

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

ENERGIEBEHEER :
ENERGIEVERANTWOORDELIJKE

HERFST 2024

Aandachtspunten met betrekking tot de gebouwschil
Isolatie, luchtdichtheid en hygiënische ventilatie



- ▶ Een snel overzicht geven van de belangrijkste theoretische beginselen die vereist zijn om de rest van de uiteenzetting te begrijpen (kennisopfrissing)
- ▶ Herinneren aan de uitdagingen van de duurzaamheidsthema's in verband met de energierenovatie van gebouwen
- ▶ Precisering van de stappen in de uitvoering van een energieontwerpstudie / energieaudit
- ▶ Behandeling van enkele courante, gevoelige combinaties van verbonden werken in het kader van een gefaseerde renovatie



KENNISOPFRISSING

- ▶ **Isolatie**

- ▶ Luchtdichtheid

- ▶ Ventilatie

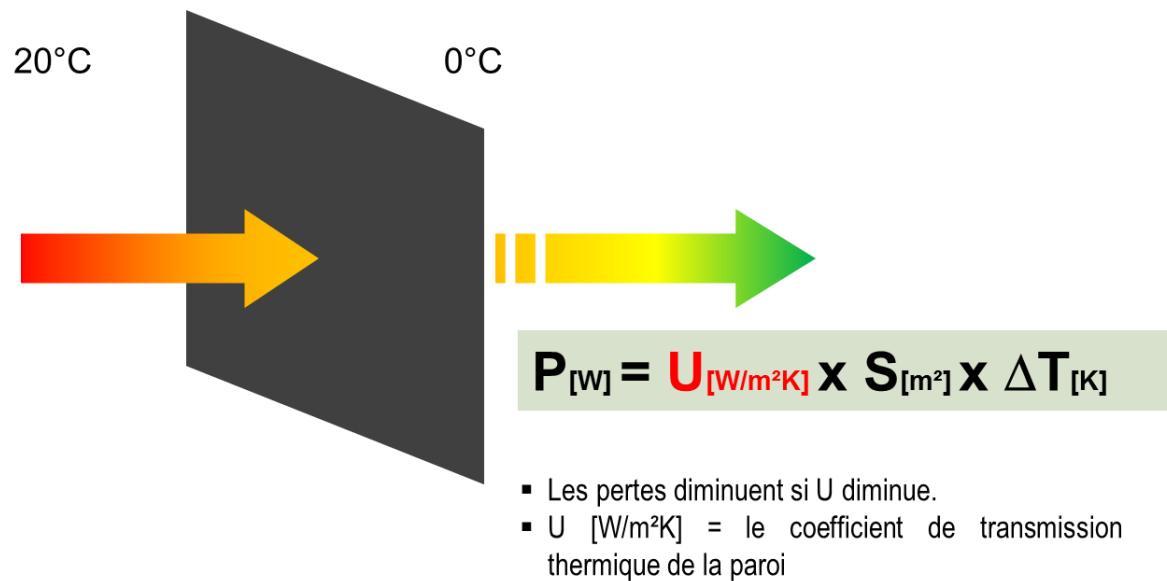
UITDAGINGEN

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

VERBONDEN WERKEN



U-waarde [$\text{W}/\text{m}^2\text{k}$] van een opake scheidingsconstructie



EPB-eisen

- ▶ De eis inzake de toelaatbare U/R-waarden geldt voor
 - alle bestemmingen
 - elke aard van werkzaamheden

BOUWELEMENT		$U_{\max}$ (W/m ² K)
	1. SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN, met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aanpalend beschermd volume	
	1.1. TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3.), gordijngesels (zie 1.4.) en glasbouwstenen (zie 1.5.)	$U_{w,\max} = 1.5^{(1)}$ vanaf 2021 $U_{g,\max} = 1.1^{(2)}$
	1.2. OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3.) en gordijngesels (zie 1.4.)	
	1.2.1. Daken en plafonds	$U_{\max} = 0.24$
	1.2.2. Muren niet in contact met de grond, met uitzondering van de muren bedoeld in 1.2.4.	$U_{\max} = 0.24$
	1.2.3. Muren in contact met de grond	$U_{\max} = 0.24^{(3)}$ vanaf 2021
	1.2.4. Verticale en hellende scheidingsconstructies in contact met een kruipruimte of EPB-kelder buiten het beschermde volume	$U_{\max} = 0.24$ vanaf 2021
	1.2.5. Vloeren in contact met de buitenomgeving of boven een onverwarmde aangrenzende ruimte	$U_{\max} = 0.24$ vanaf 2021
	1.2.6. Andere vloeren (vloeren op volle grond, boven een kruipruimte of boven een EPB-kelder buiten het beschermd volume, ingegraven keldervloeren)	$U_{\max} = 0.24^{(3)}$ vanaf 2021

Bron: [Leefmilieu Brussel](#)

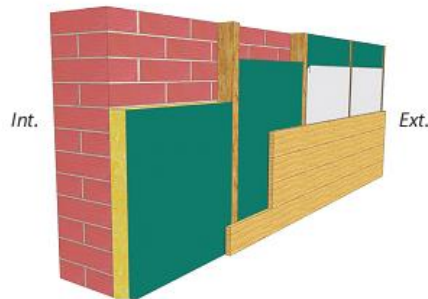
[Vademecum Regelgeving EPB-werkzaamheden vanaf juli 2017 \(versie maart 2023\)](#)



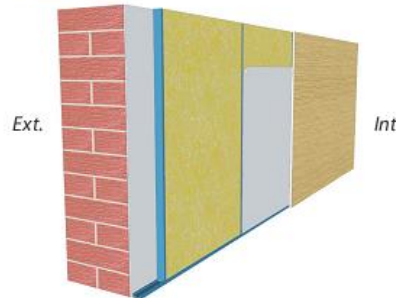
Hoe een muur isoleren?

- Isolatie langs de buitenzijde, langs de binnenzijde en/of in de spouw

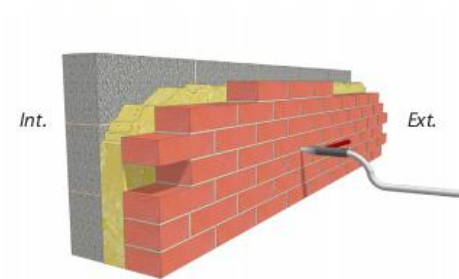
Isolation par l'extérieur



Isolation par l'intérieur



Isolation par la coulisse

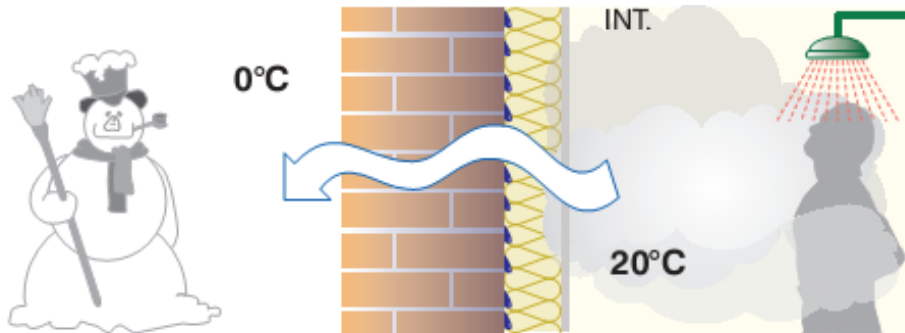


Bron: brochure PAE2-energieaudit Waals Gewest, 2013



Hoe een muur isoleren?

- Isolatie langs de binnenzijde
 - Voornaamste risico > binnencondensatie



Bron: Isolín-tool (Architecture et Climat)

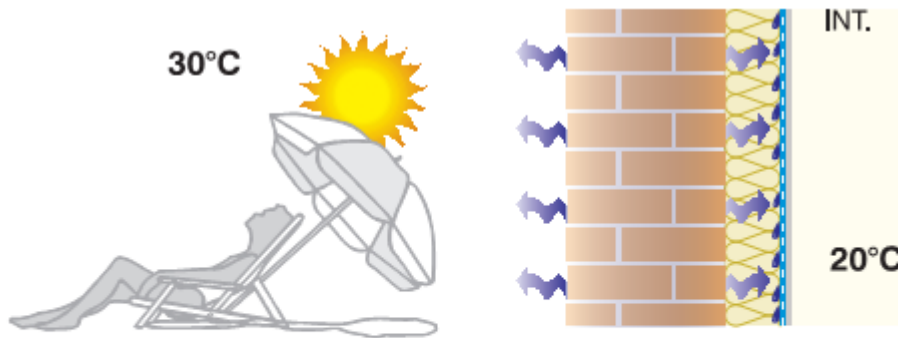


Exemple de moisissures dues à la condensation.



Hoe een muur isoleren?

- Isolatie langs de binnenzijde
 - Bijkomend risico



Risque de condensations internes en été si une membrane pour réguler la vapeur empêche la migration de vapeur vers l'intérieur..

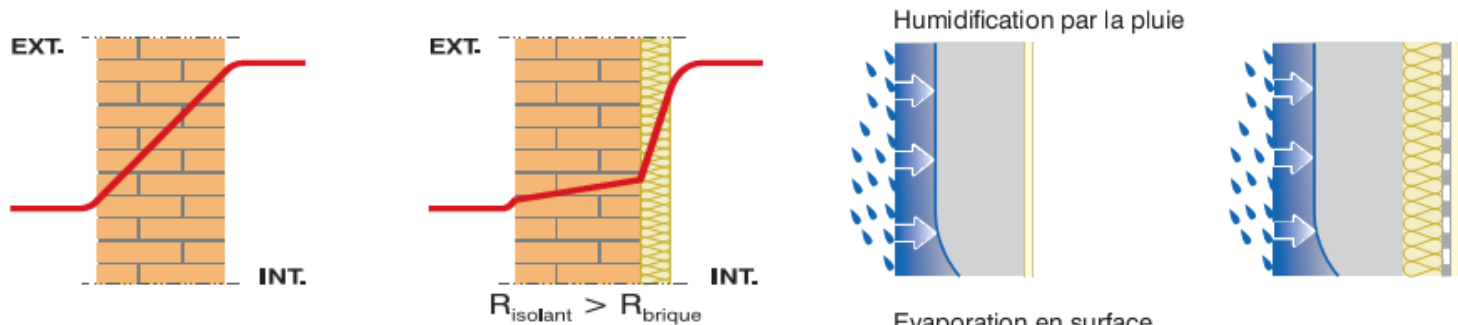
Bron: Isolin-tool (Architecture et Climat)



Exemple de moisissures à l'arrière de la membrane pour réguler la vapeur.

Hoe een muur isoleren?

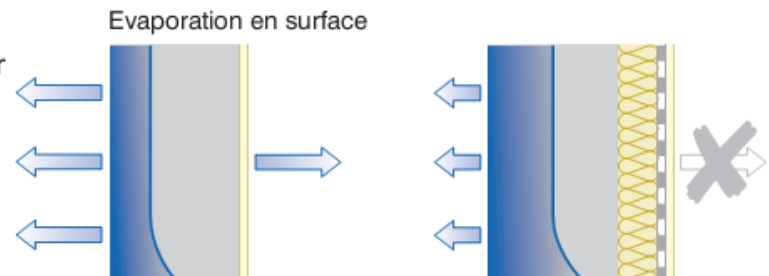
- Isolatie langs de binnenzijde
 - Vermindering van het droogpotentieel
 - Scheidingsconstructie onderhevig aan cycli van bevriezen en ontdooien



Refroidissement dur mur par l'application d'une isolation par l'intérieur.



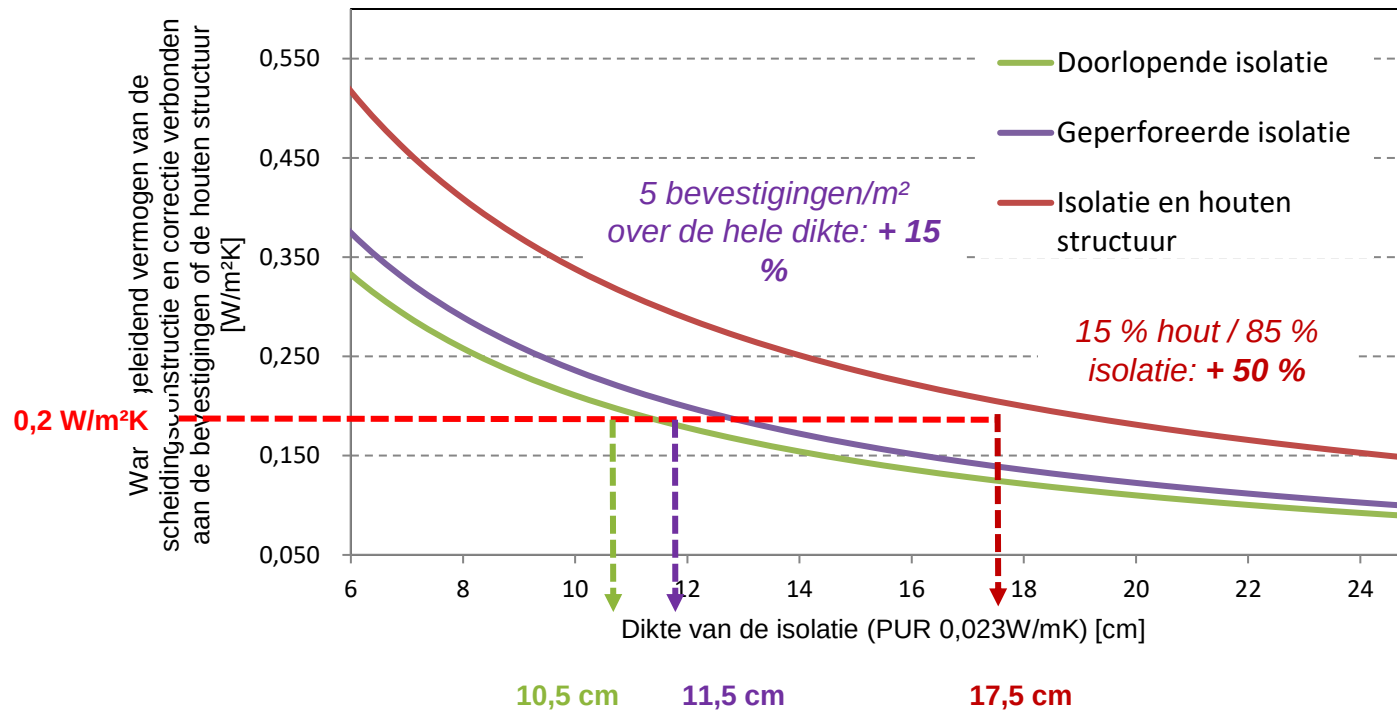
Exemple de briques gélives soumises au gel.



Humidification du mur due à la réduction du potentiel de séchage causée par l'application d'une isolation par l'intérieur et d'un pare-vapeur.

Hoe een muur isoleren?

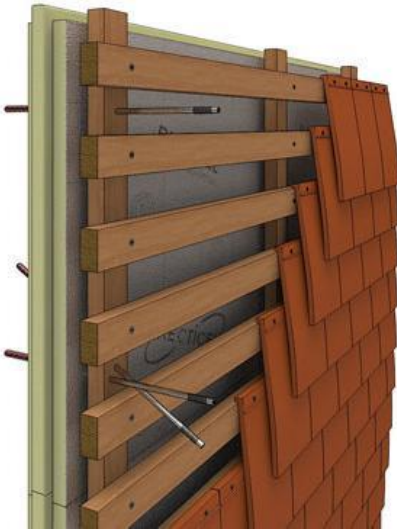
- Uitvoering
 - Doorlopende laag
 - Mechanisch bevestigde laag
 - Houten structuur



Hoe een muur isoleren?

- ▶ Uitvoering
 - Mechanisch bevestigde laag

⇒ **Specifieke mechanische bevestiging: vrijwel doorlopende**



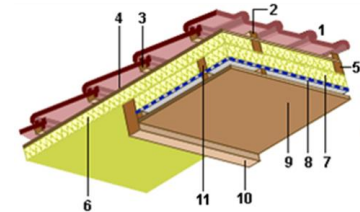
Bron: <http://www.isofinish.be/fr/produits/borgh> <http://www.etanco.be/fr/assortiment-produits/facade/bois/marcovis-eisys/> [ecorce](#)

Hoe een dak isoleren?

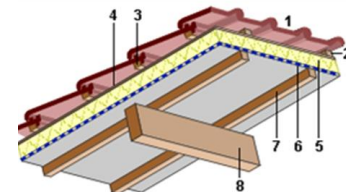
► Hellend dak



- Isolatie langs de binnenzijde
 - Beheer van de waterdampdiffusie
 - Aanwezigheid/afwezigheid van onderdak
 - Uitvoering: de continuïteit van de isolatie EN van het dampscherm is soms moeilijk te verzekeren
 - Afwerking: er moeten nieuwe binnenafwerkingen worden aangebracht



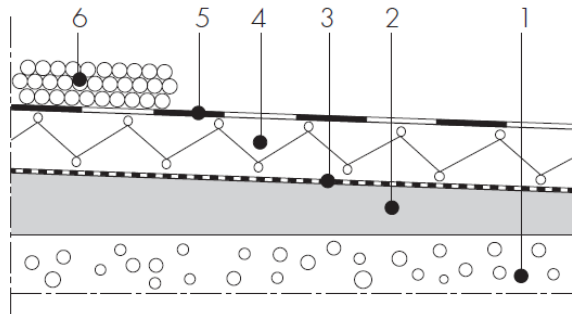
- Isolatie type ‘Sarking’
 - Goede continuïteit van de isolatie
 - Uitvoering: de dakranden moeten worden aangepast (dakgoten, slabben, diverse dakaansluitingen)
 - Afwerking: er moet een nieuwe dakbedekking worden aangebracht



Hoe een dak isoleren?

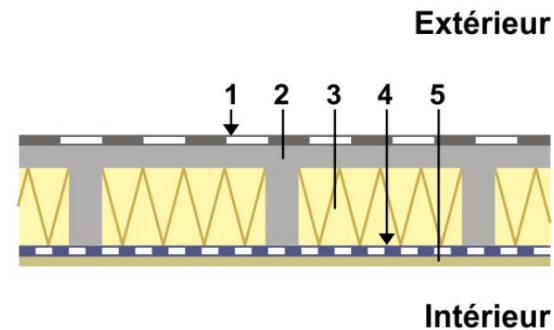
► Plat dak

- Voorrang geven aan een warm dak
- Compact dak alleen uit te voeren in bepaalde omstandigheden!!



1. Plancher de toiture
2. Forme de pente (cf. § 5.2)
3. Pare-vapeur éventuel

4. Isolation
5. Étanchéité
6. Lestage éventuel



Bron: Energie +

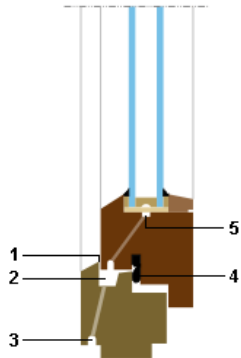


U-waarde [$\text{W/m}^2\text{k}$] van een transparante/translucide scheidingsconstructie

- ▶ Globaal U_w -verlies (window)
 - U_f (frame)
 - U_g (glass)
 - Afstandhouder
- ▶ Uitvoering > koudebrug
- ▶ Maar ook
 - Zonnewinst/oververhitting > zonnefactor
 - Visueel comfort > lichttransmissiefactor

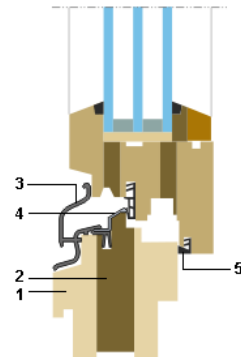


U-waarde [$\text{W/m}^2\text{k}$] van een transparante/translucide scheidingsconstructie



Ramen dubbele beglazing

→ $U \approx 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$



Ramen drievoudige beglazing

→ $U \approx 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

⇒ veel groter verlies!



KENNISOPFRISSING

- Isolatie
- **Luchtdichtheid**
- Ventilatie

UITDAGINGEN

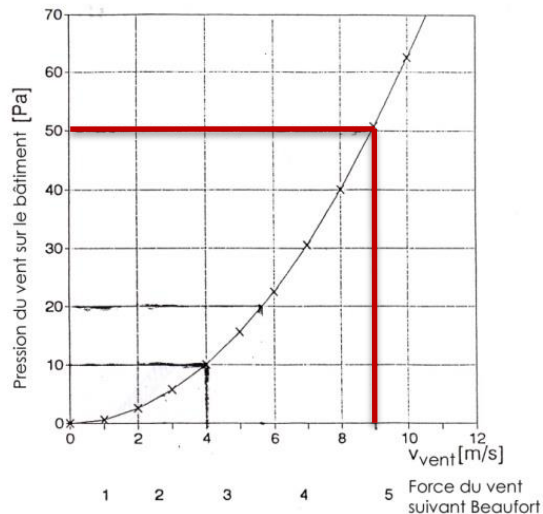
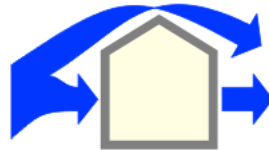
ALGEMENE BESCHOUWINGEN

VERBONDEN WERKEN



V_{50} [m³/h]

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



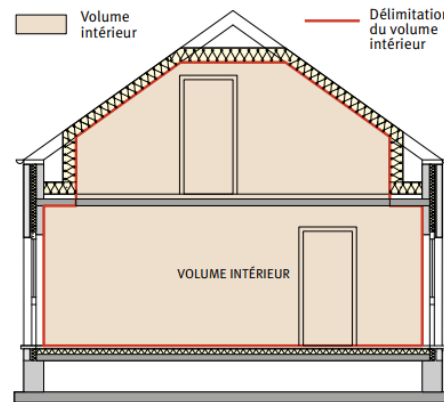
Force du vent (Echelle de Beaufort)	Vitesse du vent en m/s	Reconnaissable par:
0	0,00 - 0,45	Absence de vent, ascension verticale de la fumée.
1	0,45 - 1,50	La direction du vent n'est visible que par la fumée, mais pas par une girouette.
2	1,60 - 3,30	Le vent est ressenti au visage; des feuilles frémissent; la girouette bouge.
3	3,40 - 5,40	Des feuilles et des brins minces bougent; le vent étire un fanion.
4	5,50 - 7,90	Soulève de la poussière et du papier dissocié; bouge des brins et des branches minces.
5	8,00 - 10,70	Des branches et des petits arbres bougent.
6	10,80 - 13,80	La force du vent devient audible. Sifflement auprès de cables et coins de maisons; de fortes branches bougent.
9	20,80 - 24,40	Peut être considéré comme tempête, des tuiles de toiture mal fixées se détachent et tombent.
12	32,80 - 36,90	Essentiellement au littoral, des murs s'effondrent, grande dévastation.



n_{50} [m³/h.m³ of 1/h]

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

NBN
EN 13829



Bron: Buildwise TV 255

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




 $\dot{V}_{50} \text{ [m}^3/\text{h.m}^2\text{]}$

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

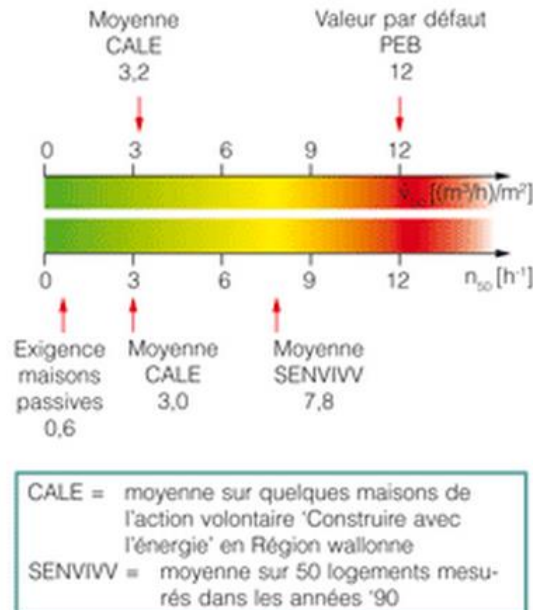
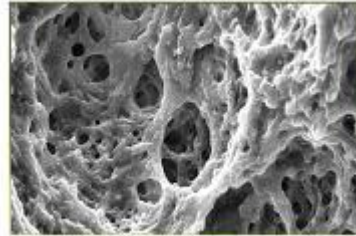


Fig. 1 Valeurs repères pour $\dot{V}_{50}$ et n_{50} .



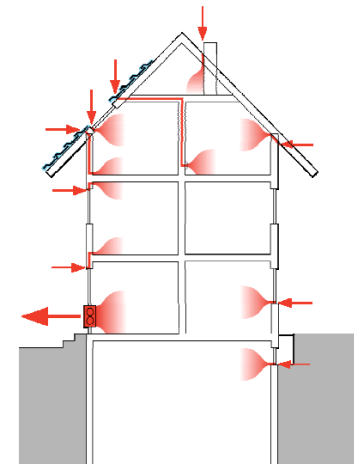
Waar komen de lekken vandaan?

- Porositeit van de materialen



Bron: microscopische foto van weefsel

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



Bron: energie+



KENNISOPFRISSING

- Isolatie
- Luchtdichtheid
- **Ventilatie**

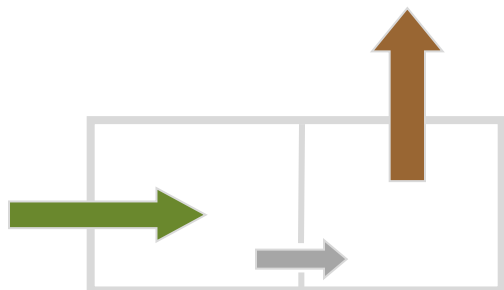
UITDAGINGEN

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

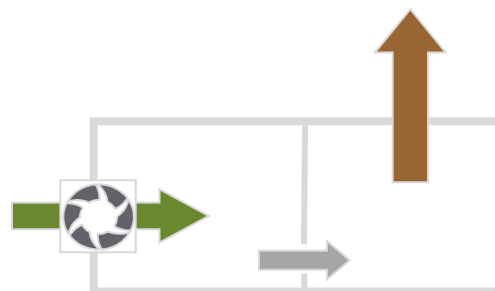
VERBONDEN WERKEN



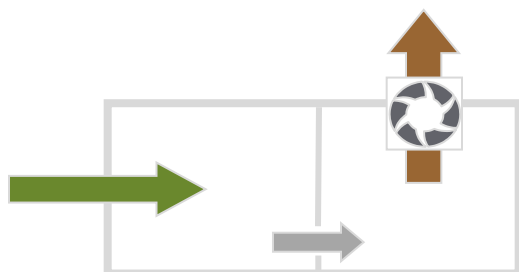
- A.** natuurlijke toevoer
+ natuurlijke afvoer



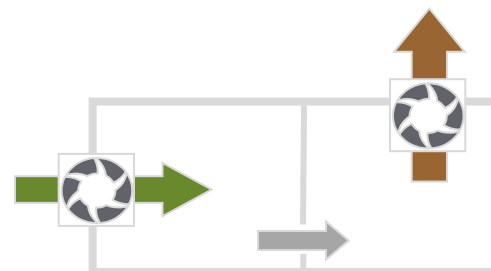
- B.** mechanische toevoer
+ natuurlijke afvoer



- C.** natuurlijke toevoer
+ mechanische afvoer



- D.** mechanische toevoer
+ mechanische afvoer



Systeem C

+	-
• Controle van de afvoerluchtdebieten (en in mindere mate van de toevoerluchtdebieten) • Gebouw in onderdruk • Flexibele realisatie van de afzuiging • Mogelijkheid van regeling van de luchtafzuiging volgens kwaliteit en/of aanwezigheid (C+) • Voordeliger in gebruik dan systeem D • Energierecuperatie uit vervuilde lucht mogelijk (met warmtepomp)	• Elektriciteitsverbruik • Regelmatig onderhoud is noodzakelijk • Manuele regeling, rooster per rooster • (Filtering van de toegevoerde lucht) • (Buitengeluiden) • Toegevoerde 'koude' lucht = energieverlies en gebrek aan comfort • Appartementengebouwen: risico van drukonevenwicht tussen woningen • Gelijkmatige verdeling van de toegevoerde lucht minder goed verzekerd (centrale ruimte)



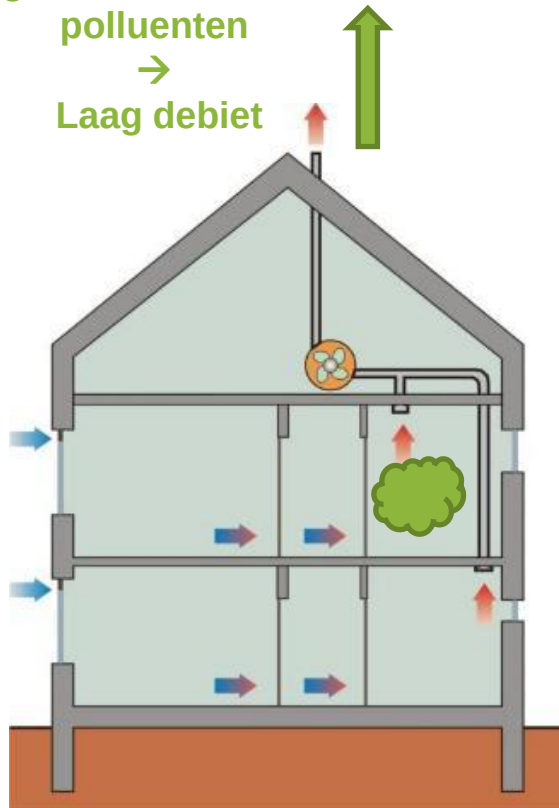
Systeem C+

- Regeling overeenkomstig de sensoren (RV, CO₂, VOS, aanwezigheid)

⇒ Vermindering van verliezen en verbruik

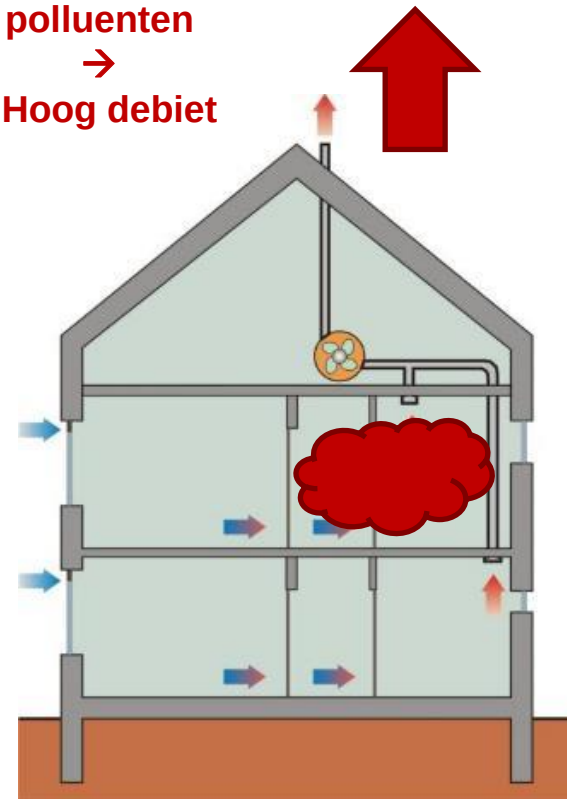
Lage concentratie van
polluenten
→

Laag debiet



Hoge concentratie van
polluenten
→

Hoog debiet



Systeem D

+	-
• Controle van de debieten (onafhankelijkheid van de weersomstandigheden en mogelijke regeling) • ‘Voorverwarmde’ toegevoerde lucht = energierugwinning (positieve balans ‘energieverbruik <> vermindering van de behoeften’) en comfort • Geen overdracht van buitengeluiden • Filtering van de verse lucht (algemeen)	• Elektriciteitsverbruik • Regelmatig onderhoud is noodzakelijk • Kosten (die voor systeem C niet gelijk aan nul) • Plaatsruimte van de kanalen en de groep (soms complex bij renovatie)



Gecentraliseerd of gedecentraliseerd?

- ▶ Per vertrek en voor kleine debieten (enkele personen)
- ▶ In de buitenmuren of boven de ramen



Gecentraliseerd of gedecentraliseerd?

- ▶ Per vertrek en voor grotere debieten (tussen 10 en 30 personen)
- ▶ Ter hoogte van het plafond of in de vorm van een kast



Extra vlak



Gecentraliseerd of gedecentraliseerd?

- Voor een woning, een klein niet-residentieel gebouw, of een deel van een gebouw



- Voor zeer grote debieten



KENNISOPFRISSING

UITDAGINGEN

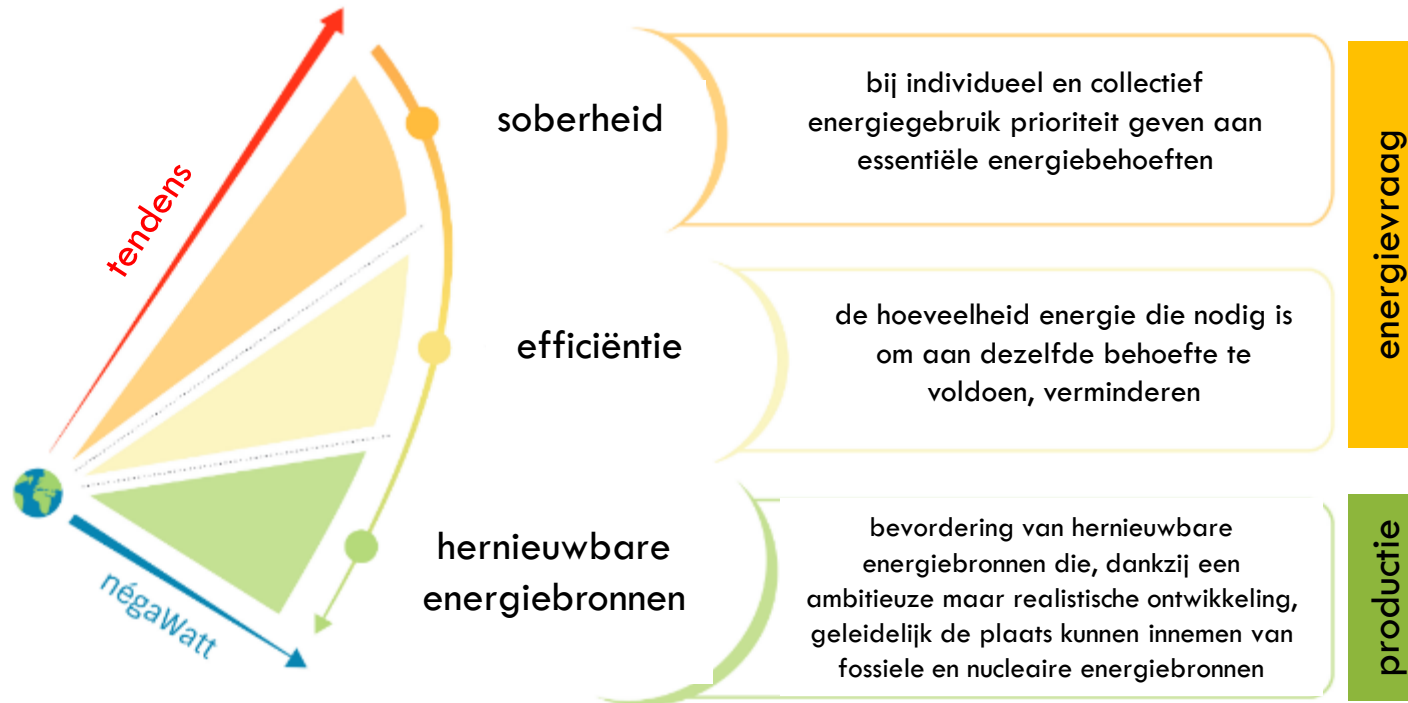
- ▶ **Energie**
- ▶ Gezondheid en behoud van het gebouw
- ▶ Materialen

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

VERBONDEN WERKEN



Wat zijn de uitdagingen?



Bron: © Association négaWatt



Wat zijn de uitdagingen?

- ▶ Soberheid
 - Comfort moet bereikt worden daar waar het nodig is
 - Het is niet overal en/of altijd nodig
 - Comfort kan (moet?) aangepast worden aan de ruimte (gang >< cleanroom)



Wat zijn de uitdagingen?

- ▶ Efficiëntie
 - Beperken van de warmteverliezen tijdens de **stookperiode**
 - Ontwerpen van gebouwen die passieve koelingsoplossingen bevorderen om comfort in de **zomerse periode** te verzekeren
 - Ontwerpen van gebouwen die **natuurlijke verlichting** bevorderen
 - Kiezen voor **efficiënte technologieën, aangepast aan de behoeften**



KENNISOPFRISSING

UITDAGINGEN

- Energie
- **Gezondheid en behoud van het gebouw**
- Materialen

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

VERBONDEN WERKEN



Wat zijn de uitdagingen?

- ▶ Met betrekking tot de verbetering van de prestaties van de gebouwschil
 - Doeltreffend ventileren
 - De bestaande vochtproblemen behandelen
 - Een ononderbroken luchtdichtheid verzekeren
 - Wanden ontwerpen met duurzaam goede prestaties op het vlak van de waterdampdiffusie
 - De gevels tegen regen beschermen



Waarom een ventilatiesysteem installeren?

- ▶ In de binnenomgeving bevinden zich diverse soorten vervuiling verbonden aan
 - het gebruik ervan door mensen
 - Geuren
 - Tabaksrook
 - Vocht
 - CO₂
 - het gebouw en zijn uitrustingen
 - de omgeving
- ▶ Deze zijn schadelijk voor
 - de gezondheid, het comfort, de productiviteit van de gebruikers van de ruimten
 - de gezondheid van het gebouw

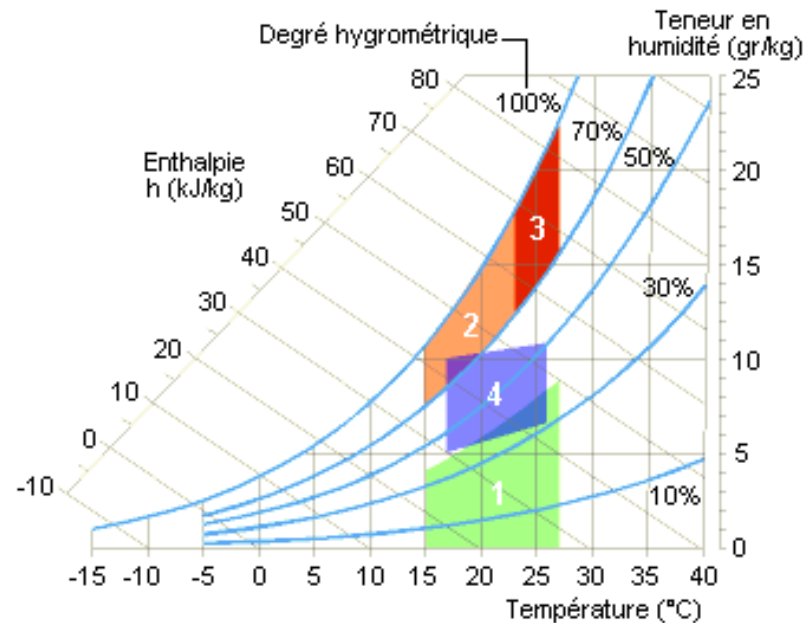


Bron: écorce



Waarom een ventilatiesysteem installeren?

- ▶ Als het gebouw luchtdichter wordt gemaakt, kan de vochtigheid minder makkelijk worden afgevoerd



Zone 1: droogteproblemen

Zones 2 en 3: ontwikkeling van bacteriën en microzwammen

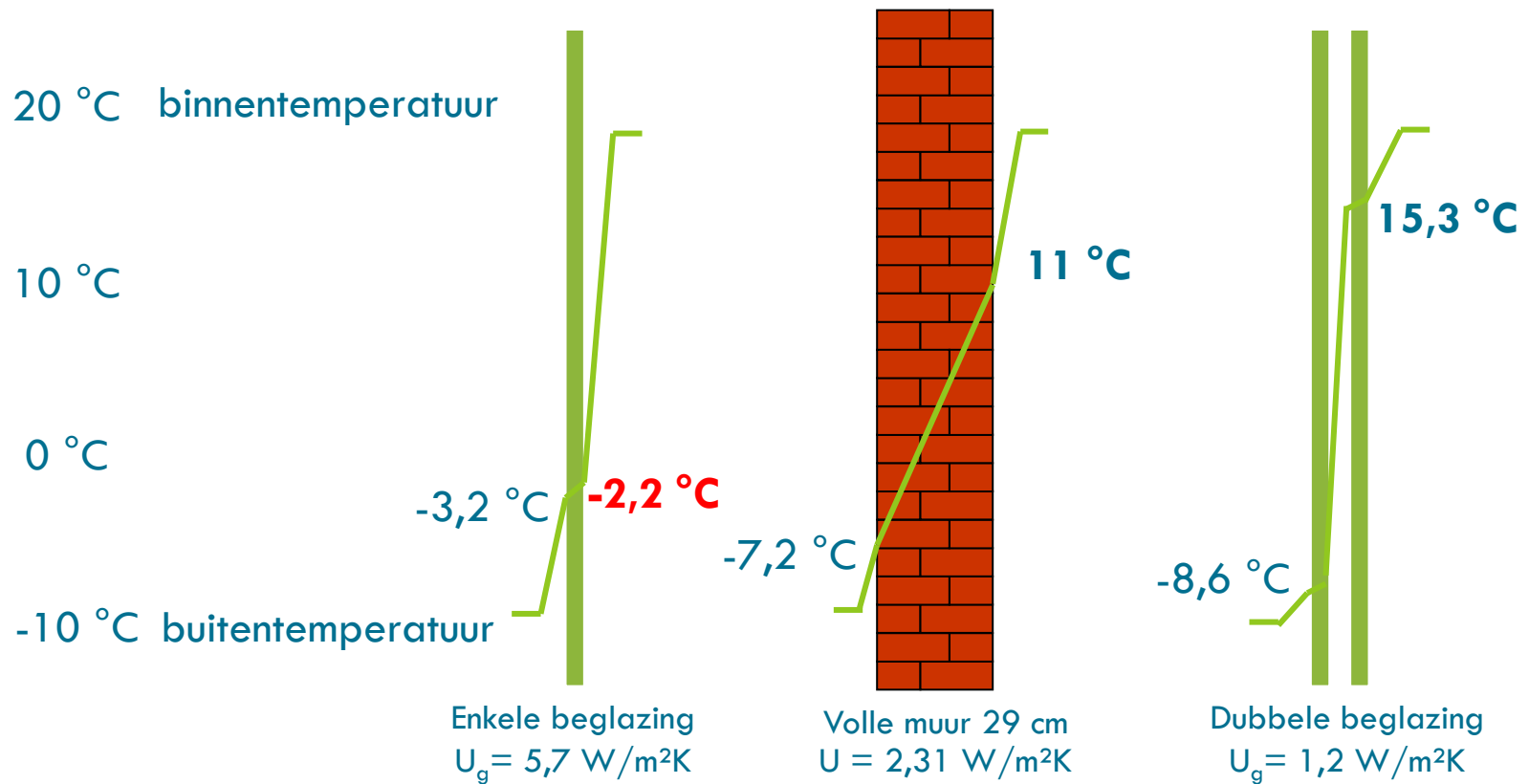
Zone 3: ontwikkeling van mijtachtigen

Zone 4: polygoon van hygrothermisch comfort



Waarom een ventilatiesysteem installeren?

- Door de ramen te vervangen, evolueert het fenomeen van condensatie op koude wanden...



KENNISOPFRISSING

UITDAGINGEN

- Energie
- Gezondheid en behoud van het gebouw
- **Materialen**

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

VERBONDEN WERKEN



Wat zijn de uitdagingen?

- ▶ Met betrekking tot het **ontwerp van een project**
 - Rationeel gebruik van materialen
 - Integratie van het concept 'levenscyclus'



- Integratie van het concept 'bouwhiërarchie' (omkeerbaarheid)
- Ontwerpen om een structuur uit elkaar te halen, te ontmantelen en te demonteren



Wat zijn de uitdagingen?

- ▶ Met betrekking tot de **keuze van bouwmaterialen en -producten**
 - Gebruik van materialen en bouwelementen uit recuperatiekanalen
 - Kiezen voor materialen en producten met een lage impact op het milieu en de gezondheid
 - lokaal beschikbare grondstoffen
 - duurzame productie / winning
 - hernieuwbare grondstoffen
 - gerecycleerde materialen
 - beperkte impact op de menselijke gezondheid
 - Rekening houden met de te verwachten levenscyclus van de materialen en producten
 - Bijzon



Bron: ROTOR



KENNISOPFRISSING

UITDAGINGEN

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

► **Definities**

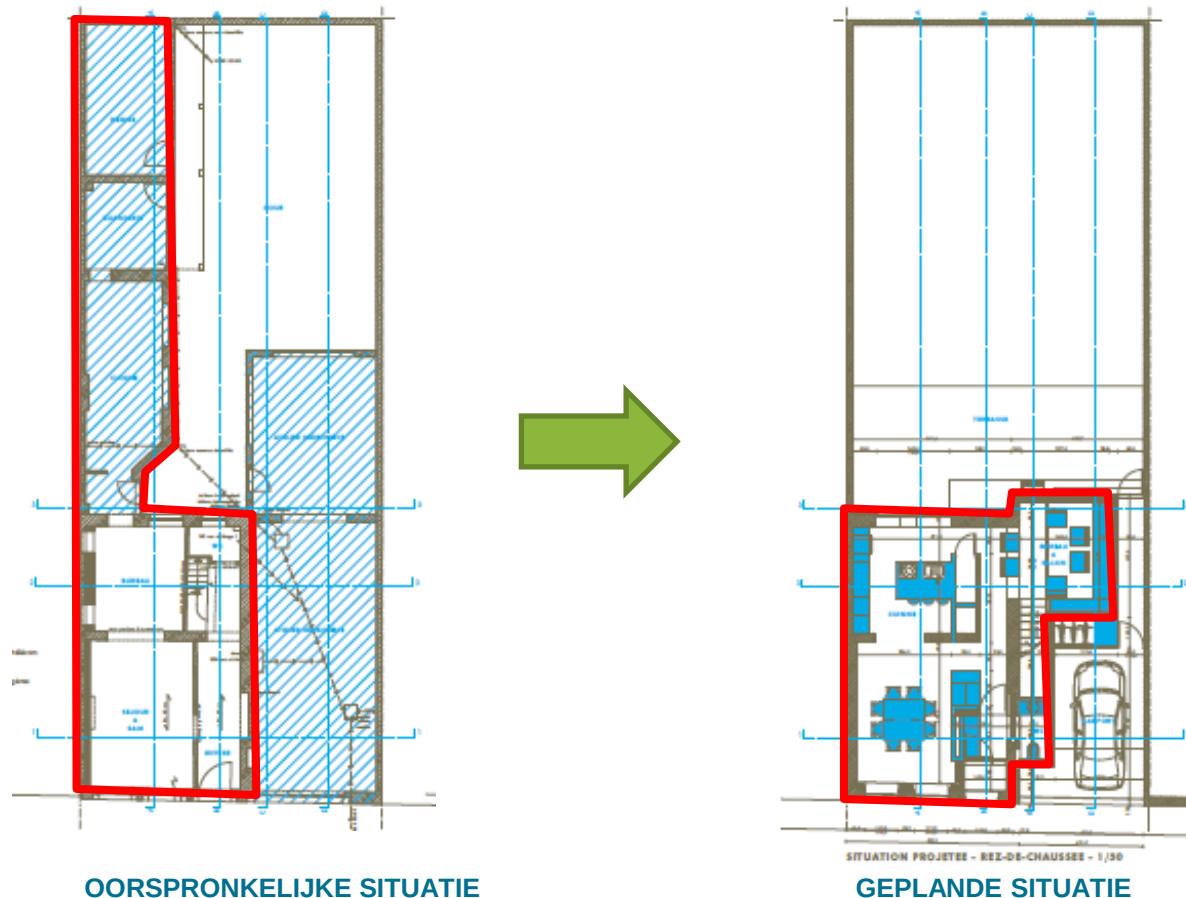
- Energie-aanpak
- Stappen in de uitvoering van een energieontwerpstudie / energieaudit
- Actieplan

VERBONDEN WERKEN



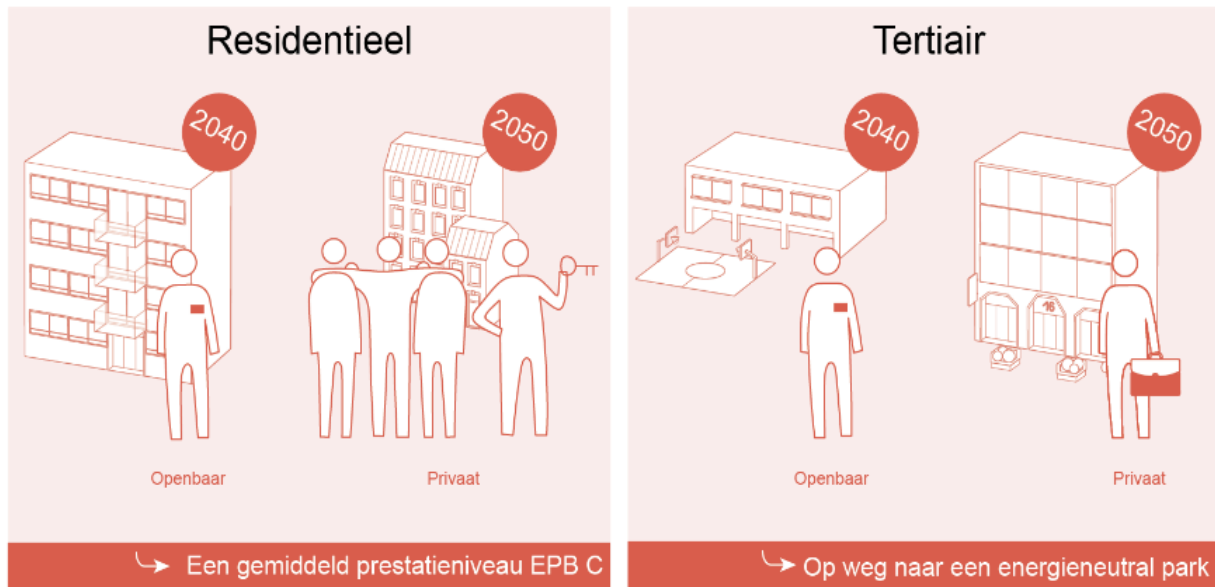
Wat is het verschil tussen een energieaudit en een energieontwerpstudie?

- De verbeteringsvoorstellen houden rekening met de geplande situatie



Wat wordt er onder 'performante renovatie' precies verstaan?

- Renovatie waardoor minstens* de gewestelijke doelstelling volgens de **RENOLUTION**-renovatiestrategie wordt gerealiseerd



* Voor bepaalde woningtypologieën is deze doelstelling niet zeer ambitieus!



Wat wordt er onder ‘performante renovatie’ precies verstaan?



- ▶ Renovatie die **zeer goede energieprestaties** oplevert en daarbij de mogelijkheid biedt
 - **het gebouw te behoeden** voor pathologieën verbonden aan de werken (hygrothermisch gedrag)
 - **het comfort** (op thermisch, akoestisch en respiratoir vlak) van de bewoners **te verzekeren** zonder hun gezondheid in gevaar te brengen
 - **het rationele gebruik van de hulpbronnen** te verzekeren en in algemenere zin rekening te houden met de uitdagingen op het vlak van de **circulaire economie**

⇒ De andere uitdagingen komen niet aan bod in het kader van deze presentatie omdat ze weinig verband houden met de werken m.b.t. de gebouwschil



KENNISOPFRISSING

UITDAGINGEN

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

- ▶ Definitie
- ▶ **Energie-aanpak**
- ▶ Stappen in de uitvoering van een energieontwerpstudie / energieaudit
- ▶ Actieplan

VERBONDEN WERKEN



Keuze van een prestatieniveau

De beste energie is deze die we niet verbruiken

- ⇒ De principes van de passiefnorm volgen
- ⇒ Voor een globale aanpak van de energiebehoeften kiezen (warmte – koude – elektriciteit)
- ⇒ Rekening houden met het verbruik omgerekend in primaire energie



Keuze van een prestatieniveau

Vandaag reeds renoveren volgens de eisen van morgen

- ⇒ Zich laten leiden door toekomstige voorschriften (bijv.: verbod op de verkoop van atmosferische verwarmingsketels) of door voorschriften die betrekking hebben op nieuwbouwprojecten...
- ⇒ Anticiperen op verdere ontwikkelingen



Langetermijnvisie

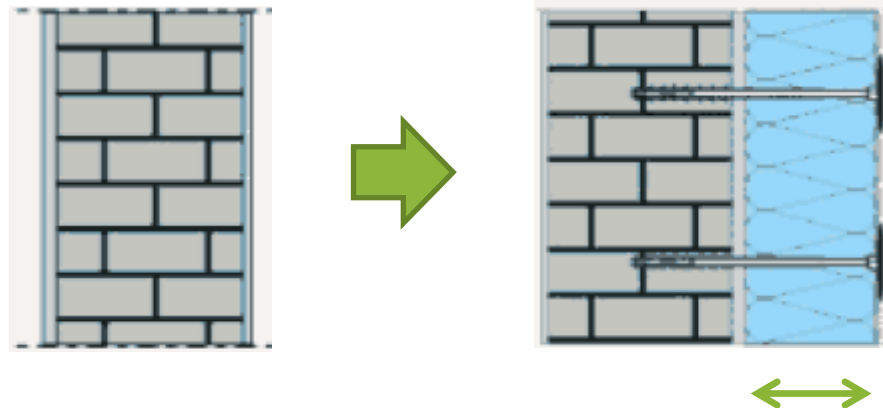
**Bij renovatie: de kans op energiebesparingen niet verloren laten gaan
en versnippering vermijden**

⇒ **Illustratie aan de hand van een voorbeeld...**



Voorbeeld nr. 1: renovatie van een bestaande bepleisterde gevel

- ▶ Er zijn werken nodig: schilderwerk is beschadigd, bepleistering vertoont scheuren,...
- ▶ Welke mogelijkheden zijn er?
 - Eenvoudige renovatie zonder isolatie (bepleistering en/of schilderwerk)
 - Bepleistering op isolatie met $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^2\text{K}$, in de massa gekleurd



⇒ **Welke dikte?**

⇒ **Welke isolatiedikte is vereist om aan de reglementering te voldoen?**



Voorbeeld nr. 1: renovatie van een bestaande bepleisterde gevel



016

- Becijferde toepassing op het voorbeeldgebouwproject LOOSSENS
 - Duplex nr. 2 (energetische referentieoppervlakte: 105 m²)
 - 123 m² te isoleren gevel (noord – oost – zuid)
 - Verwarming op aardgas (globaal seizoensrendement van 85 %)
 - Energieprijs: c€ 13,2/kWh – bron: energiecommune.be, februari 2023)
 - $U_{\text{dak}} = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $n_{50} = 0,6 \text{ vol/h}$



Voorbeeld nr. 1: renovatie van een bestaande bepleisterde gevel



016

- Becijferde toepassing op het voorbeeldgebouwproject LOOSSENS

	U wand	Verwar- mings- behoefte	Jaarl. verwar- mings- behoefte	Verwar- mings- kosten	Besparing	Kosten maatregel (met steiger)	Kosten maatregel (met installatie)	Eenvou- dige terugver- dientijd
Geval	W/(m ² K)	kWh/m ² .jaar	kWh/jaar	€/jaar	€/jaar	€/m ² (excl. btw)	€ (incl. btw)	jaar
Beplevstering	2,93	286	30.039	4.668	0	90	14.527	-
12 cm	0,24	21	2.206	343	4.325	150	23.327	5,4
20 cm	0,16	15	1.575	245	4.424	155	24.147	5,5
25 cm	0,12	13	1.365	212	4.456	165	25.639	5,8

Bron: écorce

⇒ Een dikkere isolatie is amper duurder

⇒ Een aanzienlijk deel van de investeringskosten bestaat uit vaste kosten: de bouwplaatsinrichting (€ 850), de steiger (€ 15/m²), een nieuwe bepleistering, de aanpassing van de details, eventueel schilderwerk...



Voorbeeld nr. 1: renovatie van een bestaande bepleisterde gevel



016



- Becijferde toepassing op het voorbeeldgebouwproject LOOSSENS
 - Als men de isolatie 'later' wil verbeteren (door van 12 naar 20 cm isolatie te gaan), wat zou de terugverdientijd dan zijn?

Verwarmingsbesparing: $343 - 245 = € 98/\text{jaar}$

Kosten: € 24.147 incl. btw

ETV: $€ 24.147 / 98 = 246 \text{ jaar!}$

- ⇒ **Als men de isolatie 'later' wil verbeteren, moeten de vaste kosten nogmaals worden betaald. Dit is dus nooit rendabeler!**
- ⇒ **Op de isolatiedikte mag niet worden bespaard!**
- ⇒ **De berekening van de verwarmingsbehoefte laat toe zich een globaal beeld te vormen en doordachte keuzes te maken**



KENNISOPFRISSING

UITDAGINGEN

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

- ▶ Definitie
- ▶ Energie-aanpak
- ▶ **Stappen in de uitvoering van een energieontwerpstudie / energieaudit**
- ▶ Actieplan

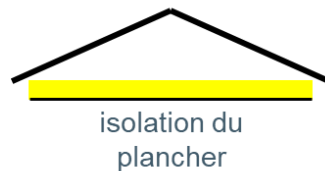
VERBONDEN WERKEN



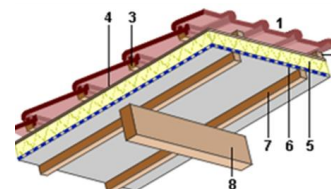
Eerste stap

→ Definitie van het verwarmde volume

- Buiten het verwarmde volume te voorziene ruimten
 - Garages/parkings
 - Lokalen waar (soms) ventilatie nodig is (vuilnisbakkenlokaal, meterlokaal, stookruimte,...)
 - Aangrenzende onverwarmde ruimten in de zin van de EPB-reglementering (zolderruimte, trappenhuis, gang,...)
 - ...

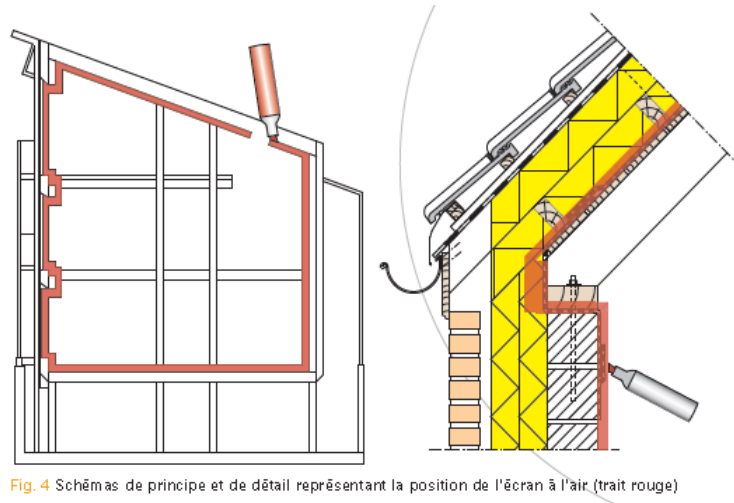


OF



Eerste stap

→ Definitie van het luchtdichte volume



Bron: Buildwise - Contact nr. 33 (2012/1)

- ⇒ Op elk plan en elke doorsnede van het gebouw moet met een doorlopende lijn de grens van het luchtdichte volume kunnen worden aangegeven
- ⇒ Het geïsoleerde volume = het luchtdichte volume



Tweede stap

→ Diagnose van het bestaande

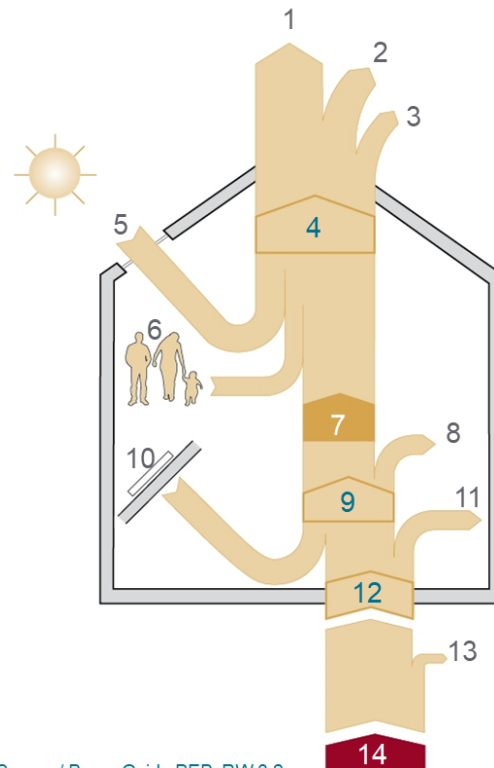
- Evaluatie van de prestaties per scheidingsconstructie
- Raming van het luchtdichtheidsniveau
- Welk type ventilatiesysteem?



Derde stap



- Evaluatie van de initiële energieprestaties
- Berekening van de verwarmingsbehoefte om een goed precisieniveau te garanderen



Source / Bron : Guide PEB RW 3.2

	1. Déperditions par transmission
+	2. Déperditions par ventilation volontaire
+	3. Déperditions par in/exfiltration
=	4. Déperditions totales de l'enveloppe
-	5. Apports solaires
-	6. Apports internes
=	7. Besoins nets en énergie pour le chauffage
+	8. Pertes du système
=	9. Besoins bruts en énergie pour le chauffage
-	10. Solaire thermique éventuel
+	11. Pertes de production
=	12. Consommation finale pour le chauffage
+	13. Pertes de transformation
=	14. Consommation d'énergie primaire pour le chauffage

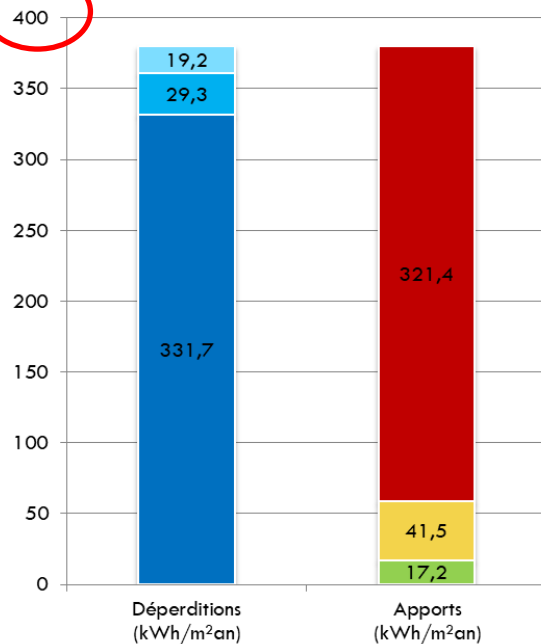


Derde stap

→ Evaluatie van de initiële energieprestaties

Thermische balans van de gebouwschil in de winter

Bron: écorce



Niet-gerenoveerd gebouw

$U_{\text{gem.}} = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
type ventilatie: non-conform
dichtheid = 7,8

- Besoins en énergie de chauffage
- Apports solaires
- Apports internes
- Pertes par infiltrations
- Pertes par ventilation
- Pertes par transmission



Passiefgebouw

$U_{\text{gem.}} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
type ventilatie: D (88 %)
dichtheid = 0,6



Vierde stap

→ Verbeteringen voorstellen – aanpak per scheidingsconstructie: welke isolatiedikte?



► Voor een muur...

- 30 cm minerale wol (MW) ($\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$) mechanisch bevestigd
→ $U \approx 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 20 cm polyurethaan (PUR) ($\lambda = 0,023 \text{ W/mK}$) mechanisch bevestigd
→ $U \approx 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 25 cm geëxpandeerd polystyreen (EPS) ($\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$) gelijmd (met pleisterafwerking)
→ $U \approx 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 40 cm cellulosewol ($\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$) in houten structuur (13 %)
→ $U \approx 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$

⇒ **Een ambitieus doel stellen $> U$ tussen 0,1 en 0,2 $\text{W/m}^2\text{K}$**



Vierde stap

→ Verbeteringen voorstellen – aanpak per scheidingsconstructie: welke isolatiedikte?



► Voor een dak...

- 18 cm MW ($\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$) in houten structuur (7 %)
→ $U \approx 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 45 cm cellulosewol ($\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$) in houten structuur (7 %)
→ $U \approx 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 22 cm PUR ($\lambda = 0,023 \text{ W/mK}$) op plat dak gelijmd
→ $U \approx 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

⇒ Een ambitieus doel stellen > U tussen 0,1 en 0,2 $\text{W/m}^2\text{K}$



Vierde stap

→ Verbeteringen voorstellen – aanpak per scheidingsconstructie: welke isolatiedikte?



► Voor een vloer...

- 22 cm cellulosewol met $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$, in houten structuur (11 %)
→ $U \approx 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 14 cm PUR met $\lambda = 0,022 \text{ W/mK}$
→ $U \approx 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 17 cm gespoten PUR met $\lambda = 0,027 \text{ W/mK}$
→ $U \approx 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

⇒ Een ambitieus doel stellen > U tussen 0,1 en 0,2 $\text{W/m}^2\text{K}$

⇒ Belang hiervan varieert naargelang de vloer zich boven een kelder, een geventileerde kruipruimte of in contact met de grond bevindt

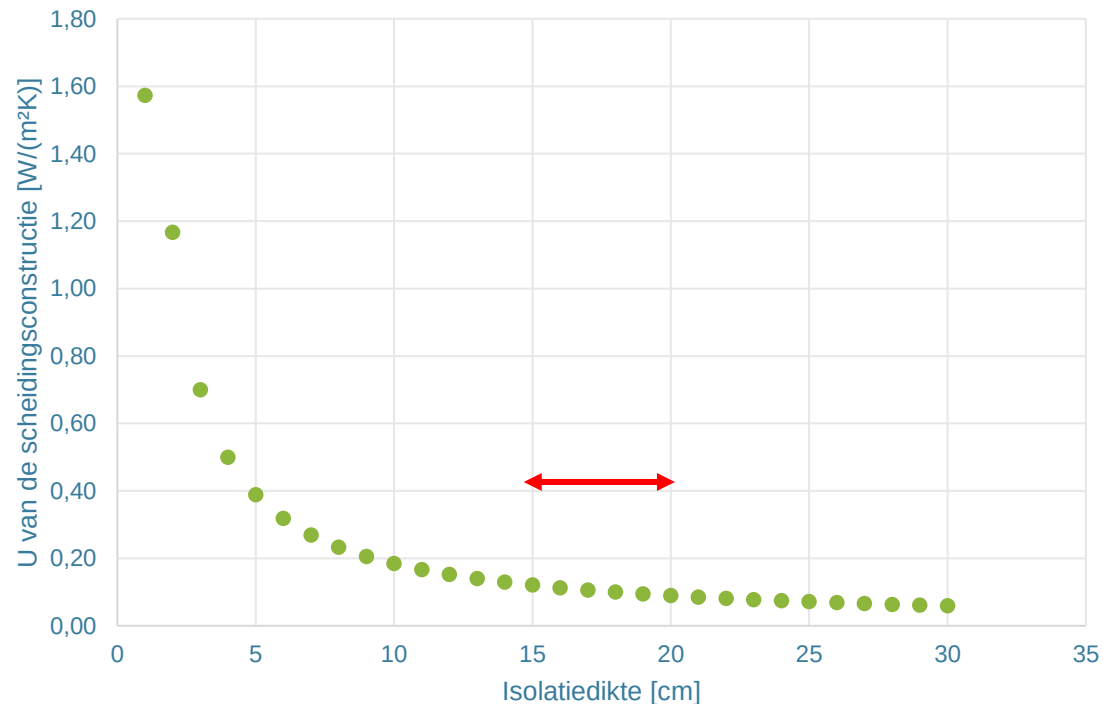


Vierde stap

→ Verbeteringen voorstellen – aanpak per scheidingsconstructie: welke isolatiedikte?

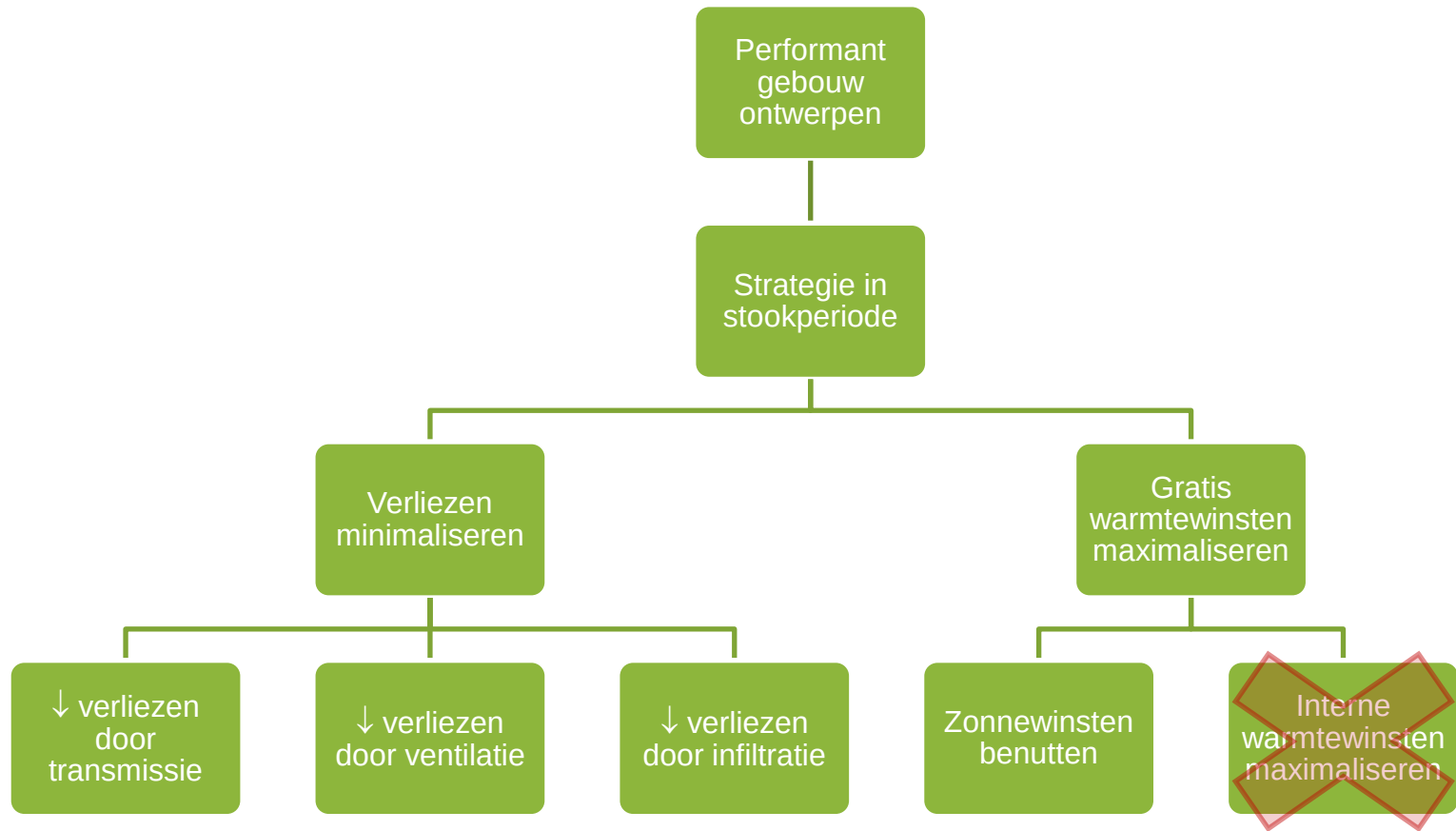
⇒ **Streven naar optimale prestaties (efficiëntie/kosten)**

Variatie van de U-waarde volgens de isolatiedikte



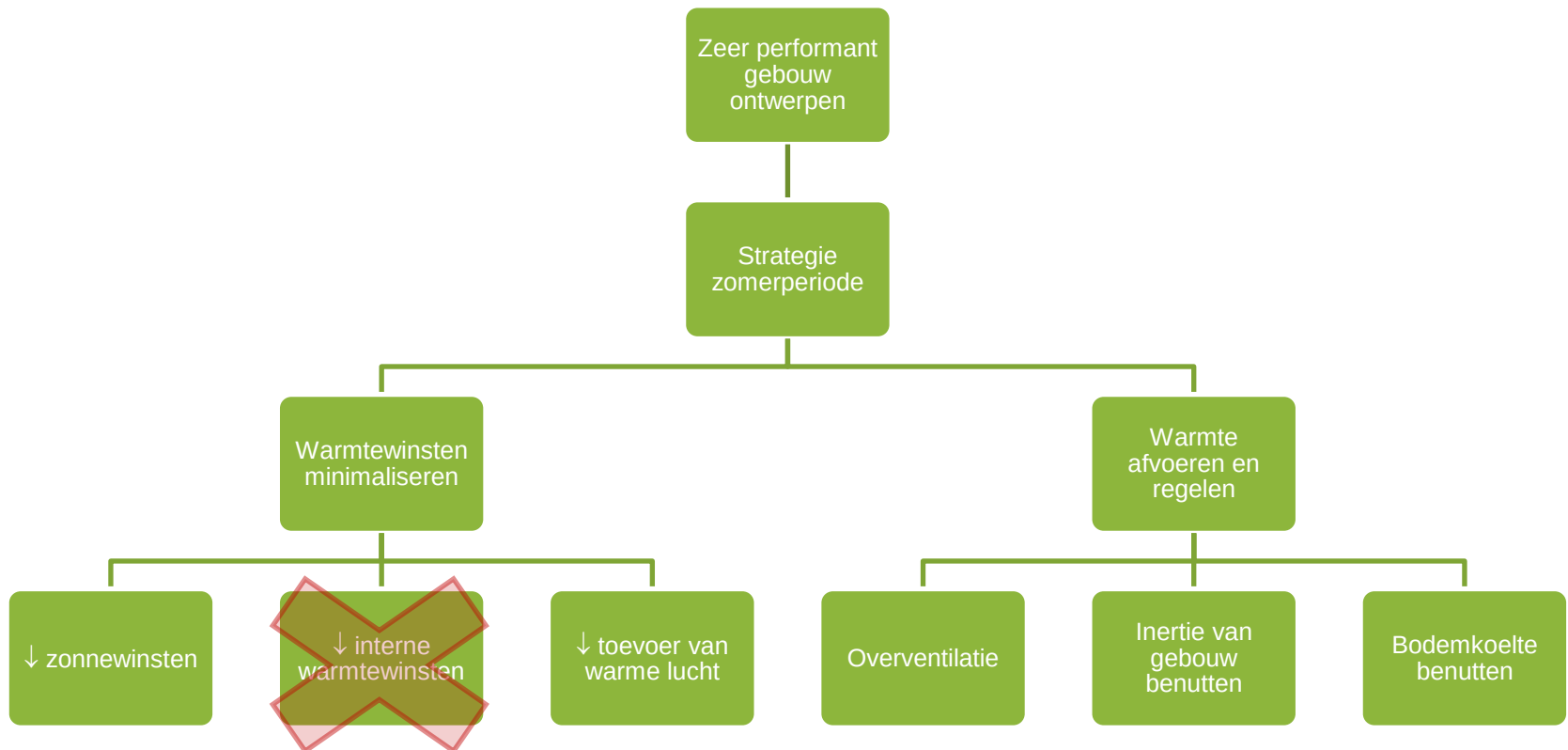
Vierde stap

→ Verbeteringen voorstellen – ontwerpstrategie voor de winter



Vierde stap

→ Verbeteringen voorstellen – ontwerpstrategie voor de zomer



Vierde stap

→ Verbeteringen voorstellen

→ Berekening van de verwarmingsbehoefte voor een **globale aanpak**



	Châssis SV > DV	Châssis et vitrage	Châssis TV (Ug=0,8 et Uf=0,8)	Isolation des murs extérieurs (cm)	Isolation des sols sur VV (cm)	Isolation de la toiture (cm)	Isolation dalle de cave (cm)	VMC double-flux (rdmt 75%)	Etanchéité à l'air (valeur n50)	Facilité de mise en œuvre (+ / ++ / +++)	Coût de l'amélioration (€ TVAC - §%)	Performance énergétique (kWh/m².an)	Economies par rapport au cas de base	Réduction de la consommation de gaz (m³/an)	Réduction de la facture énergétique (€/an)	Réduction convertie en énergie primaire (kWh)	Réduction convertie en émissions de CO2 (kg/an)	Temps de retour sur investissement
Cas base									7.8			386	-					
AM1	X								7.8	++	30 685 €	368	5%	431	220 €	4738	1081	139.7
AM2		X							7.8	++	55 933 €	355	8%	742	378 €	8160	1862	147.8
AM9						15			7.8	++	20 257 €	273	29%	2 704	1 379 €	29746	6787	14.7
Minimum réglementaire	X			7	7	12	7		3.5		116 781 €	81	79%	7 299	3 722 €	80288	18320	31.4
Optimal+DV		X		8	10	15	7		3		145 608 €	57	85%	7 873	4 015 €	86605	19762	36.3
Optimal+DV+VMC		X		8	10	15	7	X	1.5		178 108 €	38	90%	8 328	4 247 €	91607	20903	41.9
Optimal+TV			X	8	10	15	7		3		184 612 €	52	87%	7 993	4 076 €	87922	20062	45.3
Optimal+TV+VMC			X	8	10	15	7	X	1.5		217 112 €	33	91%	8 448	4 308 €	92923	21203	50.4



Vijfde stap

→ Maatregelen combineren om een doelstelling te realiseren

	Châssis SV > DV	Châssis et vitrage	Châssis TV (Ug=0,8 et Uf=0,8)	Isolation des murs extérieurs (cm)	Isolation des sols sur VV (cm)	Isolation de la toiture (cm)	Isolation dalle de cave (cm)	VMC double-flux (rdmt 75%)	Etanchéité à l'air (valeur n50)	Facilité de mise en œuvre (+ / ++ / +++)	Coût de l'amélioration (€ TVAC - §%)	Performance énergétique (kWh/m².an)	Economies par rapport au cas de base	Réduction de la consommation de gaz (m³/an)	Réduction de la facture énergétique (€/an)	Réduction convertie en énergie primaire (kWh)	Réduction convertie en émissions de CO2 (kg/an)	Temps de retour sur investissement
Cas base									7.8			386	-					
AM1	X								7.8	++	30 685 €	368	5%	431	220 €	4738	1081	139.7
AM2		X							7.8	++	55 933 €	355	8%	742	378 €	8160	1862	147.8
AM9						15			7.8	++	20 257 €	273	29%	2 704	1 379 €	29746	6787	14.7
Minimum réglementaire	X			7	7	12	7		3.5		116 781 €	81	79%	7 299	3 722 €	80288	18320	31.4
Optimal+DV		X		8	10	15	7		3		145 608 €	57	85%	7 873	4 015 €	86605	19762	36.3
Optimal+DV+VMC		X		8	10	15	7	X	1.5		178 108 €	38	90%	8 328	4 247 €	91607	20903	41.9
Optimal+TV			X	8	10	15	7		3		184 612 €	52	87%	7 993	4 076 €	87922	20062	45.3
Optimal+TV+VMC			X	8	10	15	7	X	1.5		217 112 €	33	91%	8 448	4 308 €	92923	21203	50.4



KENNISOPFRISSING

UITDAGINGEN

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

- ▶ Definitie
- ▶ Energie-aanpak
- ▶ Stappen in de uitvoering van een energieontwerpstudie / energieaudit
- ▶ **Actieplan**

VERBONDEN WERKEN



A priori is het altijd efficiënter en eenvoudiger een globale interventie in één enkele fase te voorzien...

De fasering van de werken kan verschillende redenen hebben

- Beperkte financiële mogelijkheden
- Noodzaak het gebouw verder te bewonen of te gebruiken tijdens de werken
- Dringende noodzaak het gebouw te betrekken
- De wens installaties/uitrustingen die het einde van hun levensduur nog niet bereikt hebben, (nog enige tijd) te behouden
- ...

⇒ **Een gefaseerde renovatie vereist een actieplan**



Een renovatie is performant als uiteindelijk alle scheidingsconstructies behandeld zijn

- ▶ Opake scheidingsconstructies
 - Vloeren
 - Daken of zoldervloeren
 - Muren
 - Scheidingsconstructies tegen niet-verwarmde aangrenzende ruimten
- ▶ Buitenschrijnwerk



Wat zijn de voorwaarden voor de succesvolle realisatie van een performante renovatie?

- ▶ Er is een globale visie vereist > weten waarover het gaat, welke doelen er moeten worden nagestreefd
- ▶ Alle posten moeten worden behandeld (gebouwschil en technieken)
- ▶ De wisselwerkingen tussen de posten moeten worden behandeld (verbonden werken en bouwknopen)
- ▶ Er dient voor een goede uitvoering van de werken en een duurzame monitoring gezorgd te worden



Hoe dit te bereiken?

- ▶ Eerst denken, dan doen
- ▶ Een actieplan opstellen



Als ik mijn wanden isoleer, moet ik...

... de continuïteit van de isolatie en de luchtdichtheid verzekeren



Of het nu al dan niet om een gefaseerde renovatie gaat!

► Aansluitingen

- vloer/muur
- dak/muur
- tussenvloer/muur
- raam/muur
- ...

⇒ **Alle bouwknopen identificeren**



Werkpakketten bepalen en daarbij het aantal fasen beperken, telkens met focus op drie aspecten



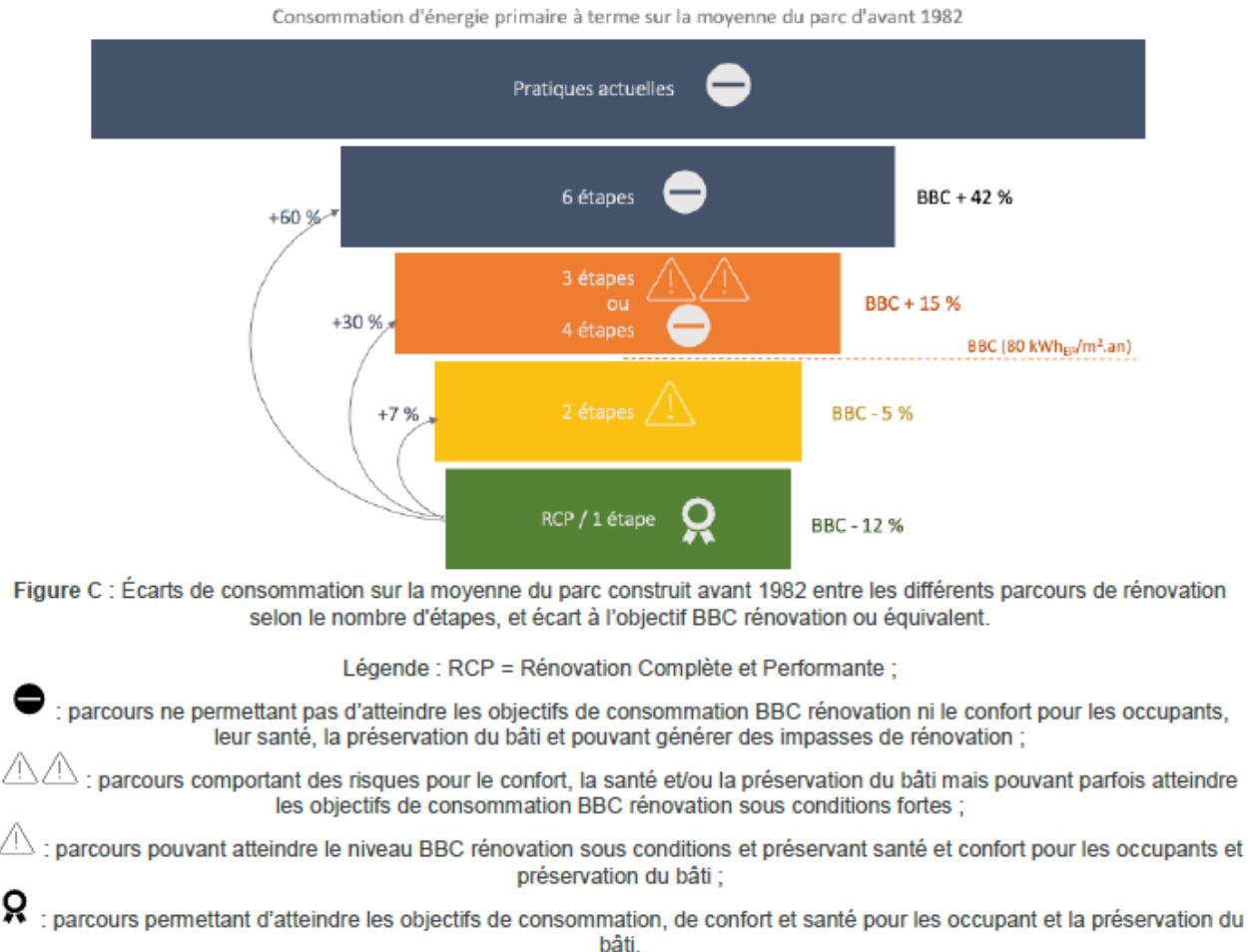
- ▶ Uiteindelijk te realiseren prestaties
- ▶ Kwaliteit van het gebouw
- ▶ Comfort en gezondheid van de bewoners



... zonder de andere uitdagingen te vergeten!



Waarom het aantal fasen beperken?



Bron: Ademe – La rénovation performante par étapes



KENNISOPFRISSING

UITDAGINGEN

ALGEMENE BESCHOUWINGEN

VERBONDEN WERKEN

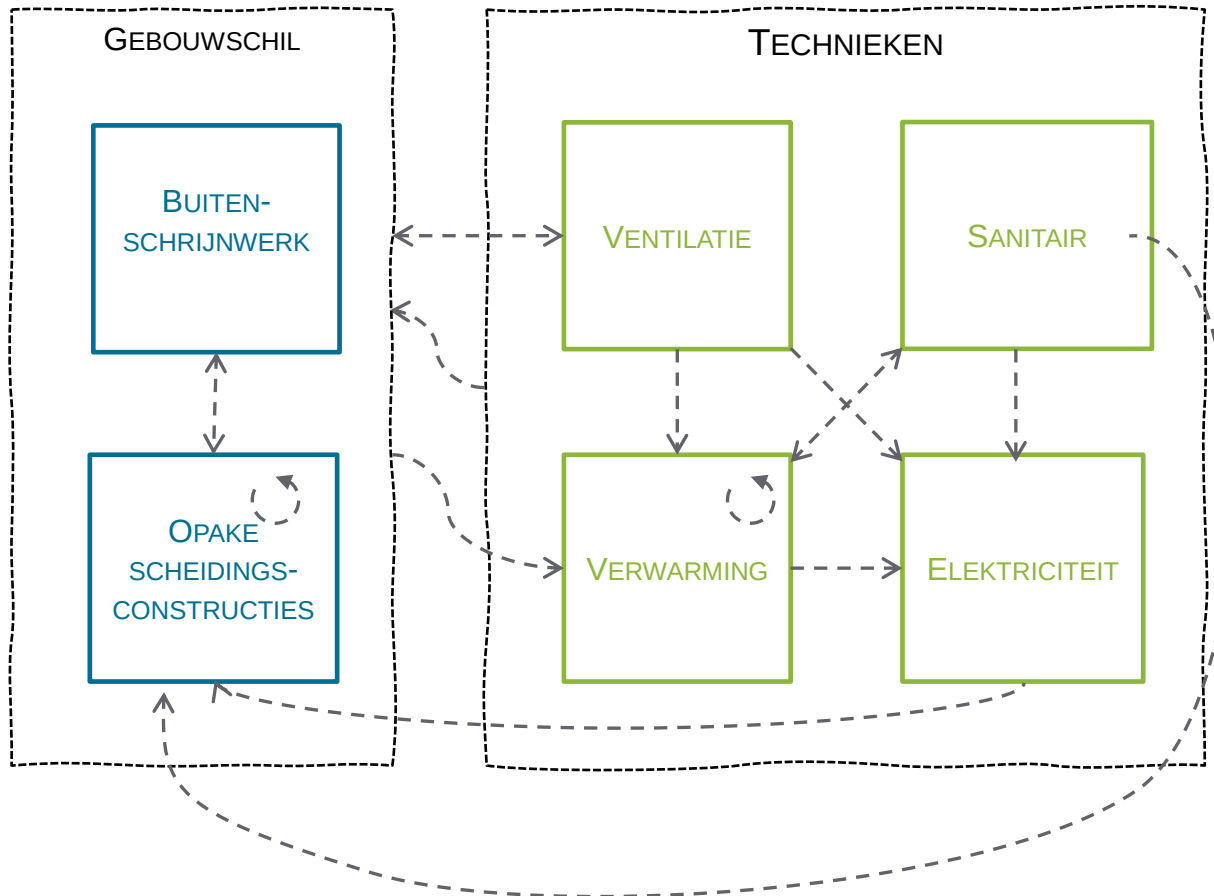




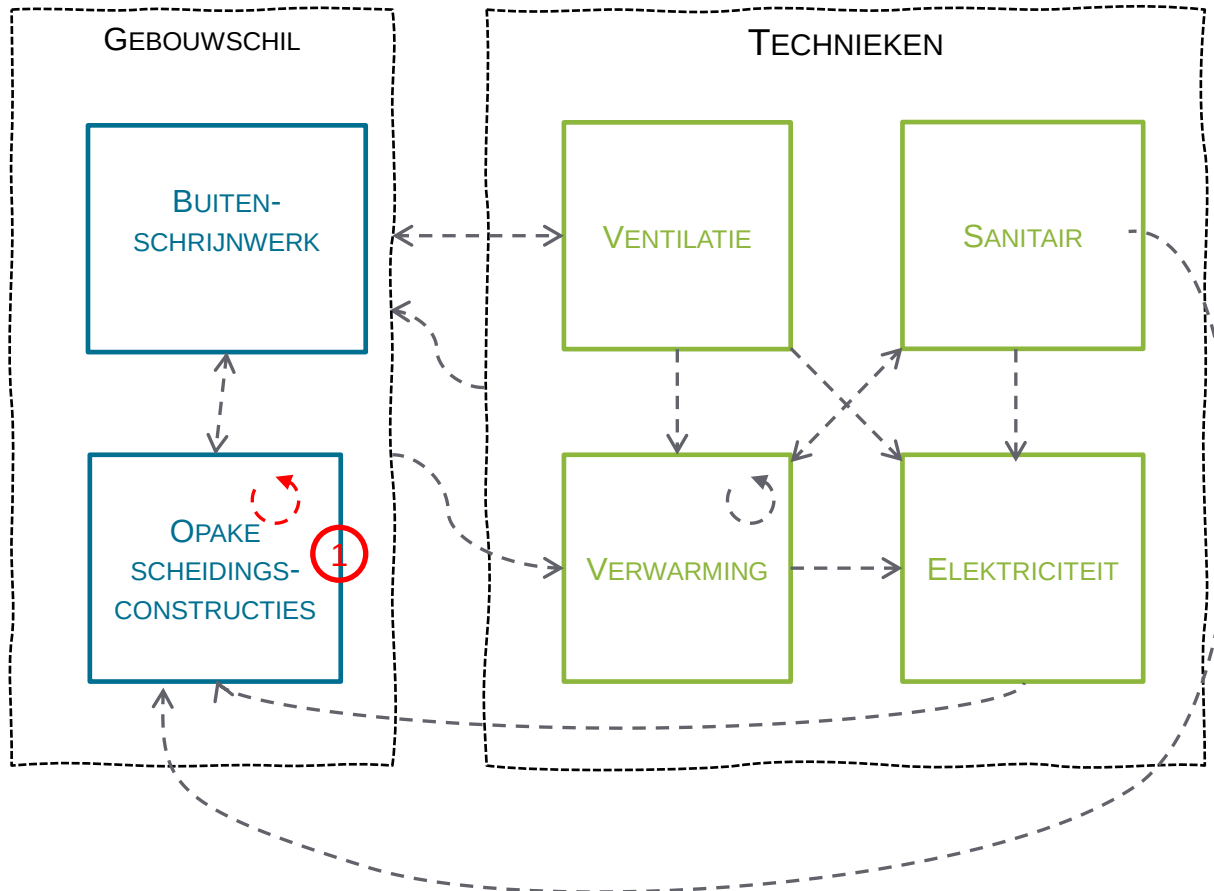
De hierna beschreven werken vormen geen volledige lijst...



ONDERLINGE VERBONDENHEID VAN DE WERKEN



OPAKE SCHEIDINGS-CONSTRUCTIE <> OPAKE SCHEIDINGS-CONSTRUCTIE



OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIE <> OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIE

Als een scheidingsconstructie wordt gerenoveerd in een fase voorafgaand aan die van een andere scheidingsconstructie, moet er worden geanticipeerd op de continuïteit van de isolatie en de luchtdichtheid

Naargelang de werken langs de binnen- of de buitenzijde worden uitgevoerd en ook volgens de betreffende scheidingsconstructies kan de complexiteit variëren

Uittreksel van een overzichtsmatrix van de complexiteiten

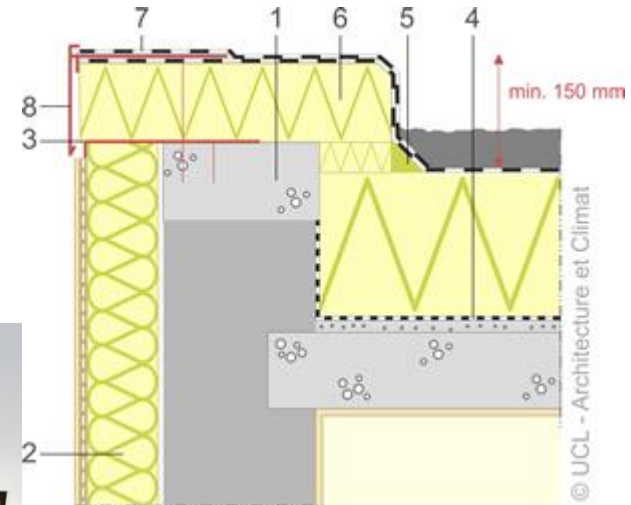
Réalisé en 1er :		Isolation des murs		Isolation de toiture		
Réalisé à une étape ultérieure :		ITI	ITE	Combles perdus	Rampants	Sarking
Isolation des murs	ITI	<i>Si</i> plancher intermédiaire en bois	<i>Si</i> plancher intermédiaire en bois	<i>Si</i> faux-plafond	<i>Si</i> pied-droit sur plancher bois	
	ITE					
Isolation de toiture	Combles perdus	<i>Si</i> faux-plafond	<i>Si</i> débord de toit maçonné			
	Rampants		<i>Si</i> débord de toit maçonné ou toiture en appui			

Bron: Ademe – La rénovation performante par étapes



OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIE <> OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIE

Als het dak in een eerste fase wordt gerenoveerd, moet er worden geanticipeerd op de latere isolatie van de muur en de continuïteit van de luchtdichtheid



81 GEDRAGING M.B.T. DE WATERDAMPDIFFUSIE

Als het dak in een eerste fase wordt gerenoveerd, moet de plaatsing van het dampscherm worden voorzien, zelfs als de uitvoering van de afbouwwerken in een andere fase voorzien is



schimmel



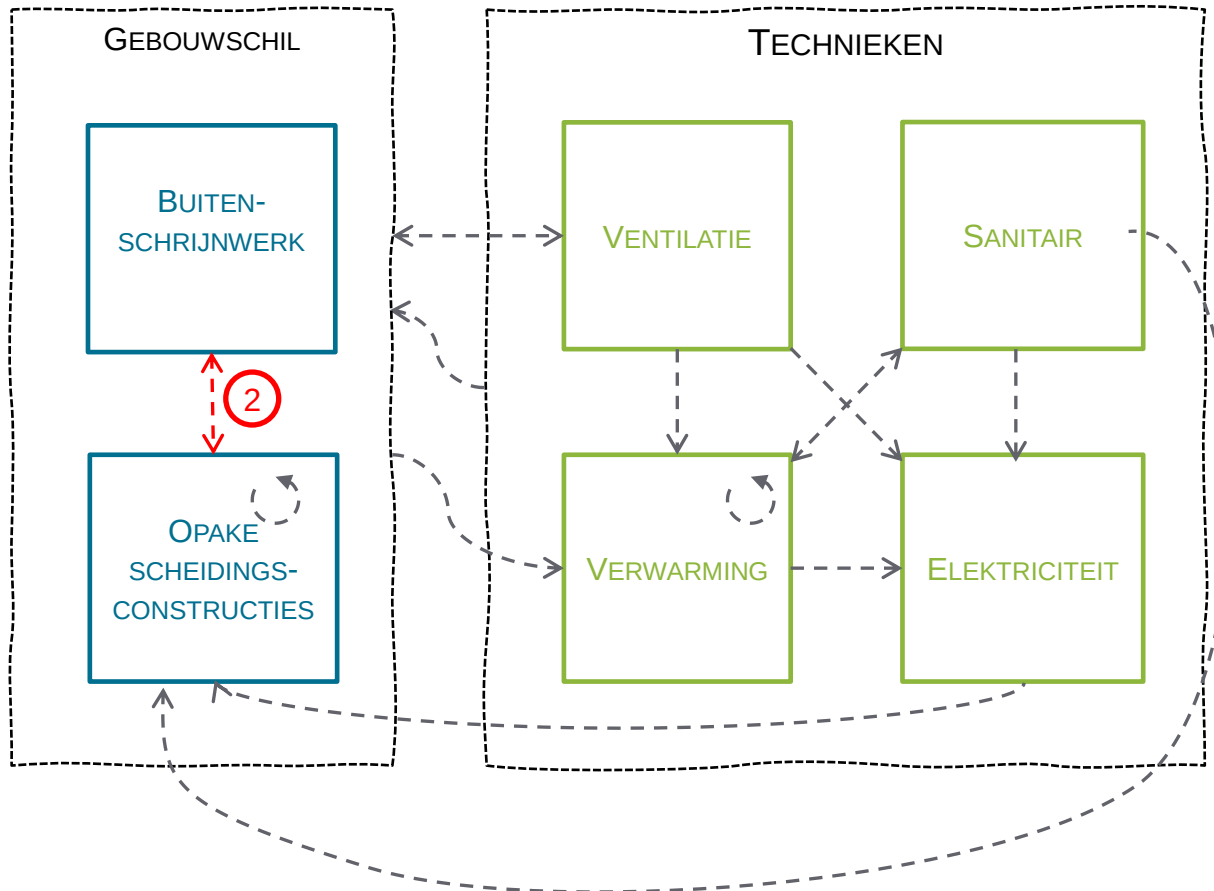
82 LUCHTDICHTHEID <> WATERDAMPDIFFUSIE

Als het dampscherm wordt aangebracht in een fase voorafgaand aan die van de afbouwwerken, moet er rekening worden gehouden met de duurzaamheid van de geplaatste elementen.



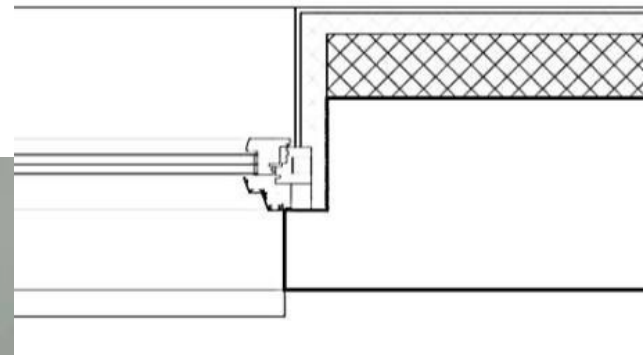
Bron: Daniel De Vroey





Als het raamwerk in een eerste fase wordt gerenoveerd, moet er worden geanticipeerd op de noodzaak de continuïteit van de dichtheid ter hoogte van de aansluiting te verzekeren bij de isolatie van de gevel langs de binnenzijde of de realisatie van de afwerking

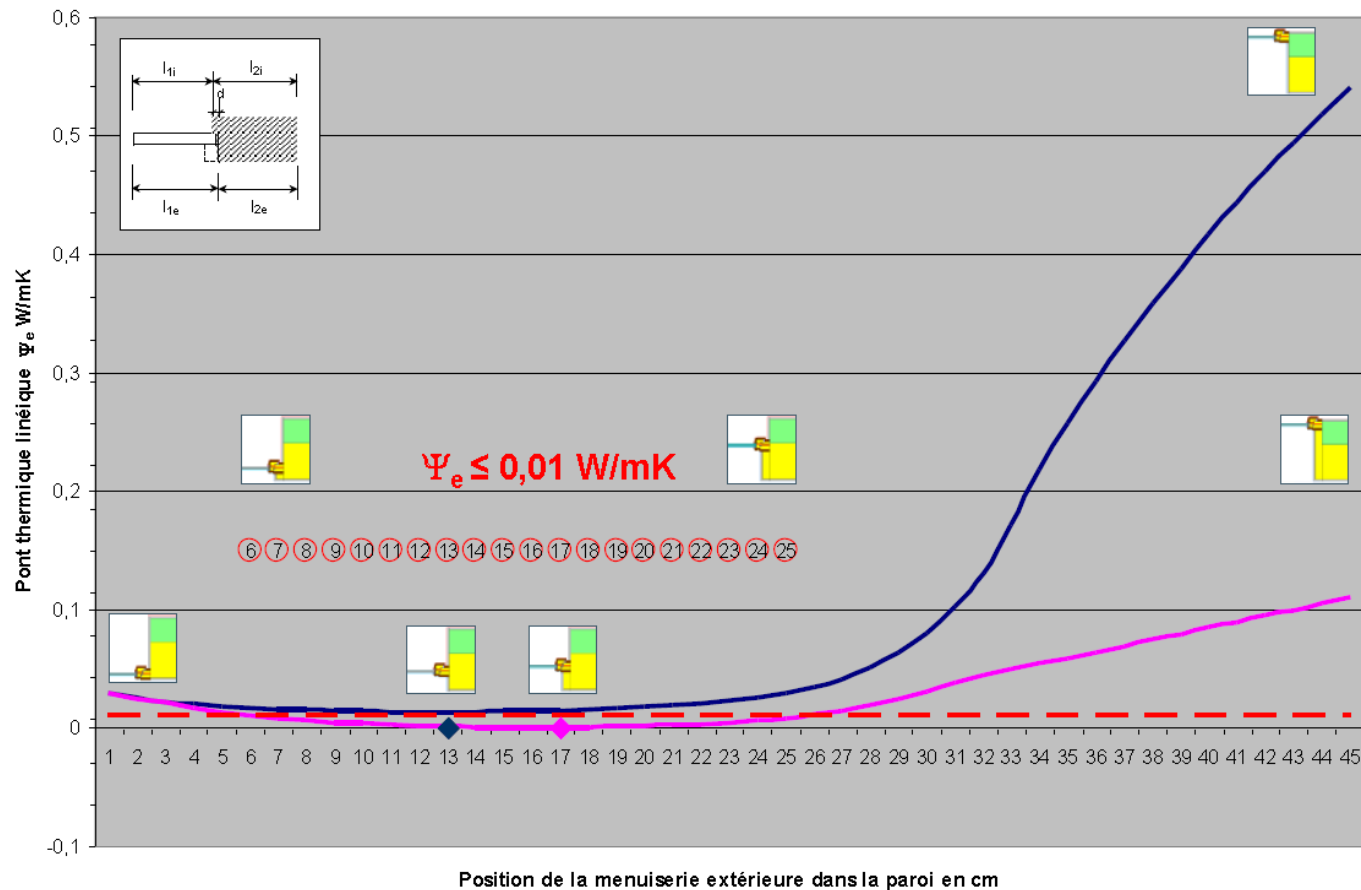
... of omgekeerd



Bron: J. Kessler

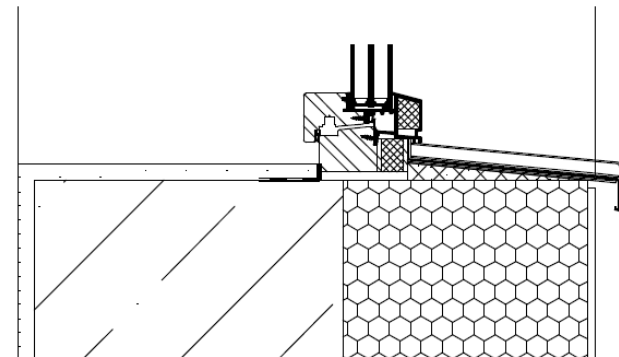
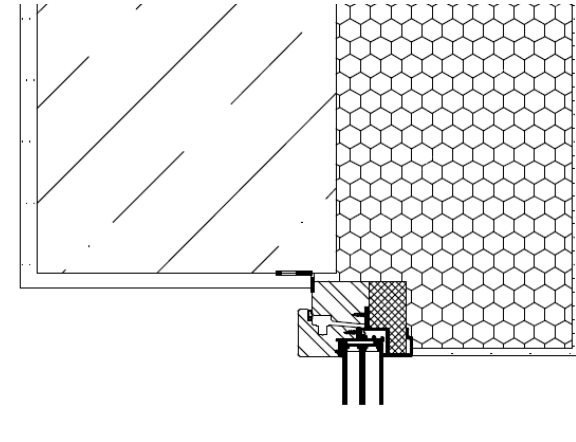


De positie van het raamwerk in de gevel beïnvloedt de waarde van de bouwknop



Als het raamwerk in een eerste fase wordt vervangen, moet er worden geanticipeerd op het beheer van koudebruggen die kunnen ontstaan

... bij het aanbrengen van isolatie langs de l

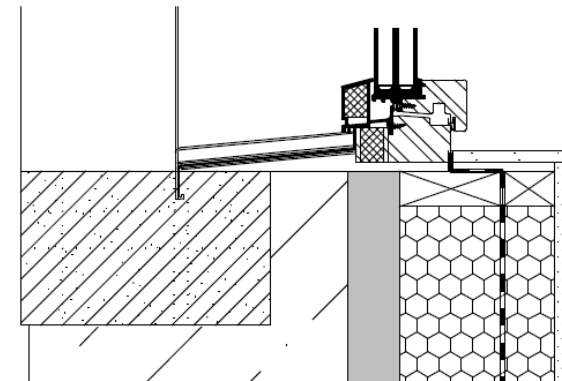
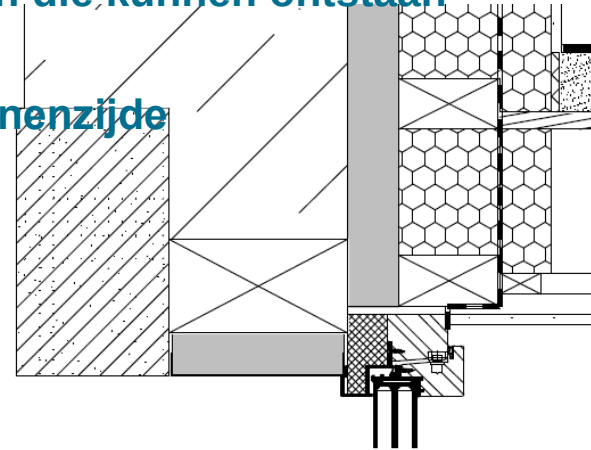


Bron: écarce



Als het raamwerk in een eerste fase wordt vervangen, moet er worden geanticipeerd op het beheer van koudebruggen die kunnen ontstaan

... bij het aanbrengen van isolatie langs de binnenzijde



Bron: écorce



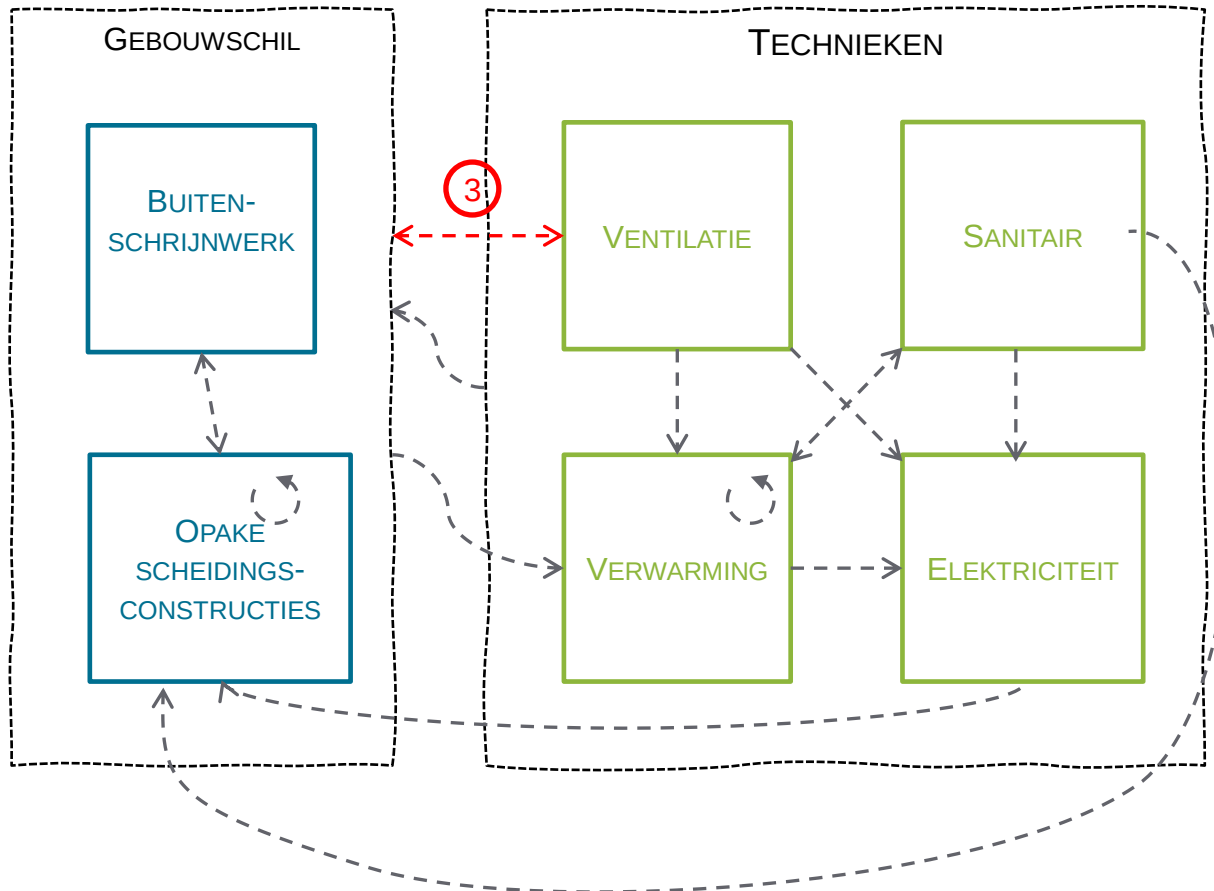
Als er in een latere fase zonnepanelen moeten worden geplaatst, moet er worden geanticipeerd op hun plaats/plaatsruimte/bevestiging, op hun eventuele elektrische voeding en op het beheer van de koudebruggen die kunnen ontstaan



Bron: écorce

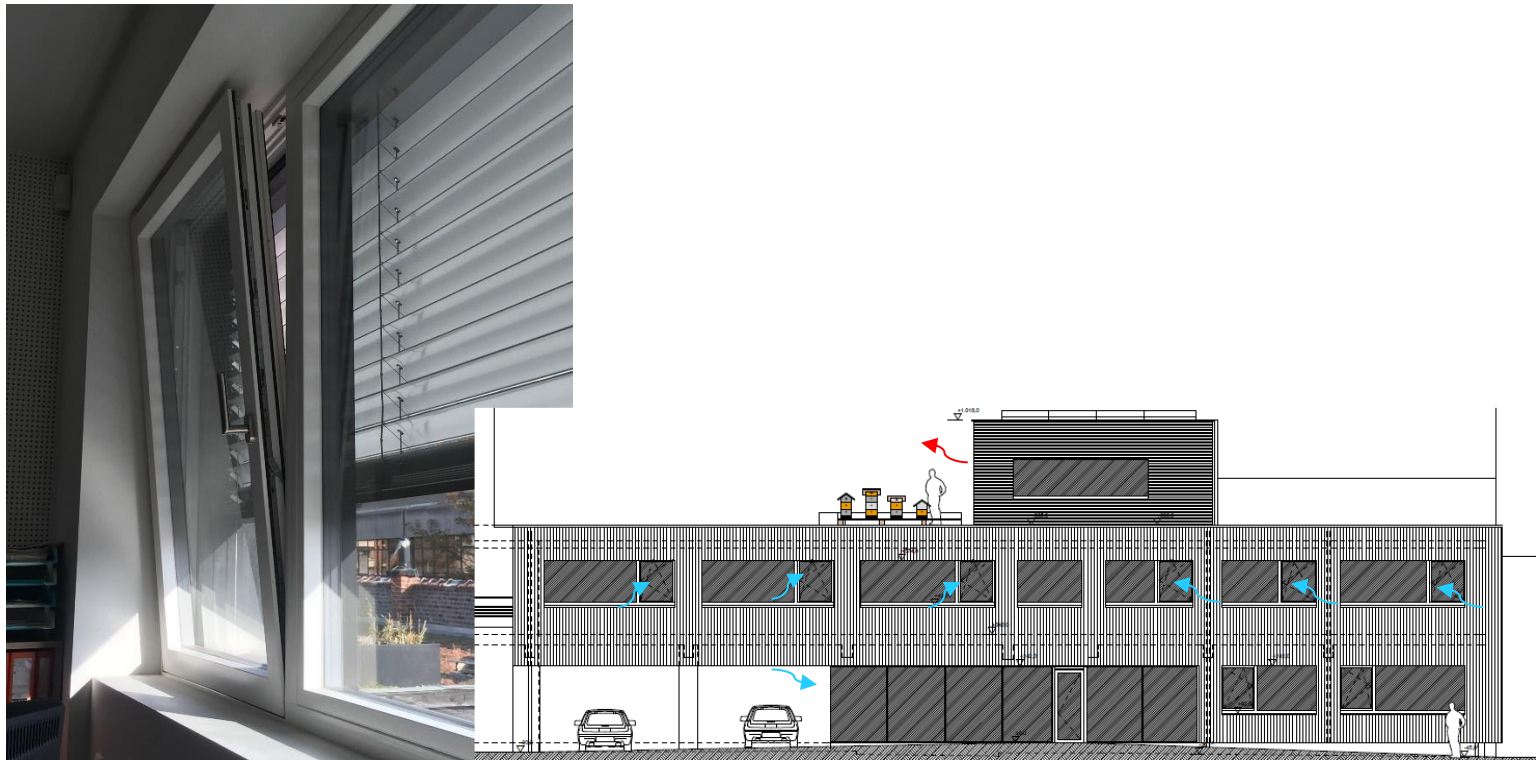


BUITENSCHRIJNWERK <> VENTILATIE



Als er natuurlijke ventilatie wordt voorzien om oververhitting tegen te gaan, zullen de ramen daar dan toe bijdragen?

- Zal het een manuele of een automatische ventilatie zijn?
- Indien manueel: welke opening?



Bron: écorce



Als er natuurlijke ventilatie wordt voorzien om oververhitting tegen te gaan, zullen de ramen daar dan toe bijdragen?

- Zal het een manuele of een automatische ventilatie zijn?
- Indien automatisch: ramen waarbij een automatische openingsinrichting en een elektrische voeding kunnen worden geplaatst



Bron: G-U



Als ik mijn ramen vervang, moet ik een ventilatiesysteem installeren...

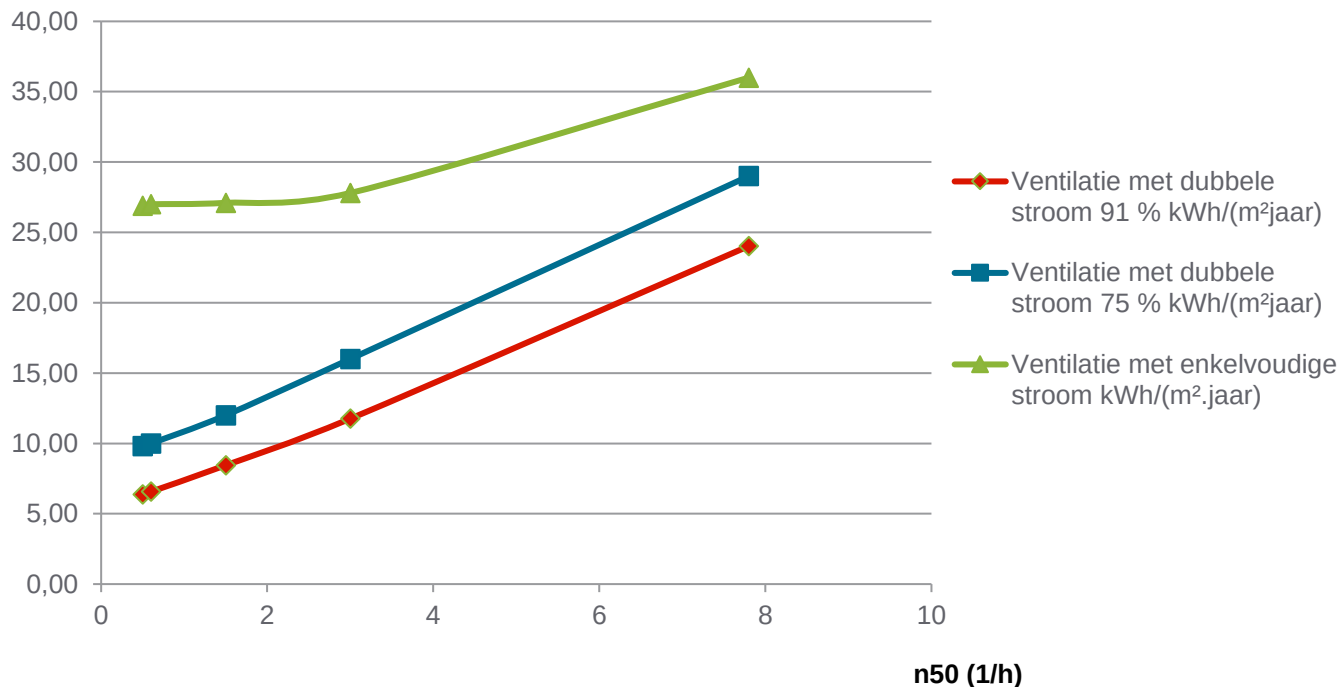
→ Welk systeem (nu en op lange termijn)?

→ DOEL:

Op termijn hoge prestaties realiseren > systeem met dubbele stroom



Verwarmingsbehoefte (kWh/m²jaar)



Als ik mijn ramen vervang, moet ik een ventilatiesysteem installeren...

→ Welk systeem (nu en op lange termijn)?

→ DOEL: Op termijn hoge prestaties realiseren

- ▶ OPTIMAAL: Meteen systeem D (dubbele stroom) met warmteterugwinning voorzien



Als ik mijn ramen vervang, moet ik een ventilatiesysteem installeren...

→ Welk systeem (nu en op lange termijn)?

→ DOEL: Op termijn hoge prestaties realiseren



- ▶ TIJDELIJK: een volledig/onvolledig systeem C (enkelvoudige stroom) voorzien dat tot een systeem D kan worden omgevormd
 - Afvoer: het afvoernet volledig of gedeeltelijk realiseren (het zal kunnen worden behouden)
 - Toevoer: als de ramen in droge vertrekken (of woonkamers) worden vervangen > tijdelijke muuropeningen voorzien in de betreffende vertrekken, die op termijn zullen worden gedicht
 - De groep met enkelvoudige stroom zal moeten worden vervangen door een groep met dubbele stroom (aan de investering denken!)



Als ik mijn ramen vervang, moet ik een ventilatiesysteem installeren...

- Welk systeem (nu en op lange termijn)?
- DOEL: Op termijn hoge prestaties realiseren



- ▶ BASIS (= naleving van de reglementaire eisen)
 - > zich alleen bekommeren om de ruimten waar ramen werden vervangen
 - Afvoer: tijdelijke individuele mechanische afzuigventilatoren voorzien die niet door de verlichting van de betreffende ruimte worden gestuurd
 - Toevoer: tijdelijke muuropeningen voorzien in de betreffende vertrekken, die op termijn zullen worden gedicht



Als ik mijn ramen vervang, moet ik een ventilatiesysteem installeren...

→ Welk systeem (nu en op lange termijn)?

→ DOEL: Op termijn gemiddelde prestaties realiseren

- ▶ OPTIMAAL: meteen systeem C (enkelvoudige stroom) voorzien



Als ik mijn ramen vervang, moet ik een ventilatiesysteem installeren...

→ Welk systeem (nu en op lange termijn)?

→ DOEL: Op termijn gemiddelde prestaties realiseren



- ▶ TIJDELIJK: een gedeeltelijk systeem C (enkelvoudige stroom) voorzien dat later kan worden vervolledigd
 - Afvoer: het afvoernet volledig of gedeeltelijk realiseren (het zal kunnen worden behouden)
 - Toevoer: als de ramen in droge vertrekken (of woonkamers) worden vervangen > muuropeningen of openingen in de ramen voorzien in de betreffende vertrekken



Als ik mijn ramen vervang, moet ik een ventilatiesysteem installeren...

→ Welk systeem (nu en op lange termijn)?

→ DOEL: Op termijn gemiddelde prestaties realiseren



- ▶ BASIS (= naleving van de reglementaire eisen)
 - > zich alleen bekommeren om de ruimten waar ramen werden vervangen
 - Afvoer: tijdelijke of definitieve individuele mechanische afzuigventilatoren voorzien die niet door de verlichting van de betreffende ruimte worden gestuurd
 - Toevoer: als de ramen in droge vertrekken (of woonkamers) worden vervangen > muuropeningen of openingen in de ramen voorzien in de betreffende vertrekken

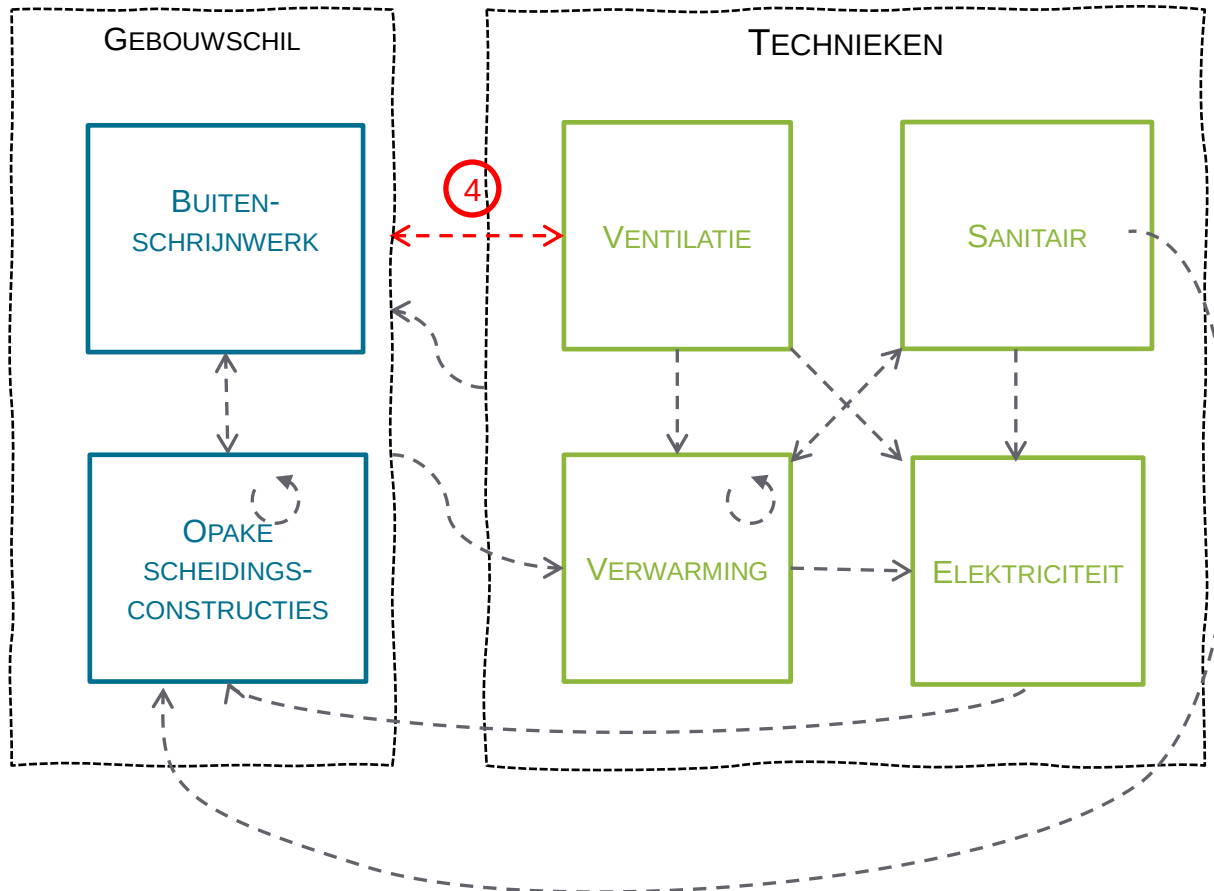


Als ik mijn ramen vervang, moet ik een ventilatiesysteem installeren...

→ In alle gevallen (geschikter voor residentiële gebouwen)

- In een vertrek waar ik meer comfort wens > kan een gedecentraliseerd systeem met dubbele stroom worden voorzien (tijdelijk of definitief)





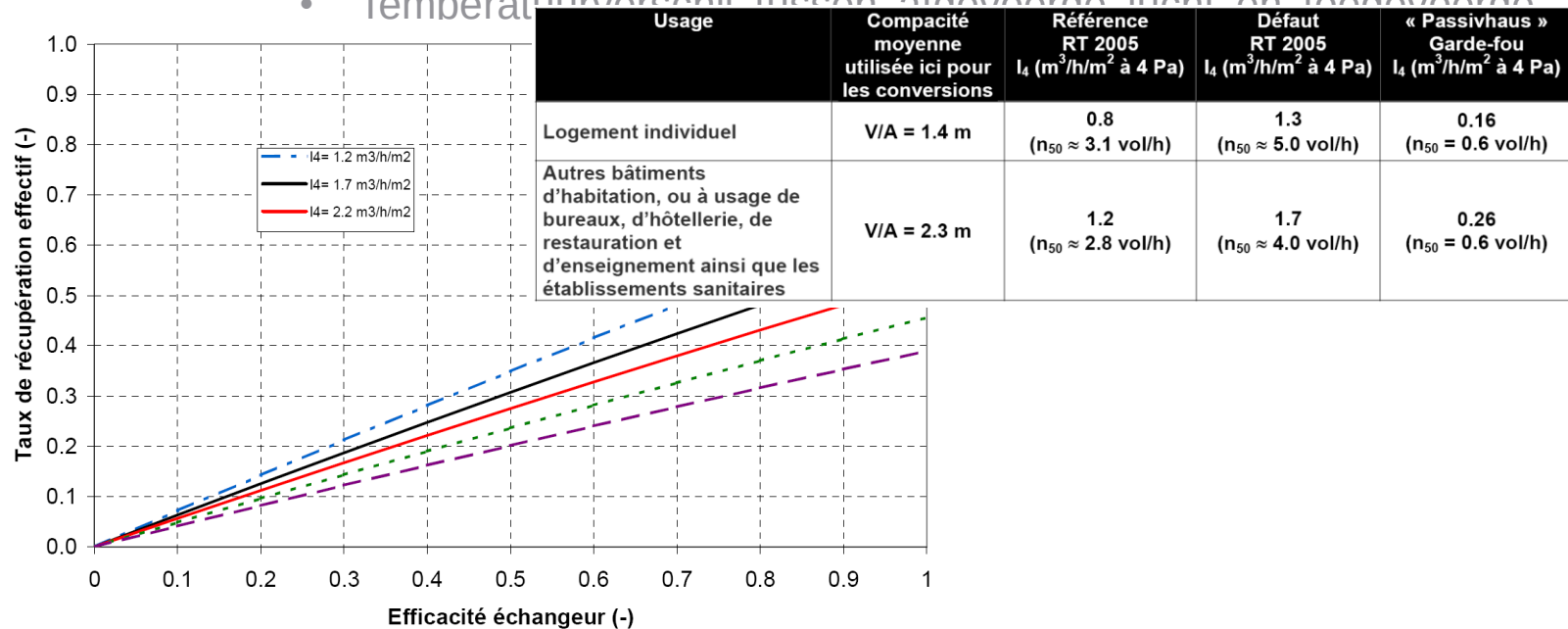
Kan er een mechanische-ventilatiesysteem worden voorzien zelfs als de luchtdichtheid van het gebouw niet optimaal is?

- ▶ Een systeem voor mechanische ventilatie heeft een beter rendement als de onopzettelijke ventilatie wordt beperkt.

- Indien $n_{50} \nearrow > \eta_{GMV} \searrow$

- Afgevoerde lucht is kouder (vermenging van buiten- en binnenlucht)

- Temperatuurverschil tussen afgevoerde lucht en toegevoerde



Kan er een mechanische-ventilatiesysteem worden voorzien zelfs als de luchtdichtheid van het gebouw niet optimaal is?



- ▶ De norm **NBN D 50-001** (§ 4.3.3 5) - Ventilatievoorzieningen in woongebouwen) raadt een maximaal lekdebiet n_{50} aan van:
 - **3 vol/h** als de ventilatie van het gebouw door een systeem D wordt verzekerd
 - **1 vol/h** als de ventilatie van het gebouw door een systeem D uitgerust met een warmterecuperator wordt verzekerd



Kan er een mechanische-ventilatiesysteem worden voorzien zelfs als de luchtdichtheid van het gebouw niet optimaal is?

┌ **NBN**
└ **EN 13779**
└ ┘

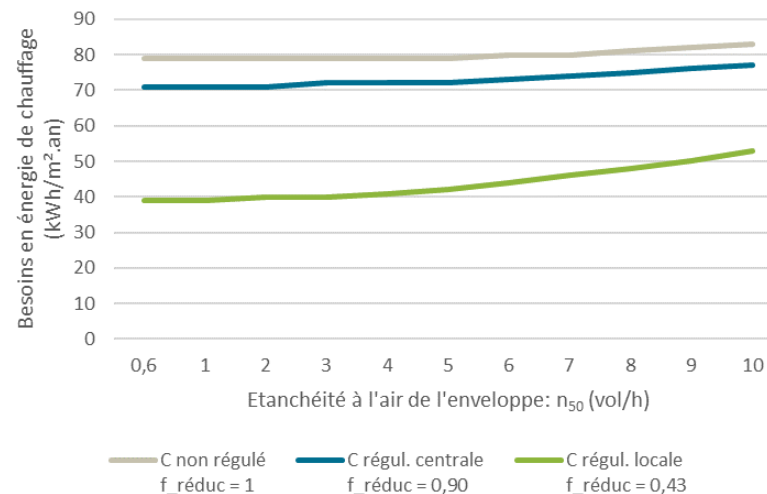
- ▶ De norm **NBN EN 13779** (die betrekking heeft op niet-residentiële gebouwen) raadt het volgende aan:
 - Gebouwen met 3 bouwlagen of minder: $n_{50} \leq 2 \text{ vol/h}$
 - Gebouwen met meer dan 3 bouwlagen: $n_{50} \leq 1 \text{ vol/h}$
- ⇒ **STRENG! Verzorgde uitvoering, bijzondere aandacht voor aansluitingen, doorvoering van kokers of leidingen, ...**



Kan er een mechanische-ventilatiesysteem worden voorzien zelfs als de luchtdichtheid van het gebouw niet optimaal is?

- ▶ Geen enkele norm raadt een te realiseren luchtdichtheidsniveau aan als de ventilatie van het gebouw door een **systeem met enkelvoudige** stroom wordt verzekerd.

⇒ **Het lijkt redelijk in dit geval de doelstelling van een maximaal lekdebiet van 3 l/h te behouden. Voorbij deze (reeds lage) waarde worden de energiewinsten die door een grotere luchtdichtheid worden verkregen, alsmäär kleiner.**



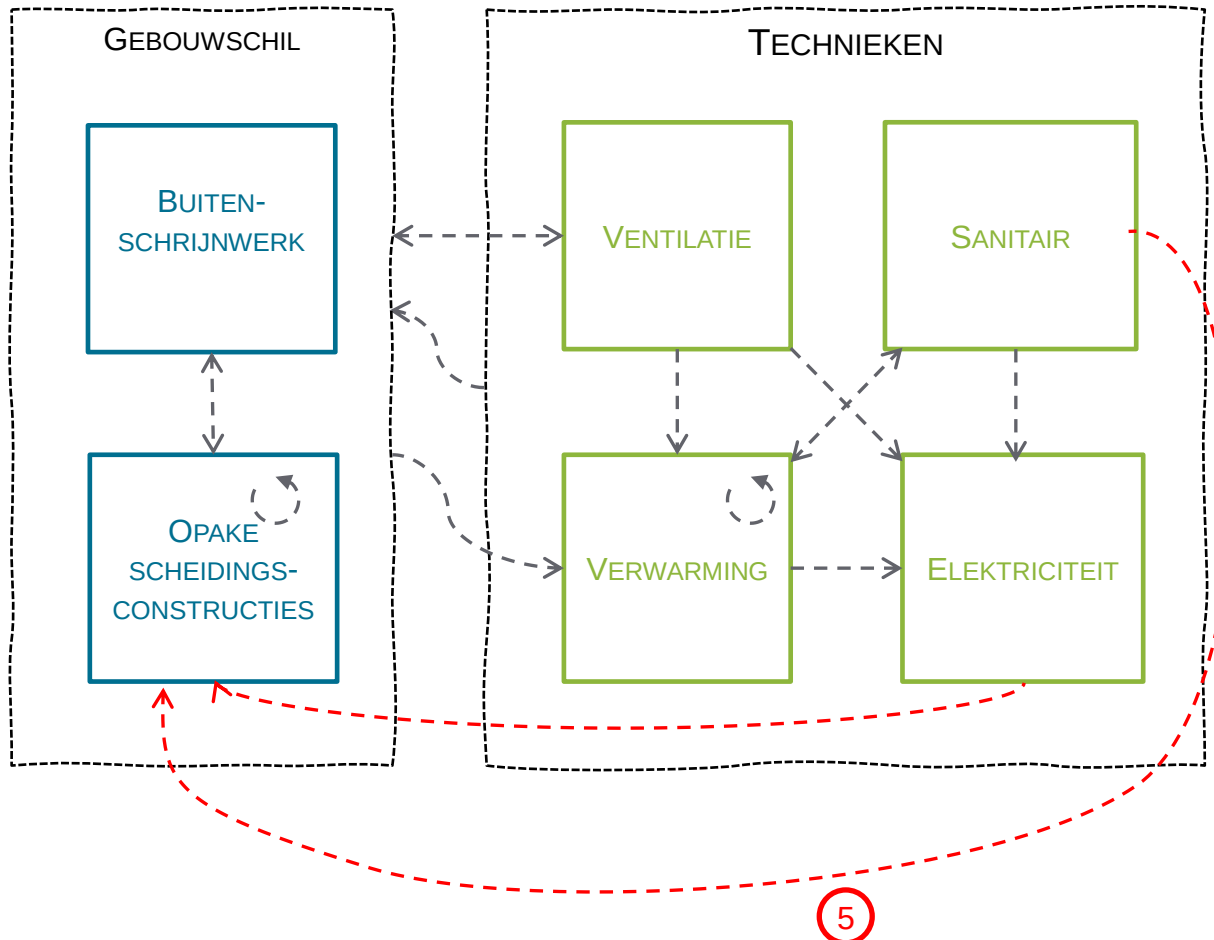
Source / Bron : écorce



Kan er een mechanische-ventilatiesysteem worden voorzien zelfs als de luchtdichtheid van het gebouw niet optimaal is?

- ⇒ **Opgelet, het zijn slechts aanbevelingen!!
Tussen twee fasen (en tijdelijk) kan dit zeker worden
voorzien!!**
- ⇒ **Zelfs als de luchtdichtheid niet optimaal is, kan er een
mechanische ventilatie worden geïnstalleerd.**





Als de technieken worden gerealiseerd in een fase voorafgaand aan die van de afbouwwerken, moet de manier waarop de luchtdichtheid wordt verzekerd evenwel voor het geheel van de scheidingsconstructies worden bepaald.



Bron: Daniel De Vroeye



Bron: écorce



Als er technieken worden geïnstalleerd in een fase voorafgaand aan die van de realisatie van de luchtdichtheid, moeten er plaatselijke gerichte elementen worden voorzien waardoor de continuïteit in de toekomst kan worden verzekerd.



Bron: Daniel De Vroey





- ▶ In het kader van de energierenovatie van een gebouw moet men zich ervan vergewissen dat de genomen maatregelen de mogelijkheid bieden het gebouw te behouden en het comfort te garanderen.
- ▶ Voor er wordt geïnvesteerd en voor er werken worden uitgevoerd, moet er een actieplan evenals een renovatiestrategie worden opgesteld. Door de fasen te beperken, kunnen ook de kosten worden beperkt en kunnen er betere prestaties worden gerealiseerd.
- ▶ Om een gefaseerde renovatie te kunnen plannen, is een goede beheersing van alle technische en reglementaire aspecten en een totaalvisie vereist.
- ▶ Een gefaseerde renovatie vereist anticipatie
 - Programma
 - Energieambities
 - Studie van de details
 - Verband met de technieken
 - ...





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Thema Materialen
[Dossier | Duurzame keuze van raamkaders](#)
- ▶ Thema Menselijke/humane
[Dossier | Het ademcomfort verzekeren](#)
- ▶ Thema Energie
[Subthema | Energetische gebouwschil](#)
[Subthema | Technische installaties](#)



Websites

- ▶ Dienst Koudebruggen
www.ponts-thermiques.be





Naslagwerken

- ▶ Quevrin et al., Les ponts thermiques, pmp, 2012
- ▶ Office fédéral de l'énergie OFEN, Catalogue des ponts thermiques, 2003, Zwitserland



Opleidingen en seminars

- ▶ Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen <https://leefmilieu.brussels/pro/diensten-en-aanvragen/advies-en-begeleiding/opleidingen-en-seminaries-duurzame-gebouwen-van-leefmilieu-brussel>

En in het bijzonder, samenhangend met deze presentatie

Gebouwschil: isolatie van de voorgevel

Isolatie van het dak

Renovatie van de mede-eigendommen

Ventilatie: ontwerp en afstelling

- ▶ Raadpleeg alle materiaal volledig [gratis!](#)



Muriel BRANDT

Gedelegeerd zaakvoester

écorce sa



+ 32 4 226 91 60



info@ecorce.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

