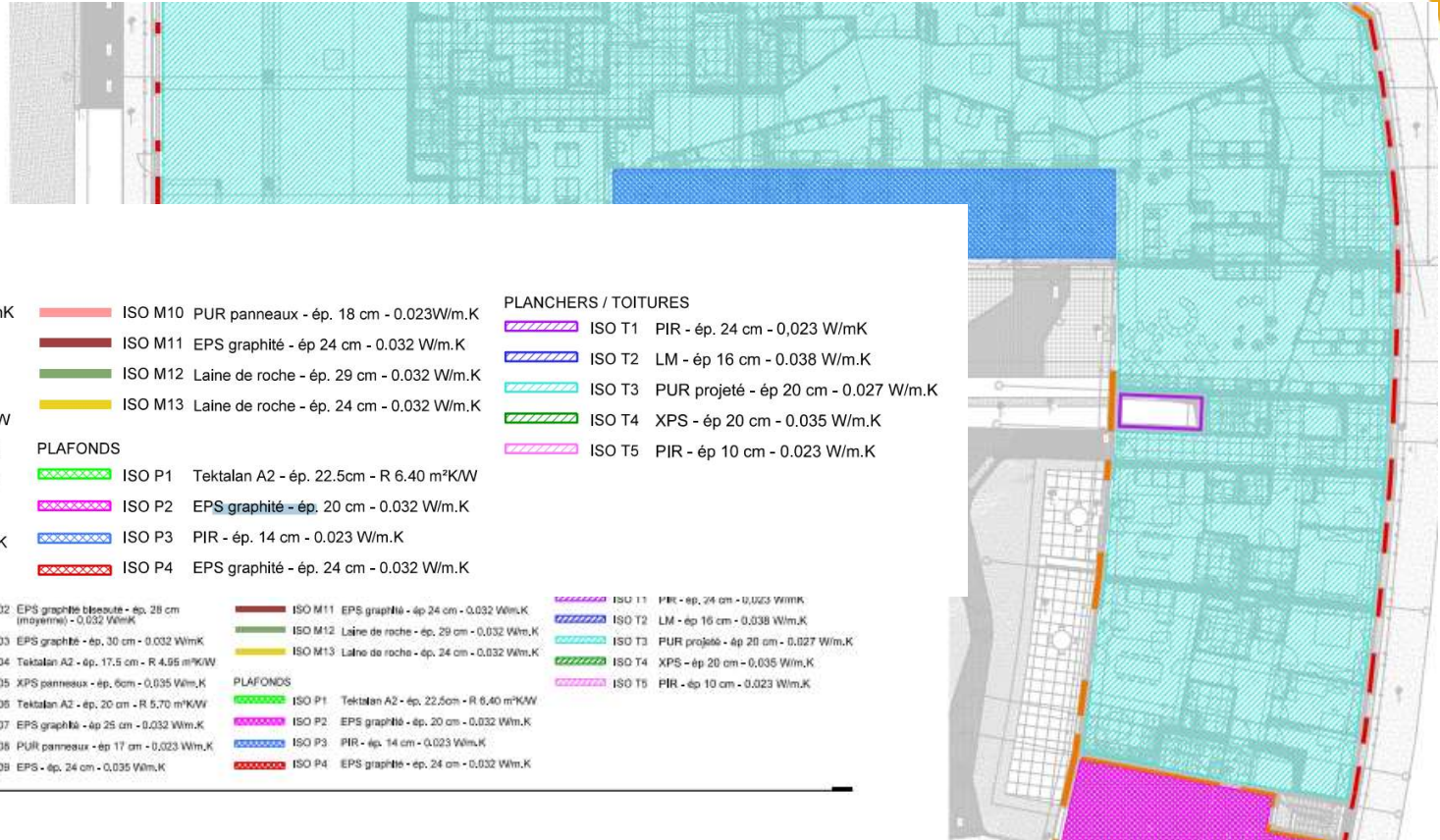
Mundo LLN <small>concepteur et coordinateur technique et artistique pour les espaces publics</small>	scale	1/10	CHE 09- AS 12	0		
	date	08/10/2021				
projet	phase	EXE	no feuille	feuille		

→ 2024.03.06
FORMATION ATIC

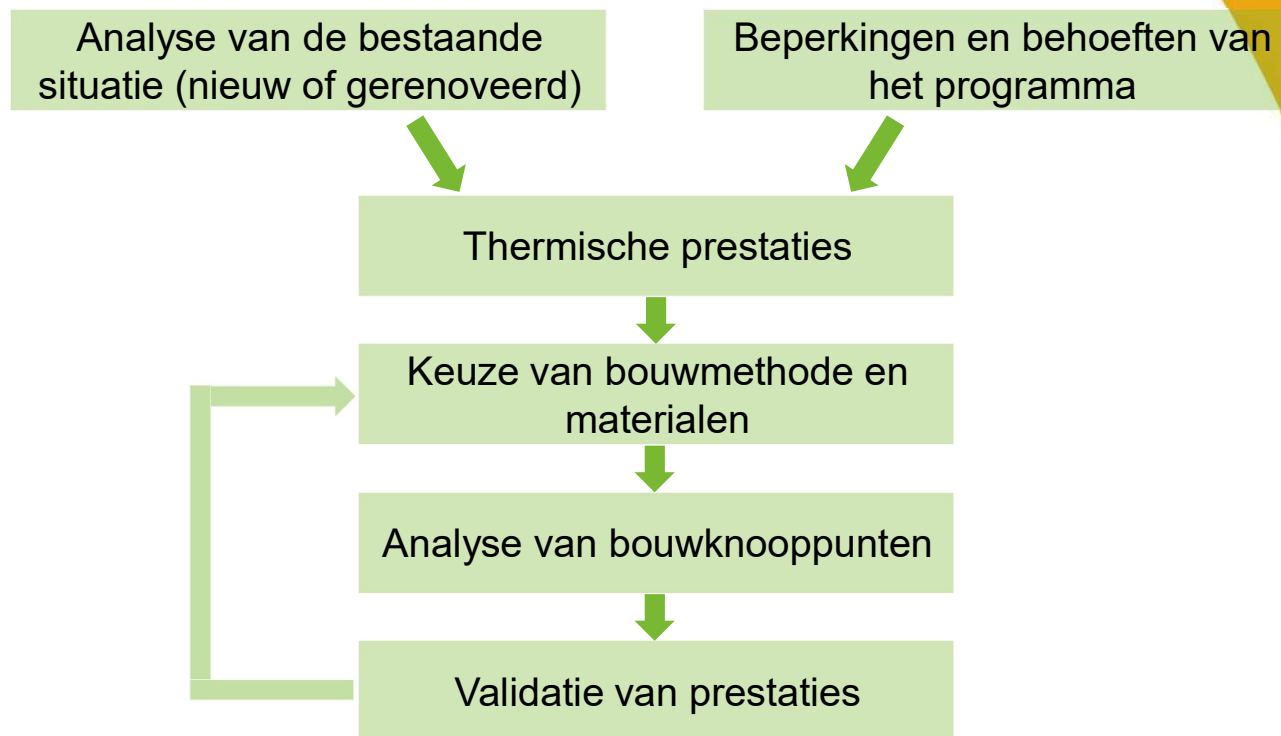
met architectonische details



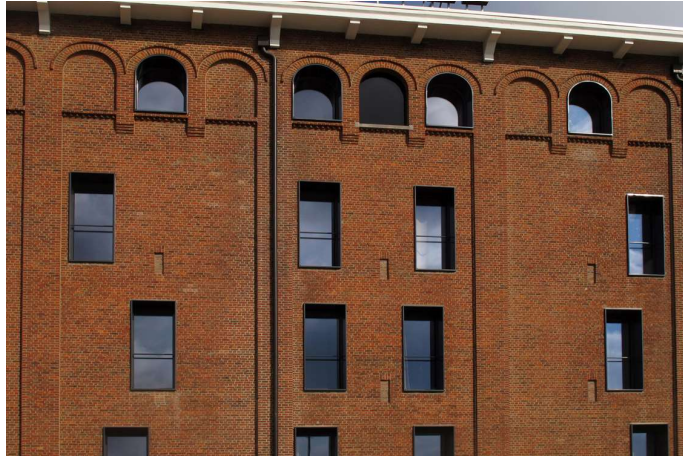
wat was de isolatie ook alweer?



ontwerp -proces



validatie van prestaties

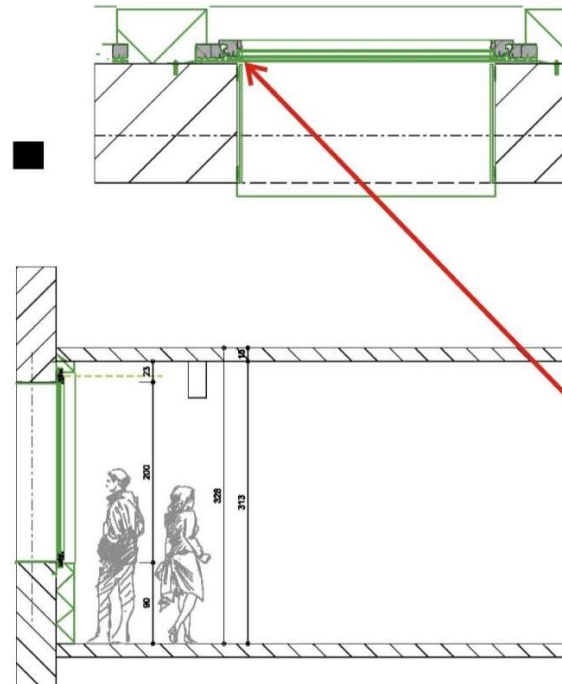


Meininger Bellevue

Programma: Renovatie van voormalige

Bellevue brouwerij tot hotel

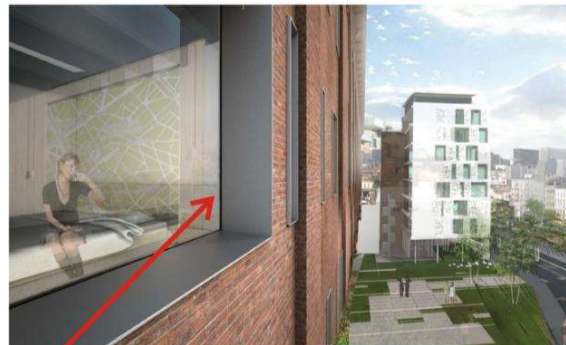
Projectfase: afgerond



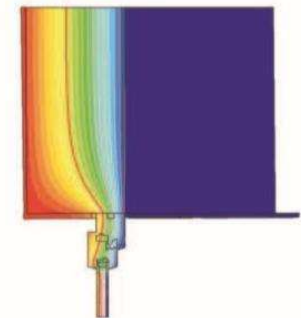
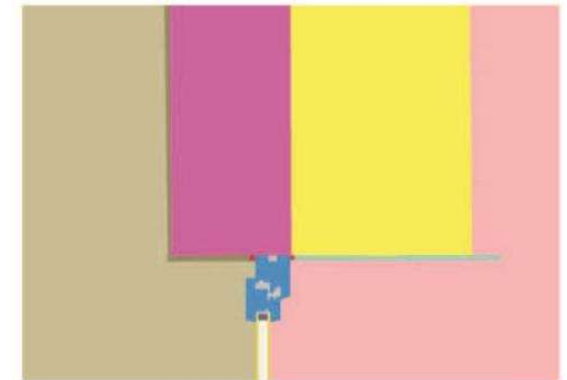
les châssis sont intégralement invisibles
Seuls reste visible le verre!
Le but est de rendre les fenêtres comme des "meurtrières" dans la masse de brique ancienne

→ 2024.03.06
FORMATION ATIC

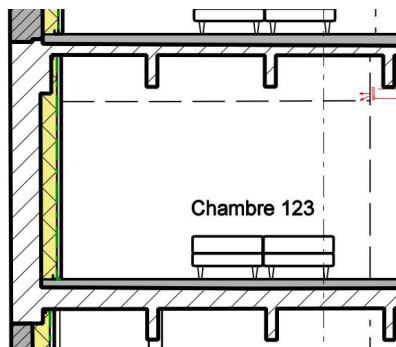
validatie van prestaties



les châssis sont intégralement invisibles
Seuls reste visible le verre!
Le but est de rendre les fenêtres comme des "meurtrières" dans la masse de brique ancienne



validatie van prestaties



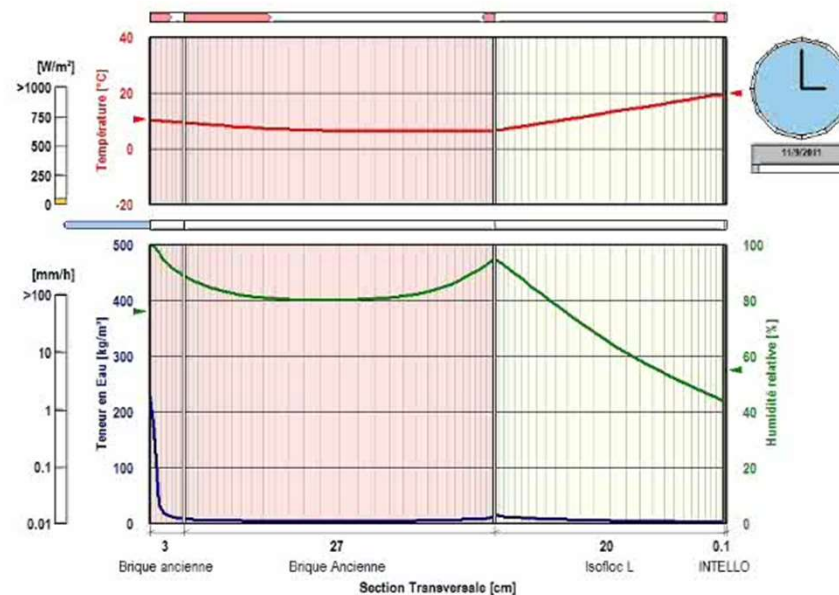
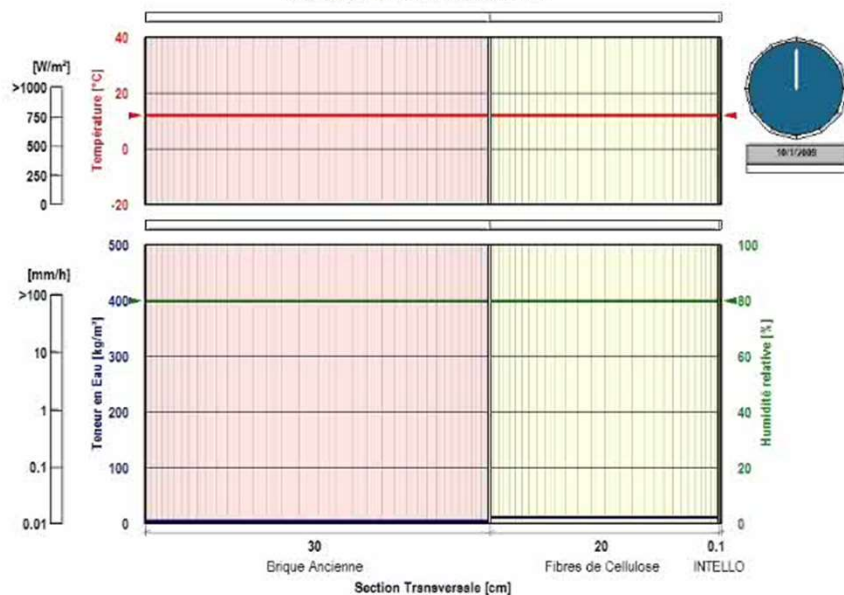
Lieu: IRM_Bruxelles.try;

base projet sans protection extérieure à l'eau

WUFI®

Lieu: IRM_Bruxelles.try;

WUFI®

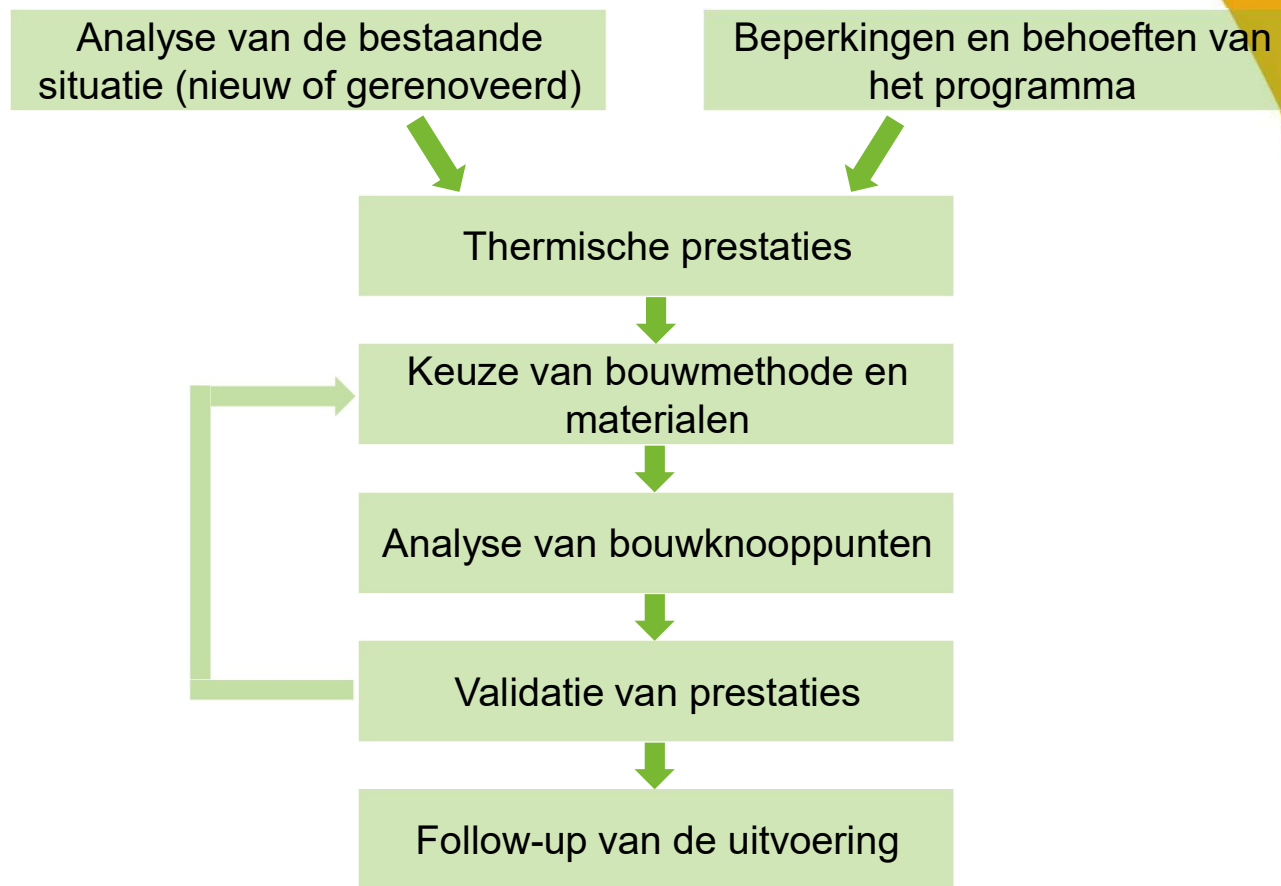


Zonder waterafstotend
ATIC
 for HVAC professionals
A2M

Met waterafstotend

→ 2024.03.06
 FORMATION ATIC

ontwerp- proces



follow-up van de uitvoering

Beperking van het risico van bevochtiging

- Opslag van materialen op een beschutte plaats
- Tijdelijke afdichting van de ramen indien nodig
- Uitvoeren van buitenafwerkingen indien nodig
- Voorpret!
 - elektrische leidingen, leidingen, enz.
 - indien mogelijk, ruimte tussen dampscherm en afwerking

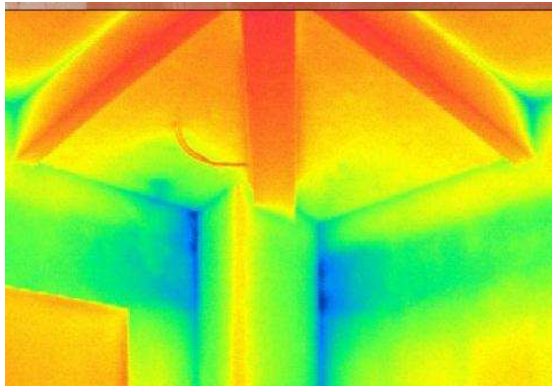
Zorgvuldige uitvoering !!

follow-up van de uitvoering

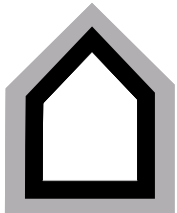





Renovatie: de ondergrond voorbereiden

- Oplossen van initiële vochtproblemen: de muur moet gezond zijn en in goede staat verkeren
- Ken de hygrothermische eigenschappen van de buitenbekleding.
- Verwijder de bestaande binnenaafwerking (vooral als de isolatie dik is!).
 - schil tegen waterdampoverdracht, risico op schimmelvorming, enz.
 - droog, stof-, vet- en olievrij binnenoppervlak
- Controleer de vlakheid van de muur en vul eventuele grote scheuren op
 - kies de bouwmethode en het isolatiemateriaal op maat

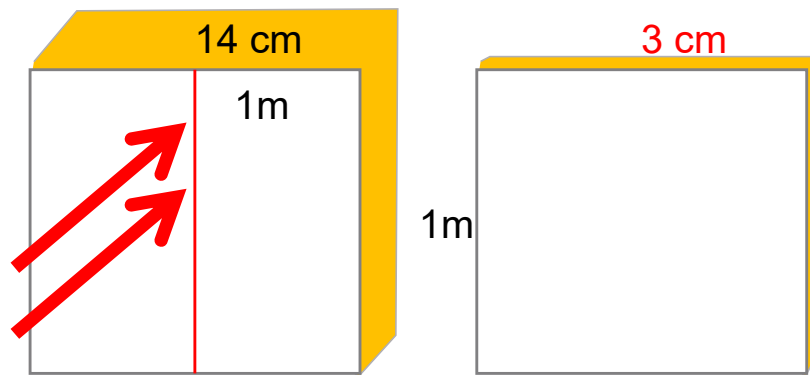
follow-up van de uitvoering



luchtdichtheid

  	U $W/m^2.K$ Ψ $W/m.K$ ξ W/K	 <p>Flux de chaleur → ΔT°</p>
	μ_d m A kg / m^2 $s^{1/2}$	 <p>Flux d'humidité vapeur → Δp_v eau liquide → ΔHR</p>
	<div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">V/h</div> V/h	 <p>Flux d'air → Δp</p>

luchtdichtheid

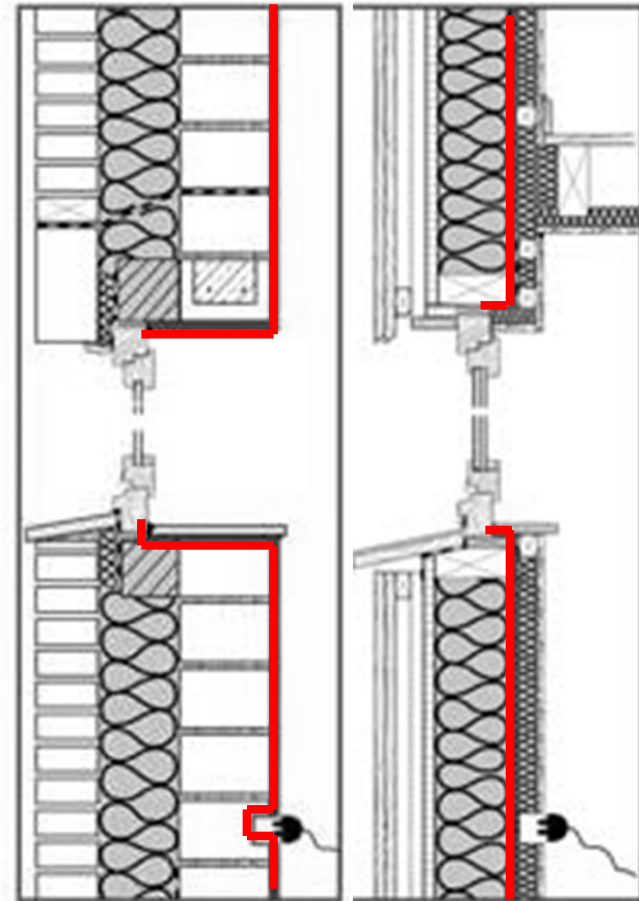


Sleuf van 1 mm

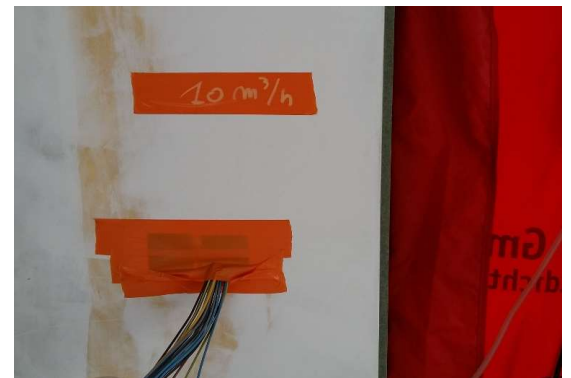
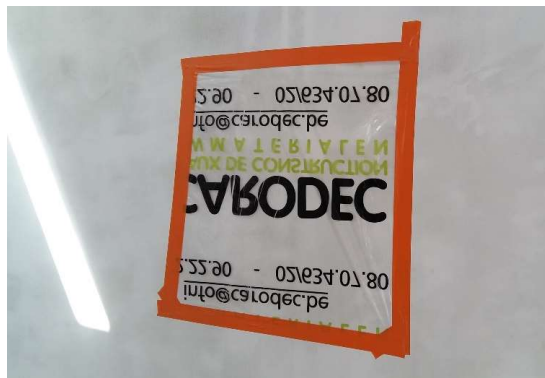
$U = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ > $U = 1.44 \text{ W/m}^2\text{K}$!

Dat is 4,8 x slechter

Berekend met windkracht 2-3 (20Pa), $T^\circ \text{ i} = 20^\circ\text{C}$, $T^\circ \text{ e} = -10^\circ\text{C}$



follow-up van de uitvoering



Valeurs rapportées à la surface de référence énergétique	
Surface de référence énergétique A_{RE} :	85.2 m ²
Méthode utilisée: Méthode mensuelle	
Besoin de chaleur de chauffage annuel:	15 kWh/(m ² a)
Résultat du test d'infiltrométrie:	0.6 h ⁻¹
Besoin en énergie primaire (eau chaude sanitaire, chauffage, électricité auxiliaire et domestique):	85 kWh/(m ² a)

Valeurs rapportées à la surface de référence énergétique	
Surface de référence énergétique A_{RE} :	85.2 m ²
Méthode utilisée: Méthode mensuelle	
Besoin de chaleur de chauffage annuel:	22 kWh/(m ² a)
Résultat du test d'infiltrométrie:	1.5 h ⁻¹
Besoin en énergie primaire (eau chaude sanitaire, chauffage, électricité auxiliaire et domestique):	93 kWh/(m ² a)

Valeurs rapportées à la surface de référence énergétique	
Surface de référence énergétique A_{RE} :	85.2 m ²
Méthode utilisée: Méthode mensuelle	
Besoin de chaleur de chauffage annuel:	77 kWh/(m ² a)
Résultat du test d'infiltrométrie:	7.8 h ⁻¹
Besoin en énergie primaire (eau chaude sanitaire, chauffage, électricité auxiliaire et domestique):	156 kWh/(m ² a)



Quelle: www.luftdicht.de

ZWARE CONSTRUCTIE

Bepoistering



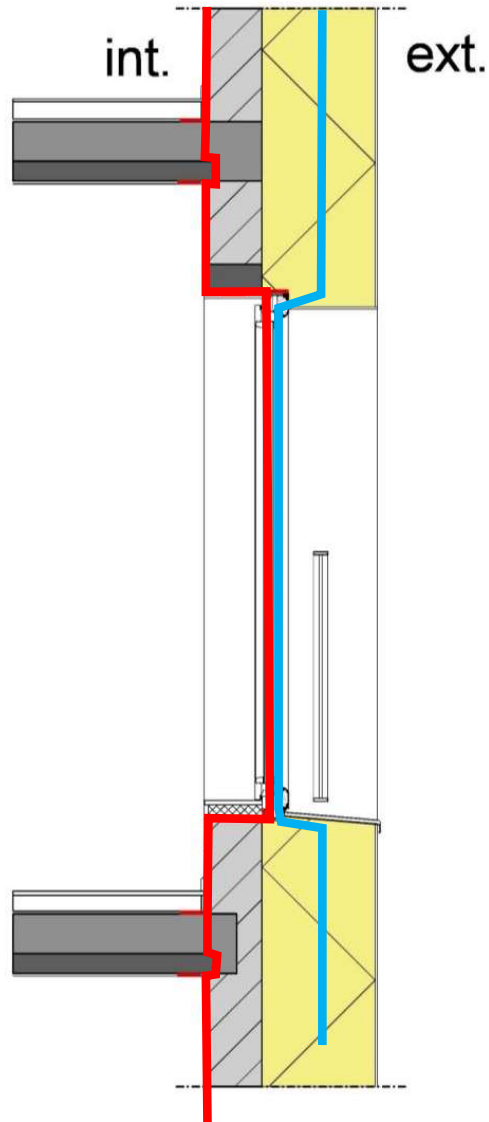
Luchtdichte verf



Luchtdichtheid van buitenaf: EP op betonnen muur



Atic
for HVAC profess
A2M



LICHTGEWICHT CONSTRUCTIE

Damprem



Meer voorpret!

N ATIC

partie 4 — om verder te gaan...

om verder te gaan...

www.guidebatimentdurable.brussels/fr/isoler-les-parois-de-l-enveloppe.html?IDC=7404



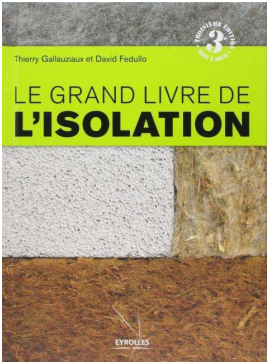
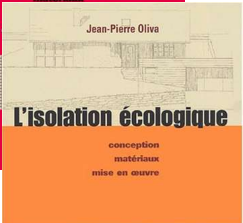
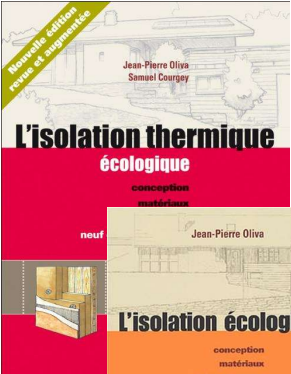
The screenshot shows the 'GUIDE BÂTIMENT DURABLE' website. At the top, there is a search bar with the text 'Rechercher dans le guide' and the 'bruxelles environnement' logo. Below the search bar, a breadcrumb trail reads '< Dossier: Diminuer les pertes thermiques par transmission'. The main heading is 'Isoler les parois de l'enveloppe'. To the left of this heading is a large green arrow pointing right. Below the heading, there is a light blue box containing a 'Table des matières' (Table of contents) with the following links: 'Comment isoler une façade?', 'Comment isoler une toiture?', 'Quelles performances thermiques pour les fenêtres?', and 'Point d'attention : la perméabilité à la vapeur d'eau de la paroi isolée'.

www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16810

om verder te gaan...



om verder te gaan...



F3b LAINE DE BOIS SEMI-RIGIDE EN MATELAS		03
IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ		
Matière première principale	Fibre de bois + liant (avec ou sans additif)	
Nature de la matière première	Végétale, naturelle renouvelable ou issue du recyclage	
Disponibilité de la matière première	Présente en quantité importante	
Origine géographique de la matière première	Europe	
Traitement en fin de vie	Recyclage et compostage possibles en fonction du liant – Incinération 75% (avec valorisation énergétique)	
Bilan CO ₂ Carbone (effet de serre)	-1.46 kg CO ₂ eq (puit carbone)	Bilan GPP avec : p = 40 kg/m ³ et λ = 0.04 W/mK
Énergie grise	43 kWh	
Impact sur la santé pour les applicateurs	Émission de poussières et fibres Équipement : masque pour les voies respiratoires	
Impact sur la santé pour les habitants	Non nocif	
Durabilité, stabilité	Bonne stabilité dans le temps	
CARACTÉRISTIQUES HYGROTHERMIQUES		
Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (μ)	Très ouvert μ = 1 à 2	
Capacité hygroscopique (régulation de la vapeur d'eau)	Hygroscopique	
Comportement à l'eau	Hydrophile, capillaire, putrescible en cas d'humidité persistante	
Masse volumique (ρ)	35 à 55 kg/m ³	
Conductivité thermique (λ)	0.036 à 0.042 W/m.K	
Chaleur spécifique (c)	1600 à 2300 J/kg.K	
Épaisseur pour une résistance thermique de 5m ² .K/W (confort d'hiver)	18 cm	ρ(m) = R x λ Épaisseur d'isolant et déphasage thermique sur base de : p = 50 kg/m ³ · λ = 0.036 W/mK et c = 2300 J/kg.K
Déphasage thermique (confort d'été)	7h04 min (pour un isolant de 18 cm)	
Réaction au feu (Euro classe)	E	



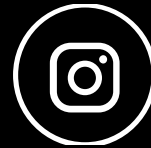
Atic
for HVAC professionals
A2M

→ 2024.03.06
FORMATION ATIC

M

A

want more?
follow us!



a2m.be

2