Opleiding Duurzame Gebouwen

Houtbouw in Brussel

Herfst 2020

Ontwerp van de gebouwschil

Pierre WILLEM
écorce

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels

DOELSTELLINGEN VAN DE PRESENTATIE

- Overbrengen van de theoretische grondslagen van de bouwfysica m.b.t. de gebouwschil, met focus op de houtbouw
  - Op het niveau van de wand
  - Voor de verschillende mogelijke aansluitingen tussen wanden (bouwdetails)

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING

WANDEN

BOUWDETAILS

VOORBEELDEN

4 GEBOUWSCHIL

- Rol: de binnenomgeving beschermen tegen uitwendige belastingen
  - De weerselementen (temperatuur/wind)
    - ⇨ **THERMISCHE ISOLATIE**
    - ⇨ **THERMISCHE INERTIE**
    - ⇨ **LUCHTDICHTHEID**
  - De weerselementen (vocht/water)
    - ⇨ **WATERDAMPDIFFUSIE**
    - ⇨ **WATERDICHTHEID**
  - Het geluid
    - ⇨ **GELUIDSISOLATIE**
  - ~~De belastingen (wind, regen, sneeuw)~~
    - ~~⇨ **STABILITEIT (onderwerp van een andere presentatie**~~)

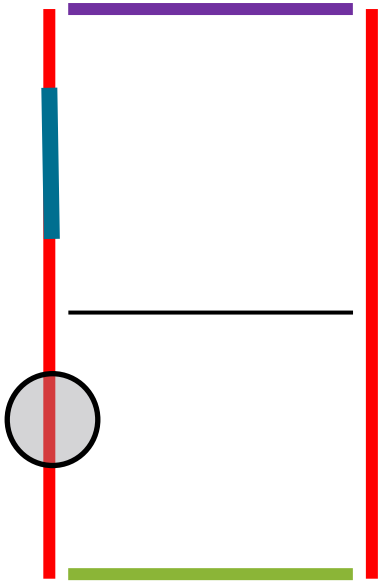
5 ANALYSE

- Types bestudeerde wanden
  - Dak / plafond
  - Muur
  - Vloer
  - Raamwerk
  - BInnenwand

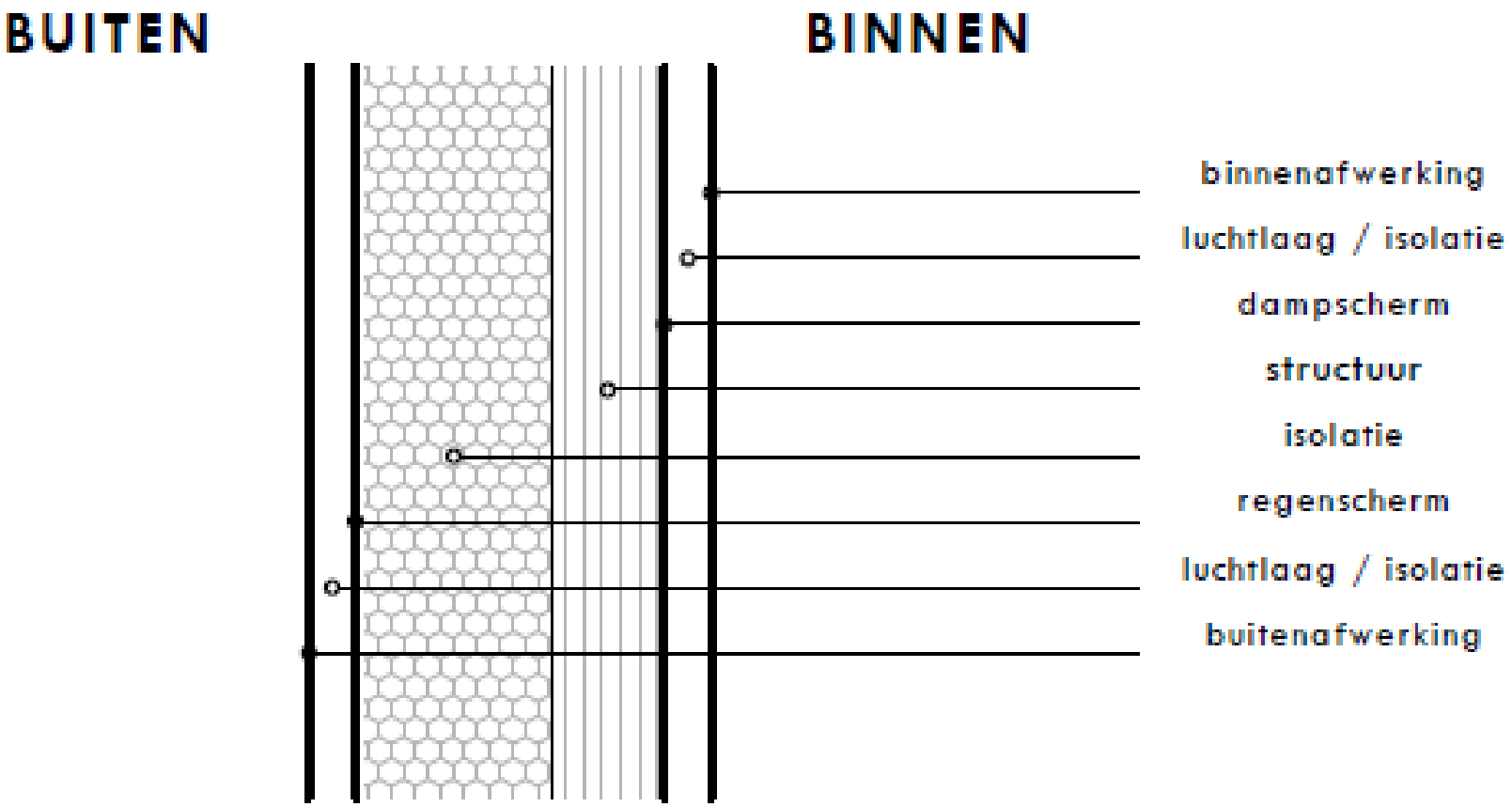
- Twee in detail bestudeerde systemen
  - Houtskeletbouw (HSB)
  - Massieve houtbouw (MHB)

    ⇨ **Palen-balkensysteem: bestudeerd op het niveau van de aansluitingen**

    ⇨ **Houtstapelbouw = massief hout, maar enkele gepreciseerde uitzonderingen**

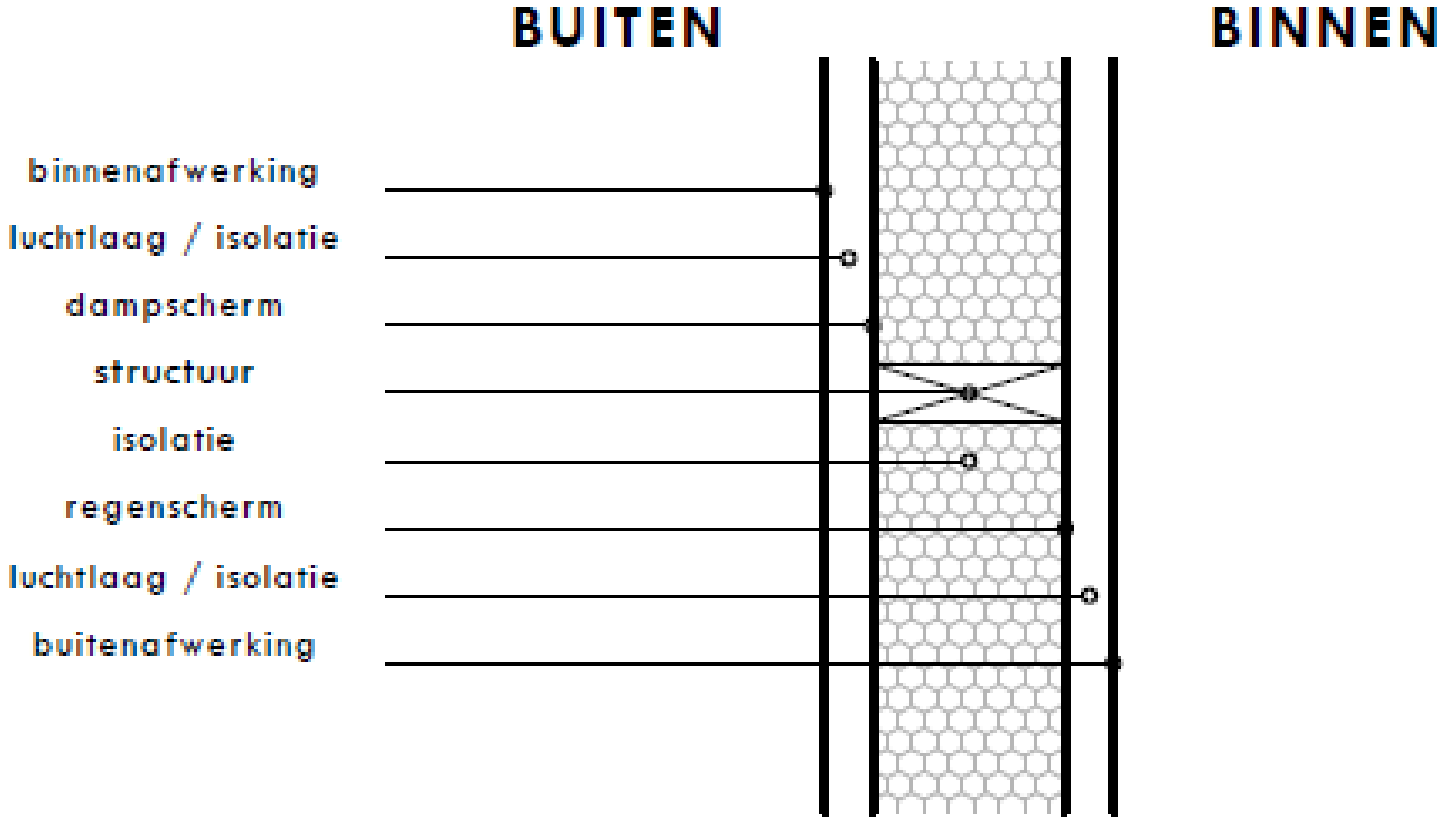


ANALYSE – Typedoorsnede van de bestudeerde wanden



ANALYSE – Typedoorsnede van de bestudeerde wanden

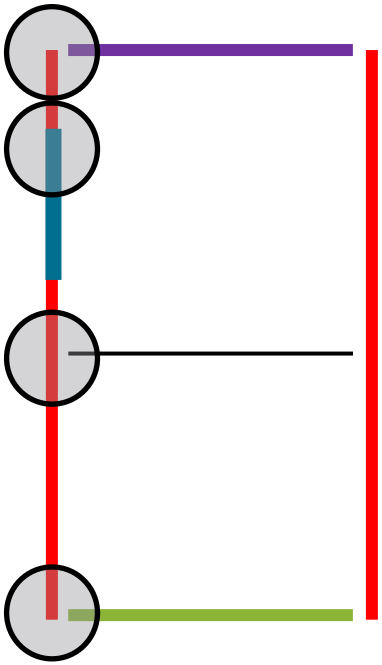
Houtskeletbouw (eventueel gecombineerd met een palen-balkenstructuur)



ANALYSE

- Types bestudeerde wanden
  - Dak / plafond
  - Muur
  - Vloer
  - Raamwerk
  - Binnenwand

- En **hun diverse aansluitingen**!!!



STRUCTUUR VAN DE PRESENTATIE

	Wanden	Bouwdetails
Thermische isolatie	U-waarden	bouwknopen
Luchtdichtheid	componenten	continuïteit verzekeren
Thermische inertie	toegankelijke thermische massa	-
Geluisdisolatie	componenten	akoestische bruggen
Waterdampdiffusie	S_d –waarde	cf. luchtdichtheid
Waterdichtheid	dichtheid	continuïteit verzekeren

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING

WANDEN

- **Thermische isolatie**
- Luchtdichtheid
- Thermische inertie
- Geluidsisolatie
- Waterdampdiffusie
- Waterdichtheid

BOUWDETAILS

VOORBEELDEN

Wanden
U-waarden
componenten
toegankelijke thermische massa
componenten
s_d-waarde
dichtheid

THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen

- λ: warmtegeleidend vermogen van een materiaal [W/mK]
- R: thermische weerstand van een component [m²K/W]

  ⇨ **$R = d / \lambda$ (voor een homogene laag)**

- R_T: totale thermische weerstand van de wand [m²K/W]

  ⇨ **$R_T = R_{se} + \sum R_i + R_{si}$**

  - ∑Ri : som van de thermische weerstanden van de componenten
  - R_{se}, R_{si} : oppervlakteweerstanden

- U : warmtedoorgangscoëfficiënt [W/m²K]

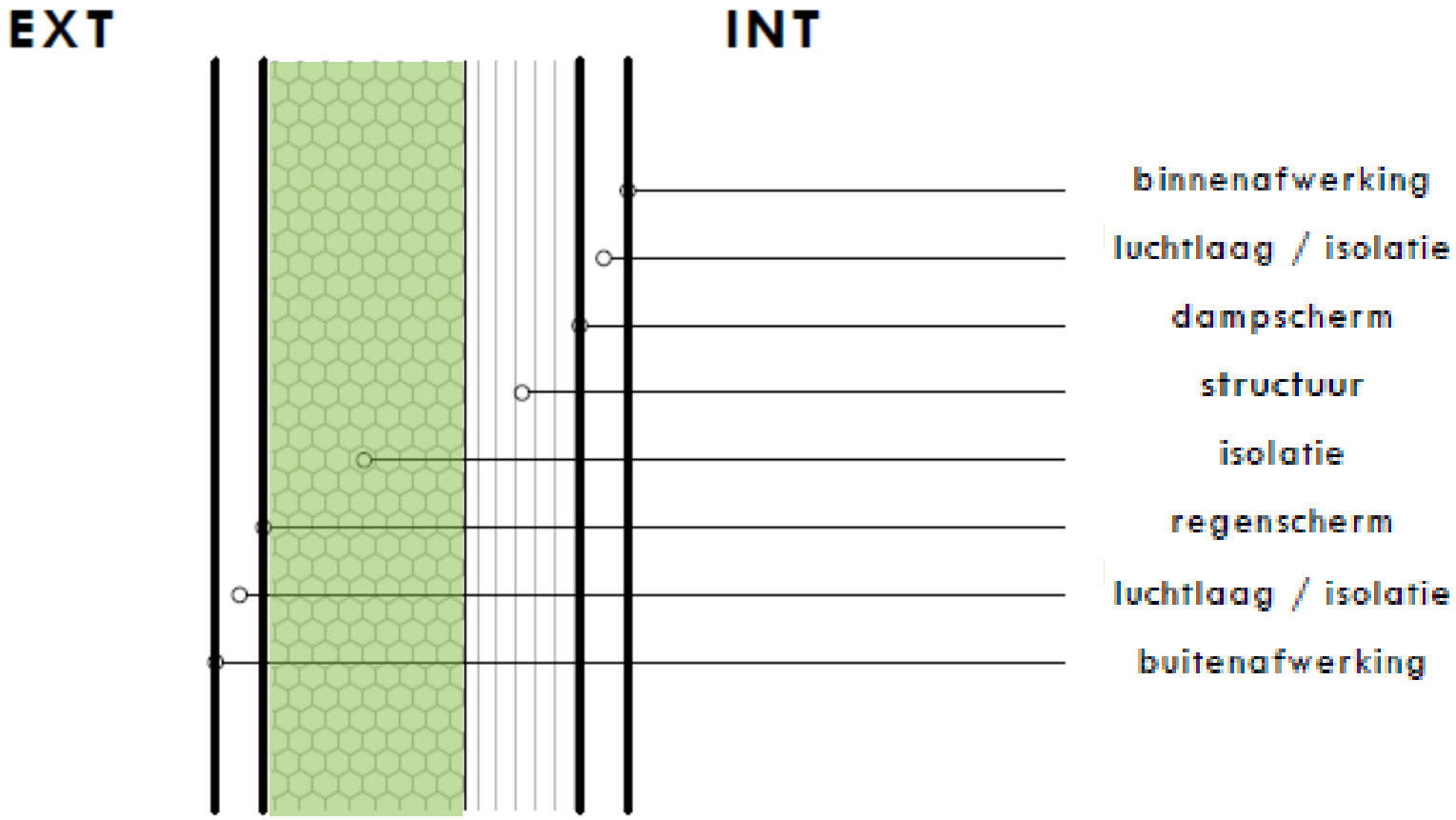
  ⇨ **$U = 1 / R_T$**

THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen

U_{max} [W/m²K]	EPB Brussel	Streefwaarde lage energie	Streefwaarde passiefhuis
Daken en plafonds	0,24	0,20	0,08 - 0,15
Muren (bovengronds)	0,24	0,30	0,10 - 0,15
Vloeren (op de volle grond of boven een kruipruimte of een kelder)	0,3	0,30	0,10 - 0,15
Vloeren (in contact met de buitenomgeving)	0,3	0,30	0,10 - 0,15
Muren in contact met de grond	Rmin = 1,5 m²K/W	1,0	1,0
Venster	1,8	1,6	0,8
Beglazing	1,1	1,1	0,8

THERMISCHE ISOLATIE – MHB

Om welk(e) element(en) gaat het?



THERMISCHE ISOLATIE – MHB

Element massief hout

- Lambda: 0,13 W/mK
- Gebruikelijke dikte: 12 cm
  - Weerstand van 0,12/0,13 = 0,92 m²K/W

⇨ **volstaat niet, aanvullende isolatie is noodzakelijk!!!**

Isolatie

- Lambda (afhankelijk van het materiaal): 0,043 (houtvezel) - 0,032 (polystyreen)

Source/bron: Steico

Source/bron: Sto

- Vereiste dikte?

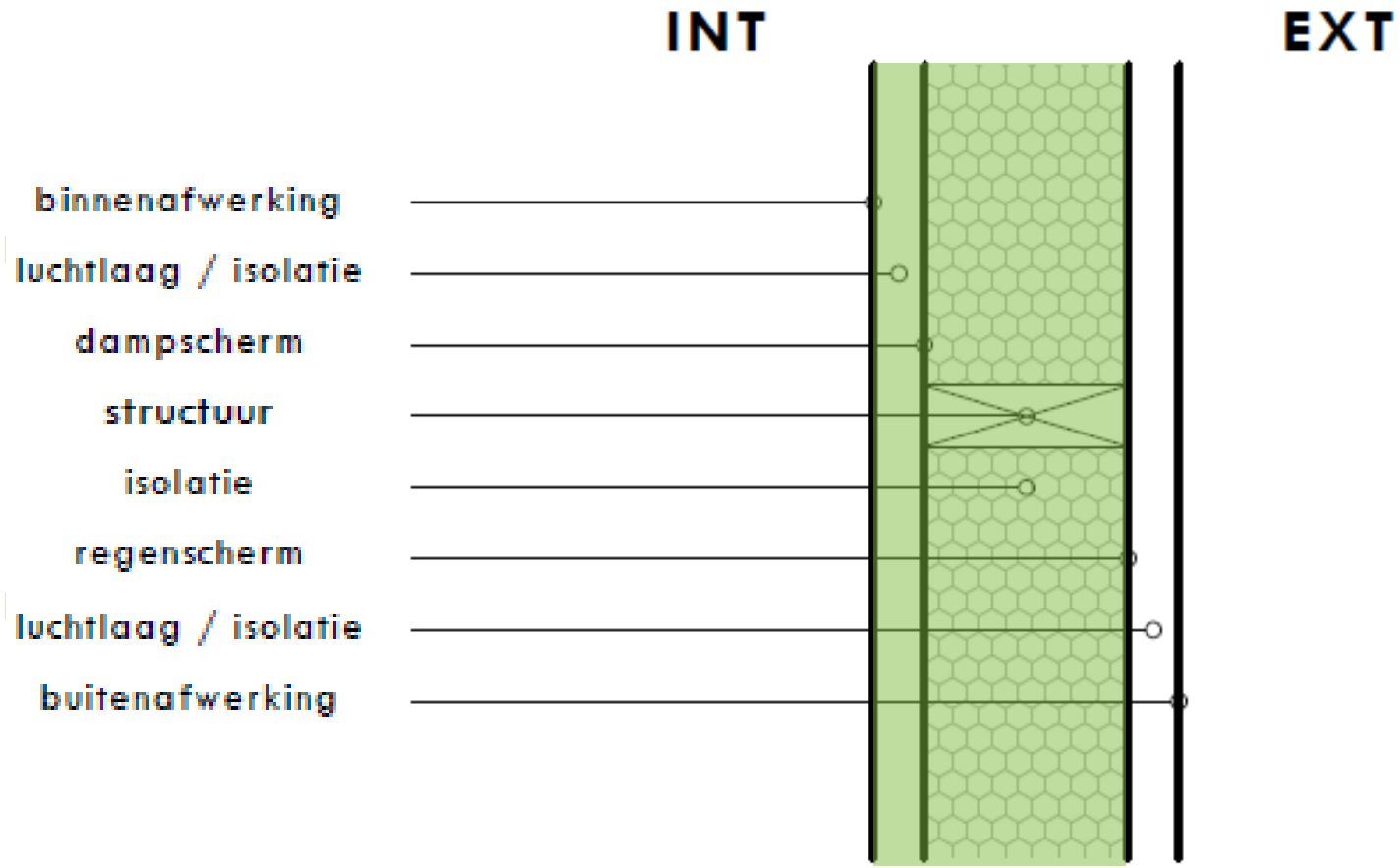
$$\frac{1}{0{,}24} - 0{,}13 - 0{,}04 - 0{,}92 = \text{Rmin } 3{,}1\ m^2K/W$$

$$ep.\min = 3{,}1 * 0{,}043 = \ \ 14\ cm$$

- Invloed van de bevestigingen? EPB-waarde bij ontstentenis: 0,25 W/m²K

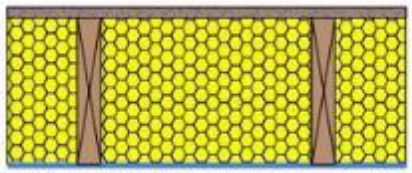
THERMISCHE ISOLATIE – HSB

Om welk(e) element(en) gaat het?

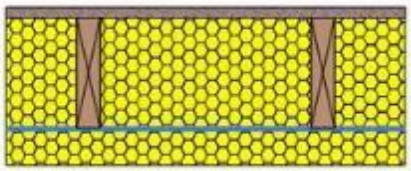


THERMISCHE ISOLATIE – HSB

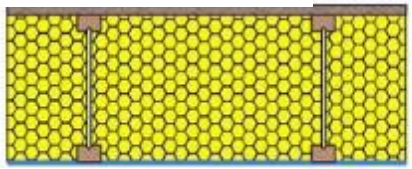
Percentage hout > invloed op de U-waarde (koudebrug)



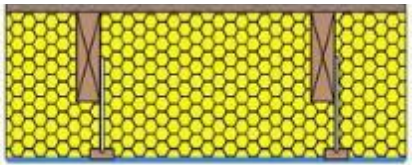
Standaardgebouw



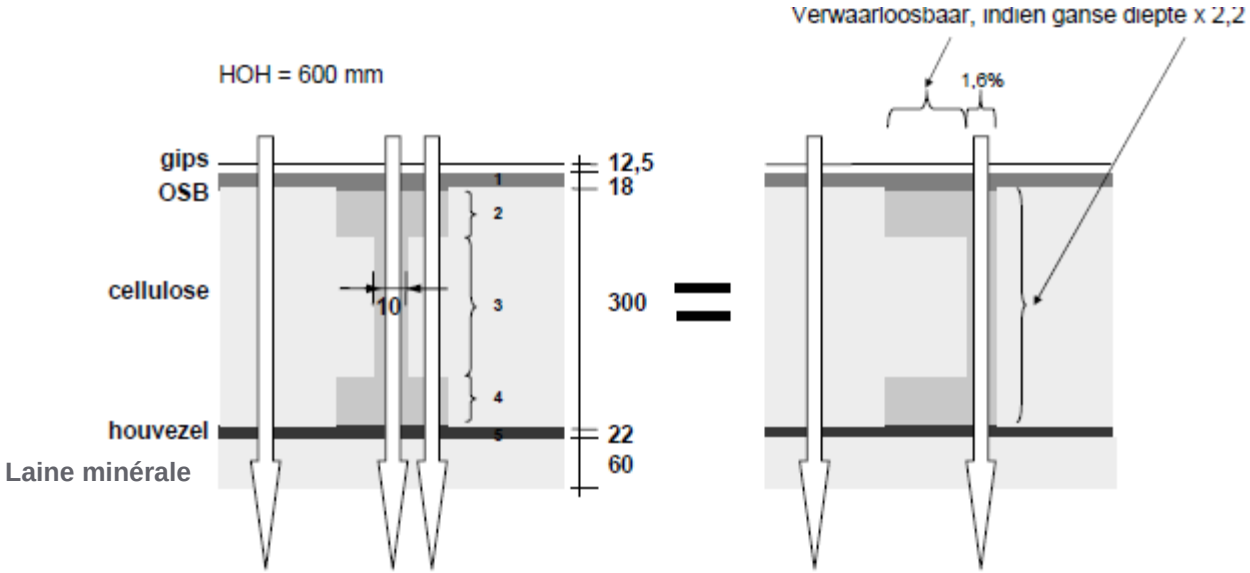
Isolatie onder het dampscherm



I-ligger



Naar onder verdikte balken

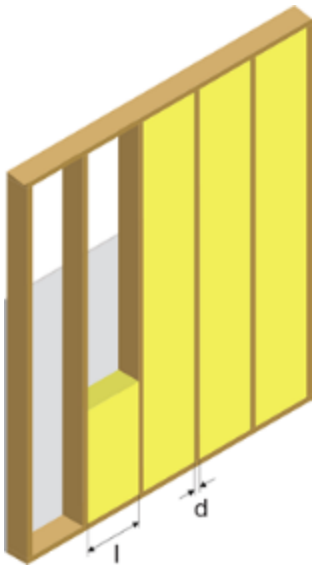


THERMISCHE ISOLATIE – HSB

Percentage hout > invloed op de U-waarde (koudebrug)

NBN 62-002

$$\Lambda_{U,moyen} = [\lambda_{U,bois} * \%_{bois}] + [\lambda_{U,isolant} * (100\ \% - \%_{bois})]$$



Source/bron: energie+

- Drie manieren om het percentage te berekenen
  - Waarden bij ontstentenis volgens het type wand (EPB)

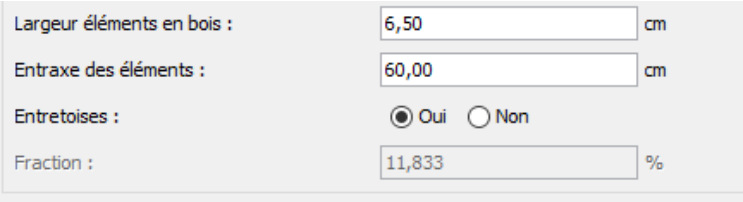
Houten structuur	Houtfractie
Gordingendak (gordingen – primaire draagstructuur))	0,11
Gordingendak (spanten – secundaire draagstructuur)	0,20
Sporenspantendak (sporenspanten - secundaire draagstructuur)	0,12
Houten vloer (balken - secundaire draagstructuur)	0,11
Houtskeletwanden	0,15

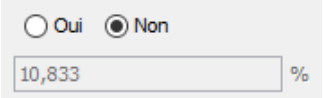
⇒ min. 24 cm cellulose ingeblazen (om Umax te respecteren)

THERMISCHE ISOLATIE – HSB

Percentage hout > invloed op de U-waarde (koudebrug)

- Drie manieren om het percentage te berekenen (vervolg)
  - Regelmatige hartafstand (en eventuele aanwezigheid van dwarsstukken)





⇒ min. 24 cm cellulose ingeblazen (om Umax te respecteren)

  - Handmatige invoer (persoonlijke berekening)

⇨ **Geldt voor alle invoermethodes**

THERMISCHE ISOLATIE – HSB

Percentage hout > invloed op de U-waarde (koudebrug)

- Ter beperking: doorlopende extra laag
  - dunne isolatieplaat (regenwerend type)
  - dikke isolatieplaat
  - isolatie aan de binnenzijde (plaat of in installatielaag)
  - gemengde plaatsing

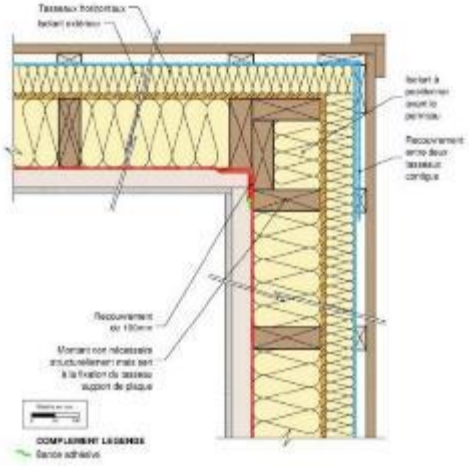


Figure 6 : Liaison d'angle sortant de murs extérieurs : Ψ = 0,08 W/mK

Source/Bron Habitat-durable

Source/Bron Steico

Source/Bron ebun.co

THERMISCHE ISOLATIE – HSB

Enkele illustraties…

Source/Bron Pinterest

Source/bron: ANB

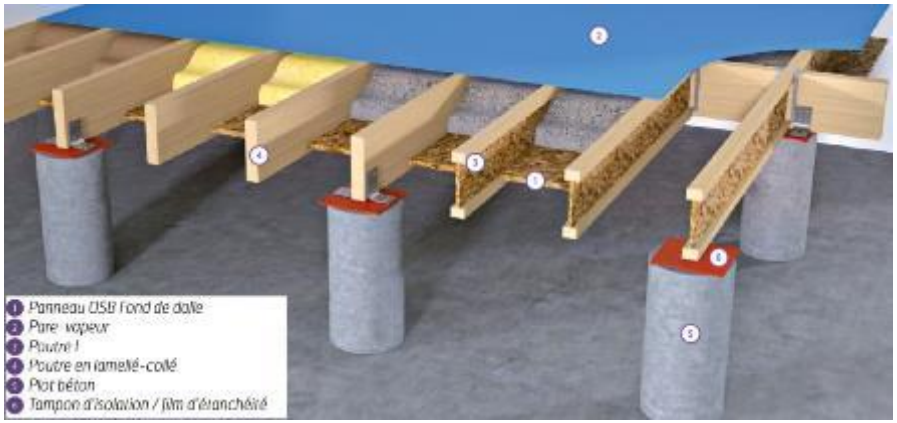
Source/bron:
Habitat Ecologique

Source/Bron
Espaces système bois

Source/Bron Hotfrog.com

THERMISCHE ISOLATIE – HSB

Enkele illustraties…



Source /Bron: Gedibois

Source/bron: Rhodannienne des bois

Source/bron: nobautoconstruction

Source/bron: Triskeline

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING

WANDEN

- Thermische isolatie
- **Luchtdichtheid**
- Thermische inertie
- Geluidsisolatie
- Waterdampdiffusie
- Waterdichtheid

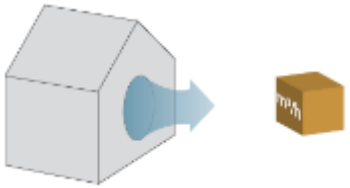
BOUWDETAILS

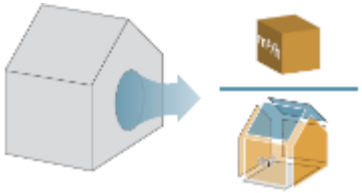
VOORBEELDEN

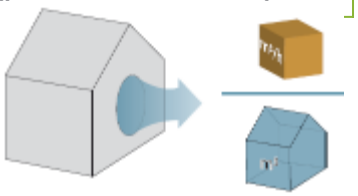
Wanden
U-waarden
componenten
toegankelijke thermische massa
componenten
s_d -waarde
dichtheid

LUCHTDICHTHEID – Theoretische begrippen

	V_{50}	v_{50}	n_{50}
definitie	lekdebiet bij een drukverschil van 50 Pa tussen de binnen- en de buitenomgeving voor het geheel van het geteste volume	lekdebiet bij een drukverschil van 50 Pa tussen de binnen- en de buitenomgeving / verliesoppervlakte-eenheid van de gebouwschil	luchtverversing per uur bij een drukverschil van 50 Pa
		$v_{50} = V_{50} / A_T$	$n_{50} = V_{50} / V_{int}$
eenheid	m³/h	m³/h.m²	vol/h
gebruik		EPB-software	Passiefgebouw (PHPP)
orde van grootte		12 (bij ontstentenis voor verwarming)*	< 0.6 (passiefcriterium)





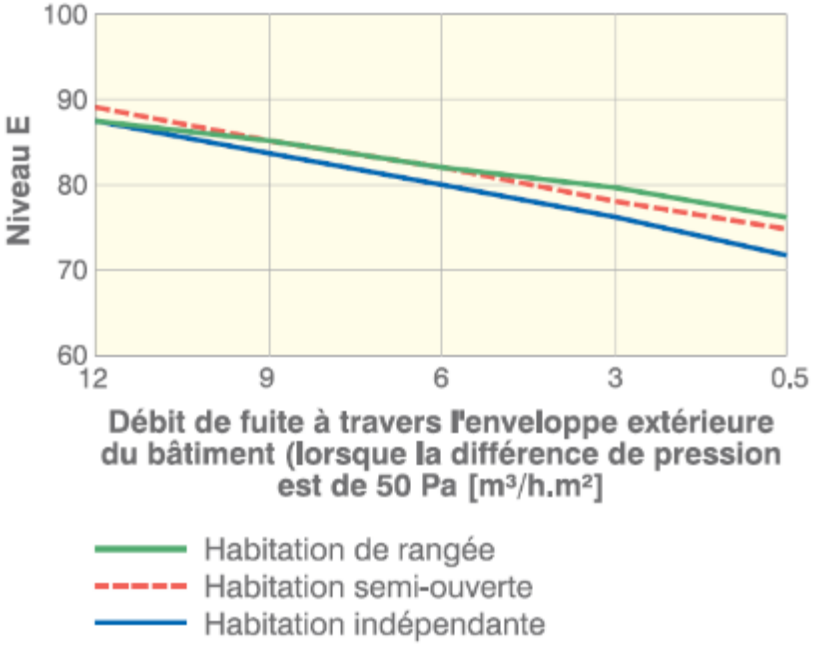


* 0 m³/h.m² = waarde bij ontstentenis voor de koelings- en oververhittingsberekeningen

LUCHTDICHTHEID – Theoretische begrippen

Impact

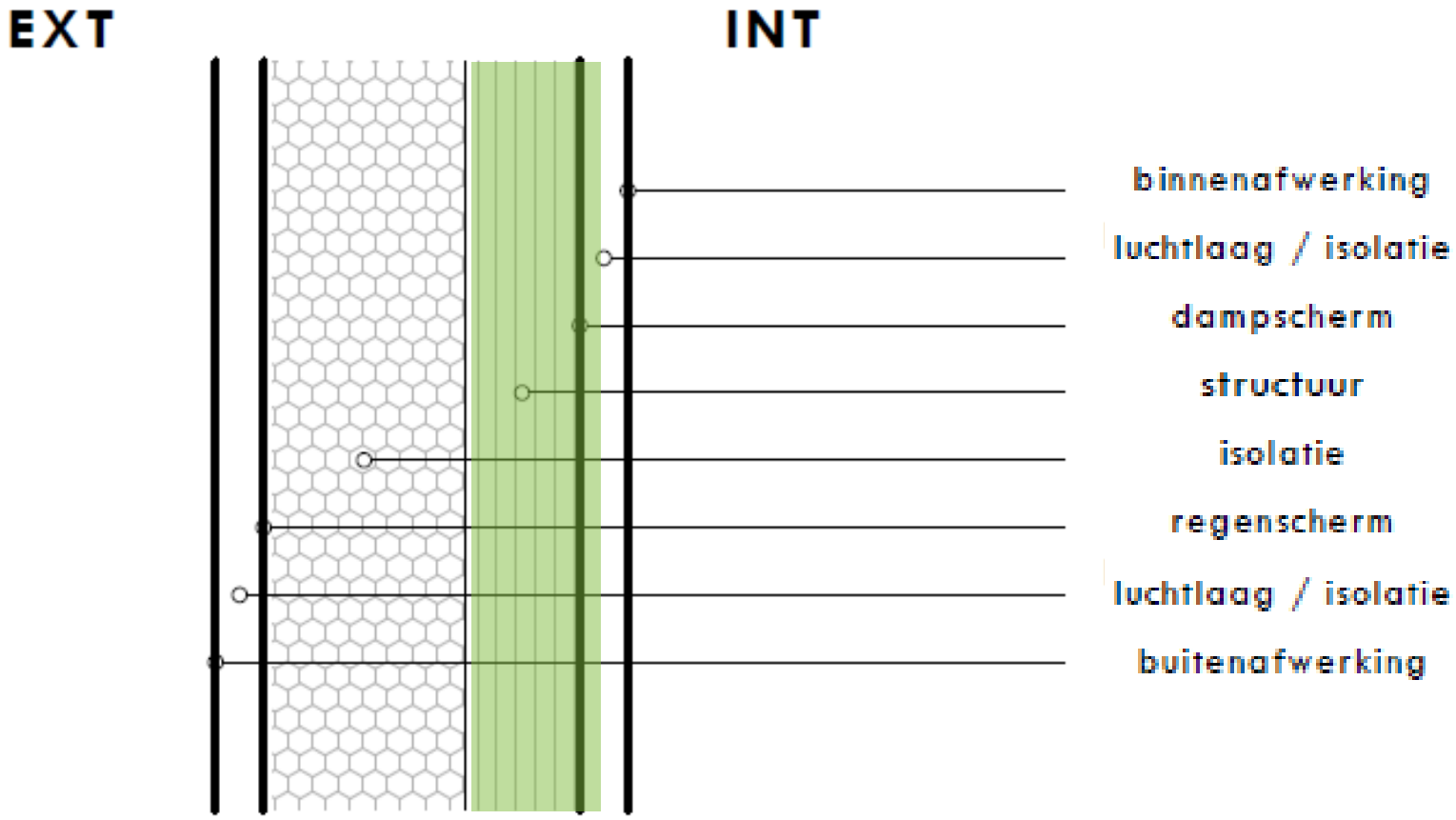
- Dit warmteverlies heeft een niet te verwaarlozen op het energieprestatieniveau



Source : Construire avec l'énergie, naturellement, Région Wallonne + document de la région flamande en annexe (point 8) et disponible sur energiesparen : http://www.energiesparen.be/epb/maatregelen

LUCHTDICHTHEID – MHB

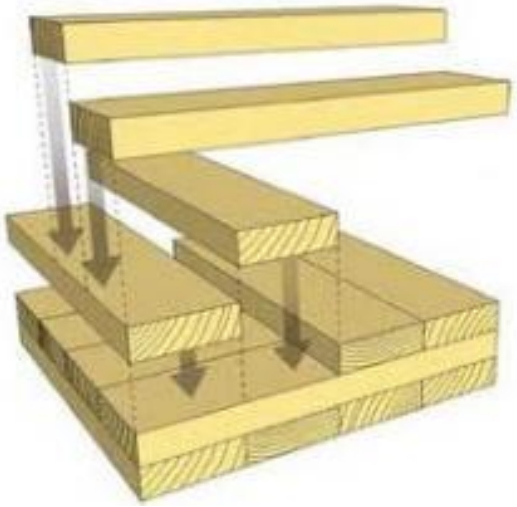
Om welk(e) element(en) gaat het?



LUCHTDICHTHEID – MHB

Dichte elementen

Source/bron: KLM

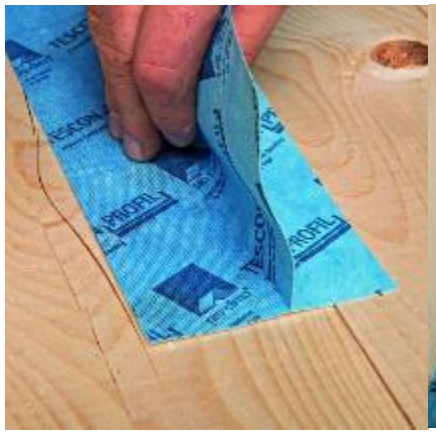


Source/bron: CLT

LUCHTDICHTHEID – MHB

Continuïteit verzekeren

- tussen elementen: tapes, contactlijmen



Source/bron: isoproc

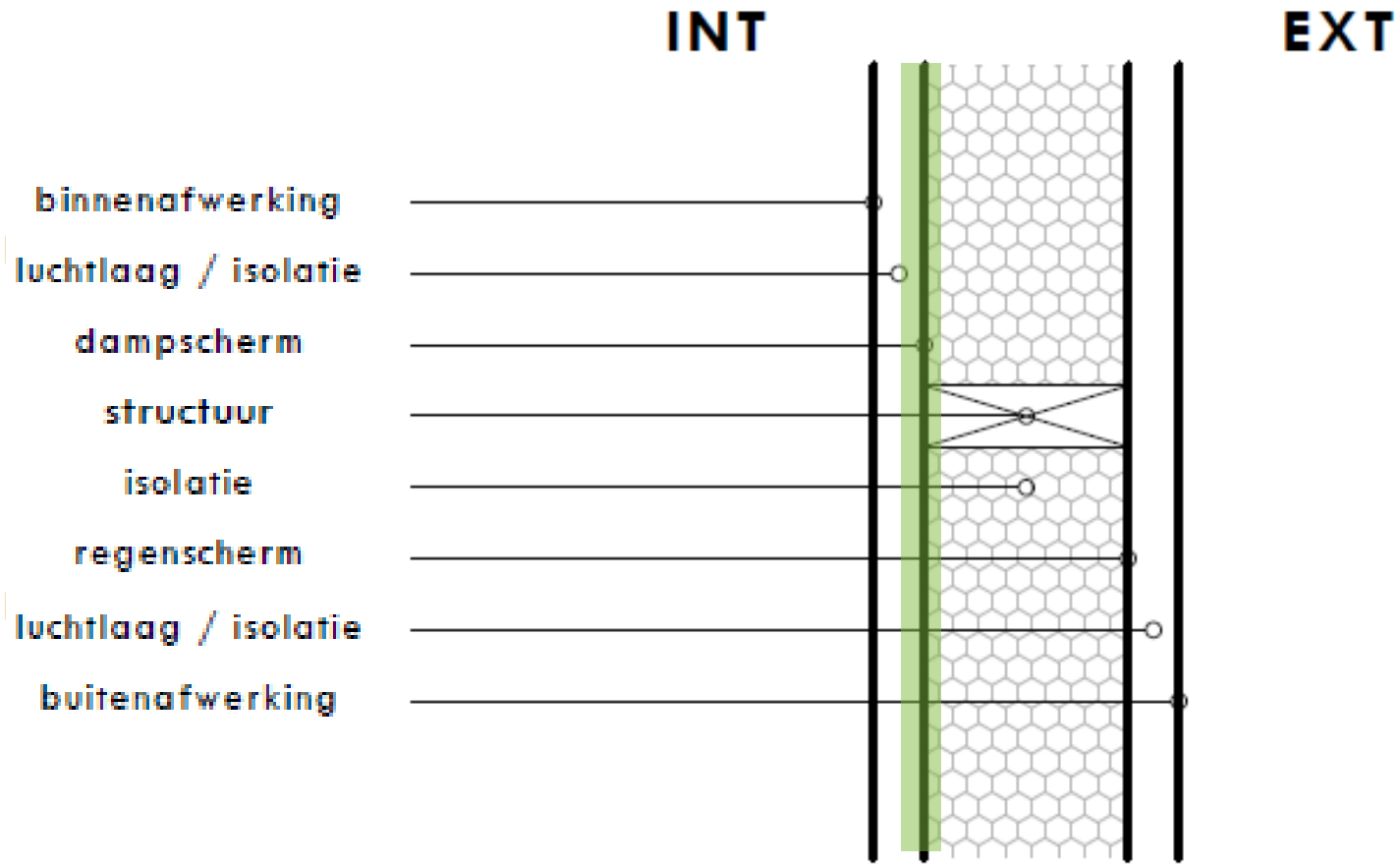
Source/bron: ecorce sa

- op het niveau van de doorboringen/doorbrekingen

Source/bron: panneauxmaisonossaturebois.com

LUCHTDICHTHEID – HSB

Om welk(e) element(en) gaat het?



LUCHTDICHTHEID – HSB

Meest courante dichte materialen

- OSB-platen (messing en groef, aansluiting d.m.v. tape)

- Dichtingsmembranen
  - aluminium-/polyethyleenfolie (te vermijden > volledig gesloten)
  - verstevigd papier

LUCHTDICHTHEID – HSB

Continuïteit verzekeren

- tussen elementen: tapes, contactlijmen of geplooide dubbele hechting

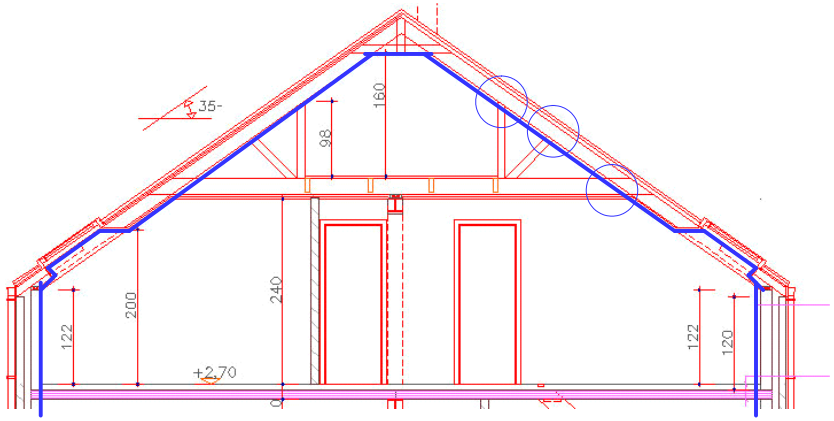
Source/bron: ISOPROC

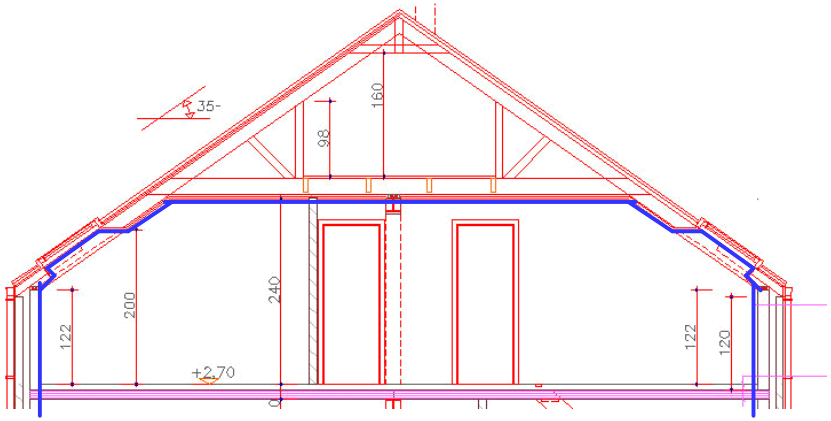
- op het niveau van de (technische) openingen

LUCHTDICHTHEID – HSB

Continuïteit verzekeren

- op het niveau van de (structurele) openingen

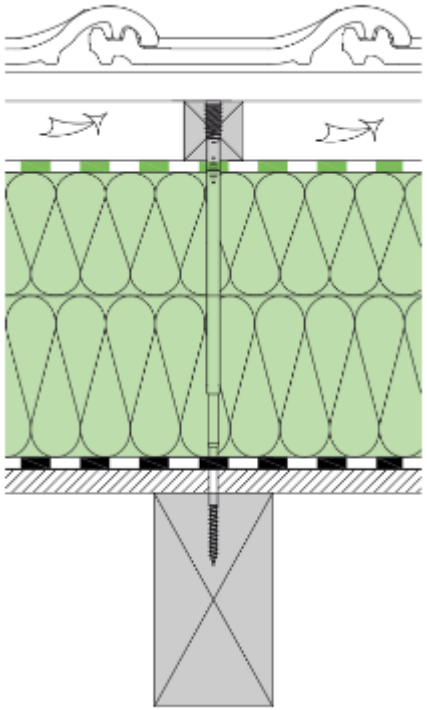


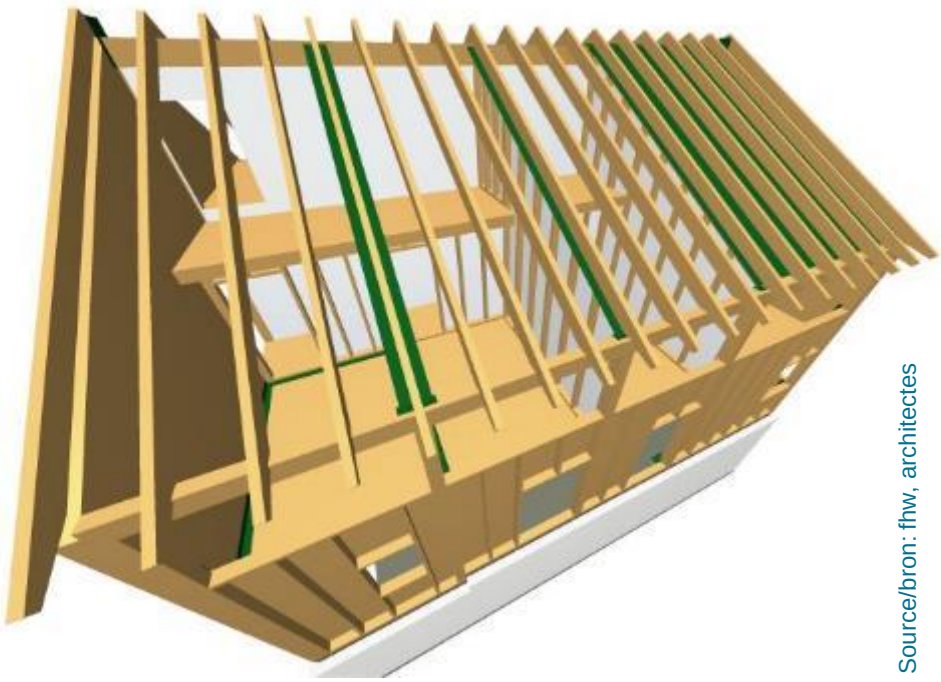


LUCHTDICHTHEID – HSB

Continuïteit verzekeren

- ter hoogte van de obstakels (binnenwanden, dakgordingen, perifere vloeropleggingen, openingen,…) > wachtbanen





Source/bron: fhw, architectes

LUCHTDICHTHEID – HSB

Installatielaag

- Beschermt (na voltooiing) de luchtdichtheid
- Variabele dikte (volgens de te integreren elementen)

  ⇨ **Opgelet: min. 6 cm om elektriciteitsinbouwdozen in holle wanden te integreren**

- Verticale (gebruikelijk voor elek. installatie) of horizontale regels
- Eventuele aanvullende isolatiedikte (opgelet: isolatie inblazen wordt er moeilijker door – min.dikte 8 cm)

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING

WANDEN

- Thermische isolatie
- Luchtdichtheid
- **Thermische inertie**
- Geluidsisolatie
- Waterdampdiffusie
- Waterdichtheid

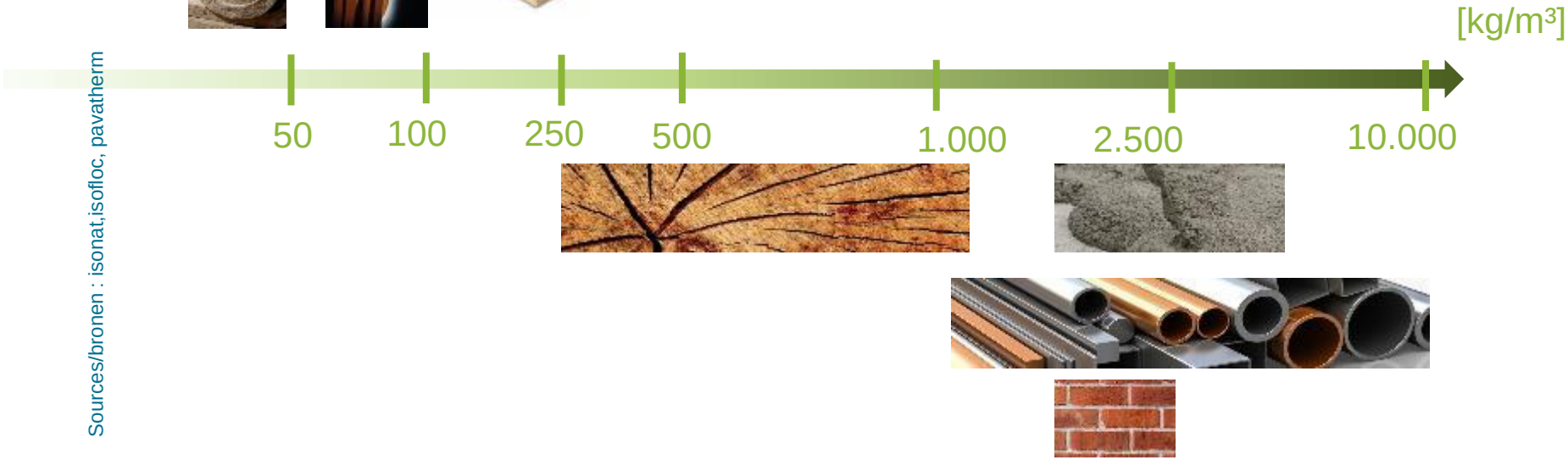
BOUWDETAILS

VOORBEELDEN

Wanden
U-waarden
componenten
toegankelijke thermische massa
componenten
s_d-waarde
dichtheid

THERMISCHE INERTIE – Theoretische begrippen

Volumieke massa



Sources/bronen : isonat,isofloc, pavatherm

THERMISCHE INERTIE – Theoretische begrippen

Tijdconstante (thermische inertie)

⇨ **Opgelet: vaak gelijkgesteld met faseverschuiving! = op een dag!**

$$\tau = \frac{e}{\lambda} \times C_p.e = \frac{e^2 C_p}{\lambda}$$

$$C_r = \frac{e^2 C_p}{\lambda \times 24}$$

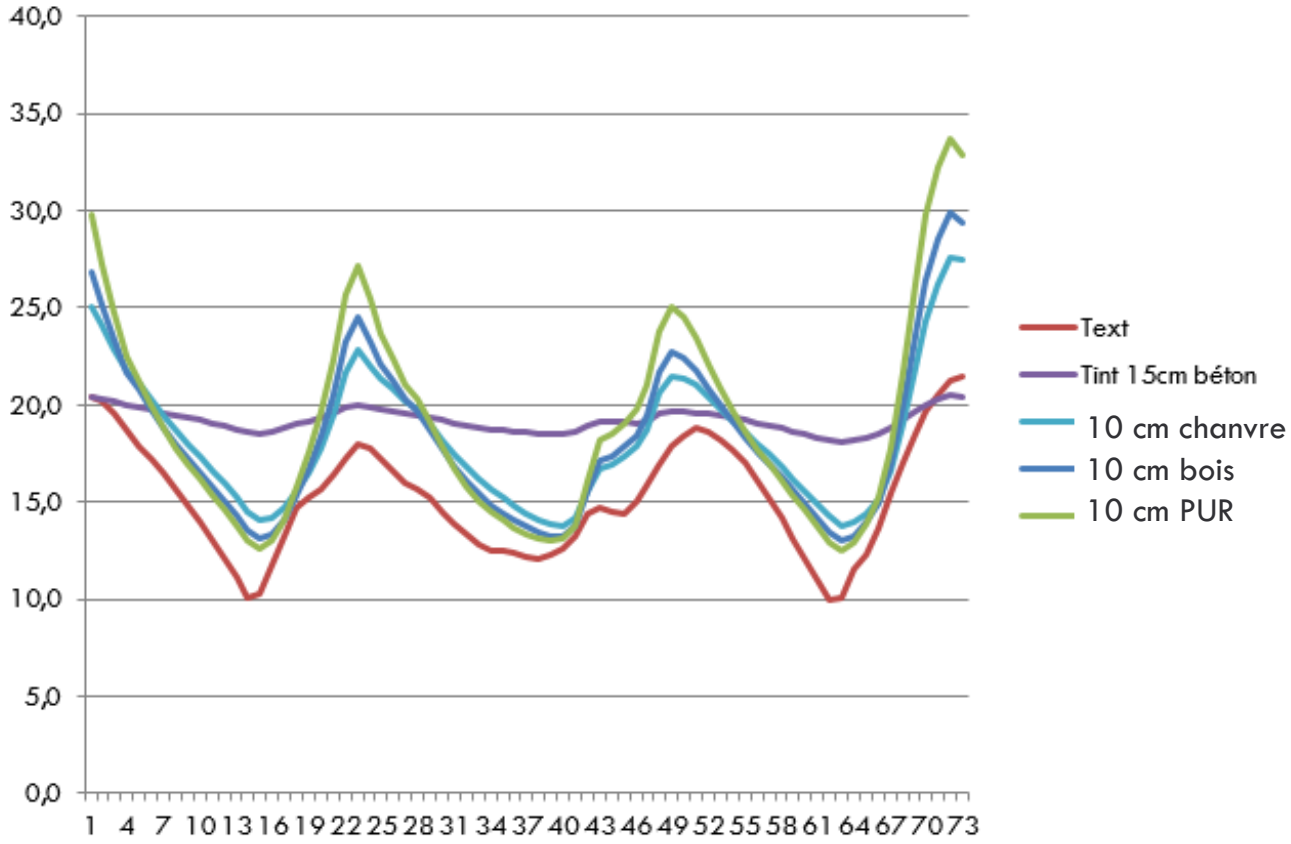
$$\Phi = 1,772\sqrt{C_r}$$

	Warmtegel. vermogen	Densi-teit	Soortelijke warmte	Dikte	Tijdconstante	Fase-verschuiving
	[W/mK]	[kg/m³]	[J/kg.K]	[m]	[s]	[h]
Glas	0,870	2480	720	0,03	187,15	4,80
Baksteen	0,840	1.800	840	0,09	1477,25	13,49
Beton	2,100	2.400	880	0,15	2292,74	16,81
Aluminium	237,000	2.700	900	0,005	0,025	0,05
Hout	0,130	750	2.000	0,02	467,63	7,59
Hennep	0,040	40	1.800	0,1	1823,77	14,99
Houtvezel	0,040	67	2.400	0,1	4073,09	22,40
MW	0,035	59	1.030	0,1	1759,21	14,72
Polystyreen	0,028	26	1.450	0,1	1364,21	12,96
PUR	0,025	30	1.300	0,1	1580,60	13,95
Water	0,600	1.000	4.186	0,1	7068,81	29,52
Lucht	0,026	1	1.004	0,1	50,47	2,49

THERMISCHE INERTIE – Theoretische begrippen

Invloed van de keuze van een binnenafwerkingsmateriaal op het temperatuurgedrag van een lokaal

- Resultaten van dynamische simulaties



THERMISCHE INERTIE – Theoretische begrippen

Hout heeft een kleinere thermische inertie

- Voordelen
  - Mogelijkheid sneller te verwarmen
  - Grotere indruk van warmte (koude wand)

- Nadelen
  - Binnentemperatuurpieken (meer sinusoïdaal gedrag)

THERMISCHE INERTIE – Theoretische begrippen

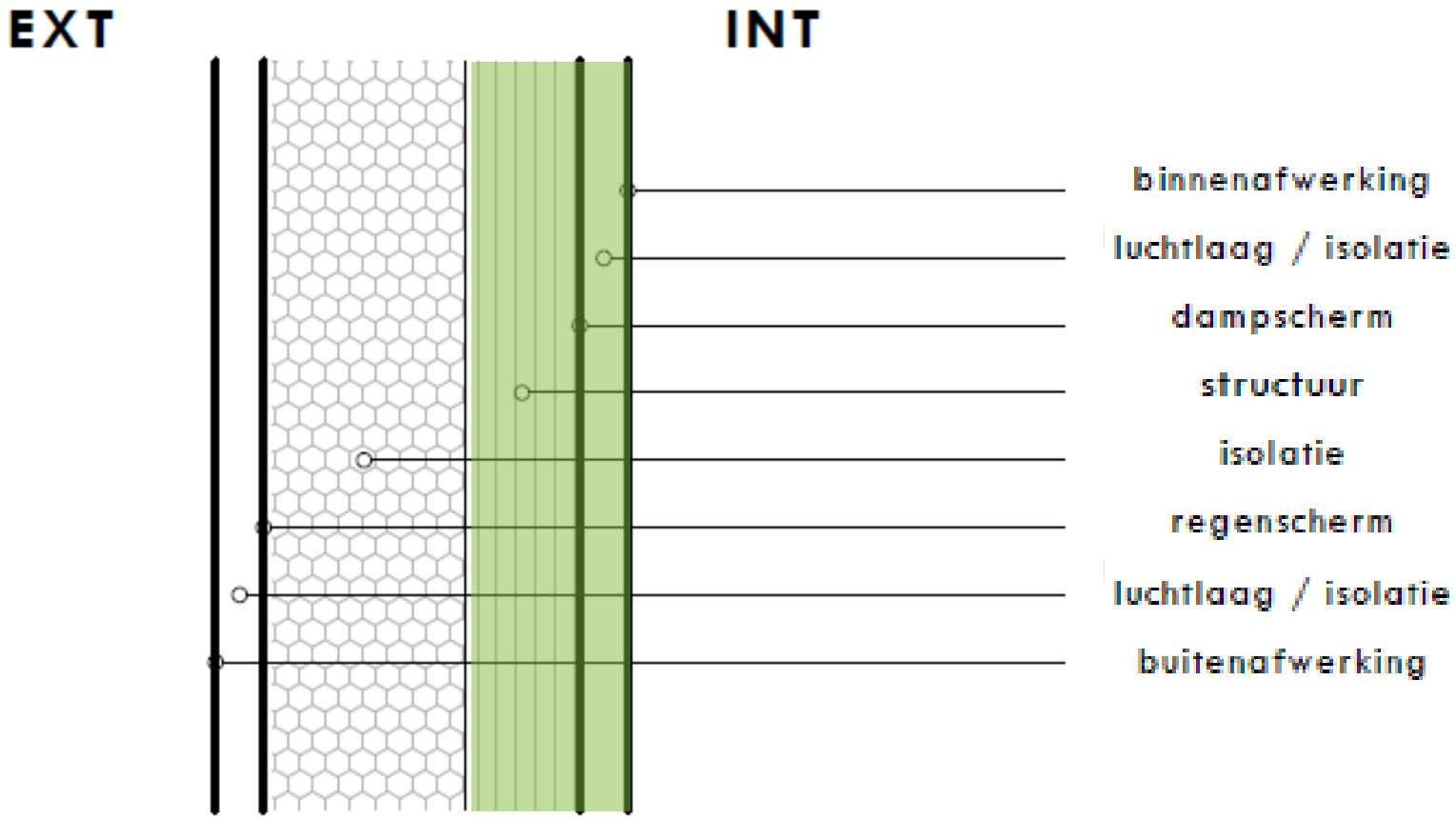
Hout heeft een kleinere thermische inertie

- Welke oplossingen?
  - Mogelijkheid inertie te vinden op het niveau van de andere wanden (binnenmuren/vloeren)
  - Gemengde systemen voorzien

    ⇨ **Relativeren: % voorgevelmuur t.o.v. % vensters**

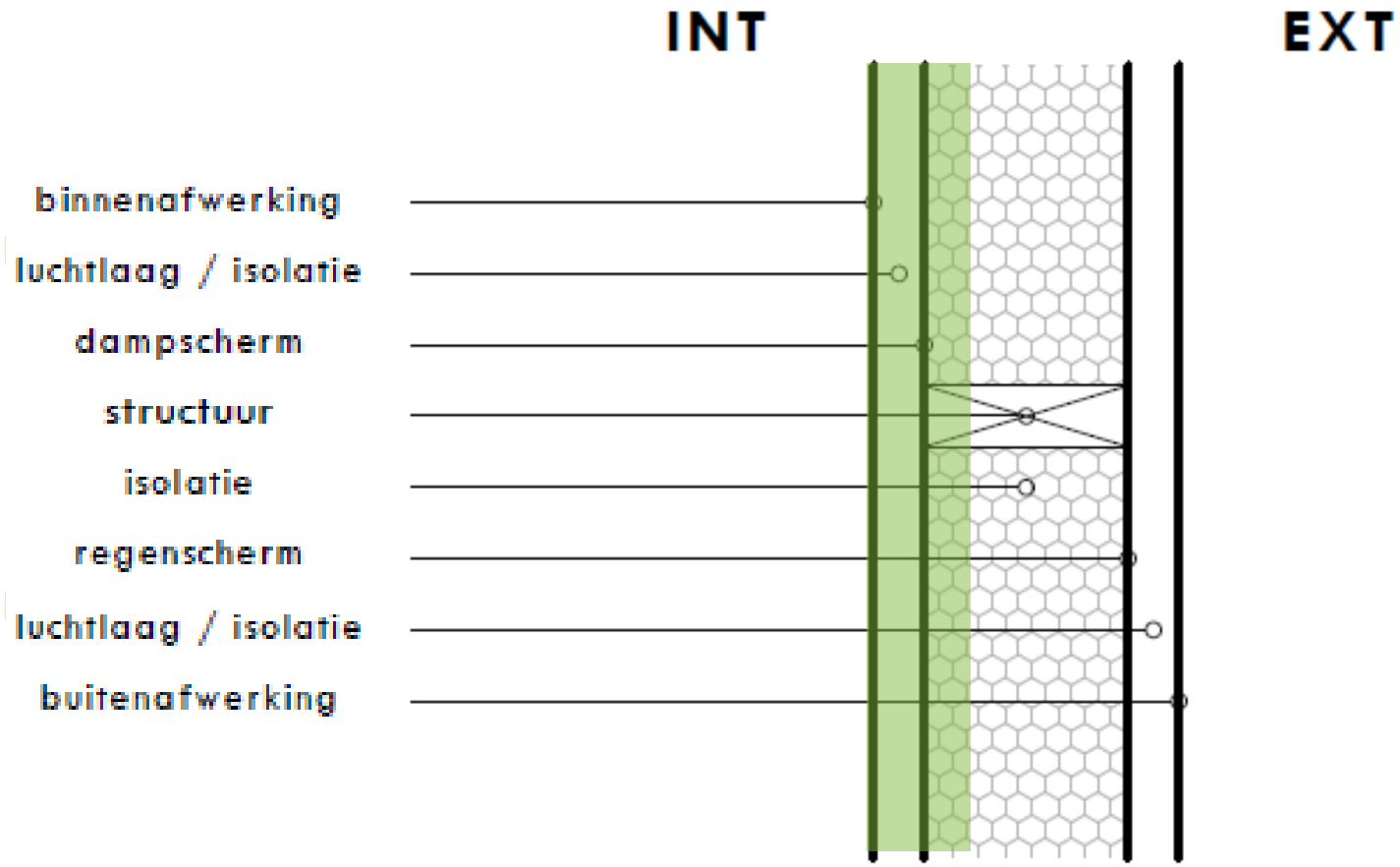
THERMISCHE INERTIE – MHB

Om welk(e) element(en) gaat het?



THERMISCHE INERTIE – HSB

Om welk(e) element(en) gaat het?



INHOUDSOPGAVE

INLEIDING

WANDEN

- Thermische isolatie
- Luchtdichtheid
- Thermische inertie
- **Geluidsisolatie**
- Waterdampdiffusie
- Waterdichtheid

BOUWDETAILS

VOORBEELDEN

Wanden
U-waarden
componenten
toegankelijke thermische massa
componenten
s_d-waarde
dichtheid

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

De akoestiek is een complexe wetenschap!

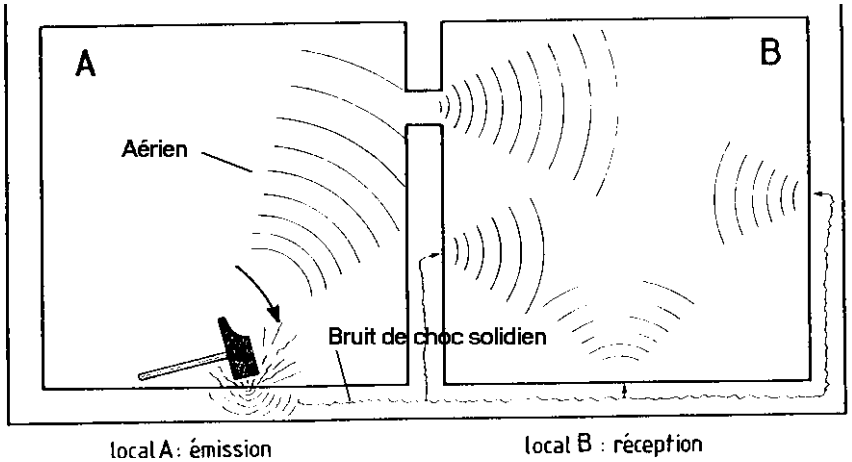
De gedragingen zijn niet lineair zoals in de warmteleer (invloed van de oppervlakken, van de volumes…)
⇒ er moeten principes worden nageleefd maar er zijn geen garanties

Het bereiken van de vereiste prestaties is sterk afhankelijk van de uitvoering

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

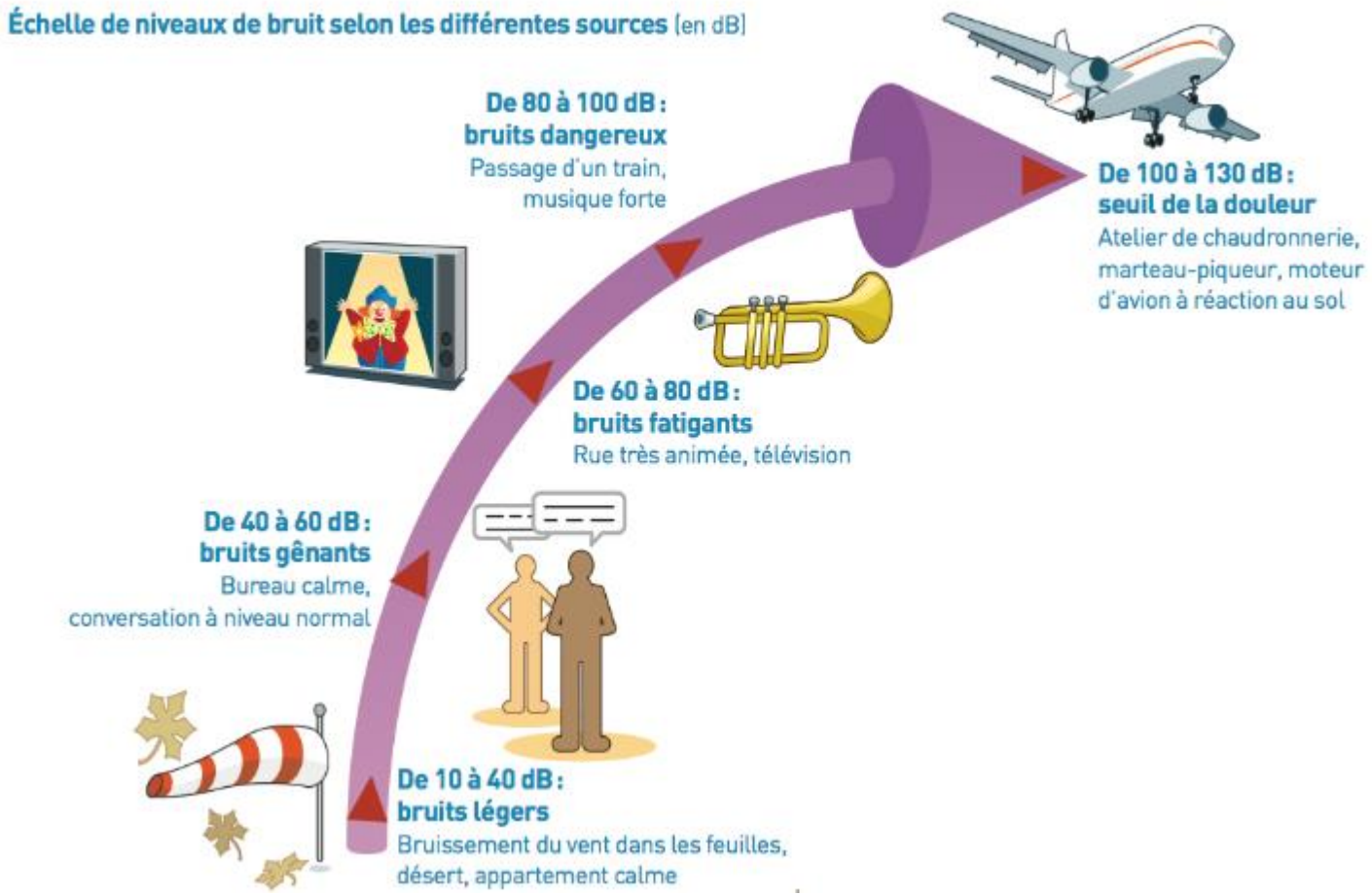
Definities

- Twee types geluid
  - luchtgeluid
  - contactgeluid
- L geeft een geluidsniveau aan [dB]
- R geeft een diffusieweerstand aan [dB]
- Index t > binnengeluid
- Index tr > buitengeluid (verkeer)



AKOESTIEK – Theoretische begrippen

Geluidsniveaus



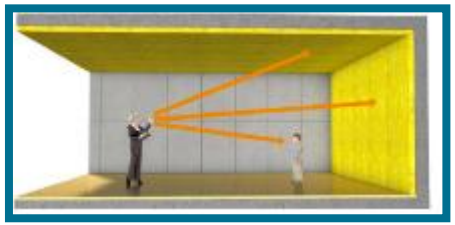
Source/bron: ISOVER

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

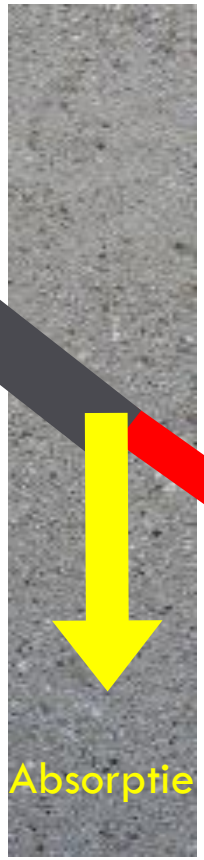
Grote principes

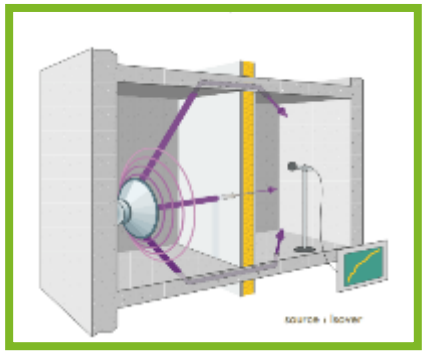
Geluidscorrectie

Geluidsisolatie



Source/Bron: Leefmilieu Brussel





Source/bron: ISOVER

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

Grote principes

- Massa-effect

  ⇨ **Hoe dichter/zwaarder het materiaal, hoe beter het akoestisch isoleert**

$R_w = 44dB$

$R_w = 48dB$

$R_w = 50dB$

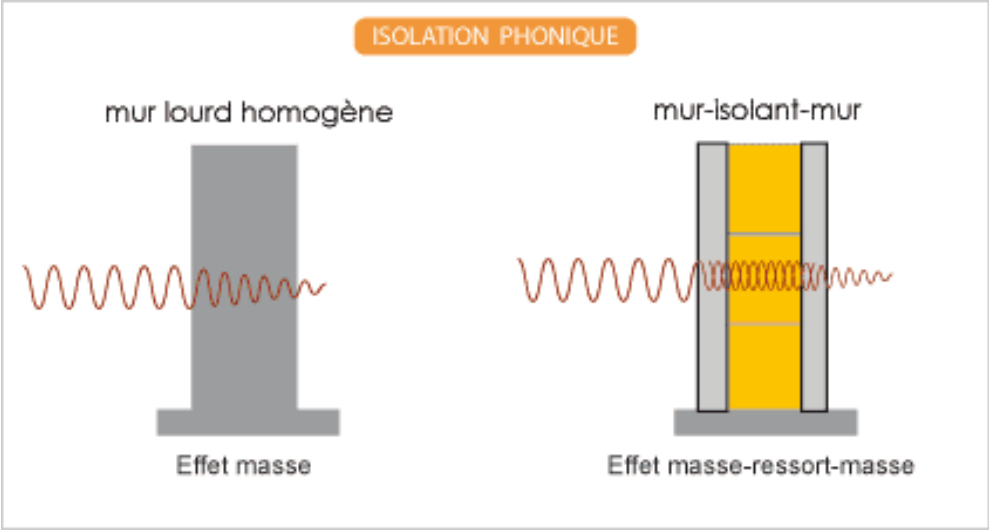
$R_w = 54dB$

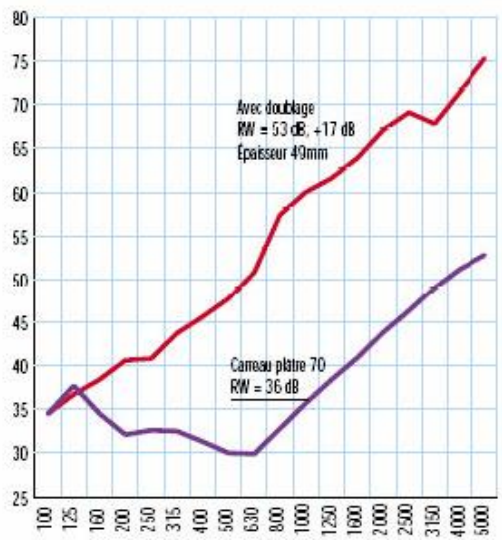
⇨ **De massa van hout is 10-maal kleiner dan die van metselwerk**

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

Grote principes

- Massa-veer-massa-effect





- Optelling van twee identieke geluiden = + 3 dB
- Bij ontwerp: altijd twee opbouwstructuren/situaties vergelijken!

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

Grote principes

- Om verschillende golflengten te absorberen: gebruikmaken van de massa's
- Muren: geschrankte of dubbele geraamten gevuld met isolatiewol
- Vloeren: zwevende en/of gescheiden systemen

Opgelet op de kwaliteit van de uitvoering!
De gevolgen van akoestische bruggen reiken verder dan die van koudebruggen

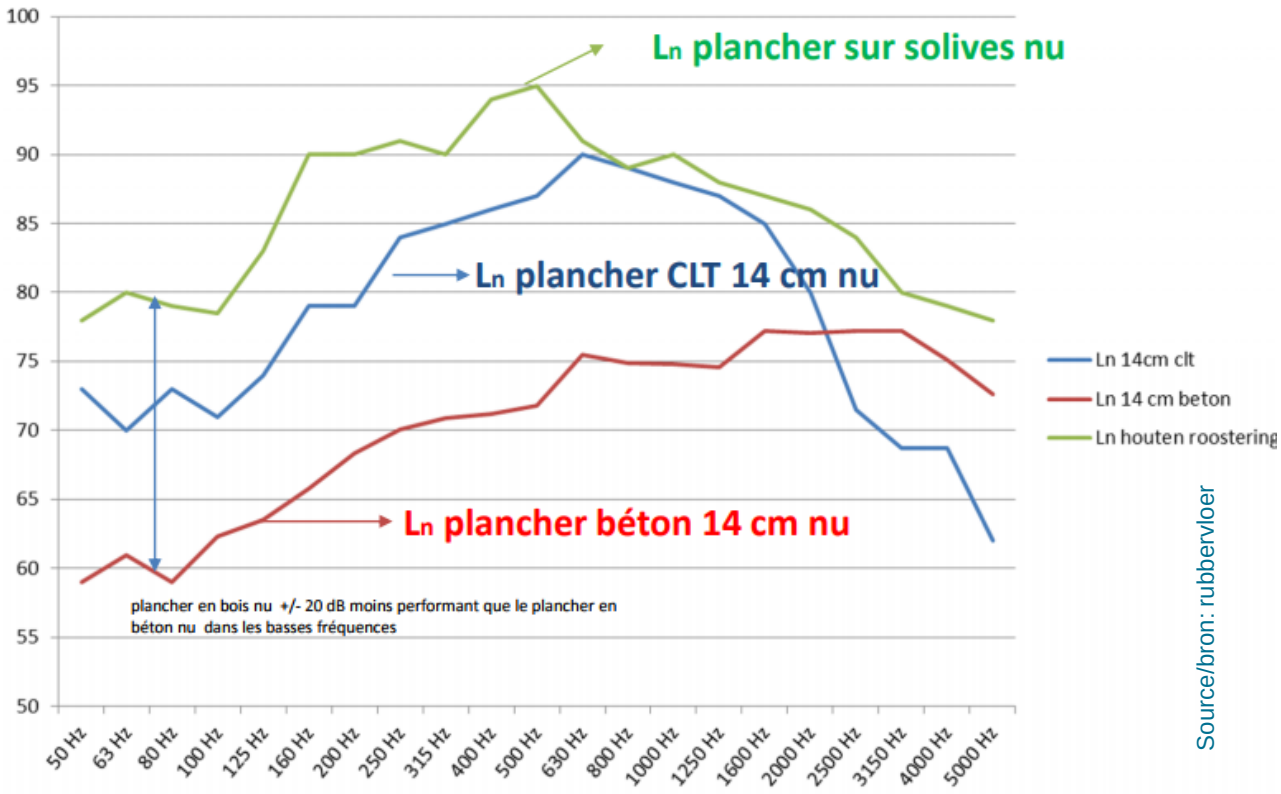
Moeilijke technieken die echter de mogelijkheid bieden normale (54 dB) en zelfs betere (58 dB) comfortniveaus te bereiken als ook de aangrenzende (verticale en horizontale) wanden worden behandeld

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

Grote principes

- Vloeren: contactgeluiden moeten worden gedempt voor ze de structuur bereiken

⇨ **zwevende systemen**



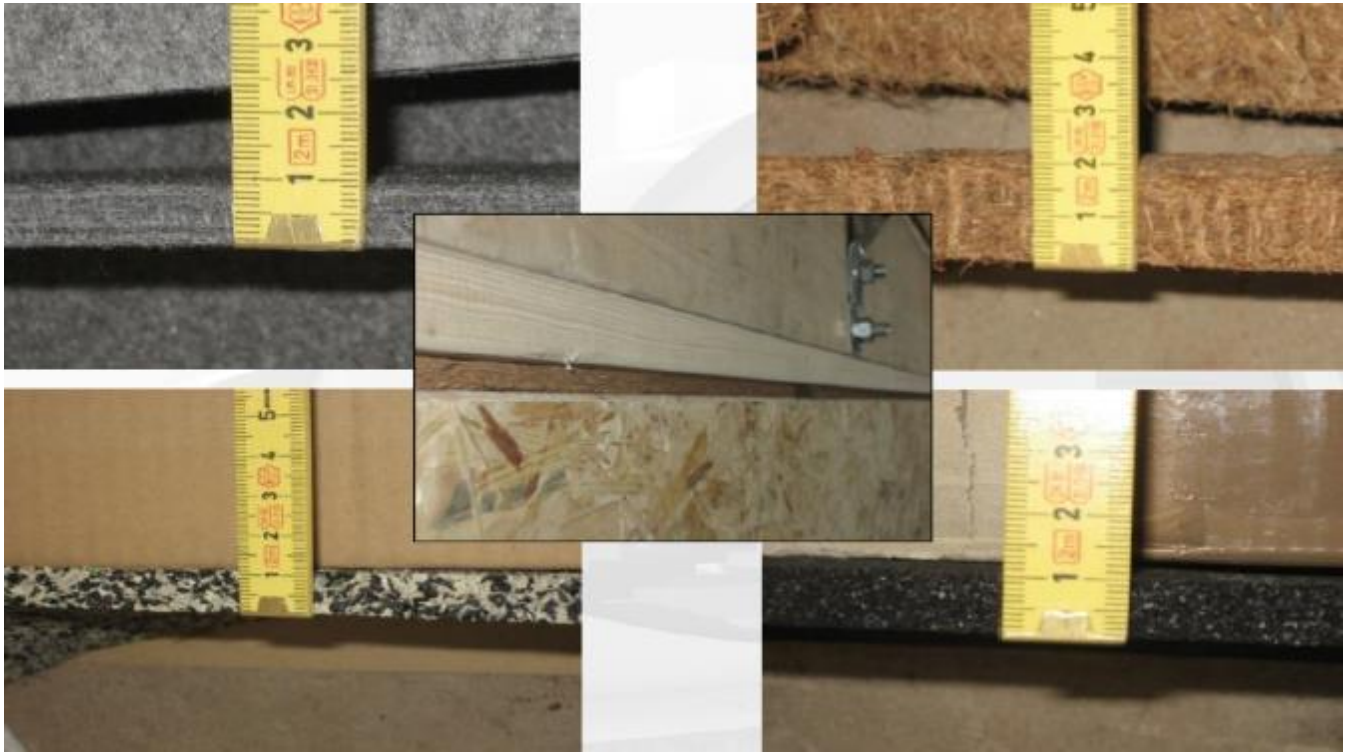
Source/bron: rubbervloer

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

Grote principes

- Vloeren: contactgeluiden moeten worden gedempt voor ze de structuur bereiken

⇨ **zwevende systemen**



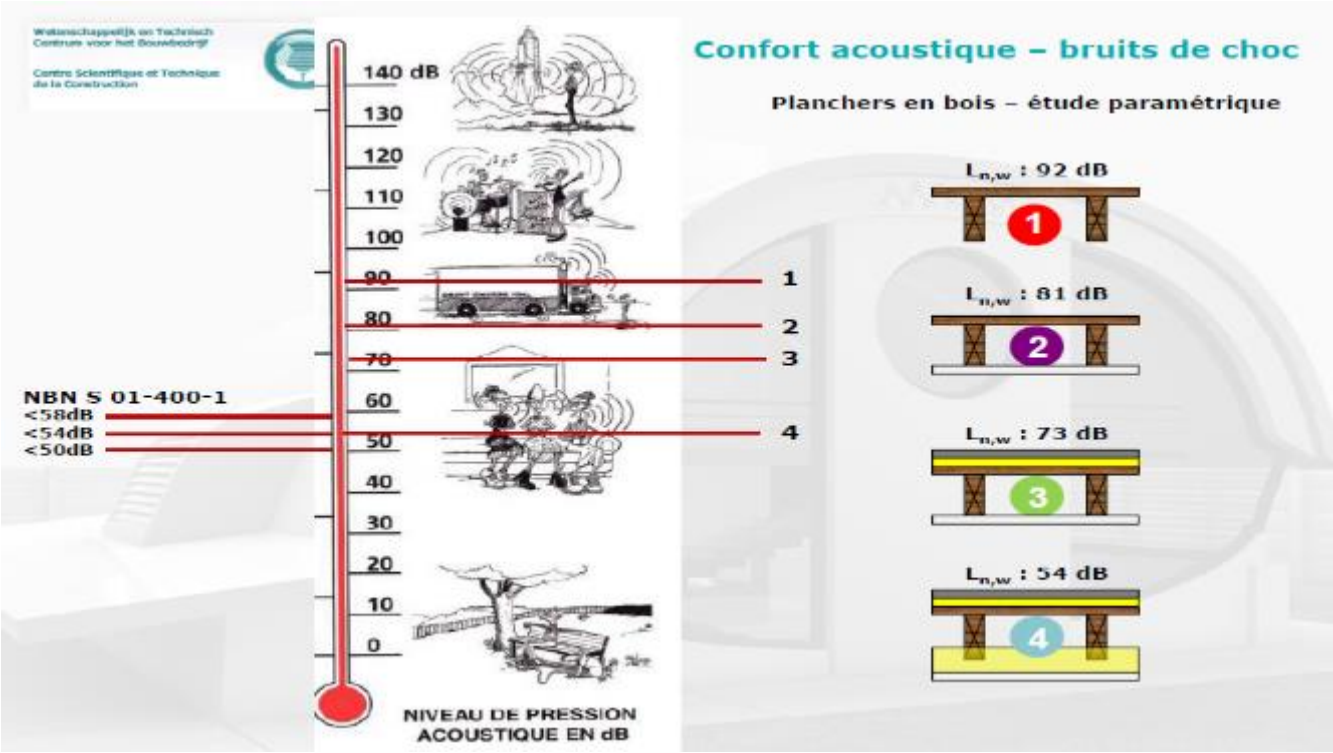
Source/bron: CSTC/WTCB

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

Grote principes

- Vloeren: contactgeluiden moeten worden gedempt voor ze de structuur bereiken

⇨ **zwevende systemen**



Source/bron: CSTC/WTCB

AKOESTIEK – Theoretische begrippen

Grote principes

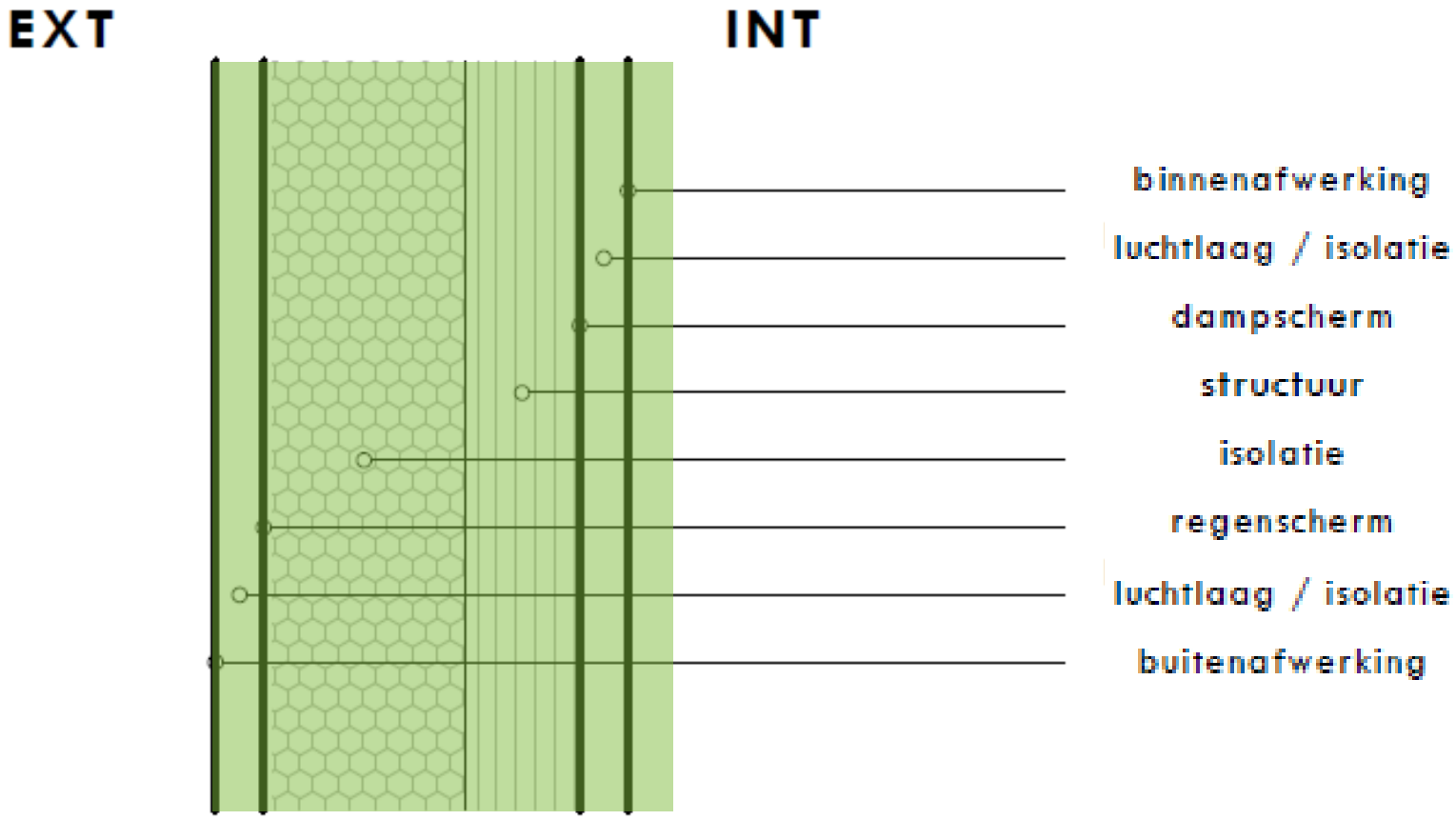
- Vloeren: contactgeluiden moeten worden gedempt voor ze de structuur bereiken

⇨ **gescheiden systemen**

Source/bron: CSTC/WTCB

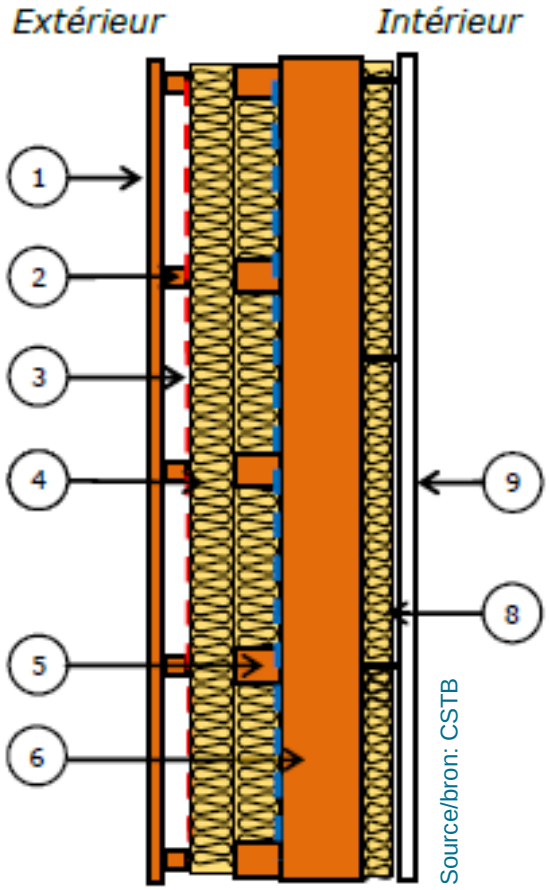
AKOESTIEK – MHB

Om welk(e) element(en) gaat het?



AKOESTIEK – MHB

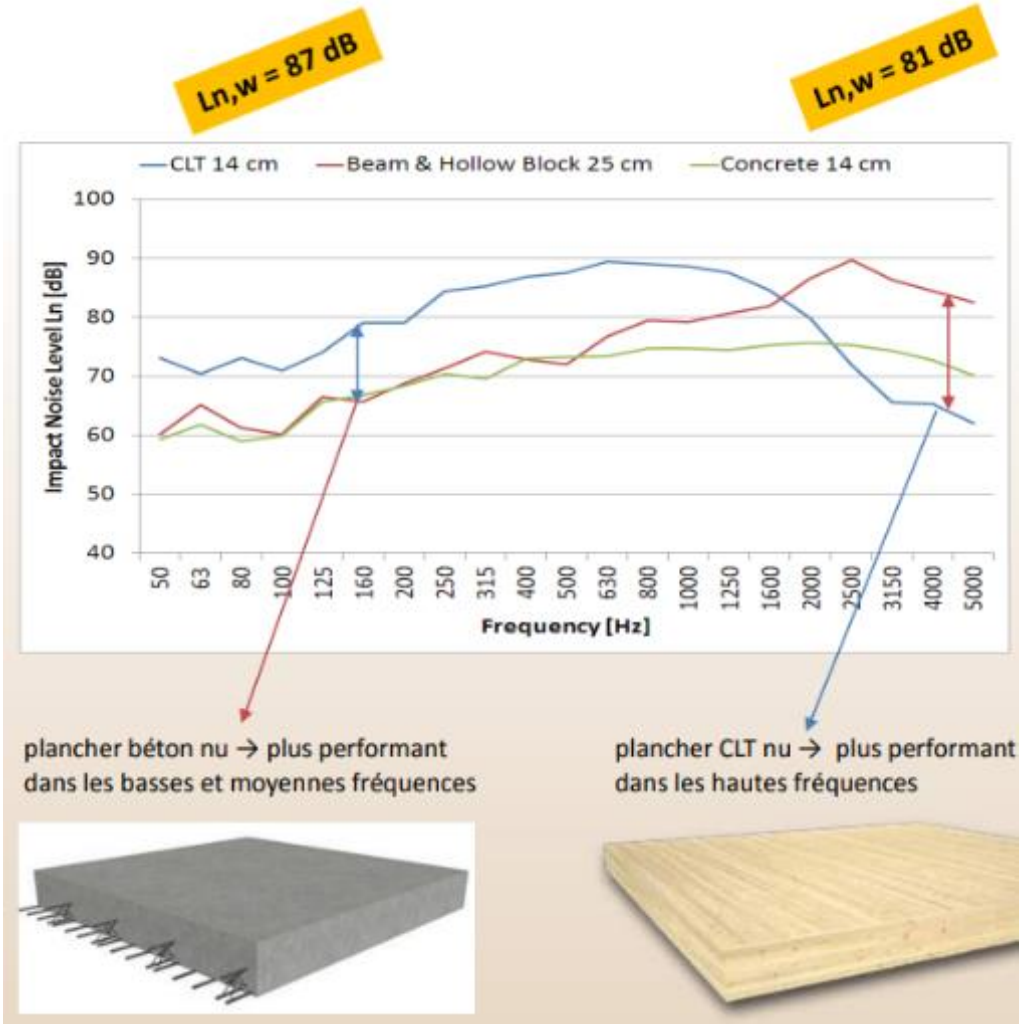
$[Rw + Ctr]_{basis} = 39$ dB



Source/bron: CSTB

AKOESTIEK – MBH

Concreet?



Source/bron: rubbervloer

AKOESTIEK – MHB

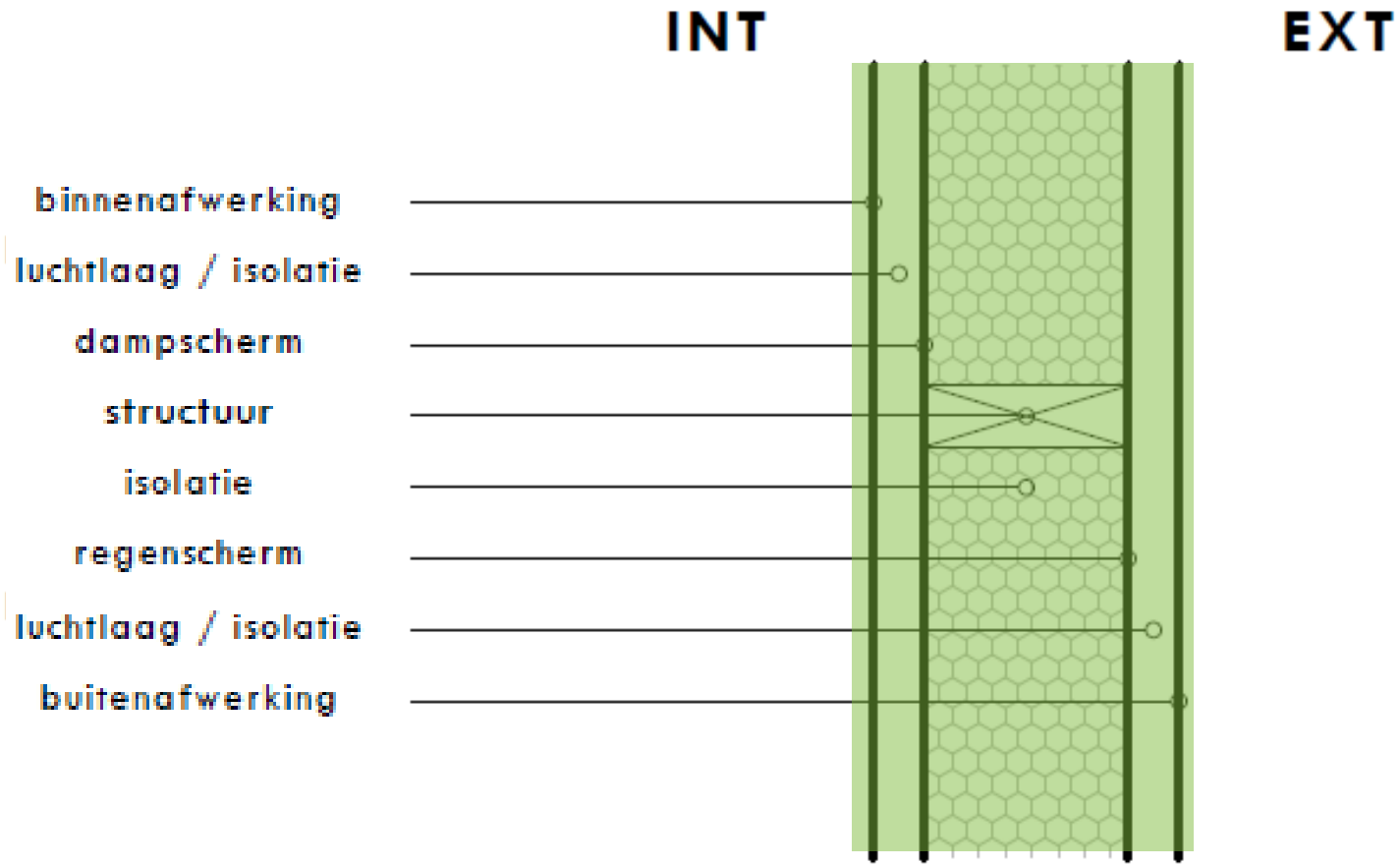
Concreet?

- Geen niet-commerciële gegevens
- *"De kenmerken en technieken voor akoestische isolatie maken een demping tot 72 dB(A) mogelijk. De afwezigheid van knarsgeluiden dankzij de onvervormbare tweedimensionale stijfheid van panelen in kruiselings verlijmd meerlagig massief hout is een onmiskenbaar voordeel tegenover andere technieken met houtconstructie."*

  (bron: fabrikant van CLT-producten)

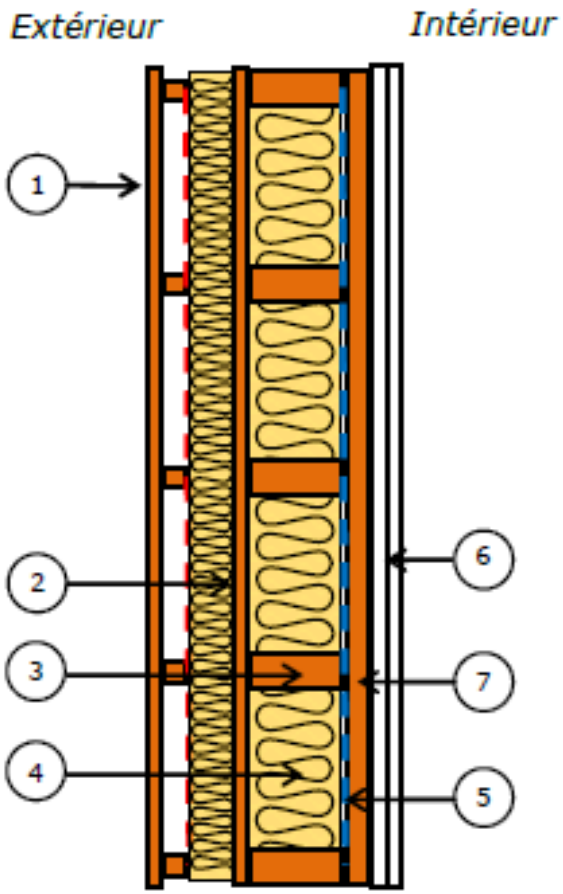
AKOESTIEK – HSB

Om welk(e) element(en) gaat het?

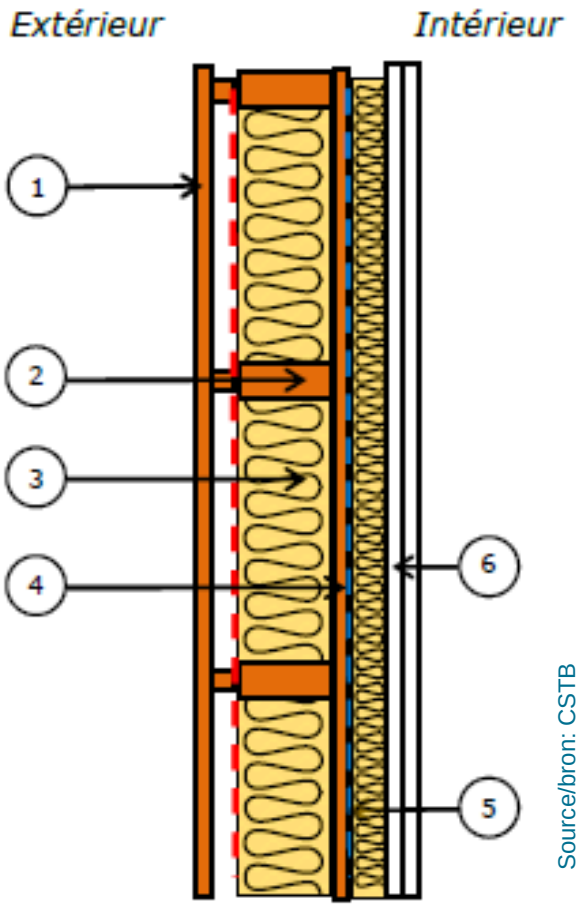


AKOESTIEK – HSB

$[Rw + Ctr]_{basis}$ = 36 dB



$[Rw + Ctr]_{basis}$ = 35 dB

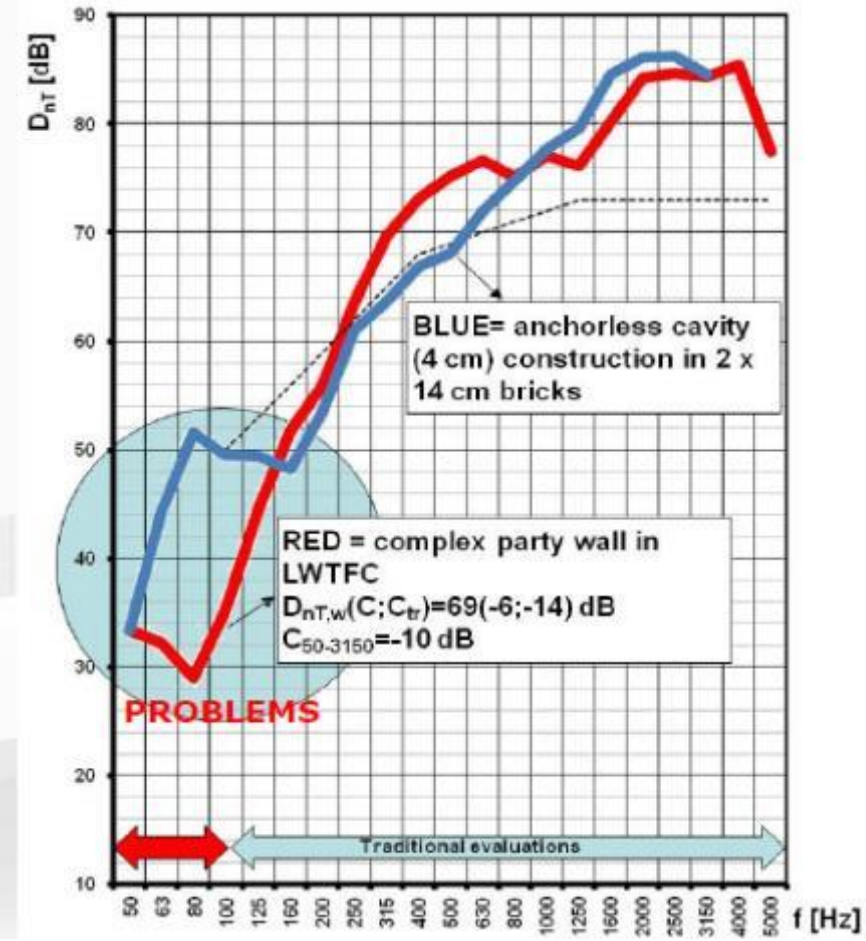


Source/bron: CSTB

Vue en coupe horizontale

AKOESTIEK – HSB

Effect van de afschaffing van het binnenpaneel

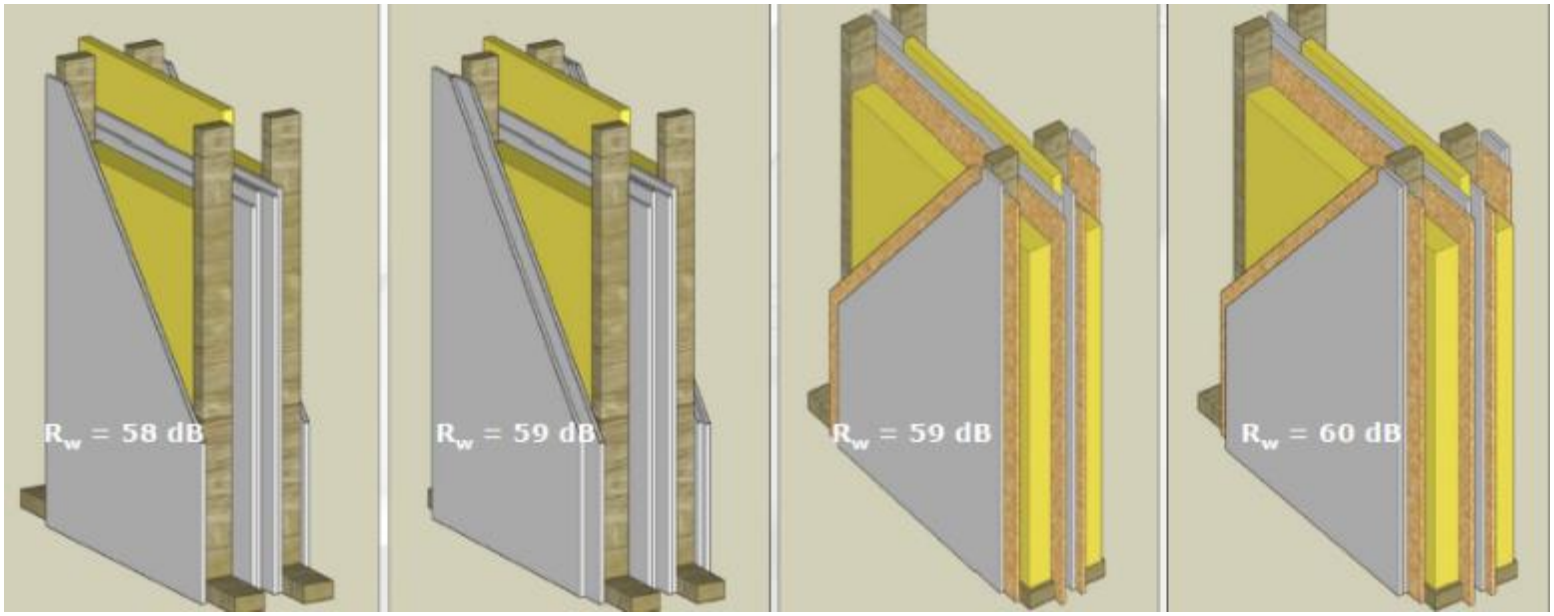


Source/bron: CSTC/WTCB

AKOESTIEK – HSB

Binnenwanden

- zeer interessante prestaties mogelijk



Source/bron: CSTC/WTCB

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING

WANDEN

- Thermische isolatie
- Luchtdichtheid
- Thermische inertie
- Geluidsisolatie
- **Waterdampdiffusie**
- Waterdichtheid

BOUWDETAILS

VOORBEELDEN

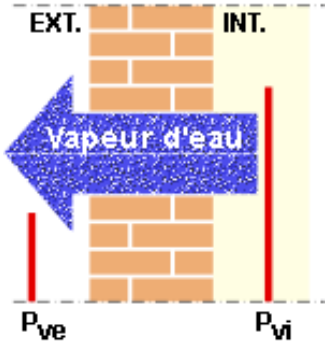
Wanden
U-waarden
componenten
toegankelijke thermische massa
componenten
s_d-waarde
dichtheid

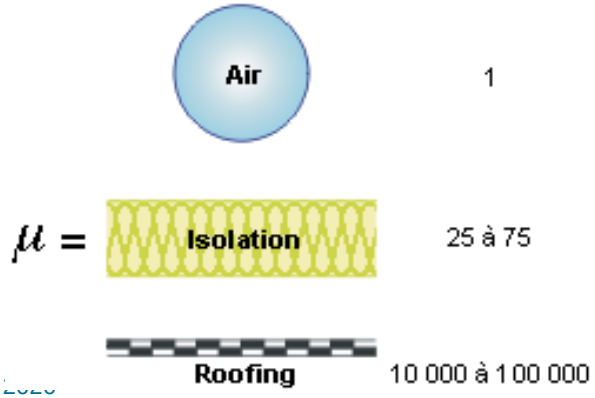
WATERDAMPDIFFUSIE – Theoretische begrippen

- Ondoorlatendheid (in algemene zin) = dichtheid ☞ geen doorstroming (met name water)

- Permeantie = verhouding van de graad van doorlatendheid tot het drukverschil van het gas tussen de twee zijden van het proefstuk
  - Voornamelijk gebruikt m.b.t. lucht
  - [kg/m².s.Pa] of [g/m².h.mmHg]

- **Waterdampdiffusieweerstand** = omgekeerde van permeantie
  - bepaalt de waterdampdoorlatendheid van een materiaal
  - μ[-] of [m².s.Pa/kg] of … of …





WATERDAMPDIFFUSIE – Theoretische begrippen

- μ: waterdampdiffusieweerstandsfactor – (-)
- μ_d: waterdampdiffusieweerstand van een laag – (m)

  ⇨ **$\mu_d = \mu \times d$ (voor een homogene laag)**

- μ_{dT}: waterdampdiffusieweerstand van een gebouwschildeel (μdT) – (m)

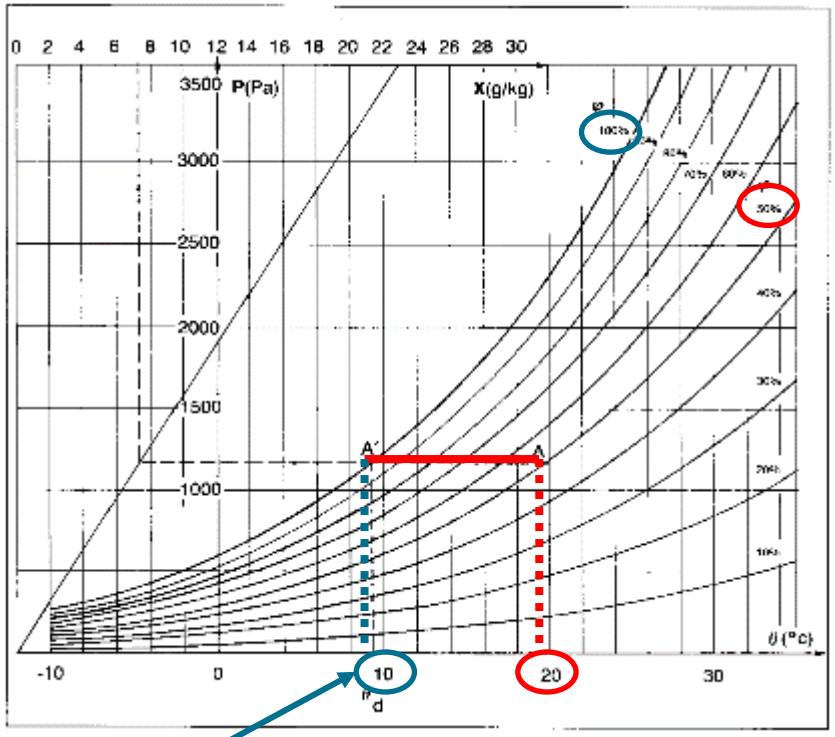
  ⇨ **$\mu_{dT} = \mu_{dsi} + \sum \mu_{di} + \mu_{dse}$**

  - $\sum \mu_{di}$: som van de waterdampdiffusieweerstand van de isolatielagen
  - $\mu_{di} + \mu_{dse}$: oppervlakteovergangsweerstanden

WATERDAMPDIFFUSIE – Theoretische begrippen

Condensatie

- Warme lucht kan meer waterdamp bevatten dan koude lucht
- Wanneer warme lucht afkoelt, stijgt de relatieve luchtvochtigheid
- Bij overschrijding van de dauwpunttemperatuur condenseert de waterdamp



dauwpunttemperatuur

WATERDAMPDIFFUSIE – Theoretische begrippen

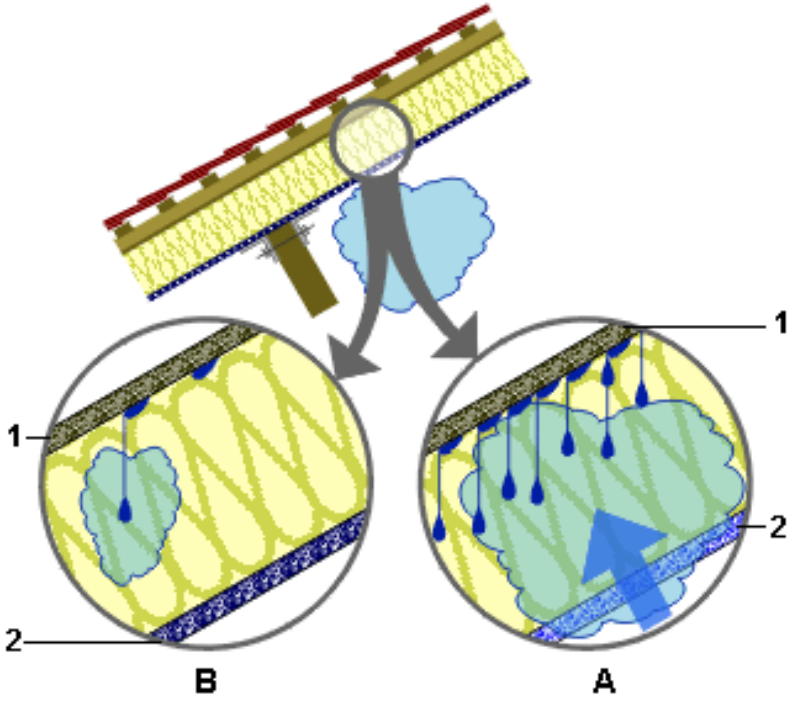
Oppervlaktecondensatie

- Condensatie van waterdamp op een koud oppervlak
- Afhankelijk van de ogenblikkelijke relatieve vochtigheid ter hoogte van een binnenoppervlak (RVsi < 100 %)
- Temperatuurfactor > 0,7
  - Belangrijk bij bouwknopen > laat toe te controleren op het risico van oppervlaktecondensatie

    ⇨ **f = (Tsi – Te) / (Ti – Te)**

WATERDAMPDIFFUSIE – Theoretische begrippen

Inwendige condensatie



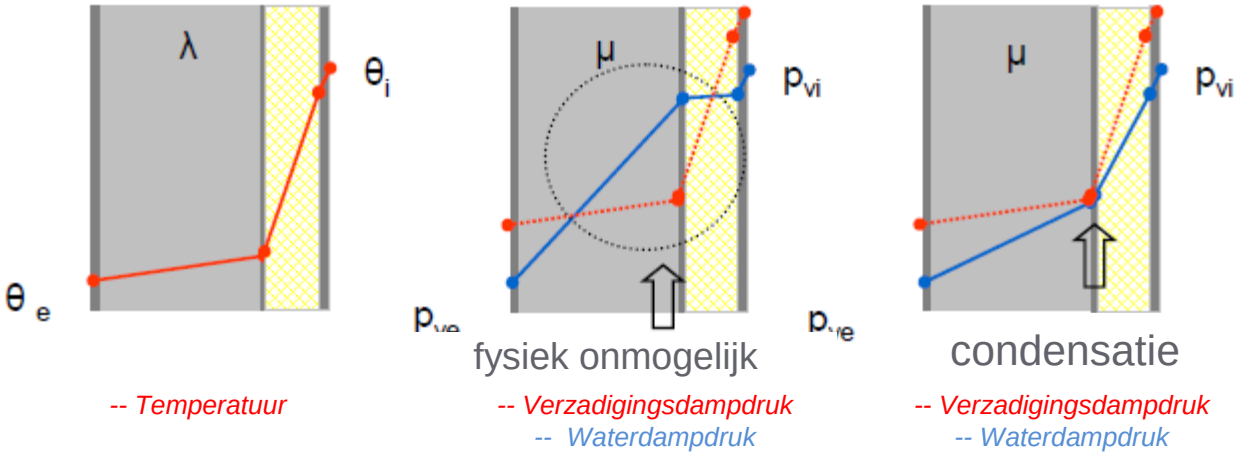
Source/bron: energie+

Bouwprincipe: steeds opener voor waterdampdiffusie van binnen naar buiten toe

WATERDAMPDIFFUSIE – Theoretische begrippen

Inwendige condensatie

- Condensatie van waterdamp in de constructie
  - Door waterdampdiffusie via de lagen waaruit de constructie is opgebouwd
  - Door de doorstroming van binnenlucht via kieren die lucht doorlaten
  - Door de aanwezigheid van bouwvocht



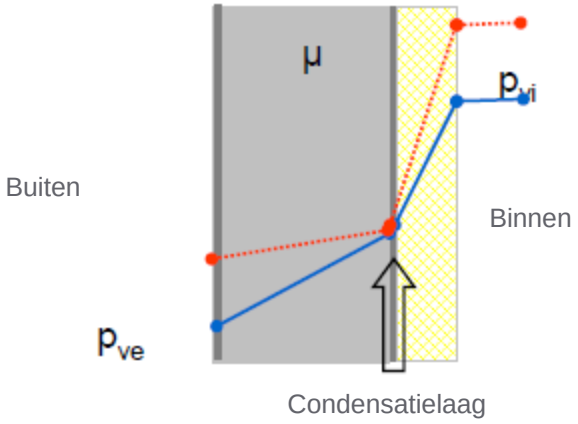
Source/bron: Module 3 – Opleiding EPB-adviseur Leefmilieu Brussel

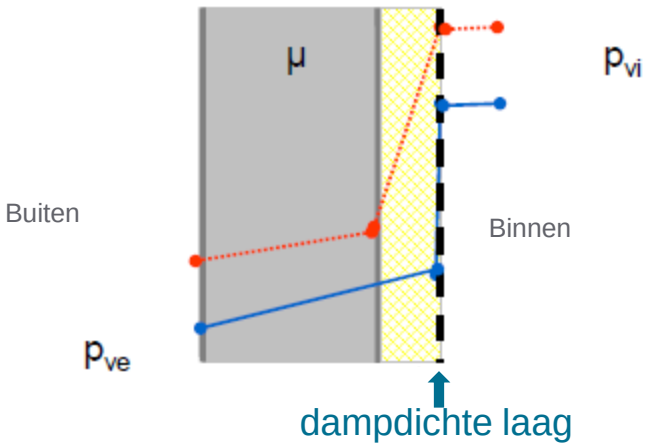
WATERDAMPDIFFUSIE – Theoretische begrippen

Inwendige condensatie

- Problematisch wanneer de vochtaccumulatie een kritieke drempel overschrijdt

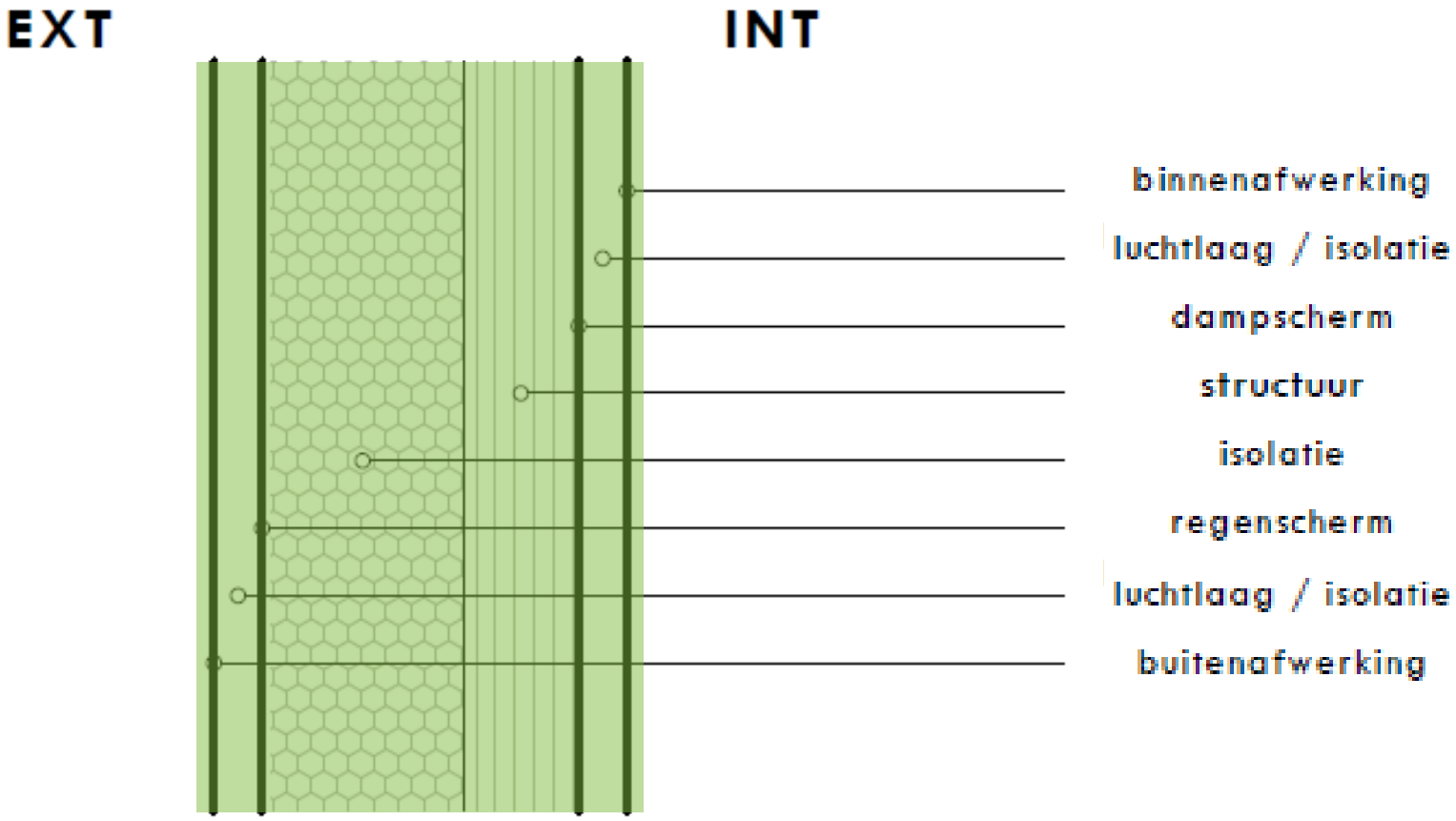
- Belang van damprem en luchtdichtheid (ononderbroken)
  - Sterkst isolerende en meest dampopen laag > koude zijde
  - Minst isolerende en meest dampdichte laag > warme zijde





WATERDAMPDIFFUSIE – MHB

Om welk(e) element(en) gaat het?



WATERDAMPDIFFUSIE – MHB

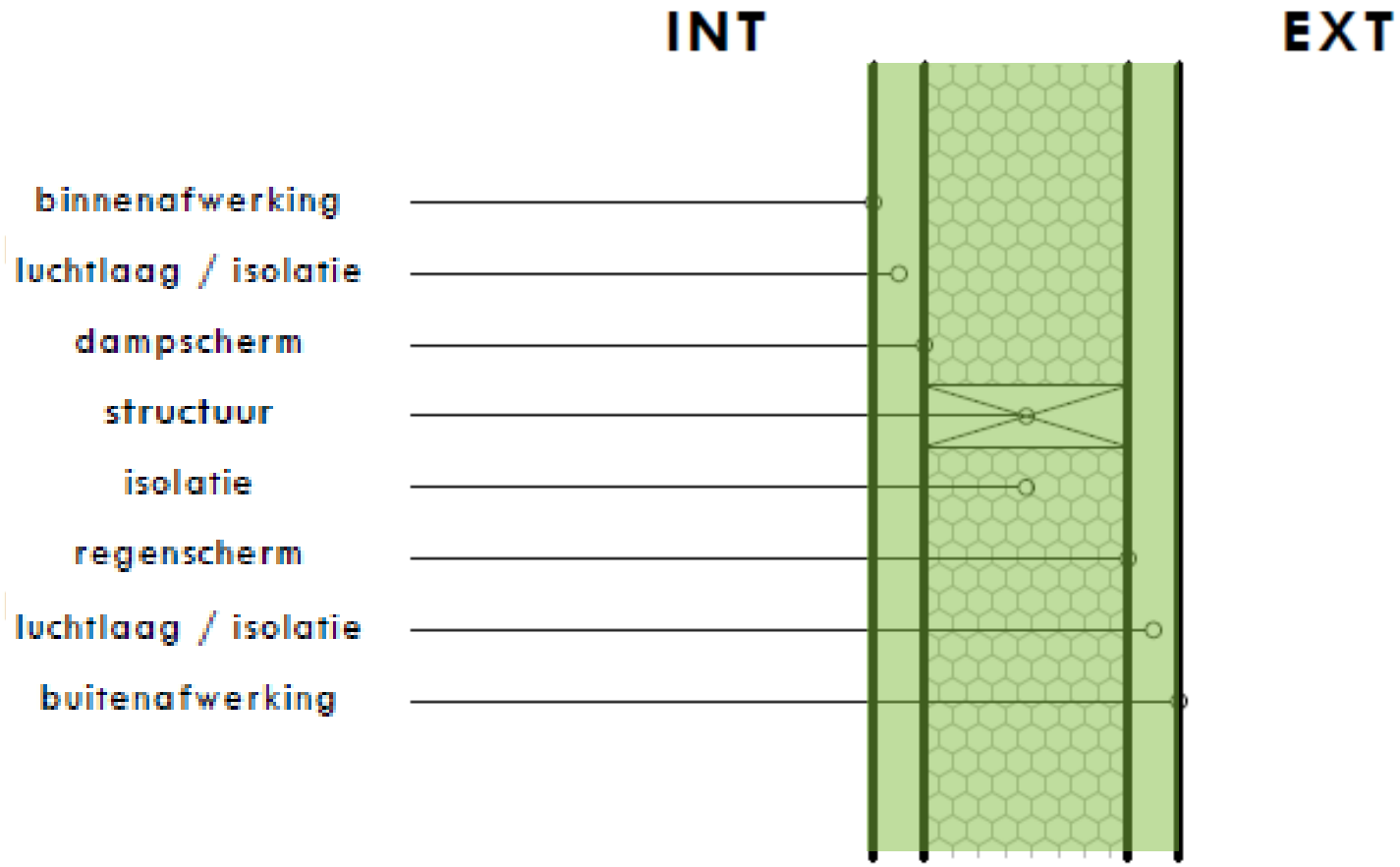
- Geen niet-commerciële gegevens
  - *Een drielaags CLT-paneel heeft dezelfde s_d–waarde als massief vurenhout met dezelfde dikte.*
  - *In vochtige testklimaatomstandigheden vermindert de μ-waarde van de gelijmde verbinding aanzienlijk. In de kleeflaag vormen zich poreuze volumes en tussen het kopshout en het langshout verschijnen capillaire contacten. Vergeleken met droge klimaatomstandigheden kan er in vochtige klimaatomstandigheden dus een snellere vochtuitwisseling plaatsvinden. Dit is echter afhankelijk van de gebruikte lijm en van de relatieve vochtigheid.*

    (bron: fabrikant van CLT-panelen)

- Diffusieprincipe (steeds opener…)
  - gewapende gipsplaat: s_d = 0,273 m
  - gelijmde massieve plaat: s_d = 3,9 m
  - isolatie: s_d = 0,25 m
  - diffusieopen plastic folie: $s_d \leq$ 0,3 m

WATERDAMPDIFFUSIE – HSB

Om welk(e) element(en) gaat het?



WATERDAMPDIFFUSIE – HSB

- Nageleefd bouwprincipe
  - gewapende gipsplaat: s_d = 0,273 m
  - luchtlaag (of vezelhoudende isolatie) s_d = 0,04 m
  - OSB-plaat s_d = 5,5 m
  - Isolatie (vezelhoudende -) s_d = 0,25 m
  - open onderdak (houtvezel, membraan) $s_d \leq 0,3$ m
- Belang van de buitenbekleding (diffusie behouden)

WATERDAMPDIFFUSIE – HSB

Compactdak

- Wat moeilijk omdat vochtindringing moeilijk te vermijden is

➢ **Drogingsmogelijkheden moeten worden vergroot**

Hoe groter de drogingsreserve van een constructie, hoe groter de niet te voorziene vochtbelasting mag zijn vooraleer deze tot bouwschade leidt

- Mogelijk door de oppervlaktetemperatuur van het dak te verhogen

- **Andere belangrijke parameters**
  - Adsorptievermogen van de isolatie
  - Eigenschappen van de damprem

WATERDAMPDIFFUSIE – HSB

Compactdak

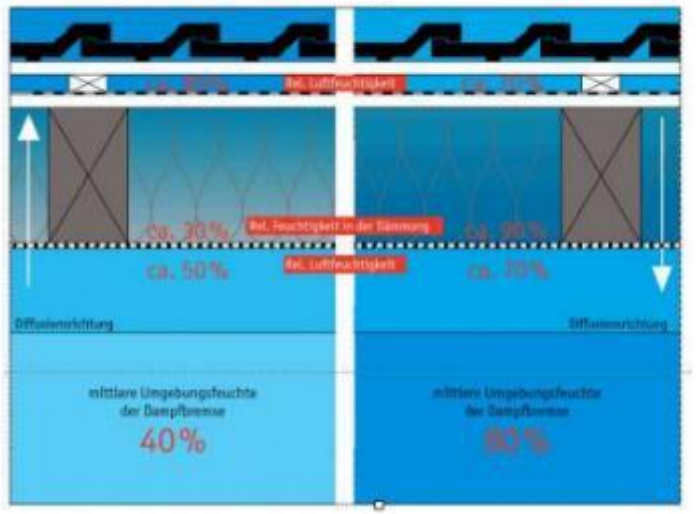
- Gebruik van intelligente dampschermen
  - Grote diffusieweerstand in de winter ☞ bescherming van de constructie tegen inwendige condensatie
  - Geringe diffusieweerstand in de zomer ☞ mogelijkheid tot opdroging van het vocht dat zich in de constructie bevindt naar binnen toe

Winter Zomer

T <

Gemiddelde RV vlakbij het dampscherm: 40 %

T >



T >

Gemiddelde RV vlakbij het dampscherm : 80 %

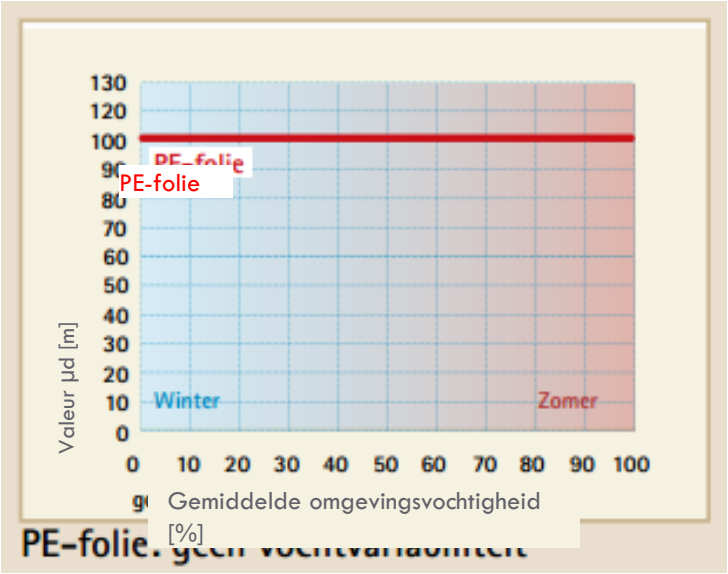
T <

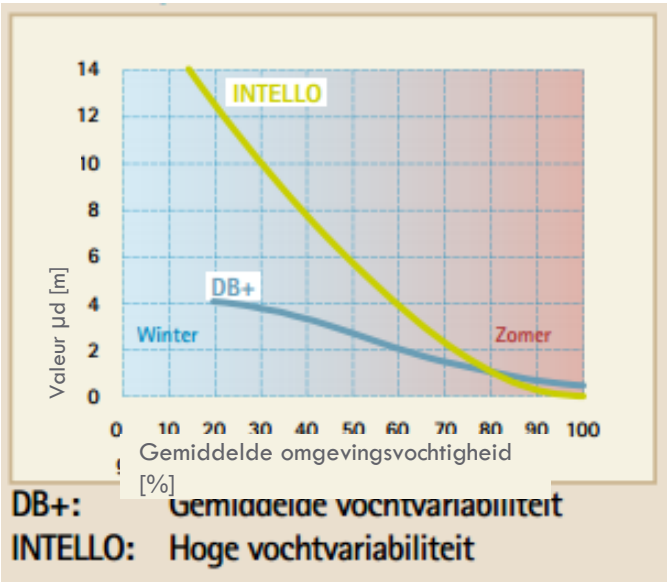
Source/bron: Isoproc

WATERDAMPDIFFUSIE – HSB

Compactdak

- Gebruik van intelligente dampschermen
  - Grote diffusieweerstand in de winter ☞ bescherming van de constructie tegen inwendige condensatie
  - Geringe diffusieweerstand in de zomer ☞ mogelijkheid tot opdroging van het vocht dat zich in de constructie bevindt naar binnen toe





INHOUDSOPGAVE

INLEIDING

WANDEN

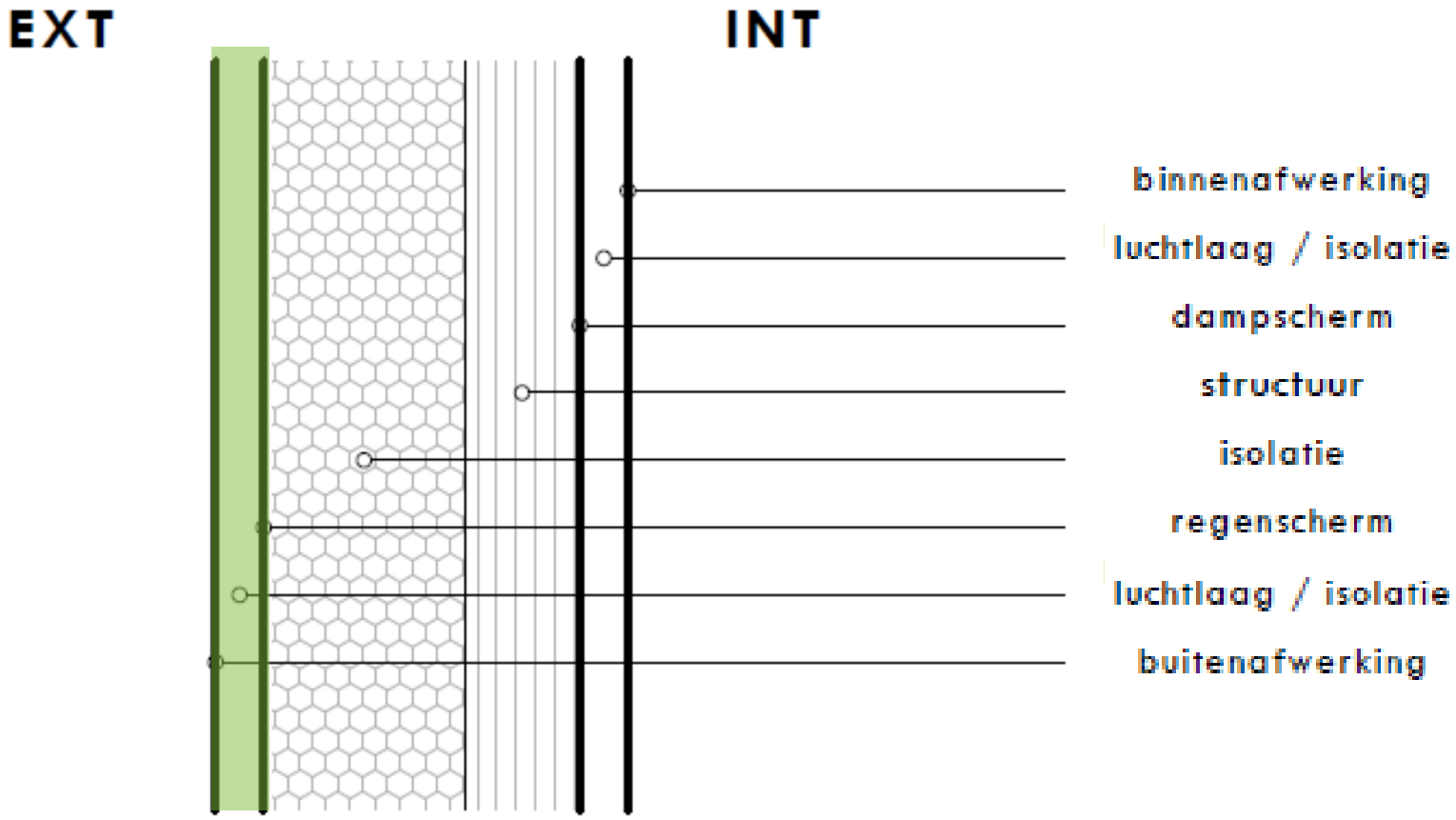
- Thermische isolatie
- Luchtdichtheid
- Thermische inertie
- Geluidsisolatie
- Waterdampdiffusie
- **Waterdichtheid**

BOUWDETAILS

Wanden
U-waarden
componenten
toegankelijke thermische massa
componenten
s_d-waarde
dichtheid

WATERDICHTHEID – MHB

Om welk(e) element(en) gaat het?



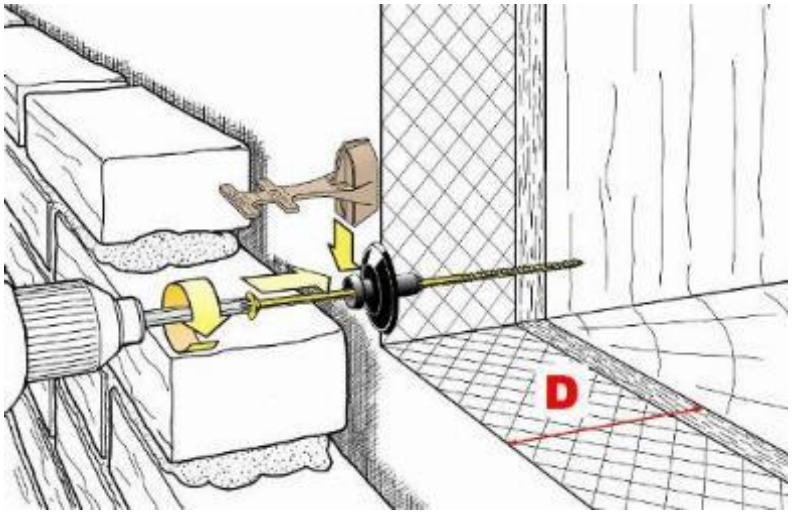
WATERDICHTHEID – MHB

Volgens de buitenafwerking…

Source/bron: gdkhouse

Source/bron: le Moniteur

Source/bron: ecobati

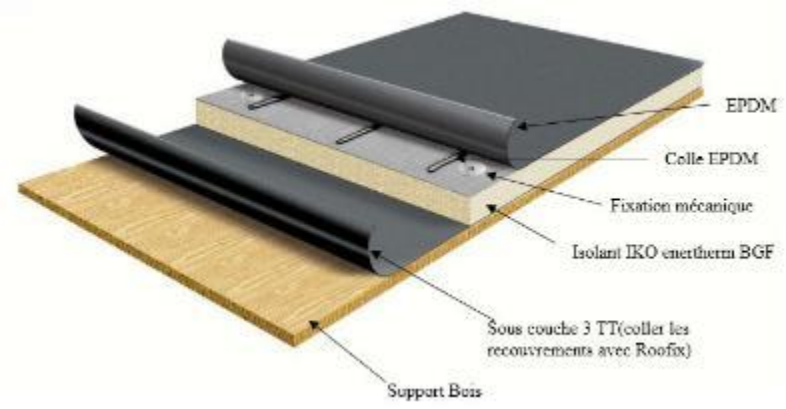


Source/bron: EMG

WATERDICHTHEID – MHB

'Traditionele' daken

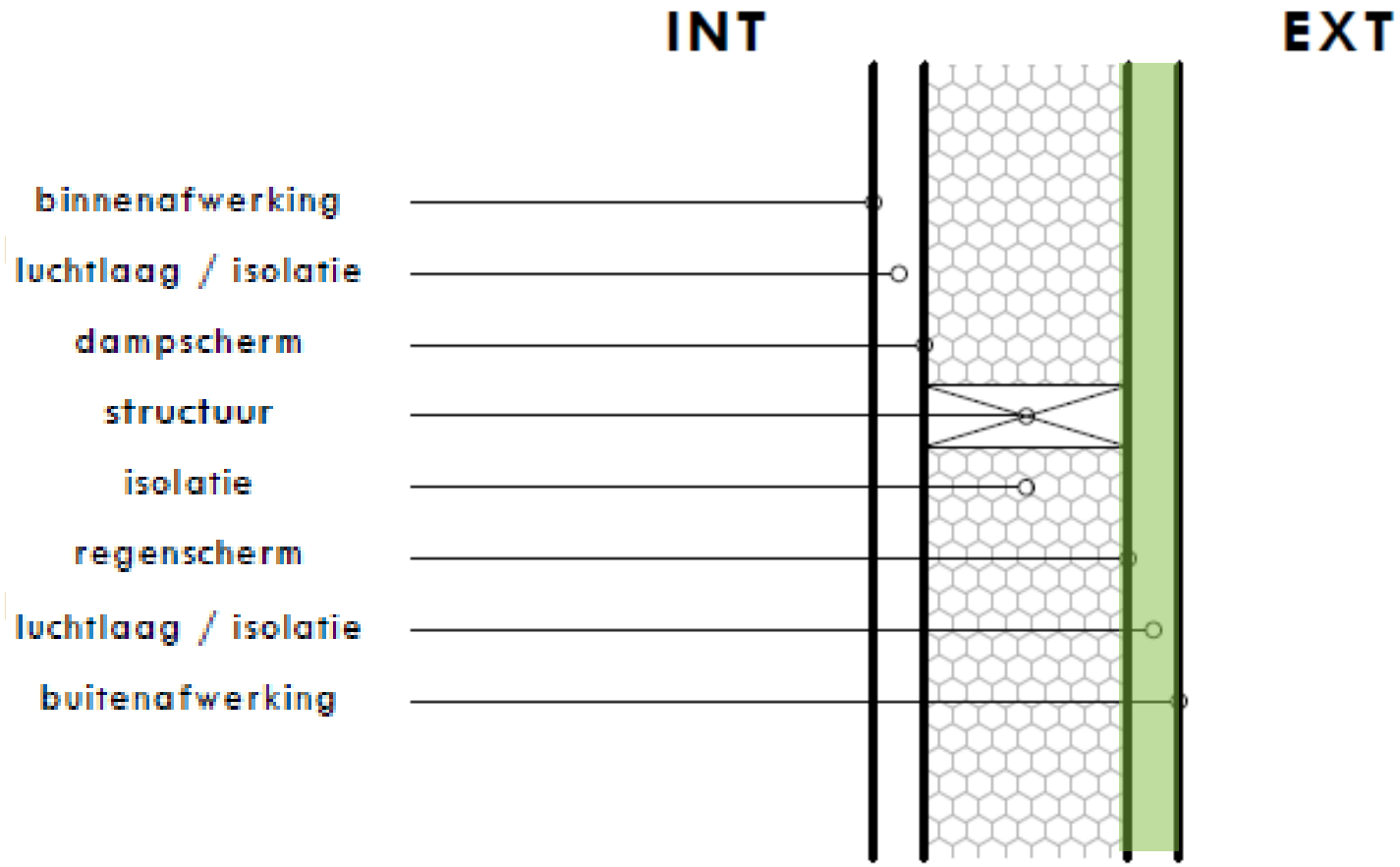
Source/bron: firestone



Source/bron: IKOesay

WATERDICHTHEID – HSB

Om welk(e) element(en) gaat het?

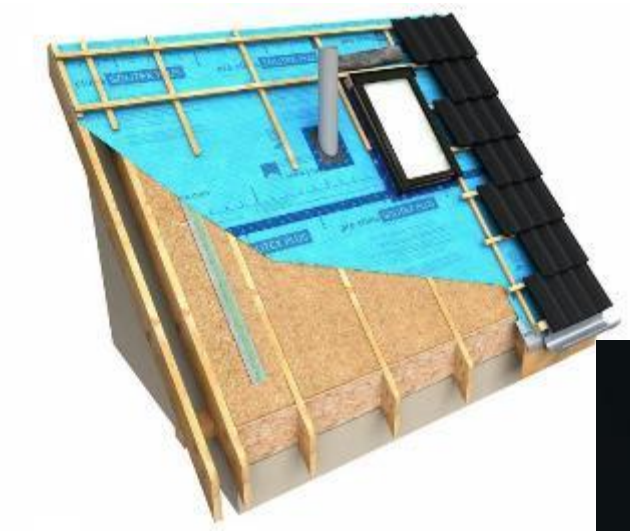


WATERDICHTHEID – HSB

Zoals MHB (volgens de buitenbekleding)

Ook gebruik van andere 'beveiligingen'

- regenwerende platen
- (diffusieopen) onderdak



Source/bron: Isoproc

Source/bron: Celit

Source/bron: Steico

SYNTHESE

	HSB	MHB
Thermische isolatie	Inblazen mogelijk Laat toe de isolatie in de structuurdikte (min. 14 cm) aan te brengen	Aanvullende isolatie is onontbeerlijk
Luchtdichtheid	Moeilijk te verzekeren (verscheidene gevoelige elementen, continuïteit tussen elementen)	Geïntegreerd in het massieve element, continuïteit tussen elementen moet worden verzekerd
Thermische inertie	Kan worden aangevuld door elementen in de installatielaag	Van nature beter, hoewel niet zo performant als beton
Geluidsisolatie	Gevoeliger	Van nature beter
Waterdampdiffusie	Moet doordacht zijn	Principe gerespecteerd bij continuïteit van de luchtdichtheid
Waterdichtheid	Niet dicht op zich, altijd specifiek element toegevoegd	

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING
WANDEN
BOUWDETAILS
- Thermische isolatie
- Luchtdichtheid
- ~~Thermische inertie~~
- Geluidsisolatie
- ~~Waterdampdiffusie~~
- Waterdichtheid

VOORBEELDEN

Bouwdetails
bouwknopen
continuïteit verzekeren
-
akoestische bruggen
cf. luchtdichtheid
continuïteit verzekeren

INHOUDSOPGAVE

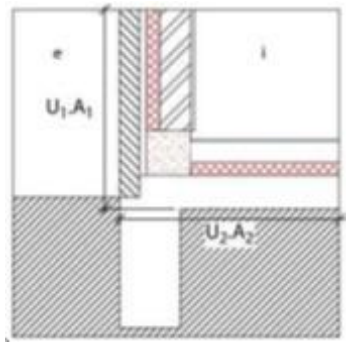
INLEIDING
WANDEN
BOUWDETAILS
- **Thermische isolatie**
- Luchtdichtheid
- Geluidsisolatie
- Waterdichtheid

VOORBEELDEN

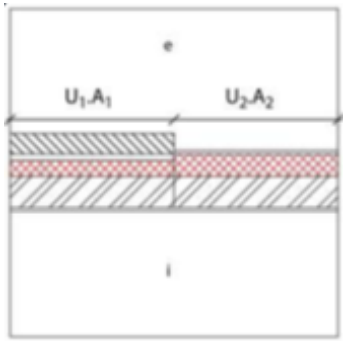
Bouwdetails
bouwknopen
continuïteit verzekeren
akoestische bruggen
continuïteit verzekeren

THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen

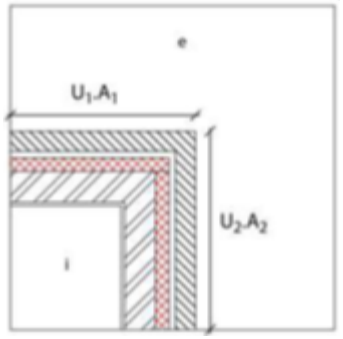
structureel



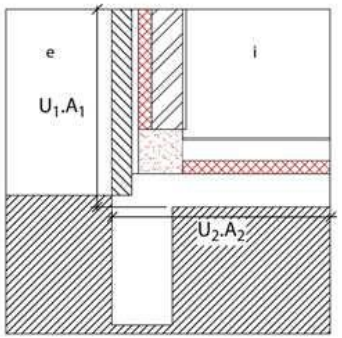
of



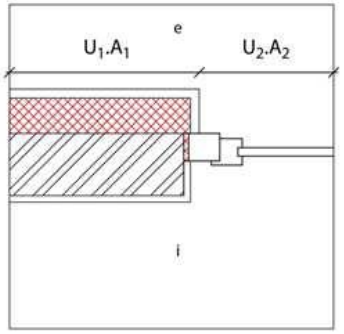
geometrisch



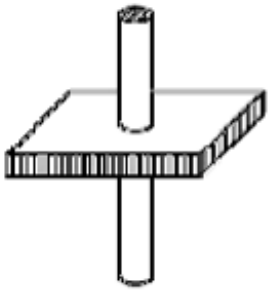
lineair



of



plaatselijk



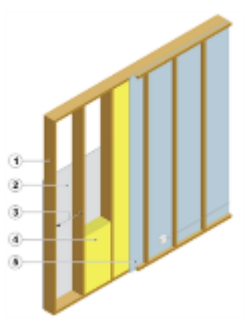
Source/bron: Prise en compte des noeufs constructifs – Module I, Brussel Leefmilieu

THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen

Hoe bouwknopen detecteren?

- De verschillende verliesoppervlakten bepalen
- Alle plannen en doorsneden van het gebouw doornemen en daarbij het volgende lokaliseren:
  - De wanden (per 2) van de verliesoppervlakte die samenkomen
  - De wanden van de verliesoppervlakte op de grens van een aangrenzend perceel
  - De lineair onderbroken isolatielagen
  - De plaatselijk onderbroken isolatielagen
  - De uitzonderingen (doorgaand ventilatiekanaal)

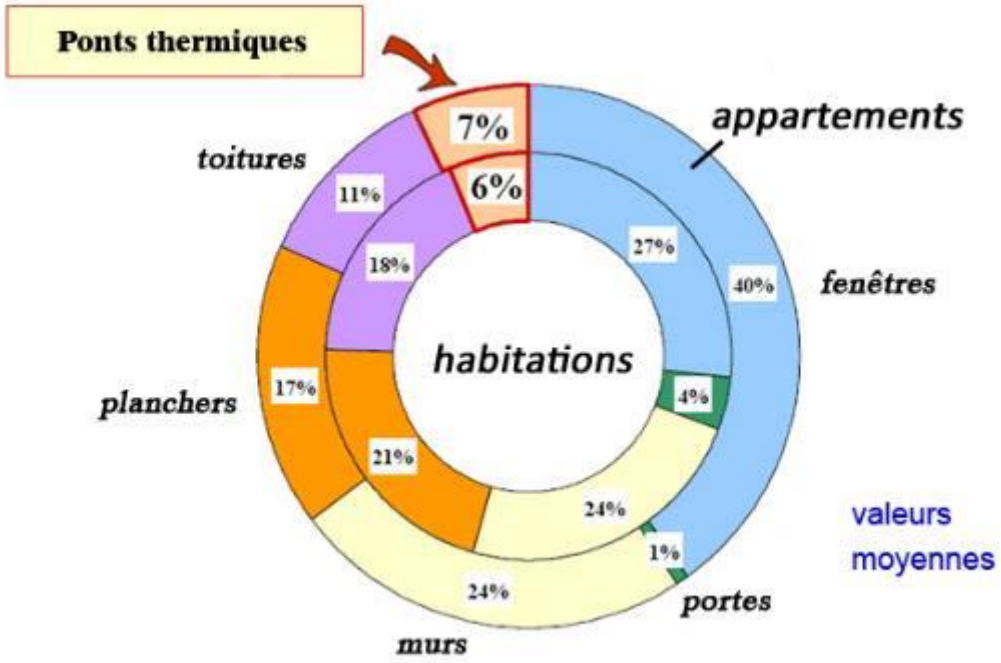
bouwknopen ≠
specifieke lineaire en plaatselijke onderbrekingen van een wand



Source/bron: energie+

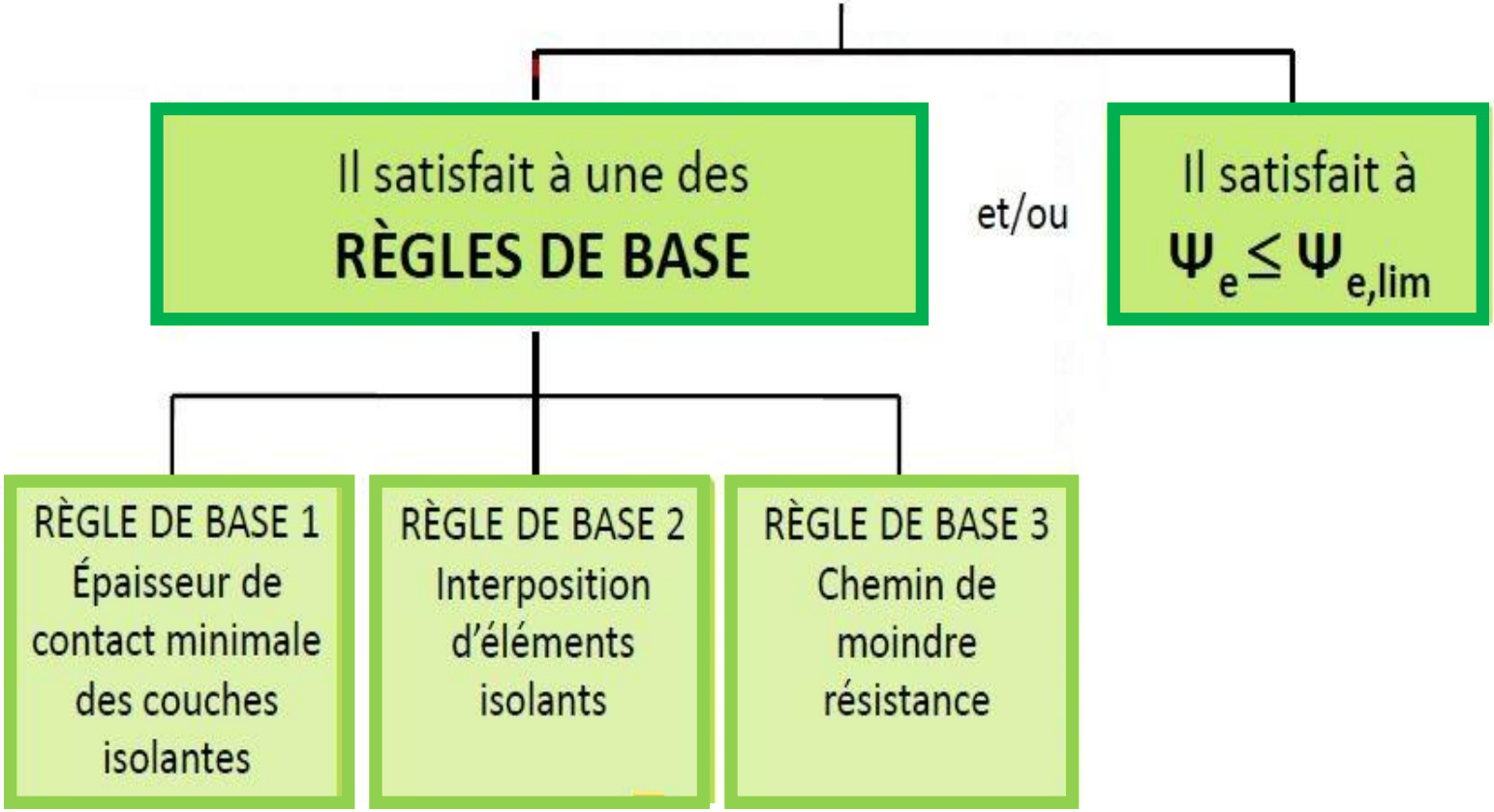
THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen

- Koudebruggen kunnen een aanzienlijke impact hebben op de energiebalans van een eenheid!
- Hoe beter de gebouwschilisolatie, hoe groter het aandeel van de verliezen door de bouwknopen in het geheel van de verliezen



Source : SENVIVV (1995-1997)

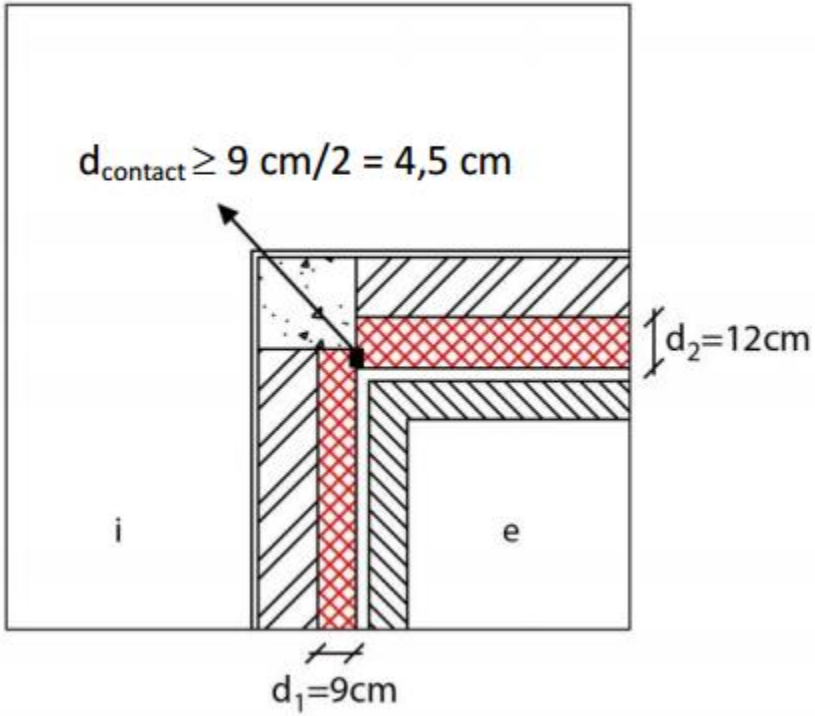
THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen – EPB-regels

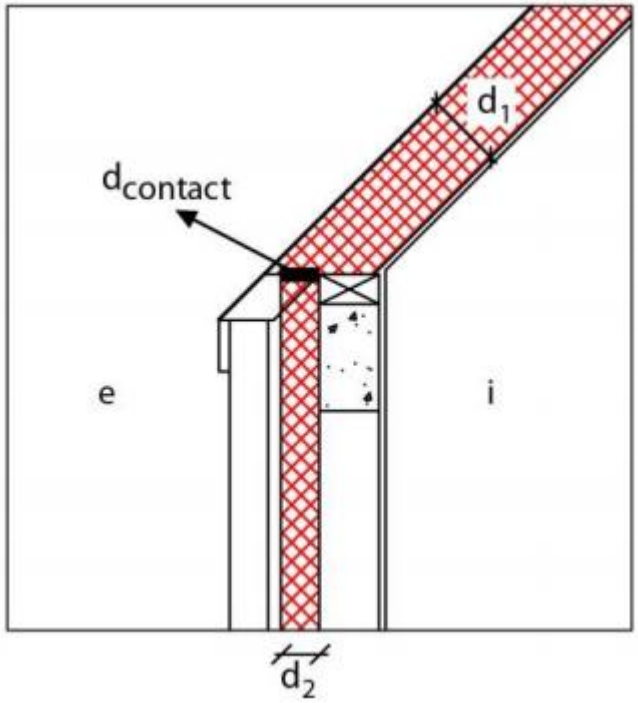


THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen – EPB-regels

Basisregel 1: contactoppervlakte

$$d_{contact} \geq ½ * \min(d_1, d_2)$$





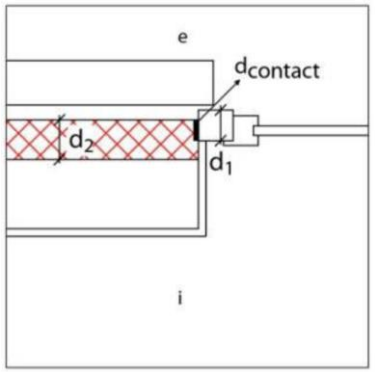
Source/bron: Bruxelles Environnement Brussels

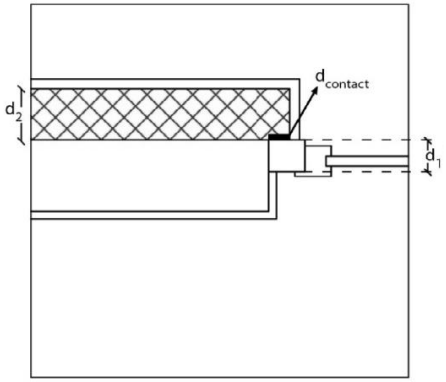
THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen – EPB-regels

Basisregel 1: contactoppervlakte

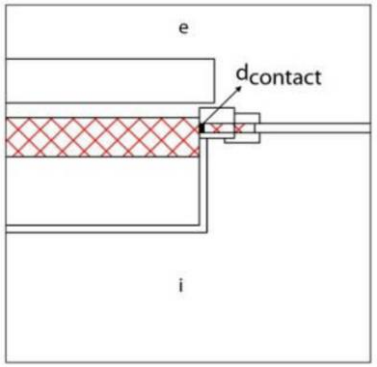
$d_{contact} \geq ½ * \min(d_1, d_2)$

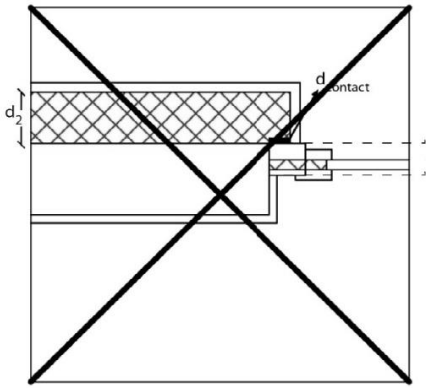
volledig contact met therm. onderbreking





of





Source/bron: Bruxelles Environnement Brussels

THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen – EPB-regels

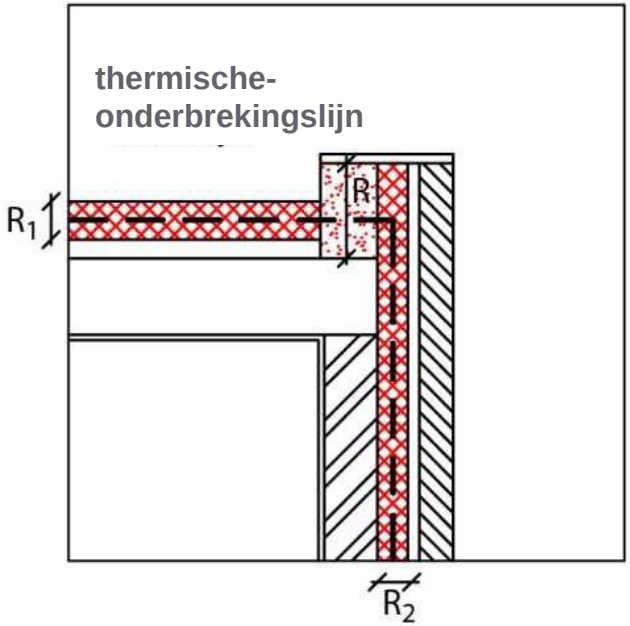
Basisregel 2: tussengevoegd element > 3 verplichtingen

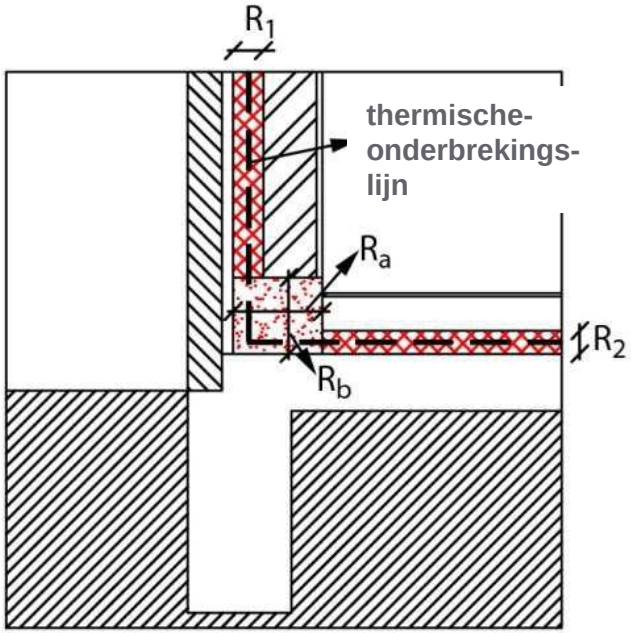
$\lambda \leq 0.2 W/mK$

$R \geq \min(R_1/2, R_2/2, 2^*)$

$d_{contact,i} \geq ½ * \min(d_{insulating\ part}, d_x)$

* Waarde = 1,5 voor de vensters!





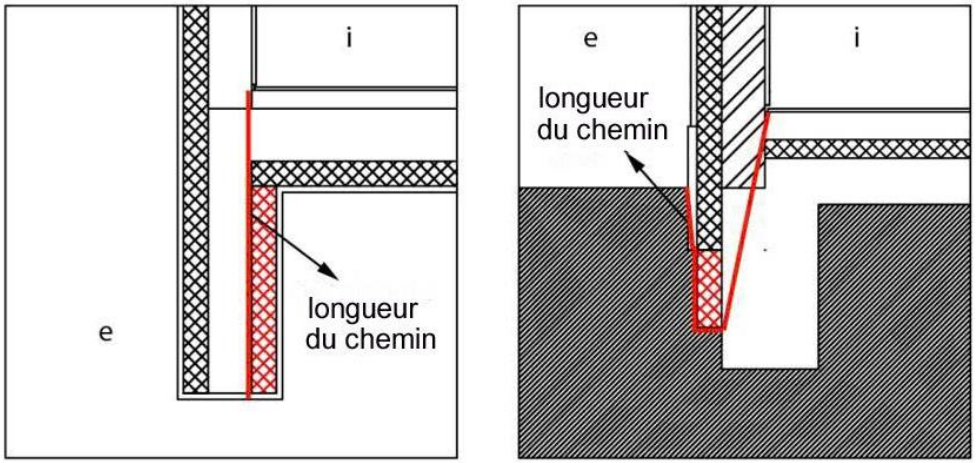
Source/bron: Bruxelles Environnement Brussels

THERMISCHE ISOLATIE – Theoretische begrippen – EPB-regels

Basisregel 3: weg van de minste weerstand

Lengte l ≥ 1 meter

- = de kortste weg …
- … … tussen de binnen- en de buitenomgeving of OAR…
- … die nergens door een isolatielaag of een isolerend deel met thermische weerstand ≥ min (R1; R2) gaat



Source/bron: Leefmilieu Brussel

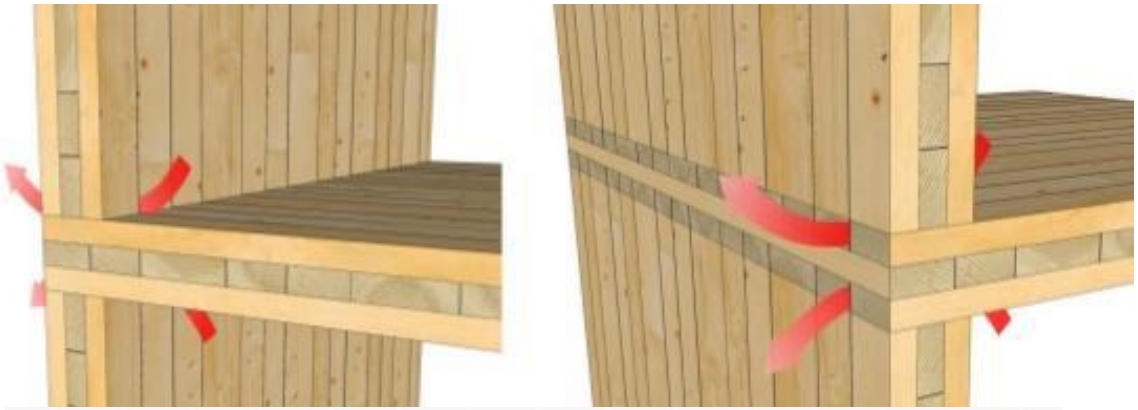
INHOUDSOPGAVE

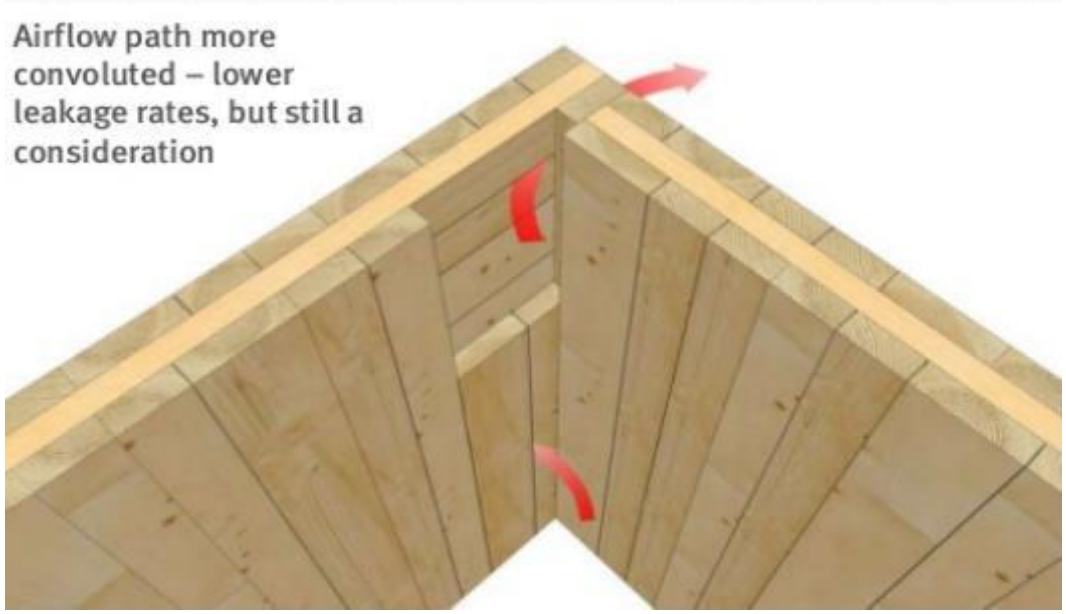
INLEIDING
WANDEN
BOUWDETAILS
- Thermische isolatie
- **Luchtdichtheid**
- Geluidsisolatie
- Waterdichtheid

VOORBEELDEN

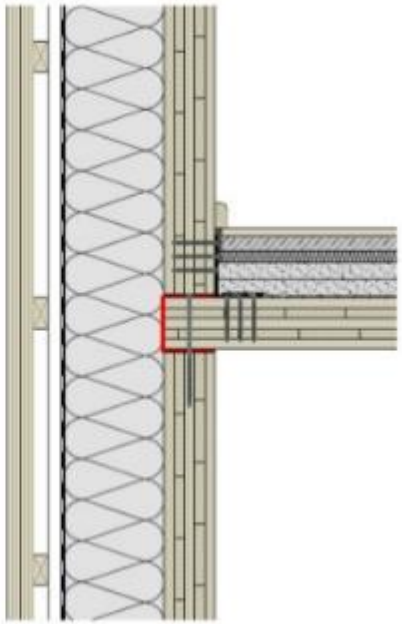
Bouwdetails
bouwknopen
continuïteit verzekeren
akoestische bruggen
continuïteit verzekeren

LUCHTDICHTHEID – MHB



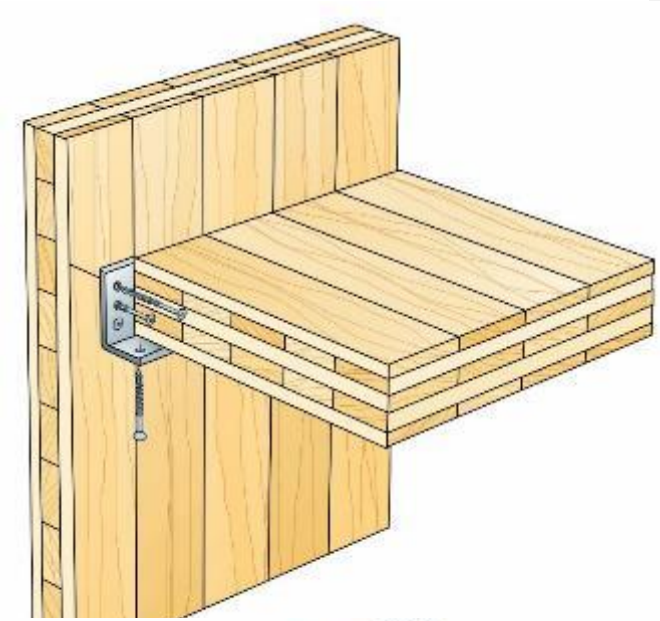


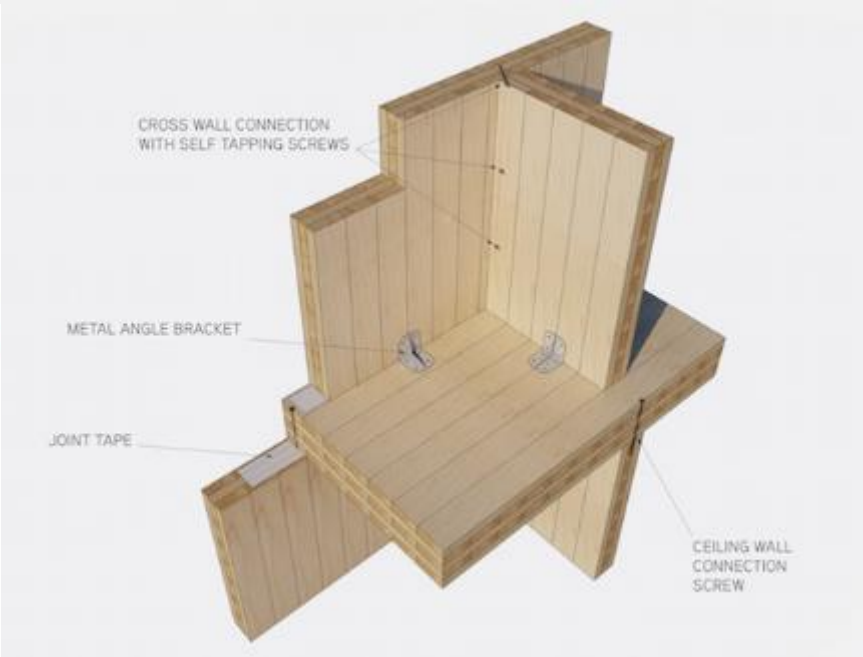
Source/bron: CLT



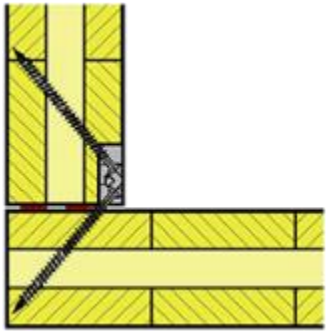
Source/bron: SPAX

LUCHTDICHTHEID – MHB





Source/bron: Solid Timber

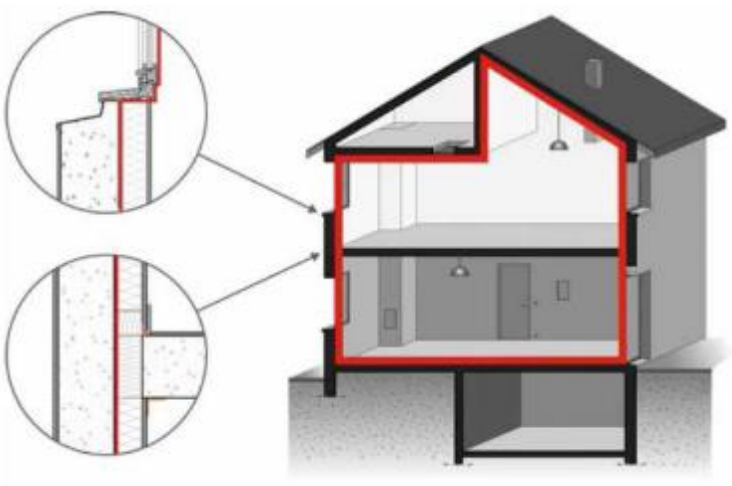


Source/bron: CLT

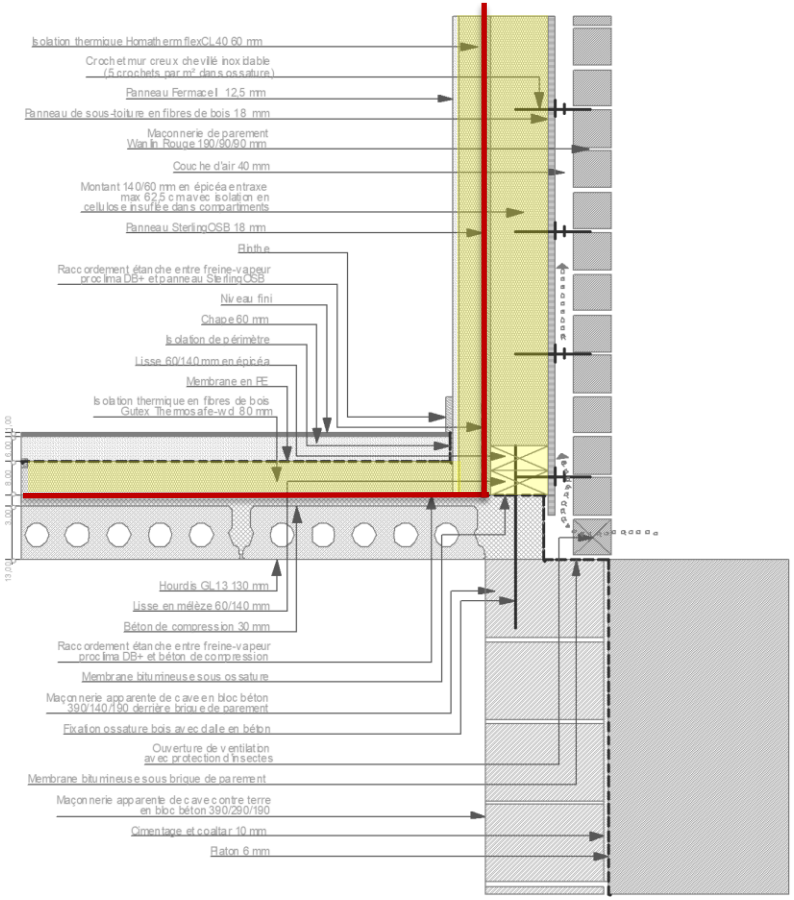
LUCHTDICHTHEID – HSB

Aandacht vestigen op de belangrijke elementen

- Algemeen (ligging van de bouwknoop)
- En gedetailleerd!!!



(Bron: "Réussir l'étanchéité à l'air de l'enveloppe et des réseaux ; Elaboration et application d'une démarche qualité"; CETE LYON + ADEME + AIR.h ; mei 2008.)



LUCHTDICHTHEID – HSB

3D-visie ontwikkelen

en anticiperen!

Source : fhw, architectes

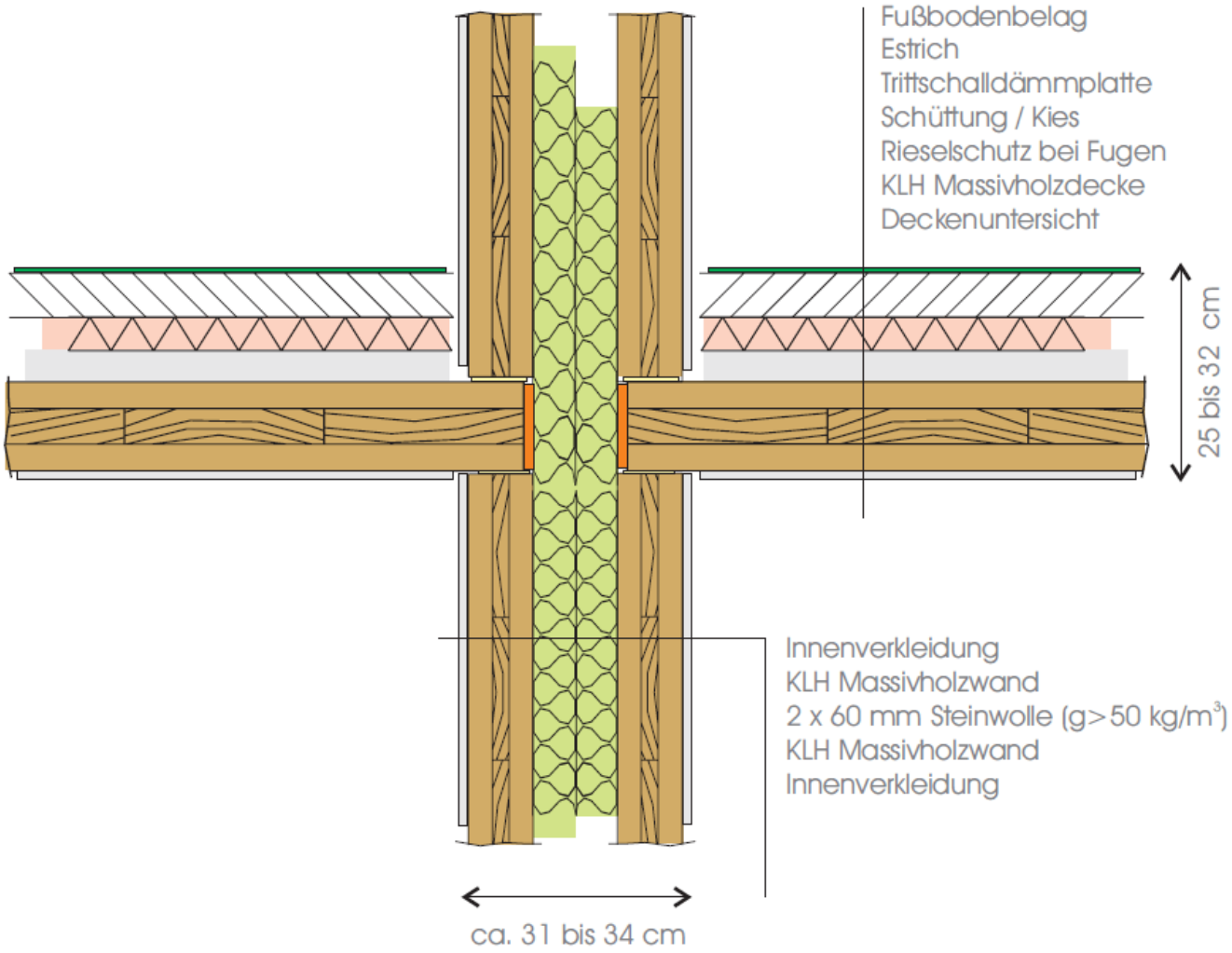
INHOUDSOPGAVE

INLEIDING
WANDEN
BOUWDETAILS
- Thermische isolatie
- Luchtdichtheid
- **Geluidsisolatie**
- Waterdichtheid

VOORBEELDEN

Bouwdetails
bouwknopen
continuïteit verzekeren
akoestische bruggen
continuïteit verzekeren

100 AKOESTIEK – MHB



Source/bron: CLT

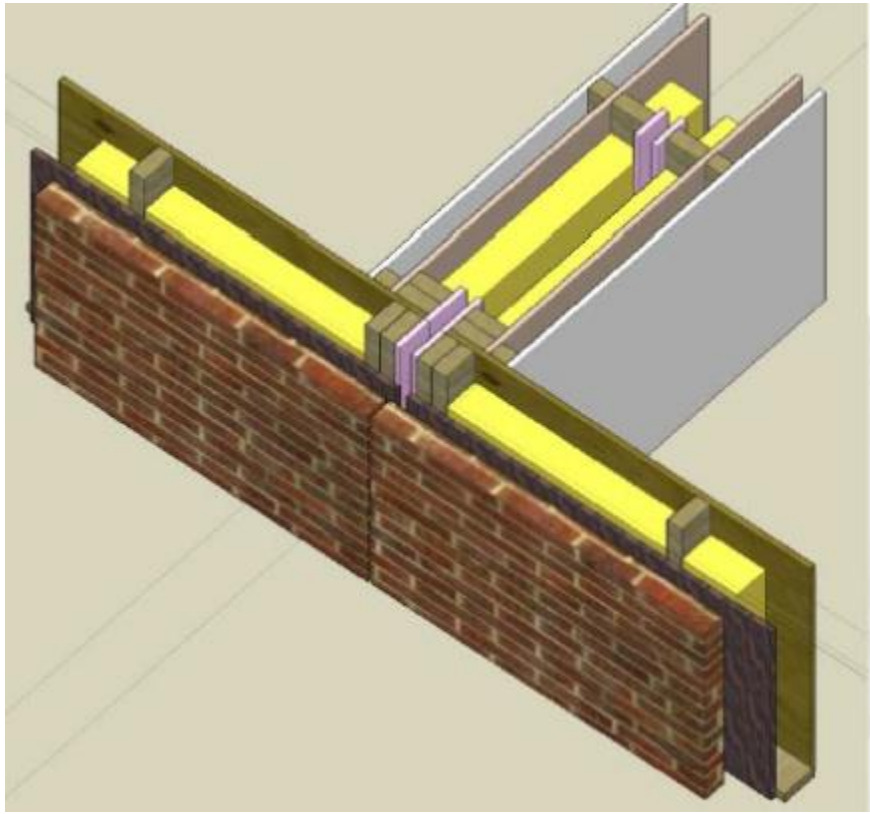
AKOESTIEK - MHB

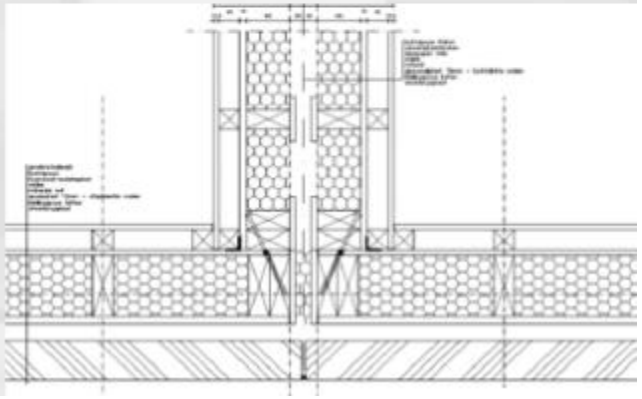
Lopende onderzoeken

Source/bron: CSTC/WTCB

AKOESTIEK – HSB

Voorbeelden

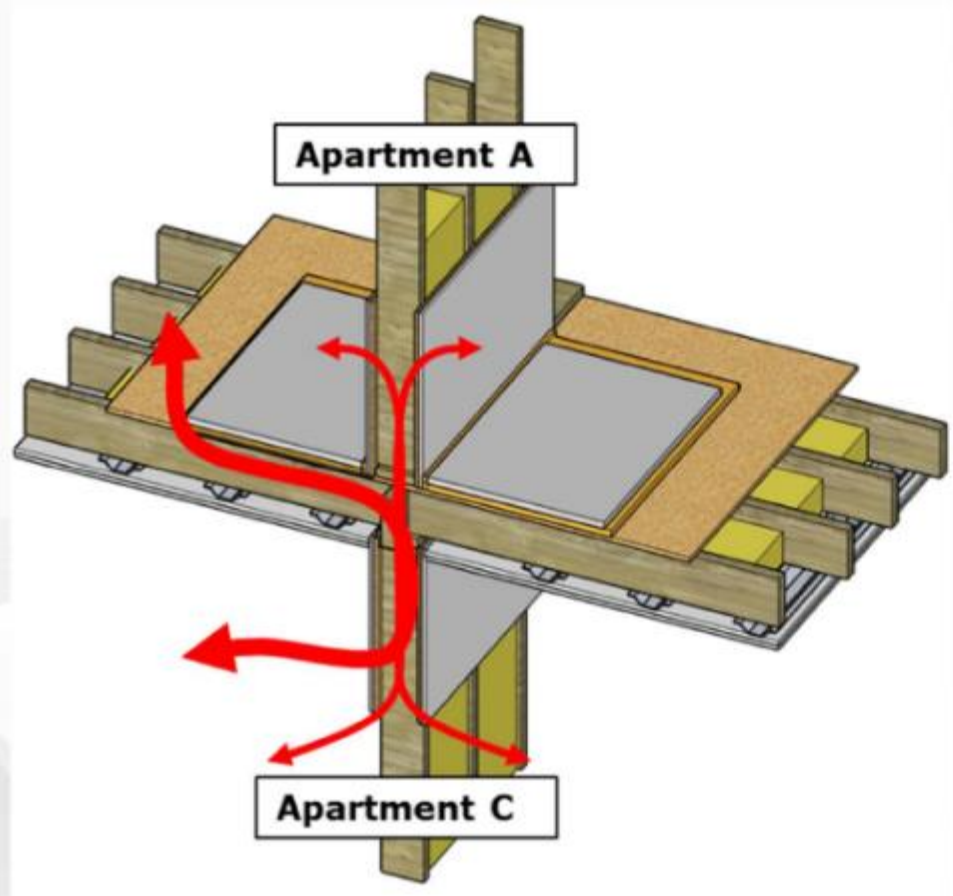




Source/bron: CSTC/WTCB

AKOESTIEK – HSB

Voorbeelden



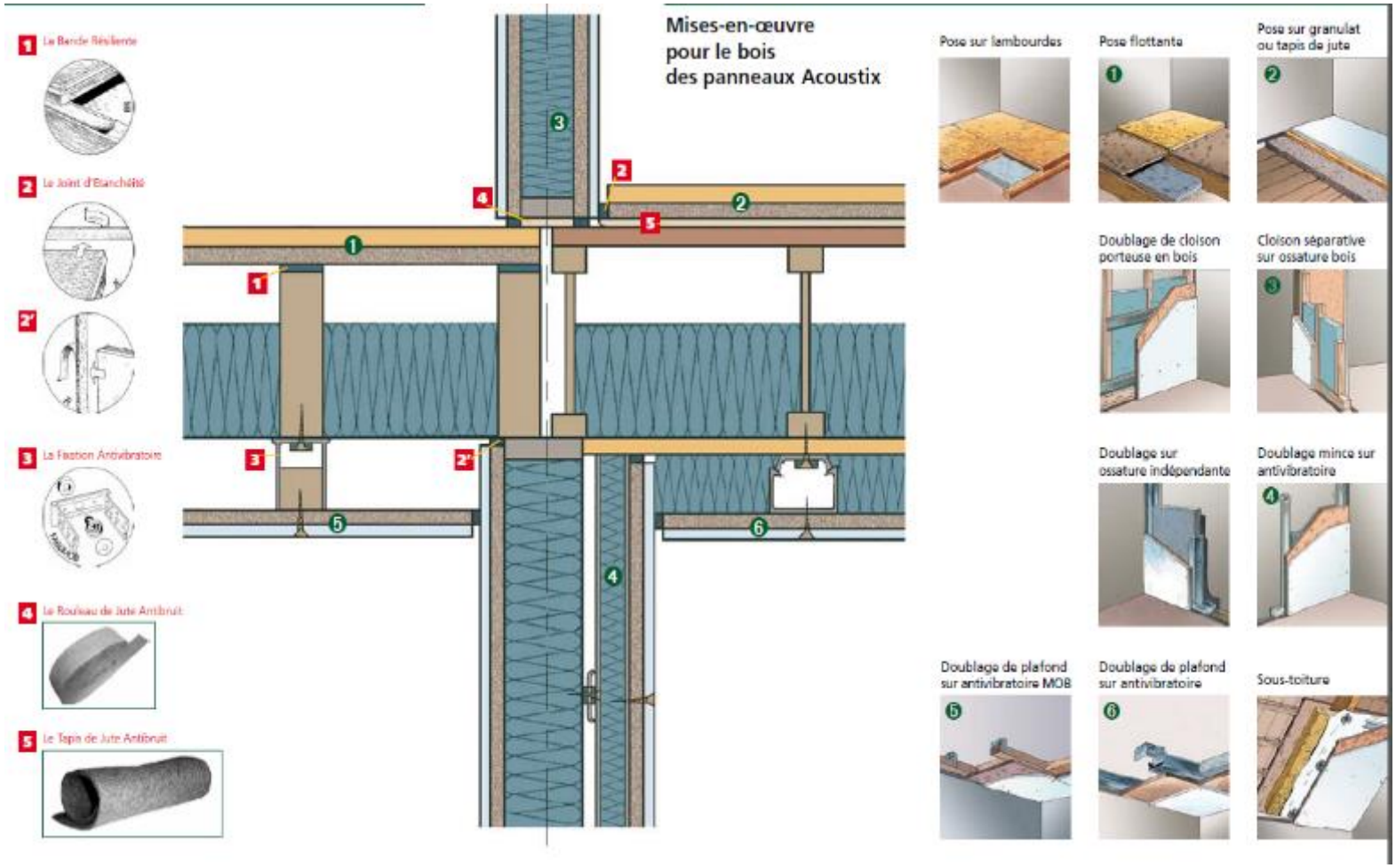
Traitements possibles des voies latérales :

- Masse des panneaux
- Doublages techniques
- Joints résilients dans la structure

Source/bron: CSTC//WTCB

AKOESTIEK – HSB

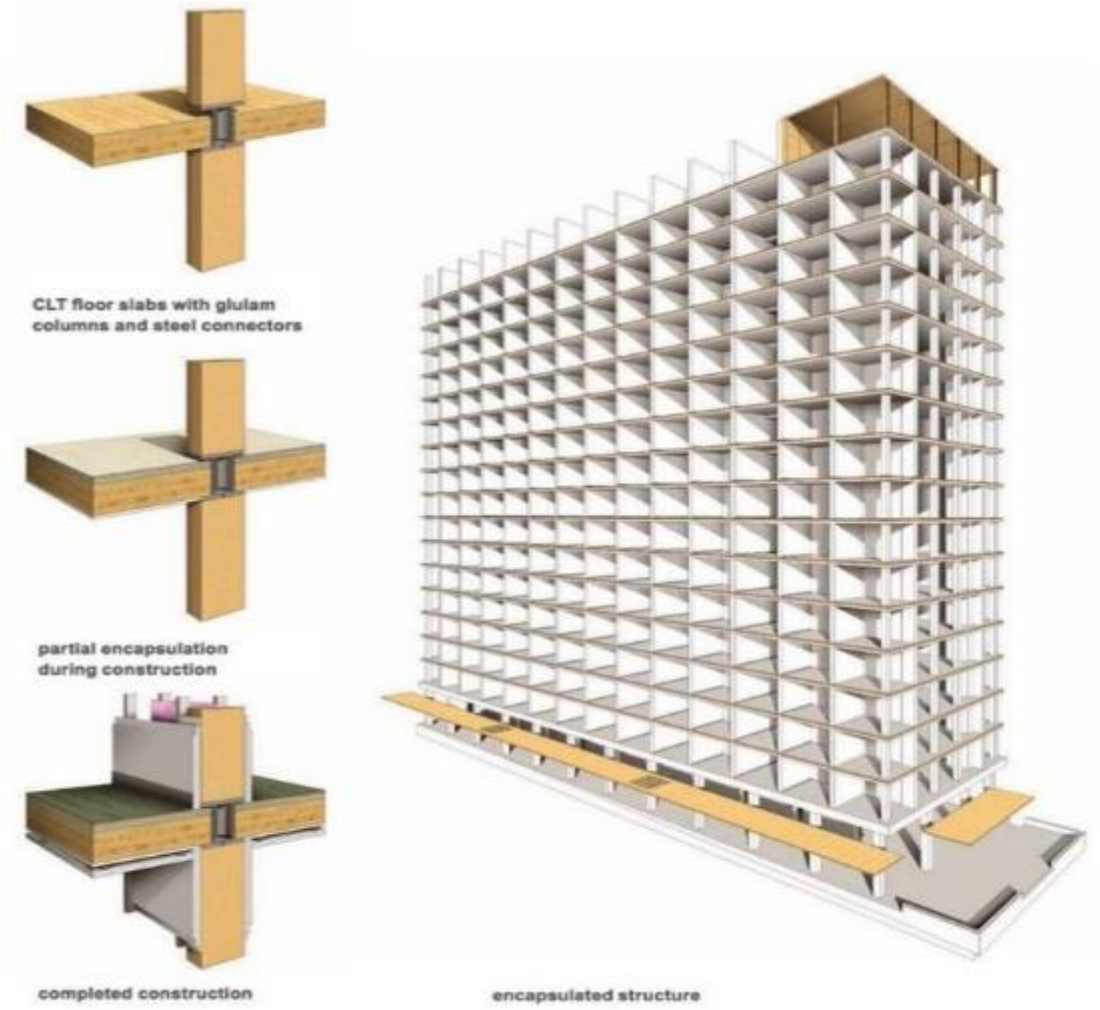
Voorbeelden



Source/bron: Acoustix

AKOESTIEK – ANDERE

Voorbeelden



Source/bron: Pinterest

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING
WANDEN
BOUWDETAILS
- Thermische isolatie
- Luchtdichtheid
- Geluidsisolatie
- **Waterdichtheid**

VOORBEELDEN

Bouwdetails
bouwknopen
continuïteit verzekeren
akoestische bruggen
continuïteit verzekeren

WATERDICHTHEID

Grond/Muur

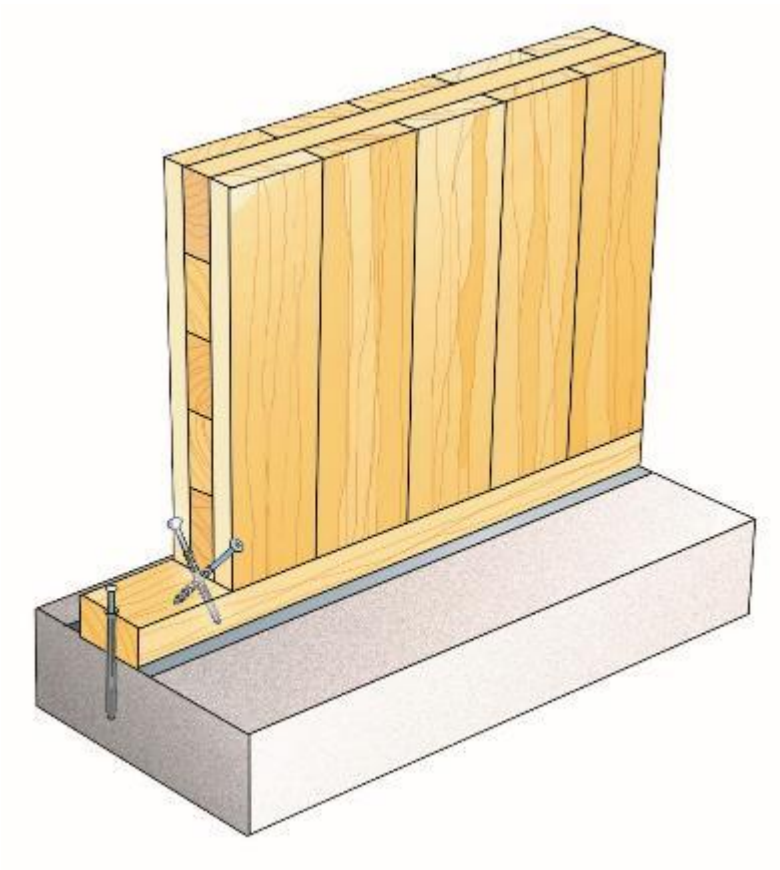
- Principe: contact tussen de structuur (HSB of MHB) en de grond vermijden
  - Structuur verhogen t.o.v. de grond
- Barrière tegen capillaire opstijging

bijv.: dubbele regel onderaan (lorken > hout beter bestand tegen vocht) + membraan)

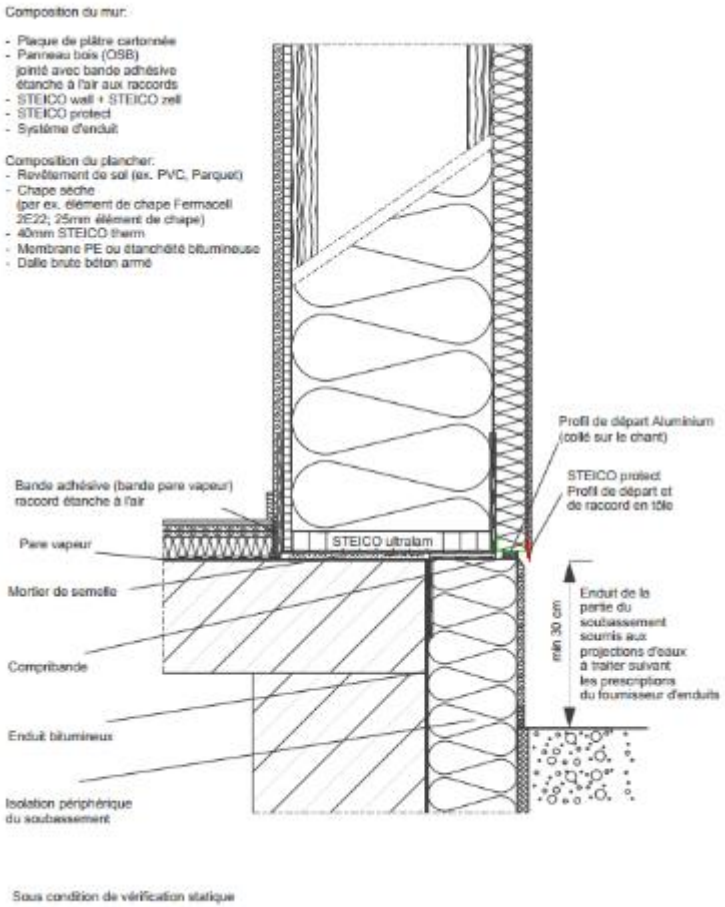
Dak/Muur

- Principe: de continuïteit op het niveau van de opgaande dakrand verzekeren (traditionele oplossingen met muurafdekking)

108 WATERDICHTHEID



Source/bron: Solid Timber



Source/bron: Steico

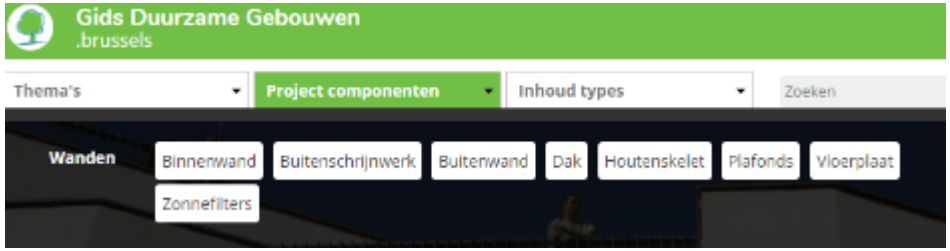
TE ONTHOUDEN VAN DE PRESENTATIE

- Er zijn talloze constructiemogelijkheden: de oplossing dient steeds volgens de specifieke situatie gekozen te worden

- Er moet rekening worden gehouden met de volgende elementen:
  - Thermische isolatie
  - Luchtdichtheid
  - Thermische inertie
  - Geluidsisolatie
  - Stabiliteit
  - Waterdampdiffusie
  - Waterdichtheid

Gids Duurzame Gebouwen

- Thema ENERGIE > Projectcomponenten (wanden)



Artikels

- Construire en bois
  Presses polytechniques et universitaires romandes
- Construction de maisons à ossature bois
  Editions Eyrolles
- Hout 6.2 - Houtskeletbouw
  Fonds voor de vakopleiding in de bouwnijverheid in samenwerking met OpleidingsCentrum Hout

TOOLS

Websites

- Houtinfobois
  http://www.houtinfobois.be/construction-2/tutoriaux/

- Opleiding Duurzame Gebouwen
  https://leefmilieu.brussels/themas/gebouwen/goede-praktijken-om-te-bouwen-en-te-renoveren/om-u-te-helpen/opleidingen-duurzaa-104
  Enkele opleidingen om verder te gaan:
  - TOTEM
  - Akoestiek: ontwerp en realisatie
  - Isolatiematerialen : hoe kiezen?

CONTACT

Pierre WILLEM

Projectingenieur

écorce sa

+ 32 4 226 91 60

info@ecorce.be

?

BEDANKT VOOR UW AANDACHT