

[De kracht van Rood]



Als bouwprofessional kan u best wat extra kracht gebruiken. De Rode Kracht bijvoorbeeld, van de Porotherm binnenmuurstenen. De keramische binnenmuursteen is immers in de loop der eeuwen als duurzaam bouw materiaal niet overtroffen. Daarom geniet hij ook vandaag meer dan ooit de voorkeur van de kwaliteitsbewuste bouwheer en vakman.

INLEIDING

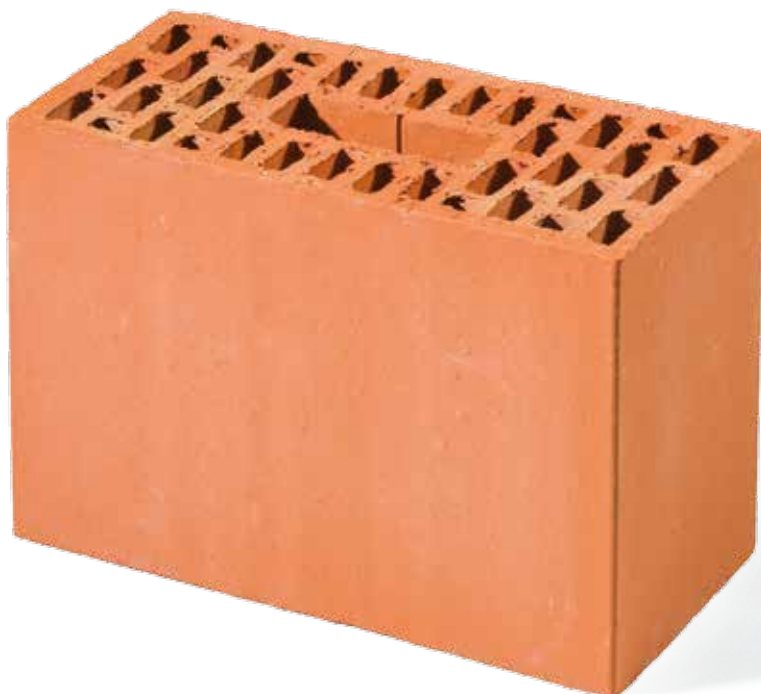
In 2008 bracht Wienerberger als eerste producent van keramische materialen een compleet naslagwerk uit, waarin de keramische binnenmuursteen grondig ontleed en besproken werd: 'De kracht van Rood'.

Gezien de steeds evoluerende regelgeving was de eerste versie van dit boek aan herziening toe. Voor u ligt de compleet herwerkte versie, een referentiedocument voor elke bouwprofessional.

Net zoals in zijn voorganger staat het rode product, de keramische binnenmuursteen, centraal. We bespreken uitvoerig alle eigenschappen en criteria waaraan de keramische binnenmuursteen moet voldoen. Om er maar enkele te noemen: thermisch en akoestisch isolerend vermogen, draagkracht, brandgedrag, maatvastheid, ... Bovendien vindt u hier ook uitgebreide praktische tips, details en uitvoeringsadviezen terug.

We kozen bewust voor deze aanpak en indeling om u systematisch te laten kennismaken met de bijzonder goede prestaties van een keramische binnenmuursteen in elk van deze domeinen. Aangezien alle opgegeven waarden door externe, onafhankelijke organen werden gecertificeerd, kan en mag u hier gerust uit besluiten dat de Porotherm binnenmuurstenen uw terechte keuze uitmaken.

Dit boek is slechts één van de vele tools die we de vakman ter beschikking stellen. Samen met onze afzonderlijke technische productfolders en -fiches, onze website, onze online rekenbladen en de Bouwknopenatlas, vormt het verreweg de meest complete informatiebron over de keramische binnenmuursteen tot op heden. Haal er het maximum uit bij de opmaak van uw plannen, meetstaten en lastenboeken of bij het praktische werk op de werf!



INLEIDING

1	DE KERAMISCHE BINNENMUURSTEEN	09
	1.1. Wat is een keramische binnenmuursteen?	10
	1.2. Het productieproces	12
	1.3. Situering van de fabrieken	19
	1.4. De juiste Porotherm op de juiste plaats	20
2	DUURZAAMHEID	23
	2.1. De basisbeginselen van duurzame ontwikkeling	24
	2.2. Milieulabels	29
	2.3. Duurzame productie van binnenmuurstenen	39
	2.4. Duurzame eigenschappen van binnenmuurstenen	44
	2.5 Duurzaam bouwen, wonen en leven	51
3	BOUWTECHNIEK	63
	3.1. Formaten en toleranties	64
	3.2. Volumemassa	68
	3.3. Geometrie en uitzichtskenmerken	69
	3.4. Druksterkte en draagvermogen	73
	3.5. Thermisch gedrag	90
	3.6. Geluid	109
	3.7. Brandgedrag	139
	3.8. Vormstabiliteit en bewegingsvoegen	147
	3.9. Wateropname, de initiële wateropzuiging en het evenwichtsvochtgehalte	151
	3.10. Waterdampdoorlatendheid	155
	3.11. Vorstbestandheid	157
	3.12. Gehalte aan actieve oplosbare zouten	161
	3.13. Uitbloeiingen	162
	3.14. Gevaarlijke stoffen	163

4	KWALITEIT EN REGELGEVING	165
	4.1. De bouwproductenverordening	166
	4.2. Prestatieverklaring of DoP (Declaration of Performance)	167
	4.3. CE-markering	170
	4.4. De rol van BENOR	170
	4.5. Op de werf: hoe de CE-markering op de pakken te lezen?	172
	4.6. Op de werf: hoe de DoP te raadplegen?	174
	4.7. Technische goedkeuring ATG	174
5	VERWERKINGSADVIES	177
	5.1. De geïsoleerde spouwmuur met keramische binnenmuurstenen	178
	5.2. Traditioneel metselwerk: metselmortel en hulpstukken	189
	5.3. Verlijmd metselwerk	207
	5.4. Uitvoering van binnenmetselwerk	221
	5.5. Afwerking van binnenmetselwerk	232
6	UITVOERINGSDETAILS	235
	6.1. Typeoplossingen uitvoeringsdetails	237
	6.2. Funderingen	238
	6.3. Muuraansluitingen	242
	6.4. Balkonaansluitingen	250
	6.5. Aansluitingen op hellend dak	253
	6.6. Aansluitingen op plat dak	272

De keramische binnenmuursteen

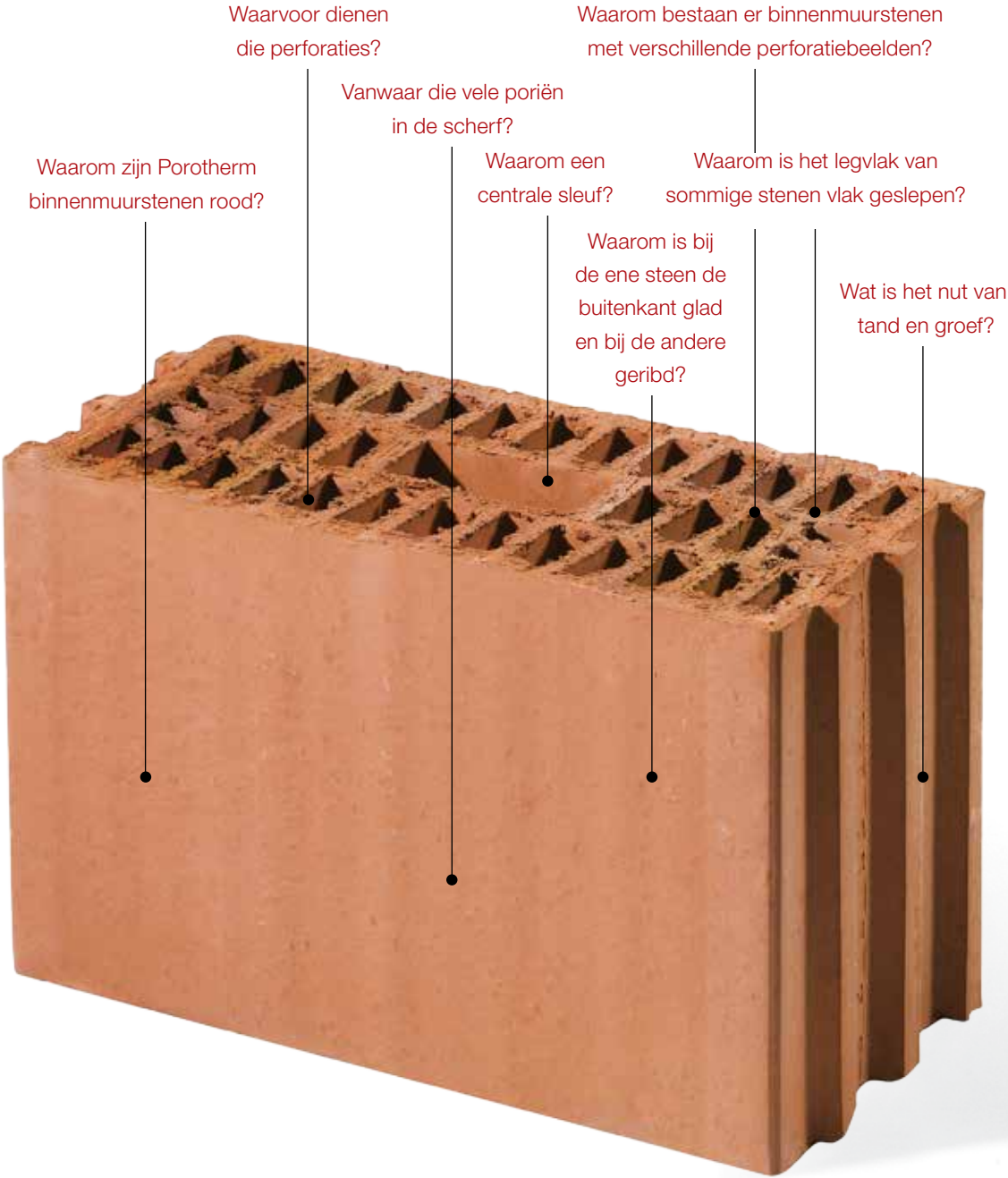
1



1.1. WAT IS EEN KERAMISCHE BINNENMUURSTEEN?

Volgens de Europese productnorm EN 771-1 en de STS 22 wordt een keramische binnenmuursteen gedefinieerd als ‘een metselsteen, in hoofdzaak vervaardigd uit klei en kleihoudende materialen, al dan niet gemengd met zand en andere toeslagstoffen’. Het materiaal wordt in de gewenste vorm gebracht, gedroogd en gebakken op een temperatuur die hoog genoeg is om een keramische binding te vormen.

Aan de kleimengeling voor Porotherm binnenmuurstenen wordt papiervezel toegevoegd. Wienerberger koos voor papiervezel als toeslagstof om het gewicht van de keramische stenen te beperken, hun thermische eigenschappen te verbeteren en de zwavelemissies bij het productieproces te verminderen.



Waarom zijn keramische binnenmuurstenen rood?

Klei is een erosieproduct: rotsen en andere gesteenten, die in de loop der eeuwen tot fijn stof zijn afgesleten. Klei bevat verschillende mineralen en ertsen, waaronder ijzer en zelfs een minieme hoeveelheid goud en zilver. Tijdens het bakken bij ongeveer 1.000°C oxideert het ijzererts en dit proces verleent de stenen hun rode kleur.

Waarvoor dienen die perforaties?

De regelmatige perforaties zorgen ervoor dat de steen tijdens het drogen zijn vorm behoudt. Bij het metselen worden deze holtes afgesloten, waardoor er luchtkamers met stilstaande lucht ontstaan. Dit zijn goede isolatoren. Het perforatiebeeld is bepalend voor de druksterkte en de thermische eigenschappen van de steen.

Vanwaar die vele poriën in de scherf?

De scherf is de keramische massa gekenmerkt door de kleisamenstelling, de porosering, de doorlopen bakcurve en de ovenatmosfeer. Tijdens het bakken vormen zich minuscule luchtbelletjes in de klei. Het soortelijk gewicht van de scherf kan nog verlaagd worden door voor het bakken papiervezel door de klei te mengen. Deze verbranden tijdens het bakproces, waardoor er een grotere poriënvorming optreedt. Deze vele microscopische luchtholtes vergroten het isolerend vermogen van de steen.

Waarom een centrale sleuf?

In het midden van elke Porotherm binnenmuursteen bevindt zich een grote holte: de handgreep. Zo kan de steen met één hand vastgenomen worden, terwijl met de andere hand de mortel wordt aangebracht.

Stenen met een lengte van 50 cm hebben twee handgrepen. Die maken een ergonomische en makkelijke plaatsing van de steen met beide handen mogelijk.

Waarom is bij de ene steen de buitenkant glad en bij de andere geribd?

Het al dan niet glad zijn van de zichtzijden is louter een gevolg van het productieproces en de machinale persing. Eén zichtzijde vertoont een lijnenpatroon: de indruk van de drooglatten waarop de stenen rusten tijdens het droogproces zoals te zien is op de foto.

Wat is het nut van tand en groef?

Rendement Plus en Porotherm lijmstenen zijn aan de zijkanten voorzien van een tand- en groefstelsel. Zo kan men de mortel aan de zijkant elimineren en tegelijk voldoende stevigheid en verankering verzekeren. Op die manier kan er sneller gewerkt worden met minder mortelverbruik. De tand- en groefverbinding creëert holtes, waardoor na het bepleisteren luchtkamers ontstaan met stilstaande lucht. Dit zijn goede isolatoren.

Waarom is het legvlak van sommige stenen vlak geslepen?

De maattoleranties bij het verlijmen van binnenmuurstenen zijn kleiner dan bij het traditioneel metselen. Daarom worden de te verlijmen legvlakken van de stenen vlak geslepen.

Waarom bestaan er binnenmuurstenen met verschillende perforatiebeelden?

Het perforatiebeeld kan invloed hebben op de druksterkte en de thermische eigenschappen van de steen. Zo werd bijvoorbeeld het afwijkende perforatiebeeld van de PLS *Lambda* ontwikkeld om een keramische binnenmuursteen te realiseren met een lambdawaarde van 0,185 W/mK, met behoud van de druksterkte. Hierdoor is de PLS *Lambda* de 'rode' bouwknopenoplossing bij uitstek.



1.2. HET PRODUCTIEPROCES

Een keramische binnenmuursteen wordt gemaakt volgens een eeuwenoude beproefde methode: de klei, meestal een mengeling van verschillende soorten, wordt in strengen door een mondstuk geperst en daarna op het juiste steenformaat gesneden. Nadien worden deze vers gesneden stenen gedurende een bepaalde tijd gedroogd, vooraleer ze de oven ingaan. De aanmaak mag dan wel op eeuwenoude tradities berusten, toch behoren de huidige methodes en machines tot de best beschikbare technieken. Gecombineerd met de passie en de bezieling van de mensen achter de machines leidt dit tot een bijzonder betrouwbaar product.

Het productieproces wordt beknopt uiteengezet aan de hand van onderstaand voorbeeld: de fabriek te Rumst.



8 Tunneldrogerij



1

Kleigroeve

2

Grondstofopslag

3

Doseerkasten

4

Kollergang
en menger

5

Kleikelder

6

Verticale menger

13

Verpakinstallatie

12

Slijpinstallatie

11

Losmachine

7

Strengpers

9

Zetmachine

10

Tunneloven

PRODUCTIESITE TE RUMST



1.2.1. ONTGINNING VAN GRONDSTOFFEN: DE KLEIGROEVE EN GRONDSTOFOPSLAG

- 1 De primaire grondstof voor de productie van keramische binnenmuurstenen is klei.
- 2 Die grondstof is overvloedig aanwezig in België en wordt al eeuwenlang lokaal ontgonnen.

In de groeve van Rumst wordt de klei door een bagger met een arm van 50 meter lang uitgegraven en via een lange transportband tot in de fabriek gevoerd. De afstand tussen de groeve en de fabriek wordt zo kort mogelijk gehouden om nodeloos transport te vermijden.



Het dwars uitgraven van de klei zorgt voor een eerste homogenisatie van de kleilagen.

Men bouwt een tussenvoorraad van de verschillende grondstofcomponenten op om de continuïteit van de productie te garanderen en eventuele schommelingen in de eigenschappen van de klei uit te vlakken.

De lokale klei wordt via een transportband in lagen afgeworpen in een overdekte opslag. Daarna graaft een wiellader de kleihopen verticaal af. Zo ontstaat een tweede grove mengeling van de kleilagen en wordt het verschil in minerale samenstelling nogmaals gehomogeniseerd. Voor de andere componenten zijn er overdekte boxen of silo's voorzien, of wordt een bult opgebouwd.



1.2.2. VOORBEREIDING VAN KLEI

De voorbereiding van klei bestaat uit twee hoofdbewerkingen, namelijk het doseren en mengen van de grondstoffen enerzijds en het kneden en malen anderzijds.

Het doseren van de grondstofcomponenten

De juiste dosering van de verschillende grondstofcomponenten is van cruciaal belang. De samenstelling bepaalt het verloop van het productieproces, de procesemissies en de technische kwaliteiten van het eindproduct.

- 3 In Rumst wordt elke component in een doseerkast gebracht. De aansturing van de snelheid en de uitgangsoening van de doseerkasten regelen het debiet van elke component. Men vertrekt van een vooropgestelde samenstelling, die kan bijgestuurd worden in functie van de controle op de diverse grondstoffen tijdens de keldervulling.

De kleivoorbewerking

De verschillende componenten worden gekneed en geplet in een kollergang, en daarna fijngemalen door de walsen. Dit maakt de kleimassa homogeen en geeft haar de noodzakelijke plasticiteit voor het persen van de stenen. Tijdens dit proces worden de vaste bestanddelen in de klei, die de structuur van het gebakken product nadelig zouden beïnvloeden, verbrijzeld en fijn verdeeld in de kleimassa. In de oven ontbinden ze en verdwijnen ze geheel uit de gebakken steen.

- 4 De kollergang is een kuipvormig apparaat, waarin twee 'molenstenen' ronddraaien die het mengsel doorheen een zeefvormige bodem persen. Door het kneden en pletten worden de verschillende componenten beter gemengd en de grotere bestanddelen fijngeplet. Zo verkrijgt men een plastische massa.

Na het kneden volgt het walsen van het mengsel tussen twee horizontaal opgestelde cilinders.

Finaal komt het mengsel in een menger, waarin het eerst nogmaals gemengd wordt met haspels en zo nodig door een zeef gedrukt. Door de zeef ontstaan er cilindervormige brokjes. Deze vorm zorgt voor een betere stapeling in de kleikelder.

5 Kleikelder

Na het mengen wordt het materiaal opgeslagen in de kleikelder. Die is verdeeld in twee helften. Terwijl de ene helft met een baggerinstallatie wordt afgegraven, wordt de andere helft laag per laag opgevuld. Dit zorgt voor een extra menging van de grondstoffen, waardoor nogmaals kleine verschillen in de samenstelling gehomogeniseerd worden. Er worden per laag labostalen genomen. Na analyse is telkens bijsturing van het mengsel mogelijk en zo blijft de kwaliteit optimaal.

6 Doseerkast en verticale menger

Tussen de kleikelder en de strengpers, waar de stenen gevormd worden, bevinden zich nog een doseerkast en een verticale menger.

De doseerkast is in eerste instantie een voorraadbuffer, die de continue aanvoer naar de productie garandeert. Ze zorgt er tevens voor dat het juiste volume mengsel voor een bepaald steenformaat naar de pers gebracht wordt.

De verticale menger zorgt voor een extra homogenisering voor wat de plasticiteit betreft. Die kan in de menger ook geregeld worden door toevoeging van water. In de kleikelder kan het mengsel van de bovenste lagen immers wat uitdrogen.

1.2.3. VORMEN VAN DE KERAMISCHE BINNENMUURSTEEN: DE STRENGPERS

- 7 Bij binnenmuurstenen wordt de klei in een lange streng door een mondstuk geperst. Het formaat van de vormelingen wordt bepaald door de lengte en de breedte van het mondstuk. De hoogte wordt bepaald door de afstand waarmee de vormelingen afgesneden worden van de streng.

Op de site van Rumst beschikt Wienerberger over een strengpers met 4 strengen.





1.2.4. DROGEN

Voordat de vormelingen de oven ingaan om gebakken te worden, moeten ze nog een aanzienlijk deel water verliezen. Men droogt ze tot ze nog ongeveer 2% vocht bevatten. Anders kunnen de stenen bij het bakken barsten of kapot springen door de uitzetting van de waterdamp binnen de massa.

Anderzijds wordt de maatvastheid van de vormelingen pas bereikt wanneer de krimp, als gevolg van het vochtverlies, is beëindigd.

Het drogen gebeurt in droogkamers of droogtunnels. Hiervoor maakt men gebruik van de overtollige warme lucht van het bakproces. Dit is zowel economisch als milieutechnisch een goede zaak.

Gedurende het hele droogproces worden de temperatuur en de vochtigheidsgraad heel nauwkeurig computergestuurd geregeld.

- 8 In Rumst gebeurt het drogen in de tunneldrogerij. Vooraan heerst er een hoge vochtigheidsgraad en een lage temperatuur. Verder in de tunnel wordt de temperatuur geleidelijk opgevoerd tot meer dan 100°C. Zo worden de stenen bij het doorschuiven van de droogwagens gedroogd tot ze niet meer dan 2% vocht bevatten.

De tunneldrogerij in Rumst werd door Wienerberger zelf ontwikkeld. Waar de droogtijd in andere fabrieken 1 tot 2 dagen duurt, bedraagt die in Rumst slechts 5 tot 6 uur.

1.2.5 BAKKEN

- 9 De gedroogde vormelingen worden met een zetmachine volgens een bepaald patroon op de ovenwagens gestapeld. Goed stapelen is van belang voor een gelijkmatig temperatuurverloop van het bakproces.

Pas bij het bakken verkrijgt men de eigenlijke baksteen. Het bakproces moet zich geleidelijk voltrekken. Het bakken gebeurt in drie fasen volgens een bakcurve, eigen aan het type klei: een opwarmingsfase, de sinteringsfase en de afkoelingsfase.

Tijdens de opwarmingsfase wordt de temperatuur volgens een welbepaald tijdsschema opgevoerd tot de eigenlijke baktemperatuur. Die ligt naargelang de kleisoort tussen 850° en 1200°C.

Tijdens de sinteringsfase ondergaat de kleimassa een reeks van chemische en fysische veranderingen. Die veroorzaken de keramische verbindingen. De steen krijgt zo zijn gewenste eigenschappen: druksterkte, porositeit, vorstbestendigheid, poriënvolume, waterabsorptie...

Daarna daalt de temperatuur stapsgewijs tot volledige afkoeling.



Iedere kleisamenstelling heeft zijn eigen 'bakcurve'.

- 10 Een bakcyclus duurt in Rumst 24 uur en vindt plaats bij een baktemperatuur van 980°C. De tunneloven is 186 meter lang, 8,80 meter breed en 1,90 meter hoog. Het bakproces en het tunnelovenwagentransport gebeuren volledig automatisch.
- 11 In de losmachine worden de ovenwagens na het bakken in omgekeerde volgorde ontladen door robots. De stenen worden op een transportsysteem geplaatst. De ovenwagens gaan terug naar de zetmachine om ze opnieuw te laden met gedroogde vormelingen.



1.2.6. NABEHANDELING VOOR POROTHERM LIJMSTENEN: HET SLIJPEN VAN DE LEGVLAKKEN

- 12 Het verlijmen van Porotherm binnenmuurstenen vereist een grotere maatvastheid dan het traditioneel metselen. Daarom worden de boven- en onderkant van de Porotherm lijmstenen zorgvuldig gekalibreerd met een slijpinstallatie.

Alle andere Porotherm binnenmuurstenen hoeven geen nabehandeling te ondergaan.



1.2.7. VERPAKKEN EN TRANSPORT

- 13 De afgekoelde bakstenen worden op pallets gestapeld en ingepakt. In Rumst gebruikt men hiervoor krimpfolie. De buisfolie wordt als een zak over de pallet geschoven. Een oventje verhit de polyethyleenhoes die krimpt en de pallet tot een stevig geheel maakt.

De verpakte pallet krijgt een identificatiesticker en wordt naar de stapelplaats gebracht voor afhaling door de klant.

Het transport kan zowel over de weg als over het water gebeuren. Watergebonden transport, zoals voorzien in Rumst, beperkt het wegvervoer aanzienlijk.





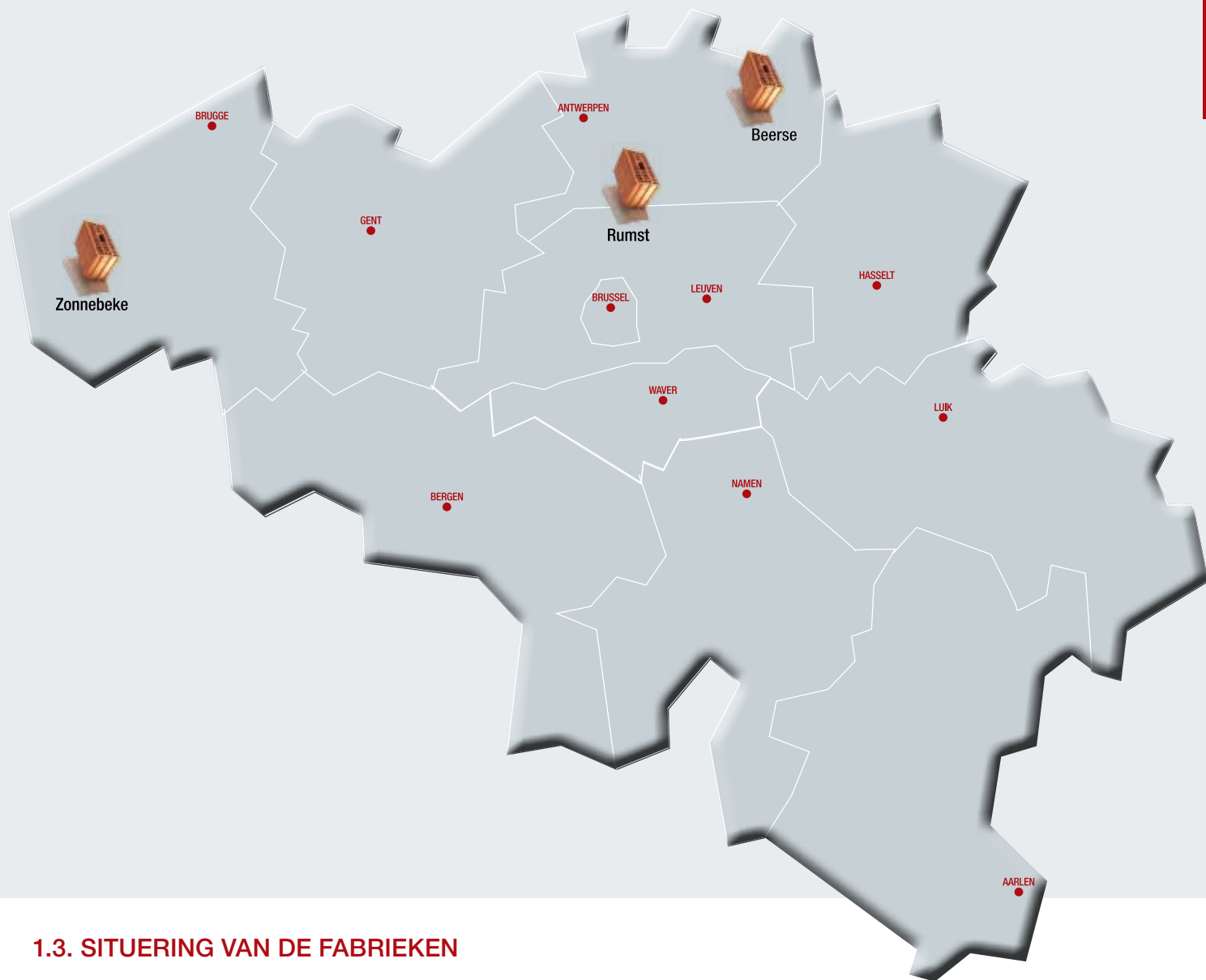
Beerse



Rumst



Zonnebeke



1.3. SITUERING VAN DE FABRIEKEN

Beerse

Steenbakkersdam 10
2340 Beerse
(Divisie Nova)

Rumst

Nieuwstraat 44
2840 Rumst

Zonnebeke

Iepersestraat 186
8980 Zonnebeke

1.4. DE JUISTE POROTHERM OP DE JUISTE PLAATS

De bouwsector staat niet stil. Hierdoor is er ook een continue evolutie in de eisen die gesteld worden aan binnenmuurstenen. Wienerberger heeft doorheen de jaren steeds ingezet op nieuwe ontwikkelingen om de wijzigende marktvraag tegemoet te komen. Omwille van economische of technische redenen zal een product meer geschikt zijn dan een ander voor een bepaalde toepassing. Voor de laatste update van ons productgamma raadpleegt u best steeds de website www.porotherm.be

1.4.1. INDELING VOLGENS VERWERKINGSTECHNIEK

Keramische binnenmuurstenen kunnen in drie grote categorieën ingedeeld worden op vlak van verwerkingsmethode. De manier van verwerken zorgt er ook voor dat de afmetingen verschillend zijn.

Traditionele metselstenen

De traditionele binnenmuurstenen worden op klassieke wijze gemetseld, waarbij zowel de lintvoegen als stootvoegen met mortel uitgevoerd worden. De lengte van de stenen is 288 mm en ze zijn beschikbaar in 3 breedtes (88 mm, 138 mm en 188 mm) en 3 hoogtes (88 mm, 138 mm en 188 mm). De dikte van de voegen is meestal 12 mm, waardoor er zowel verticaal als horizontaal telkens modules van 5 of 10 cm ontstaan. Vooral vroeger werden deze afmetingen als ontwerpmodule gebruikt.

Tand- en groefstenen

Het verschil ten opzichte van de traditionele binnenmuurstenen zit hem in de verticale verbinding. Deze wordt niet meer met mortelvoegen uitgevoerd, maar door een profilering op de koppen van de steen ("tand en groef") die er voor zorgt dat de stenen in elkaar haken. Omdat de verticale mortelvoeg van 12 mm wegvalt hebben de stenen zelf een modulaire lengte van 300 mm. Het grote voordeel ten opzicht van traditioneel metselwerk is het hogere rendement. Er is niet enkel een tijdswinst door het wegvallen van de verticale voegen, er kan ook met grotere (= hogere) stenen gewerkt worden, omdat er geen mortel meer opgetrokken moet worden tegen de koppen van de stenen. De breedtes zijn hetzelfde als bij traditioneel metselwerk, de beschikbare hoogtes zijn 188 en 238 mm.

Lijmstenen

Bij lijmstenen of zogenaamde PLS-stenen wordt geen gebruik meer gemaakt van mortel om de stenen onderling met elkaar te verbinden. Net zoals bij tand- en groefstenen wordt de verticale verbinding gerealiseerd door een profilering op de koppen van de stenen. De horizontale mortelvoeg wordt vervangen door een dunne lijmvoeg. Om dit mogelijk te maken, worden de stenen na het bakken nauwkeurig vlak geslepen. Bij het Porotherm Lijm-Systeem wordt de lijm mortel niet met een truweel, maar met een rolbakje geplaatst. Bij Porotherm *Dryfix* wordt de PU-lijm met een universeel spuitpistool aangebracht. Hierdoor zijn na het aanbrengen van de lijm beide handen vrij. Dit zorgt er voor dat met grotere stenen gewerkt kan worden dan bij tand en groef of traditioneel metselwerk. Het spreekt voor zich dat de snellere verwerkingstechniek in combinatie met de grotere stenen een positief effect hebben op het rendement.

Onderstaande tabel geeft een indicatie van de meest voorkomende standaardafmetingen per verwerkingsmethode. Afhankelijk van de gewenste technische eigenschappen zijn hier meerdere of alle combinaties van beschikbaar. Ook hier speelt Wienerberger in op de marktvraag.

Verwerking		Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]
Traditioneel		288	88 – 138 – 188	88 – 138 – 188
Tand en groef		300	88 – 138 – 188	188 – 238
Lijmsteen		500	100 – 138 – 188	134 – 184 – 249

1.4.2. INDELING VOLGENS EIGENSCHAPPEN

Naast de afmetingen en de verwerkingstechniek die vooral een impact hebben op het rendement en de plaatsingskost, kan ook een indeling gemaakt worden op vlak van technische eigenschappen. Bij de keuze zijn doorgaans druksterkte, densiteit en isolatiewaarde doorslaggevend. In grote lijnen zijn deze ook aan elkaar gelinkt: hoe zwaarder een product, des te hoger de druksterkte en de lambdawaarde en omgekeerd. Uitzonderingen hierop bestaan. Zo heeft bijvoorbeeld de PLS *Lambda* zijn uitzonderlijke lage lambdawaarde niet te danken aan een heel lage densiteit, maar aan een aangepast perforatiebeeld waardoor de densiteit en de druksterkte behouden blijven, maar de lambdawaarde daalt in vergelijking met een traditionele Thermobrick of PLS.

Type	Druksterkte [N/mm²]	Densiteit [kg/m³]	Lambda ui [W/mK]
Thermobrick	10 – 15	850 – 950	0,26 – 0,29
Powerbrick	20 – 25	1150	0,35
PLS 500	10 – 15	850	0,26
PLS <i>Lambda</i>	10	850	0,185

Duurzaamheid

2



2.1. DE BASISBEGINSELEN VAN DUURZAME ONTWIKKELING

Wat is duurzaamheid? Welke zijn de pijlers waarop duurzame ontwikkeling steunt? Hier bespreken we bondig de visie van Wienerberger over duurzaam produceren, bouwen en wonen. Ook de duurzame eigenschappen van keramische binnenmuurstenen komen aan bod.

2.1.1. DUURZAAMHEID, VEEL MEER DAN EEN MODEWOORD

Duurzaamheid is een bijzonder ruim begrip. Een wijd aanvaarde definitie die het beste weergeeft wat duurzaamheid allemaal inhoudt, is deze van het Brundtland-rapport uit 1987:

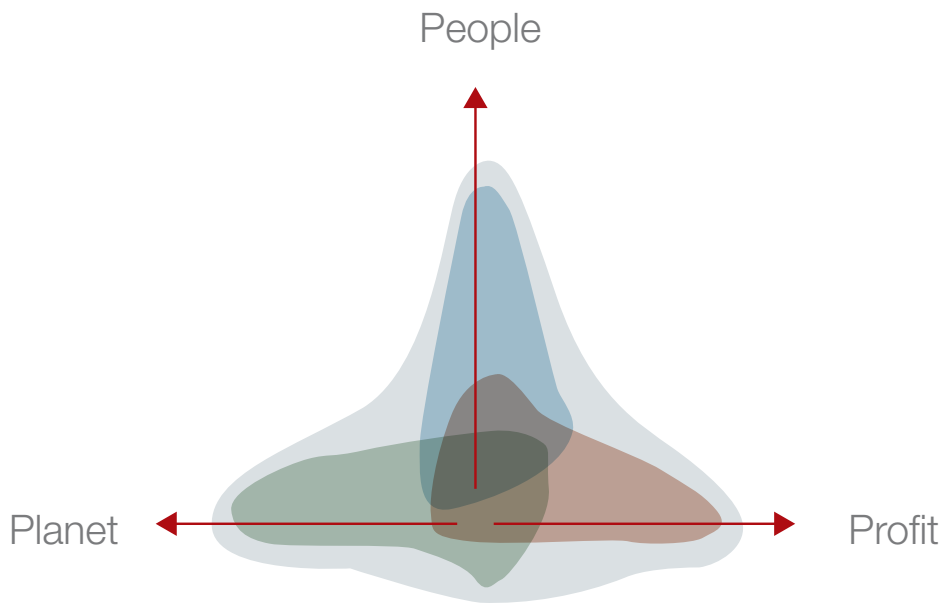
definitie duurzaamheid

‘Duurzame ontwikkeling is een ontwikkeling die voorziet in de behoefte van de huidige generaties, zonder de behoefte van de toekomstige generaties in gevaar te brengen.’

Hieruit blijkt dat we duurzaamheid niet enkel mogen bekijken vanuit de factoren productie en producten, maar dat we er nog andere moeten bij betrekken zoals de mensen, onze planeet en het verantwoord ondernemen.

people - planet - profit

Duurzaamheid stelt men grafisch vaak voor aan de hand van de duurzaamheidsdriehoek, met in de hoeken de drie P’s, de pijlers van duurzaamheid:
PEOPLE: gebruikers, medewerkers, omwonenden, de mens in het algemeen...
PLANET: van de fabrieksomgeving tot en met het hele ecosysteem...
PROFIT: fabrikant, stakeholders, investeerders...



Het volstaat niet dat een product of systeem op één van deze drie punten goed scoort om het label 'duurzaam' te verkrijgen. Echte duurzaamheid strekt zich uit als een wolk over de drie domeinen, weliswaar meestal met het zwaartepunt boven één van de drie. Hoe groter de wolk, hoe beter de duurzaamheid.

Zo kan een bouw materiaal zeer goed scoren op het gebied van thermische isolatie, maar een stuk minder op akoestisch gebied. Of uitblinken in een lage initiële ecoscore, maar minder in levensduur. Wienerberger België maakt er sinds jaar en dag een punt van om bouwmaterialen te ontwikkelen, die tegemoetkomen aan de noden van de 3 P's (People/Planet/Profit), materialen die onmiskenbaar het label 'duurzaam' verdienen.

duurzame materialen van Wienerberger

2.1.2. HET BELANG VAN LEVENSDUUR IN DE DUURZAAMHEIDSVERGELIJKING

Bouwen en duurzaamheid zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Men bouwt immers voor nu, maar ook voor later. Vandaag worden materialen en constructiemethodes gekozen voor de noden van nu, maar ook voor die van morgen. Men voorziet bijvoorbeeld wachtleidingen en nutsvoorzieningen, waardoor men later een badkamer of slaapkamer op het gelijkvloers kan realiseren om de trappen te vermijden. Of men zorgt van bij het begin van het ontwerp voor voldoende stabiliteit, waardoor de functie van bepaalde lokalen later kan wijzigen zonder de structuur te moeten afbreken.

Gezien de zeer lange levensduur die we van een gebouw verwachten, is bouwen vandaag een sterke oefening in duurzaamheid. De levensduur van een bouw materiaal en van de totale constructie spelen immers een cruciale rol in het beoordelen van het duurzaamheidsniveau.

levensduur van de bouwmaterialen en van de totale constructie zijn cruciaal

We maken een onderscheid tussen enerzijds de technische levensduur van een materiaal, bouwelement of gebouw en anderzijds de economische of functionele levensduur.

Wanneer men een constructie realiseert met kwalitatieve materialen met een hoge technische levensduur, dan zal die de economische of functionele levensduur ervan overtreffen. Herbestemmingen moeten bijgevolg mogelijk zijn zonder de gehele draagconstructie aan te passen, om te voorkomen dat de constructie voortijdig wordt afgebroken.

Een voorbeeld: een winkelruimte voldoet nog perfect aan alle technische eisen, maar kan, omwille van veranderde wijkenmerken, niet meer voldoende omzet genereren. Dankzij een kwalitatief en duurzaam ontwerp is een herbestemming mogelijk, zonder daarbij de hele dragende constructie te moeten afbreken.

De duurzaamheid van een nieuwbouwconstructie stijgt naarmate haar technische levensduur toeneemt, op voorwaarde dat deze constructie een functioneel aanpasbare structuur heeft.

Als fabrikant van keramische producten oefent Wienerberger enkel een impact uit op de technische levensduur van de materialen en de gebouwen die ermee gerealiseerd

worden. Het is de taak van de ontwerper om de voorgaande randvoorwaarde mee op te nemen in het ontwerpproces. Het gebruik van het begrip 'levensduur' moet verder in deze context begrepen worden.

De duurzaamheidsvergelijking

De duurzaamheid stijgt wanneer de levensduur toeneemt of de initiële milieu-impact verkleint. Omgekeerd vermindert de duurzaamheid wanneer de levensduur vermindert of de initiële impact groter wordt. De initiële impact van een materiaal wordt immers nog veel te weinig afgemeten op basis van de geschatte levensduur.

Volgende eenvoudige figuur geeft dit duurzaamheidsprincipe duidelijk weer:



2.1.3. LEVENSDUUR VERSUS RECYCLAGE/RENOVATIE

Kiezen voor kwalitatieve gebouwen met een hoge technische levensduur en met een functioneel aanpasbare structuur, houdt in dat ze gedurende hun levensduur één of meerdere malen zullen gerenoveerd worden. Sommige afwerkingsmaterialen en technische uitrustingen hebben immers een kortere levensduur dan die van de dragende constructie. De technische vereisten voor dragende constructies evolueren ook mee met de tijd. Denk bijvoorbeeld aan het na-isoleren van bestaande dragende constructies.

Het alternatief is gebouwen met een beperkte levensduur realiseren en die aan het einde van hun technische levensduur maximaal recyclen.

Bij het vergelijken van de 'duurzaamheid' van gebouwen met een lange en een korte levensduur, moet het volledige plaatje bekeken worden, zowel op het gebied van de milieu-impact als van de kostprijs. Aan de ene kant is er de constructie met een hoge technische levensduur van omzeggens 150 jaar, die bijvoorbeeld om de 37,5 jaar gerenoveerd wordt. Aan de andere kant is er de minder kwalitatieve constructie met een korte technische levensduur, die na 30 jaar afgebroken en gerecycleerd wordt.

Over eenzelfde periode van 150 jaar moeten bijgevolg de milieu-impact en de kostprijs van 5 nieuw te bouwen en opnieuw af te breken dergelijke constructies worden beschouwd.

Wienerberger is ervan overtuigd dat kwalitatieve gebouwen met een functioneel aanpasbare structuur, opgebouwd uit keramische materialen met een hoge technische levensduur en een minimale initiële milieu-impact, de beste keuze vormen vanuit het oogpunt van de duurzaamheid.

de beste keuze

Daarom investeert Wienerberger in keramische materialen en bouwsystemen met een hoge technische levensduur en een minimale milieu-impact, zowel voor nieuwbouw als renovatie.

keramische materialen met een hoge technische levensduur

2.1.4. DUURZAAMHEID VOLGENS WIENERBERGER

Wienerberger ontwikkelde een eigen totaalvisie op duurzaamheid, rekening houdend met alle aspecten van de keramische bouwmaterialen. Vanaf de ontginning van de grondstof (klei) tot en met de recuperatie en de recyclage van bouwpuin. Wienerberger gaat reeds jaren verder dan het strikt noodzakelijke en brengt de totale levenscyclus van zijn producten in kaart.

levenscyclusanalyse

Bij de analyse van de levenscyclus van een bouw materiaal zijn volgende begrippen van belang: ‘Cradle to Gate’, ‘Cradle to Client’, ‘Cradle to Grave’ en ‘Cradle to Cradle’.

- **Cradle to Gate:** bekijkt de impact van een product op zijn omgeving in de fase van de productie tot het verlaten van de fabriek. Wat er nadien met het product gebeurt, wordt niet in aanmerking genomen.
- **Cradle to Client:** bekijkt de impact van een product op zijn omgeving in de fase van de productie tot de levering aan de klant.
- **Cradle to Grave:** bekijkt de impact van een product van de productiefase tot en met het levenseinde.
- **Cradle to Cradle:** hier bekommert de fabrikant zich ook om de impact na het levenseinde van een product. Recyclage en hergebruik als nieuwe grondstof komen daarbij aan bod.



De levenscyclusanalyses van Wienerberger gaan van ‘Cradle to Grave’, en zelfs van ‘Cradle to Cradle’. Daarmee voldoet Wienerberger reeds jaren aan het Koninklijk Besluit van 22 mei 2014 met betrekking tot milieuboodschappen op bouwproducten. Dit bepaalt dat vanaf 1 januari 2015 een fabrikant die een milieuboodschap wil aanbrenge n op zijn product, eerst een levenscyclusanalyse moet laten uitvoeren en laten registreren in een publiek toegankelijke databank onder de vorm van een EPD (Environmental Product Declaration) milieulabel type III.

Cradle to Cradle

Hierna komen eerst de verschillende milieulabels van de Porotherm binnenmuurstenen aan bod. Vervolgens bespreken we de inspanningen en realisaties van Wienerberger België op het vlak van duurzaamheid:

- Duurzame productie van binnenmuurstenen
- Porotherm: binnenmuurstenen met duurzame eigenschappen
- Duurzaam bouwen, wonen en leven.

WAT TE ONTHOUDEN?

- Duurzame ontwikkeling is een ontwikkeling die voorziet in de behoefte van de huidige generaties, zonder de behoefte van de toekomstige generaties in gevaar te brengen.
- De duurzaamheid van een bouw materiaal stijgt wanneer zijn levensduur toeneemt of zijn initiële milieu-impact verkleint.
- Kwalitatieve gebouwen met een functioneel aanpasbare structuur, opgebouwd uit keramische materialen met een hoge technische levensduur en een minimale initiële milieu-impact, vormen de beste keuze vanuit het oogpunt van de duurzaamheid.

2.2. MILIEULABELS

De milieulabels natureplus, C2C, DUBOkeur en EPD bevestigen dat bouwen met Porotherm binnenmuurstenen een heel goede keuze is voor het milieu.

2.2.1. VERSCHILLENDE TYPES MILIEULABELS VOLGENS ISO 14020

Om bouwprofessionelen en bouwheren bewust te maken van de milieuaspecten en hen te helpen bij het maken van een doordachte keuze voor milieuvriendelijke producten, bestaan er in Europa volgens de ISO-norm 14020-serie drie types van milieulabels voor bouwproducten:

- Milieulabel type I
- Milieulabel type II
- Milieulabel type III.

ISO 14020		
Milieulabels en milieuverklaringen		
ISO 14024	ISO 14021	ISO 14025
Type I	Type II	Type III
Milieulabels	Eigenverklaringen	EPD

Milieulabel type I

Type I milieuverklaringen of milieulabels kunnen op vrijwillige basis toegekend worden door een overheidsinstantie of een private, niet-commerciële organisatie. Volgens de ISO 14024-norm zijn ze gebaseerd op een reeks van vaste criteria, met betrekking tot specifieke ecologische en soms ook technische en gezondheidsaspecten, die per productcategorie vastgelegd worden door de instantie of organisatie, die het label toekent. Men houdt rekening met de gehele levenscyclus (LCA of andere) van het beschouwde product.

De doelstelling van dergelijke labels: de producten identificeren die, in vergelijking met andere producten binnen eenzelfde productcategorie, beter zijn voor het leefmilieu en eventueel ook voor de menselijke gezondheid. Dankzij de periodieke herziening van de criteria is een constante verbetering van de milieuaspecten van de gelabelde producten mogelijk.

Het belangrijkste voordeel van deze labels is dat ze op een betrouwbare en eenvoudige manier de goede milieuprestaties van het product illustreren, zonder veel details te geven. Daarom zette Wienerberger zich in om de natureplus en Cradle to Cradle labels te behalen voor de binnenmuurstenen.

3 types labels

op vrijwillige basis

welke producten zijn beter voor het milieu

betrouwbaar en eenvoudig

een eigenverklaring
niet door derden gecontroleerd

Milieulabel type II

Milieuverklaringen van type II zijn zogenaamde eigenverklaringen: het gaat om milieuverklaringen van de producent of de verdeler van de producten zelf, die evenwel niet door derden gecontroleerd worden. Deze milieuverklaringen hebben dan ook slechts een geringe geloofwaardigheid. Daarom investeert Wienerberger tot op heden niet in milieuverklaringen type II.

Milieulabel type III

EPD

Environmental Product Declarations (EPD) zijn type III milieuverklaringen. EPD's bevatten gedetailleerde, kwantitatieve en gecertificeerde informatie over de milieu- en gezondheidsaspecten van producten. De benodigde informatie wordt aangeleverd door de producent of verdeler van het product, is volledig gebaseerd op de levenscyclusanalyse en bevat eventueel nog bijkomende milieu-informatie. De verificatie van de geleverde informatie gebeurt door een onafhankelijke derde partij.

De basisregels voor dit type van milieuverklaringen worden weergegeven in de ISO 14025 en 21930-normen en de Europese standaard EN 15942.

De belangrijkste voordelen van milieuverklaringen type III? Zij verschaffen enkel informatie (en vullen dus geen oordeel) en zijn vergelijkbaar, transparant, geloofwaardig en flexibel. Belangrijkste nadeel: de zeer uitgebreide milieu- en gezondheidsinformatie, die volledig gebaseerd moet zijn op de levenscyclusanalyse en bijgevolg veel werk vraagt vanwege de producent of verdeler.

2.2.2. NATUREPLUS®

Milieulabel type I



Natureplus is een internationaal milieulabel type I voor bouwmaterialen en producten. Het bestaat sinds 2002 en is vergelijkbaar met het Biogarantie label in de voedingssector of het FSC-certificaat voor verantwoorde bosbouw. De natureplus criteria zijn de strengste in Europa. Natureplus test niet enkel op milieucriteria op basis van een doorgedreven LCA-analyse, maar ook op gezondheidscriteria. In België verloopt de toekenningprocedure via het VIBE vzw, het Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen en Wonen. Wienerberger behaalde het natureplus kwaliteitslabel onder andere voor zijn Porotherm keramische binnenmuurstenen.

2.2.2.1. BASISVEREISTEN: MILIEU, GEZONDHEID, TECHNISCHE KWALITEIT EN SOCIALE VERANTWOORDELIJKHEID

Natureplus controleert de milieuvriendelijkheid van een bouwproduct door een levenscyclusanalyse uit te voeren, rekening houdend met alle fasen die het product doorloopt: grondstoffen winnen, productie, gebruik en verwerking na gebruik en/of hergebruik. Daarnaast besteedt natureplus tevens aandacht aan de gezondheidsimpact: irriterende en toxische elementen of emissies zijn uit den boze. Een derde criterium omvat de technische kwaliteit van de producten. Tot slot schenkt men aandacht aan de sociale aspecten bij de productie.

Milieu

De milieu-impact van de bouwsector is groot: 40% van alle grondstoffen ter wereld worden toegepast in bouwkundige constructies. Bovendien is de bouwsector goed voor 30% van het totale energieverbruik. Bouwmaterialen ontwikkelen met een minimale uitputting van primaire grondstoffen betekent een aanzienlijke uitdaging voor elke fabrikant.

Bouwmaterialen met het natureplus-label bestaan voor minstens 85% uit teeltbare of minerale grondstoffen, zoals klei en leem, met andere woorden: grondstoffen die onuitputtelijk of langdurig beschikbaar zijn. Bouwmaterialen uit petroleumderivaten kunnen dus niet gelabeld worden door natureplus.

klei = langdurig beschikbaar

Daarnaast onderzoekt natureplus de maatregelen die de fabrikant neemt om de natuur te vrijwaren tijdens de exploitatie van de grondstoffen. Een duurzame nabestemming van de kleigroeven en minimale transportafstanden tussen de kleigroeve en de steenfabriek worden beloofd.

Gezondheid

De gemiddelde West-Europeaan verblijft zo'n 80 tot 90% van zijn leven binnen (thuis, op kantoor, op school...). Energiezuinig bouwen betekent luchtdichter bouwen. Bijzondere aandacht moet dan ook uitgaan naar de binnenluchtkwaliteit. De binnenlucht bevat schimmeldeeltjes en schadelijke chemische stoffen. Het binnenklimaat is in vele gevallen meer vervuild dan de buitenlucht, zelfs in drukke steden. Voor een deel komt de binnenhuisvervuiling voort uit bouw- en woonmaterialen. Natuurlijke bouwmaterialen kunnen - samen met een degelijke ventilatie - deze evolutie ombuigen.

Bouwmaterialen met het natureplus label zijn grondig gecontroleerd op schadelijke emissies. Stoffen die schadelijk zijn voor het milieu en de gezondheid mogen niet gebruikt worden. Natureplus eist een volledige declaratie van alle stoffen, toegepast in het bouwproduct. Producten met natureplus label zijn automatisch goedgekeurd door het Sentinel-Haus Institut, een gekend label voor gebouwen, specifiek gericht op een gezond binnenklimaat. Daarom is het natureplus label een goede indicator voor personen met allergieproblemen.

geen schadelijke emissies

Technische kwaliteit

Natureplus gecertificeerde producten moeten beschikken over een officiële technische goedkeuring. Voor Porotherm binnenmuurstenen is dit de DoP, die aantoonst dat de binnenmuurstenen voldoen aan de EN771-1 norm en dus geschikt zijn voor hun toepassing.

technische kwaliteit gegarandeerd

Daardoor biedt het natureplus label ook een kwaliteitsgarantie: het gaat om bouwproducten, die zowel ecologisch verantwoord, gezond als gebruiksgeschikt zijn.

Sociale verantwoordelijkheid

Fabrikanten die een natureplus label voor één of meer van hun producten willen behalen, moeten de arbeidsvoorwaarden van de International Labour Organization (ILO) onderschrijven. De arbeidsomstandigheden worden gecontroleerd op het gebied van stofproductie, geluid, veiligheid...

goede arbeidsvoorwaarden

2.2.2.2. MAXIMAAL 20% VAN DE BOUWPRODUCTEN BINNEN EENZELFDE CATEGORIE ZIJN NATUREPLUS

evaluatie na 3 jaar

Kwaliteitslabels kunnen slechts een richtinggevende functie hebben, indien ze een plaats in het topsegment van de markt aspireren. Daarom certificeert natureplus maximaal 20% van de producten binnen eenzelfde categorie. Het label is slechts 3 jaar geldig, daarna volgt een evaluatie.

2.2.2.3. WAAROM NATUREPLUS NAAST EPD?

natureplus = milieuverantwoord

Het natureplus label legt een aantal strikte grenswaarden op, in tegenstelling tot een EPD waarbij louter cijfers zonder verdere beoordeling vermeld worden. Het beschikken over een EPD zegt niets over het al dan niet 'milieuverantwoord' zijn van een materiaal. Het behalen van het natureplus label wel.

Natureplus is een onafhankelijk privé-initiatief. Milieu en gezondheid vormen, samen met duurzame ontwikkeling, de uitgangspunten voor de werking van natureplus. Het natureplus label bewaart het evenwicht tussen de verschillende belangengroepen. De milieubeschermings- en consumentenorganisaties, de deelnemende fabrikanten, de bredere bouwsector én wetenschappers ondersteunen het label. Al deze groepen zijn vertegenwoordigd in de internationale raad van bestuur en de algemene vergadering van natureplus.

2.2.2.4. HET WIENERBERGER TRAJECT

Bij Wienerberger België werd een heel traject onderzocht, waarbij men reeds jaren belangrijke stappen zet om de duurzaamheid van producten en productie te verbeteren.

zowel keramische binnenmuurstenen
als kleidakpannen

Reeds in 2007 inventariseerde men de ecologische aspecten van de keramische binnenmuurstenen met het oog op het invullen van de uitgebreide natureplus vragenlijst. In augustus 2008 diende de onderneming een officiële aanvraag in bij natureplus. Ongeveer 6 maanden later verkreeg Wienerberger het natureplus label voor zijn keramische binnenmuurstenen, na een grondige screening van onder andere de duurzaamheid, gezondheid, milieu-impact en levensduur van de onderzochte producten.

Ondertussen kreeg Wienerberger het natureplus label eveneens toegekend voor een breed gamma Koramic kleidakpannen.

Het verkrijgen van het natureplus label is het resultaat van inspanningen en realisaties rond duurzaam produceren, met de focus op het streven naar een evenwicht tussen People/Planet/Profit. Dit betekent concreet: een keramisch product vervaardigen met een minimum aan grondstoffen- en energieverbruik, met een maximale functionaliteit (o.a. goede thermische en akoestische isolatie) en met een lange levensduur waarbij lokale productie en een lokaal gebruik de basis vormen.

2.2.2.5. INVULLING VAN DE NATUREPLUS CRITERIA DOOR WIENERBERGER

Korte toetsing van de realisaties van Wienerberger aan de natureplus criteria.

Op het niveau van de grondstoffencriteria, is het belangrijk dat het grootste deel van de klei lokaal ontgonnen wordt in de nabijheid van de Wienerberger productiesites. Hierdoor blijft het transport van grondstoffen naar de fabriek (met de bijbehorende schadelijke emissies) tot een minimum beperkt. De groeven krijgen na exploitatie zo vlug mogelijk een nabestemming als natuur-, landbouw-, of recreatiegebied.

Bovendien wordt de primaire grondstof klei gedeeltelijk vervangen door de inzet van papiervezel en in de toekomst ook keramisch bouwpuin, wat op zijn beurt leidt tot een reductie van de schadelijke emissies en het energieverbruik.

Op productieniveau kan Wienerberger drastische reducties van energie en schadelijke emissies voorleggen, dankzij procesgeïntegreerde maatregelen en end-of-pipe oplossingen.

Wat de reductie van schadelijke emissies betreft, beperkt Wienerberger zich niet tot louter inspanningen op productieniveau. Door de maximale inzet van watergebonden transport voor de aanvoer van grondstoffen en de afvoer van afgewerkte producten, streeft men ook hier naar een verdere reductie van de CO₂-emissie.

Wienerberger kan ook bogen op een absolute nullozing van productieafvalwater in al haar productiesites. Daarnaast werd het watergebruik gereduceerd, mede door hergebruik van hemelwater ter vervanging van leidingwater.

Ten slotte speelde ook de lange levensduur van bakstenen (meer dan 150 jaar) een belangrijke rol bij het halen van het natureplus certificaat. De levensduur bepaalt immers mee de duurzaamheidsgraad van een product. Een langere levensduur spreidt de initiële milieu-impact over een langere periode.

2.2.3. CRADLE TO CRADLE

Cradle to Cradle is een milieulabel type I, ontstaan in 2005, gericht op duurzame innovatie en het sluiten van materiaalkringlopen. Materialen mogen niet verloren gaan na gebruik. Het Cradle to Cradle concept onderscheidt zich van de klassieke recycleerbaarheid, waarbij de intentie voor recyclage pas start na het ontwerp en gebruik van het product. Wienerberger behaalde het Cradle to Cradle Certified^{CM} Silver label voor zijn Porotherm keramische binnenmuurstenen, geproduceerd in Beerse, Rumst en Zonnebeke.

2.2.3.1. HOGE EISEN GESTELD AAN DE RECYCLEERBAARHEID

Het Cradle to Cradle label wordt toegekend aan producten met een uitzonderlijke score op het gebied van duurzaamheid. De focus ligt op het productontwerp en de productiemethode. Een Cradle to Cradle certificaat stelt geen eisen aan de gebruiksfase.

lokale ontginning klei

nabestemming

alternatieve grondstoffen

schadelijke emissies beperken

watergebonden transport

nullozing productieafvalwater

lange levensduur



milieulabel type I

Een producent heeft immers geen controle over mogelijk oneigenlijk gebruik van de producten. Wel stelt men hoge eisen aan de recycleerbaarheid of composteerbaarheid van het product. Elk product wordt ingedeeld in de biologische of technologische kringloop en voor elk product wordt een plan voor terugname en recyclage opgemaakt.

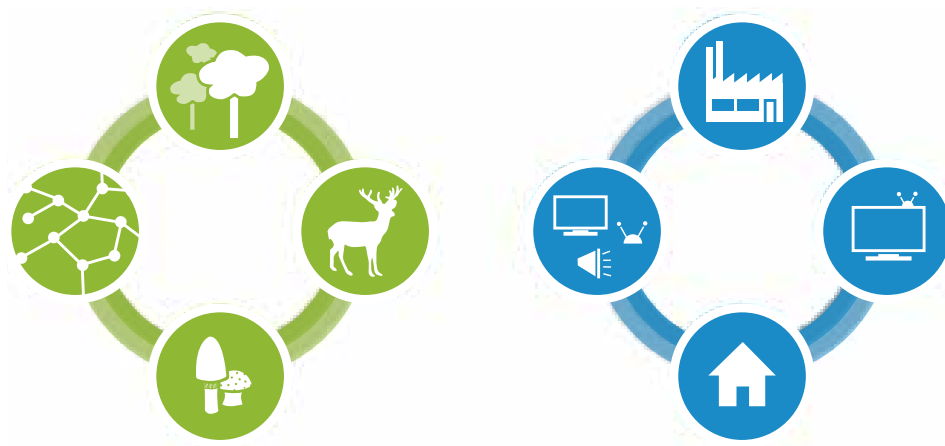
de technologische kringloop

De technologisch kringloop is een gesloten systeem, waarbij waardevolle synthetische en minerale grondstoffen circuleren in een eindeloze cyclus van productie, terugname en hergebruik. Technologische producten worden na gebruik onderdeel of grondstof van een nieuw technologisch product.

de biologische kringloop

De biologische kringloop is gebaseerd op het biologisch metabolisme van de natuur, waarbij afvalstoffen composteren en dienen als voedsel voor andere organismen.

Voor sommige producten is het echter om economische redenen nog niet mogelijk om de producten effectief te recyclen.



2.2.3.2. ECO-EFFECTIVITEIT BOVEN ECO-EFFICIËNTIE

Eco-efficiëntie staat voor het gebruik van minder energie, water en grondstoffen om dezelfde producten te produceren. De milieubelasting daalt, de producent heeft minder kosten en dus meer winst. Ook de consument wint bij het gebruik van eco-efficiënte producten. Toch is dit verhaal niet eenzijdig positief. Eco-efficiëntie verandert niet noodzakelijk het proces of het product. Een dieselmotor met een koolstoffilter blijft een verbrandingsmotor met (veel minder) emissies. Zeer nuttig, maar niet voldoende.

positieve milieu-impacten maximaliseren

Cradle to Cradle hanteert een ander begrip: eco-effectiviteit. Het stelt wat we doen in vraag, in plaats van wat we doen te optimaliseren. In tegenstelling tot eco-efficiëntie ligt de focus niet op minimaliseren van de negatieve milieu-impacten, maar wordt gestreefd naar maximalisatie van de positieve milieu-impacten. Zo kan men dromen van wagens die CO₂ opnemen, net zoals bomen. Misschien onmogelijk, maar als ze op een dag rondrijden, zal alle bestaande technologie verouderd zijn.

2.2.3.3. DRIE BASISPRINCIPES, VIJF MODULES, VIJF NIVEAUS

Cradle to Cradle samengevat		
3 Principes	5 modules	
1. Afval is voedsel 2. Gebruik van duurzame en onuitputbare energie 3. Diversiteit respecteren	- Gezonde en veilige eigenschappen van materialen - Hergebruik PRODUCT	
	- Gebruik van hernieuwbare energie - Watergebruik tijdens het fabricageproces - Sociale eerlijkheid en bedrijfsethiek PROCES	

Drie eenvoudige principes liggen aan de basis van het Cradle to Cradle concept: 3 principes

1. Afval is voedsel

De kern van het Cradle to Cradle principe ligt in het concept ‘afval is voedsel’. Alle gebruikte materialen kunnen na hun leven in het ene product, nuttig ingezet worden in een ander product. De kringloop is dan compleet... en afval is voedsel.

2. Gebruik van duurzame en onuitputbare energie

Cradle to Cradle productieprocessen werken voornamelijk op basis van natuurlijke en lokaal beschikbare energie, zoals zonne- en windenergie.

3. Diversiteit respecteren

De vitaliteit van een ecosysteem hangt af van de mate van diversiteit. Hoe hoger de diversiteit, hoe veerkrachtiger het ecosysteem. Waar mogelijk maakt men bij voorkeur gebruik van lokale grondstoffen en energie, en houdt men rekening met lokale omstandigheden en culturele gebruiken. Het respecteren van diversiteit in ontwerp betekent niet alleen bedenken hoe een product wordt gemaakt, maar ook hoe het moet worden gebruikt en door wie.

Het Cradle to Cradle Products Innovation Institute (C2CPII) beheert het certificatiesysteem als onafhankelijke vzw. Het instituut stelt de criteria op voor de vijf modules binnen een C2C-certificatie. Daarnaast geeft het instituut ook opleidingen aan adviesbureaus, zodat zij bedrijven kunnen begeleiden bij het certificatieproces.

DE VIJF MODULES MET GESTELDE CRITERIA ZIJN:



1. Gezonde en veilige eigenschappen van materialen voor mens en milieu
- Cradle to Cradle producten bestaan uit zuivere grondstoffen, die veilig en gezond zijn voor mens en milieu. Alle chemische ingrediënten worden beoordeeld aan de hand van diverse milieu- en gezondheidscriteria en gemerkt als groen (optimaal) of geel (acceptabel). Ingrediënten die worden gemerkt als rood (hoog risico) of grijs (niet definieerbaar) moeten (geleidelijk) worden vervangen.



2. Hergebruik

Elk Cradle to Cradle product past in een biologische en/of technologische kringloop. Voor de certificatie wordt een material reutilization score berekend op basis van het aandeel grondstoffen van hernieuwbare of gerecycleerde oorsprong, die bovendien biologisch afbreekbaar of recycleerbaar zijn.



3. Gebruik van hernieuwbare energie

Het gebruik van hernieuwbare energie voor de productie van Cradle to Cradle producten wordt gestimuleerd en de broeikasgasemissies beheerd.



4. Watergebruik tijdens het fabricageproces

Bedrijven die Cradle to Cradle willen werken, moeten aantonen dat zij hun water op een verantwoorde en efficiënte manier gebruiken en dat het water dat ze lozen op het buitenwater zo schoon mogelijk is.



5. Sociale eerlijkheid en bedrijfsethiek

Bedrijven moeten aantonen dat zij de meest hoogstaande principes aanhouden in de verantwoordelijkheid ten aanzien van hun personeel en dat zij erop toezien dat ook bedrijven in de toeleveringsketen deze principes niet schenden.

Het Cradle to Cradle Certified programma is een trapsgewijze benadering, die bestaat uit een Basic, Bronze, Silver, Gold en Platinum niveau. De niveaus visualiseren de constante verbetering van het Cradle to Cradle traject.

evaluatie na 2 jaar

Voor certificatie moet een dossier worden opgemaakt, dat aantoont dat aan alle criteria is voldaan. Dit dossier wordt door het Cradle to Cradle Products Innovation Institute (C2CPPI) geauditeerd. Op basis van het dossier zal het C2CPPI al dan niet het certificaat uitreiken. Het certificaat is geldig voor 2 jaar en wordt daarna opnieuw geëvalueerd.

2.2.3.4. Het Wienerberger traject

In België ontwikkelden een twintigtal innovatieve bedrijven, waaronder Wienerberger, producten met het Cradle to Cradle label. Wienerberger behaalde het Cradle to Cradle Certified^{CM} Silver label voor zijn Porotherm keramische binnenmuurstenen.

Met de inzet van gemalen keramisch bouwpuin als secundaire grondstof wenst Wienerberger in te spelen op de visie, ingeschreven in het delfstoffendecreet van de Vlaamse Overheid: een duurzaam materiaalgebruik in de bouwsector en de beperking van de emissies.

Het doel is om minimaal 10% en maximaal 50% traditionele grondstoffen te vervangen door gerecycleerd materiaal. Daardoor zal ook het energieverbruik dalen, aangezien het om reeds gebakken materiaal gaat.

Dit past in het 'Cradle to Cradle' principe, waarin alle gebruikte materialen na hun leven in het ene product, nuttig worden hergebruikt in een ander product. Er is geen kwaliteitsverlies.

2.2.4. DUBOKEUR®

Het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE), een onafhankelijk en wetenschappelijk instituut, beoordeelt sinds 1995 de milieubelasting van bouwmaterialen volgens de methode van de LevensCyclusAnalyse (LCA). Uit deze analyse wordt de milieu-impact van 'wieg tot graf' van 18 milieuaspecten bepaald, waaronder global warming, verzuring, geluidshinder, landgebruik... Producten met een lange levensduur hebben een milieutechnisch voordeel ten opzicht van producten die minder lang meegaan. De bouwmaterialen worden vergeleken met de meest gangbare alternatieven binnen eenzelfde toepassingsgebied.

Alleen de producten die milieutechnisch het beste scoren (NIBE milieuklasse 1 of 2) komen in aanmerking voor het DUBOkeur keurmerk.

Het DUBOkeur keurmerk toont aan dat een bouwproduct tot de meest milieuvriendelijke producten in een toepassing behoort. Om de twee jaar worden de producten opnieuw getoetst om te controleren of ze nog steeds tot de milieutechnische top behoren.

Het doel van het DUBOkeur keurmerk: producten op een eerlijke en onafhankelijke wijze milieutechnisch onderscheiden en zo de markt stimuleren om steeds duurzamere en milieuvriendelijkere producten te ontwikkelen. Afnemers en eindgebruikers weten dat producten met het DUBOkeur keurmerk het milieu minimaal aantasten.

De milieu-effecten van een product worden vertaald naar milieukosten, ook schaduwkosten genoemd, zodat men de producten objectief kan vergelijken.

Het DUBOkeur keurmerk werd onder andere toegekend aan alle Porotherm binnenmuurstenen van Wienerberger. Die mogen dan ook beschouwd worden als één van de betere keuzes vanuit milieuoogpunt.

DUBOKEUR®

lange levensduur = milieutechnisch voordeel



DUBOkeur = de milieutechnische topproducten

Porotherm = DUBOkeur

2.2.5. EPD

objectief milieulabel type III	Het doel van een EPD op productniveau is om op een objectieve manier de milieu-impact van bouwmaterialen voor de verschillende categorieën van milieu-impact te kwantificeren. De milieu-impactcategorieën worden ingedeeld in drie groepen: • Schade aan de mens • Schade aan het ecosysteem • Uitputting van de grondstoffen.
basis voor het berekenen van de milieu-impact van een gebouw	De informatie uit de EPD kan gebruikt worden om de milieu-impact van een gebouw te berekenen, zowel bij nieuwbouw als renovatie. Zo kan de ontwerper de juiste bouwmaterialen kiezen en het duurzaamheidsprofiel van het gebouw optimaliseren. Wat de keramische producten betreft, zijn EPD's mogelijk op 3 niveaus. • Sector EPD's • Bedrijfsspecifieke EPD's • Productspecifieke EPD's.  Environmental Product Declaration (EPD) New clay blocks Sector EPD voor binnenmuurstenen
sector EPD's	Wienerberger maakte in samenwerking met de Belgische Baksteenfederatie (BBF) en het VITO reeds sector EPD's op voor dakpannen, gevelstenen en twee types binnenmuurstenen. Deze sector EPD's zijn opgenomen in de Belgische milieudatabank, conform het Koninklijk Besluit van 22 mei 2014 met betrekking tot milieuboodschappen op bouwproducten. Op bedrijfs- en productniveau werkt Wienerberger aan een plan van aanpak.

WAT TE ONTHOUDEN?

- De Porotherm binnenmuurstenen van Wienerberger beschikken met natureplus, het Cradle to Cradle Certified^{CM} Silver label, het DUBOkeur keurmerk en hun EPD over 4 milieulabels.

2.3. DUURZAME PRODUCTIE VAN BINNENMUURSTENEN

De site in Rumst geldt als dé voorbeeldsite als het om de duurzame productie van keramische binnenmuurstenen gaat.

Rumst = voorbeeldsite

Alle knowhow van Wienerberger op het gebied van het keramische productieproces en de milieutechnologie wordt er toegepast. Het resultaat is de Porotherm binnenmuursteen met performante eigenschappen en een lage ecologische voetafdruk.

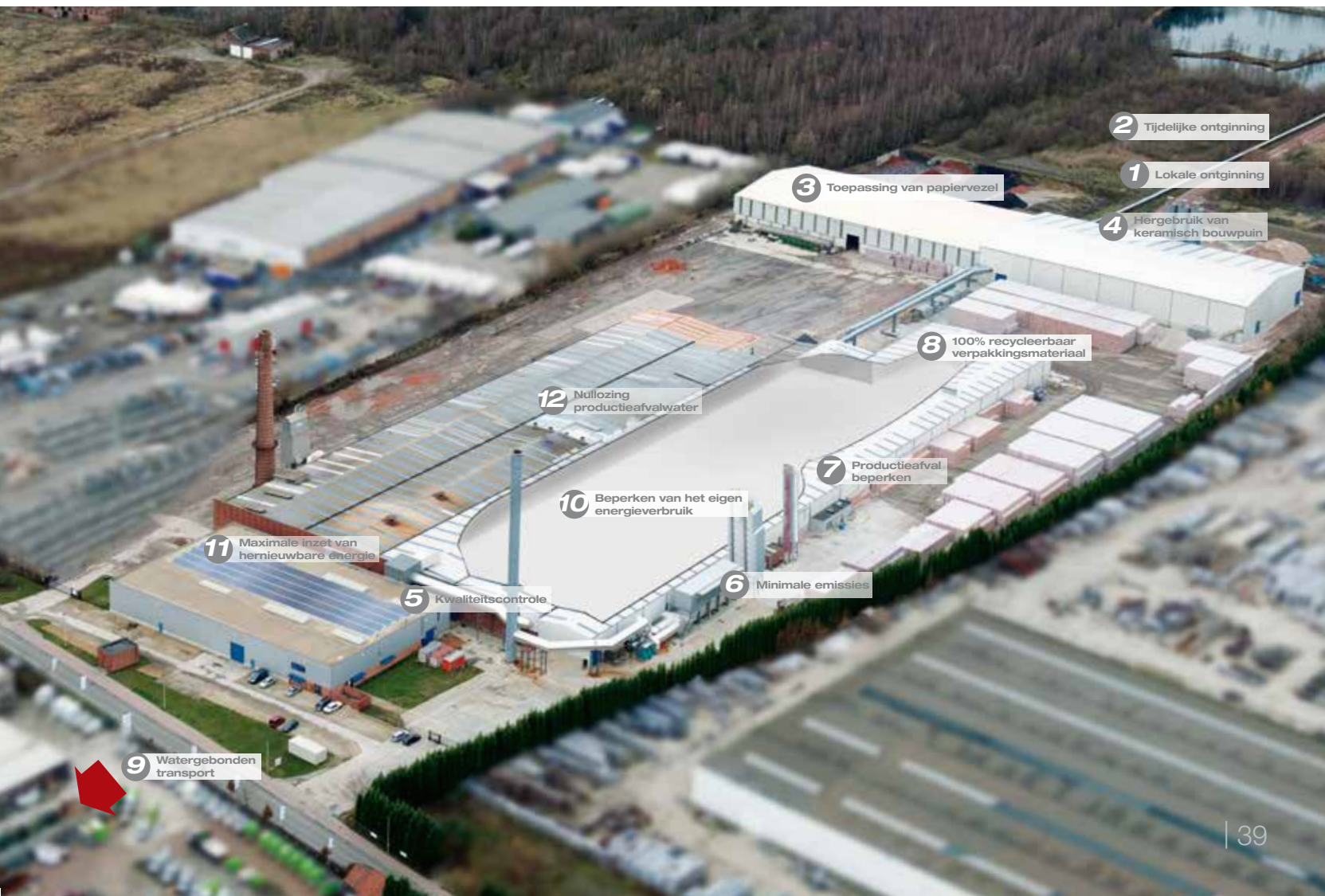
1 Lokale ontginning en lokale productie

Lokale ontginning, lokale productie en lokaal gebruik vormen de perfecte vertaling van het principe: 'think global, act local'.

Via lokale ontginning en lokale productie beperkt Wienerberger de transportkosten en de bijhorende CO₂-emissies aanzienlijk. De klei wordt hoofdzakelijk ontgonnen in eigen groeven en de afstand tussen de groeven en de fabrieken wordt zo klein mogelijk gehouden.

2 Tijdelijke ontginning en een snelle, zinvolle nabestemming

Wienerberger streeft ernaar de ontginningsactiviteiten een tijdelijk karakter te geven en zo snel mogelijk over te gaan tot de gewenste nabestemming.





In de meeste gevallen wordt er zelfs al een gedeeltelijke nabestemming uitgevoerd, terwijl een deel van de groeve nog ontgonnen wordt. Zo blijft de impact van de groeven op de omgeving minimaal en behoudt Wienerberger een voldoende groot draagvlak voor verdere ontginningsactiviteiten.

Volgens de huidige regelgeving moet in principe 60% aan de landbouw en 20% aan de natuur teruggegeven worden. Nog eens 20% moet ingezet worden als gebied voor openbaar nut. Elke nabestemming vormt echter een evenwichtsoefening, waarbij men streeft naar de meest praktische en maatschappelijk verantwoorde oplossing.



Een vlotte nabestemming komt tot stand via voortdurend overleg met alle actoren: overheid, landbouw, natuurverenigingen, omwonenden... Een plan- en procesmatige werkwijze beoogt hierbij een optimale win-winsituatie voor alle partijen.

De kwaliteitsvolle heraanleg van landbouwgebied na ontginning vormt een belangrijk aandachtspunt. De uitgegraven kleiputten worden opgevuld om de nabestemming te kunnen realiseren. Het vulmateriaal is afkomstig van aannemers met grondoverschotten, doorgaans van infrastructuur- en bouwwerken. Er wordt uiteraard streng op toegezien dat de gebruikte gronden niet vervuild zijn. De afwerking van de toplaag gebeurt zoveel mogelijk met bodemeigen materialen uit de eigen groeve, die niet bruikbaar zijn in de productie van keramische stenen. Zo kan de nieuwe landbouwgrond meteen na realisatie in gebruik genomen worden.



Elke groeve krijgt bijgevolg na exploitatie een herbestemming als landbouw-, natuur- en/of recreatiegebied volgens de principes en normen omtrent milieuzorg, ruimtelijke kwaliteit en duurzame ontwikkeling.

3 De nuttige toepassing van papiervezel

De lokale klei bevat van nature een hoge concentratie aan zwavel. Dit leidt tot hoge emissies van zwaveloxides tijdens het bakproces.

Wienerberger onderzocht gedurende jaren manieren om de zwavelemissies te verlagen, bij voorkeur door middel van procesgeïntegreerde maatregelen, al dan niet gecombineerd met een end-of-pipe techniek. Dit alles zonder afbreuk te doen aan de productkwaliteit.

Uit dit onderzoek bleek dat het toevoegen van papiervezel als grondstof heel wat voordelen biedt: een gevoelige verlaging van de emissie van zwaveloxides en andere schadelijke stoffen tijdens het bakproces. Bovendien worden de stenen lichter en beïnvloed dit het drooggedrag positief.

4 Hergebruik van keramisch bouwpuin

Wienerberger wenst met de inzet van gemalen keramisch bouwpuin als secundaire grondstof in te spelen op de visie, ingeschreven in het delfstoffendecreet van de Vlaamse Overheid: een duurzaam materiaalgebruik in de bouwsector en de beperking van de emissies.



Het doel is om minimaal 10% en maximaal 50% traditionele grondstoffen te vervangen door gerecycleerd materiaal. Daardoor zal ook het energieverbruik dalen, aangezien het om een reeds gebakken materiaal gaat.

Wienerberger sluit zo als eerste in de sector de industriële kringloop. Grondstoffen worden maximaal gebruikt, gerecycleerd en hergebruikt. Dit past in het 'Cradle to Cradle' principe waarin alle gebruikte materialen na hun leven in het ene product, nuttig worden hergebruikt in een ander product. Er is geen kwaliteitsverlies.

5 Kwaliteitscontrole

Om de vooropgestelde kwaliteit te waarborgen, analyseren de Wienerberger labo's stalen van de grondstoffen en de mengeling. Ook tijdens het productieproces zijn mechanismen ingebouwd om de kwaliteit te garanderen. Het resultaat: binnenmuurstenen met een hoge levensduur.

6 Minimale emissies door het inzetten van best beschikbare technieken

Procesgeïntegreerde maatregelen, zoals het toevoegen van papiervezel, reduceren de luchtemissies in eerste instantie tijdens het bakproces. Daarna worden de rookgassen nog verder gereinigd met behulp van end-of-pipe technologie, namelijk een cascade-absorber en een thermisch naverbrandingsstelsel. Hiermee kan Wienerberger ruim voldoen aan de Vlaremissiegrenswaarden.

De cascade-absorber verwijdert de zure componenten die occasioneel en in beperkte mate kunnen voorkomen in de rookgassen.

De thermische naverbrander, of ook wel thermoreactor genoemd, elimineert de vluchtige organische fractie, koolstofmonoxide en geurcomponenten door verhitting van de rookgassen tot min. 800°C. Dit procedé kan, dankzij de juiste concentratie aan papiervezel, volledig autotherm werken en vraagt weinig of geen extra energie.

7 Productieafval tot een minimum beperken

De stenen worden gecontroleerd op zichtbare gebreken. Producten die door scheuren, breuk, slijpen of andere oorzaken ongeschikt zijn voor verkoop, worden vermalen en opnieuw ingezet als grondstof. Ook het slijpstof wordt gerecupereerd. Zo wordt het productieafval beperkt tot een absoluut minimum.

8 100% recycleerbaar verpakkingsmateriaal

De afgekoelde bakstenen worden op pallets gestapeld en ingepakt in 100% recycleerbare krimpfolie. Om te vermijden dat deze krimpfolie in het milieu terecht komt, werkt Wienerberger België met het Clean Site System. CSS stelt grote opbergzakken voor kunststof verpakkingsmateriaal ter beschikking, die gratis worden opgehaald in de voorziene inzamelpunten.



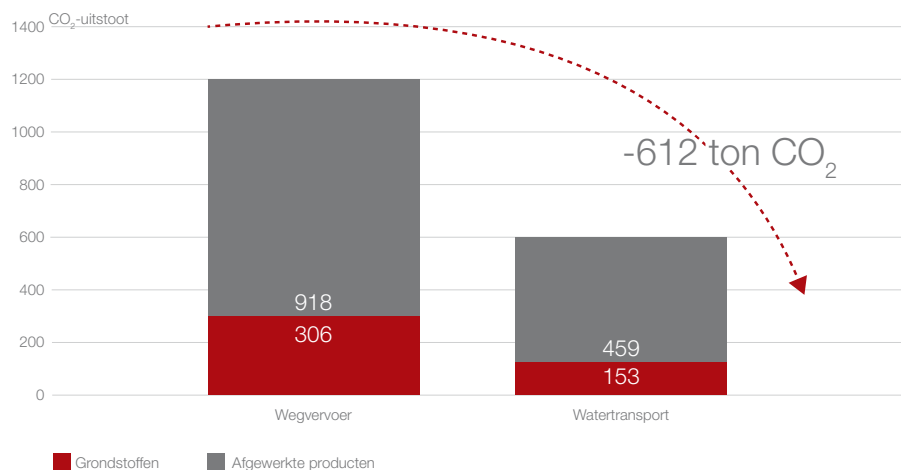


9 Watergebonden transport

Wienerberger wil een voortrekkersrol spelen op het vlak van milieuvriendelijk transport. In Rumst werd een kaaimuurinfrastructuur uitgebouwd aan de Rupel. Deze moet dienen voor de watergebonden aanvoer van grondstoffen (bulk en poeder) én de afvoer van afgewerkte producten.

Watergebonden transport van keramische producten vraagt een aantal innovaties op het gebied van overslagtechnieken. Wienerberger België werkte logistieke oplossingen uit om het transport van pallets via het water te optimaliseren. Het watergebonden transport zal het wegvervoer aanzienlijk verminderen en de dorpskernen van Rumst en Terhagen ontlasten. Voor Rumst streeft men naar 30% vervoer via water, wat overeenstemt met een vermindering van 8.800 vrachtbewegingen per jaar over de weg.

Het watergebonden transport zorgt ook voor een drastische vermindering van de CO₂- en NO_x-emissies.



10 Beperken van het eigen energieverbruik

Naast het transport vormt het energieverbruik bij de productie van keramische materialen een belangrijke bron van CO₂-uitstoot in de atmosfeer. De grote boosdoeners zijn de verbranding van fossiele brandstoffen.

De reductie van het energieverbruik heeft ook een belangrijke impact op de kostenstructuur – en dus de competitiviteit – van een onderneming.

De fossiele brandstofvoorraden zijn eindig en uitputbaar, elke besparing heeft dus een positief effect op het milieu. Wienerberger streeft sinds jaren naar een beperking van het energieverbruik met inzet van alle mogelijke middelen.

Alle knowhow van Wienerberger op het gebied van het keramische productieproces en de milieutechnologie wordt toegepast in de fabriek in Rumst. Het volcontinu produceren en de nieuwste procestechnologie leiden tot een uiterst hoge energie-efficiëntie.

11 Maximale inzet van hernieuwbare energie

Naast thermische energie voor het droog- en bakproces van de keramische producten, heeft Wienerberger ook elektrische energie nodig voor het aansturen van processen en machines. Wienerberger stelt zich tot doel het energieverbruik in het bedrijf te verminderen en hernieuwbare energiebronnen te implementeren. Uit alle voorbereidende onderzoeken en studies bleek windenergie voor Wienerberger de ideale oplossing te zijn. Het vooropgestelde doel is om met hernieuwbare energie op relatief korte termijn in 20% van het Wienerberger elektriciteitsverbruik te voorzien.

Aangezien het plaatsen van windturbines een bijzonder complexe zaak is en stroomproductie op zich veraf ligt van de core business van Wienerberger, wordt een beroep gedaan op de knowhow en jarenlange ervaring van gespecialiseerde partners.

Naast windenergie zet men ook in op zonne-energie. Zo zijn de kantoren te Rumst bijvoorbeeld voorzien van zonnepanelen.

Daarnaast heeft Wienerberger aan verschillende projectontwikkelaars een 'recht van opstal' gegeven. Op de verschillende vestigingen in ons land werd in 2017 reeds in totaal voor ca. 4 MW geïnstalleerd. Alle groene stroom, afkomstig van deze installaties, wordt lokaal verbruikt.

12 Nullozing productieafvalwater

Wienerberger slaagde erin om voor alle vestigingen een nullozing van productieafvalwater te bereiken. Het afvalwater wordt niet langer geloosd, maar binnen het eigen productieproces hergebruikt. Dit beperkt meteen ook het verbruik van leidingwater.

Een mooi voorbeeld van het duurzaamheidsprincipe 'Sluit de kringloop'.

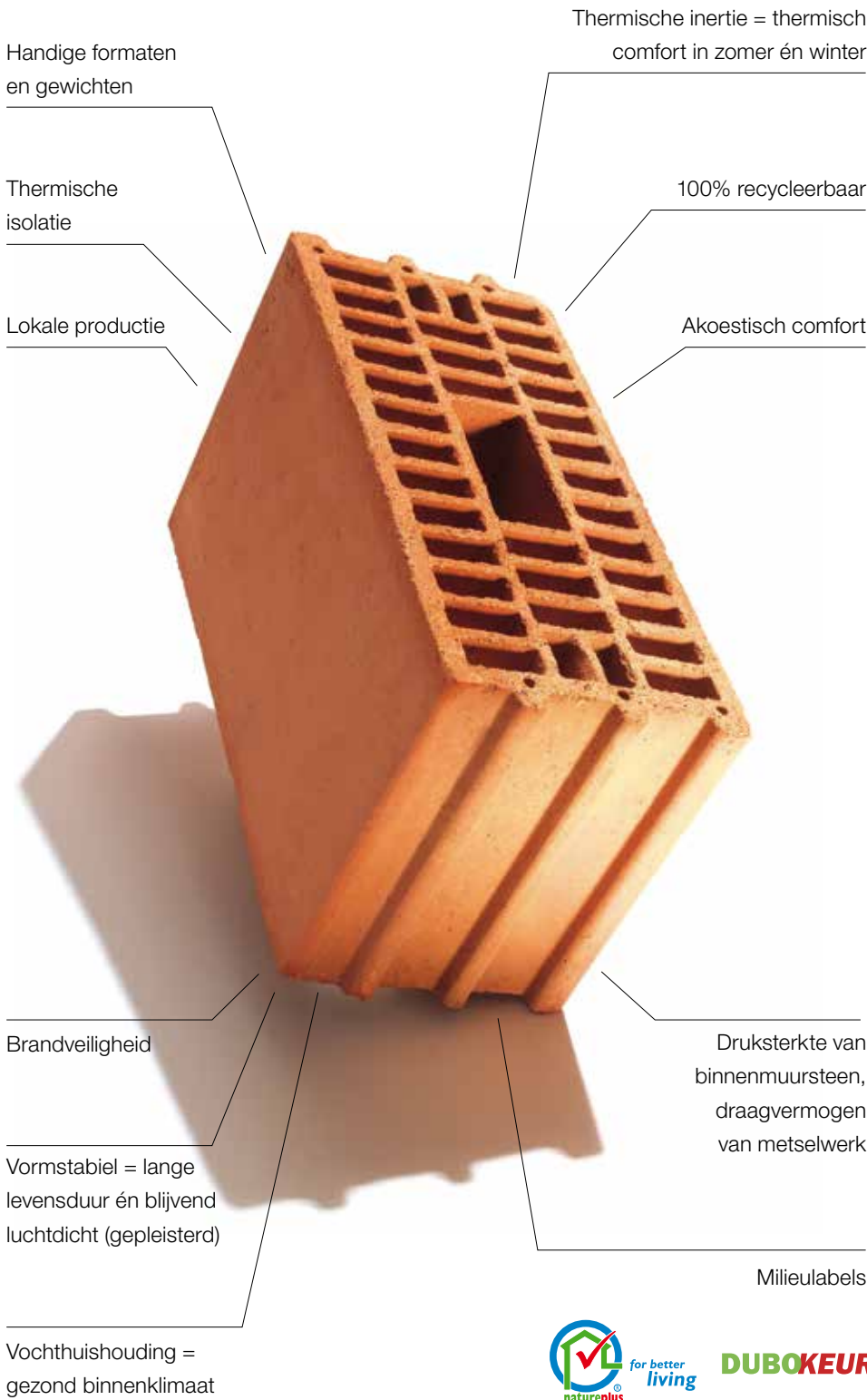
Daarnaast wordt het hemelwater gescheiden van het sanitair water. Waar mogelijk wordt het hemelwater opnieuw ingezet bij het productieproces en toegepast bij sanitaire toestellen. De rest van het hemelwater wordt maximaal gebufferd om het nadien geleidelijk op de eigen terreinen te laten infiltreren via grachten of beken.



WAT TE ONTHOUDEN?

- Porotherm binnenmuurstenen worden op een duurzame manier geproduceerd.

2.4. DUURZAME EIGENSCHAPPEN VAN BINNENMUURSTENEN



DUBOKEUR®



2.4.1. LOKALE PRODUCTIE

Minder transport

Aangezien de groeven en fabrieken over het hele land verspreid liggen, kiest men vanuit het oogpunt van de duurzaamheid het beste voor een lokaal geproduceerde binnenmuursteen. Zo blijft de impact van het transport op de ecologische voetafdruk minimaal.

Kiezen voor een keramisch product van Wienerberger België voorkomt transporten van over de hele wereld.

Socio-economische impact

De keramische industrie bevordert de plaatselijke werkgelegenheid. De baksteen- en dakpannensector levert een bijdrage aan de versterking van de lokale economie. De sector stelt rechtstreeks meer dan 2.000 mensen te werk. De indirecte werkgelegenheid bedraagt hier een veelvoud van.

Door lokaal te ontginnen, te produceren en keramische producten te gebruiken voldoet Wienerberger perfect aan het People/Planet/Profit-duurzaamheidsprincipe.

2.4.2. FORMAAT EN GEWICHT

Porotherm keramische binnenmuurstenen vormen één van de breedst inzetbare bouwmaterialen, omwille van de keuze aan handige formaten. Hun modulaire formaat wordt sinds lang gebruikt als algemene maatvoering in de bouw. Ze staan voor een goede verwerkbaarheid en ergonomie, zowel bij nieuwbouw als bij renovatie, en bieden de ontwerper een graad van vrijheid die hij met andere materialen niet heeft.

Dankzij de flexibiliteit zijn ook tal van wijzigingen en aanpassingen mogelijk op de werf. Met baksteen kan men gemakkelijk in de structuur kappen of slijpen en door het kleine formaat kan men werken in beperkte ruimtes of op moeilijk bereikbare plaatsen.

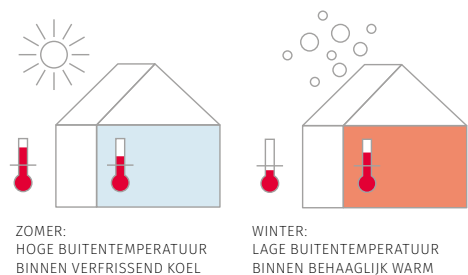
2.4.3. THERMISCHE ISOLATIE

Bij verwerking in een klassieke spouwmuuropbouw, kan men Porotherm keramische binnenmuurstenen combineren met zowat elk isolatiemateriaal. Ook de dikte van de isolatie kan in dit geval vrij gekozen worden. De gebruiker bepaalt met de traditionele spouwmuur zelf de isolatiegraad.

De Porotherm PLS *Lambda* vormt één van de essentiële onderdelen van 'de rode spouwmuuroplossing' van Wienerberger. Deze oplossing wordt later besproken.



Thermische isolatie en draagkracht gaan niet goed samen. Een licht en beter isolerend bouw materiaal schiet vaak te kort op het gebied van stevigheid en draagkracht. Met een gemiddelde blokdruksterkte van 10 tot 25 N/mm², in combinatie met een gunstige warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,185 tot 0,35 W/mK, bieden keramische binnenmuurstenen veruit de beste verhouding tussen beide.



2.4.4. THERMISCHE INERTIE: THERMISCH COMFORT IN ZOMER ÉN WINTER

De hoeveelheid warmte, die kan opgeslagen worden in een constructie, speelt een rol bij de toegepaste verwarmingsregimes in de winter en bij het garanderen van het thermische comfort in de zomer. De warmtecapaciteit is gelinkt aan de volumemassa: hoe zwaarder een materiaal, hoe meer warmte doorgaans kan worden opgeslagen. De massa van een wand in baksteen slaat overdag warmte op, die 's nachts langzaam weer wordt vrijgegeven. Hierdoor treden er nooit extreme temperatuurschommelingen op, ongeacht het seizoen of het tijdstip van de dag.

Een wand in lichtere materialen heeft minder massa en zal dus sneller opwarmen of afkoelen, met het gekende 'caravan-effect' tot gevolg. Met het oog op het bewonerscomfort moet men hiermee terdege rekening houden.

ideaal bij constant binnenklimaat

Om een constant en behaaglijk binnenklimaat te realiseren, vormt een geïsoleerde spouwmuur met Porothersm binnenmuurstenen als binnenspouwblad de ideale oplossing: de binnenmuursteen zorgt voor voldoende massa en de spouwisolatie vormt het isolerende jasje, waardoor er slechts geringe warmteverliezen naar buiten optreden. De opgeslagen warmte zal daardoor vooral het binnenklimaat ten goede komen.

robuust en gebruikersonafhankelijk

Gebouwen met geïsoleerde spouwmuren, opgetrokken met Porothersm binnenmuurstenen, vormen bijgevolg een robuuste en gebruikersonafhankelijke oplossing voor het bouwen van energiezuinige woningen. Dit thema komt uitgebreid aan bod in het hoofdstuk 3.5.3 Thermische inertie.

2.4.5. VORMSTABILITEIT: LANGE LEVENSDUUR EN BLIJVEND LUCHTDICHT

Porothersm binnenmuurstenen hebben een zeer kleine thermische en hygrometrische uitzetting. Van verhardingskrimp is er zelfs helemaal geen sprake. Keramische binnenmuurstenen zijn m.a.w. veruit het stabielste bouw materiaal bij wijzigende temperaturen en relatieve vochtigheid.

vormstabiliteit = blijvend luchtdichtheid

De vormstabiliteit van keramische binnenmuurstenen is niet enkel van belang voor de levensduur van een bouwwerk, ze bepaalt ook de luchtdichtheid van een constructie. Door deze vormstabiliteit treden er in het pleisterwerk geen scheuren op die de luchtdichtheid in het gedrang brengen.

Een verbeterde energieprestatie van een woning stopt niet bij het isoleren. Er moet ook zoveel mogelijk luchtdicht gebouwd worden in combinatie met gecontroleerde ventilatie.

Keramische binnenmuren worden steeds van een pleisterlaag voorzien. Mits de nodige aandacht voor aansluitingen van het gevelschrijnwerk, zorgt dit voor een zeer hoge luchtdichtheid, en dit zonder meerkost. Het bepleisteren van keramische binnenmuren is een vertrouwde en beproefde methode, waarvoor geen complexe en gespecialiseerde technieken vereist zijn.

luchtdicht zonder meerkost

De hoge luchtdichtheid, die met keramische binnenmuurstenen kan bereikt worden, zorgt ervoor dat deze stenen ook perfect inzetbaar zijn voor het bouwen van een nZEB-woning.

2.4.6. DRUKSTERKTE VAN BINNENMUURSTENEN, DRAAGVERMOGEN VAN METSELWERK

Porotherm binnenmuurstenen kunnen gemiddelde steendruksterktes halen van 10 tot 25 N/mm².

Deze gunstige cijfers vertalen zich ook naar het bouwwerk. Het draagvermogen van metselwerk met keramische binnenmuurstenen volstaat om gebouwen met 5 tot 6 verdiepingen te realiseren.

5 tot 6 verdiepingen mogelijk

2.4.7. DAMPOPENHEID EN VOCHTHUISHOUDING

Optimale vochthuishouding

Wij leven in een zeer vochtig klimaat. Door zijn ongeëvenaarde vochtresistente karakter vormt baksteen het bouw materiaal bij uitstek. Porotherm binnenmuurstenen bezitten een ideaal uitdrogend en ademend vermogen. Wegens hun capillaire karakter kunnen ze vocht, afkomstig van de bewoning, opnemen en bij veranderende omstandigheden weer afgeven, zonder dat hun stabiliteit wordt aangetast.

stabiliteit niet aangetast door vocht

Door de dampopenheid en de buffercapaciteit voor vocht kan de baksteen dienst doen als vochtregulator. Bovendien beperkt de betere vormstabiliteit van keramische binnenmuurstenen sterk het risico op scheuren. Hierdoor is de luchtdichtheid beter gewaarborgd, wat op zich weer leidt tot een betere vochthuishouding.

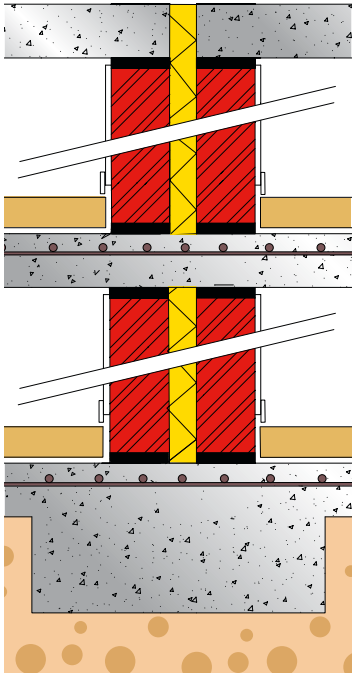
Geen risico op foutieve of onvolledige plaatsing van een dampscherm

Bij een traditionele spouwmuur heeft elk van de onderdelen een specifieke plaats en een specifieke taak. Aangezien de dragende binnenmuur zich aan de warme zijde van de isolatie bevindt, zal hij zeer weinig invloed ondervinden van het buitenklimaat. Bovendien zal er nooit inwendige condensatie optreden, aangezien de temperatuur van de wand steeds boven het dauwpunt blijft.

geen inwendige condensatie

Uit een studie, uitgevoerd door dampschermfabrikant Pro Clima, blijkt dat er bij een kier van 1 millimeter breed en 1 meter lang in een oppervlakte van 1 m² en bij een temperatuurverschil van 30°C en een drukverschil van 20 Pa per dag 800 g water/m² in de isolatie kan condenseren. Zeker wanneer het buiten koud is, kan deze hoeveelheid vocht moeilijk op tijd verdampen, wat bij rottingsgevoelige materialen kan leiden tot bouwschade.

Bij een traditionele spouwmuur is inwendige condensatie zo goed als onmogelijk. En mocht die toch optreden, dan komt de stabiliteit van het gebouw nooit in gevaar aangezien de dragende en vormeigenschappen van keramische binnenmuurstenen in natte toestand onveranderd blijven.



2.4.8. AKOESTISCH COMFORT

Akoestiek betekent een nog vaak onderschatte comfortfactor in huis. Sinds 1977 gelden in België een aantal normen, die de minimumeisen bepalen voor het akoestische comfort in woongebouwen. Naar aanleiding van de nieuwe en strengere akoestische normen, die sinds januari 2008 in voege zijn, deed Wienerberger, in samenwerking met het WTCB en KU Leuven, onderzoek naar totaaloplossingen voor woningscheidende keramische wanden.

De totaaloplossingen van Wienerberger zijn gebaseerd op volgende principes:

- De geluidsisolatie verbetert wanneer het massa-veer-massa principe wordt toegepast. Concreet betekent dit dat een soepele isolatie tussen twee gemetselde wanden met een voldoende hoge massa wordt geplaatst.
- Flankerende geluidsoverdracht wordt gereduceerd door ontkoppelingssystemen onderen/of bovenaan de muren.

2.4.9. BRANDVEILIGHEID

Twee aspecten zijn belangrijk op het gebied van brandveiligheid: de brandreactie van de steen en de brandweerstand van de wand.

niet brandbaar

Keramische binnenmuurstenen zijn niet brandbaar. Daarmee behoren ze tot de hoogste veiligheidsklasse. Staal behoort tot dezelfde klasse, maar vervormt onder invloed van hitte, terwijl keramische binnenmuurstenen hun structurele eigenschappen behouden zonder enige milieubelastende nabehandeling. Hun goede brandreactie zit er van bij de productie letterlijk en figuurlijk ingebakken.

brandweerstand van metselwerkwand

De brandweerstand REI van een wand wordt uitgedrukt in uren en geeft aan hoe lang de wand standhoudt bij brand. Dit betekent dat de wand zijn stabiliteit en vlamdichtheid behoudt en dat de temperatuur aan de andere zijde beneden een bepaalde waarde blijft, om te voorkomen dat voorwerpen in een niet-geteisterde ruimte door stralingswarmte vuur zouden vatten.

Als dragende wand voldoet een ongepleisterde traditioneel gemetselde wand in Porotherm binnenmuurstenen van 14 cm breedte reeds aan de strengste eisen voor lage of middelhoge gebouwen.

2.4.10. 100% RECYCLERBAAR

Porotherm binnenmuurstenen zijn 100% recycleerbaar.

Bovendien ontwikkelde Wienerberger een procedé om de rode keramische fractie uit sloopafval te scheiden en deze terug als grondstof binnen de eigen productie te gebruiken. Technisch staat het op punt. Wienerberger ondervindt vooralsnog twee problemen, die de onderneming verhinderen om de techniek ook in de praktijk toe te passen:

- De benodigde logistiek om het sloopafval terug te brengen vormt voorlopig een belemmering.
- Door het vele downcyclen is de sloopfractie niet verkrijgbaar op de markt voor recyclage.

2.4.11. MILIEULABELS

De Porotherm binnenmuurstenen van Wienerberger beschikken met natureplus, Cradle to Cradle Certified^{CM} Silver label en het DUBOkeur keurmerk over 3 belangrijke milieulabels.

In samenwerking met de Belgische baksteenfederatie en het VITO maakte Wienerberger reeds sector EPD's of type III milieuverklaringen op voor dakpannen, gevelstenen en twee types binnenmuurstenen.



WAT TE ONTHOUDEN?

- De duurzame eigenschappen van Porotherm binnenmuurstenen maken ze bijzonder geschikt voor het realiseren van kwalitatieve gebouwen met een functioneel aanpasbare structuur en een lange technische levensduur.



2.5. DUURZAAM BOUWEN, WONEN EN LEVEN

2.5.1. DE ENERGIEPRESTATIEREGELGEVING

Gebouwen met keramische bouwmaterialen hebben een lange levensduur. Wie vandaag bouwt of verbouwt, bepaalt mee het energieverbruik van de volgende generaties. Nieuwe en gerenoveerde gebouwen mogen geen energie verspillen. Daarom werd de energieprestatieregelgeving of EPB in het leven geroepen. EPB staat voor 'Energieprestatie en Binnenklimaat'.

EPB = Energieprestatie en Binnenklimaat

Bouw- en verbouwprojecten waarvoor een bouwaanvraag of een melding nodig is, moeten sinds 2006 aan de EPB-eisen en de EPB-procedure voldoen. De eisen worden regelmatig aangescherpt en bereiken tegen 2021 het niveau 'nearly Zero Energy Building' (nZEB). (zie paragraaf 2.5.4)

De EPB- eisen kunnen onderverdeeld worden in drie grote groepen:

3 groepen aan eisen

- Eisen m.b.t. thermische isolatie
- Eisen m.b.t. energieprestatie
- Eisen m.b.t. het binnenklimaat

Daar de eisen heel snel evolueren, worden deze niet in dit handboek opgenomen maar wordt verwezen naar de websites van de desbetreffende instanties.

In volgende paragrafen wordt de spouwmuuropbouw met keramische materialen beschreven die voldoet aan de eis voor thermische isolatie zoals deze vandaag (2017) van toepassing is en voor een meer doorgedreven geïsoleerde variant. Verder wordt verwezen naar een online tool waarmee de bouwknopenregelgeving eenvoudig toepasbaar wordt. Er wordt stilgestaan bij het begrip nZEB en waarom nZEB liever in keramische materialen wordt uitgevoerd. Ten slotte wordt dit hoofdstuk beëindigd met de bespreking van een pilootproject van Wienerberger.

2.5.2. DE GEÏSOLEERDE SPOUWMUUR VAN WIENERBERGER

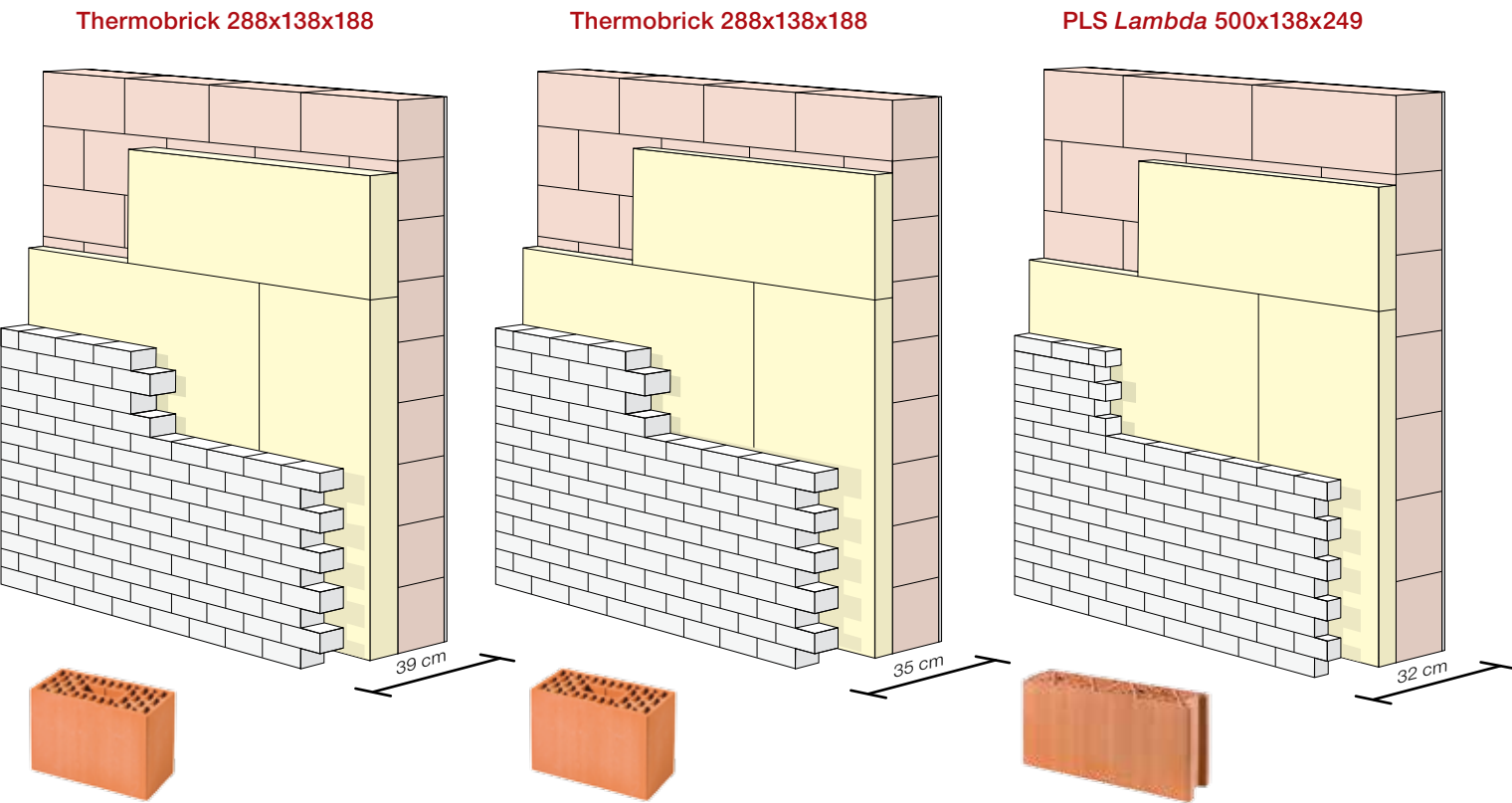
Binnen de EPB-regelgeving wordt een maximum waarde opgelegd aan de U-waarde van wanden.

De U-waarde of warmtedoorgangscoefficiënt van een wand is de hoeveelheid warmte die elke seconde per vierkante meter oppervlakte door een wand gaat bij een temperatuurverschil van 1 °C tussen de omgevingen aan beide zijden van die wand.

Hoe lager de U-waarde van een wand, hoe beter de wand isoleert.

Hierna worden wandopbouwen weergegeven voor $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ en voor $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vandaag, anno 2017, stelt de regelgever de maximale waarde voor de drie gewesten op $U_{\text{max}} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Doch andere eisen binnen de energieprestatieregelgeving kunnen ertoe leiden dat de wanden beter geïsoleerd moeten worden. Dit is heden vooral het geval in het Brusselse gewest.

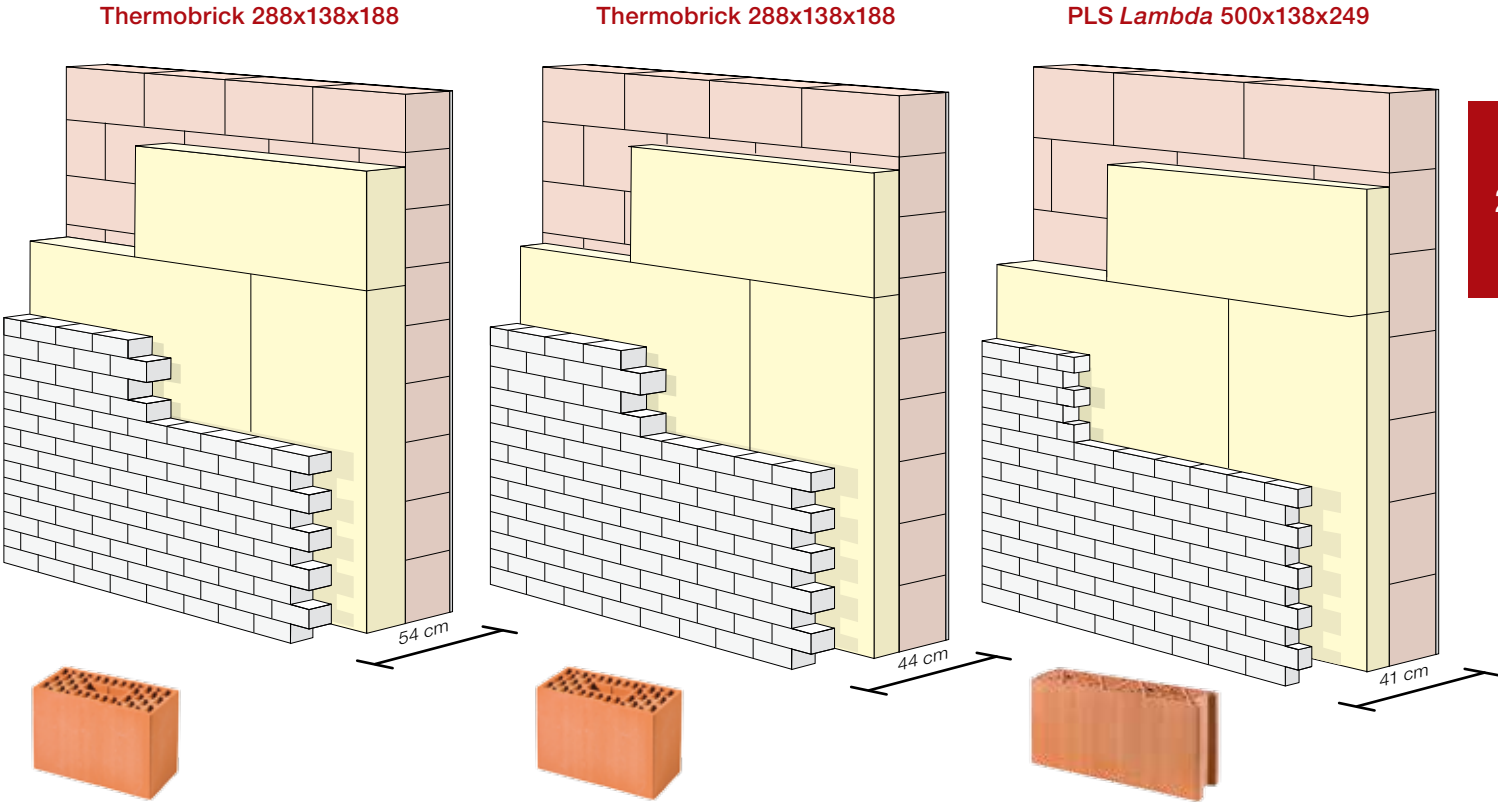
2.5.2. DE GEÏSOLEERDE SPOUWMUUR VAN WIENERBERGER



✓
Rode
spouwmuur
oplossing

U ≤ 0,24 W/m²K			
Pleister (mm)	10	10	10
Binnenmuur (mm)	Thermobrick 288x138x188	Thermobrick 288x138x188	PLS Lambda 500x138x249
Isolatie (W/mK)	0,035	0,021	0,021
Luchtspouw matig geventileerd (mm)	30	30	30
Gevelsteen (mm)	88	88	65
Isolatedikte (mm)	125	80	75
Totale dikte (cm)	39*	35*	32

* In het geval van Eco-brick is de muurdikte bij dit voorbeeld 2,3 cm smaller.



U ≤ 0,12 W/m²K		
Pleister (mm)	10	10
Binnenmuur (mm)	Thermobrick 288x138x188	Thermobrick 288x138x188
Isolatie (W/mK)	0,035	0,021
Luchtspouw matig geventileerd (mm)	30	30
Gewelsteen (mm)	88	88
Isolatie dikte (mm)	275	175
Totale dikte (cm)	54*	44*

Pleister (mm)	10
Binnenmuur (mm)	PLS Lambda 500x138x249
Isolatie (W/mK)	0,021
Luchtspouw matig geventileerd (mm)	30
Gewelsteen (mm)	65
Isolatie dikte (mm)	165
Totale dikte (cm)	41

* In het geval van Eco-brick is de muurdikte bij dit voorbeeld 2,3 cm smaller.

2.5.3. DE WIENERBERGER BOUWKNOPENATLAS

Binnen de energieprestatieregelgeving worden ook eisen opgelegd aan bouwknopen. De term 'bouwknopen' dekt de verzameling van plaatsen in de gebouwenschil waar er mogelijk extra warmteverlies kan optreden. Voorbeelden van bouwknopen: funderingsaanzet, buiten- en binnenhoeken, raamaansluitingen, dakopstanden, metselwerkdragers die plaatselijk worden gebruikt om metselwerk te ondersteunen, ... Wienerberger ontwikkelde in samenwerking met de Universiteit Gent een online tool voor de ontwerper om de bouwknopenregelgeving gemakkelijk in het ontwerp te kunnen toepassen.

De Bouwknopenatlas omvat in een overzichtelijke structuur meer dan 150 bouwknopen die courant van toepassing zijn in de woningbouw. Dit zowel voor traditioneel als verlijmd binnenmetselwerk met Porotherm binnenmuurstenen.

In een handomdraai wordt getoond welke bouwknopen EPB-aanvaard zijn en welke niet. De basisregels om bouwknopen EPB-aanvaard te maken worden duidelijk op een detail aangeduid. Voor een aantal niet-EPB-aanvaarde bouwknopen liet Wienerberger ψ_e en χ_e berekenen met gevalideerde numerieke software waarbij de algemene parameters, zoals het type metselwerk, het type isolatie en de isolatiedikte variëren binnen ruime en in de praktijk veel voorkomende grenzen. Voor een aantal bouwknopen met een kleinere impact worden de waarden bij ontstentenis gebruikt.

Het resultaat is een persoonlijk dossier 'mijn project', in pdf-formaat, geschikt om te overhandigen aan de EPB-verslaggever. Naast een handige overzichtstabel van alle bouwknopen van toepassing op het project, bevat dit dossier eveneens alle principedetailtekeningen die op de bouwknopen van het project van toepassing zijn.



2.5.4. nZEB : NEARLY ZERO ENERGY BUILDING

De EU wil tegen 2020 vijf kerndoelstellingen bereiken, waarvan één betrekking heeft op klimaatverandering en energie:

- 20% minder uitstoot van broeikasgassen dan in 1990 (of zelfs 30%, als de omstandigheden het toelaten)
- 20% van de energie uit duurzame energiebronnen halen
- 20 % meer energie-efficiëntie

Op het gebied van gebouwen werd het begrip nZEB op Europees niveau gedefinieerd. Volgens de EPBD-recast luidt de definitie voor een nearly Zero Energy Building als volgt:

definitie nZEB

‘Bijna-energieneutraal gebouw: gebouw met zeer hoge energieprestatie, zoals vastgelegd volgens bijlage I. De dichtbij nul liggende of zeer lage hoeveelheid energie die is vereist, dient in zeer aanzienlijke mate te worden geleverd uit hernieuwbare bronnen en dient energie die ter plaatse of dichtbij uit hernieuwbare bronnen wordt geproduceerd te bevatten.’

In België zijn het de gewesten die de algemene definitie van nZEB concreet invullen. Dit gebeurt via EPB-eisen die verstrengen volgens een stappenplan tot 2021.

Dit stappenplan wordt regelmatig bijgestuurd. In Vlaanderen wordt nZEB vertaald naar BEN 'Bijna Energie Neutrale woning'. In Wallonië wordt dit Q-ZEN 'Quasi Zéro Energie'.

BEN en Q-ZEN

De invulling van nZEB kan bovendien evolueren, daarom worden in dit handboek de eisen voor nZEB niet opgenomen, maar wordt verwezen naar de website van de desbetreffende instanties.

2.5.5. BELGISCHE nZEB LIEVER IN KERAMISCHE MATERIALEN

De regelgeving rond nZEB volgt de bekommernis om zo energiezuinig mogelijk te bouwen. Duurzaam bouwen echter vertrekt vanuit de People-Planet-Profit benadering en gaat, naast energie, onder andere over thermisch en akoestisch comfort, het materiaalgebruik, waterbeheer op de site en in de gebouwen, ... gekoppeld aan de betaalbaarheid en de terugverdientijd van de gekozen oplossingen.

Een duurzaam nZEB-project voldoet aan 8 pijlers van duurzaamheid:

1. Doordachte inplanting
2. Duurzame mobiliteit
3. Aandacht voor biodiversiteit
4. Verantwoord omgaan met water
5. Low-impact materialen
6. Duurzaam leefcomfort
7. Energiezuinig bouwen
8. Kosten optimaliseren



01.
Doordachte
inplanting



02.
Duurzame
mobiliteit



03.
Aandacht voor
biodiversiteit



04.
Verantwoord omgaan
met water



05.
Low-impact
materialen



06.
Duurzaam
leefcomfort



07.
Energiezuinig
bouwen



08.
Kosten
optimaliseren

De voordelen van een massieve nZEB-constructie in één oogopslag.

Een nZEB-gebouw met een massieve constructie in keramische materialen vormt een goede basis om deze ecologische, sociale en economische duurzaamheidsaspecten in te vullen en vertrekt bovendien vanuit de verdiensten van de Belgische bouwtraditie. De levenscyclusanalyse van baksteen in het gebouw, in 2009 uitgevoerd door ASRO, het departement Architectuur, Stedenbouw, Ruimtelijke Ordening van de KULeuven, heeft aangetoond dat kiezen voor massieve constructies met keramische bouwmaterialen een duurzame keuze is. De lange levensduur spreidt immers de initiële milieu-impact over een grotere periode.

Vochtbestendig

Geen enkel bouw materiaal is beter bestand tegen ons vochtig klimaat dan baksteen. Keramische bouwmaterialen zorgen zo voor een gezond binnenklimaat.



Scheurt of barst niet

Heel wat bouwmaterialen zetten uit of krimpen onder invloed van de temperatuur, de luchtvochtigheid of het uitdrogen van de ruwbouw. Hierdoor kunnen scheuren of barsten ontstaan. Baksteen heeft dit probleem niet.



Luchtdicht

Bij massieve constructies is het eenvoudig om een hoge graad van luchtdichtheid te behalen.



Kostprijs

Massieve gebouwen zijn doorgaans goedkoper dan gebouwen in lichtere materialen. Zowel wat betreft de initiële kostprijs als wat betreft onderhoud of renovatie. Dit laatste vanwege de lange levensduur (baksteen 150 jaar t.o.v. 30 jaar).



Brandveilig

Met keramische materialen is het makkelijk om brandveilig te bouwen.



Duurzaamheid door recyclage

Wanneer een gebouw afgebroken wordt, kan het keramische puin fijn gemalen en hergebruikt worden om nieuwe bouwmaterialen te maken.



Akoestisch comfort

Scheidingsmuren uit twee lagen baksteen met daartussen een soepele isolatie maken dat er weinig of geen geluid naar de burens gaat.



Grondstof van eigen bodem

Klei is een natuurlijke grondstof die in voldoende mate in onze ondergrond aanwezig is. Door lokale ontginning en minimaal transport komt er minder CO₂ in de atmosfeer terecht.



Thermisch comfort

Muren in baksteen nemen de warmte overdag op en geven deze 's nachts geleidelijk weer af. Zowel in de winter als de zomer geniet u van een aangenaam klimaat.



Hernieuwbare energie

Door de keuze van de helling en de oriëntatie naar het zuiden zijn de hellende daken met kleidakpannen de ideale drager voor de fotovoltaïsche panelen.



Trouw aan de Belgische bouwtraditie

Belgische architecten en aannemers beheersen het ontwerpen en bouwen van geïsoleerde keramische constructies als de beste.



Tot 6 bouwlagen hoog

Keramische materialen zijn erg stabiel en hebben een hoge druksterkte. Zo kunnen zelfs appartementsgebouwen gebouwd worden tot 6 bouwlagen hoog.





De voordelen van keramische materialen voor een duurzaam nZEB-gebouw

Naast de keuze van de constructiewijze, massief in plaats van een lichte constructie, is ook de keuze van de materialen bepalend voor het duurzame karakter van het project. De materialen moeten een lange levensduur hebben. Dit beperkt het onderhoud en de vervangingskosten tijdens de levensduur.

Het gebruik van materialen die minder ruwe grondstoffen bevatten moet gestimuleerd worden.

Daarnaast is het zoeken naar leveranciers en producten die zich in de nabije omgeving van de werf bevinden of die hun producten over het water vervoeren een belangrijke houding bij het vastleggen van de gekozen materialen. Hoe minder transport, hoe beter voor het milieu en de maatschappij.

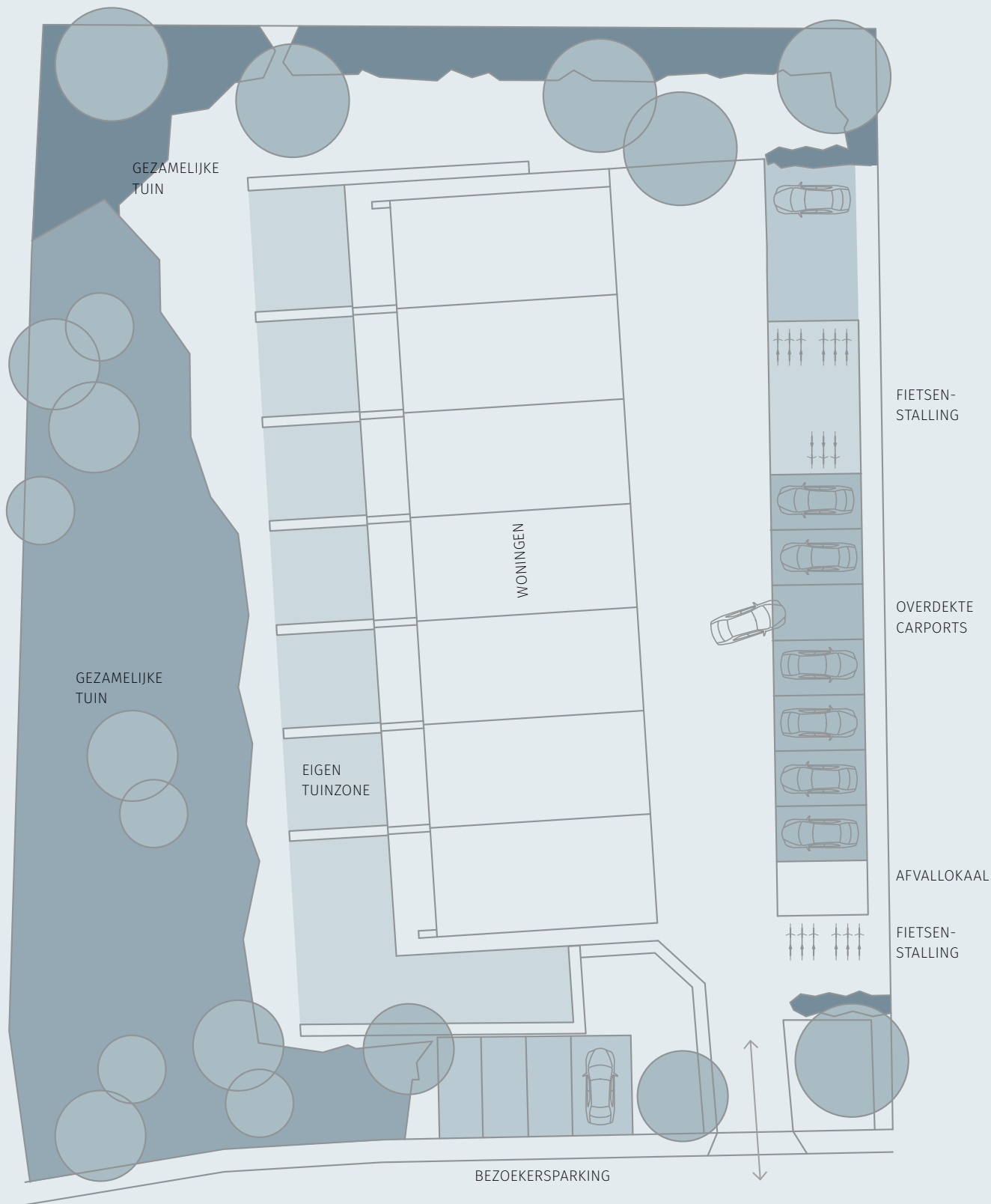
De keramische producten van Wienerberger passen perfect binnen het concept van een duurzaam nZEB-gebouw.

2.5.6. PILOOTPROJECT VAN WIENERBERGER: DE DUURZAME WIJK

Met 'De Duurzame Wijk' lanceerde Wienerberger een opvallend pilootproject: een wijk die volledig vanuit een duurzame invalshoek wordt aangepakt, en dit zowel op ecologisch, economisch als sociaal vlak. Gesteund op een toekomstgerichte visie met respect voor de Belgische bouwtraditie. Bij de aanleg van de wijk werd gestreefd naar ecologisch en energiezuinig wonen en er werd dan ook maximaal met duurzame materialen en oplossingen gewerkt. Daarnaast werd een verantwoord nabuurschap nagestreefd. Dit unieke en innovatieve project zet dan ook de standaard voor duurzaam wonen in de toekomst.

De Duurzame Wijk bevindt zich in Waregem in een bestaande woonzone. Op het perceel van een vroegere villa met grote tuin komen zeven aaneengesloten woningen met elk een eigen private tuin en één grote collectieve tuin.

Hierna wordt weergegeven hoe de acht pijlers van duurzaamheid een concrete invulling kregen binnen dit project.

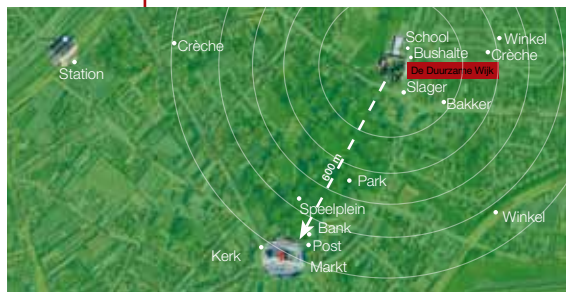


De bestaande boszone met interessante onderbegroeiing bleef nagenoeg volledig bewaard.

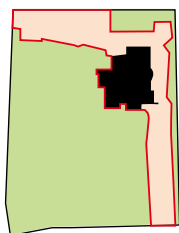


Doordachte inplanting

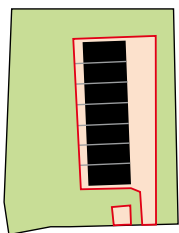
- Inbreidingsproject
- Nabij voorzieningen



- Beperkte verharde oppervlakte:
 - Totale oppervlakte terrein: 2940 m²
 - Verharde oppervlakte oorspronkelijk 29%. t.o.v. nieuw 33%



Vóór:
29% verharde
oppervlakte



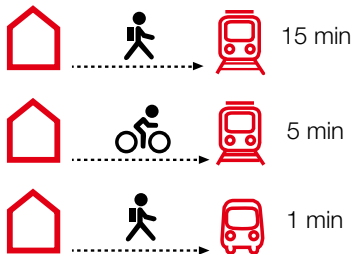
Na:
33% verharde
oppervlakte

- Zuidgerichte tuinen



Duurzame mobiliteit

- Dicht bij openbaar vervoer

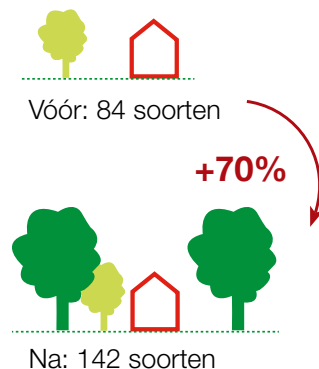


- Voorzieningen voor thuiswerk
- Ruime fietsstalling



Aandacht voor biodiversiteit

- Bestaande situatie: 84 soorten
- Nieuwe situatie: 142 soorten
- 67% groen op de site



- Behoud van groenzone



Duurzaam leefcomfort

- Modern wooncomfort en esthetiek
- Thermisch comfort: massief, dus thermische inertie
- Architectuur: ritmiek van gevelvlakken en luifels beperkt risico op oververhitting
- Betaalbaar en verhoogd akoestisch comfort tussen de woningen
- Gezonde binnenlucht door ademende schil
- Toegankelijk voor iedereen
- Levenslang wonen



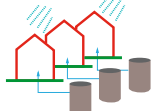
Energiezuinig bouwen

- Slim ontwerp
 - Compact
 - Luchtdicht: n50 max 1,5 vol/h
 - Buitenschil Laag Energie+
 - Laag K-peil
 - Laag E-peil
 - Massieve spouwmuur met doorgedreven isolatie
- 100% hernieuwbare energie voor ruimteverwarming, sanitair warm water en hulpenergie
 - PV-panelen KoraSun
- 3,8 kWp (21 panelen/woning)
- Geschatte jaarlijkse productie hoekwoning : 3306 kWh/j
- Technieken :
 - Condenserende gasketel 12kW
 - Ventilatie type D met warmte-terugwinning - $\eta = 85\%$
 - Vloerverwarming in leefruimte en keuken
 - Handdoekdroger met thermostaat in badkamer



Verantwoord omgaan met water

- Hemelwaterneutraal
 - Hellend dak tot 95% wateropvang
 - Regenwatertank van 5000 l/ woning met overloop naar nieuwe infiltratieput



- Waterpasserende kleiklinkers



- Beperken drinkwaterverbruik
 - Waterbesparende toestellen: -38%
 - Bijkomende regenwater-recuperatie: -73%
 - Geschatte besparing voor een gezin met 4 personen: 400 € per jaar



Low-impact materialen

- Massieve constructie met lange levensduur
- Materialen met beperkt onderhoud
- Minimaal transport
- Ecogelabelde materialen



Binnenmuursteen
Porotherm PLS 500



Gevelsteen
Terca Eco-brick
Linnaeus



Kleidakpan
Koramic Bellus
keramische lei



Kleiklinker
Wienerberger



Kosten optimaliseren

- Duurzaam bouwen is bouwen met beperkte meerkosten ten opzichte van een E60 woning:
 - Laag Energie+
 - Grote compactheid met hellend dak
 - Gekoppelde woningen

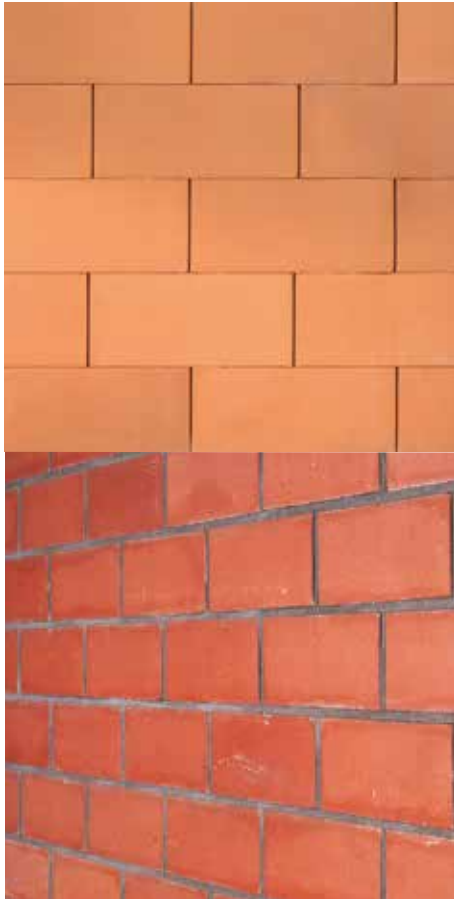
- Lagere operationele kosten:
 - Massieve constructie met keramische materialen met lange levensduur
 - Goed geïsoleerde schil
 - Minimaal onderhoud van de gemeenschappelijke buitenruimte
 - Beperken drinkwaterverbruik

- Kostenoptimaal inzetten van hernieuwbare energie
- Beperken grondaandeel per woning
- Bouwkost excl. BTW:
 - Hoekwoning: 1209 euro/m²
 - Rijkwoning: 1090 euro/m²



Bouwtechniek

3



BOUWFYSISCHE EN MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN VAN BINNENMUURSTENEN EN METSELWERK

Bakstenen en metselwerk moeten aan een hele reeks eigenschappen voldoen. Een aantal hiervan geldt voor alle bouwmaterialen, andere zijn meer specifiek van toepassing voor binnenmuurstenen. In dit hoofdstuk overlopen we ze één voor één en gaan we dieper in op de belangrijkste definities, grootheden en formules.

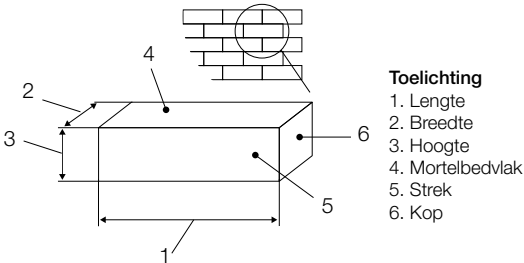
3.1. FORMATEN EN TOLERANTIES

AFMETINGEN EN OPPERVLAKKEN VAN BAKSTENEN

Algemeen wordt een baksteen volgens NBN EN 771-1 'Voorschriften voor metselstenen – deel 1: metselbaksteen' gekenmerkt door drie oppervlakken: de legvlakken, de strek en de kop.

Het legvlak bovenaan wordt ook het mortelbedvlak genoemd. Deze

definities worden steeds gebruikt wanneer men een bepaald oppervlak van de baksteen wil aanduiden. Wienerberger drukt de formaten van haar binnenmuurstenen uit in mm en vermeldt ze steeds in de volgorde Lengte x Breedte x Hoogte. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen de nominale of commerciële afmetingen en de fabricagematen.



Opmerking: Dit heeft betrekking op de gebruikelijke toepassing van de metselbaksteen in de muur.

NOMINALE OF COMMERCIËLE AFMETINGEN

Dit zijn de afmetingen die in de handel gebruikelijk zijn om een formaat aan te duiden.

Voorbeeld: Porotherm Thermobrick: 290 x 140 x 190

Wienerberger verkiest echter het gebruik van de fabricagematen om misverstanden te voorkomen.

DE FABRICAGEMATEN: EEN GEVOLG VAN HET MODULAIRE SYSTEEM

De genormeerde afmetingen van baksteen zijn afgestemd op een modulaire systeem met een basis van 10 cm. Dit betekent dat elke afmeting van de baksteen + twee halve voegdikten gelijk is aan 100 ± 50 mm of een veelvoud ervan. Hiervoor gebruikt men de term modulaire afmeting, technische coördinatiemaat of werkende maat.

Bij het vastleggen van de nominale afmetingen van een baksteen om te passen in het modulaire systeem, werd in het verleden een verticale voeg van 10 mm vooropgesteld bij gebruik van een modale mortel. In de praktijk is evenwel gebleken dat deze voegdikte wel eens voor problemen zorgt en dat een voeg van 12 mm gemakkelijker te realiseren is. Daarom werden de fabricagematen of streefmaten voor de productie aangepast aan deze gebruikelijke voegdikte en zijn zij iets kleiner dan de nominale afmetingen.

Voorbeeld: Porotherm Thermobrick: 288 x 138 x 188

Bij Porotherm Rendement Plus en de Porotherm lijmstenen is de breedte van de stootvoegen herleid tot een absoluut minimum. Dit verklaart waarom de fabricagematen verschillen van deze van de binnenmuurstenen voor traditioneel metselwerk. De lijmstenen worden na het bakken nog eens perfect vlak geslepen waardoor ook de hoogte verschilt van de Porotherm bedoeld voor traditioneel metselwerk.

Voorbeeld: Porotherm PLS *Lambda*: fabricagematen 500 x 138 x 184

breedte stootvoegen bepaalt
de fabricagematen

Volgens EN771-1 zijn het de fabricagematen die door de fabrikant gedeclareerd worden.

NORM

De norm EN 772-16 'Metselsteenproeven - Deel 16: Bepalen van de afmetingen' bepaalt hoe de afmetingen van stenen gemeten moeten worden.

GRENSWAARDEN VOOR DE FABRICAGEMATEN

Op de fabricagematen van de bakstenen bestaat een zekere tolerantie. De grenswaarden zijn bepaald door het materiaal en het productieproces. De vooraf bepaalde categorieën worden beschreven in de productnorm EN 771-1.

Er worden twee los van elkaar staande begrippen onderscheiden: de maattolerantie en de maatspreiding. De maattolerantie betreft een maximale afwijking van een gemiddelde maat ten opzichte van een gedeclareerde fabricagemaat. De maatspreiding betreft een maximaal verschil tussen de grootste en de kleinste gemeten waarde binnen een lot stenen.

maattolerantie en maatspreiding

MAATTOLERANTIE

Zowel voor de lengte, de breedte als de hoogte bepaalt het verschil tussen de gedeclareerde waarde en de gemiddelde waarde, verkregen uit metingen op proefstukken, tot welke gedeclareerde tolerantieklasse de binnenmuursteen behoort.

Er worden vijf tolerantieklassen onderscheiden. T1 en T2 worden in de norm gedefinieerd. Elke fabrikant mag echter ook zelf een afwijkende waarde declareren (klasse Tm), die buiten de klassen T1 en T2 valt. Specifiek voor binnenmuurstenen, bedoeld voor het gebruik in metselwerk en vervaardigd met lijm mortel met een voegdikte begrepen tussen 0,5 mm en 3,0 mm, worden de klassen T1+ en T2+ gedefinieerd. De tolerantie op de hoogte is in dit geval beperkter.

5 tolerantieklassen

$$\begin{aligned}
 T1 &= \max (\pm 0,40 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}; 3 \text{ mm}) \\
 T1+ &= \max (\pm 0,40 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}; 3 \text{ mm}) \text{ voor de lengte en de breedte} \\
 &\quad \max (\pm 0,05 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}; 1 \text{ mm}) \text{ voor de hoogte} \\
 T2 &= \max (\pm 0,25 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}; 2 \text{ mm}) \\
 T2+ &= \max (\pm 0,25 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}; 2 \text{ mm}) \text{ voor de lengte en de breedte} \\
 &\quad \max (\pm 0,05 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}; 1 \text{ mm}) \text{ voor de hoogte}
 \end{aligned}$$

Voorbeeld: Porotherm Thermobrick met formaat (288 x 138 x 188)
voor traditioneel binnenmetselwerk: T1 = ± 7 x 5 x 5 (uitgedrukt in mm)
Porotherm PLS *Lambda* met formaat (500 x 138 x 184)
voor gelijmd binnenmetselwerk: T1+ = ± 9 x 5 x 1 (uitgedrukt in mm)



MAATSPREIDING

Alle stenen in een bepaald lot moeten, in optimale omstandigheden, hetzelfde formaat hebben. Eventuele kleine, onderlinge verschillen (tussen de grootste en de kleinste steen van een lot) mogen bepaalde waarden niet overschrijden.

Er worden vijf klassen onderscheiden. R1 en R2 worden in de norm gedefinieerd. Elke fabrikant mag echter ook zelf een afwijkende waarde declareren (klasse Rm), die buiten de klassen R1 en R2 valt. Specifiek voor binnenmuurstenen, bedoeld voor het gebruik in metselwerk en vervaardigd met lijm mortel met een voegdikte begrepen tussen 0,5 mm en 3,0 mm, worden de klassen R1+ en R2+ gedefinieerd. De maatspreiding voor de hoogte is in dit geval nauwer.

R1 = $0,6 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}$
R1+ = $0,6 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}$ voor de lengte en de breedte
1 mm voor de hoogte
R2 = $0,3 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}$
R2+ = $0,3 \sqrt{\text{fabricagemaat mm}}$ voor de lengte en de breedte
1 mm voor de hoogte

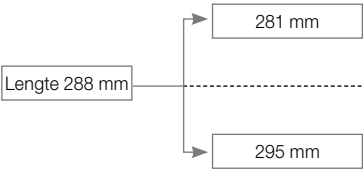
Voorbeeld: Porotherm Thermobrick met formaat (288 x 138 x 188)
voor traditioneel binnenmetselwerk: R1 = ± 10 x 7 x 8 (uitgedrukt in mm)
Porotherm PLS Lambda met formaat (500 x 138 x 184)
voor gelijmd binnenmetselwerk: R1+ = ± 13 x 7 x 1 (uitgedrukt in mm)

lastenboek

De ontwerper zal in zijn lastenboek de tolerantie- en maatspreidingsklassen vermelden. Alle Porotherm lijmstenen (PLS) vallen onder de klassen T1+ en R1+. Alle andere Porotherm binnenmuurstenen vallen onder de klassen T1 en R1. Door de Benor-keuring en de permanente zelfcontrole op het Porotherm gamma staat Wienerberger in voor de maatvastheid van alle geleverde stenen op uw werven.

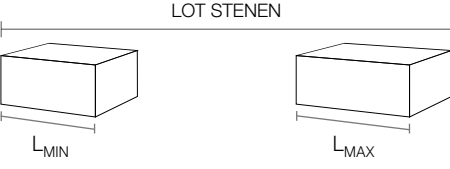
Voorbeeld van tolerantie en maatspreiding voor de lengte van een Porotherm Thermobrick met fabricagematen (288 x 138 x 188), met klasse T1 en R1.

Tolerantiemaat voor de lengtemaat



T1 = ±7

Maatspreiding voor de lengtemaat

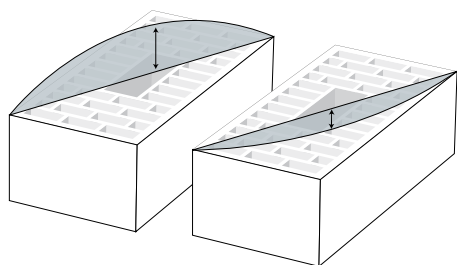


L_MAX - L_MIN ≤ R1

Thermobrick:
Voorbeeld: $\left. \begin{matrix} L_{MIN} = 283 \text{ mm} \\ L_{MAX} = 289 \text{ mm} \end{matrix} \right\} L_{MAX} - L_{MIN} = 6 \text{ mm} \leq 10 \text{ mm}$
Resultaat= OK

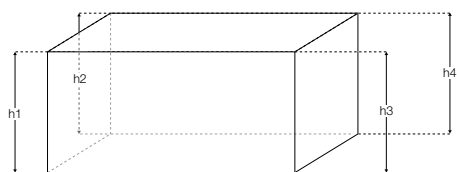
VLAKHEID EN PLANPARALLELLITEIT VAN DE LEGVLAKKEN

De Porotherm lijfstenen (PLS) worden toegepast in metselwerk met gelijkde voegen van ca. 1 mm. Daarom worden bij deze Porotherm lijfstenen de legvlakken vlak geslepen. De maximale afwijking van de vlakheid van de Porotherm lijfstenen bedraagt 1 mm.



Max 1% van de lengte van de diagonaal van het legvlak
- met een maximum van 2 mm voor metselwerk met gelijkde voegen tussen 0,5 en 3 mm
- met een maximum van 1 mm voor precisiebakstenen met geslepen legvlakken

De maximale afwijking van de planparalleliteit of de vlakevenwijdigheid van de legvlakken voor Porotherm lijfstenen bedraagt eveneens maximaal 1 mm.



$H_{\max} = \max(h1, h2, h3, h4)$
 $H_{\min} = \min(h1, h2, h3, h4)$ en
 $H_{\max} - H_{\min} \leq 1 \text{ mm}$



3

WAT TE ONTHOUDEN?

- Porotherm binnenmuurstenen hebben de ideale formaten, ook voor renovatiewerken.
- Formaten Porotherm: L x B x H, uitgedrukt in mm.
- Onderscheid nominale of commerciële afmetingen versus fabricagematen. De fabricagematen worden gedeclareerd en bij voorkeur gebruikt.
- Bij Porotherm Rendement Plus en Porotherm lijfstenen wijken de fabricagematen af van deze bij traditioneel metselwerk door het wegvallen van de te mortelen stootvoegen.
- Alle Porotherm lijfstenen vallen onder de klassen T1+ en R1+. Op alle andere Porotherm binnenmuurstenen garandeert Wienerberger categorieën T1 en R1.



3.2. VOLUMEMASSA

De volumemassa van de binnenmuursteen speelt een rol in de stabiliteitsberekeningen (massa van de wanden), de akoestische berekeningen, de brandweerstand en de thermische isolatie van het metselwerk.

In EN 772-13 worden de begrippen 'bruto droge volumemassa' en 'netto droge volumemassa' gedefinieerd.

Bruto droge volumemassa = droge massa / bruto volume [kg/m³]

Bruto volume = L x B x H [m³]

Netto droge volumemassa = droge massa / netto volume [kg/m³]

Netto volume = bruto volume – volume van de perforaties, niet bedoeld om met mortel gevuld te worden.

De netto droge volumemassa speelt een rol bij het bepalen van de thermische geleidbaarheid van de binnenmuursteen.

Aangezien Wienerberger de lambdawaarde van de Porotherm binnenmuurstenen declareert, dient de netto droge volumemassa niet vermeld te worden. Niettemin declareert Wienerberger deze waarde op de DoP.

De bruto droge volumemassa daarentegen, moet gedeclareerd worden aangezien er in België via de NBN S01-400 akoestische eisen gesteld worden.

We verwijzen naar hoofdstuk 3.6. voor de oplossingen van Wienerberger op het gebied van geluidsisolatie. Hierin zal de oppervlaktemassa van de wand een rol spelen. Deze oppervlaktemassa wordt eenvoudig afgeleid van de bruto droge volumemassa, door deze laatste te vermenigvuldigen met de wanddikte. Wienerberger vermeldt: de bruto droge volumemassa op de technische fiche, de DoP en het label.

tolerantiecategorie

Voor de Porotherm binnenmuurstenen is de tolerantiecategorie D1 van toepassing op de droge volumemassa. Dit betekent dat het verkregen gemiddelde voor de droge volumemassa voor een monster, bestaande uit een aantal stenen, gekozen uit een partij volgens bijlage A van EN 771-1, niet meer dan 10% mag afwijken van de verklaarde waarde.

WAT TE ONTHOUDEN?

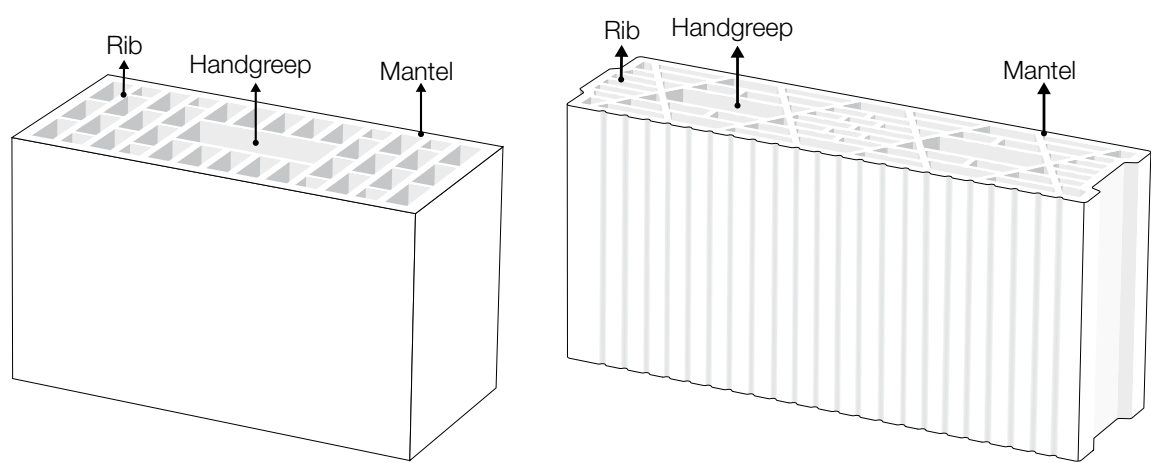
- Bij binnenmuurstenen speelt de volumemassa een belangrijke rol bij stabiliteitsberekeningen, akoestiek, brandwerendheid en thermische isolatie.

3.3. GEOMETRIE EN UITZICHTSKENMERKEN

ALGEMENE GEOMETRISCHE KENMERKEN

De geometrie van de binnenmuurstenen is van belang voor het berekenen van de karakteristieke druksterkte van het metselwerk volgens EC6 en voor het bepalen van systeemprestaties, zoals de luchtdoorlatendheid en de thermische weerstand.

Onder meer het perforatiebeeld, al dan niet tand-en-groef, de dikte van de mantel, de ribben en de afmetingen van de handgrepen bepalen de geometrie van de binnenmuursteen.



Op basis van deze gegevens worden binnenmuurstenen in vier groepen verdeeld volgens NBN EN 1996-1-1 (Eurocode 6).

4 groepen

Groepsindeling volgens NBN EN 1996-1-1(Eurocode 6)

	Groep 1	Groep 2	Groep 3	Groep 4
Volume van alle holten	$\leq 25\%$	$> 25\% \leq 55\%$	$> 25\% \leq 70\%$	$> 25\% \leq 70\%$
Volume van iedere holte	$\leq 12,5\%$	ledere perforatie $\leq 2\%$ Handgrepen tot een totaal van max 12,5%	ledere perforatie $\leq 2\%$ Handgrepen tot een totaal van max 12,5%	ledere perforatie $\leq 30\%$
Diktes van ribben en mantels	Geen eis	Ribben ≥ 5 mm Mantels ≥ 8 mm	Ribben ≥ 3 mm Mantels ≥ 6 mm	Ribben ≥ 5 mm Mantels ≥ 6 mm
Gecombineerde dikte		≥ 16	≥ 12	≥ 12

Waarbij voor groep 2:

- het gemiddelde van de ribben van een steen ≥ 5 mm en ieder individueel meetresultaat ≥ 4 mm moet zijn
- het gemiddelde van de mantels van een steen ≥ 8 mm en ieder individueel meetresultaat ≥ 7 mm moet zijn

en voor groep 3:

- het gemiddelde van de ribben van een steen ≥ 3 mm en ieder individueel meetresultaat ≥ 2 mm moet zijn
- het gemiddelde van de mantels van een steen ≥ 6 mm en ieder individueel meetresultaat ≥ 5 mm moet zijn

en voor groep 4:

- het gemiddelde van de ribben van een steen ≥ 5 mm en ieder individueel meetresultaat ≥ 4 mm moet zijn
- het gemiddelde van de mantels van een steen ≥ 6 mm en ieder individueel meetresultaat ≥ 5 mm moet zijn

de groep bepaalt f_{mean} Twee geperforeerde keramische binnenmuurstenen met eenzelfde gedeclareerde gemiddelde druksterkte f_{mean} , leiden tot een verschillende karakteristieke druksterkte van het metselwerk wanneer beide stenen behoren tot een verschillende groep, zelfs wanneer een identieke mortel gebruikt wordt.

Stenen behorend tot groep 2 zullen in dit geval resulteren in een hogere karakteristieke druksterkte van het metselwerk dan stenen behorend tot groep 3.

Porotherm = groep 2 Alle Porotherm binnenmuurstenen behoren tot groep 2.

De groepsaanduiding vindt u terug op de labels, de DoP en de technische fiche.

Wienerberger NV
Kapel ter Bede 121
8500 Kortrijk



POROTHERM
THERMOBRICK 29/14/19

Ref. No.: 12592070

DoP No.: CE - 703011801W1262 - CE


13
EN 771-1:2011+A1:2015
NB No.: 0749




ce.wienerberger.com

CL P I 10 850(D1) 288x138x188 A L0.230 N1750(D1) W18 I1.5-4

intended use: in walls, columns and partitions for protected masonry

Toepassing:	P	Categorie:	I
Lengte (mm):	288	Druksterkte (N/mm²):	10 NPd
Breedte (mm):	138	Hechtsterkte (N/mm²):	NPd
Hoogte (mm):	188	Thermische geleiding $\lambda_{10, dry, unit}$ (W/m K):	0.23
Tolerantie:	T1	Dampdoorlatendheid μ :	5/10
Maatspreiding:	R1	Vorst/dook-weerstand:	F0
Planparalleliteit (mm):	NPd	Wateropneming (%):	18
Vlakheid (mm):	NPd	Gehalte actieve oplosbare zouten:	S0
EC6 - Metselbaksteengroep:	2	Vochtexpansie (mm/m):	NPd
Bruto droge vol. massa (kg/m³):	850	Brandreactie:	A1
Tolerantie:	D1	Gevaarlijke stoffen:	NPd

Aantal - Nombre
168

Verpakkdatum / Date d'emballage
30/03/2017

Batch: Zie steen - Voir brique

Brutogewicht - Poids brut
± 1.12 t

Fabricage maten - Dimensions de fabrication
288 x 138 x 188 mm

Bruto droge volumieke massa
Masse volumique
850 kg/m³

Gedeclareerd gemiddelde druksterkte
Résistance à la compression moyenne déclarée
≥ 10 N/mm²



PTV 23-003
BB/202/0676/042-00-P/34

Baksteen voor niet decoratief metselwerk - Brique pour maçonnerie non décorative

Vorstbestandheid (klasse)
Résistance au gel (classe)

NBN B 27 - 009

niet gecertificeerd
non certifiée

IW klasse - classe

IW3

70 |

UITZICHTSKENMERKEN

De uitzichtskenmerken vermeld in STS 22 en PTV 23-003 betreffen enkel de toegelaten onvolkomenheden van een levering binnenmuurstenen en niet de esthetische eigenschappen zoals kleur, nuances, oppervlaktetextuur... en de toelaatbare afwijkingen hiervan.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen beschadigingen aan de baksteen en fouten in de baksteen.

Wordt beschouwd als beschadiging voor niet zichtbaar blijvend metselwerk:

- Elke gebroken steen
- Elke steen waarvan de hoek of randschade een volume heeft dat groter is dan 20 cm^3 .
Het volume van elke hoek- of randschade wordt bepaald als het product $p \times q \times r$.

De PTV stelt dat bij een steekproef, af fabriek, van 100 stenen minstens 90 stenen aanwezig zijn met één onbeschadigde strek en één onbeschadigde kop. In de nieuwe STS stelt men de algemene regel dat minstens 95% van de stenen een onbeschadigde strek en kop hebben.

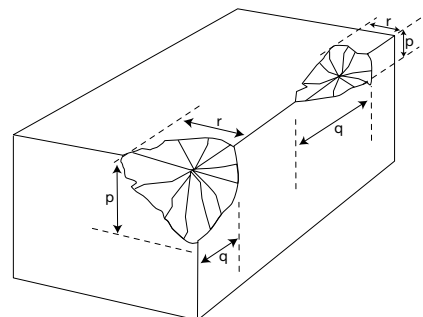
Wordt beschouwd als fout voor niet zichtbaar blijvend metselwerk:

- De aanwezigheid van insluitsels die door zwellen kunnen aanleiding geven tot afschilferingen in het oppervlak van de steen
- Volgens de STS: de aanwezigheid in beide koppen of één strek van één of meerdere scheuren die langer zijn dan $1/3$ van de hoogte van de steen en die een scheurbreedte hebben van minstens $0,2 \text{ mm}$.
- Volgens de PTV: de aanwezigheid in kop of strek van één of meerdere scheuren die langer zijn dan $1/3$ van de hoogte van de steen en die een scheurbreedte hebben van minstens $0,2 \text{ mm}$.

Het aantal stenen met fouten mag volgens de STS de 10% niet overschrijden. Volgens de PTV zullen bij een steekproef van 100 stenen minstens 90 stenen aanwezig zijn zonder fouten op één strek en één kop.

Afschilferingen, waarvan de diameter of grootste afmeting niet groter is dan 20 mm , worden niet beschouwd als fouten.

toegelaten onvolkomenheden



WAT TE ONTHOUDEN?

- De algemene geometrische kenmerken bepalen de groep waartoe de binnenmuursteen behoort.
- Let op bij het vergelijken van verschillende keramische binnenmuurstenen: niet enkel de gedeclareerde gemiddelde druksterkte f_{mean} is van belang voor het bepalen van de karakteristieke druksterkte van het metselwerk, ook de metselbaksteengroep is van belang.
- Alle Porotherm binnenmuurstenen behoren tot groep 2.
- Uitzichtskenmerken gaan louter over toegelaten beschadigingen en fouten van een geleverde partij binnenmuurstenen.



3.4. DRUKSTERKTE EN DRAAGVERMOGEN

3.4.1. DRUKSTERKTE

Onder druksterkte, ook breukweerstand genoemd, verstaat men de kracht die per vierkante millimeter nodig is om het materiaal te doen breken.
De druksterkte wordt gemeten op de werkelijke (bruto-) oppervlakte (= L x B), los van het percentage perforaties, en uitgedrukt in Newton per vierkante millimeter: N/mm².

definitie druksterkte

eenheid N/mm²

DE CORRECTE NORMEN EN WAARDEN VOOR HET BEREKENEN VAN DRUKSTERKTE
3 BEGRIPPEN – 2 WAARDES – 1 STEEN

Bij de berekening en de weergave van de druksterkte van binnenmuurstenen lopen drie begrippen door elkaar, wat voor de nodige verwarring zorgt. De karakteristieke druksterkte in de Belgische norm en de gedeclareerde gemiddelde druksterkte f_{mean} in de Europese rekennorm Eurocode 6 (EC6) leveren in de praktijk nagenoeg identieke waarden op. De Belgische gemiddelde druksterkte LIJKT hoger, maar dit is volledig te wijten aan een andere statistische benadering van dezelfde meetresultaten.
Dergelijke informatie is niet enkel verwarrend, ze is bovendien bijzonder gevaarlijk!

Belgische rekennorm	Gemiddelde druksterkte f_{bm}	12,5 N/mm²
Belgische rekennorm	Karakteristieke druksterkte f_{bk}	10 N/mm²
Europese rekennorm (EC6)	Gedeclareerde gemiddelde druksterkte f_{mean}	10 N/mm²

Enkel de Belgische karakteristieke druksterkte of de Europese gedeclareerde gemiddelde druksterkte mogen in stabiliteitsberekeningen van metselwerk gebruikt worden!
De oude Belgische gemiddelde druksterkte **MAG NIET GEBRUIKT WORDEN IN STABILITEITSBEREKENINGEN VAN METSELWERK**. Hou er wel rekening mee dat de Belgische rekennorm NBN B24-301 verouderd en ingetrokken is. Bij eventuele geschillen of schade zal steeds teruggegrepen of vergeleken worden met de berekeningen volgens Eurocode 6.

Door de Belgische waarden alsnog op te geven, kan het gebeuren dat een onachtzame ontwerper deze waarden overneemt in zijn berekeningen of in bestekteksten. Het gebruik van die foutieve parameters kan leiden tot ernstige stabiliteitsproblemen achteraf! Daarnaast hebt u er alle belang bij om onze BENOR-gekeurde stenen toe te passen in combinatie met een prestatiemortel met productcertificaat. **Want juist door deze BENOR-keuring kan u gunstigere veiligheidscoëfficiënten in uw berekeningen gebruiken!**

waarom keuze voor BENOR?

Neem dus geen enkel risico naar stabiliteit toe en hou voortaan geen rekening meer met de misleidende gemiddelde druksterkte uit de Belgische norm.

- Reken bij vookeur volgens de Eurocode 6, aangezien de Belgische rekennorm NBN B24-301 verouderd en ingetrokken is.
- De **gemiddelde druksterkte f_{bm}** volgens NBN B24-301 mag **NIET** gebruikt worden voor berekeningen op metselwerk.
- Onze **Benor**-gekeurde stenen leveren beduidend hogere resultaten op voor de berekening van de opneembare normaalkracht van metselwerk door het hanteren van gunstiger veiligheidscoëfficiënten.



NBN B24-301

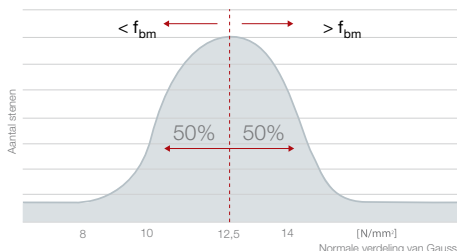
GEMIDDELDE DRUKSTERKTE

De gemiddelde druksterkte f_{bm} volgens NBN B24-301 MAG NIET GEBRUIKT WORDEN IN BEREKENINGEN. Bepaalde fabrikanten van bouwmaterialen publiceren echter nog steeds de Belgische gemiddelde druksterkte, waardoor hun product bij de onachtzame lezer beter LIJKT te presteren.

Voorbeeld:

12,5 N/mm²

Porotherm Thermobrick



DE GEMIDDELDE DRUKSTERKTE f_{bm} VOLGENS NBN B24-301:

De druksterkte (breukbelasting) is de kracht die per vierkante millimeter nodig is om een materiaal (zoals baksteen) te breken. De gemiddelde druksterkte f_{bm} is het rekenkundige gemiddelde van de individuele druksterktes.

DEZE WAARDE f_{bm} MAG NIET GEBRUIKT WORDEN IN BEREKENINGEN, OMDAT EEN AANTAL STENEN EEN LAGERE OF HOGERE INDIVIDUELE DRUKSTERKTE KAN HEBBEN DAN f_{bm} . Men heeft met andere woorden geen idee van de spreiding van de individuele waarden van de druksterkte wanneer men f_{bm} in de berekeningen zou gebruiken. Grote individuele verschillen t.o.v. de gemiddelde druksterkte worden niet getolereerd, omdat ze een metselwerk opleveren waarin zwakke plekken kunnen voorkomen.



NBN B24-301

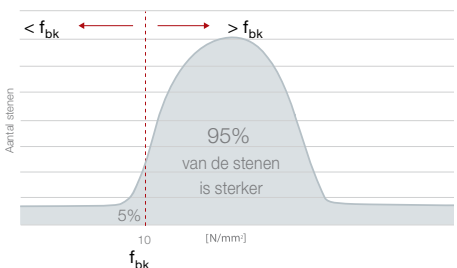
KARAKTERISTIEKE DRUKSTERKTE

De karakteristieke druksterkte f_{bk} volgens NBN B24-301 is helemaal vervangen door de Europese gedeclareerde gemiddelde druksterkte volgens EN 771-1. Desalniettemin kan een metselwerkwand nog steeds berekend worden volgens de oude en ingetrokken Belgische rekennorm, hoewel de baksteenfabrikanten niet langer verplicht zijn om f_{bk} te declareren. Ook zullen bij geschillen of schade steeds teruggegrepen of vergeleken worden met de berekening volgens Eurocode 6.

Voorbeeld:

10 N/mm²

Porotherm Thermobrick



DE KARAKTERISTIEKE DRUKSTERKTE f_{bk} VOLGENS NBN B24-301:

In de Belgische norm wordt de spreiding van de individuele waarden beheerst door in de berekeningen te vertrekken van de karakteristieke druksterkte f_{bk} . Dit is de druksterkte die door een lot stenen, bij proefnemingen, in minstens 95% van de gevallen wordt gehaald. Voor eenzelfde lot stenen zal de waarde van de karakteristieke druksterkte f_{bk} dus steeds lager zijn dan de waarde van de gemiddelde druksterkte f_{bm} , ten gevolge van de andere statistische benadering van dezelfde meetresultaten.

EN 771-1

EUROPESE GEDECLAREERDE GEMIDDELDE DRUKSTERKTE

De karakteristieke druksterkte f_{bk} volgens NBN B24-301 is voor Wienerberger binnenmuurstenen nagenoeg identiek aan de Europese **gedeclareerde gemiddelde druksterkte f_{mean}** volgens EN 771-1.

Voorbeeld:
10 N/mm²
Porotherm Thermobrick

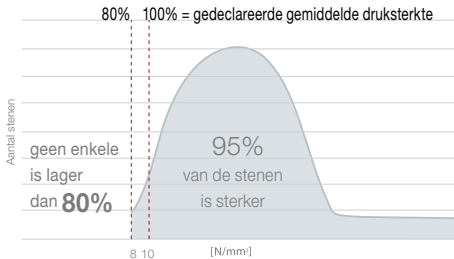
DE GEDECLAREERDE GEMIDDELDE DRUKSTERKTE f_{mean} VOLGENS EN 771-1:

De Europese Productnorm EN 771-1 maakt een onderscheid tussen categorie I en categorie II metselstenen. Wienerberger koos voor categorie I, die de beste kwaliteit garandeert. Bij categorie I stenen is de gedeclareerde gemiddelde druksterkte f_{mean} de waarde waarbij 95% kans bestaat dat de gemiddelde druksterkte van een levering, gemeten op zes stenen, hoger is dan de opgegeven waarde. Als bijkomende voorwaarden wordt gesteld dat geen enkele individuele steen minder dan 80% van deze waarde mag scoren en dat de variantiecoëfficiënt maximaal 25 mag bedragen.

De beperkingen in de Europese norm zijn erop gericht om de spreiding van de individuele waarden te beheersen. Kleine individuele verschillen t.o.v. het gemiddelde wijzen op een regelmatige (dus uitstekende) kwaliteit van de baksteen, die op zijn beurt een homogeen metselwerk waarborgt.

DE WIENERBERGER WAARDEN:

Druksterkte		Thermobrick Rendement Plus (500) PLS 500 PLS Lambda				Toepasbaar voor berekeningen metselwerk
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	
Belgische rekennorm (ingetrokken)	Gemiddelde druksterkte f_{bm}	12,5	17,5	25	30	✗
Belgische rekennorm (ingetrokken)	Karakteristieke druksterkte f_{bk}	10	15	20	25	✓
Europese rekennorm EC6	Gedeclareerde gemiddelde druksterkte f_{mean}	10	15	20	25	✓



3



3.4.2. DRAAGVERMOGEN

Welke invloed heeft de druksterkte van de steen op het draagvermogen van metselwerk?
Maakt het een verschil of u werkt met stenen met of zonder Benor-keurmerk?

Om hierop een antwoord te vinden, worden eerst kort de factoren besproken die een invloed hebben bij het berekenen van het draagvermogen van metselwerk volgens Eurocode 6 (NBN EN 1996-1-1) en zijn Belgische bijlage.

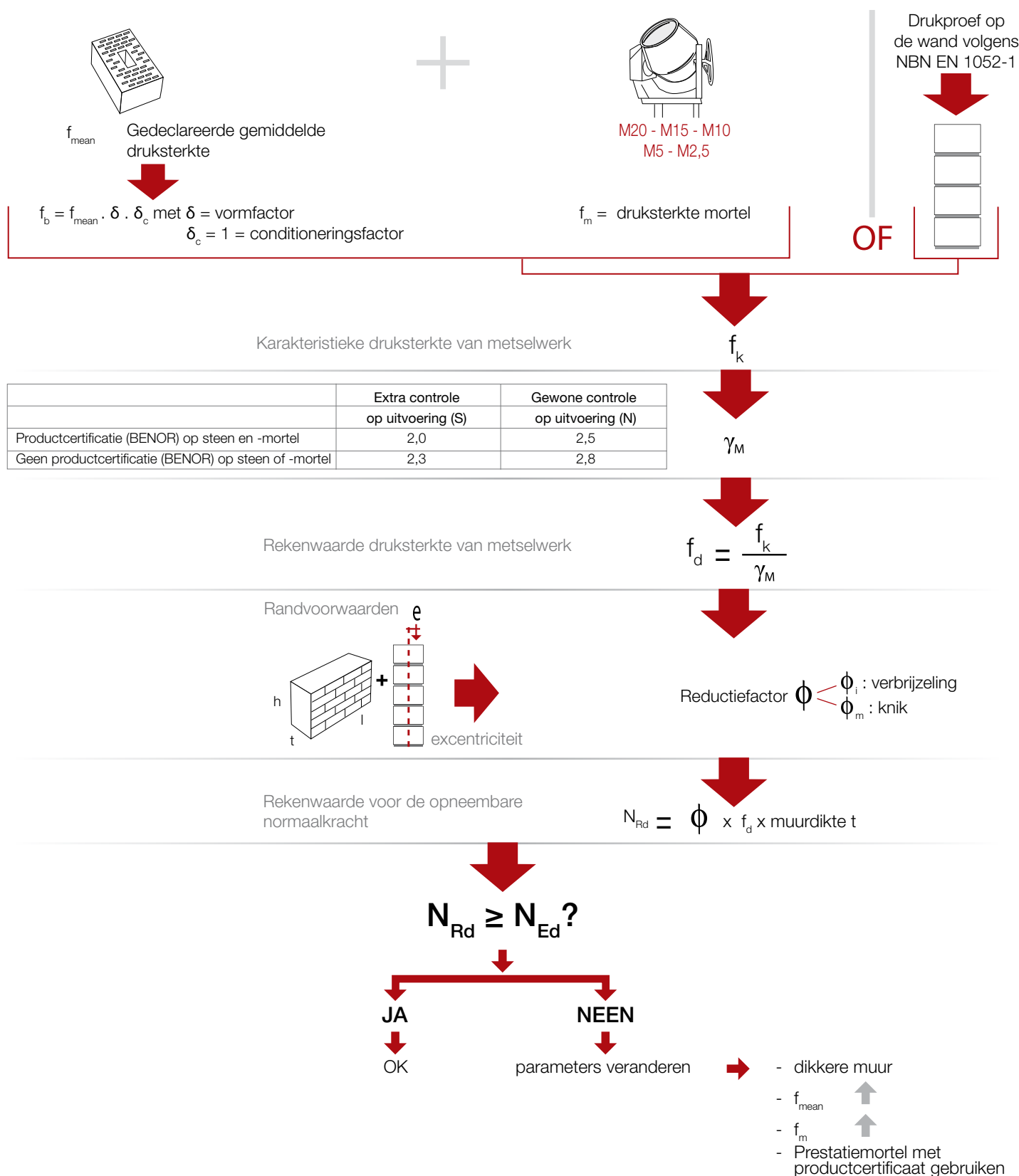
Eurocode 6 is enkel van toepassing voor metselwerk gebruik makend van metselbakstenen vallend onder de Europese norm EN 771-1 en verwerkt met (lijm)mortel die beantwoordt aan de Europese norm EN 998-2. Voor de berekening van het draagvermogen van traditioneel metselwerk uit Porotherm binnenmuurstenen en metselwerk opgetrokken met het Porotherm Lijm-Systeem is Eurocode 6 van toepassing. De druksterkte voor metselwerk opgetrokken met Porotherm *Dryfix* wordt vermeld in de ATG.

Bij belangrijke belastingen zal de ingenieur stabiliteit de berekeningen maken. Wienerberger stelt online een rekentool ter beschikking. In dit hoofdstuk wordt hier dieper op ingegaan.

BEREKENING VAN EEN OP DRUK BELASTE METSELWAND IN POROTHERM BINNENMUURSTENEN

Eens de aangrijpende belastingen (voorbeelden: het eigengewicht, de gebruikslast, enz.) op het bouwwerk bepaald zijn, wordt de weerstand van een op druk belaste metselwerk wand berekend in zijn uiterste grenstoestand volgens EC6. Het doel van de berekening is na te gaan of het metselwerk voldoende kan weerstaan aan de aangrijpende belastingen, rekening houdend met randvoorwaarden en een voldoende graad van veiligheid.

BEREKENING VAN EEN OP DRUK BELASTE METSELWAND IN POROTHERM BINNENMUURSTENEN



STAP 1: REKENWAARDE VAN DE DRUKSTERKTE VAN METSELWERK f_d

Wat zegt de Eurocode?

Als eerste stap bepaalt men de karakteristieke druksterkte f_k van metselwerk (zie figuur). De druksterkte van metselwerk verschilt van de druksterkte van de metselsteen, die in de voorgaande paragraaf werd besproken, omdat men rekening moet houden met de werkelijke afmetingen van de stenen en omdat de mortel in de voegen een grote invloed kan hebben op het draagvermogen van de gemetselde wand.

Men kan de karakteristieke druksterkte f_k van metselwerk bepalen door middel van proeven op volledige bakstenen muren volgens NBN EN 1052-1, ofwel via berekening op basis van de genormaliseerde gemiddelde druksterkte f_b van de baksteen en de druksterkte f_m van de aangewende mortel. Hieronder wordt de berekening van de karakteristieke muurdruksterkte f_k volgens EC6 besproken. Voor de verschillende morteltypes verwijzen we eveneens naar hoofdstuk 5.

Europese norm

Klasse	M 1	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20
Druksterkte mortel f_m [N/mm²]	1	2,5	5	10	15	20

Voor de gedeclareerde gemiddelde druksterkte f_{mean} van Porothersm binnenmuurstenen verwijzen we naar de technische fiches op onze website.

De genormaliseerde gemiddelde druksterkte f_b wordt uit f_{mean} afgeleid door deze laatste te vermenigvuldigen met een vormfactor δ en een conditioneringsfactor δ_c :

$f_b = f_{mean} \cdot \delta \cdot \delta_c$

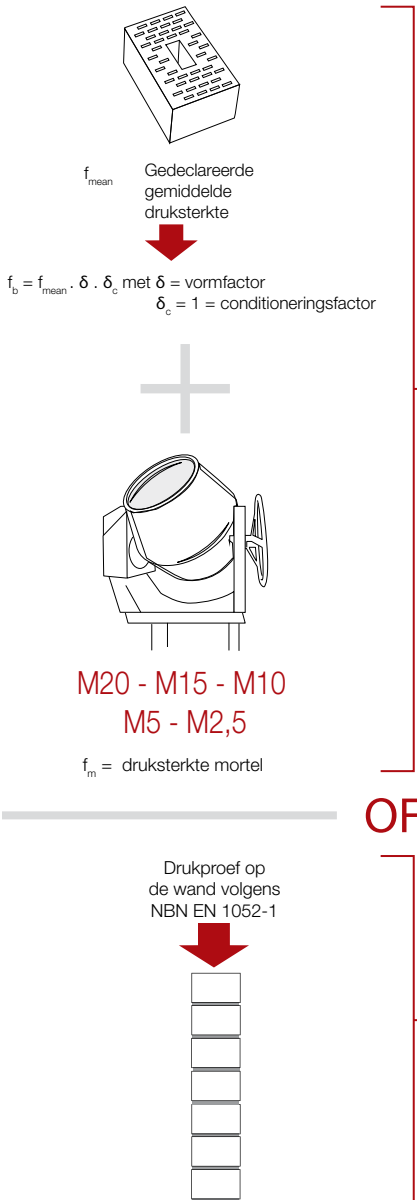
De vormfactor δ volgt uit onderstaande tabel; tussenliggende waarden kunnen verkregen worden door lineaire interpolatie:

Hoogte [mm]	Kleinste horizontale afmeting [mm]				
	50	100	150	200	≥ 250
40	0,80	0,70	-	-	-
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
≥ 250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Voor Porothersm binnenmuurstenen is de conditioneringsfactor δ_c altijd gelijk aan 1.

De algemene formule om de karakteristieke druksterkte van metselwerk te berekenen is:

$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$ [N/mm²]



K is een constante, die afhangt van het type metselsteen en zijn groepsindeling en ook van het type mortel. Voor de mortel maakt men een onderscheid tussen een mortel voor algemene toepassing en een lijm mortel. Alle Porotherm binnenmuurstenen behoren tot groep 2. In onderstaande tabel worden de in België geldende waarden van K weergegeven in functie van het type mortel

Mortel voor algemene toepassing	$K = 0,50 \cdot (\delta)^{-0,65}$
Lijmmortel	$K = 0,50 \cdot (\delta)^{-0,80}$

De exponenten α en β hangen enkel af van het morteltype. In België gelden de volgende waarden:

Mortel voor algemene toepassing	$\alpha = 0,65$	$\beta = 0,25$
Lijmmortel	$\alpha = 0,80$	$\beta = 0$

Voor lijm mortel geldt steeds dat $\beta = 0$. Dit betekent dat de sterkte van de lijm mortel de sterkte van het metselwerk niet beïnvloedt.

Als we de waarden van K, α en β invullen in de algemene formule voor de karakteristieke druksterkte, verkrijgen we als resultaat:

Mortel voor algemene toepassing	$f_k = 0,50 \cdot f_{mean}^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$
Lijmmortel	$f_k = 0,50 \cdot f_{mean}^{0,80}$

Uit de laatste formules constateren we dat de vormfactor in België geen rol speelt bij het berekenen van de karakteristieke druksterkte van metselwerk. Let op: in andere Europese landen kan dit op een andere manier ingevuld worden.

Bovenstaande formules mogen enkel toegepast worden, indien voldaan is aan de volgende voorwaarden:

Voegdikte

Mortel voor algemene toepassing	Tussen 6 en 15 mm
Lijmmortel	Tussen 0,5 en 3 mm

Waarde van f_b

Mortel voor algemene toepassing	$f_b \leq 75N/mm^2$
Lijmmortel	$f_b \leq 50N/mm^2$

Afstemming van de druksterkte van metselsteen en mortel

Mortel voor algemene toepassing	$f_m \leq 20N/mm^2$ en $f_m \leq 2 \cdot f_b$
Lichtgewichtmortel	$f_m \leq 10N/mm^2$

De dikte van het metselwerk is gelijk aan de breedte of de lengte van de metselstenen, zodat er geen mortelvoeg evenwijdig aan het vlak van de wand over de gehele wand of een deel van de lengte van de wand aanwezig is. Indien dit wel het geval is, is een vuistregel de resultaten van de formules voor f_k te vermenigvuldigen met een factor 0,8.

Het spreekt voor zich dat het draagvermogen van metselwerk toeneemt naarmate de gedeclareerde gemiddelde druksterkte f_{mean} van de steen en/of de druksterkte van de mortel f_m toeneemt.

Uit de karakteristieke druksterkte f_k van metselwerk wordt de rekenwaarde f_d verkregen door f_k te delen door een veiligheidscoëfficiënt γ_M : $f_d = f_k / \gamma_M$

De waarde van deze veiligheidscoëfficiënt in uiterste grenstoestand is afhankelijk van de graad van controle op de baksteenproductie en de toegepaste mortel. Voor Benor-gekeurde Porotherm binnenmuurstenen in combinatie met prestatiemortel met productcertificaat is $\gamma_M = 2,5$. Voor binnenmuurstenen van andere steenfabrikanten zonder productcertificaat (zoals BENOR) is $\gamma_M = 2,8$. U heeft er dus alle belang bij om te werken met Benor-gekeurde stenen zoals de Porotherm binnenmuurstenen, aangezien de rekenwaarde voor de druksterkte van metselwerk 12% hoger zal zijn dan bij gebruik van stenen zonder productcertificaat.

Door een bijkomende controle op de werf, door gekwalificeerd en ervaren personeel die onafhankelijk is van het uitvoerend bedrijf, kan de veiligheidscoëfficiënt γ_M nog verder gereduceerd worden tot 2,0. In dat geval ligt de rekenwaarde voor de druksterkte van metselwerk 15% hoger dan bij stenen zonder productcertificaat.

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

	Extra controle op uitvoering (S)	Gewone controle op uitvoering (N)
Benor-steen én gecertificeerde prestatiemortel	2,0	2,5
Geen-Benor steen of gecertificeerde prestatiemortel	2,3	2,8

Waarden voor γ_M in functie van productcertificatie en extra controle op de uitvoering

Voorbeeld: De karakteristieke muurdruksterkte f_k van een Thermobrick 15 met formaat 288 x 188 x 188 mm, verwerkt met een mortel M15 bedraagt 5,72 N/mm²

De rekenwaarde f_d kan berekend worden na kennis van de controle op de werf en het morteltype. Kiest men bijvoorbeeld voor de bijzondere uitvoeringsklasse S en een mortel met verhoogd attesteringsniveau, dan bedraagt de rekenwaarde f_d 2,86 N/mm².

Wanneer men kiest voor een willekeurige mortel, daalt de rekenwaarde naar 2,49 N/mm², een vermindering met 13%.

In het geval van normale controle op de werf, bedraagt de rekenwaarde respectievelijk 2,29 N/mm² in het geval van een geattesteerde mortel en 2,04 N/mm² in het geval van een willekeurige mortel.

Door de Benor-gekeurde Porotherm binnenmuursteen te combineren met een geattesteerde mortel en speciale controle op de werf, ligt de rekenwaarde voor de druksterkte van het metselwerk in dit geval 40% hoger dan bij gebruik van een willekeurige mortel met een normale controle op de werf.



STAP 2: REKENWAARDE VOOR DE OPNEEMBARE NORMAALKRACHT N_{Rd}

Wat zegt de Eurocode?

De rekenwaarde voor de opneembare normaalkracht N_{Rd} is echter kleiner dan de rekenwaarde van de druksterkte f_d vermenigvuldigd met de dikte t , omwille van de randvoorwaarden. De hoogte en de dikte t van de muur, de excentriciteit waarmee de belasting aangrijpt op de muur, het aantal vrije randen en de slankheid van de muur spelen hier mee.

In de uiterste grenstoestand beschouwt men twee bezwijkmechanismen: verbrijzeling en instabiliteit of uitknikken van de metselwerkwand. Er mag geen lokale verbrijzeling van het metselwerk optreden. De wand mag evenmin uitknikken.

In de berekening van de rekenwaarde voor de opneembare normaalkracht van het metselwerk past men daarom zowel in het geval van verbrijzeling als van uitknikken een reductiefactor ϕ toe.

De rekenwaarde voor de opneembare normaalkracht van het metselwerk per lopende meter wordt:

$$N_{Rd} = \phi \cdot t \cdot f_d$$

Met t = de dikte van de metselwerkwand
 ϕ = een reductiefactor ϕ_i (aan de top of de voet van de wand) of ϕ_m (in het midden van de wand)

Bezwijken door verbrijzeling van de metselwerkwand

De algemene formule om bezwijken door verbrijzeling in uiterste grenstoestand na te gaan is:

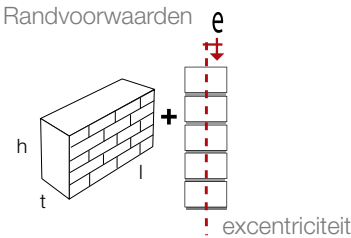
$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

Met N_{Ed} = de rekenwaarde van de optredende normaalkracht, berekend aan de hand van NBN EN 1990 en de reeks NBN EN 1991

Aangezien $N_{Rd} = \phi \cdot t \cdot f_d$ en $f_d = f_k / \gamma_M$ wordt bovenstaande ongelijkheid

$$N_{Ed} \leq \phi \cdot t \cdot f_k / \gamma_M$$

aan de top of de voet van de wand.



De reductiefactor ϕ_i hangt af van de excentriciteit aan de top of de voet van de wand. De excentriciteit wordt bepaald door de excentriciteit van de aangrijpende normaalkracht, de excentriciteit aan de top of de voet van de wand ten gevolge van een eventuele windbelasting en een thermische gradiënt en een toevallige excentriciteit die rekening houdt met de bij uitvoering onvermijdelijke geometrische onvolkomenheden.

Als grootteorde voor de reductiefactor ϕ_i verkrijgt men vaak 0,70 à 0,75. Het absolute maximum voor deze factor bedraagt 0,90.

Indien voldaan wordt aan bovenstaande ongelijkheid, betekent dit dat er geen lokale verbrijzeling van het metselwerk aan de top of de voet van de wand zal optreden.

Bezwijken door uitknikken van de metselwerkwand

Een metselwerkwand kan onder invloed van een excentrisch aangrijpende normaalkracht bezwijken door uitknikken. Gedrongen of degelijk verstijfde constructies zullen bezwijken door verbrijzeling. Naarmate de constructie slanker wordt, zal ze veeleer bezwijken door het optreden van instabiliteit. Indien een normaalkracht enigszins excentrisch aangrijpt, geeft ze aanleiding tot buigende momenten die de wand doen krommen. De wand zal hierdoor uit zijn vlak verbogen worden, waardoor de normaalkracht aangrijpt met een grotere excentriciteit. Dit wekt op zijn beurt grotere momenten op en dus grotere vervormingen, enzovoort. Indien een stabiel evenwicht niet langer mogelijk is tussen normaalkracht, moment en kromming, zal de wand uitknikken.

De algemene formule om bezwijken door uitknikken in uiterste grenstoestand na te gaan is:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

Met N_{Ed} = de rekenwaarde van de optredende normaalkracht, berekend aan de hand van NBN EN 1990 en de reeks NBN EN 1991

Aangezien $N_{Rd} = \phi_m \cdot t \cdot f_d$ en $f_d = f_k / \gamma_M$ wordt bovenstaande ongelijkheid

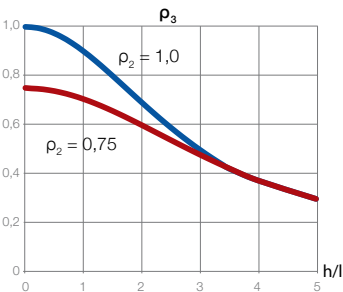
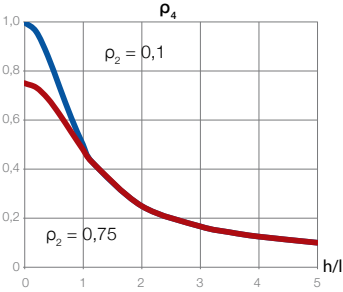
$$N_{Ed} \leq \phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M$$

in het midden van de wand.

De reductiefactor ϕ_m hangt af van geometrische kenmerken, de excentriciteit in het midden van de wand ten gevolge van de belastingen, de kruip, een eventuele windbelasting, een thermische gradiënt en een toevallige excentriciteit die rekening houdt met de onvermijdelijke geometrische onvolkomenheden bij de uitvoering.

Hoe hoger bijvoorbeeld een muur met een bepaalde dikte, hoe slanker, dus hoe knikgevoeliger en minder draagkrachtig die muur zal zijn. De geometrische slankheid van dragende muren hangt af van de verhouding tussen de werkzame hoogte h_{ef} en de effectieve dikte t_{ef} van de muur.

De werkzame hoogte h_{ef} hangt af van het aantal randen waarlangs de wand gesteund is. Als h de vrije hoogte tussen de vloerplaten is, wordt de werkzame hoogte in functie van de randvoorwaarden gegeven door onderstaande tabel.

Wanden gesteund langs 2 zijden (voet en top)	$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 0,75 \cdot h$ indien - wand aan de voet en de top vastgehouden door: - vloeren in gewapend beton of daken die aan beide zijden op hetzelfde peil op de wand toekomen - een vloer in gewapend beton die aan één zijde van de wand toekomt en die een opleg lengte heeft van ten minste $2/3$ van de dikte van de wand - de excentriciteit van de belasting aan de top van de wand $\leq 0,25$ keer de wanddikte	$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 1 \cdot h$ in alle andere gevallen
Wanden gesteund langs 3 zijden (voet, top en verstijwingswand)	$h_{ef} = \rho_3 \cdot h$ ρ_3 : af te lezen uit onderstaande figuur: l = de afstand van de vrije rand tot de as van de verstijwingswand $\rho_2 = 0,75$ of 1 (zie bij wanden gesteund langs twee zijden)	
Wanden gesteund langs 4 zijden (voet, top en 2 verstijwingswanden)	$h_{ef} = \rho_4 \cdot h$ ρ_4 : af te lezen uit onderstaande figuur: l = de afstand tussen de assen van de verstijwingswanden $\rho_2 = 0,75$ of 1 (zie bij wanden gesteund langs twee zijden)	

Bron: Eurocode 6 (EN 1996-1-1 bijlage D)

De werkzame dikte t_{ef} is doorgaans gelijk aan de werkelijke dikte van de wand. Ook voor spouwmuren vormt de dikte van het binnenspouwblad een veilige benadering voor de werkzame dikte.

Hierbij geldt de volgende absolute voorwaarde voor de slankheid: $h_{ef}/t_{ef} \leq 27$

Voor slanke constructies met weinig verstijwingswanden zal de reductiefactor ϕ_m doorgaans doorslaggevend zijn. De metselwerkwand zal eerder bezwijken door uitknikken dan door verbrijzeling.

De rekentool van Wienerberger

Wienerberger ontwikkelde een rekentool om ongewapende metselwerkwanden onderworpen aan verticale belasting te toetsen volgens Eurocode 6 (NBN EN 1996-1-1). Er kan ingelogd worden op deze professionele tool via berekeningmetselwerk.be.

STAP 1

Projectgegevens

STAP 2

Wanden

STAP 3

Vloeren

STAP 4

Belegging

STAP 5

Beveiliging

←

VORIGE STAP

VOLGENDE STAP

→

Vloeren

Vloer 1

Type	Betonnen plaatvloer (in 1 richting)	
Type steekpunten afdekking	Tweedelig ingekanteld	
Stekkerklasse beton	C20/25	
Overspanningslengte loodrecht	$l_{\perp}$	2,5
Overspanningslengte evenwijdig	$l_{\parallel}$	5
Insulatiebreedte	b	5
Dikte vloerplaat	h_v	0,20

Vloer 2

Type	Betonnen plaatvloer (in 1 richting)	
Type steekpunten afdekking	Scheutrand	
Stekkerklasse beton	C20/25	
Overspanningslengte loodrecht	$l_{\perp}$	5
Overspanningslengte evenwijdig	$l_{\parallel}$	5
Insulatiebreedte	b	5
Dikte vloerplaat	h_v	0,20

Doorsnede

Zijaanzicht links

Zijaanzicht rechts

Wienberger

[HOME](#)
[PROJECTEN](#)
[CALCULATOR](#)

[Mijn gegevens](#)
[Uitloggen](#)

	F_{w1}	F_{w2}	F_{w3}	F_{w4}
Contraal				
Excentrisch - vloer vloer	F_{w1}	0 m	0 m	0 m
Excentrisch - wand	F_{w2}	0 m	0,02 m	0 m
Opgevoegde geometrische excentrisiteit	F_{w3}	0 m		0 m
Initiale excentrisiteit (DCR - 0,5 0,1 1,0)	F_{w4}	0,01 m	0,01 m	0,01 m
Totale excentrisiteit	F_{w5}	0,0 m	0 m	0,0 m
Excentrisiteit (DCR - 0,5)	ΔF_{w5}	0,00 m	0 m	0,00 m
Excentrisiteit over belasting (DCR - 0,5)	F_{w6}		0,00 m	
Excentrisiteit na gezonde verloop (DCR - 0,5)	F_{w7}		0 m	
Totale excentrisiteit - initiaal (DCR - 0,5)	F_{w8}		0,00 m	
Excentrisiteit (DCR - 0,5)	Δ		0,00	
Totale F_{w8}	0,00	0,00	0,0	0,00
Relatief factor (DCR - 0,5 0,5)	β	0,5	0,00	0,5
Referentie excentrisiteit (DCR - 0,5)	F_{w9}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Capaciteit wand B	Ψ	0,00 %	0,00 %	0,00 %

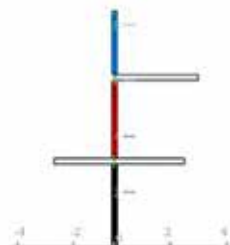
Samenfassende resultaten wand B

↗

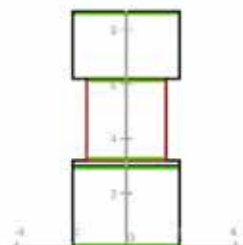
1. Bepaalde momenten & belastingen		Dovenan	Métus	Onthaven
Referentie statische belasting	F_{w1}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w2}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w3}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w4}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w5}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w6}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w7}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w8}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w9}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w10}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w11}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w12}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w13}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w14}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w15}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w16}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w17}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w18}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w19}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w20}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w21}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w22}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w23}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w24}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w25}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w26}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w27}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w28}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w29}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w30}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w31}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w32}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w33}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w34}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w35}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w36}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w37}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w38}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w39}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w40}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w41}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting	F_{w42}	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Referentie statische belasting				

Afbeeldingen

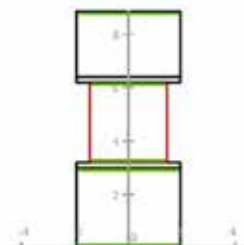
DOORSNEDE



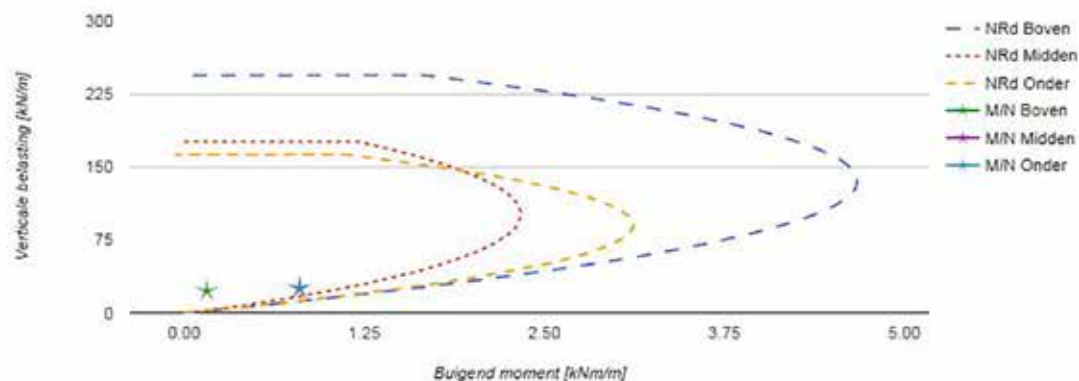
ZIJAANZICHT LINKS



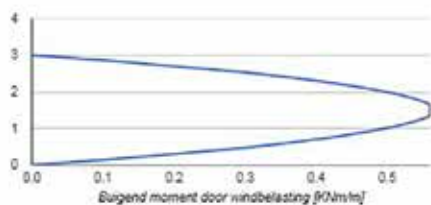
ZIJAANZICHT RECHTS



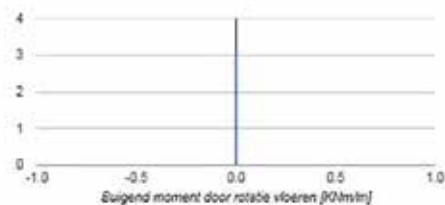
INTERACTIEDIAGRAM



BUIGEND MOMENT DOOR WINDBELASTING



BUIGEND MOMENT DOOR ROTATIE VLOEREN



Voordelen van dragend metselwerk

Dragend baksteenmetselwerk vindt zijn belangrijkste toepassingen in de woning- en appartementenbouw, zowel in niet-berekend als in berekend metselwerk. De bouwwijze met dragend baksteenmetselwerk valt meestal beduidend goedkoper uit, aangezien er geen betonskelet nodig is. Wienerberger kan baksteen leveren in zeer uiteenlopende druksterkten.

goedkoper

- Naast de voor de hand liggende voordelen van dragend metselwerk in Porotherm, zoals de lage kostprijs en de snelle en eenvoudige uitvoering, zijn er nog andere pluspunten:
- Goede akoestische isolatie (optimaal bij gebruik van SonicStrip)
 - Geen gevaar voor scheurvorming (homogene constructie)
 - De afwezigheid van spanningsconcentraties (goede spreiding van de lasten), wat ook belangrijk is voor latere verbouwingen
 - Verbeterde thermische isolatie (optimaal bij gebruik van een lichte steen, bijv. Thermobrick en PLS *Lambda*).

3.4.3. AFSCHUIFSTERKTE EN BUIGSTERKTE VAN METSELWERK

Voor woningbouw in België volstaat doorgaans het berekenen van de opneembare normaalkracht zoals hiervoor uiteengezet. Bij gebouwen onderworpen aan grote horizontale belastingen zoals windlasten, of aan afschuifkrachten ten gevolge van seismische krachten..., moeten de voorgaande berekeningen aangevuld worden met nazichtsberekeningen van de afschuifsterkte en de buigsterkte van het metselwerk. De eigenlijke berekeningen vallen buiten het kader van ‘De kracht van Rood’.

Voor deze berekeningen gelden de tabelwaarden voor hechtsterkte en de karakteristieke buigsterkte vermeld in de nationale bijlage ANB van Eurocode 6.

Buigsterkte	f_{xk1} (N/mm ²)	f_{xk2} (N/mm ²)
mortel voor algemene toepassing ($f_m \geq 10\text{N/mm}^2$)	0,20	0,50
mortel voor algemene toepassing ($f_m \geq 10\text{N/mm}^2$), stootvoegen niet gevuld	0,20	0,30
lijmmortel	0,20	0,50
lijmmortel, stootvoegen niet gevuld	0,20	0,30

Hechtsterkte		f_{vk0} (N/mm ²)
mortel voor algmene toepassingen (aangemaakt vlg NBN EN 1996-2, zonder hulpstoffen of toevoegingen)	M10 - M20	0,30
	M2,5 - M9	0,20
	M1 - M2	0,10
lijmmortel		0,30
lichtgewicht mortel		0,15

De tabel uit NBN EN 998-2 geeft de volgende waarden voor de karakteristieke initiële schuifweerstand f_{vk0} in combinatie met het type mortel:

Metselbakstenen	Mortel voor algemene toepassing	0,15 M/mm ²
	Lijmmortel	0,30 M/mm ²

De afschuifsterkte en buigsterkte van metselwerk kan ook worden beproefd volgens resp. NBN EN 1052-3 + A1 en NBN EN 1052-2.

De waarden voor Porothersm *Dryfix* zijn terug te vinden in de ATG.

WAT TE ONTHOUDEN?

- De rekenwaarde van de drukweerstand van metselwerk met presatiemortel met productcertificaat is 12% hoger wanneer u kiest voor een Porothersm met Benor-keurmerk in vergelijking met een steen zonder productcertificaat.
- Door de Benor-keuring op Porothersm biedt Wienerberger u een gamma zeer performante binnenmuurstenen aan waarmee u metselwerk met een maximale draagkracht realiseert met een minimaal verlies aan ruimte.
- Op www.porothersm.be vindt u verschillende handige rekenbladen.





$\lambda_{ui} = 0,185 \text{ W/mK}$

3.5. THERMISCH GEDRAG

Eén van de belangrijkste comfortverhogende factoren in hedendaagse woningen is het binnenklimaat. Het thermisch isolerende vermogen van bouwmaterialen zorgt niet enkel voor een aangename temperatuur in huis, het helpt tevens de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Baksteen wordt van oudsher geroemd om zijn goede thermische prestaties. In dit hoofdstuk ontleden we de elementen die een rol spelen bij de thermische isolatie en geven we een antwoord op de vraag waarom Porotherm binnenmuurstenen en de PLS *Lambda* in het bijzonder zo goed presteren op dit vlak.

3.5.1. BEGRIPPEN

Hieronder worden in het kort een aantal begrippen uitgelegd.

Het beschermd volume: $V \text{ (m}^3\text{)}$

De definitie van het beschermd volume volgens het transmissiereferentiedocument is van toepassing op nieuwbouw en op bestaande gebouwen.

definitie beschermd volume

Het beschermd volume is het volume van alle ruimten in een gebouw die thermisch afgeschermd zijn van de buitenomgeving (lucht of water), de grond en alle aangrenzende ruimten die niet tot een beschermd volume behoren.

op basis van buitenafmetingen

Het beschermd volume wordt berekend op basis van buitenafmetingen, met inbegrip van het volume van de binnenwanden. De afbakening tussen twee aan elkaar grenzende beschermde volumes wordt gevormd door de hartlijn van de tussenliggende scheidingsconstructie.

De aanwezigheid van thermisch isolerende lagen in de constructieonderdelen geeft een aanduiding van welke ruimten tot het beschermd volume behoren en welke niet.

Het beschermd volume omvat minstens alle geklimatiseerde ruimten. Elke ruimte waarin mensen wonen, werken, logeren, sporten, verzorgd worden, inkopen doen, hun vrije tijd doorbrengen, enzovoort, wordt altijd beschouwd als geklimatiseerd (bv. een slaapkamer of een kantoor dat niet geklimatiseerd wordt, behoort altijd tot het beschermd volume). Ruimten die in open verbinding staan met elkaar worden beschouwd als één ruimte. Dit betekent dat een niet-geklimateerde ruimte in open verbinding met een geklimatiseerde ruimte samen als één geklimatiseerde ruimte wordt beschouwd.

Het warmteverliesoppervlak: $A_T \text{ (m}^2\text{)}$

definitie warmteverliesoppervlak

Het warmteverliesoppervlak of de gebouwschil is de totale oppervlakte van de schildelen die het beschermde volume omhullen, met andere woorden de som van alle oppervlakken die het beschermde volume scheiden van buiten en van naburige niet-geïsoleerde ruimten. Hieronder vallen de gevels, daken, vloeren, het buitenschrijnwerk... maar niet de scheidingswanden tussen twee bouwwerken. Een rijwoning heeft dus een kleiner warmteverliesoppervlak dan een vrijstaande woning met dezelfde vorm, hetzelfde volume en dezelfde afmetingen. Wel zal men in het beoordelen van de performantie van de gebouwschil ook rekening gaan houden met een gereduceerd warmteverlies langs scheidingsmuren.

kleiner A_T bij rijwoning

De compactheid: C (m)

De compactheid is de verhouding van het beschermde volume ten opzichte van het warmteverliesoppervlak:

compactheid $C = V / A_T$

Hoe kleiner het warmteverliesoppervlak bij eenzelfde beschermd volume, hoe compacter de constructie. De geometrische vorm met de minste warmteverliezen is de bol, vanwege de minimale verhouding van het oppervlak tegenover de inhoud. Bij gelijke volumes is een kubus bijvoorbeeld minder compact dan een bol, maar compacter dan een langwerpige balk. Een kubus met zadeldak is op zijn beurt weer compacter dan een kubus.

		
	Kubuswoning met plat dak	Kubuswoning met zadeldak (45°), met dezelfde grondoppervlakte
Beschermde volume (V)	1000 m³	1250 m³ 25% meer woonruimte
Verliesoppervlakte (A _T)	600 m²	691,42 m²
Compactheid (C = V / A _T)	1,667	1,808 8,5% compacter

definitie compactheid

kubus met zadeldak is compacter dan een kubus

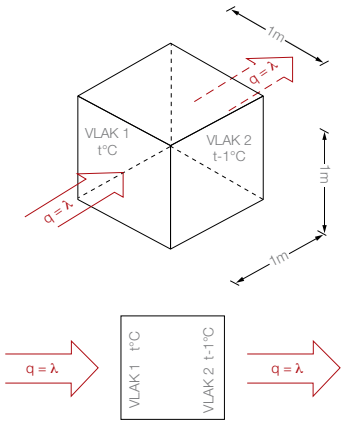
De warmtegeleidingscoëfficiënt van een materiaal: λ (W/mK)

De lambdawaarde van een materiaal drukt de hoeveelheid warmte uit die in stationaire toestand per seconde en per eenheid van oppervlakte door 1 m materiaal gaat bij een temperatuurverschil van 1°C of 1K.

Eenvoudig uitgedrukt, geeft de λ-waarde aan hoeveel warmte er doorheen 1 meter dikte van het betreffende materiaal getransporteerd wordt per seconde en dit bij een temperatuurverschil van 1°C tussen beide oppervlakken van het materiaal.

Bij ‘stationaire toestand’ gaat men uit van de veronderstelling dat buiten- en binnentemperatuur niet veranderen in de tijd.

Een lagere λ-waarde betekent een beter isolerend vermogen.



Lambdawaardes: 4 begrippen – 4 waardes – 1 steen

Kijk uit bij het beoordelen van binnenmuurstenen van buitenlandse oorsprong, vooral wat het berekenen van de thermische eigenschappen van metselwerk betreft.

De lambdawaarde is immers afhankelijk van de beproevingstemperatuur, het vochtgehalte van materiaal en omgeving en de statistische randvoorwaarden.

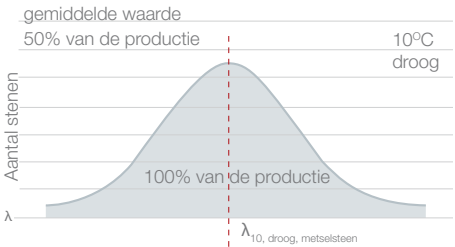
De wijze waarop onderstaande lambdawaardes bepaald worden, is gebaseerd op NBN EN1745. Er bestaan drie methodes (S1, S2 en S3) voor volle metselstenen en 5 methodes (P1 t.e.m. P5) voor holle of geperforeerde metselstenen. Wienerberger gebruikt de methodes P2 en P4 om de lambdawaarde van de metselsteen te bepalen.

De methode P2 voor geperforeerde metselstenen is gebaseerd op een statistische evaluatie van de netto droge volumemassa, waaruit de lambdawaarde voor het keramische materiaal wordt afgeleid. Vervolgens wordt op basis van het perforatiebeeld hieruit de lambdawaarde van de geperforeerde metselsteen bepaald.

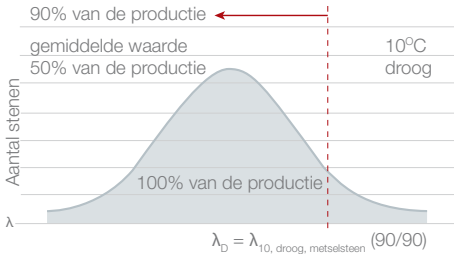
De methode P4 voor geperforeerde metselstenen is gebaseerd op een statistische evaluatie van de netto droge volumemassa, waaruit de lambdawaarde voor het keramische materiaal wordt afgeleid. Vervolgens wordt op basis van een aanvaarde berekeningsmethode een lambdawaarde van de geperforeerde metselsteen bepaald. De methode P4 past Wienerberger enkel toe voor haar Porotherm binnenmuurstenen met een perforatiebeeld, dat afwijkt van de in EN1745 opgenomen perforatiebeelden.



λ_{10} , droog, metselsteen (EN 771-1)



$\lambda_D = \lambda_{10, \text{droog, metselsteen}}^{(90/90)}$
(PTV 23-003 en NBN B62-002)



λ_{10} , droog, metselsteen (EN 771-1)

λ_{10} , droog, metselsteen is een gemiddelde waarde bij 10°C beproefd in droge toestand. Deze waarde staat vermeld op de Declaration of Performance (DoP).

$\lambda_D = \lambda_{10, \text{droog, metselsteen}}^{(90/90)}$ (PTV 23-003 en NBN B62-002)

$\lambda_{10, \text{droog, metselsteen}}^{(90/90)}$ is de waarde bij 10°C, beproefd in droge toestand, waarvoor met 90% zekerheid voor een willekeurig lot van 100 stenen kan gesteld worden dat minimaal 90 stenen uit dit lot een lambdawaarde hebben die maximaal gelijk is aan $\lambda_{10, \text{droog, metselsteen}}^{(90/90)}$.

In België wordt elke baksteenfabrikant verplicht om $\lambda_D = \lambda_{10, \text{droog, metselsteen}}^{(90/90)}$ te vermelden.

Wienerberger vermeldt $\lambda_{10, \text{droog, metselsteen}}$ op de online te raadplegen Declaration of Performance (DoP). Op het nationale gedeelte dat onder de DoP terug te vinden is, verklaart Wienerberger $\lambda_{10, \text{droog, metselsteen}}^{(90/90)}$ en λ_{ui} .

λ_{ui} (PTV 23-003 EN NBN B62-002)

λ_{ui} is de rekenwaarde van de thermische geleidbaarheid die overeenstemt met binnenomstandigheden. Dit betekent **bij 23°C en bij een relatieve vochtigheid van 50%**. Het is de waarde waarvoor met 90% zekerheid voor een willekeurig lot van 100 stenen kan gesteld worden, dat minimaal 90 stenen uit dit lot een lambdawaarde hebben die maximaal gelijk is aan λ_{ui}. De waarde voor λ_{ui} voor keramische binnenmuurstenen wordt berekend aan de hand van de volgende formule:

$$\lambda_{ui} = \lambda_D \cdot e^{0,07}$$

Het is deze waarde die in de berekeningen van de U-waarde van wandelementen moet worden aangewend, wanneer de binnenmuursteen in binnenomstandigheden wordt toegepast. Dit in combinatie met de overeenkomstige waarde van de metselmortel, gebruik makend van een referentierekenmethode conform NBN B62-002.

λ_{ui} moet in België niet verplicht gedeclareerd worden door de baksteenfabrikant, aangezien die met bovenstaande formule makkelijk kan afgeleid worden uit λ_D. Voor uw gemak vermeldt Wienerberger λ_{ui} zowel op de technische fiches als op de DoP.

λ_{ue} (PTV 23-003 EN NBN B62-002)

λ_{ue} is de rekenwaarde van de thermische geleidbaarheid die overeenstemt met buitenomstandigheden. Dit betekent **bij 75% van de kritische verzadigingswaarde bij 20°C**. Het is de waarde waarvoor met 90% zekerheid voor een willekeurig lot van 100 stenen kan gesteld worden dat minimaal 90 stenen uit dit lot een lambdawaarde hebben die maximaal gelijk is aan λ_{ue}. De waarde voor λ_{ue} voor keramische binnenmuurstenen wordt berekend aan de hand van de volgende formule:

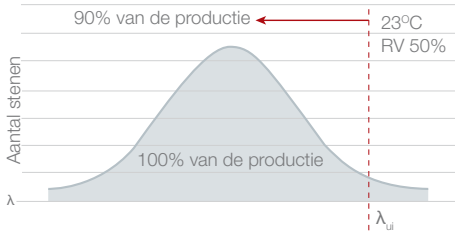
$$\lambda_{ue} = \lambda_D \cdot e^{0,75}$$

Het is deze waarde die in de berekeningen van de U-waarde van wandelementen moet worden aangewend, in het geval dat de binnenmuursteen aan buitenomstandigheden wordt onderworpen. Dit in combinatie met de overeenkomstige waarde van de metselmortel, gebruik makend van een referentierekenmethode conform NBN B62-002.

λ_{ue} moet in België niet verplicht gedeclareerd worden door de baksteenfabrikant, aangezien die met bovenstaande formule makkelijk kan afgeleid worden uit λ_D. Aangezien Wienerberger ervan uitgaat dat Porotherm binnenmuurstenen daar waar berekeningen nodig zijn toegepast worden volgens binnenomstandigheden, worden de λ_{ue} –waarden niet vermeld.



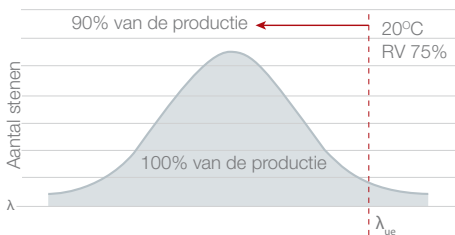
λ_{ui} (PTV 23-003 en NBN B62-002)



3



λ_{ue} (PTV 23-003 en NBN B62-002)



DE LAMBDAWAARDEN VOOR POROTHERM BINNENMUURSTENEN

Thermische berekeningen moeten in het kader van EPB gebeuren op basis van het transmissiereferentiedocument.

reken met λ_{ui}- en λ_{ue}-waarden

In uw berekeningen dient u zich aldus goed te vergewissen van welke λ-waarde u gebruikt. De verplicht te declareren λ-waarden zijn lager dan de Belgische λ_{ui}- en λ_{ue}-waarden. In ons land mag u de thermische berekeningen echter enkel uitvoeren met de Belgische λ_{ui}- en λ_{ue}-waarden!

Indien u uw berekeningen wilt uitvoeren met een door een andere fabrikant opgegeven λ-waarde, zal u moeten nagaan of het wel degelijk gaat om λ_{ui}- en λ_{ue}-waarden. Waar de stenen niet vochtig kunnen worden, zoals in het binnenspouwblad, gebruikt men λ_{ui}, waar de stenen wel vochtig kunnen worden λ_{ue}.

Belangrijk om te noteren: over het algemeen, hoe lichter de steen, hoe lager de λ_{ui}-waarde. Dus hoe beter deze steen thermisch isoleert. Ook het perforatiebeeld is bepalend voor de isolatiewaarde.

In onderstaande tabel worden de verschillende lambdawaarden voor het volledige gamma van Porotherm binnenmuurstenen met een dikte van 14 cm en 19 cm gegeven. Met Porotherm PLS *Lambda* beschikt Wienerberger over een binnenmuursteen met een λ_{ui} waarde van 0,185 W/mK. Hierdoor voldoet PLS *Lambda* aan de voorwaarde om tot de isolatielaag van het warmteverliesoppervlak te behoren. Samen met de isolatie in de spouw vormt de verlijmde PLS *Lambda* binnenmuursteen een samengestelde bouwlaag.

PLS *Lambda* λ_{ui} = 0,185 W/mK

	PLS <i>Lambda</i> W/mK	PLS 500 Thermobrick Rendement Plus W/mK	Powerbrick Powerbrick Rendement Plus W/mK	Toepasbaar voor thermische berekeningen
λ ₁₀ , droog, metselsteen	0,175	0,23	0,32	✗
λ _D = λ ₁₀ , droog, metselsteen (90/90)	0,180	0,24	0,33	✗
λ _{ui}	0,185	0,26	0,35	✓
λ _{ue}		/	/	✓

De warmteweerstand van een wand bestaande uit een homogeen materiaal:
R (m².K/W)

definitie warmteweerstand

Voor een homogeen materiaal is de warmteweerstand R = d / λ, met d de dikte van het wanddeel, uitgedrukt in m, en λ de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal, uitgedrukt in W/mK. De warmteweerstand wordt bijgevolg uitgedrukt in m².K/W.

hoe hoger, hoe beter isolerend

Hoe hoger de warmteweerstand van een wand, hoe beter de wand isoleert. De totale warmteweerstand van een wand, opgebouwd uit verschillende materialen, komt aan bod in 3.5.2. De rekenmodule van Wienerberger.

Berekeningsformule voor de totale warmteweerstand R_T van de spouwmuur

De totale warmteweerstand R_T van een wand is de som van de warmteweerstanden van elk homogeen wanddeel, vermeerderd met de warmteweerstand van de luchtspouw en met een oppervlakteovergangscoefficiënt buiten en binnen. Deze laatste drukken de warmteweerstand uit van het luchtlaagje dat vastgehouden wordt tegen respectievelijk het buiten- en binnenoppervlak van de wand.

definitie R_T

$$R_T = R_e + R_a + \sum (d / \lambda) + R_i$$

R_e = de weerstand van het luchtlaagje dat vastgehouden wordt tegen het buitenoppervlak van de wand. Voor verticale wanden is $R_e=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

R_a = de warmteweerstand van een luchtspouw. Deze waarde is afhankelijk van de verluchtingsgraad van de luchtspouw.

R_i = de weerstand van het luchtlaagje dat vastgehouden wordt tegen het binnenoppervlak van de wand. Voor verticale wanden is $R_i= 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

De norm waarop de waardes R_i en R_e zijn gebaseerd is NBN B62-002.

R_a is functie van het al dan niet verlucht zijn van de spouw. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een niet-verluchte of niet-geventileerde spouw, een weinig-verluchte of matig geventileerde spouw en een sterk-verluchte of sterk geventileerde spouw.

Oppervlakte (A_v) van de openingen per lopende meter (mm^2/m) (volgens transmissiereferentiedocument)	
Niet-verluchte spouw	$A_v \leq 500$
Weinig-verluchte spouw	$500 < A_v \leq 1500$
Sterk-verluchte spouw	$A_v > 1500$

De waarde van $R_a \text{ (m}^2\text{K/W)}$ wordt:

• Niet-verluchte spouw:

Dikte d van de luchtlaag (mm)	Richting van de warmtestroom horizontaal ⁽¹⁾
$0 < d < 5$	0,00
$5 \leq d < 7$	0,11
$7 \leq d < 10$	0,13
$10 \leq d < 15$	0,15
$15 \leq d < 25$	0,17
$25 \leq d < 50$	0,18
$50 \leq d < 100$	0,18
$100 \leq d < 300$	0,18
$300 \leq d$	0,18

⁽¹⁾ Voor warmtestroom die niet meer dan +/- 30° afwijkt van het horizontaal vlak.

• **Weinig-verluchte spouw:**

Vereenvoudigd wordt de warmteweerstand van de weinig-verluchte spouw R_a gelijk genomen aan de helft van de waarden van de niet-verluchte spouw volgens de hierboven vermelde tabel.

• **Sterk-verluchte spouw:**

Bij een sterk verluchte spouw wordt de totale warmteweerstand van de wand zodanig berekend dat de warmteweerstand van de luchtlaag en het buitenspouwblad verwaarloosd wordt, maar dat de overgangswaarde R_e vervangen mag worden door R_i .

De warmtedoorgangscoefficiënt van een wand: U (W/m^2K)

De warmtedoorgangscoefficiënt U van een wand is de hoeveelheid warmte, die elke seconde per vierkante meter oppervlakte door een wand gaat bij een temperatuurverschil van $1\text{ }^\circ\text{C}$ tussen de omgevingen aan beide zijden van die wand.

Hoe lager de U -waarde van een wand, hoe beter de wand isoleert.

Onder ‘wand’ verstaan we hier elk constructiedeel dat het beschermde volume omhult, bijvoorbeeld de geïsoleerde spouwmuur, het dak, de vloer, het raam...

De warmtedoorgangscoefficiënt U wordt berekend met de volgende formule:

$$U = 1 / R_T$$

Voor spouwmuren wordt een correctie toegepast voor het in rekening brengen van de spouwhaken.

De spouwhaken vormen kleine puntkoudebruggen, die door hun beperkte afmetingen slechts een klein verlies aan warmte betekenen. Dit moet volgens het transmissiereferentiedocument in rekening gebracht worden door de warmtedoorgangscoefficiënt U van de wand te verhogen met een toeslag ΔU_s .

Voor spouwhaken is het toegelaten volgende waarden bij ontstentenis te gebruiken:

- Aantal spouwhaken is 5 per m^2 ($n_f = 5 / m^2$)
- De sectie van een spouwhaak komt overeen met een diameter van 4 mm ($A_f = (4^2 \text{ mm}^2/4) * \pi = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$)
- De warmtegeleidbaarheid van het spouwhaakmateriaal is 50 W/mK, wat overeenkomt met staal ($\lambda_f = 50 \text{ W/mK}$)
- De lengte van de spouwhaak wordt gelijk genomen aan de dikte van de isolatielaag.

definitie warmtedoorgangscoefficiënt

hoe lager, hoe beter isolerend

correctie voor spouwhaken

De toeslag ΔU_f wordt op die manier gegeven door de formule:

$$\Delta U_f = 0,8 \cdot \frac{n_f \cdot A_f \cdot \lambda_f \cdot d_{\text{isolatie}}}{(\lambda_{\text{isolatie}})^2 \cdot (R_{T,h})^2} = \frac{0,0026 \cdot d_{\text{isolatie}}}{(\lambda_{\text{isolatie}})^2 \cdot (R_{T,h})^2}$$

Met d_{isolatie} : dikte van de spouwisolatie [m]
 $\lambda_{\text{isolatie}}$: warmtegeleidingscoëfficiënt van de spouwisolatie [W/mK]
 $R_{T,h}$: de totale warmteweerstand van de spouwmuur zonder rekening te houden met de spouwhaken

Een tweede correctie, waarvan sprake in het transmissiereferentiedocument, wordt toegepast voor eventuele spleten in de isolatielaag. Deze kunnen aanleiding geven tot een verlies van de warmteweerstand. Isolatieplaten moeten goed tegen elkaar aansluiten om te vermijden dat koude lucht aan de binnenzijde van de platen raakt. Dit wordt in rekening gebracht met een toeslag op de warmtedoorgangscoefficiënt ΔU_g
Volgens het transmissiereferentiedocument mag $\Delta U_g = 0$ gesteld worden in het kader van de energieprestatieregelgeving.

De gecorrigeerde U-waarde (U_c) wordt:

$$U_c = U + \Delta U_f + \Delta U_g$$

Het is deze waarde die moet voldoen aan de eisen opgelegd door de EPB-regelgeving.

correctie voor eventuele spleten
in de isolatielaag

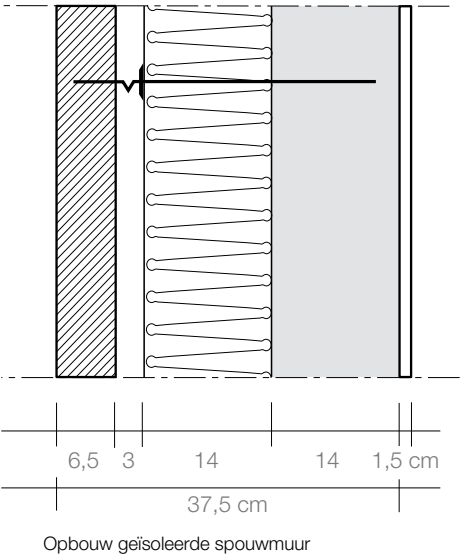
3.5.2. DE REKENMODULE VAN WIENERBERGER

Wienerberger biedt voor het berekenen van de U-waarde van een geïsoleerde spouwmuur een handig werkinstrument aan op www.porotherm.be

Voorbeeld 1: Traditioneel gemetselde spouwmuur

- Gevelsteen: Eco-brick
- Matig geventileerde luchtspouw met dikte 3 cm
- Spouwisolatie in PUR met dikte 14 cm en λ_D gelijk aan 0,021 W/mK
- Porotherm Thermobrick 288 x 138 x 188 mm traditioneel gemetseld
- Binnenbepleistering met dikte 15 mm

Het resultaat is een performante spouwmuur met een dikte van 37,5 cm, zonder pleisterwerk gerekend, met een U-waarde van 0,15 W/m²K.



Type binnenmuursteen

Thermobrick

Formaat binnenmuursteen

288 x 138 x 188 mm (Rumst-Zonn

Breedte gevelsteen (mm)

65

Breedte spouw (mm)

30

Spouwventilatie

Sterk geventileerd

Type isolatie

Lambda (λ) waarde in W/mK

0,021

Totale dikte in mm

140

Dikte pleisterwerk (mm)

15

Wandopbouw

Resultaat

U-waarde

0.13 W/m²K

U-waarde gecorr.*

0.15 W/m²K

Totale wandbreedte (inclusief pleisterwerk)

388 mm

Resultaat opslaan

Opgeslagen resultaat

Rekenwaarden opgeslagen resultaat

Voorbeeld 2: De rode spouwmuuroplossing van Wienerberger

- Gevelsteen: Eco-brick
- Matig geventileerde luchtspouw met dikte 3 cm
- Spouwisolatie in PUR met dikte 13 cm en λ_D gelijk aan 0,021 W/mK
- PLS Lambda 500 x 138 x 249 mm
- Binnenbepleistering met dikte 15 mm

Het resultaat is een performante spouwmuur met een dikte van 36,5 cm, zonder pleisterwerk gerekend, met een U-waarde van 0,15 W/m²K.

Type binnenmuursteen

Lijm-Systeem – PLS Lambda

Formaat binnenmuursteen

500 x 138 x 249 mm

Breedte gevelsteen (mm)

65

Breedte spouw (mm)

30

Spouwventilatie

Matig geventileerd

Type isolatie

Lambda (λ) waarde in W/mK

0,021

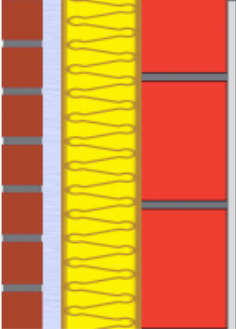
Totale dikte in mm

130

Dikte pleisterwerk (mm)

15

Wandopbouw



Resultaat

U-waarde

0.14 W/m²K

U-waarde gecorr.*

0.15 W/m²K

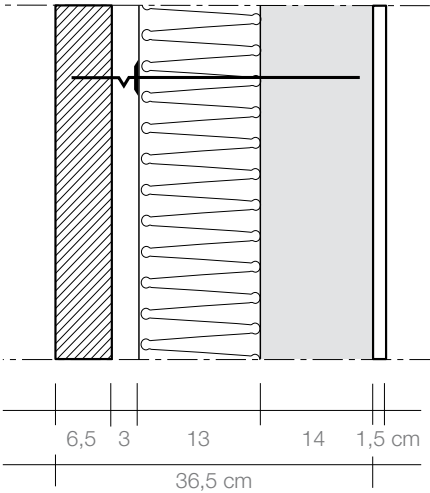
Totale wandbreedte

378 mm

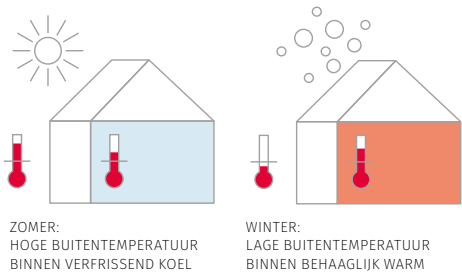
Resultaat opslaan

Opgeslagen resultaat

Rekenwaarden opgeslagen resultaat



Opbouw geïsoleerde spouwmuur



geen stationair regime

3.5.3. THERMISCHE INERTIE

Zoals reeds gezegd, wordt bij de wettelijk verplichte berekening van de warmteweerstanden verondersteld dat de temperaturen en warmtestromen niet veranderen in de tijd.

Deze veronderstelling is echter fout! In werkelijkheid zal de buitentemperatuur in ons klimaat variëren, bijvoorbeeld volgens een dag- en nachtre regime, een zomer- en winterregime...

Ook het binnenklimaat kan op verschillende manieren geregeld worden, afhankelijk van de functie in het gebouw. We onderscheiden constante en intermitterende regimes.

constant regime

Een voorbeeld van een functie met een constant regime is een woning. Hoewel er 's nachts minder verwarmd wordt, is het wenselijk dat de woning niet al te sterk afkoelt, zodat de volgende ochtend de comforttemperatuur op vrij korte tijd opnieuw bereikt wordt.

intermitterend regime

Daarnaast zijn er gebouwen, zoals concertzalen, cinemazalen enz met een intermitterend regime, wat wil zeggen dat de temperatuur vrijwel over de volledige dag op een lage basiswaarde gehouden wordt. Pas kort voordat het publiek binnenkomt, zal een concertzaal bijvoorbeeld kort en snel opgewarmd worden tot de comforttemperatuur.

De resultaten van een stationaire berekening zijn bijgevolg niet de enige parameters die het energieverbruik en het thermische comfort bepalen.

Er moet eveneens rekening gehouden worden met de warmtecapaciteit en de afkoeltijd van de wand.

Warmtecapaciteit

definitie warmtecapaciteit

Bij een toenemende omgevingstemperatuur zal elk materiaal een bepaalde hoeveelheid warmte opnemen. De warmtecapaciteit is een maat voor de hoeveelheid warmte, opgenomen door een volume materiaal per graad temperatuurstijging.

Capaciteit = ρ · c · V

- met
- ρ = de volumemassa in kg/m³

c = de specifieke warmtecapaciteit in J/kgK

V = het volume materiaal in m³

de wand heeft een stabiliserende invloed op het binnenklimaat

De hoeveelheid warmte die kan opgeslagen worden in de constructie, speelt een rol bij de toegepaste verwarmingsregimes in de winter en bij het garanderen van het thermische comfort in zomervoorwaarden. De warmtecapaciteit is evenredig met de volumemassa, dus hoe zwaarder het materiaal, hoe meer warmte kan worden opgeslagen. Die warmte kan later, wanneer de binnentemperatuur lager is dan die van de wand, terug worden afgegeven aan de binnenlucht. Zo oefent de wand een stabiliserende invloed uit op het binnenklimaat.

Om een goed thermisch comfort te verkrijgen, is een grote warmtecapaciteit noodzakelijk, maar niet voldoende. Vergelijken we bijvoorbeeld een niet-geïsoleerd kasteel met dikke wanden in natuursteen met een caravan, voorzien van lichte en geïsoleerde wanden.

Veronderstel dat beide constructies wanden hebben met dezelfde warmteweerstand. Hoewel de warmteweerstand gelijk is, zal het in de zomer behaaglijk koeler zijn in het kasteel. De massieve wanden zullen de warmte opstapelen om deze 's avonds, wanneer zij welkom is, terug af te geven. Anderzijds zal het kasteel in de winter te kil zijn, omdat de isolatie te zwak is of m.a.w. de warmtegeleiding te groot. De wanden van het kasteel hebben wel voldoende massa, maar het isolerende jasje ontbreekt.

Om een behaaglijk en constant binnenklimaat te realiseren, is een geïsoleerde spouwmuur met Porotherm binnenmuurstenen als binnenspouwblad de ideale oplossing: de binnenmuursteen zorgt voor voldoende massa, de spouwisolatie vormt het isolerende jasje, waardoor er slechts geringe warmteverliezen naar buiten optreden. De opgeslagen warmte zal daardoor vooral het binnenklimaat ten goede komen.

Afkoeltijd

De afkoeltijd is afhankelijk van de verhouding tussen de warmtecapaciteit van de wand, die voldoende groot moet zijn, en de λ-waarde van de toegepaste materialen in de isolerende schil, die klein moet zijn. Hoe groter de afkoeltijd, dus hoe meer tijd de wand nodig heeft om af te koelen, hoe langer het duurt vooraleer binnen de temperatuurschommelingen van buiten zullen gevoeld worden. Kleine temperatuurschommelingen buiten zullen met Porotherm binnenmuurstenen binnen niet of nauwelijks gevoeld worden.

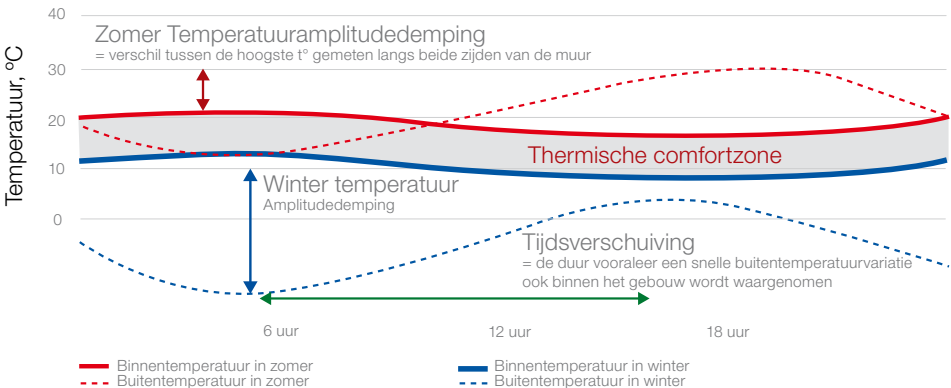
kleine temperatuurschommelingen
nauwelijks waarneembaar met Porotherm

Gevolgen: demping van de temperatuuramplitude en faseverschuiving in de tijd

Een goede thermische isolatie van de spouwmuur beperkt, samen met een voldoende massa van de binnenmuurstenen, de invloed van sterk schommelende buitentemperaturen op de binnentemperatuur.

Eenzijds worden de verschillen in de buitentemperatuur gedempt. De demping is de verhouding tussen de maximale amplitude van de buitentemperatuur en de maximale amplitude van de binnentemperatuur.

demping



Voor een geïsoleerde spouwmuur met binnenmuurstenen van Wienerberger bedraagt de demping minstens 15. Dit wil zeggen dat een temperatuurverschil van 45°C buiten (bijv. 50°C op een donkere gevel 's middags en 5°C 's nachts) uitgedempt wordt tot een verschil van 3°C (= 45°C / 15) binnen.

faseverschuiving

Anderzijds bezit de geïsoleerde spouwmuur door zijn massa een thermische traagheid, zodat de stijging van de buitentemperatuur op het middaguur zich met een tijdsverschuiving van tien tot twaalf uur voordoet. Dus op het moment wanneer zij niet meer hinderlijk is. Dit wordt de faseverschuiving genoemd: het is de verschuiving in tijd, uitgedrukt in uur, tussen de maximale buitentemperatuur en de maximale binnentemperatuur.

BESLUIT:

troeven van de geïsoleerde spouwmuur

Een geïsoleerde spouwmuur met Porotherm binnenmuurstenen als binnenspouwblad bezit de volgende troeven op het gebied van thermische inertie:

- Een uitstekende warmtecapaciteit. Hierdoor zal de wand warmte opslaan om die later opnieuw af te geven aan de binnenomgeving wanneer de temperatuur buiten daalt. Ideaal wanneer een constant binnenklimaat wordt verwacht (woningen, scholen, kantoren...).
- Een voldoende grote warmteweerstand bij wisselende buitentemperaturen dankzij de spouwisolatie, zodat beperkte kortstondige temperatuurschommelingen buiten niet gevoeld worden in het gebouw.
- Een belangrijke temperatuuramplitudedemping (> 15)
- Een gevoelige faseverschuiving (10 à 12 uur).

CONSTRUCTIETYPE BELANGRIJKE PARAMETER OM OVERVERHITTING TE VOORKOMEN

oververhitting voorkomen door massieve constructie

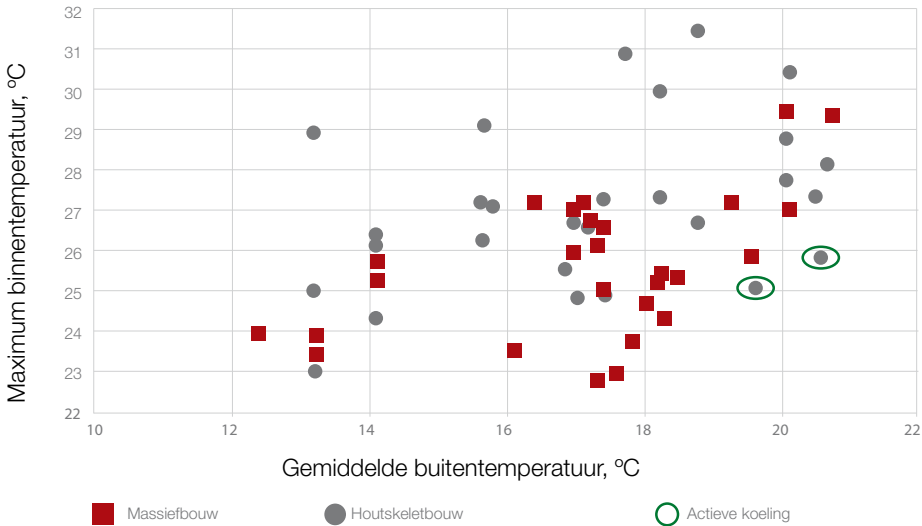
Zowel het Tetra BEP2020-project van de provinciale Hogeschool Limburg in samenwerking met de Katholieke Universiteit Leuven als de eigen monitoring van Wienerberger in samenwerking met de Katholieke Universiteit Leuven van een massief passiefwoning in de buurt van Gent, tonen aan dat een massieve constructie een belangrijke parameter is om oververhitting in de zomer te voorkomen.

Het Tetra BEP2020-project

In september 2013 werden de resultaten van het Tetra BEP2020-project 'Betrouwbare energieprestaties van woningen - Naar een robuuste en gebruikersonafhankelijke performantie' voorgesteld.

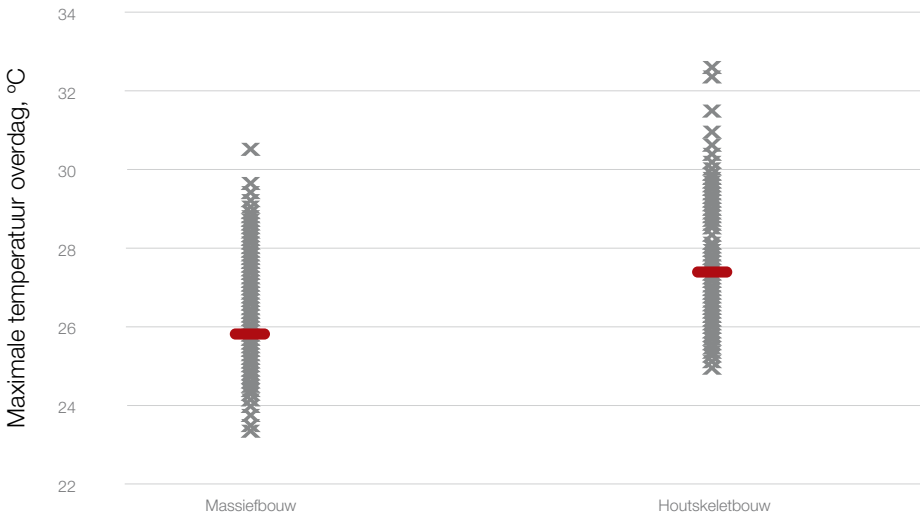
Dit project heeft als doel ontwerpkeuzes uit te schrijven om te komen tot een energetisch performant gebouw tegen de laagste kostprijs. De voorgestelde oplossingen zijn robuust en onafhankelijk van de gebruiker. De studie gebeurde door monitoring van een groot aantal recente en in opbouw zijnde nieuwbouwwoningen en door simulaties voor een aantal woningtypes, die representatief zijn voor het Vlaamse nieuwbouwwoningbestand.

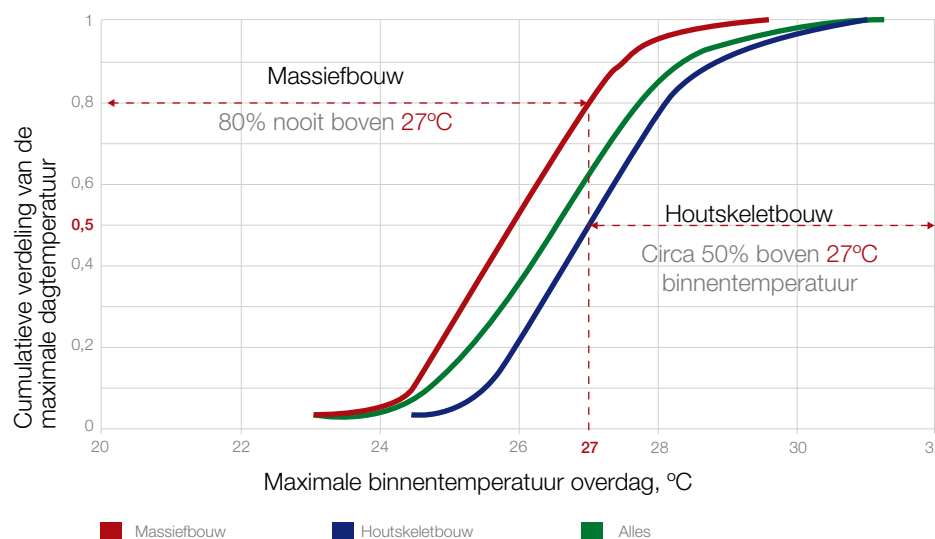
Een eerste belangrijke vaststelling uit de monitoring is dat de maximale binnentemperatuur in de woonkamer van woningen met een massieve constructie over het algemeen lager ligt dan in het geval van houtskeletbouw.



Verder werden binnen het Tetra BEP2020-project robuuste kostenefficiënte oplossingen onderzocht op basis van probabilistische dynamische simulaties voor 5 referentiewoningen.

Voor eenzelfde woning werden heel wat parameters in een theoretisch model gevarieerd: de constructiewijze (massief of houtskelet), het ventilatietype, de beglazing, de luchtdichtheid,... Elk van de kruisjes op de volgende figuur komt overeen met een set parameters. Wanneer de parameters met betrekking tot de constructiewijze worden afgezonderd, blijkt dat de mediaan van de temperatuurspiek in de zomer in het geval van massiefbouw lager ligt dan bij houtskeletbouw.





De mediaan kan ook op de cumulatieve distributiecures worden afgelezen als de temperatuur, horende bij 0,5 op de Y-as. Uit deze curves blijkt ook dat ruim 80% van alle simulaties uitgevoerd in massiefbouw nooit een piektemperatuur boven de 27° bereikt, terwijl ongeveer de helft van de woningen opgetrokken in houtskelet deze piektemperatuur wél overschrijden.

E minimaal : massief is de goedkoopste oplossing

Voor wie de kostprijs een bepalende factor is, toont het Tetra BEP2020-project bovendien aan dat indien men het E-peil voor een bepaalde woning wil minimaliseren, een massieve constructie de goedkoopste oplossing is.

Uit de resultaten blijkt dat voor de vijf bestudeerde referentiewoningen de volgende ontwerpwaardes leiden tot een robuuste oplossing voor netto energiebehoefte voor verwarming en totaal geactualiseerde kost met een comfortabel binnenklimaat:

- Infiltratievoud: 0,6 of 1 vol/h
- Ventilatiesysteem D+ met warmteterugwinning
- **Massieve constructie**
- U-waarden dak en gevel 0,15 of 0,18 W/m²K
- U-waarde vloer 0,3 W/m²K
- Isolierend glas (U 1.29 W/m²K, g 0,631) of passief raam (U 0,7 W/m²K, g 0,407)
- Zonwering

Gebouwen met geïsoleerde spouwmuren, opgetrokken met Porotherm binnenmuurstenen, vormen bijgevolg een robuuste en gebruikersonafhankelijke oplossing voor het bouwen van energiezuinige woningen.

Massief passiefwoning in de buurt van Gent

Een massief passiefhuis, zoals Wienerberger het ontwikkelde, is een passiefhuis, maximaal opgetrokken uit keramische bouwmaterialen.

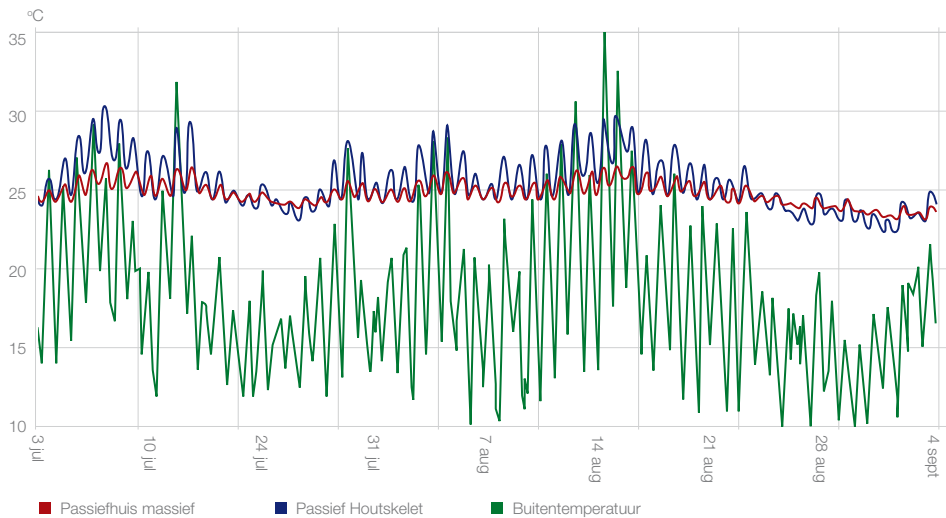
De buitenmuren zijn geïsoleerde spouwmuren, opgebouwd met Porotherm binnenmuurstenen, waarbij de binnenbepleistering instaat voor de luchtdichtheid van de wand. Van buiten worden ze afgewerkt met een keramische gevelsteen.

De voordelen van een nZEB-woning, gekaderd in het People/Planet/Profit duurzaamheidsmodel, worden besproken in hoofdstuk 2.

Hier worden de resultaten van de dynamische energiesimulatie en de monitoring uiteengezet. De simulatie werd uitgevoerd door de energiestudiecel Technum-Tractebel Engineering. De monitoring werd uitgevoerd in samenwerking met de Katholieke Universiteit Leuven.

Dynamische energiesimulaties

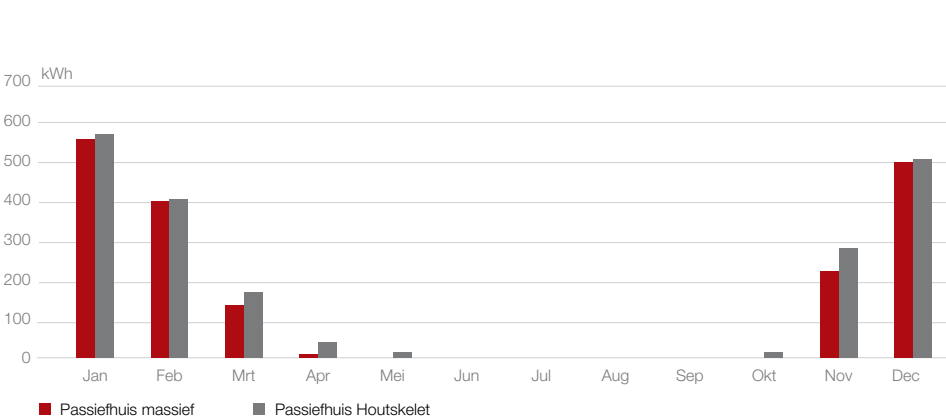
Simulatie operatieve binnentemperatuur zomerperiode (nachtventilatie 22-7u)



De grafiek toont aan dat de schommelingen van de binnentemperatuur tijdens de zomer in een massief passiefhuis veel kleiner zijn dan in een passiefhuis, opgetrokken in houtskeletbouw. Hieruit blijkt dat de thermische inertie van een massief passiefhuis het leefcomfort in de zomer gunstig beïnvloedt.

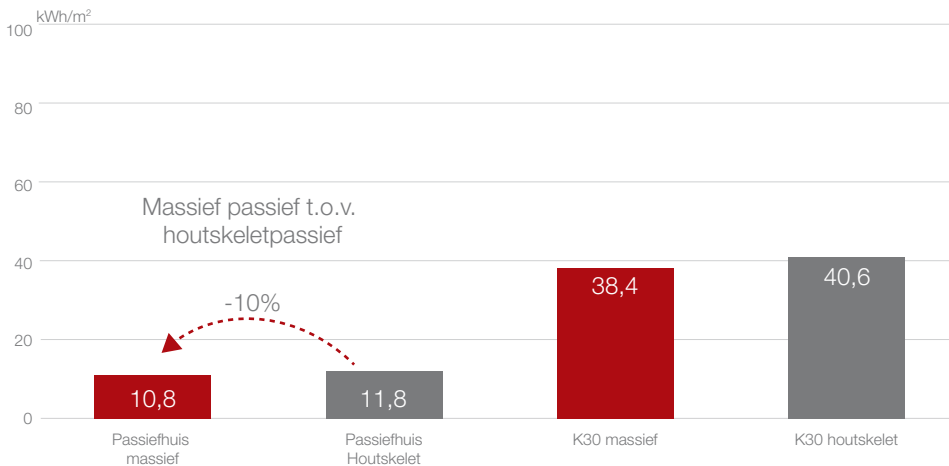
massief passief kleinere
temperatuurschommelingen

Maandelijkse energiebehoefte voor ruimteverwarming passiefhuis (nachtverlaging 22-7u)



Bovenstaande simulatie geeft duidelijk aan dat de energiebehoefte in een massief passiefhuis in de tussenseizoenen sneller terugvalt.

Jaarlijkse energiebehoefte voor ruimteverwarming (geen nachtverlaging)
netto-geconditioneerde vloeroppervlakte 172,7 m²



10% minder energiebehoefte

De jaarlijkse energiebehoefte voor ruimteverwarming in een massief passiefhuis blijkt ongeveer 10% lager te liggen dan bij een analoog passiefhuis in houtskeletbouw.

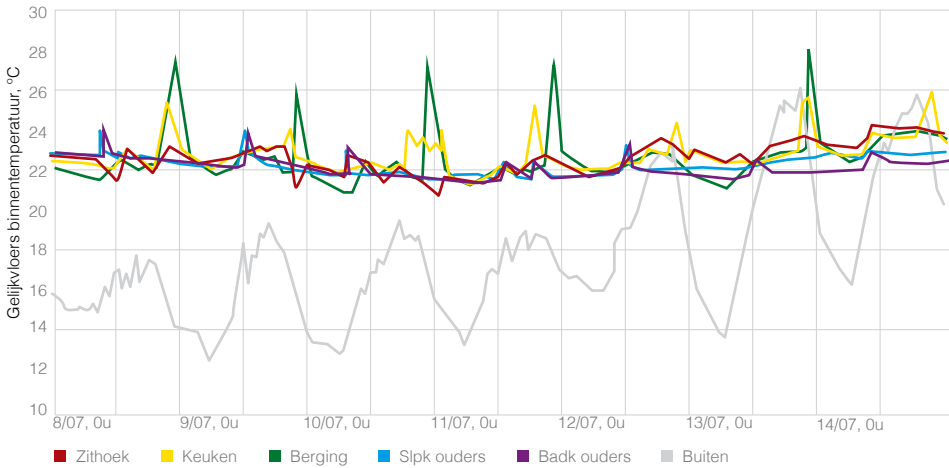
Ondertussen werden deze simulaties bevestigd door metingen ter plaatse.

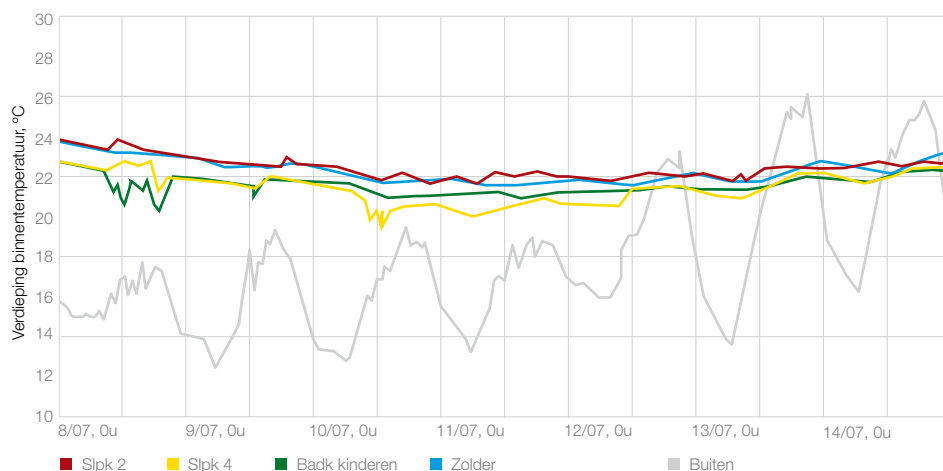
Monitoring

De volgende figuren tonen het verloop van de binnentemperatuur van een weekfragment in juli voor de diverse vertrekken van de massief passiefwoning. Deze grafiek weerspiegelt een constant verloop of uitvlakking van de binnentemperatuur, met uitzondering van enkele pieken, waaruit handelingen als het openen van een raam, het nemen van een douche, het koken, de aanwezigheid van een wasmachine en droogkast (berging)... kunnen worden afgeleid.

bufferend vermogen

We zien echter dat o.a. door het bufferende vermogen van de keramische massieve wanden met Porotherm binnenmuurstenen de pieken ook snel verdwijnen en zich terug normaliseren.





De hierboven besproken studies tonen onomstotelijk aan dat kiezen voor de geïsoleerde spouwmuur met Porothers binnenmuurstenen gelijk staat met kiezen voor thermisch comfort, zowel in zomer- als winteromstandigheden, tegen de beste prijs.

thermisch comfort

3

WAT TE ONTHOUDEN?

- Over het algemeen: hoe lichter de steen, hoe lager de λ -waarde, dus hoe beter die steen isoleert.
- Binnen EPB wordt in België gerekend met λ_{ui} - en λ_{ue} -waarden. Let op bij het vergelijken van de lambdawaarde van verschillende binnenmuurstenen: vergelijk de juiste waarden met elkaar.
- Porothers binnenmuurstenen voor traditioneel metselwerk: $\lambda_{ui} = 0,26$ W/mK is mogelijk!
- Porothers PLS *Lambda* voor verlijmd metselwerk: $\lambda_{ui} = 0,185$ W/mK. Dit is dé 'rode' bouwknopenoplossing.
- Voor het berekenen van de U-waarde van een geïsoleerde spouwmuur: zie de rekenmodule op www.porothers.be
- Een geïsoleerde spouwmuur met Porothers binnenmuurstenen staat garant voor een optimaal thermisch comfort: de muur bezit een uitstekende warmtecapaciteit en kent een belangrijke temperatuuramplitudedemping en faseverschuiving. Ideaal wanneer naar een constant binnenklimaat wordt gestreefd.
- Spouwmuren met Porothers binnenmuurstenen zijn een robuuste en gebruikersonafhankelijke oplossing voor woningen met een minimale netto-energiebehoefte en een minimaal E-peil tegen de laagste kostprijs.
- Spouwmuren met Porothers binnenmuurstenen staan garant voor het realiseren van woningen met het beste thermische comfort, zowel in de zomer als in de winter.

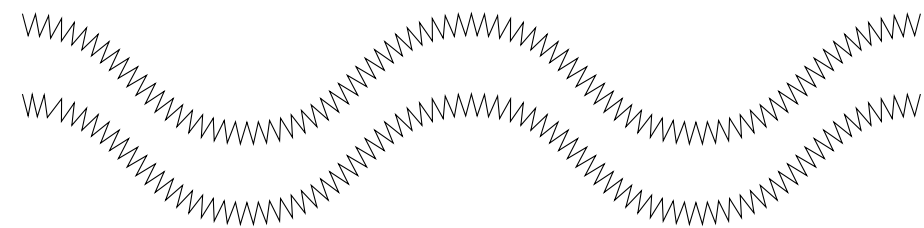


3.6. GELUID

3.6.1 WAT IS GELUID?

Om te begrijpen wat geluid is, dient men te begrijpen wat er bedoelt wordt met mechanische golven. Dit zijn golven die gebruik maken van een bepaald medium (lucht, water,...) voor de voortplanting van energie door deeltjes van dat medium in trilling te brengen. Wanneer de trilling of de beweging van die deeltjes loodrecht op de voortplantingsrichting van de energie gebeurt, spreken we van een transversale golf. Dit is vergelijkbaar met de golfbewegingen die men kan creëren in een touw door het touw op en neer te bewegen.

transversale golf



Wanneer de voortplanting van de energie evenwijdig met de trillingen gebeurt, spreken we van een longitudinale golf. Dit is vergelijkbaar met een veer die samendrukt en weer ontspant.

longitudinale golf



Geluid is een typisch voorbeeld van een longitudinale golf, een opeenvolging van drukvariaties in dezelfde richting van de voortplanting. In de afbeelding kan men dit duidelijk zien door de plaatsen waar de lijnen dichter op elkaar volgen (overdruk) en waar ze verder uit elkaar staan (onderdruk). Het is belangrijk om op te merken dat de deeltjes bewegen rond een evenwichtstoestand en er bij de meeste geluidsgolven geen fysische verplaatsingen gebeuren. De voortplantingssnelheid van een geluidsgolf in de lucht bedraagt om en bij de 340 m/s.

De frequentie komt overeen met het aantal drukvariaties, het verschil tussen onder- en overdruk, van een geluidsgolf in 1 seconde. De eenheid is Hertz (1 Hertz = 1 drukvariatie/sec). Het menselijke gehoor kan geluidsgolven waarnemen tussen 20 en 20.000 Hertz. Hoe hoger de frequentie, hoe hoger de waargenomen toon. Het oor neemt tonen op hoge frequenties beter waar dan tonen op lage frequenties.

frequentie

De amplitude is de maximale drukvariatie van een geluidsgolf. De eenheid is Pa (1 Pa = 1 N/m²). Wanneer deze drukvariatie een drempelwaarde overschrijdt, dan ervaren we dit als geluid. Deze drempelwaarde is frequentieafhankelijk en zal typisch voor lagere frequenties hoger liggen dan voor hogere frequenties. Het oor is gevoelig voor drukvariaties van 2·10⁻⁵ Pa (slechts één vijf miljardste van de atmosferische druk!) tot 20 Pa. Hoe groter de amplitude, des te sterker het geluid.

amplitude

Belangrijk is dat het menselijk gehoor slechts een beperkt deel van de geluidsgolven kan waarnemen. Dit noemt men het hoorbaar gebied. Door de sterk uiteenlopende drukvariaties is men overgestapt van een lineaire naar een logaritmische schaal.

geluidsdrukniveau

Het geluid wordt bepaald door het geluidsdrukniveau L_p ('L' van 'level'):

$L_p = 10 \log (p^2/p_{ref}^2)$, uitgedrukt in Decibel
waarin
 p = de drukvariatie van het geluid in Pa
 p_{ref} = de referentiegeluidsdruk = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Aangezien L_p een verhouding is, heeft de grootheid geen eenheden. dB is bijgevolg ook geen eenheid en wordt slechts gebruikt, zoals bijvoorbeeld '%', om te verwijzen naar de omzetting in een logaritme.

1 + 1 = 3

Wanneer we rekenen in dB, is 1 + 1 niet gelijk aan 2. Een verdubbeling van het aantal geluidsbronnen met eenzelfde vermogen, uitgedrukt in Watt, betekent een verdubbeling van de geluidsintensiteit. Een verdubbeling van de intensiteit heeft een stijging van het geluidsdrukniveau van 3 dB tot gevolg. Het totale geluidsdrukniveau van x-aantal bronnen met elk afzonderlijk een geluidsdrukniveau van 'n' dB bedraagt $[n + 10 \log (x)]$ dB. Om het geluidsdrukniveau met 10 dB te laten stijgen, moet de geluidsbron dus vertienvoudigd worden:

■ x 2 ■ ■		■ x 10 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	
50 dB	53 dB > dus + 3 dB	50 dB	60 dB > dus + 10 dB

3.6.2. WELKE NORMEN ZIJN VAN TOEPASSING?

In principe kunnen we vier grote types akoestische normen onderscheiden:

- Normen met betrekking tot de eisen
- Normen met betrekking tot de ééngetalsaanduiding
- Normen met betrekking tot de meetmethoden
- Normen met betrekking tot de rekenmethoden

Belgische normen

De akoestische eisen voor België zijn vastgelegd in de volgende normen:

- NBN S 01-400-1 (sinds januari 2008) voor woongebouwen
- NBN S 01-400-2 (sinds december 2012) voor schoolgebouwen
- NBN S 01-400 (sinds 1977) & NBN S 01-401 (sinds 1983) voor alle overige gebouwen

Dit zijn nationale normen, dat wil zeggen dat deze eisen in België bepaald worden en kunnen afwijken van de eisen die in andere Europese landen vooropgesteld worden.

Een vergelijking van de akoestische prestaties van bouwelementen en gebouwen gebeurt doorgaans op basis van ééngetalsaanduidingen, te herkennen aan de suffix 'w' (R_w , $D_{nT,w}$,...). Ook de voor België vastgelegde eisen zijn ééngetalswaarden. Vanuit Europa heeft men normen opgesteld om de resultaten van metingen, die per octaaf- of tertsband gebeuren, om te zetten naar een gewogen ééngetalswaarde. Deze waarde kan men vergelijken met een akoestisch gemiddelde van het meetspectrum. Op deze manier kunnen bouwproducten en gebouwen snel met elkaar vergeleken worden.

Het bepalen van de ééngetalswaarde gebeurt aan de hand van volgende normen:

- NBN EN ISO 717-1 voor luchtgeluidisolatie
- NBN EN ISO 717-2 voor contactgeluidisolatie

Resultaten van de luchtgeluidsverzwakkingsindex van deuren, wanden en vloeren bepaald in laboratoria worden aangeduid met de letter R. Voor het contactgeluid in laboratoria gebruikt men L_n .

Indien men metingen ter plaatse uitvoert, is het praktisch gezien bijna onmogelijk om de prestaties van een afzonderlijk element te gaan bepalen. Daarom worden de resultaten weergegeven tussen twee ruimtes of tussen een ruimte en de buitenruimte. De resultaten van dergelijke metingen resulteren in D_{nT} voor het luchtgeluidsdruk niveauverschil en L'_{nT} voor het contactgeluidsdruk niveau. Merk op dat men voor het luchtgeluid spreekt over een niveauverschil, de gemeten waarde moet dus zo hoog mogelijk liggen, waar men het contactgeluid uitdrukt aan de hand van een niveau. Deze waarde ligt dus best zo laag mogelijk.

Hieronder beperken we ons tot de regelgeving met betrekking tot de lucht- en contactgeluidsisolatie.

Bemerkt dat de normen niet louter begrenzingsopleggen aan de geluidsisolatie van de wand, maar wel, algemener, aan de geluidsisolatie tussen lokalen. De architect zal hiervoor de verantwoordelijkheid dragen. De geluidsisolatie van de wand is slechts één aspect van de geluidsisolatie tussen lokalen. Geluidlekken, verzwakkingen van de wand, flankerend geluid, omloopgeluid,... zullen op ingrijpende wijze de werkelijke geluidsisolatie bepalen. De geluidsisolatie van de wand vormt slechts de grootst haalbare bovengrens terwijl alle randvoorwaarden het eindresultaat vastleggen.

ééngetalswaarde voor luchtgeluid:
hoe groter, hoe beter

ééngetalswaarde voor contactgeluid:
hoe lager, hoe beter

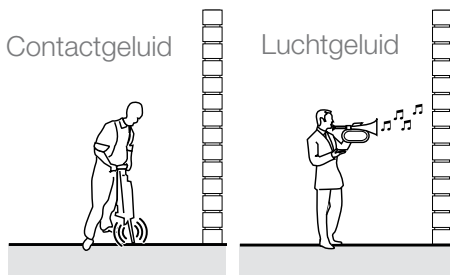
3.6.3. GELUIDSISOLATIE TUSSEN LOKALEN

Binnen het vakgebied van de akoestische isolatie onderscheiden we twee deelaspecten: enerzijds de nagalm en geluidsabsorptie binnen een lokaal, en anderzijds de geluidsisolatie tussen lokalen. Enkel het laatste aspect wordt hieronder verder besproken.

Eerst worden de soorten geluid aangehaald, gevolgd door de bespreking van een aantal grootheden en eisen opgelegd aan deze grootheden. Daarna zullen woningscheidende wanden met keramische binnenmuurstenen en praktische aandachtspunten voor fluisterstil wonen aan bod komen. Tot slot worden de Wienerberger oplossingen besproken.

A. SOORTEN GELUID

Er bestaan twee soorten geluid: luchtgeluid en contactgeluid. We gaan niet dieper in op het begrip 'omloopgeluid', dit is bv geluidsoverdracht tussen lokalen via ventilatiekanalen, kokers, verlaagde plafonds,...



definitie luchtgeluid

Met luchtgeluid worden de geluidsgolven bedoeld die door één of andere geluidsbron in de ruimte worden opgewekt. Hierbij bestaat er geen rechtstreeks contact tussen de geluidsbron en de scheidende wanden. Gesprekken, radio, TV-toestel, een muziekinstrument,... laten de lucht trillen en zijn voorbeelden van luchtgeluiden.

definitie contactgeluid

Contactgeluid is het geluid dat afkomstig is van een bron die door contact een deel van de constructie (een vloer, een wand, een trap, ...) aan het trillen brengt. De trillende constructie brengt op haar beurt de omringende lucht aan het trillen. Het heen en weer geloop van de bovenbuur, het geklop van een hamer, een deur die dichtslaat, ... zijn voorbeelden van contactgeluiden.

overdracht van luchtgeluid:

bron -> lucht -> constructie -> lucht -> waarnemer.

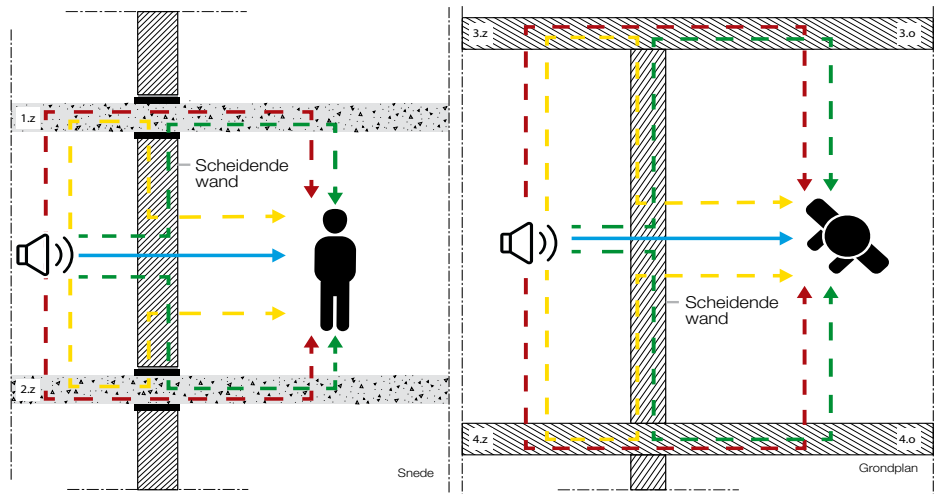
overdracht van contactgeluid:

bron -> constructie -> lucht -> waarnemer.

Om een goede geluidsisolatie tussen verschillende lokalen te bekomen, moet rekening gehouden worden met beide aspecten: luchtgeluidsisolatie en contactgeluidsisolatie.

B. DE LUCHTGELUIDSTRANSMISSIE

Bij luchtgeluidstransmissie zijn twee factoren van belang: de directe transmissie en de flankerende geluidstransmissie.



Bij de directe transmissie brengen de geluidsgolven de woningscheidende wand of vloer aan de zenzijde aan het trillen. Deze trillingen worden vervolgens aan de ontvangtzijde door de woningscheidende wand of vloer weer als geluid afgestraald. Deze transmissieweg wordt op de figuur aangeduid door de volle blauw pijl. De figuur beschouwt twee naast elkaar gelegen ruimtes.

directe transmissieweg

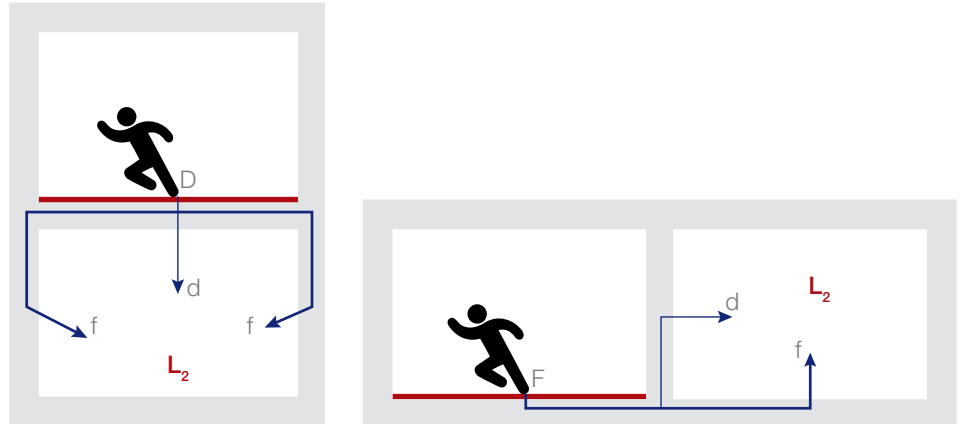
Naast de directe transmissieweg kan geluid via andere wegen naar de ontvangstruimte doordringen. De geluidsgolven doen immers ook de andere omringende wanden en vloeren trillen. Op hun beurt zullen deze wanden en vloeren de trilling doorgeven naar bouwdeelen van de ontvangstruimte, waar ze opnieuw als geluid worden afgestraald. Dit is de flankerende geluidstransmissie.

flankerende transmissieweg

Op de figuur worden de verschillende flankerende wegen aangeduid met streeplijnen. Per knoop, of met andere woorden plaats waar de bouwdeelen samen komen, zijn er drie streeplijnen getekend, dat betekent dat er drie verschillende flankerende wegen zijn. Een ruimte die begrensd wordt door twee wanden en twee vloeren die doorlopen naar de aangrenzende ruimte kent dus 4 knopen en bijgevolg $4 \times 3 = 12$ flankerende luchtgeluidstransmissiewegen. Samen met de directe transmissieweg zijn er dus dertien wegen waarlangs geluidstrillingen van het ene lokaal naar het andere kunnen gaan.

13 wegen

C. DE CONTACTGELUIDSTRANSMISSIE



Bij contactgeluidstransmissie is er eveneens sprake van directe en flankerende geluidstransmissie. Het vermogen dat in de structuur gebracht wordt door contactgeluidsbronnen is doorgaans veel hoger dan bij invallend luchtgeluid, waardoor contactgeluiden sneller als storend ervaren worden.

De figuur toont dat bij boven elkaar gelegen ruimten het geluid niet alleen afgestraald wordt door de vloerplaat, de directe contactgeluidstransmissie, maar ook door alle wanden die via een harde koppeling met de vloerplaat verbonden zijn, de flankerende contactgeluidstransmissie.

Bij twee boven elkaar gelegen ruimten is er per knoop slechts één enkele flankerende contactgeluidstransmissieweg: via de vloerplaat naar de wand. Bij een vierzijdig opgelegde vloerplaat leidt dit tot vier flankerende contactgeluidstransmissiewegen.

Tussen twee naast elkaar gelegen ruimten is er slechts één knoop ter hoogte van de scheidende wand en de vloerplaat. In deze knoop zijn er twee flankerende contactgeluidstransmissiewegen.

zwevende vloer

Een zwevende dekvloer met trillingsdempende laag is de bouwkundige oplossing om te verhelpen aan de directe en flankerende contactgeluidstransmissie.

Een maat voor de efficiëntie van de zwevende vloer is de soepelheid van de veer tussen dekvloer en draagvloer. Die wordt gekarakteriseerd door de waarde ΔL_w die terug te vinden is in de technische documentatie. Een hogere waarde voor ΔL_w betekent een soepelere veer wat tot een hogere lucht- en contactgeluidsisolatie leidt.

D. GEOMETRISCHE INVLOEDSFACTOREN

De akoestische prestaties ter plaatse worden niet alleen bepaald door de geluidsisolatie tegen directe en flankerende geluidstransmissie bij zowel lucht- als contactgeluiden.

Bij luchtgeluidsisolatie spelen ook de oppervlakte van de scheidingswand en het volume van het ontvangstlokaal een rol. Hoe groter de oppervlakte van de scheidingswand, hoe meer lawaai er afgestraald kan worden. Hoe groter het ontvangstlokaal, hoe minder storend een geluidsbron zal ervaren worden. Wanneer de diepte van de ontvangstruimte gemeten vanaf de scheidingswand meer is dan 3 meter, wordt dit als een beter akoestisch comfort ervaren. Voor naast elkaar gelegen lokalen zal de diepte regelmatig meer dan drie meter bedragen. Voor boven elkaar gelegen lokalen is de hoogte doorgaans kleiner, wat dus tot een negatief effect leidt voor de luchtgeluidsisolatie in situ.

oppervlakte scheidingswand en
volume ontvangstlokaal

Bij contactgeluidsisolatie wordt geluid eveneens als minder storend ervaren naarmate de ontvangstruimte groter wordt. Het geluid van hoge hakken, bijvoorbeeld, verspreidt zich immers over de vloerplaat en straalt af naar de ondergelegen ruimte. De scheidingsoppervlakte speelt hier geen rol, alleen het ontvangstvolumee heeft een invloed.

E. GROOTHEDEN EN EISEN

	In labo	In situ
Luchtgeluidsisolatie	$R_w(C;C_{tr})$	$D_{nT,w}$
Contactgeluidsisolatie	$L_{n,w}(C)$ of $L'_{n,w}(C)$	$L'_{nT,w}$

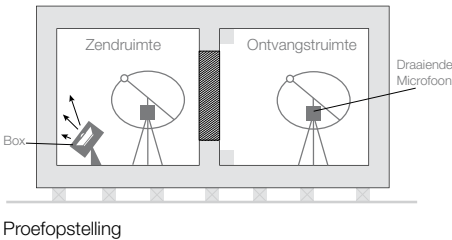
Luchtgeluidsisolatie: $R_w(C;C_{tr})$, $D_{nT,w}$ en $D_{nT,A}$

De luchtgeluidsisolatie van een bouwelement, bepaald in een laboratorium, wordt met behulp van de NBN EN ISO 717-1 aangeduid door één getal: de gewogen geluidsverzwakningsindex met aanpassingstermen: symbool: $R_w(C;C_{tr})$

- Afhankelijk van de aard van het lawaai zal ofwel de waarde $(R_w + C)$, ofwel $(R_w + C_{tr})$ gebruikt moeten worden:
- **$R_w + C$ zal te gebruiken zijn bij middelhoog en hoogfrequent geluid:** spelende kinderen; leefactiviteiten (spreken, muziek, radio, TV); snel rijdend wegverkeer (> 80 km/u); middelmatig tot snel rijdend spoorverkeer; vliegtuigen (jets) op korte afstand; bedrijven met vooral midden- tot hoogfrequent geluid.
 - **$R_w + C_{tr}$ zal te gebruiken zijn bij laagfrequent geluid:** discotheekmuziek; traag rijdend (bijvoorbeeld stedelijk) wegverkeer; traag rijdend spoorverkeer; vliegtuigen (jets) op grote afstand; propellervliegtuigen; bedrijven met vooral midden- tot laagfrequent geluid.

Geluidlekken, flankerend geluid en omloopgeluid hebben echter tot gevolg dat de luchtgeluidsisolatie van de scheidingswand slechts een bovengrens vormt van de werkelijke geluidsisolatie tussen lokalen.

De luchtgeluidsisolatie ter plaatse gemeten, zal in de beste omstandigheden gelijk, maar meestal kleiner zijn dan de gemeten geluidsisolatie van de scheidingswand in het laboratorium. Men definieert $D_{nT,w}$ als een ééngetalsaanduiding voor de gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie ter plaatse.



De huidige Belgische eisen in de norm betreffen $D_{nT,w}$ waardes. Het is echter mogelijk dat bij een herziening van de norm de eisen gekoppeld zullen worden aan $D_{nT,A}$ -waardes, die bekomen worden met de volgende formule:

$$D_{nT,A} = D_{nT,w} + C$$

Contactgeluidsisolatie: $L_{n,w}$ (C_I) of $L'_{n,w}(C_I)$, $L'_{nT,w}$ en L'_I

Het geluidsdrukniveau voor contactgeluid wordt veroorzaakt door een genormaliseerd klopparaat in het aanpalende vertrek gemeten in laboratoriumomstandigheden en volgens NBN EN ISO 717-2 herleid tot een ééngetalsaanduiding voor het genormaliseerd contactgeluidsdrukniveau $L_{n,w}$ (C_I) of $L'_{n,w}$ (C_I).

Het accent staat voor een gemeten waarde in een labo waar de flankerende geluidsoverdracht niet uitgesloten is.
 C_I is een spectrale aanpassingsterm die rekening houdt met eventuele pieken in de lage frequenties. Voor massieve draagvloeren met een efficiënte bekleding is C_I nul, C_I is positief voor houten vloeren en is circa -15 voor naakte, massieve betonvloeren. $L_{n,w} + C_I$ vormt een goede maat voor de aangevoelde hinder ten aanzien van loopgeluiden.

Ter plaatse gemeten geluidsdruk niveaus leiden tot een ééngetalsaanduiding voor het gestandaardiseerd contactgeluidsdrukniveau $L'_{nT,w}$.

De huidige Belgische eisen in de norm betreffen $L'_{nT,w}$ waardes. Het is echter mogelijk dat bij een herziening van de norm, de eisen zullen gekoppeld worden aan L'_I -waardes die bekomen wordt met de volgende formule:

$$L'_I = L'_{nT,w} + C_I$$

Eisen opgelegd in de NBN S01-400-1 voor woongebouwen

- Er worden twee niveaus onderscheiden:
- eisen ter verzekering van een ‘normaal akoestisch comfort (NAC)’
 - eisen ter verzekering van een ‘verhoogd akoestisch comfort (VAC)’

De eisen uit de eerste categorie (NAC) vormen een compromis tussen de bouwkost en het akoestische comfort en zijn gericht op een tevredenheid bij een ruime meerderheid van de gebruikers, met een akoestische bescherming tegen een normale burengeluidbelasting.

De eisen uit de tweede categorie (VAC) houden rekening met een akoestische comfortniveau waarbij meer dan 90 % van de bewoners tevreden zijn over de lucht- en contactgeluidsisolatie onder een normale geluidsbelasting.

De vereisten met betrekking tot een verhoogd akoestisch comfort zijn enkel van toepassing wanneer de initiatiefnemers van het bouwproject speciale wensen in die zin geuit hebben of wanneer de verkoper of verhuurder deze eigenschap aan de toekomstige bewoners toegezegd heeft.

Naast de eisen voor lucht- en contactgeluidsisolatie zijn er ook eisen voor gevelgeluidsisolatie, voor installatiegeluid en voor minimale akoestische absorptie in de gemeenschappelijke gangen en hallen van appartementsgebouwen. Hier beperken we ons tot de eisen opgelegd aan woningscheidende wanden en binnenwanden van een zelfde woning voor lucht- en contactgeluidsisolatie.

De tabel geeft de eisen met betrekking tot de lucht- en contactgeluidsisolatie voor afgewerkte nieuwbouw rijwoningen en appartementen.

	ZENDRUIMTE buiten de woning	ONTVANGSTRUIMTE binnen de woning	NAC	VAC
Luchtgeluid	Elke ruimte	Elke ruimte M.u.v. technische ruimte of inkomhal	$D_{nT,w} \geq 54 \text{ dB}$	$D_{nT,w} \geq 58 \text{ dB}$
	Elke ruimte van een nieuwbouw rijwoning	Elke ruimte (nieuwbouw rijwoning) Muv technische ruimte	$D_{nT,w} \geq 58 \text{ dB}$	$D_{nT,w} \geq 62 \text{ dB}$
Contact	Elke ruimte	Elke ruimte M.u.v. technische ruimte of inkomhal	$L'_{nT,w} \leq 58 \text{ dB}$	$L'_{nT,w} \leq 50 \text{ dB}$

	ZENDRUIMTE binnen de woning	ONTVANGSTRUIMTE binnen de woning	NAC	VAC
Luchtgeluid	Slaapkamer, keuken, woonkamer, badkamer	Slaapkamer, studeerruimte	$D_{nT,w} \geq 35 \text{ dB}$	$D_{nT,w} \geq 43 \text{ dB}$
Contact	Slaapkamer, keuken, woonkamer, badkamer	Slaapkamer, studeerruimte	-	$L'_{nT,w} \leq 58 \text{ dB}$

Merk hierbij op dat de eisen opgelegd aan $D_{nT,w}$ strenger zijn naarmate de ééngetalsaanduiding groter wordt. Het gaat immers om een verzwakkingsindex: hoe groter het getal, hoe groter de verzwakking van de luchtgeluiden, hoe beter de geluidsisolatie.

eisen strenger als $D_{nT,w}$ groter

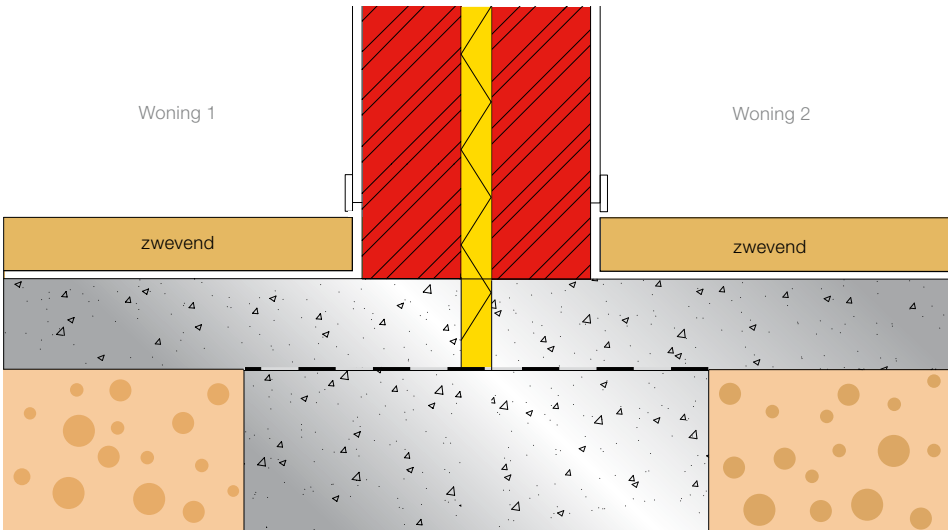
De eisen opgelegd aan $L'_{nT,w}$ daarentegen zijn strenger naarmate de ééngetalsaanduiding kleiner wordt. Hier gaat het inderdaad om een geluiddrukkniveau, hoe kleiner het getal, hoe minder de contactgeluiden worden waargenomen in het onderliggende lokaal, dus hoe beter de contactgeluidsisolatie.

eisten strenger als $L'_{nT,w}$ kleiner

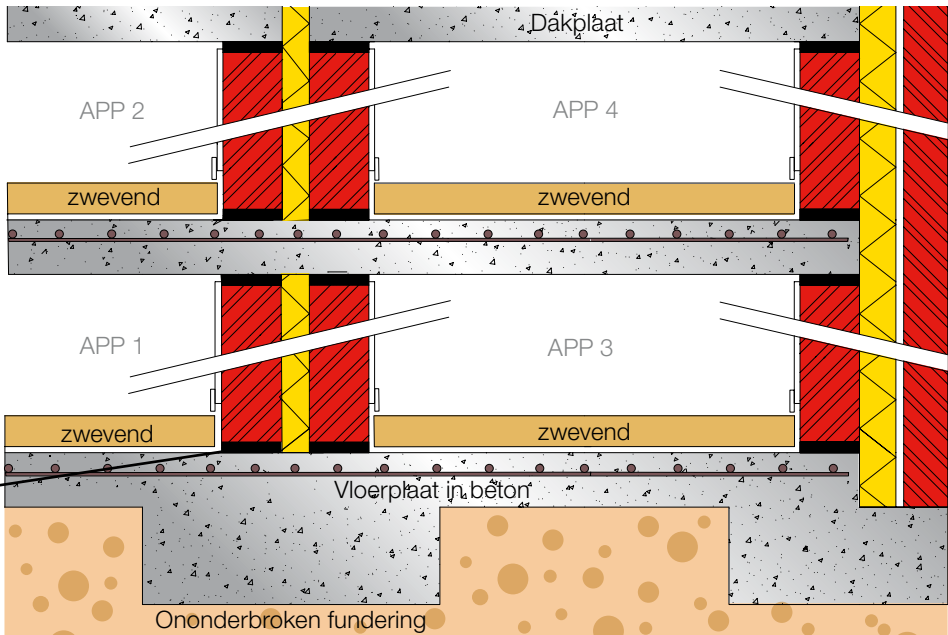
3.6.4. WONINGSCHIEDENDE WANDEN MET KERAMISCHE BINNENMUURSTENEN

Het massa-veer-massa principe wordt als dé akoestische oplossing voorgeschreven voor woningscheidende wanden met keramische binnenmuren. Massa is belangrijk maar het akoestisch ontkoppelen zal de akoestische performantie sterk verhogen. Het gebruik van akoestische ontkoppelingssystemen, ‘akoestisch isolerende muurstroken’, onder- en bovenaan de muren hebben hun nut reeds bewezen. Deze muurstroken zijn onontbeerlijk in een ontwerp met doorlopende betonvloeren waarin een goed akoestisch comfort wordt verwacht.

Principeschets: woningen



Principeschets: appartementen



SonicStrips: akoestisch isolerende muurstroken
De rubberen muurstroken koppelen de muren los van vloeren en/of gewelven, waardoor flankerend geluid onderdrukt wordt.

A. HOE DE LUCHTGELUIDSISOLATIE VERBETEREN?

De luchtgeluidsisolatie van een scheidingswand zal beter zijn wanneer de massa van de wand groter is, of wanneer de wand ont dubbeld wordt volgens het massa-veer-massaprincipe, of een combinatie van beide.

Zware wanden zorgen voor een betere akoestische isolatie, omdat zij moeilijker aan het trillen gebracht worden door een geluidsgolf, maar het vergroten van de massa van de scheidingswand heeft enkele belangrijke nadelen: een dikke zware wand vraagt om bredere en zwaardere funderingen, er blijven grote warmteverliezen door geleiding en ook de contactgeluiden blijven een probleem vormen.

Elk materiaal heeft een eigenfrequentie waarop het makkelijker trilt. Wanneer de frequentie van de invallende geluidsgolf samenvalt met de eigenfrequentie van de wand is de geluidsisolatie slecht. Deze frequentie is afhankelijk van de buigstijfheid en de oppervlaktemassa van het materiaal. Op de figuur geeft de groene lijn het verband tussen de geluidsisolatie en de frequentie bij een enkelvoudige wand.

Het ont dubbelen van een wand heeft tot gevolg dat de twee wandelementen zich bij bepaalde frequenties gaan gedragen als een massa-veer-massa systeem. De geluidsisolatie is beter dan bij een enkele wand met gelijk totaalgewicht. De binnenmuurstenen vormen de massa, de isolatie in de luchtspouw tussen beide wanden vormt de veer. Met andere woorden: het soepel isolatiemateriaal dempt de geluidsgolven. Bijkomend kan hiermee voldaan worden aan de EPB-regelgeving.

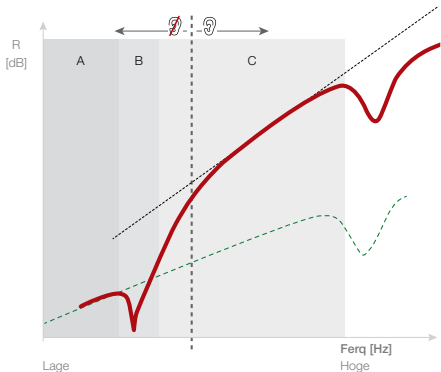
Dubbele wanden volgens het massa-veer-massasysteem zijn veel efficiënter om tot hoge geluidsisolatieprestaties te komen dan enkelvoudige wanden met hetzelfde globale gewicht. (zie de rode lijn op de figuur)

Bij zeer lage tonen is de geluidsisolatie gelijkaardig bij beide wanden (zone A). Bij stijgende frequentie (zone B) bereikt het massa-veer-massasysteem snel zijn resonantiefrequentie, maar daarna neemt de geluidsisolatie pijlsnel toe (zone C). De toename gebeurt veel sneller dan bij enkelvoudige wanden met dezelfde totale massa. Voor de hogere frequenties wordt bijgevolg een veel grotere geluidsisolatie bekomen dan bij enkele wanden.

Wil men een hoge geluidsisolatie dan ligt de resonantiefrequentie best lager dan 50 Hz. De gehoorgevoeligheid neemt snel af in de lage frequenties (< 125 Hz). Desalniettemin is de aandacht voor de geluidsisolatie in het laagfrequente gebied belangrijk, temeer omdat het menselijke gehoor kleine toenames van de geluidssterkte bij lage frequenties (< 125 Hz) als krachtiger ervaart dan eenzelfde toename bij middelhoge frequenties. Dit betekent concreet dat voor burenlawaaihinder zoals muziek, televisie, computergames,... met krachtige beats (frequentie ca 63 Hz) een waargenomen geluid van de burensneller als storend ervaren zal worden. Een gebrekkige geluidsisolatie als gevolg van een te hoge resonantiefrequentie komt vooral voor bij lichte constructies zoals houtskeletbouw. In het geval van een woningscheidende wand opgebouwd uit keramische binnenmuurstenen met een spouw van 4 cm gevuld met soepele isolatie is de resonantiefrequentie voldoende laag om als niet storend te worden ervaren.

zware wanden isoleren akoestisch beter

nadelen van een zware wand



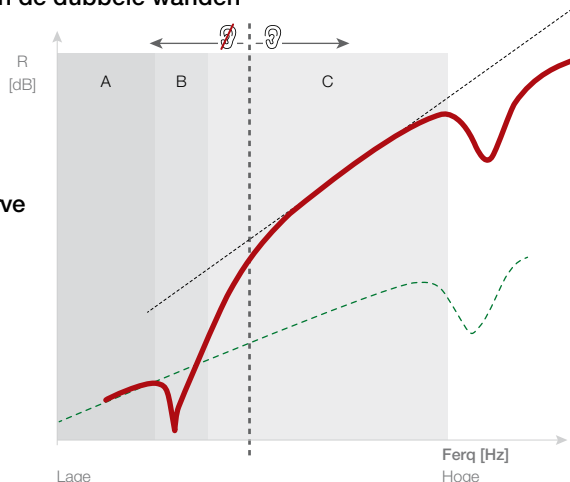
massa-veer-massa = efficiënte geluidsisolatie

Hoe zwaarder de keramische binnenmuursteen, hoe beter de geluidsisolatie van het massa-veer-massasysteem.

Samenvatting over de werking van de dubbele wanden

Drie belangrijke gebieden in de curve

- A. Het systeem volgt de massawet
- B. De isolatie daalt bij de resonantiefrequentie
- C. De veerkracht ‘brengt’ de akoestische golf ‘slecht over’ en de isolatie is veel groter dan verwacht volgens de massawet



B. HOE DE CONTACTGELUIDSISOLATIE VERBETEREN?

Alle mogelijke contactgeluiden, bijvoorbeeld, slaande deuren, liftmotoren, verschuiven van meubilair, lopende bovenburen, ... produceren krachtige trillingen en liggen aan de basis van talrijke klachten met betrekking tot het contactgeluidsniveau in de ontvangstruimte.

In appartementsgebouwen bijvoorbeeld zullen de trillingen in de aangestoten wand of vloer zich verspreiden in alle richtingen, dus zowel naar de onderbuur, als naar de nevenbuur tot zelfs de bovenbuur.

Om een voldoende laag contactgeluidsniveau te bekomen in de ontvangstruimte is een correct gedetailleerde vloeropbouw onontbeerlijk.

Een goede reductie van het contactgeluidsniveau wordt bekomen door:

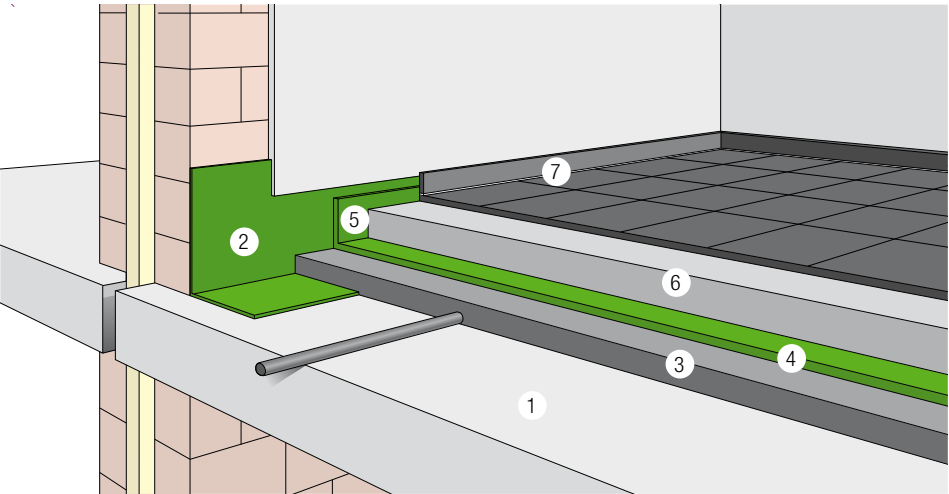
- te verhinderen dat de vloer in trilling wordt gebracht, door op de vloer een dik tapijt of ander dempend materiaal aan te brengen.
- te verhinderen dat de vloer zijn trillingen kan overzetten op de structuur van het gebouw door gebruik te maken van een zwevende dekvloer, die volledig losgekoppeld is van de dragende structuur.

Het toepassen van soepele vloerbekledingen alleen (tapijten, linoleum,...) is niet voldoende volgens de Belgische akoestische norm NBN S 01-400-1:2008 voor woningbouw. De norm stelt immers dat de eisen ook gehaald moeten worden voor vloeren zonder vloerbedekking. Een zwevende vloerconstructie zal dus steeds noodzakelijk zijn.

Opbouw van een zwevende vloerconstructie

De opbouw van een zwevende vloer is verschillend naar gelang er akoestische muurstroken onder de wanden aanwezig zijn of niet.

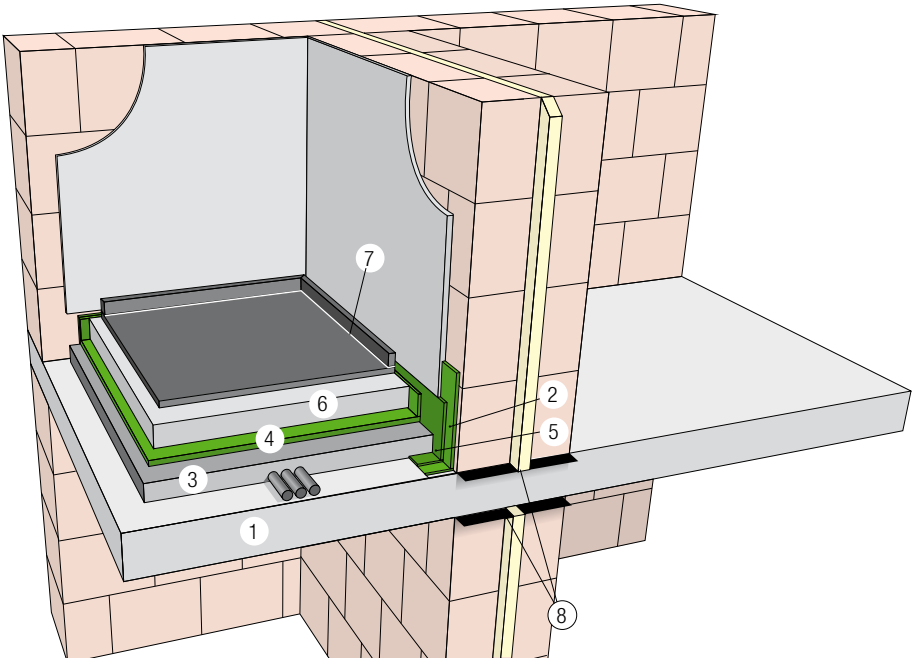
Onderstaande figuur geeft de opbouw van een zwevende vloer bij constructies zonder akoestische muurstroken.



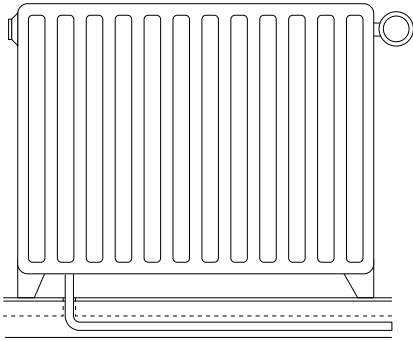
1. draagvloer
2. luchtdichtheidsfolie
3. (thermisch verbeterde) uitvullingslaag
4. elastische tussenlaag
5. randcontactisolatie
6. dekvloer
7. soepele voeg tussen plint en vloer

In het geval er luchtdichtheidsfolies worden gebruikt moet de randcontactisolatie afgesneden worden met een speciaal beveiligd mes zodat de luchtdichtheidsfolie niet doorgesneden wordt.

De volgende figuur geeft de opbouw van een zwevende vloer bij constructies met akoestische muurstroken.



1. draagvloer
2. luchtdichtheidsfolie
3. (thermisch verbeterde) uitvullingslaag
4. elastische tussenlaag
5. randcontactisolatie
6. dekvloer
7. soepele voeg tussen plint en vloer
8. Sonic strip



Buisleidingen mogen de zwevende dekvloer niet verbinden met de dragende constructie.

In dit geval wordt de luchtdichtheid steeds gegarandeerd door het toepassen van een luchtdichtheidsfolie. Een cementering vormt een akoestische brug tussen de wand en de draagvloer.

Er moeten randstroken voorzien worden voor de uitvullingslaag geplaatst wordt.

Gebeurt dit niet, dan wordt de bovenste deelwand toch gekoppeld aan de draagvloer.

Aandachtspunten:

- de trillingsdempende laag onder een zwevende dekvloer mag niet te stijf zijn (geen harde isolatie)
- er mogen geen contactbruggen zijn tussen de zwevende dekvloer en de dragende structuur:
 - buisleidingen mogen de zwevende dekvloer niet verbinden met de structuur
 - de plinten onderaan de wanden vormen geen contact met de zwevende dekvloer
 - een randisolatie wordt geplaatst tussen de wand en de zwevende dekvloer
 - de elastische tussenlaag mag niet geperforeerd worden als gevolg van granulaten, spijkers,...
 - de elastische tussenlaag moet met voldoende overlapping geplaatst worden
 - Bij poreuze elastische tussenlagen moet een PE-folie boven de laag gelegd worden om het indringen van dekvloerspecie in de laag te verhinderen.

Al vanaf enkele contactbruggen neemt de geluidsisolatie snel af.

- Leidingen worden steeds verwerkt in een uitvullingslaag zodat de elastische tussenlaag op een nette vlakke ondergrond kan geplaatst worden.
- ook wanneer het onderliggende vertrek geen verblijfsruimte is waaraan akoestische eisen worden gesteld, moet contactgeluidsisolatie voorzien worden.

C. HOE AANSLUITEN OP EEN HELLEND DAK?

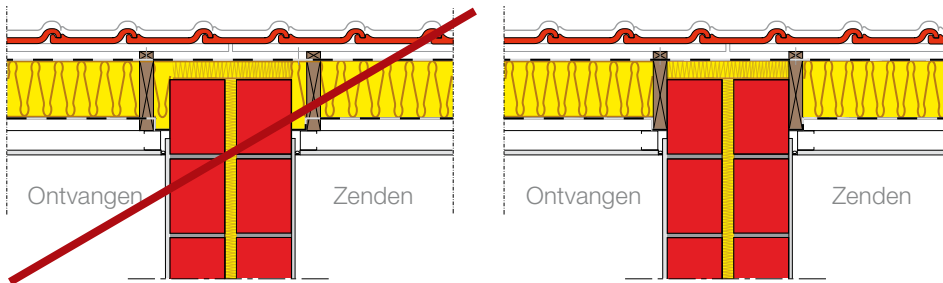
De aansluiting van de woningscheidende wand met de dakconstructie vraagt de nodige aandacht. Harde koppelingen tussen beide deelwanden en een verzwakking van de geluidsisolatie door omloopgeluiden moeten vermeden worden.

Eerst wordt de aansluiting op een traditioneel hellend dak besproken, vervolgens komen de dakconstructies op basis van enkelschalige dakelementen en sandwichpanelen aan bod.

Hellende daken op basis van traditionele constructies of geprefabriceerde spanten

Doorlopende stijve constructieonderdelen die hard verbonden zijn met de deelwanden van de woningscheidende wand worden zoveel mogelijk vermeden. Het onderdak mag eventueel wel doorlopen, aangezien de hierdoor teweeggebrachte verliezen miniem zijn.

De reden waarom de eisen met betrekking tot de luchtgeluidsisolatie niet bereikt worden, ligt meestal bij het omloopgeluid. Wanneer de kepers of spantbenen niet tegen de deelwanden geplaatst zijn, kan er een akoestische verzwakking ontstaan. Het omloopgeluid kan aan de zenzijde door de binnenafwerking dringen, zijn weg doorheen de thermische isolatie (die laag frequent nauwelijks geluidsisolerend is) vervolgen, om tenslotte via de binnenafwerking aan de ontvangstzijde afgestraald te worden. De geluidsisolatie voor deze transmissieweg bedraagt doorgaans 50 dB, hetgeen onvoldoende is.

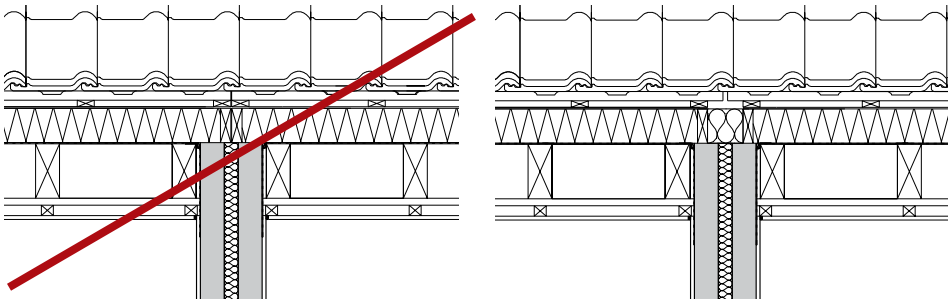


Door de keper of het spant tegen beide deelwanden te plaatsen, met een spleetopening van minder dan 1 cm, die eventueel afgekit wordt, en het gebruik van een akoestisch absorberend product zoals minerale wol, wordt de geluidsisolatie voor deze transmissieweg aanzienlijk verbeterd. Veelal bedraagt de geluidsisolatie in dit geval meer dan 60 dB. Het eventuele geluid dat via kleine kiertjes tussen de kepers of spanten en de deelwanden zou doordringen, is in de regel hoogfrequent en wordt probleemloos door de minerale wol geabsorbeerd.

Hellende daken op basis van enkelschalige dakelementen en sandwichpanelen

Dergelijke dakelementen zijn doorgaans opgebouwd uit een dunne onderafwerking, twee zijbalkjes en een thermisch isolerende schuimvulling. De geluidsisolatie ervan is eerder zwak. In veel gevallen worden de dakelementen continu over de woningscheidende wand doorgeplaatst.

Dit leidt tot een zeer slechte overlangse geluidsisolatie. Zonder extra verlaagd plafond kan de geluidsisolatie tussen beide woongelegenheden kleiner worden dan 30 dB. Verder bestaat er een groot risico op geluidlekken in de aansluiting tussen de gemene muur en de dakelementen, wat de situatie nog kan verergeren.



Om hieraan te verhelpen en om tegemoet te komen aan eisen met betrekking tot brandveiligheid en bouwknopen toont de bovenstaande figuur een mogelijke oplossing.

De dakelementen worden ter hoogte van de woningscheidende wand van elkaar geschoven, ze blijven evenwel nog voldoende op de muur liggen. Eventuele openingen tussen het metselwerk en de onderzijde van de dakpanelen worden afgedicht. Tussen de dakpanelen wordt minerale wol geplaatst. Er wordt een extra onderdakfolie geplaatst ter hoogte van de woningscheidende wand. Wanneer er specifieke eisen naar luchtdichtheid zijn, wordt de onderafwerking van de dakelementen met een luchtdichte folie aangesloten op de deelwanden.

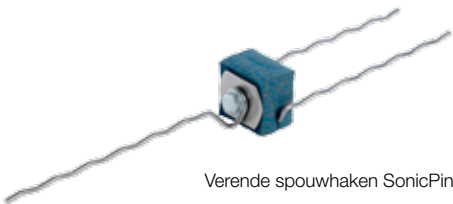
Om te beantwoorden aan de criteria voor een verhoogd akoestisch comfort dient men zowel voor rijwoningen als voor appartementen aan minstens één en bij voorkeur aan beide zijden een verlaagd ontkoppeld plafond te voorzien op basis van 2 x 12,5 mm dikke gipsplaten.

Het aanbrengen van een dergelijk ontkoppeld verlaagd plafond zal in veel gevallen bovendien noodzakelijk zijn om te voldoen aan de eisen met betrekking tot de gevelgeluidswering.

D. DE GEVEL TER HOOGTE VAN DE WONINGSSCHEIDENDE WAND

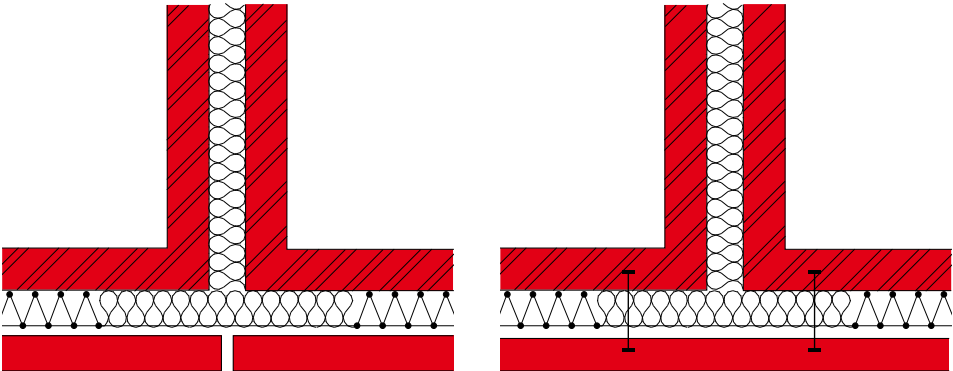
Het binnen- en buitenspouwblad mag niet doorlopen over de twee woongelegenheden. De binnenspouwbladen zijn van elkaar gescheiden door een met soepele isolatie gevulde spouw. Het gevelmetselwerk wordt bij voorkeur onderbroken door een verticale elastisch opgevulde voeg ter hoogte van de woningscheidende binnenwanden of er kan ook gebruik gemaakt worden van akoestische spouwankers, de SonicPin.

Om geluidsoverdracht via de spouw of spouwisolatie van de geïsoleerde spouwmuur te beperken kan ter hoogte van de woningscheidende wand een opencellige thermisch isolatie als spouwisolatie geplaatst worden. Geluid in de spouw zal op die manier gedempt worden. Vooral wanneer ramen aanwezig zijn in de nabijheid van de woningscheidende wand moet hieraan aandacht besteed worden.



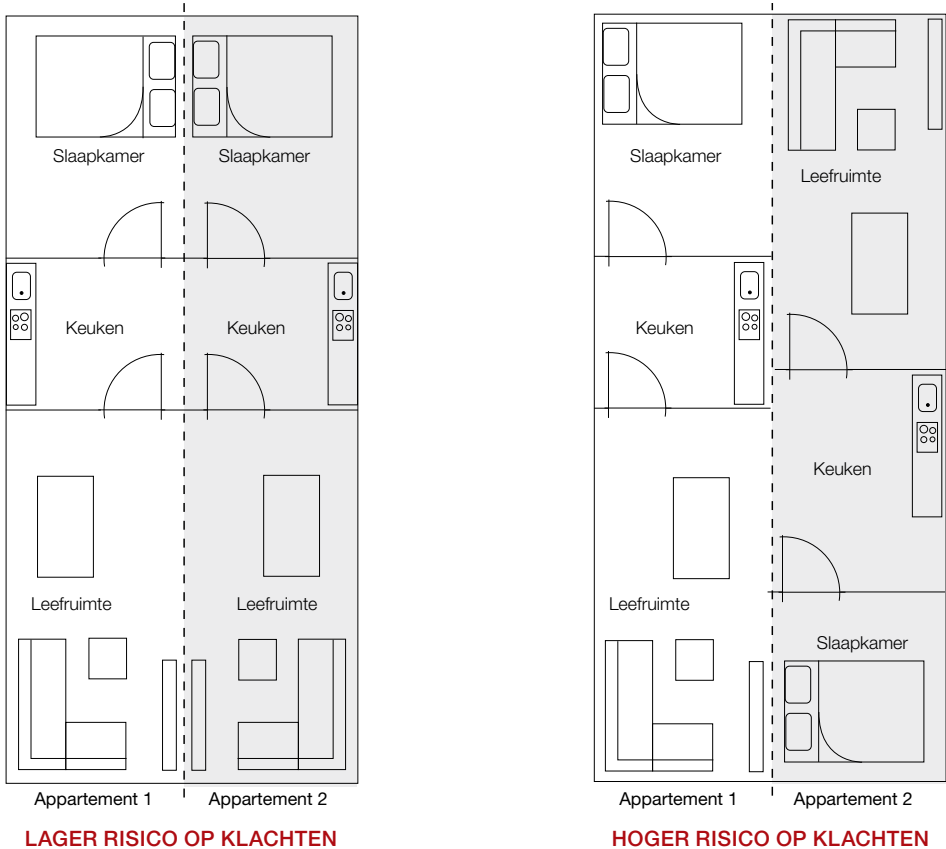
Verende spouwankers SonicPin

Om te voldoen aan de akoestische gevelisolatie-eisen in NBN S01-400-1 en om geluidsoverdracht door omloopgeluid te beperken, moeten akoestisch gedempte ventilatieroosters toegepast worden.



E. EEN DOORDACHT ONTWERP VOORKOMT KLACHTEN OVER GELUIDSISOLATIE

Een doordachte indeling en schakeling van verschillende woongelegenheden kan veel klachten over geluidsisolatie voorkomen.

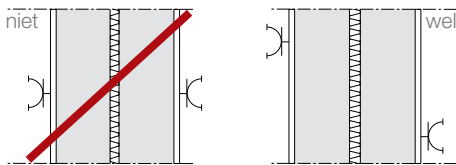


Het akoestisch comfort wordt verhoogd wanneer een bufferruimte zoals een zolder, garage,... gerealiseerd wordt tussen de randcontacten, zoals daken en funderingen, en de bouwlagen waar de slaapkamers en de leefruimtes zich bevinden. Die bufferruimtes vergroten de afstanden tot de randkoppelingen van de woningscheidende wand, hetgeen leidt tot een beter akoestisch comfort op de verdiepingen waar geslapen en geleefd wordt.

Elke verzwakking van de wanddikte van de woningscheidende wand moet vermeden worden. Er mogen geen luidruchtige technische installaties in de woningscheidende wand ingebouwd worden: geen afvoerleidingen van water, geen spoelbakken van toiletten,...

Een uitzondering mag gemaakt worden voor elektrische leidingen die over een beperkte dikte worden ingeslepen en die nadien volledig dicht gepleisterd worden.

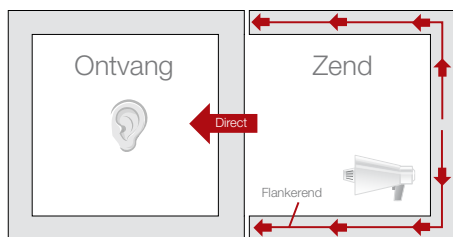
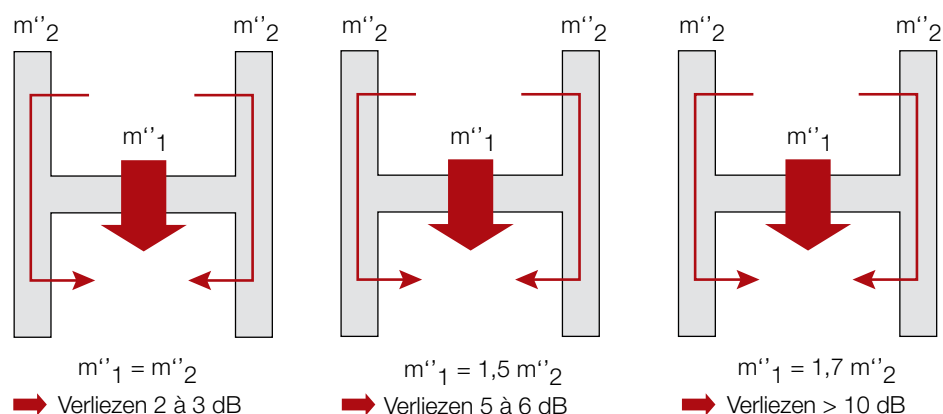
In de woningscheidende wand mogen geen stopcontacten ingebouwd worden omdat deze het risico inhouden van een verzwakking van de wand en van contactbruggen tussen de beide wandhelften van de ankerloze spouwmuur.



Wanneer uitzonderlijk toch een stopcontact in de woningscheidende wand wordt ingebouwd, wordt gebruik gemaakt van speciale luchtdichte geluiddempende inbouwdozen. Hierbij mogen nooit op dezelfde plaats in beide spouwbladen van de ankerloze spouwmuur twee stopcontacten ingewerkt worden, maar dient er een voldoende afstand gerespecteerd te worden.

Binnen één woongeleghenheid kan de geluidsisolatie tussen twee lokalen sterk verminderen door flankerend geluid.

Lichte zijdelingse wanden veroorzaken via flankerende transmissie grote verliezen ten aanzien van de directe geluidsisolatie. De volgende figuur toont een schatting van de isolatievermindering door flankerend geluid afhankelijk van het gewicht van de wanden:



Flankerende wanden loskoppelen

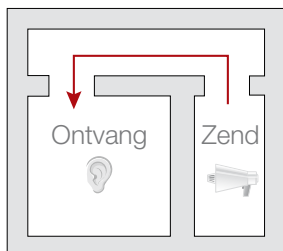
Flankerende geluidsoverdracht kan op de volgende manieren beperkt worden:

- zwaardere zijdelingse wanden gebruiken: deze zijn moeilijker aan het trillen te brengen.
- flankerende wanden loskoppelen.

Tot slot moet de ontwerper bij het uitwerken van zijn concept de wegen herkennen waarlangs het geluid zich naar aanpalende ruimten kan voortplanten door omloopgeluid.

Voorbeelden van dergelijke ruimten:

- spouw tussen het dakbeschot en de pannen
- verlaagd plafond in contact met twee naastliggende vertrekken
- lift- of leidingenkokers die grenzen aan verschillende vertrekken
- gang of trappenhuis met (akoestisch zwakkere) deuren als verbinding tussen de lokalen
- geluid via de buitenomgeving of luchtsponw, door rolluikkasten, ramen en ventilatieroosters, ...



Grondplan.
Opletten voor omloopgeluiden

3.6.5. DE WIENERBERGER OPLOSSINGEN

Normaal akoestisch comfort of verhoogd akoestisch comfort vergt veel meer dan het gebruik van een zwaar materiaal. Het vergt een systeemaanpak, een intelligente oplossing.

Daarom heeft Wienerberger in samenwerking met het WTCB en KU Leuven heel wat onderzoek verricht waarin niet de materialen worden getest, maar de systemen tussen twee woonconfiguraties.

Dit onderzoek leidde tot een aantal principeoplossingen om verhoogd akoestisch comfort te bereiken.

Wienerberger werkt vandaag verder aan oplossingen voor normaal akoestisch comfort en doet verder onderzoek naar de meest optimale ontwerpregels met keramische materialen om zowel normaal akoestisch comfort als verhoogd akoestisch comfort te bereiken.

Ook heeft Wienerberger diepgaand onderzoek uitgevoerd naar de karakteristieken van akoestische ontkoppelingstrips. Zo kan Wienerberger een kwalitatieve systeemoplossing aanbieden.

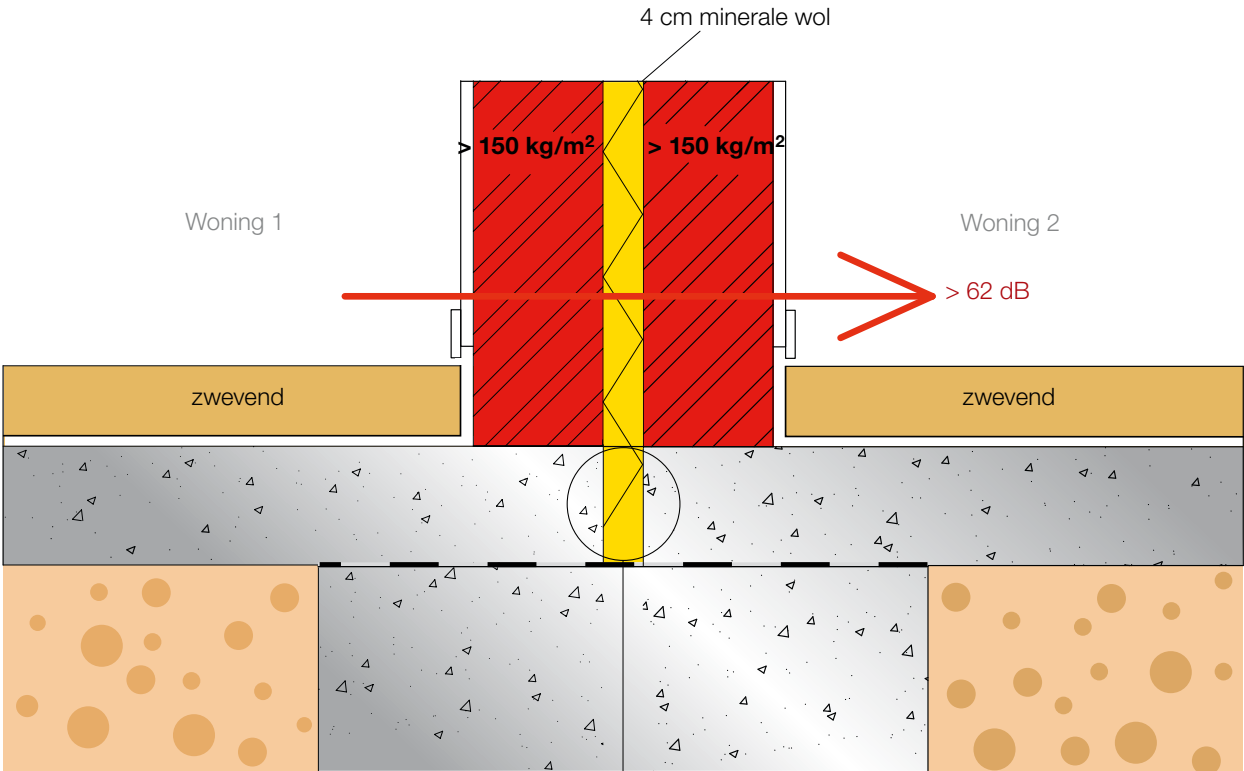
In een eerste deel worden de resultaten weergegeven volgend uit het eerste onderzoek in samenwerking met het WTCB en KU Leuven naar systeemoplossingen voor verhoogd akoestisch comfort. In een tweede deel worden de karakteristieken van de SonicStrip, de akoestische ontkoppelingstrip, besproken.

A. DE WIENERBERGER OPLOSSINGEN VOOR FLUISTERSTIL WONEN

EENGEZINSWONING

TOEPASSING 1: WONINGSCEIDENDE WANDEN TUSSEN EENGEZINSWONINGEN

ONDERBROKEN FUNDERING, VERHOOGD AKOESTISCH COMFORT, $D_{nT,w} > 62$ DB



MATERIALEN

- scheidingsmuur 2 x 150 kg/m²
- 4 cm minerale wol

Kan ook met harde thermische isolatie

Deze voorgestelde oplossing is onderhevig aan randvoorwaarden.

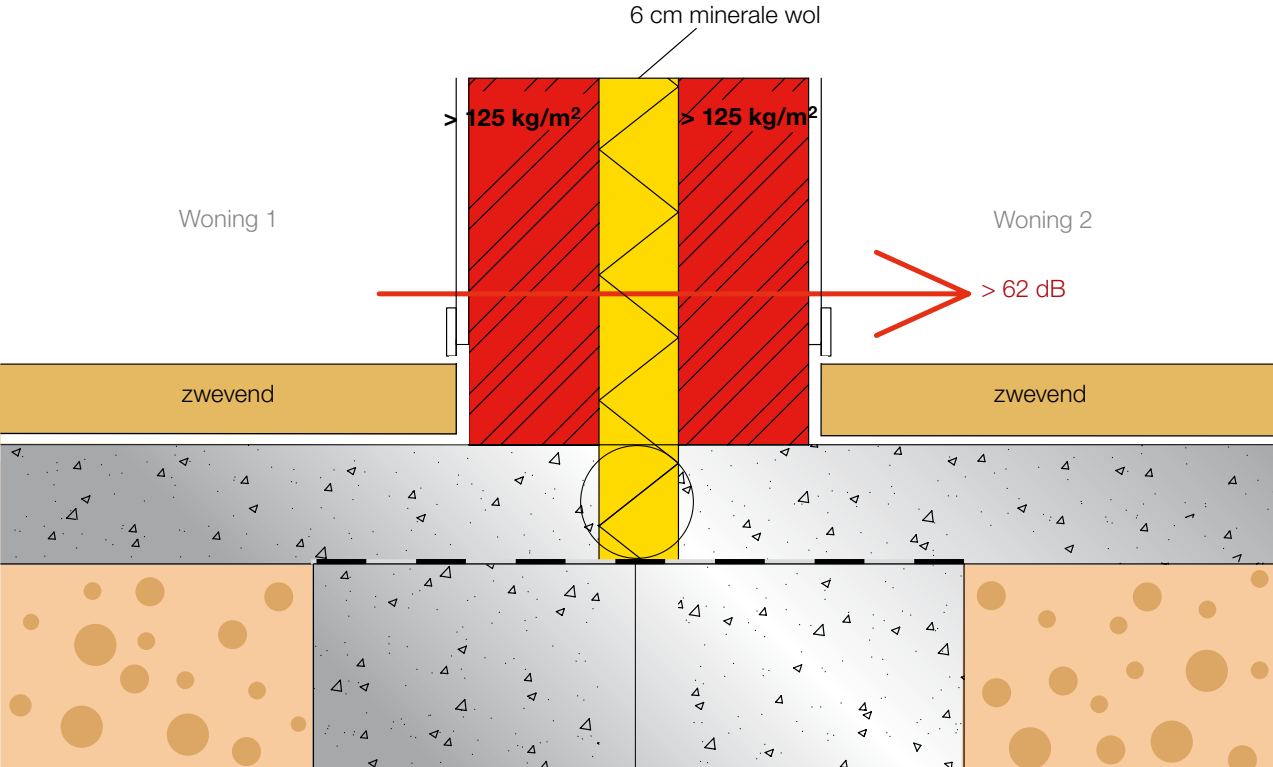
Type steen	Min. breedte van de steen	Oppervlakte massa wand, inclusief (lijm)mortel en pleister (kg/m²)
Powerbrick	138	> 150
Powerbrick Rendement Plus	138	> 150
Thermobrick	188	> 150
Thermobrick Rendement Plus	188	> 150
PLS	188	> 150

Technische fiches zie www.porotherm.be

EENGEZINSWONING

TOEPASSING 2: WONINGSCHIEDENDE WANDEN TUSSEN EENGEZINSWONINGEN

ONDERBROKEN FUNDERING, VERHOOGD AKOESTISCH COMFORT, $D_{nT,w} > 62 \text{ dB}$



MATERIALEN

- scheidingsmuur 2 x 125 kg/m²

Kan ook met harde
thermische isolatie

Deze voorgestelde oplossing is
onderhevig aan randvoorwaarden.

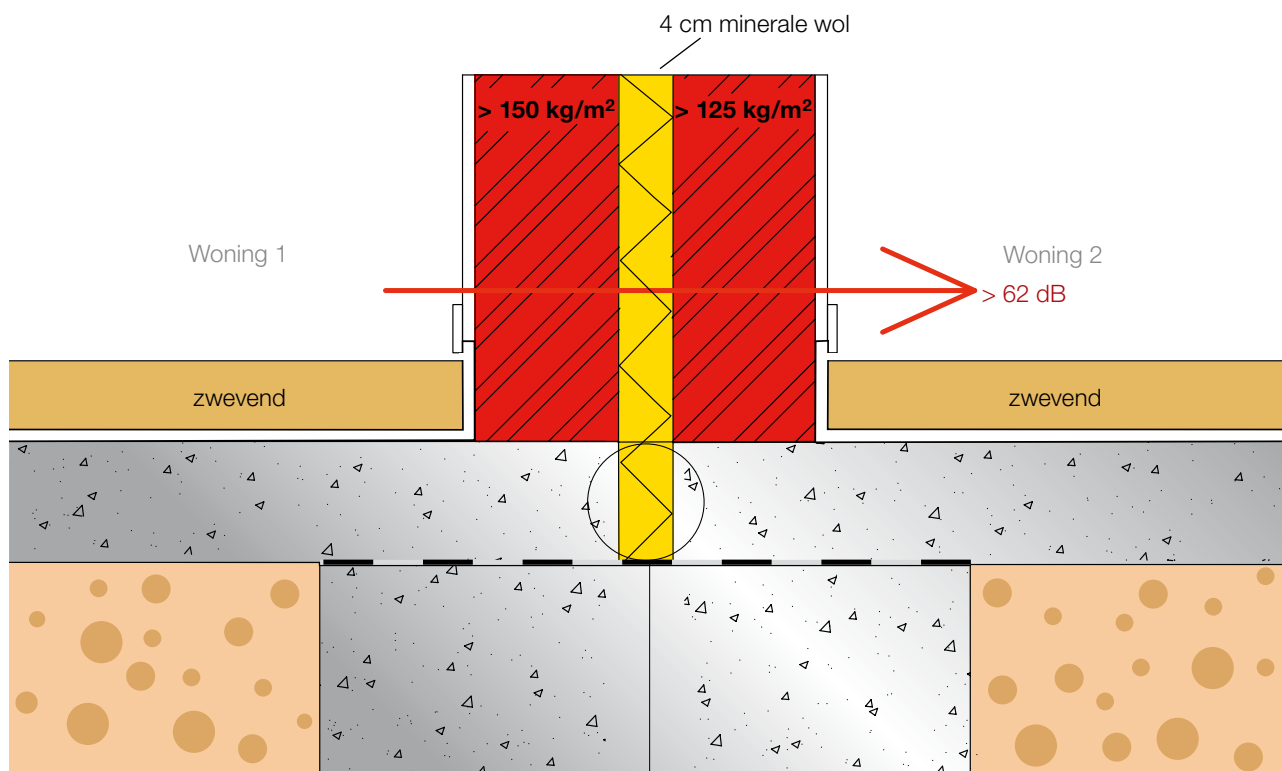
Type steen	Min. breedte van de steen	Oppervlaktemassa wand, inclusief (lijm)mortel en pleister (kg/m²)
Powerbrick	138	> 125
Powerbrick Rendement Plus	138	> 125
Thermobrick	138	> 125
Thermobrick Rendement Plus	138	> 125
PLS	138	> 125

Technische fiches zie www.porotherm.be

EENGEZINSWONING

TOEPASSING 3: WONINGSCHIEDENDE WANDEN TUSSEN EENGEZINSWONINGEN

ONDERBROKEN FUNDERING, VERHOOGD AKOESTISCH COMFORT, $D_{nT,w} > 62\text{ dB}$



MATERIALEN

- scheidingsmuur 150 kg/m²
- 4 cm minerale wol
- scheidingsmuur 125 kg/m²

Kan ook met harde
thermische isolatie

Deze voorgestelde oplossing is
onderhevig aan randvoorwaarden.

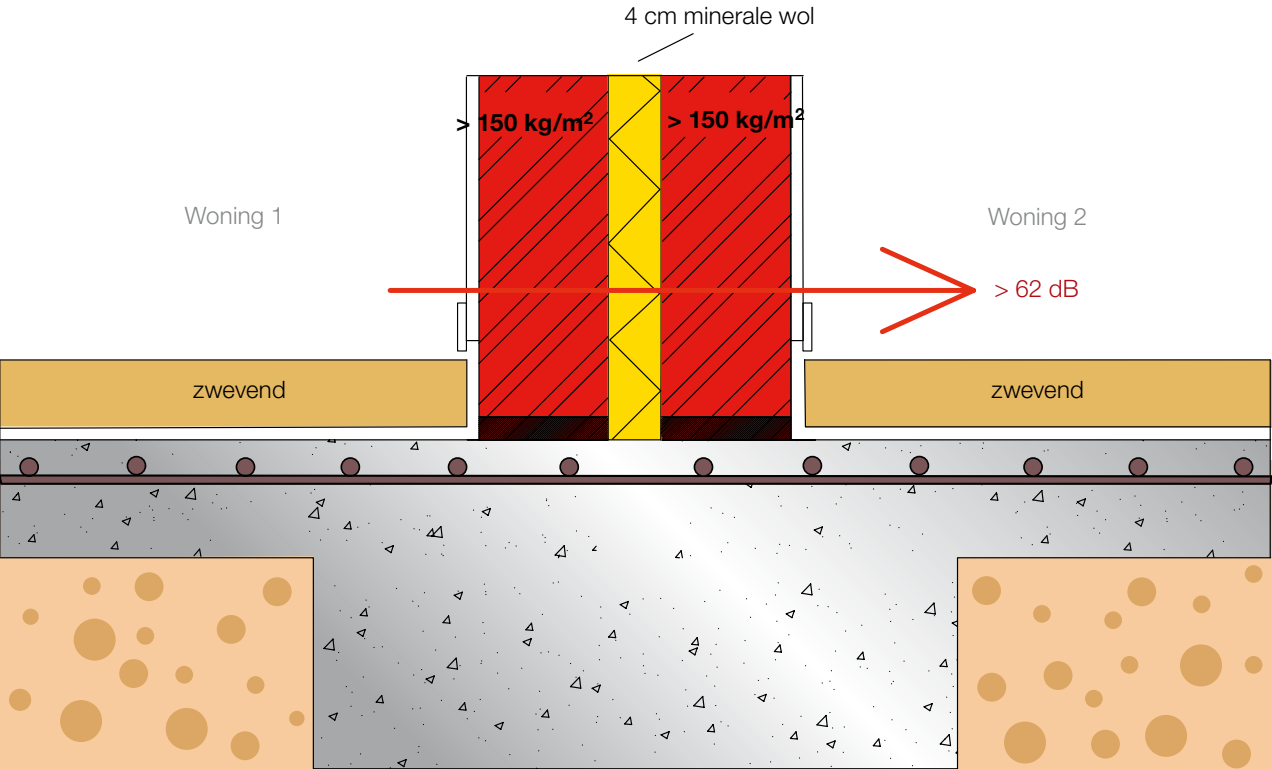
Type steen	Min. Breedte van de steen	Oppervlaktetmassa wand, inclusief (lijm)mortel en pleister (kg/m²)
Powerbrick	138	> 125
Powerbrick	188	> 150
Powerbrick Rendement Plus	138	> 125
Powerbrick Rendement Plus	188	> 150
Thermobrick	138	> 125
Thermobrick	188	> 150
Thermobrick Rendement Plus	138	> 125
Thermobrick Rendement Plus	188	> 150
PLS	138	> 125
PLS	188	> 150

Technische fiches zie www.porotherm.be

EENGEZINSWONING

TOEPASSING 4: WONINGSCHIEDENDE WANDEN TUSSEN EENGEZINSWONINGEN

GEMEENSCHAPPELIJKE FUNDERING, VERHOOGD AKOESTISCH COMFORT, $D_{nT,w} > 62 \text{ dB}$



MATERIALEN

- scheidingsmuur 2 x 150 kg/m²
- 4 cm minerale wol
- SonicStrip
- zwevende vloeren noodzakelijk, ook op gelijkvloers

Type steen	Min. breedte van de steen	Oppervlakte massa wand, inclusief (lijm)mortel en pleister (kg/m²)
Powerbrick	138	> 150
Powerbrick Rendement Plus	138	> 150
Thermobrick	188	> 150
Thermobrick Rendement Plus	188	> 150
PLS	188	> 150

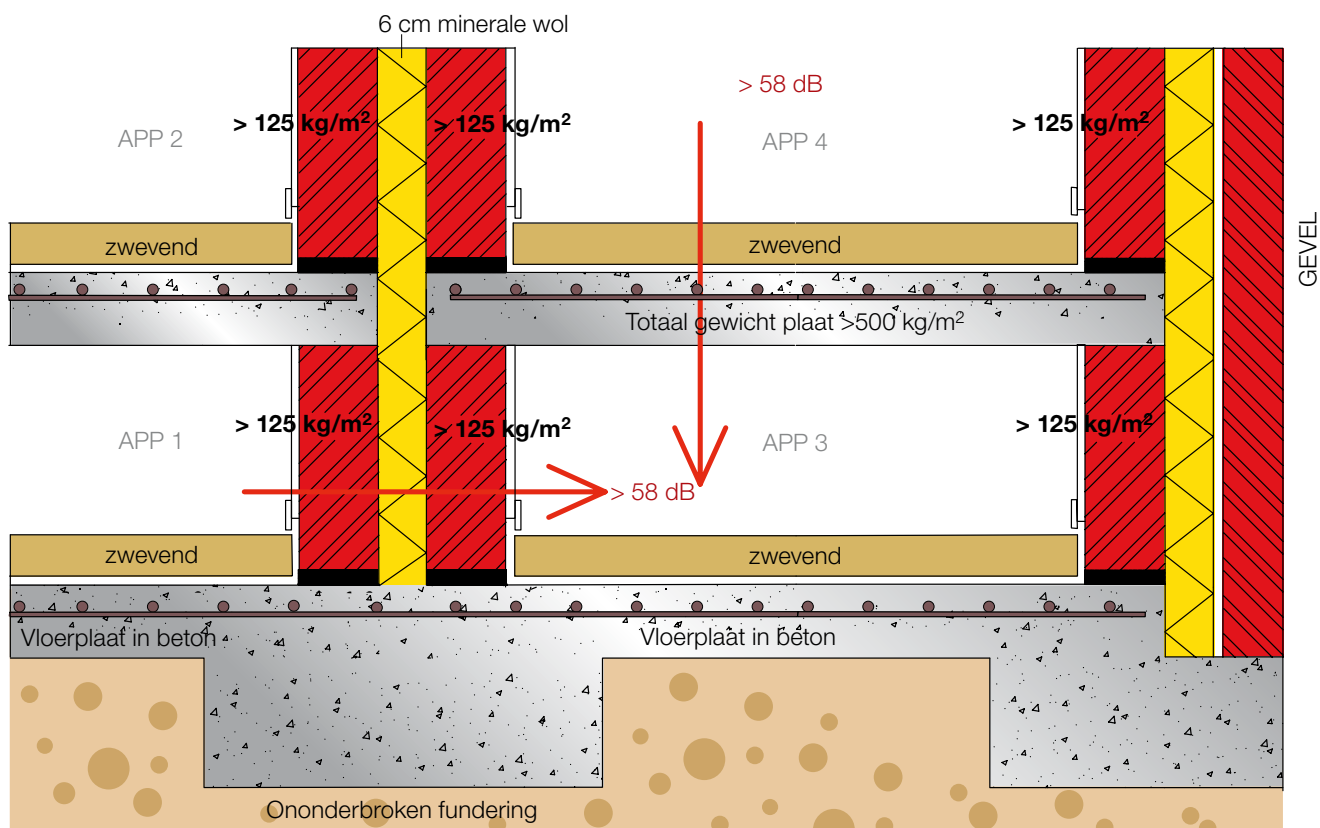
Technische fiches zie www.porotherm.be

Deze voorgestelde oplossing is onderhevig aan randvoorwaarden.

MEERGEZINSWONINGEN

TOEPASSING 1: WONINGSCEIDENDE WANDEN IN MEERGEZINSWONINGEN

ONDERBROKEN VLOERPLATEN, VERHOOGD AKOESTISCH COMFORT, $D_{nT,w} > 58 \text{ dB}$



MATERIALEN

- scheidingsmuur 2 x 125 kg/m²
- 6 cm minerale wol
- SonicStrip
- zwevende vloeren noodzakelijk, ook op gelijkvloers

Deze voorgestelde oplossing is onderhevig aan randvoorwaarden.

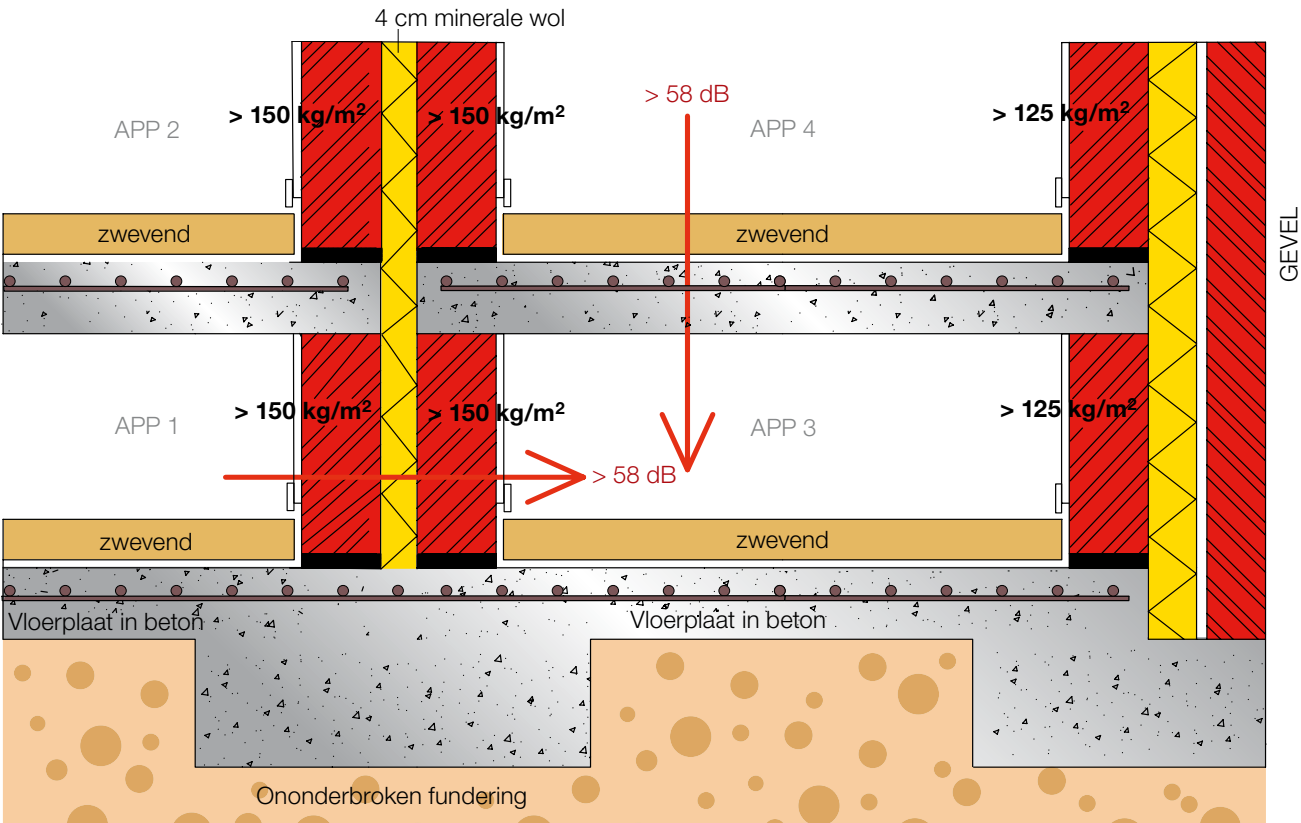
Type steen	Min. breedte van de steen	Oppervlaktetmassa wand, inclusief (lijm)mortel en pleister (kg/m²)
Powerbrick	138	> 125
Powerbrick Rendement Plus	138	> 125
Thermobrick	138	> 125
Thermobrick Rendement Plus	138	> 125
PLS	138	> 125

Technische fiches zie www.porotherm.be

MEERGEZINSWONINGEN

TOEPASSING 2: WONINGSCEIDENDE WANDEN IN MEERGEZINSWONINGEN

ONDERBROKEN VLOERPLATEN, VERHOOGD AKOESTISCH COMFORT, $D_{nT,w} > 58 \text{ dB}$



3

MATERIALEN

- scheidingsmuur 2 x 150 kg/m²
- 4 cm minerale wol
- SonicStrip
- zwevende vloeren noodzakelijk, ook op gelijkvloers

Deze voorgestelde oplossing is onderhevig aan randvoorwaarden.

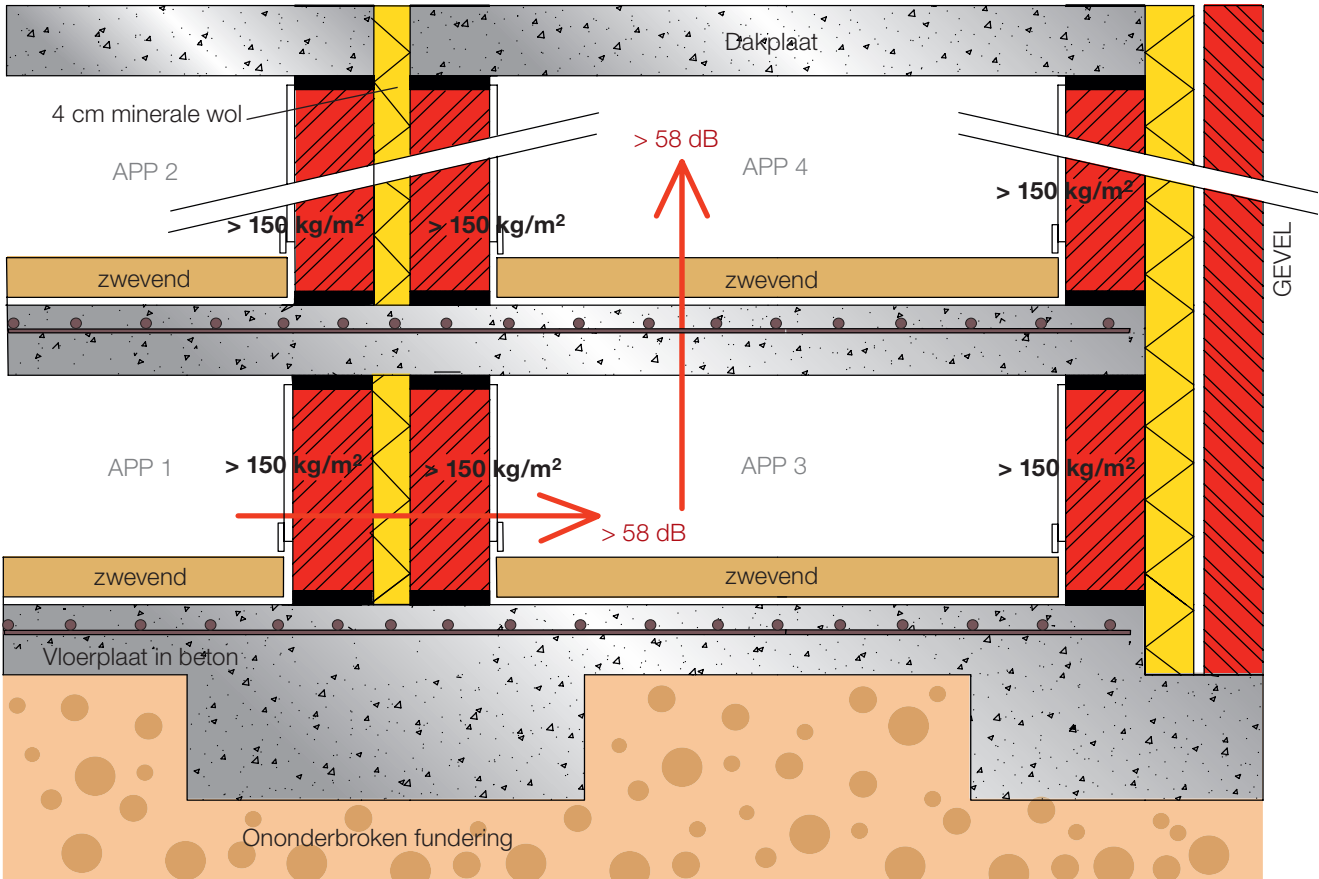
Type steen	Min. breedte van de steen	Oppervlaktemassa wand, inclusief (lijm)mortel en pleister (kg/m ²)
Powerbrick	138	> 125
Powerbrick	188	> 150
Powerbrick Rendement Plus	138	> 125
Powerbrick Rendement Plus	188	> 150
Thermobrick	138	> 125
Thermobrick	188	> 150
Thermobrick Rendement Plus	138	> 125
Thermobrick Rendement Plus	188	> 150
PLS	138	> 125
PLS	188	> 150

Technische fiches zie www.porotherm.be

MEERGEZINSWONINGEN

TOEPASSING 3: WONINGSCEIDENDE WANDEN IN MEERGEZINSWONINGEN

DOORLOPENDE VLOERPLATEN, VERHOOGD AKOESTISCH COMFORT, $D_{nT,w} > 58 \text{ dB}$



MATERIALEN

- scheidingsmuur 2 x 150 kg/m²
- 4 cm minerale wol
- SonicStrip zowel boven als onder de vloerplaat

- zwevende vloeren noodzakelijk, ook op gelijkvloers

De vloerplaat boven de bovenste bouwlaag moet onderbroken worden.

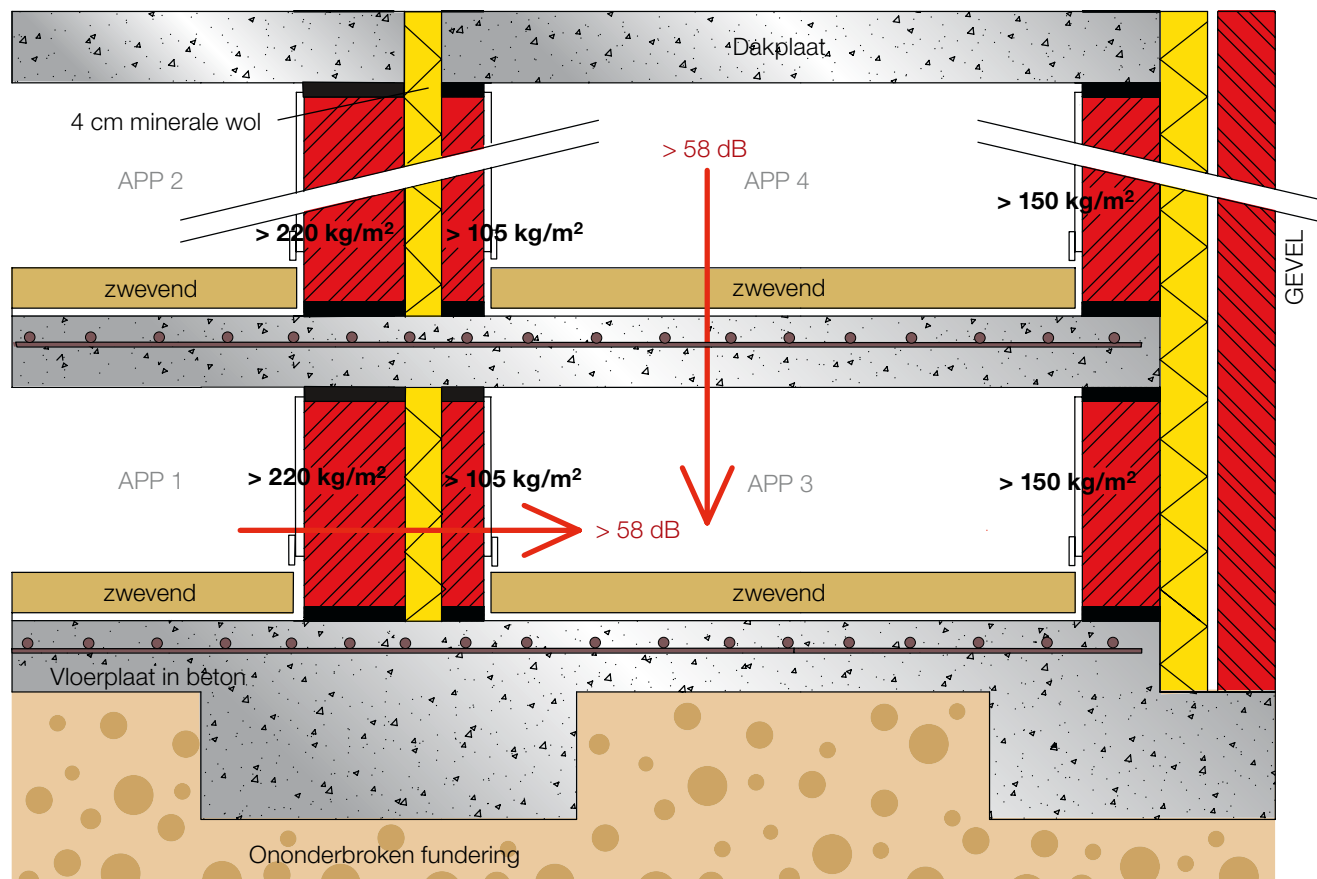
Deze voorgestelde oplossing is onderhevig aan randvoorwaarden.

Type steen	Min. breedte van de steen	Oppervlaktemassa wand, inclusief (lijm)mortel en pleister (kg/m²)
Powerbrick	138	> 150
Powerbrick Rendement Plus	138	> 150
Thermobrick	188	> 150
Thermobrick Rendement Plus	188	> 150
PLS	188	> 150

Technische fiches zie www.porotherm.be

TOEPASSING 4: WONINGSCHEIDENDE WANDEN IN MEERGEZINSWONINGEN

DOORLOPENDE VLOERPLATEN, VERHOOGD AKOESTISCH COMFORT, $D_{nT,w} > 58$ DB



- scheidingsmuur 220 kg/m²
- 4 cm minerale wol
- scheidingsmuur 105 kg/m²
- SonicStrip zowel boven als onder de vloerplaat

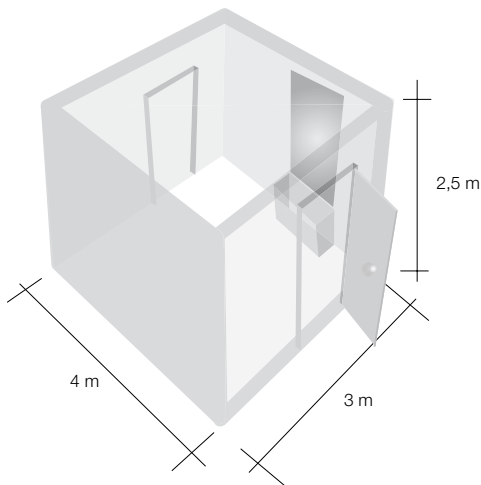
- zwevende vloeren noodzakelijk, ook op gelijkvloers

De vloerplaat boven de bovenste bouwlaag moet onderbroken worden.

Deze voorgestelde oplossing is onderhevig aan randvoorwaarden.

Type steen	Min. breedte van de steen	Oppervlaktemassa wand, inclusief (lijm)mortel en pleister (kg/m²)
Powerbrick	188	> 220
Powerbrick Rendement Plus	188	> 220
Powerbrick	88	> 105
Powerbrick Rendement Plus	88	> 105
Thermobrick (bruto dichtheid: 1050 kg/m³)	88	> 105

Technische fiches zie www.porotherm.be



30 m³ komt overeen met een oppervlakte van 3 m bij 4 m, vrije hoogte 2,50 m



SonicStrip

RANDVOORWAARDEN BIJ DE VOORGESTELDE OPLOSSINGEN

- De ontvangstruimte is steeds groter dan 30 m³. In kleinere lokalen is een negatieve invloed op de geluidsreductie vast te stellen. Daarom dienen in randgevallen bijkomende maatregelen getroffen te worden.
- In alle gevallen bedraagt het totale gewicht van de betonplaat (inclusief het gewicht van eventuele uitvullingslagen onder de zwevende vloer) minimaal 500 kg/m². De platen zijn steeds ingebonden in de muren.
Hierbij is steeds bijkomend rekening te houden met een chape van minimum 95 kg/m².
- Bij afwezigheid van SonicStrips wordt de fundering gescheiden uitgevoerd. Wanneer toch eenzelfde fundering gebruikt wordt, moeten de vloerplaten los op de funderingssokkel gelegd worden (bv. op een EPDM van 3mm dik) en mogen deze niet doorlopen.
- Eventueel funderingsmetselwerk wordt verondersteld minstens dezelfde oppervlaktemassa te hebben als de hoger opgetrokken muren.
- Voor een verhoogd akoestisch comfort moet bij constructies met doorlopende vloerplaten (bv. in het geval van appartementen) het plafond van de bovenste bouwlaag toch onderbroken worden.
- In de schetsen wordt geen rekening gehouden met andere dan akoestische vereisten (bv. koudebruggen e.a.).
- Alle voorgestelde dubbele wanden zijn als volledig ankerloos beschouwd.
- Lichtere stenen kunnen in de hierna volgende oplossingen steeds vervangen worden door zwaardere stenen.
- Bij zwevende vloeren dient steeds de randcontactgeluidisolatie voldoende hoog te worden opgetrokken.

Naast het verwerken van de Porotherm stenen met de daarbij behorende akoestische randbenodigheden moet vanzelfsprekend nauwkeurig worden toegezien of alle andere elementen in het gebouw ook op een akoestisch correcte wijze worden verwerkt. Desgevallende nalatigheden kunnen de resultaten van de genomen maatregelen volledig tenietdoen.

B. DE SONICSTRIP

De SonicStrip is een akoestische muurstrook die onder- en bovenaan snelbouwwanden geplaatst kan worden, om de effecten ten gevolge van geluidstrillingen te reduceren. Toepassing van deze stroken in combinatie met de Wienerberger binnenmuurstenen laat toe om verhoogd akoestisch comfort te halen tussen verschillende wooneenheden. De SonicStrip akoestisch isolerende stroken bestaan uit gerecycleerde rubbergranulaten, gebonden met PU-lijm, waaruit alle textiel en staal is verwijderd. Het rubber is afkomstig van gerecycleerde auto- en vrachtwagenbanden.

Deze akoestisch isolerende muurstroken zijn ontworpen en getest (IWT-project in samenwerking met WTCB en KU Leuven) om gebruikt te worden in combinatie met de Porotherm binnenmuurstenen (Powerbrick, Thermobrick en lijmstenen).

Wienerberger kan dan ook geen enkele garantie bieden op akoestische, of andere technische eigenschappen van de wand, wanneer deze muurstroken met andere producten gecombineerd worden. Hetzelfde geldt voor het gebruik van de SonicStrip in andere toepassingen dan de akoestische ontkoppeling van keramisch Porotherm wanden met betonnen vloerplaten.

Wienerberger onderscheidt drie types muurstroken. De karakteristieken van de muurstroken zijn afgestemd op het gebruik.

3 types muurstroken

	WB10	WB15	WB20
vorm	vlak		
dikte	8mm		
breedte	10 cm	15 cm	20 cm
kleur	zwart met grijze inserts	zwart met rode inserts	
maximale belasting met mortellaag tussen steen en strip	25 kN/m	265 kN/m	360 kN/m
maximale belasting zonder mortellaag tussen steen en strip	25 kN/m	225 kN/m	305 kN/m
lengte	12,5 m		
volumegegewicht	710 kg/m³	870 kg/m³	
maximale initiële zetting ¹	3 mm		
kruip na 20 jaar ²	≤ 1 mm		
resonantiefrequentie onder normale belasting	lager dan 50 Hz		

¹ De initiële zetting doet zich voor tijdens de ruwbouwfase en dus voor de aanvang van de afwerking.
² De zetting door kruip van de SonicStrip over een periode van 20 jaar is beperkt in vergelijking met de totale zetting van een gebouw in die periode.

Verder zijn volgende aandachtspunten te beschouwen:

- Een uitgebreid testprogramma heeft aangetoond dat bij de toepassing van SonicStrip een correctiefactor op de f_d -waarde van het metselwerk met Porotherm binnenmuurstenen moet worden ingerekend.

correctiefactor op f_d

Correctiefactor met mortelvoeg ter plaatse van de SonicStrip = $0,6 \cdot f_d$

Correctiefactor zonder mortelvoeg ter plaatse van de SonicStrip = $0,9 \cdot f_d$

Merk hierbij op dat de correctiefactor afhankelijk is van de toepassing met of zonder mortelvoeg tussen de muurstrook en de steen en het type steen.

Bovenstaande correcties zijn heel lokaal. De eigenlijke invloed van het gebruik van de SonicStrip op het totale draagvermogen van de metselwerkwand is doorgaans onbestaand bij toepassing zonder mortelvoeg en beperkt tot 15% bij toepassing met mortelvoeg.

Deze waardes zijn enkel geldig voor Porotherm binnenmuurstenen in combinatie met SonicStrip. Wienerberger staat niet garant voor andere combinaties waar mogelijks grotere reducties van toepassing zijn.

- Door het toepassen van de SonicStrip wordt de connectie vloer – muur ter plaatse van de SonicStrip gemodelleerd als een scharnier. Hierdoor dient geen momentoverdracht te worden ingerekend en wordt geen rekening gehouden met een gereduceerde hoogte.
- De belastingscombinatie die gebruikt wordt bij de controle van de akoestische stroken is de quasi-permanente combinatie. Deze combinatie beschouwt namelijk langetermijneffecten, zoals kruip

Ook zijn volgende plaatsingsvoorschriften in acht te nemen:

- De muurstroken moeten naadloos op elkaar aansluiten. Zoniet verhoogt de kans op akoestische lekken. De stroken kunnen op lengte versneden worden met een breekmes.
- De muurstroken kunnen zowel bovenaan als onderaan de wand geplaatst worden.
- Muurstroken die bovenaan de wand geplaatst worden liggen tussen de wand en de bovenliggende vloerplaat. Tussen de akoestisch isolerende muurstroken en het metselwerk kan al dan niet een mortellaag worden voorzien. Tussen de muurstroken en de vloerplaat is geen mortellaag.
- Muurstroken die onderaan de muur geplaatst worden liggen rechtstreeks op de vloerplaat. Ook hier kan tussen de akoestisch isolerende muurstroken en het metselwerk al dan niet een mortellaag worden voorzien. Heel vaak zal deze mortellaag aanwezig zijn om de eerste laag horizontaal uit te lijnen.
- Het pleisterwerk mag de SonicStrip bovenaan niet overbruggen. Hier moet gewerkt worden met een elastische kitvoeg. Als er eisen zijn mbt de brandweerstand moet een brandwerende elastische kit geplaatst worden.
- Om zettingsverschillen te vermijden moeten steeds alle wanden van de bouwlaag op SonicStrips geplaatst worden.
- Hou bij het ontwerp rekening met de kruip van de matten bijvoorbeeld bij het ontwerp van de technieken.
- Voor het verdelen van de krachten die in de rubber optreden onder belasting (vloeigedrag), moeten in de onderliggende betonplaat bij afwezigheid van een bovenwapeningsnet steeds twee wapeningsstaven met diameter 8 mm voorzien worden ter plaatse van de muurstroken.
- Voor nog meer info raadpleeg de 'Handleiding voor de toepassing van SonicStrip akoestisch isolerende muurstroken' op www.porotherm.be

WAT TE ONTHOUDEN?

- Volgens de norm NBN S01-400 zijn de ter plaatse gemeten $D_{nT,w}$ -waarden en $L'_{nT,w}$ -waarden bepalend voor het akoestisch comfort.
- Publicaties die enkel spreken van $R_w(C;C_{tr})$ zijn onvolledig en bieden geen enkele garantie op het halen van de vereiste waarden.
- Door de toepassing van het massa-veer-massa systeem wordt de massa van de individuele wanden minder doorslaggevend.
- De flankerende geluidsoverdracht wordt sterk gereduceerd door het toepassen van SonicStrip onder- en/of bovenaan de wand.
- Wienerberger biedt in de praktijk eenvoudig toepasbare oplossingen voor het behalen van het gewenste akoestische comfort.

3.7. BRANDGEDRAG

Twee aspecten zijn van belang voor het brandgedrag van binnenmuurstenen en wanden, uitgevoerd in metselwerk: de brandreactie van de steen en de brandweerstand van de wand.

3.7.1. REGELGEVING

Zowel op Europees, federaal als gewestelijk niveau bestaat er een wettelijk kader inzake de brandveiligheid van gebouwen en bouwmaterialen. De lokale overheid kan bovendien bijkomende eisen stellen.

De 'Europese Verordening (EU) 305/2011 tot vaststelling van de geharmoniseerde voorwaarden voor het verhandelen van bouwproducten' stelt volgende fundamentele eis om de risico's van brand te beperken:

'Het bouwwerk moet zodanig worden ontworpen en uitgevoerd dat bij brand:

- Het draagvermogen van het bouwwerk gedurende een bepaalde tijd behouden blijft
- Het ontstaan en de ontwikkeling van vuur en rook binnen het bouwwerk zelf beperkt blijft
- De uitbreiding van de brand naar belendende bouwwerken beperkt blijft
- De bewoners het bouwwerk kunnen verlaten of anderszins in veiligheid kunnen worden gebracht
- De veiligheid van de hulpploegen in acht wordt genomen.'

In België zijn de 'Basisnormen Brandveiligheid', gepubliceerd bij KB van 7-7-1994 en laatst gewijzigd bij KB van 12-07-2012, van toepassing.

De tekst van het KB is aangevuld met 7 technische bijlagen:

- KB Basisnormen brandveiligheid - Bijlage 1: Terminologie
- KB Basisnormen brandveiligheid - Bijlage 2 en Bijlage 2 /1: Lage gebouwen
- KB Basisnormen brandveiligheid - Bijlage 3 en Bijlage 3 /1: Middelhoge gebouwen
- KB Basisnormen brandveiligheid - Bijlage 4 en Bijlage 4 /1: Hoge gebouwen
- KB Basisnormen brandveiligheid - Bijlage 5 en Bijlage 5 /1: Reactie bij brand van de materialen
- KB Basisnormen brandveiligheid - Bijlage 6: Industriegebouwen
- KB Basisnormen brandveiligheid - Bijlage 7: Gemeenschappelijke Bepalingen.

Specifiek voor Porothers binnenmuurstenen wordt de reactie bij brand vastgelegd in de EN 771-1 en de STS 22 'Metselwerk voor laagbouw'. De brandweerstand van binnenmetselwerk wordt eveneens besproken in de STS 22 en in de NBN EN 1996-1-2 (Eurocode 6) en de nationale annex.



3.7.2. BRANDREACTIE VAN BINNENMUURSTENEN

brandreactie De brandreactie van een bouw materiaal geeft aan hoe dit materiaal door zijn eigen ontbinding in gespecificeerde testomstandigheden een vuur, waaraan het blootgesteld wordt, voedt.

Er moet een onderscheid gemaakt worden tussen de Belgische en de Europese classificatie.

Belgische classificatie Volgens de Belgische classificatie zijn er 5 klassen: A0, A1, A2, A3 en A4. Tot de klasse A0 behoren de materialen die als niet-brandbaar worden beschouwd.

Europese classificatie Bij de Europese norm EN 13501-1 worden de bouwmaterialen onderverdeeld in 7 euroklassen A1, A2, B, C, D, E en F. Tot de klasse A1 behoren de bouwmaterialen die op geen enkel ogenblik meebranden of bijdragen aan de brandhaard. Verder veroorzaken ze geen enkele rookontwikkeling. De klasse F daarentegen typeert de materialen die geen enkele brandreactieprestatie vertonen.

NBN EN771-1 stelt dat bij metselwerkproducten de brandklasse A1 mag gedeclareerd worden, zonder te worden getest, wanneer het gehalte aan homogeen verdeelde organische materialen kleiner is dan 1,0% (uitgedrukt in massaprocenten of volumeprocenten, waarbij de hoogste waarde wordt aangehouden).

Reactie bij brand	Porotherm
Belgische classificatie volgens NBN S21-203 en KB van 19-12-1997	A0
Europese classificatie volgens EN 13501-1 en EN 771-1	A1

Porotherm: de hoogste klasse De Porotherm binnenmuurstenen worden ingedeeld in de hoogste Europese klasse A1. Volgens de Belgische classificatie behoren ze tot de brandklasse A0.

Door deze classificatie kunnen Porotherm binnenmuurstenen in eender welke toepassing gebruikt worden, zonder bijkomende maatregelen te nemen, zoals het aanbrengen van brandwerende beschermingslagen.

Aanvaarde klasse voor de reactie bij brand van materialen, gebruikt voor verticale wanden volgens bijlage 5/1 van het KB ‘Basisnormen Brandveiligheid’

Functie	Hoge Gebouwen (HG)	Middelhoge Gebouwen (MG)	Lage Gebouwen (LG)
Technische ruimten, parkeerruimten, machinekamers, technische schachten	A0	A0	A0
Keukens	A0	A0	A0
Evacuatiewegen en trappenhuizen zonder branddetectie, niet-zelfredzame gebruikers	A0	A0	A0
Evacuatiewegen en trappenhuizen zonder branddetectie, zelfredzame en slapende gebruikers	A1	A1	Horizontale evacuatieweg*: A2 Verticale evacuatieweg**: A1
Evacuatiewegen en trappenhuizen zonder branddetectie, zelfredzame en wakende gebruikers	A1	Horizontale evacuatieweg*: A2 Verticale evacuatieweg**: A1	Horizontale evacuatieweg*: A3 Verticale evacuatieweg**: A2
Evacuatiewegen en trappenhuizen met branddetectie, niet-zelfredzame gebruikers	A1	A1	A1
Evacuatiewegen en trappenhuizen met branddetectie, zelfredzame en slapende gebruikers	A1	A2	Horizontale evacuatieweg*: A3 Verticale evacuatieweg**: A2
Evacuatiewegen en trappenhuizen met branddetectie, zelfredzame en wakende gebruikers	A1	A2	A3
Zalen, niet-zelfredzame gebruikers	A1	A1	A1
Zalen, zelfredzame gebruikers	A2	A2	A2
Alle overige lokalen, niet-zelfredzame gebruikers	A2	A2	A2
Alle overige lokalen, zelfredzame gebruikers	A3	A4	A4

* horizontale evacuatiewegen met uitzondering van die op het gelijkvloers

** verticale evacuatiewegen: de traphuizen (met inbegrip van de sassen, de overlopen en de trappen zelf) en het horizontale deel van de evacuatieweg op het gelijkvloers vanaf de trapzalen tot buiten het gebouw

3.7.3. BRANDWEERSTAND VAN EEN METSELWERKWAND

brandweerstand	De brandweerstand van een metselwerkwand (symbool REI) geeft de tijd weer gedurende dewelke een bouwelement gelijktijdig voldoet aan de criteria mechanische weerstand, vlamdichtheid en thermische isolatie. Vlamdichtheid wordt ook integriteit genoemd. Metselwerkwallen moeten als volgt voldoen aan de criteria R (mechanische weerstand), E (integriteit), I (isolatie) • Alleen dragend: R • Alleen scheidend: EI • Scheidend en dragend: REI.
dragende functie	Aan het criterium R is voldaan wanneer de dragende functie behouden blijft gedurende de vereiste duur van blootstelling aan de brand.
geen scheuren	Aan het criterium E is voldaan wanneer de wand geen scheuren of openingen vertoont, waarlangs vlammen en hete gassen door het element heen kunnen dringen. Hierdoor zou de brand immers kunnen overslaan naar de naburige ruimte.
wandtemperatuur onder een bepaalde waarde	Aan het criterium I is voldaan wanneer de wandtemperatuur aan de niet aan het vuur blootgestelde zijde beneden een bepaalde waarde blijft, om te vermijden dat voorwerpen in de niet geteisterde ruimte door stralingswarmte vuur zouden vatten. De classificatie EI en REI wordt uitgedrukt in functie van de genormaliseerde tijden, uitgedrukt in minuten: 240, 180, 120, 90, 60, 45 en 30.
proeven of tabellen	Anders dan in het verleden, kan de brandweerstand van een wand niet enkel bepaald worden door de uitvoering van een brandproef, maar kan men eveneens gebruik maken van de tabellen opgenomen in de NBN B 1996-1-2 ANB en de STS 22.

Minimale EI- en REI-waarden, uitgedrukt in minuten voor wanden in Porotherm binnenmuurstenen (groep 2 metselstenen; mortel voor algemene toepassing en lijm mortel)

Minimale dikte (mm, nominaal)			
	90	140	190
EI (scheidende, niet-dragende wand)			
Ongepleisterd	45	120	240
Gepleisterd	60	180	240
REI (scheidende, dragende wand)			
Ongepleisterd			
$\alpha \leq 1,0$	60	120	240
$\alpha \leq 0,6$	60	120	240
Gepleisterd			
$\alpha \leq 1,0$	60	180	240
$\alpha \leq 0,6$	60	180	240

In de tabel staat α voor de belastinggraad van de wand. 0,6 wijst op een weinig belaste wand, 1,0 staat voor een zwaar belaste wand.

Een wand wordt als gepleisterd beschouwd wanneer het pleisterwerk aan beide zijden van een enkelbladige wand of aan de aan brand blootgestelde zijde van een spouwmuur minimaal 10 mm dik is. Pleisterwerk van zandcement resulteert over het algemeen niet in een toename van de brandwerendheid van een wand van metselwerk. Naast voorvermengde gipspleisters volgens EN 13279-1 mogen ook lichtgewichtmortels en thermisch isolerende mortels van het type LW en T volgens EN 998-1 toegepast worden. De gunstige brandweerstand van gipspleister wordt verklaard doordat elk gipskristal twee watermoleculen heeft, die bij brand warmte absorberen om te verdampen.

gepleisterde wand

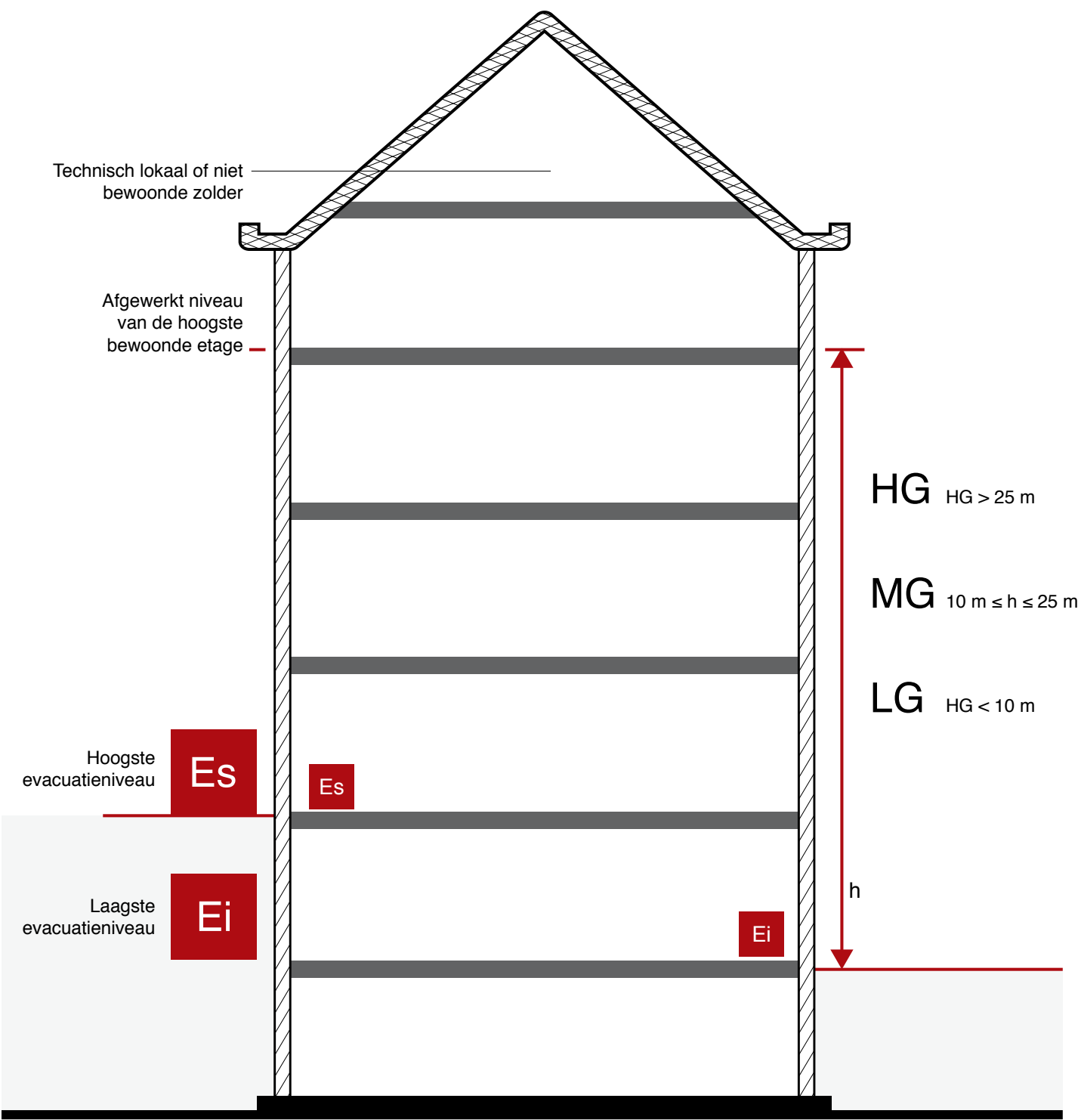
Metselwerk bestaande uit stenen met tand-en-groef en met onge vulde stootvoegen met een breedte kleiner dan 5 mm, mag beschouwd worden als een wand zonder afwerking.

De tabel is ook geldig voor metselwerk uitgevoerd met een horizontale wapening volgens NBN EN 845-3.

Voor niet-dragend metselwerk zijn de tabelwaarden enkel geldig voor wanden met een maximale hoogte-dikteverhouding van 40.

Voor Porotherm Dryfix zijn de REI-waarden opgenomen in de ATG.

De eisen opgelegd aan verticale metselwerkwanden zonder deuren, ramen en openingen en doorvoerleidingen, worden opgelegd in functie van het type gebouw: lage gebouwen (LG), middelhoge gebouwen (MG) en hoge gebouwen (HG).



Een ongepleisterde metselwerkwand in Porotherm van 14 cm breedte voldoet als dragende wand reeds aan de strengste eisen voor lage of middelhoge gebouwen. Voor hoge gebouwen voldoet een ongepleisterde metselwerkwand van 19 cm breedte aan de strengste eisen.

Vereisten van verticale wanden voor LG, MG en HG

	LG	MG	HG
Structurele wanden die aangrenzende gebouwen scheiden	REI 60	REI 120	REI 240
Wanden die aangrenzende gebouwen scheiden	EI 60	EI 120	EI 240
Structurele wanden van gebouwen met 1 bouwlaag boven het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau)	REI 30		
Structurele wanden van gebouwen met meer dan één bouwlaag boven het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau)	REI 60		
Structurele wanden van gebouwen onder het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau)	REI 60		
Structurele wanden van gebouwen boven het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau)		R 60	R 120
Structurele wanden van gebouwen onder het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau)		R 120	R 120
Verticale binnenwanden van gebouwen met 1 bouwlaag boven het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau) die lokalen met nachtbezetting afbakenen	EI 30		
Verticale binnenwanden van gebouwen met meerdere bouwlagen boven het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau) die lokalen met nachtbezetting afbakenen	EI 60		
Verticale binnenwanden van gebouwen onder het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau) die lokalen met nachtbezetting afbakenen	EI 60		
Verticale wanden van lokalen met nachtbezetting		EI 60	EI 60
Wanden van archieflokalen			EI 60
Binnenwanden van binnentrappenhuizen	EI 60	EI 60	120 min
Wanden van de verbinding tussen evacuatiweg en binnentrappenhuis d.m.v. een sas			EI 120
Wanden tussen compartimenten van gebouwen met 1 bouwlaag boven het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau)	EI 30		
Wanden tussen compartimenten van gebouwen met meerdere bouwlagen boven het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau)	EI 60	EI 60	EI 120
Wanden tussen compartimenten van gebouwen onder het niveau Ei (= het laagst gelegen evacuatieniveau)	EI 60	EI 60	EI 120
Wanden van evacuatiewegen	EI 30		
Wanden van evacuatiewegen op een evacuatieniveau		EI 60	EI 120
Wanden van evacuatiewegen op een bouwlaag die geen evacuatieniveau is		EI 30	EI 30
Wanden van stookafdelingen en bijhorigheden binnen het gebouw		EI 60 voor zover toegestaan	EI 120 voor zover toegestaan
Binnenwanden van transformatorlokalen	EI 60	EI 120	EI 120
Wanden van transformatorlokalen met ter plaatse gemonteerde posten of prefabposten	EI 60	EI 120	EI 120

	LG	MG	HG
Wanden van huisvuilafvoerkokers	verboden	verboden	verboden
Wanden van lokalen voor opslag van huisvuil	EI 60	EI 60	EI 120
Wanden van verticale leidingkokers die door horizontale wanden dringen	EI 60	EI 60 (of zie KB §5151)	EI 120 (of zie KB §5151)
Wanden tussen parkeergebouwen en de rest van het gebouw	EI 60	EI 60	EI 120
Wanden tussen elektrische cabines, archieflokalen, technische ruimtes,... die zich in het parkeercompartiment bevinden	EI 60	EI 120	EI 120
Wanden van zalen	idem als wanden van compartimenten	EI 60	EI 120
Scheidingswanden van winkel- of handelscomplex met de overige bouwdelen	EI 60	EI 60	EI 120
Scheidingswanden tussen handelslokalen	EI 30	EI 30	EI 30
Scheidingswanden tussen collectieve keukens en andere delen	EI 60	EI 60	EI 120
Liften: het geheel bestaande uit één of meerdere schachten en uit hun toegangs-bordessen die een sas moeten vormen voor de ondergrondse bouwlagen is omsloten door wanden.	EI 60	EI 60	EI 120
<i>Noot 1: de wanden van liftschachten zijn doorlopend, massief en van klasse A1</i> <i>Noot 2: bovenstaande geldt niet wanneer de lift slechts één compartiment aandoet</i>			
Wanden van liften die het geheel dat gevormd wordt door de schacht en de machinekamer omsluiten	EI 60	EI 60	EI 120
Oleohydraulische liften: de machinekamer is van de liftschat gescheiden: wanden van machinekamers van liften	EI 60	EI 120	EI 120
Paternosterlift, containertransport en goederenlift met laad- en losautomatisme (verboden voor personenvervoer): binnenwanden van machinekamers en schachten, inclusief saswanden	EI 60	EI 60	EI 120
Wanden van het trappenhuis van roltrappen	EI 60	EI 60	EI 120

WAT TE ONTHOUDEN?

- Brandreactie: Porotherm binnenmuurstenen behoren steeds tot de hoogste euroklasse A1. Door deze classificatie kunnen ze in eender welke toepassing gebruikt worden, zonder bijkomende maatregelen te nemen.
- De waarden voor de brandweerstand REI van wanden bestaande uit Porotherm binnenmuurstenen verwerkt met mortel of lijm-mortel bedragen:

	Minimale dikte (mm, nominaal)		
	90	140	190
Ongepleisterd	60 minuten	120 minuten	240 minuten
Gepleisterd	60 minuten	180 minuten	240 minuten

- Een ongepleisterde metselwerkwand in Porotherm van 14 cm breedte met REI 120 minuten voldoet als dragende wand reeds aan de strengste eisen voor lage of middelhoge gebouwen.

3.8. VORMSTABILITEIT EN BEWEGINGSVOEGEN

Vormstabiliteit is een belangrijk criterium bij de keuze van een bouw materiaal. Veel materialen gaan immers krimpen of uitzetten onder invloed van de temperatuur of de luchtvochtigheid en het uitdrogen van de ruwbouw. Dit kan leiden tot barsten en scheuren, die moeten vermeden worden door het aanbrengen van bewegingsvoegen en wapeningen. Door te werken met uiterst vormstabiele bouwmaterialen, zoals baksteen, kunnen precies deze scheuren van thermische of hygrometrische oorsprong van meet af aan vermeden worden.

belangrijk criterium

barsten vermijden

baksteen uiterst vormstabil

Vormstabiliteit

De vormstabiliteit is de eigenschap van een (bouw)materiaal om in veranderende uitwendige omstandigheden zijn afmetingen te behouden.
De vormstabiliteit wordt bepaald door drie parameters:

- a) **De thermische uitzetting α , uitgedrukt in mm/m.K:**
dit is de vormverandering die optreedt in functie van temperatuurschommelingen.
Voor eenzelfde temperatuurverschil zal de vormverandering des te groter zijn naarmate de coëfficiënt α hoger is. Men kiest dus best een materiaal met de laagste α .
- b) **De hygrometrische krimp en uitzetting ϵ_r , uitgedrukt in mm/m:**
dit is de vormverandering onder invloed van het vastgehouden water. Het is aan te raden een bouw materiaal te verwerken dat niet of minder gevoelig is voor dit verschijnsel.
- c) **De verhardingskrimp, uitgedrukt in mm/m:**
dit is de vormverandering die een materiaal gedurende een ruime tijd na de vervaardiging ondergaat. Deze vormverandering is niet van toepassing op baksteen, aangezien er geen bindmiddelen worden gebruikt bij de productie.

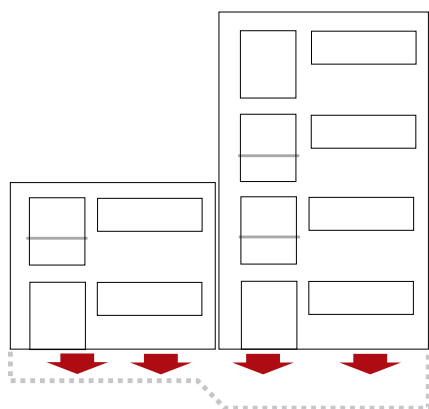
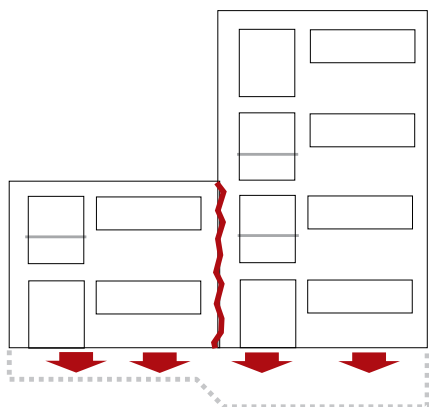
Porotherm binnenmuurstenen: WAARDEN

Materiaal	Thermische uitzetting mm/m.K	Hygrometrische uitzetting mm/m	Verhardingskrimp
Baksteen	0,004 à 0,008	≤ 0,1	Geen

Op de technische fiches staat de hygrometrische krimp en opzwellling volgens NBN B24-208 vermeld. In België wordt dit kenmerk volgens PTV 23-003 als facultatief beschouwd voor metselbakstenen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld het vochtgedrag van kalkzandstenen, betonmetselstenen en cellenbetonmetselstenen. Op de DoP van de Porotherm binnenmuurstenen wordt bijgevolg geen waarde gedeclareerd.

Bewegingsvoegen

Zowel de bewegingsvoegen als de zettingsvoegen worden uitgevoerd als een elastische voeg, waardoor het metselwerk in onderling onafhankelijke vakken verdeeld wordt.



Onderscheid zettingsvoegen versus bewegingsvoegen

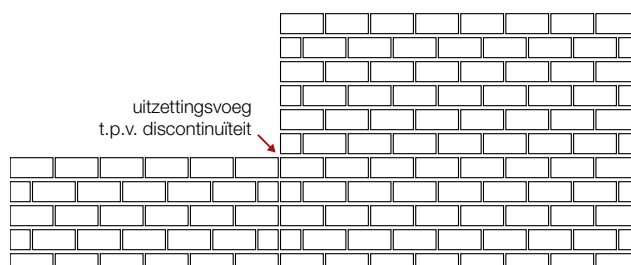
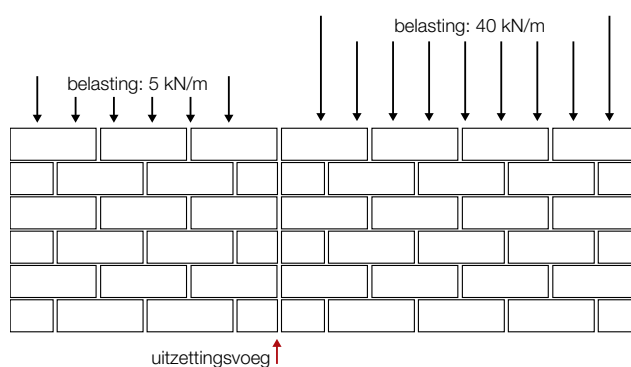
Zettingsvoegen zijn nodig wanneer er differentiële zettingen te verwachten zijn, bijvoorbeeld bij belastingsverschillen, zoals bij een hoog gebouw naast een laag gebouw, bij de combinatie van verschillende funderingssystemen...

Zettingsvoegen zijn snedes, die consequent doorheen het volledige gebouw worden doorgetrokken, van het dak over de dragende ruwbouw tot en met de fundering.

Ook als er geen zettingsvoegen noodzakelijk zijn, moet men rekening houden met de vervormingen van de gebruikte materialen. Daarom worden er bewegingsvoegen voorzien in de constructie, die de beweging van het materiaal toelaten zonder dat er ongewenste scheuren in het materiaal optreden.

Een uitzettingsvoeg is als het ware een 'gewenste scheur', die vermijdt dat de constructie scheurt op plaatsen waar het niet gewenst of niet toegelaten is. Onder invloed van een verlaging van de vochtigheidsgraad en/of temperatuur zal het metselwerk krimpen en zullen er trekspanningen ontstaan. Metselwerk weerstaat goed aan druk, maar slecht aan trek, en daarom zullen de ontoelaatbare trekspanningen moeten opgevangen worden door het plaatsen van bewegingsvoegen of het plaatsen van lintvoegwapeningen, die deze trekspanningen kunnen opvangen.

Daar waar de plaats van de zettingsvoegen bepaald wordt door randvoorwaarden die te maken hebben met de stabiliteit (aard van de ondergrond, aard van de constructie, fundering, belasting...), is de afstand tussen de bewegingsvoegen afhankelijk van het gebruikte materiaal. De plaats van de bewegingsvoegen wordt onder meer bepaald door de geometrie van het gebouw en is afhankelijk van het muurtype en specifieke bouwdetails. Ze worden bij voorkeur geplaatst waar de geometrie en/of de belasting van het metselwerk verandert.



Afstand tussen de verticale bewegingsvoegen

Aangezien de Porotherm binnenmuurstenen bij de meeste toepassingen niet onderworpen zijn aan sterke schommelingen van temperatuur en vochtigheid en er geen verhardingskrimp optreedt, zijn er doorgaans geen uitzettingsvoegen nodig in metselwerkwallen met Porotherm binnenmuurstenen.

Voor ongewapende niet-dragende buitenwallen vermeldt de tabel uit NBN EN 1996-2 ANB de maximale afstand tussen de verticale bewegingsvoegen.

Metselwerk dat opgetrokken is met	Afstand tussen de verticale voegen volgens ANB van Eurocode 6-2	Afstand tussen de verticale voegen indien de voorwaarden uit de STS met betrekking tot bewegingsvoegen vervuld zijn.
Metselbaksteen	12 m	18 m
Metselsteen van kalkzandsteen	6 m	8 m
Betonmetselsteen	6 m	8 m
Geautoclaveerde cellenbetonsteen	6 m	6 m
Metselsteen van natuursteen	12 m	18 m

Noot: De afstand van de eerste verticale voeg tot een ingeklemde verticale voeg mag niet groter zijn dan de helft van de boven vermelde afstanden

Uit de tabel blijkt duidelijk dat metselbakstenen behoren tot de meest vormstabele constructiematerialen. Voor gevelmetselwerk wordt bijgevolg best een keramische baksteen gekozen, wil men een gebouw met een minimum aan uitzettingsvoegen realiseren.

gevelmetselwerk best keramisch

De grote vormstabiliteit is één van de voornaamste troeven van Porotherm binnenmuurstenen en Terca en Desimpel gevelstenen, waardoor slechts een minimum aan bewegingsvoegen nodig is. Minder bewegingsvoegen betekent minder elastische voegen in de constructie, dus ook minder onderhoud achteraf en minder problemen bij de uitvoering.

Een minimum aan bewegingsvoegen biedt samengevat de volgende voordelen:

voordelen

- Voor de bouwheer: een lagere bouw- en onderhoudskost
- Voor de ontwerper: een hogere vrijheidsgraad bij het ontwerp
- Voor de aannemer: een eenvoudiger en makkelijker uitvoerbare constructie.

WAT TE ONTHOUDEN?

- Porotherm binnenmuurstenen behoren tot de meest vormstabele constructiematerialen.



3.9. WATEROPNAME, DE INITIËLE WATEROPZUIGING EN HET EVENWICHTSVOCHTGEHALTE

Porotherm binnenmuurstenen danken een aantal belangrijke kenmerken aan hun poriënstructuur. Elke binnenmuursteen bestaat immers uit vaste materie en een grote hoeveelheid ingesloten ‘lucht’, de poriën.

De poriën bepalen de wateropname of het zuigende karakter van de steen, en dit is op zijn beurt bepalend voor de kwaliteit van het baksteenmetselwerk. Om een goede hechting te verkrijgen, moet de steen in de eerste minuten van contact met de mortel voldoende water zuigen. Na enige tijd mag de steen evenwel niet te veel water zuigen, omdat daardoor het risico ontstaat op het verbranden van de mortel, met een onvoldoende binding en een slechte hechting tot gevolg. De verwerkbaarheid van de binnenmuursteen wordt bijgevolg in grote mate bepaald door de aard en de omvang van de aanwezige poriën.

Het zuigende karakter van een steen is afhankelijk van verschillende factoren:

- de hoeveelheid poriën
- de afmetingen van de poriën
- de onderlinge verbondenheid van de poriën
- het open of gesloten zijn van de poriën.

Om een idee te krijgen van de hoeveelheid poriën in een baksteen, werd het begrip ‘porositeit’ ingevoerd. De porositeit van een baksteen staat voor de verhouding tussen het volume poriën in de baksteen en het totale volume van de steen. De porositeit heeft een bepalende invloed op de wateropname van de steen, en dus op de verwerkbaarheid ervan in metselwerk, op de thermische isolatie, de vorstbestendigheid en de manier van verouderen van de steen.

De afmetingen van de poriën bepalen de snelheid waarmee water aan de omgeving wordt onttrokken. Brede kanalen zuigen langzaam, maar nemen meer water op, terwijl smalle kanalen sneller zuigen, maar in totaliteit minder water opnemen.

Het open of gesloten zijn van de poriën, en het feit of ze al dan niet met elkaar verbonden zijn door kanalen die al dan niet doorheen de volledige steen lopen, is eveneens bepalend voor de wateropname van de steen.

Wateropname en initiële wateropzuiging

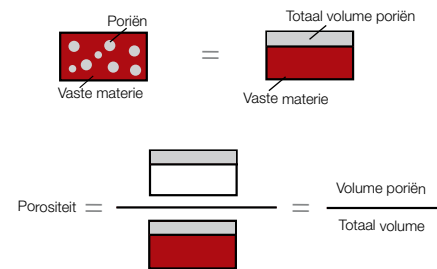
Wienerberger geeft op de DoP de wateropname weer volgens de Europese regelgeving. De initiële wateropzuiging wordt zowel volgens de Europese als nationale regelgeving verklaard.

- De wateropname: is een maat voor het vochtopslopend vermogen van de steen over een langere tijd, in dit geval 24 uur. De wateropname wordt uitgedrukt in massaprocenten. Deze informatie is louter informatief en heeft geen enkel verband met technische kwaliteitseisen. Het is voor binnenmuurstenen ook geen verplichting om deze parameters te declareren.

Voorbeeld: Porotherm Thermobrick van Zonnebeke: maximale wateropname ≤ 18%

poriën bepalen de wateropname

verwerkbaarheid



definitie wateropname



- De initiële wateropzuiging: is van belang voor de hechtsterkte van het metselwerk en geeft de gebruiker informatie met betrekking tot de keuze van de mortel. Ze wordt bepaald volgens de Europese proefnorm met als referentie EN 772-11. Volgens de EN 771 moeten voor de initiële wateropzuiging de grenzen worden verklaard waarbinnen de gemiddelde initiële wateropzuiging van een monster, genomen volgens specifieke procedure uit een partij stenen, gelegen is. De PTV definieert klassen van initiële wateropzuiging (IW-klassen). Beide zijn terug te vinden op de DoP. De min en max waarde voor de gemiddelde initiële wateropzuiging is terug te vinden in het deel betreffende prestaties volgens EN 771. De IW-klassen is opgenomen in de aanvullende nationale specificaties. Ook op de technische fiche is de IW-klasse terug te vinden.

Voorbeeld: Porotherm Thermobrick van Zonnebeke:

- IW-klasse: IW2
- gemiddelde initiële wateropzuiging is gelegen tussen 0,5 en 1,5 kg/m².min.

Hieronder gaan we dieper in op de bepaling en de classificatie van de initiële wateropzuiging.

Als een steen in een bak met water wordt geplaatst, zal die in een bepaalde tijd een hoeveelheid water opnemen. De initiële wateropzuiging geeft het vermogen van de steen weer om in een zeer korte tijdspanne vocht op te nemen.

De initiële wateropzuiging is een belangrijke indicator voor de droogeigenschappen van de steen en voor de te bereiken hechtsterkte tussen steen en mortel. De initiële effecten van vochttransport in baksteen zijn bepalend voor de hechtsterkte-ontwikkeling van metselwerk.

Een steen wordt gedroogd volgens een genormaliseerde methode en gewogen: $m_{dry,s}$, uitgedrukt in gram. Nadat de steen afgekoeld is tot kamertemperatuur, wordt de overmeten oppervlakte van het legvlak gemeten: A_s , uitgedrukt in mm². De steen wordt vervolgens gedurende 60 seconden $\pm$ 2 seconden met het legvlak 5 mm $\pm$ 1 mm ondergedompeld in water. Het waterniveau wordt constant gehouden tijdens de test. Vervolgens wordt de steen na afdeppen opnieuw gewogen: $m_{so,s}$, uitgedrukt in gram. De initiële wateropzuiging $c_{w,i}$ wordt verkregen met de volgende formule:

$$C_{w,i} = \frac{m_{so,s} - m_{dry,s}}{A_s \cdot t} \times 10^3 \text{ [kg/(m}^2\text{.min)]}$$

Met $t = 1 \text{ min}$

De klasse van initiële wateropzuiging wordt afgeleid uit onderstaande tabel:

Klasse		Declaratie [kg/(m ² .min)]	Keuringscriteria gemiddelde initiële wateropzuiging [kg/(m ² .min)]
IW1	Zeer weinig zuigend	$IW \leq 0,5$	$IW < 0,8$
IW2	Weinig zuigend	$0,5 < IW \leq 1,5$	$0,3 < IW \leq 2$
IW3	Normaal zuigend	$1,5 < IW \leq 4,0$	$1 < IW \leq 5$
IW4	Sterk zuigend	$4,0 < IW$	$3 < IW$

De keuringscriteria voor de verschillende klassen werden in 2012 aangepast in de PTV 23-003.

Porotherm binnenmuurstenen vallen grotendeels binnen de klasse IW2 'weinig zuigend'.

Klasse IW2 betekent dat de binnenmuurstenen in de eerste minuten voldoende zuigen, zonder dat op langere termijn het zuigende vermogen stopt door een schijnbare verzadiging. De steen zal met andere woorden goed 'aantrekken'. Met deze steen kunnen verdiepingshoge muren op dezelfde dag worden opgetrokken, zonder het gevaar voor uitzakken van het verse metselwerk.

geen gevaar voor uitzakken

Daarnaast is er geen risico op het verbranden van de mortel. Verbranden van mortel komt voor wanneer de steen na pakweg een kwartier te veel water uit de mortel zuigt. Indien zich dit voordoet, zal het hydratatieproces in de mortel onvolledig verlopen, met een slechte inwendige binding van de mortel en een onvoldoende hechting van het metselwerk tot gevolg.

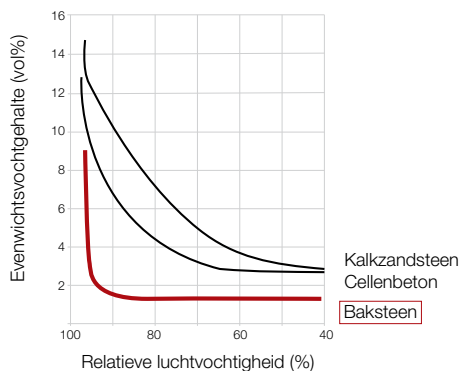
geen risico op verbranden mortel

Een goede afstemming tussen mortel en de IW-klasse van de metselstenen is belangrijk.

Evenwichtsvochtgehalte

Het evenwichtsvochtgehalte is het percentage water, door het materiaal vastgehouden bij een bepaalde relatieve luchtvochtigheid. Het evenwichtsvochtgehalte is belangrijk voor het thermische gedrag van het metselwerk. Water is immers een goede warmtegeleider.

definitie evenwichtsvochtgehalte



Baksteen heeft een laag evenwichtsvochtgehalte bij elke relatieve vochtigheid, dankzij zijn specifieke poriënstructuur.

In een ruimte waar de relatieve luchtvochtigheid daalt, zal het evenwichtsvochtgehalte van baksteenmetselwerk het snelste de minimale waarde bereiken.

Een wand in Porothersm binnenmuurstenen zal bijgevolg sneller uitdrogen dan een metselwerkwand in kalkzandsteen of cellenbeton. De thermisch isolerende eigenschappen van een wand in Porothersm binnenmuurstenen zullen onder vrijwel alle omstandigheden optimaal blijven.

WAT TE ONTHOUDEN?

- De initiële wateropzuiging van de gebruikte stenen in metselwerk is bepalend voor de kwaliteit van het metselwerk.
- Te sterk zuigende stenen, die niet vooraf bevochtigd zijn, leiden tot het verbranden van de mortel, met een onvoldoende binding van de mortel en een slechte hechting tot gevolg. Te sterk zuigende stenen dienen dus steeds vooraf bevochtigd te worden.
- Niet-zuigende stenen of een ondoordachte mortelkeuze kunnen eveneens tot hechtingsproblemen leiden en ze verwerken moeilijker door het gevaar op uitzakken van het verse metselwerk. Werkwijze en mortelkeuze moeten afgestemd worden op het zuigende karakter van de stenen.
- Porothersm binnenmuurstenen behoren grotendeels allemaal tot de klasse IW2. Dit betekent dat de stenen behoren tot de klasse 'weinig zuigend'. Kort na het verwerken bezitten ze voldoende zuigkracht om goed te hechten aan de mortel, zonder dat er na verloop van tijd een risico op het verbranden van de mortel bestaat.
- Baksteen heeft een laag evenwichtsvochtgehalte. Een metselwerkwand in baksteen droogt snel uit.
- Het gebruik van Porothersm binnenmuurstenen biedt de beste garantie om kwalitatief goed hechtend metselwerk te realiseren.

3.10. WATERDAMPDOORLATENDHEID

Voor delen van de buitenschil is het belangrijk om een idee te hebben van de waterdampdoorlatendheid.

In de bouwfysica worden hiervoor de begrippen waterdampdiffusiecoëfficiënt μ en waterdampdiffusieweerstand μd ingevoerd.

Waterdamp gaat steeds van zones met een hogere dampdruk naar zones met een lagere dampdruk.

Wanneer de buitenmuur aan de buitenzijde in aanraking komt met lucht met een lagere dampdruk dan aan de binnenzijde, dan zal er door het verschil in dampdruk waterdamp door de muur van binnen naar buiten stromen. Dit verschijnsel heet waterdampdiffusie. Waterdampdiffusie kan optreden van binnen naar buiten, maar ook van buiten naar binnen.

De hoeveelheid damp, die door een constructie wordt getransporteerd is afhankelijk van de grootte van het verschil in dampdruk en de mate waarin de constructie weerstand biedt aan de diffusie. De weerstand is afhankelijk van het soort materiaal en de dikte ervan.

Een maat voor de waterdampdiffusieweerstand is de waterdampdiffusiecoëfficiënt μ , een dimensieloos getal dat de verhouding weergeeft tussen de dampweerstand van het materiaal en de dampweerstand van een laag stilstaande lucht met dezelfde dikte.

$$\mu = \text{weerstand materiaal tegen dampdiffusie} / \text{weerstand lucht tegen dampdiffusie}$$

De μ -waarde geeft dus aan hoeveel keer de dampdiffusieweerstand van een materiaal groter is dan die van een luchtlaag met dezelfde dikte.

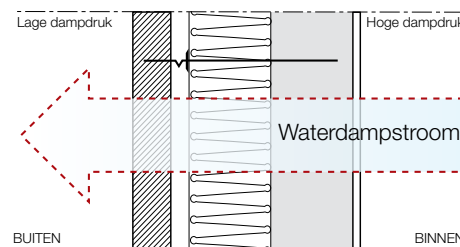
Hoe kleiner de μ -waarde, hoe beter de dampdiffusie, d.w.z. des te sneller wordt de waterdamp afgevoerd. Een hoge μ -waarde is dus meer dampremmend of zelfs dampdicht.

Materialen zonder poriën, zoals glas, hebben een oneindige dampdiffusieweerstand.

De waterdampdiffusieweerstand van een binnenmuursteen wordt uitgedrukt in meter en verkregen door de μ -waarde te vermenigvuldigen met de dikte van de steen.

Een μd -waarde van bijvoorbeeld 150 m betekent dat het materiaal in de aangegeven dikte dezelfde dampdiffusie heeft als een laag lucht van 150 m, een duidelijke dampremmer dus. Een dampopen materiaal heeft een lage μd -waarde.

Het waterdampdiffusiegedrag is verschillend wanneer de waterdampstroom in de steen dringt of de damp de steen verlaat. De μ -waarde is hoger bij waterdampdiffusie uit de steen, met andere woorden voor het drogen van de steen.



lagere μ = meer dampopen

μ -waarde op de DoP

De EN 771-1 legt op dat de producent voor binnenmuurstenen, bedoeld voor toepassing in buitenbouwdelen, de waarden voor de waterdampdiffusiecoëfficiënt μ moet opgeven. Wienerberger vermeldt de μ -waarde volgens NBN EN 1745 op de DoP van de Porotherm binnenmuurstenen.

Voor Porotherm binnenmuurstenen is de μ -waarde gelijk aan 5 voor waterdampdiffusie in de steen. Voor waterdampdiffusie uit de steen is de μ -waarde gelijk aan 10.

WAT TE ONTHOUDEN?

- Hoe lager de μ -waarde, hoe meer dampopen
- Porotherm binnenmuursteen: $\mu = 5$ (in de steen); $\mu = 10$ (drogen)
- Porotherm binnenmuurstenen zijn uitermate geschikt voor het realiseren van een ademende schil.

3.11. VORSTBESTANDHEID

De vorstbestandheid van een baksteen drukt uit in welke mate die kan weerstaan aan opeenvolgende vorst- en dooiwisselingen. In België is dit een belangrijk criterium voor elke baksteen die buiten gebruikt wordt, aangezien ons klimaat gekenmerkt wordt door regen, gevolgd door temperaturen die flirten met het vriespunt.

De vorstbestandheid van de binnenmuurstenen kan zowel door een Belgische vorstproef als door een Europese vorstproef worden beoordeeld. Bij het schrijven van dit naslagwerk was de Europese vorstproef in de fase waarin ze als technische specificatie (TS 772-22) open stond voor commentaren om zo tot een Europese norm te evolueren. Zolang de Europese norm niet is aanvaard dient elke gevelsteen te worden beoordeeld volgens de geldende regelgeving van het land waar de steen zal worden toegepast.

De bepaling van de Belgische vorstbestandheid gebeurt volgens genormaliseerde proefmethoden, die enerzijds vertrekken van de capillaire kenmerken van de stenen (NBN B27-010), en die anderzijds de schade beoordelen na de directe vorstproef (NBN B27-009 en zijn addendum).

De norm NBN B23-003 onderscheidt 3 klassen van vorstbestandheid op basis van de proefresultaten:

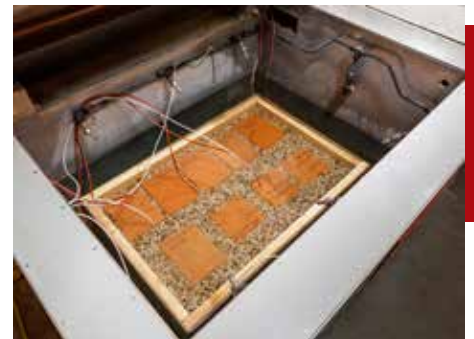
- Niet-vorstbestand: de baksteen mag niet gebruikt worden voor zichtbaar buitenmetselwerk
- Normaal vorstbestand: de baksteen mag overal gebruikt worden, met uitzondering van de toepassingen waarvoor de klasse 'zeer vorstbestand' is vereist
- Zeer vorstbestand: de baksteen mag gebruikt worden voor:
 - Zeer blootgestelde onbeschermd muren
 - Het buitenblad van niet-verluchte spouwmuren
 - Geschilderde buitenbladen
 - Grondkeermuren
 - Horizontale vlakken.

Ook bij gebruik van baksteen uit de categorie 'zeer vorstbestand' moeten de aanvaarde regels van het vak nageleefd worden, zoals onder meer het draineren van horizontale vlakken en het niet dampdicht schilderen langs de buitenkant.

Wanneer de vorstbestandheid van de baksteen door de Europese vorstproef wordt bepaald en beoordeeld, worden de bakstenen ingedeeld in drie blootstellingsklassen:

- F0 – passieve klimatologische omstandigheden
- F1 – gematigde klimatologische omstandigheden
- F2 – strenge klimatologische omstandigheden.

Of anders uitgedrukt: F0 stemt overeen met geen vorstweerstand, F2 staat voor de grootste vorstweerstand. De Belgische vorstproef is voor de categorie 'zeer vorstbestand' strenger dan de F2 volgens TS 722-22 zoals die nu voorligt.



Belgisch versus Europees

In afwachting van de beschikbaarheid van voldoende gegevens omtrent de relatie tussen de classificatie volgens de toekomstige Europese norm en de Belgische beoordelingsmethode, wordt in België de conventionele overeenkomst volgens de onderstaande tabel gehanteerd:

NBN B23-003	EN 771-1
niet-vorstbestand	F0
normaal vorstbestand	F1 of F2 (*)
zeer vorstbestand	F2

- * PTV 23-003 stelt:
- Voor stenen die als normaal vorstbestand gecatalogeerd zijn volgens NBN B23-002, wordt de declaratie F2 eveneens aanvaard, mits wordt aangetoond dat de stenen niet beschadigd raken na 100 vorst-dooicycli bij beproeving volgens TS 772-22.
 - Voor stenen die als normaal vorstbestand gecatalogeerd zijn volgens NBN B23-002, doch die niet beproefd zijn volgens TS 772-22, of die de 100 cycli niet halen zonder beschadiging, wordt de declaratie F1 aanvaard.

Het Benor-merk ondersteunt geen declaraties van het type F1 of F2, indien geen classificatie volgens NBN B23-003 beschikbaar is.

Wanneer speelt de vorstbestandheid voor Porotherm binnenmuurstenen een rol?

De STS 22 en de NBN EN 1996-2 onderscheiden de volgende blootstellingsklassen:

Klasse	Micro blootstelling van metselwerk	Voorbeelden
MX1	In een droge omgeving	Interieur van gebouwen voor normale bewoning of kantoorgebouwen alsmede het binnenblad van een spouwmuur waar vochtindringing onwaarschijnlijk is Bepleisterd metselwerk in buitenmuren niet blootgesteld aan matige of hevige slagregen en afgescheiden van vocht uit naburig metselwerk of materialen
MX2	Blootgesteld aan vocht of regen	
MX2.1	Blootgesteld aan vocht maar niet aan vorst/dooi cycli of aan externe bronnen van sulfaten of agressieve chemicaliën	Binnenmetselwerk blootgesteld aan veel waterdamp, bijvoorbeeld in een wasserij. Buitenmuren beschermd tegen regen door overhangende daken of muurplaten. Metselwerk in zones zonder vorst, in goed gedraineerde, niet agressieve grond
MX2.2	Blootgesteld aan slagregen maar niet aan vorst/dooi cycli of aan externe bronnen van sulfaten of agressieve chemicaliën	Metselwerk dat niet is blootgesteld aan vorst of agressieve chemicaliën, in buitenmuren met afdekking zonder oversteek, in tuinmuren of vrijstaande muurtjes, in de grond, onder water
MX3	Blootgesteld aan vocht plus vorst/dooi	
MX3.1	Blootgesteld aan vocht of regen en vorst/dooi maar niet aan externe bronnen met belangrijke inbreng van sulfaten of agressieve chemicaliën	Metselwerk zoals in klasse MX2.1 blootgesteld aan vorst/dooi cycli
MX3.2	Blootgesteld aan zware slagregens en vorst/dooi cycli maar niet aan externe bronnen van sulfaten of agressieve chemicaliën	Metselwerk zoals in klasse MX2.2 blootgesteld aan vorst/dooi cycli
MX4	Blootgesteld aan met zout gesatureerde lucht, zeewater of dooizouten	Metselwerk in kustgebieden. Metselwerk naast wegen waarop 's winters gestrooid wordt
MX5	In agressieve omgeving	Metselwerk in contact met natuurlijke of opge vulde grond of grondwater waar significante hoeveelheden sulfaten in voorkomen. Metselwerk in contact met zeer zure gronden, zwaar bevuilde bodems of grondwater. Metselwerk in de buurt van industriële zones waar agressieve chemicaliën in de lucht voorkomen.

Noot: Bij de bepaling van de blootstellingsgraad moet het effect van oppervlaktebehandelingen en/of beschermende bekledingen in rekening gebracht worden.

In functie van de blootstellingsklasse worden in de STS 22 en de NBN EN 1996-2 onderstaande minimumregels opgelegd aan baksteen. Daarbij speelt het gehalte aan actieve oplosbare zouten eveneens een rol.

Minimum vereisten voor metselstenen		Volgens NBN EN 1996-2
Klasse	Volgens STS 22	
Vorstproef	NBN B27-009 + Add. 2	prEN 772-22
MX1	Alle	Alle
MX2.1	Niet vorstbestand/S1,S2	F0, F1 of F2 / S1 of S2
MX2.2	Niet vorstbestand/S1,S2	F0, F1 of F2 / S1 of S2
MX3.1	Normaal vorstbestand/S2 - Zeer vorstbestand/S2	F1 of F2 / S1 of S2
MX3.2	Zeer vorstbestand/S2	F2 / S1 of S2
MX4	Bepaal de graad van blootstelling aan zout en de andere factoren en consulteer de fabrikant	
MX5	Bepaal de specifieke blootstelling en het effect van de chemicaliën in functie van hun concentratie, hoeveelheid enzovoort en consulteer de fabrikant	

Noot: Klasse MX1 is enkel geldig zolang het metselwerk tijdens de uitvoering niet geheel of gedeeltelijk over een langere periode blootgesteld is aan zwaardere belastingen.

Bij toepassingen waar het metselwerk slechts van een beperkte bescherming voorzien wordt, die niet voldoende zekerheid biedt voor een volledige bescherming tegen indringend vocht en waarbij een risico op bevriezing blijft bestaan, zullen de metselbakstenen minstens behoren tot de klasse 'normaal vorstbestand' of klasse F1. Dit is het geval bij dunne pleisterlagen, verflagen... op metselwerk.

Metselwerk, afgewerkt met een dikke laag pleisterwerk, binnenspouwbladen van een spouwmuur... vallen onder de toepassingen van beschermd metselwerk MX1.

Voor de meeste toepassingen van binnenmuurstenen hoeven de stenen dus niet vorstbestand te zijn.

Daarom bezitten de meeste Porotherm binnenmuurstenen de Euroklasse F0, en werden ze evenmin gecertificeerd volgens NBN B27-009.

Voor toepassingen waar een zeer vorstbestande Porotherm gewenst is, zoals buitenspouwbladen die achteraf met een verflaag worden afgewerkt, biedt Wienerberger specifieke producties aan gemaakt op basis van een kleimix die leidt tot Porotherm stenen die zeer vorstbestendig zijn of Euroklasse F2 hebben naast de categorie S2 voor het gehalte aan oplosbare zouten. Informeer steeds naar de beschikbare formaten en types die 'zeer vorstbestand' zijn of Euroklasse F2 bezitten.

Indien voor een toepassing de klasse 'zeer vorstbestand' of Euroklasse F2 vereist is, moet deze eis uitdrukkelijk in het lastenboek worden opgenomen.

WAT TE ONTHOUDEN?

- Let op bij het vergelijken van Euroklassen met de strengere Belgische norm.
- Zowel voor toepassingen waar de klasse 'zeer vorstbestand' vereist is, als voor de gewone binnentoepassingen, vindt u bij Porotherm de juiste steen.

3.12. GEHALTE AAN ACTIEVE OPLOSBARE ZOUTEN

Expansieve oplosbare zouten kunnen onder invloed van water uitzetten door kristalvorming en schade berokkenen aan de baksteen.

Het gehalte aan actieve oplosbare zouten wordt bepaald volgens een Europese proef, omschreven in de norm, NBN EN 772-5.

De declaratie van het gehalte aan oplosbare zouten volgens EN 771-1 is verplicht voor stenen, die bedoeld zijn voor gebruik in metselwerk met een beperkte bescherming of zonder bescherming.

De klassen voor het gehalte aan actieve oplosbare zouten worden gegeven in onderstaande tabel:

Categorie	Totaal % m/m, niet groter dan	
	Na ⁺ + K ⁺	Mg ²⁺
S0	Geen eisen	Geen eisen
S1	0,17	0,08
S2	0,06	0,03

Wanneer Porotherm binnenmuurstenen gebruikt worden in beschermd metselwerk (een dikke laag passend pleisterwerk, binnenspouwblad van een spouwmuur, bekleding bijvoorbeeld met kleidakpannen of Façatile, binnenmuren) is er geen vereiste ten aanzien van het gehalte aan actieve oplosbare zouten (S0).

geen vereiste in beschermd metselwerk

Indien Porotherm binnenmuurstenen toegepast worden in metselwerk met een beperkte bescherming (dunne pleisterlaag, verflaag) volgens de blootstellingsklassen MX, vermeld in de tabel in hoofdstuk 3.11. Vorstbestandheid, moeten de metselbakstenen minstens behoren tot de klasse S1 of S2.

Indien de toepassing de categorie S1 of S2 vergt, beschikt Porotherm over specifieke producties die naast zeer vorstbestand of Euroklasse F2 ook S2 hebben aan gehalte actieve oplosbare zouten. Informeer steeds naar de beschikbare formaten en types met S2 als klasse. De eis voor klasse S2 moet uitdrukkelijk vermeld worden in het lastenboek.

WAT TE ONTHOUDEN?

- Voor de meeste toepassingen van binnenmuurstenen volstaat de categorie S0.
- Waar de categorie S1 of S2 vereist is, beschikt Porotherm over specifieke producties die hieraan voldoen.



3.13. UITBLOEIINGEN

Uitbloeiingen zijn zoutachtige afzettingen die kunnen voorkomen als witte nevel, vlokken of harde korsten. Wanneer water zich door capillariteit verplaatst in de poriën van het metselwerk, voert het oplosbare zouten mee. Deze zetten zich af aan het oppervlak van het metselwerk, waar de zoutkristallen door verdamping achterblijven. De meest voorkomende zoutsoorten zijn de alkalische (natrium en kalium) en de magnesiumsulfaten. Salpeteruitbloeiingen komen uitsluitend voor in de nabijheid van meststoffen.

Deze zouten kunnen in het metselwerk voorkomen door opstijgend grondwater, maar ook door de reactie van de mortel met baksteen bij regenweer. Het risico is des te groter bij vers metselwerk, aangezien het poriënstelsel van de verse mortel nog te weinig uitgebouwd is om te beletten dat water in de capillairen van de baksteen verdwijnt. Een goede afscherming van jong metselwerk tegen de regen is bijgevolg onontbeerlijk.

Zouten, die reeds aanwezig zijn in de baksteen, kunnen het metselwerk eveneens laten uitbloeien. Een proef volgens de Belgische norm NBN B24-209 klasseert bakstenen als uitbloeiingsgevoelig of niet-uitbloeiingsgevoelig. Bakstenen zijn niet-uitbloeiingsgevoelig indien bij de proef geen witte vlekken verschijnen, waarvan de oppervlakte groter is dan 5 cm². Een lichte witachtige waas of een smalle zoom worden niet in aanmerking genomen.

Omdat deze classificatie niet relevant is voor niet-decoratief metselwerk, worden Porotherm binnenmuurstenen hierop niet getest.

Meestal blijven de uitbloeiingen echter onschadelijk voor het metselwerk. Wanneer alle 'regels van de kunst' bij het optrekken van het metselwerk worden gevolgd, met de nadruk op het zorgvuldig afdekken van het vers metselwerk, is het risico op uitbloeiingen uiterst klein.

De belangrijkste maatregelen om uitbloeiingen te voorkomen worden besproken in het hoofdstuk 'Verwerkingsadviezen'.

WAT TE ONTHOUDEN?

- De classificatie met betrekking tot uitbloeiingen is doorgaans niet relevant voor binnenmetselwerk. Daarom worden deze waarden niet gedeclareerd.
- Uitbloeiingen kunnen maximaal vermeden worden door het volgen van de maatregelen vermeld bij 'Verwerkingsadviezen'.

3.14. GEVAARLIJKE STOFFEN

In 1989 werd de mogelijke impact van bouwmaterialen op de binnenluchtkwaliteit opgenomen in de 'Europese Bouwproductenrichtlijn' (BPR). Deze richtlijn werd in 2011 omgezet tot de Europese Verordening 305/2011: 'CPR – Construction Products Regulation'. De essentiële eis Nr3 van de CPR stelt dat er bij het op de markt brengen van bouwproducten aandacht moet besteed worden aan 'hygiëne, gezondheid en milieu' tijdens de volledige levenscyclus van de bouwwerken. In de toekomst zullen alle bouwmaterialen, naast eisen zoals brandveiligheid, mechanische sterkte... ook moeten beantwoorden aan een aantal gezondheidscriteria.

Op basis van een mandaat van de Europese Commissie werkt de nieuwe CEN-commissie CEN/TC 351 'Construction products: assessment of release of dangerous substances' aan meetmethodes voor de bepaling van gevaarlijke stoffen, die kunnen vrijkomen uit bouwmaterialen tijdens de gebruiksfase. Zodra deze proefmethoden ter beschikking zijn en zodra er een wettelijke verplichting bestaat omtrent de verklaring van de 'uitloging van gevaarlijke stoffen' op de plaats waar de producten op de markt of in de handel worden gebracht, moet dit opgenomen worden in de DoP.

In 2017 bestaat deze verplichting in België nog niet, in tegenstelling tot bijvoorbeeld Duitsland en Nederland.

De Porotherm binnenmuurstenen beschikken over de natureplus en DUBOkeur labels. Deze labels evalueren onder meer de impact van de bouwmaterialen op de gezondheid van de mens. Schadelijke emissies en de aanwezigheid van gevaarlijke, irriterende en toxische componenten dienen onder vastgelegde aanvaardbare waarden te blijven.

DUBOKEUR®



WAT TE ONTHOUDEN?

- De Porotherm binnenmuurstenen beschikken over de natureplus en DUBOkeur labels.



Kwaliteit en regelgeving

4



4.1. DE BOUWPRODUCTENVERORDENING

Om het vrije verkeer van bouwproducten in de Europese Unie nog beter te waarborgen, herzag de Europese Commissie de Europese richtlijn 89/106/EEG (van toepassing op bouwproducten), beter bekend als de CPD-Construction Products Directive.

Deze herziening leidde tot de Europese Verordening (EU) nr. 305/2011, beter bekend als de CPR-Construction Products Regulation. In tegenstelling tot een 'richtlijn' is een 'verordening' rechtstreeks toepasbaar in alle landen van de Europese Unie, zonder omzetting in nationale wetgevingen.

prestatieverklaring verplicht

Sinds 1 juli 2013 moeten bouwproducten, die onder een geharmoniseerde norm vallen of in overeenstemming zijn met een Europese technische beoordeling, verplicht vergezeld zijn van een prestatieverklaring wanneer ze door een fabrikant in de handel gebracht worden of door een distributeur op de markt aangeboden worden.

Porotherm binnenmuurstenen vallen onder de geharmoniseerde norm NBN EN 771-1. Wienerberger moet bijgevolg als fabrikant de prestatieverklaring opstellen en ter beschikking stellen.

De prestatieverklaring heeft betrekking op de essentiële kenmerken van het bouwproduct. Dit zijn de kenmerken van het bouwproduct, die in relatie staan tot de fundamentele eisen voor bouwwerken.

7 fundamentele eisen

Bouwwerken moeten immers voldoen aan zeven fundamentele eisen:

1. Mechanische weerstand en stabiliteit
2. Brandveiligheid
3. Hygiëne, gezondheid en milieu
4. Veiligheid en toegankelijkheid bij gebruik
5. Bescherming tegen geluidshinder
6. Energiebesparing en warmtebehoud
7. Duurzaam gebruik van natuurlijke hulpbronnen

Het toepassingsgebied van deze bouwproductenverordening zijn de bouwproducten, zoals Porotherm binnenmuurstenen, terwijl de fundamentele eisen bepaald worden voor bouwwerken. Daarom is het belangrijk dat de bouwproducten geschikt zijn voor gebruik in een bouwwerk.

prestaties van een bouwproduct

Met de prestaties van een bouwproduct bedoelt men de prestaties met betrekking tot de essentiële kenmerken. Deze prestaties kunnen uitgedrukt worden in niveaus, klassen of door middel van een beschrijving. De prestaties bepalen of een bouwproduct geschikt is voor gebruik in een bepaald bouwwerk.

Voor Porotherm binnenmuurstenen worden de essentiële kenmerken opgesomd in bijlage ZA van de norm NBN EN 771-1.

4.2. PRESTATIEVERKLARING OF DOP (DECLARATION OF PERFORMANCE)

De prestatieverklaring heeft betrekking op de essentiële kenmerken van het bouwproduct, die per niveau of klasse of door middel van een beschrijving worden uitgedrukt, conform de toepasselijke geharmoniseerde norm.

Ze wordt opgesteld door de fabrikant, rekening houdend met het product en het beoogde gebruik. Ze wordt 'op papier' of 'in elektronische vorm' verstrekt. De DoP moet worden opgemaakt in de taal van het land waar men het product op de markt aanbiedt.

De prestatieverklaring helpt de gebruiker of voorschrijver bij de keuze van een bouwproduct dankzij een perfecte kennis van de prestaties voor het beoogde gebruik. Zij verzekert dat het bouwwerk aan de toepasselijke fundamentele eisen voldoet, rekening houdend met de plaats waar het wordt opgetrokken. De milieuomstandigheden (extreme temperaturen, vorst, aantal uren zon, aardbeving...) verschillen namelijk naargelang het bouwgebied in Europa.

De prestatie met betrekking tot een essentieel kenmerk moet verplicht aangegeven worden in de volgende vier gevallen:

1. Wanneer er voor dit essentiële kenmerk regelgeving bestaat in het land waar het product op de markt wordt gebracht
2. Wanneer de Europese Commissie deze vermelding oplegt
3. Wanneer het betrokken essentiële kenmerk relevant is om het beoogde gebruik van het product te bepalen
4. Wanneer de fabrikant, de importeur of de distributeur informatie verstrekt over de prestatie met betrekking tot dit essentiële kenmerk, onder welke vorm ook (bijvoorbeeld in technische of verkoopdocumentatie, op een website ...).

In de prestatieverklaring kan men gebruik maken van de NPD-optie (No Performance Determined) voor een niet-bepaalde prestatie.

Dit kan alleen indien de twee volgende voorwaarden vervuld zijn:

1. Ten minste één relevante prestatie moet aangegeven worden
2. Het kenmerk waarvan de fabrikant de prestatie niet wenst aan te geven, is voor een bepaald gebruik niet onderworpen aan reglementaire eisen van de ontvangende lidstaat of de Europese Commissie.

Hierna lichten we aan de hand van een voorbeeld de inhoud van een prestatieverklaring toe. De aanvullende nationale technische specificaties komen later aan bod.

PRESTATIEVERKLARING

DoP-Nummer: 1343300-B1W1240

Product: POROTHERM THERMOBRICK 29/14/19

Identificatienummer van het producttype is het DoP-nummer

1

Wienerberger

Wienerberger NV

Kapel ter Bede - 8500 Kortrijk

België

1

2

3

4

5

6

7

8

Toepassing in metselwerkmuren, kolommen en scheidingswanden voor:
Systeem voor de beoordeling en verificatie van de prestatiebestendigheid:
Geharmoniseerde norm:
Aangemelde instantie(s):

beschermd metselwerk

System 2+

EN 771-1:2011+A1:2015

0749

Aangegeven prestatie(s) van P - Producten

Afmetingen en toleranties		T1	R1
Lengte:	mm	288 ± 7	10
Breedte:	mm	138 ± 5	7
Hoogte:	mm	188 ± 5	8
Tolerantie:	klasse	T1	
Maatspreiding:	klasse	R1	
Vlakheid:	mm	NPD	
Planparalleliteit:	mm	NPD	
Verschijningsvorm			
Metselbaksteengroep:	-	2	
Percentage holle ruimte:	%	NPD	
Volume van de frogs:	%	NPD	
Volumieke massa			
Bruto droge vol. massa:	kg/m³	850	
Netto droge vol. massa:	kg/m³	1750	
Tolerantie:	klasse / %	D1 / 10	
Druksterkte voor categorie I product			
Loodrecht op het mortelbedvlak:	N/mm²	10	(*)
Loodrecht op de kop:	N/mm²	NPD	
Loodrecht op de kop 2:	N/mm²	NPD	
Hechtsterkte:	N/mm²	NPD	
Thermische geleiding λ10,dry,unit:	W/(m·K)	0.23	Bepaald volgens methode EN 1745:2012 P2
Dampdoorlatendheid:	-	μ = 5/10	Min- en max.-waarden uit tabel volgens EN1745
Vorst/dool-weerstand:	klasse	F0	Volgens CEN/TS 772-22
Wateropneming:	%	18	Volgens EN 772-21
Initiële wateropzuiging:	kg/(m²·min)	0.5-1.5	Volgens EN 772-11
Gehalte actieve oplosbare zouten:	klasse	S0	Volgens EN 772-5
Vochtexpansie:	mm/m	NPD	
Brandreactie:	klasse	A1	Commissie Besluit 95/603/EC, aangevuld in het
Gevaarlijke stoffen:	-	NPD	

Daadwerkelijk perforatiebeeld kan gering afwijken

9

De prestaties van het hierboven omschreven product zijn conform de aangegeven prestaties. Deze prestatieverklaring wordt in overeenstemming met Verordening (EU) nr. 305/2011 onder de exclusieve verantwoordelijkheid van de hierboven vermelde fabrikant verstrekt.

Ondertekend voor en namens de fabrikant door:

10

2016-03-17

CEO

Johan Van Der Biest

Wienerberger NV

Kapel ter Bede - 8500 Kortrijk

België

168 |

De prestatieverklaring omvat de volgende gegevens:

- 1 Gegevens van de fabrikant
- 2 Referentienummer van de prestatieverklaring
- 3 Naam van de binnenmuursteen + formaat
- 4 Identificatienummer van het producttype

Dit wordt gebruikt voor de traceerbaarheid. Aangezien Wienerberger voor de Porotherm binnenmuurstenen een aparte DoP ter beschikking stelt voor elk type en elk formaat binnenmuursteen, is het identificatienummer identiek aan het DoP-nummer. Eenzelfde type steen vervaardigd in een andere fabriek krijgt een ander DoP-nummer.

- 5 Beoogd gebruik

Volgens de geharmoniseerde norm NBN EN 771-1 is het beoogde gebruik van Porotherm binnenmuurstenen ‘beschermd metselwerk in metselwerkmuren, kolommen en scheidingswanden’. Dit is metselwerk dat niet blootgesteld wordt aan water en niet in contact staat met grond en grondwater. Wanneer het metselwerk in buitenmuren afgewerkt wordt met een gevelbepleistering of een gevelbekleding, wordt dit metselwerk volgens de norm eveneens als ‘beschermd metselwerk’ beschouwd.

- 6 Het systeem voor de beoordeling en de verificatie van de prestatiebestendigheid van het bouwproduct

De Europese Commissie bepaalt welk systeem van toepassing is, rekening houdend met de gevolgen voor de gezondheid en de veiligheid van mens en milieu: onderscheid wordt gemaakt tussen systeem 1+, 1, 2+, 3 en 4.

Systeem	1+	1	2+	3	4
Taken van de fabrikant					
Bepaling van het producttype op grond van typeonderzoek (inclusief bemonstering), typeberekening, getabelleerde waarden of een beschrijvende documentatie van het product			x		x
Productiecontrole in de fabriek	x	x	x	x	x
Verdere tests van in de fabriek genomen monsters volgens het voorgeschreven testprogramma	x	x	x		
Prestatieverklaring	x	x	x	x	x
Taken van de aangemelde instantie					
Bepaling van het producttype op grond van typeonderzoek (inclusief bemonstering voor 1+ en 1), typeberekening, getabelleerde waarden of een beschrijvende documentatie van het product	x	x		x	
Initiële inspectie van de productie-installatie + productiecontrole in de fabriek	x	x	x		
Permanente bewaking, beoordeling en evaluatie van de productiecontrole in de fabriek	x	x	x		
Steekproefsgewijze controle van monsters voordat het product in de handel wordt gebracht	x				

Overzicht van de systemen voor de beoordeling en de verificatie van de prestatiebestendigheid

De indeling houdt rekening met de rol van de producten in de veiligheid van bouwwerken. De producten, waarvan men denkt dat ze de belangrijkste rol spelen, worden geklasseerd in systeem 1+. Porotherm binnenmuurstenen vallen onder systeem 2+. Dit houdt in dat de tussenkomst van een aangemelde instantie in de productiecontrole in de fabriek noodzakelijk is, aangezien binnenmuurstenen een belangrijke rol spelen in de veiligheid van bouwwerken. Het is de fabrikant die de bepaling van het producttype uitvoert voor het systeem 2+.

- 7 **Referentienummer en publicatiejaar van de geharmoniseerde norm waarmee het product overeenstemt**
- 8 **Identificatienummer van de aangemelde instantie**
De aangemelde instantie is de BCCA 'Belgian Construction Certification Association' met identificatienummer 0749.
- 9 **Aangegeven prestatie**
Dit zijn de aangegeven prestaties volgens de lijst met essentiële kenmerken, zoals beschreven in de geharmoniseerde norm NBN EN 771-1.
Deze prestaties komen uitvoerig aan bod in het hoofdstuk Bouwtechniek.
- 10 **Datum en handtekening van de CEO van Wienerberger**



4.3. CE-MARKERING

De CE-markering wordt op een bouwproduct aangebracht door de fabrikant. Hiermee geeft hij te kennen dat hij de verantwoordelijkheid opneemt voor de conformiteit van zijn bouwproduct met de aangegeven prestaties in de prestatieverklaring (DoP). In het kader van de verordening voor het verhandelen van bouwproducten mag de CE-markering niet aangebracht worden wanneer er geen prestatieverklaring opgesteld werd.

Op de pakken Porotherm binnenmuurstenen wordt de CE-markering als een etiket aangebracht op de verpakkingsfolie.



4.4. DE ROL VAN BENOR

Het BENOR-label toont aan dat de Porotherm binnenmuurstenen beantwoorden aan de PTV 23-003.

De BENOR-licentie is steeds gebaseerd op een certificatie van de binnenmuursteen. Dat betekent dat Wienerberger de continuïteit van de conformiteit van zijn Porotherm binnenmuurstenen waarborgt op basis van een zelfcontrole. De BCCA bevestigt op basis van een periodieke externe controle dat er voldoende garanties zijn om het vertrouwen in Wienerberger te bestendigen.

Door het aanbrengen van de CE-markering waarborgt Wienerberger dat de Porotherm binnenmuurstenen conform zijn met de verklaarde waarden in de DoP en dat alles conform is met de CPR. Het BENOR-merk garandeert dat de door Wienerberger verklaarde waarden ook geverifieerd werden door een derde onafhankelijke partij, in dit geval de BCCA. Verder biedt het BENOR-merk ook de mogelijkheid om bepaalde karakteristieken, die niet in de geharmoniseerde norm zijn opgenomen, te laten certificeren.

Aanvullende nationale technische specificaties: DoP-Nummer: 1343300-B1W1240 Product: POROTHERM THERMOBRICK 29/14/19		 Wienerberger Wienerberger NV Kapel ter Bede - 8500 Kortrijk België	
Volgens PTV 23-002 (Baksteen voor decoratief metselwerk)			
Formaat	290-140-190		
Vorstbestendigheid volgens NBN B 27-009	Klasse	niet gecertificeerd	
Uitbloeiing volgens NBN B 24-209	-	niet van toepassing	
Gemiddelde initiële wateropname voor de mortelkeuze	Categorie	IW2	
Lambda 10,droog,steen(90/90) volgens EN 1745	W/m.K	0,24	
Thermische geleidbaarheid: Lambda Ui (rekenmethodiek cfr NBN B62-002)	W/m.K	0,26	
Thermische geleidbaarheid: Lambda Ue (rekenmethodiek cfr NBN B62-002)	W/m.K	Niet van toepassing	
Benor certificatennummer	BB/202/676/032-00-P/13		





- 1 Gegevens van de fabrikant
- 2 Referentienummer van de prestatieverklaring
- 3 Naam van de binnenmuursteen + formaat
- 4 Verwijzing naar de van toepassing zijnde 'Prescriptions techniques – Technische Voorschriften (PTV)'
- 5 Het BENOR-label
- 6 Andere nationale labels
- 7 Gecertificeerde karakteristieken die niet in de geharmoniseerde norm zijn opgenomen

Voor Porothersm binnenmuurstenen gaat het om de nominale afmetingen, de klasse van vorstbestendigheid volgens NBN B27-009, de categorie van de gemiddelde initiële wateropname voor de mortelkeuze, $\lambda_{10, \text{droog, steen}}$ (90/90) volgens EN 1745, $\lambda_{U,i}$ en $\lambda_{U,e}$ volgens NBN B62-002.

- 8 Het BENOR-certificatienummer

4.5. OP DE WERF: HOE DE CE-MARKERING OP DE PAKKEN TE LEZEN?

- 1 Gegevens van de fabrikant
- 2 Naam van de binnenmuursteen + formaat
- 3 Unieke identificatiecode van de binnenmuursteen
Op basis van deze code weet Wienerberger perfect in welke fabriek en op welke productielijn deze binnenmuursteen geproduceerd werd.
- 4 Referentienummer van de prestatieverklaring
- 5 De laatste twee cijfers van het jaar waarin de CE-markering voor het eerst werd aangebracht - in dit geval 2013
- 6 Referentienummer en publicatiejaar van de geharmoniseerde norm waarmee het product overeenstemt
- 7 Identificatienummer van de aangemelde instantie BCCA
- 8 QR-code met link naar de prestatieverklaring
- 9 Website waar de prestatieverklaring terug te vinden is
- 10 Designation code: steenkarakteristieken kunnen volgens een vast stramien en defaultset (A, B of C) aangeduid worden in een designation code. Deze code wordt heden niet veel gebruikt.
- 11 Beoogd gebruik
Volgens de geharmoniseerde norm NBN EN 771-1 is het beoogde gebruik van Porothersm binnenmuurstenen 'beschermd metselwerk in metselwerkmuren, kolommen en scheidingswanden'. Dit is metselwerk dat niet blootgesteld wordt aan water en niet in contact staat met grond en grondwater. Wanneer het metselwerk in buitenmuren afgewerkt wordt met een gevelbepleistering of een gevelbekleding, wordt dit metselwerk volgens de norm eveneens als 'beschermd metselwerk' beschouwd.

- 12

Aangegeven prestatie
- Dit zijn de aangegeven prestaties volgens de lijst met essentiële kenmerken zoals beschreven in de geharmoniseerde norm NBN EN 771-1.
Deze prestaties komen uitvoerig aan bod in het hoofdstuk 'Bouwtechniek'.
Op de CE-markering moeten alle in de prestatieverklaring opgenomen prestaties vermeld worden, met uitzondering van de NPD's.
- 13

Aantal stenen per pallet
- 14

Verpakkingsdatum
- 15

Batchnummer
- Elke steen wordt voorzien van een batchnummer bestaande uit 14 cijfers, waaruit het jaartal, de dag en de exacte productie kan afgeleid worden.
- 16

Brutogewicht inclusief pallet
- 17

Fabricagematen
- 18

Aanvullende nationale technische specificaties



Wienerberger NV
Kapel ter Bede 121
8500 Kortrijk

1

2

POROTHERM
THERMOBRICK 29/14/19

3

Ref. No.: 12592070

4

DoP No.: CE - 703011801W1262 - CE

5

CE

13

6

EN 771-1:2011+A1:2015

7

NB No.: 0749

8

9

ce.wienerberger.co

10

CL P I 10 850(D1) 288x138x188 A L0.230 N1750(D1) W18 I1.5-4

11

intended use: in walls, columns and partitions for protected masonry

Toeassing:	P	Categorie:	I
Lengte (mm):	288	Druksterkte (N/mm²):	10 NPD
Breedte (mm):	138	Hechsterkte (N/mm²):	NPD
Hoogte (mm):	188	Thermische geleiding λ10,dry,unit (W/m K):	0.23
Tolerantie:	T1	Dampdoorlatendheid μ:	5/10
Maatspreiding:	R1	Vorst/dooi-weerstand:	F0
Planparalleliteit (mm):	NPD	Wateropneming (%):	18
Vlakheid (mm):	NPD	Gehalte actieve oplosbare zouten:	S0
EC6 - Metselbaksteengroep:	2	Vochtexpansie (mm/m):	NPD
Bruto droge vol. massa (kg/m³):	850	Brandreactie:	A1
Tolerantie:	D1	Gevaarlijke stoffen:	NPD

13

Aantal - Nombre
168

14

Verpakkdatum / Date d'emballage
30/03/2017

15

Batch: Zie steen - Voir brique

16

Brutogewicht - Poids brut
± 1.12 t

17

Fabricage maten - Dimensions de fabrication
288 x 138 x 188 mm

Bruto droge volumieke massa
Masse volumique
850 kg/m³

Gedeclareerd gemiddelde druksterkte
Résistance à la compression moyenne déclarée
≥ 10 N/mm²

BENOR

Vorstbestandheid (klasse)
Résistance au gel (classe)

NBN B 27 - 209

niet gecertificeerd
non certifiée

PTV 23-003
BB/202/0676/042-00-P/34

IW klasse - classe

IW3

| 173



4.6. OP DE WERF: HOE DE DOP TE RAADPLEGEN?

De DoP kan op drie manieren opgevraagd worden:

- Via de QR-code op de CE-markering
- Via de website ce.wienerberger.com
- Op papier via de bouwstofhandelaar of rechtstreeks aan te vragen bij Wienerberger

Via de QR-code op de CE-markering

Gebruikers van een smartphone of tablet kunnen de app Wienerberger DoP gratis downloaden via de app store. Na het instellen van de taal kan met deze app de QR-code op de CE-markering ingelezen worden. De prestatieverklaring of DoP verschijnt in de gekozen taal op het scherm.

Via de website ce.wienerberger.com

Via ce.wienerberger.com wordt de 'Legal Product Information Locator' opgeroepen.

Na het kiezen van land en taal, verschijnt de CE-zoekmachine.

Door het ingeven van het referentienummer van de prestatieverklaring (nummer 4 in figuur) wordt de DoP zichtbaar. Dit document in pdf-formaat kan opgeslagen of afgedrukt worden.

4.7. TECHNISCHE GOEDKEURING ATG

Een ATG is een gunstige beoordeling van één bepaald bouwproduct van één fabrikant voor een welbepaalde toepassing. ATG's worden afgeleverd voor producten waarvoor geen productnormen bestaan. Het betreft dan ook voornamelijk systemen, innovatieve producten en producten die uit meerdere componenten bestaan. Met een vastgestelde frequentie wordt extern toezicht uitgeoefend op de conformiteit van de productie met de gepubliceerde goedkeuring. Samen met de opleiding en de erkenning als gecertificeerd aannemer, betekent dat een extra zekerheid op kwaliteit.

Het innovatieve systeem Porotherm *Dryfix* valt onder een ATG. Het testprogramma binnen deze ATG had tot doel om de eigenschappen van het uiteindelijke metselwerk te bepalen. Het testprogramma voor Porotherm *Dryfix* omvatte onder andere: muurdruksterkte, buigsterkte, brandweerstand, duurzaamheid...

WAT TE ONTHOUDEN?

- Porotherm binnenmuurstenen vallen onder de geharmoniseerde norm NBN EN 771-1, waardoor Wienerberger als fabrikant de prestatieverklaring of DoP moet opstellen en ter beschikking stellen.
- Door het aanbrengen van de CE-markering op de Porotherm binnenmuurstenen neemt Wienerberger de verantwoordelijkheid op voor de conformiteit van de binnenmuurstenen met de aangegeven prestaties in de prestatieverklaring (DoP).
- Het BENOR-merk garandeert dat de door Wienerberger verklaarde waarden ook geverifieerd werden door een derde onafhankelijke partij. BENOR is een kwaliteitsgarantie.
- De DoP kan gemakkelijk worden geraadpleegd met de smartphone op de werf of via de website ce.wienerberger.com
- Het innovatieve Porotherm *Dryfix* systeem valt onder een ATG.





Verwerkingsadvies

5



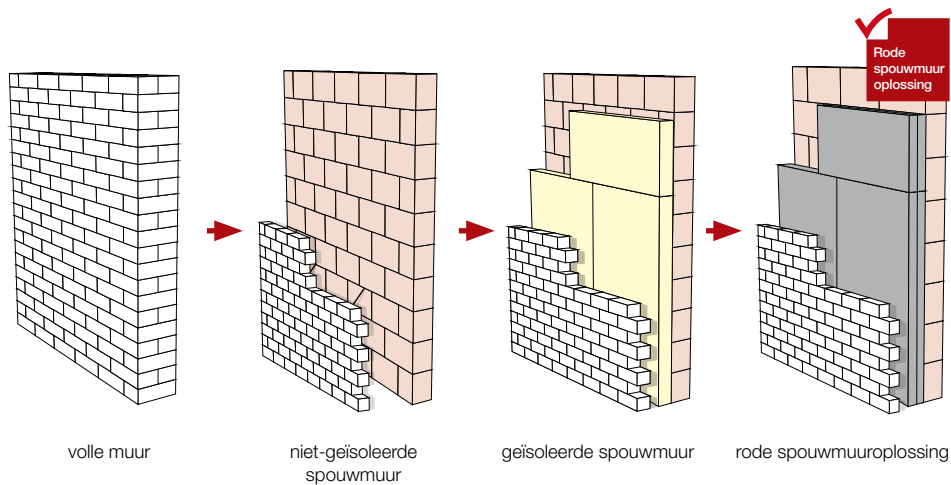
5.1. DE GEÏSOLEERDE SPOUWMUUR MET KERAMISCHE BINNENMUURSTENEN

5.1.1. VAN MASSIEVE VOLLE WAND NAAR GEÏSOLEERDE SPOUWMUUR

perfect in ons klimaat

De geïsoleerde spouwmuur is het resultaat van een zoektocht naar een wandopbouw, die perfect is afgestemd op ons klimaat.

Specifiek aan ons gematigd zeeklimaat is 'slagregen', de combinatie van aanhoudende regen met hevige wind. Door die wind worden de regendruppels als het ware naar binnen gestuwd langs allerlei kleine spleten en poriën.



volle muur

Vroeger bouwde men massieve volle buitenwanden. Bij een regenbui werd de buitenste schil van deze wand nat. Bij slagregen of bij langdurig aanhoudende regen was de kans reëel dat de volledige wand nat kwam te staan. Dit noemt men regendoorslag: de binnenzijde van de wand werd vochtig.

niet-geïsoleerde spouwmuur

Sinds de jaren twintig van de vorige eeuw werd de massieve muur meer en meer vervangen door de niet-geïsoleerde spouwmuur. De eerste betrachting bestond erin het vocht, afkomstig van slagregen, buiten te houden. Door het ontdebelen van de massieve volle wand sloot men het risico op regendoorslag uit. Het buitenspouwblad weerde de regen. Het binnenspouwblad diende als drager van het gebouw. Vanaf nu spreekt men over gevelsteen en binnenmuursteen. De technologische evolutie van de binnenmuurstenen verloopt apart van die van de gevelstenen.

geïsoleerde spouwmuur

In de jaren zeventig, met de eerste oliecrisis, kreeg de spouwmuur naast de regenwerende ook een isolerende functie. In de luchtsponw plaatste men isolatiemateriaal tegen het binnenspouwblad. Een kleine luchtsponw van minimaal 2 à 3 cm tussen de voorkant van de isolatie en de achterzijde van de gevelsteen was daarbij aangewezen om de regendichtheid te garanderen.

rode spouwmuuroplossing

Met de recente evolutie naar nZEB-gebouwen wordt het isolatiemateriaal dikker, met langere spouwhaken als gevolg. De isolatie wordt vastgezet met pluggen, waarin achteraf de spouwhaken worden geschroefd.

Op die manier minimaliseert men het warmteverlies langs de spouwvakken.

Om windspoeling achter de isolatie te voorkomen, is het belangrijk om de spouwisolatie goed aansluitend tegen elkaar te plaatsen en bij voorkeur in twee lagen aan te brengen. Bij harde isolatie wordt aanbevolen de naden af te tappen. De isolatieplaten van beide lagen worden geschrinkt geplaatst. De gladde binnenbepleistering krijgt een belangrijkere rol toebedeeld: ze garandeert de noodzakelijke luchtdichtheid van de spouwmuur.

Om de muurdikte van de geïsoleerde spouwmuur te beperken, maakt men meer en meer gebruik van smallere gevelstenen. De Eco-brick van Wienerberger leent zich hiervoor.

De 'rode spouwmuroplossing' van Wienerberger beantwoordt aan de strengste vereisten van een hedendaagse geïsoleerde spouwmuur en behoort daarmee tot de Best Beschikbare Technieken om duurzaam te bouwen.

5.1.2. LUCHTDICHT BOUWEN

Wat is luchtdichtheid?

De luchtdichtheid van een gebouw is het vermogen om de luchtstromingen van buiten naar binnen en van binnen naar buiten tegen te houden.

Luchtdichtheid mag niet verward worden met winddichtheid. Het afplakken van de naden van de spouwisolatie en het goed op elkaar doen aansluiten van de isolatieplaten garanderen de winddichtheid.

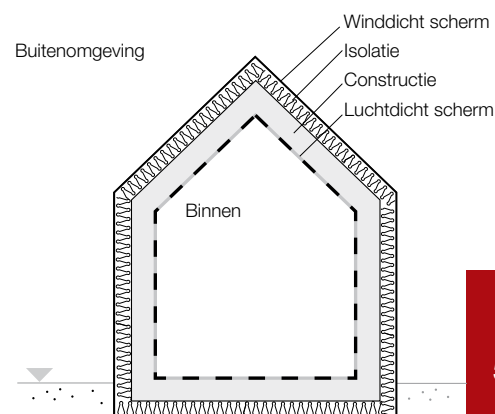
Om een goede luchtdichtheid te verkrijgen, wordt een luchtscherf geplaatst om de luchtstromingen van buiten naar binnen en van binnen naar buiten tegen te houden. De plaatsing van een luchtscherf gebeurt aan de binnenkant, dus aan de warme zijde van de isolatie. De gladde binnenbepleistering is hiervan een voorbeeld.

De luchtdichtheid van gebouwen heeft een belangrijke weerslag op hun energieprestatie.

De luchtdichtheid van een gebouw kan men niet op voorhand berekenen, maar enkel na afloop van de werken meten. In dit stadium is het moeilijk of onmogelijk om - zonder hoog oplopende kosten - nog de nodige verbeteringen aan te brengen. Het is dus noodzakelijk in iedere bouwfase de nodige aandacht te besteden aan luchtdichtheid.

Een goede luchtdichtheid vereist aandacht voor:

- een luchtdicht ontwerp: niet enkel de afbakening van het beschermde volume speelt een rol, maar ook de positionering van het luchtscherf
- de keuze en aard van het luchtscherf
- het luchtdicht afwerken van de aansluitingen tussen de verschillende schildelen en doorboringen van het luchtscherf
- de controle van en het toezicht op de uitvoering met eventuele tussentijdse metingen.



DE KEUZE EN AARD VAN HET LUCHTSCHERM BIJ METSELWERK MET KERAMISCHE BINNENMUURSTENEN

binnenbepleistering

Een 10 mm dikke pleisterlaag verzekert de luchtdichtheid van metselwerk met keramische binnenmuurstenen. De luchtdichte afwerking van zichtbaar binnenmetselwerk kan gebeuren door een cementbepleistering aan te brengen in de spouw. Besef wel dat dit luchtscherm regelmatig kan doorboord worden indien de spouwankers nadien worden aangebracht. Ook zal het luchtscherm nadien niet meer toegankelijk zijn om eventuele herstellingen uit te voeren.

Het rechtstreeks schilderen van goed opgevoegd metselwerk levert een minder goede luchtdichtheid op dan een bepleisterde muur.

AANSLUITINGEN TUSSEN VERSCHILLENDE SCHILDELEN EN DOORBORINGEN VAN HET LUCHTSCHERM LUCHTDICHT AFWERKEN

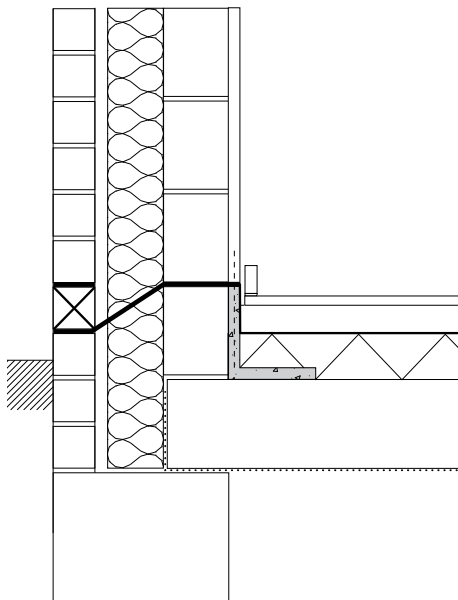
goedkoop en eenvoudig

Hoewel de gladde binnenbepleistering de luchtdichtheid van metselwerk met keramische binnenmuurstenen op een goedkope en eenvoudige manier garandeert, moet de nodige aandacht gaan naar de detaillering van de aansluitingen tussen de verschillende schildelen en de doorboringen van het luchtscherm, zoals:

- aansluitingen met vloerplaten
- contactdozen en leidingen
- binnendeuren in de buurt van een gevel
- aansluitingen aan hellende daken
- aansluitingen aan platte daken
- aansluitingen aan het schrijnwerk
- uitvoering van doorboringen.

AANSLUITINGEN MET VLOERPLATEN

De ruwbouwplaat kan door middel van een cementering luchtdicht aangesloten worden op de bepleistering, die als binnenafwerking van de wand wordt toegepast. De cementering vertrekt op de ruwbouwplaat over een afstand van minstens 10 cm, en stopt net onder de waterkering onderaan de muur. Het pleisterwerk stopt boven de waterkering. Indien doorgedreven luchtdichtheden nagestreefd worden, wordt de cementering luchtdicht aangesloten op het pleisterwerk door middel van een luchtdichte en overpleisterbare folie.



De aansluiting van de muur op het plafond kan gebeuren door het pleisterwerk in te snijden en te voorzien van een voldoende brede en luchtdichte soepele voeg.

CONTACTDOZEN EN LEIDINGEN

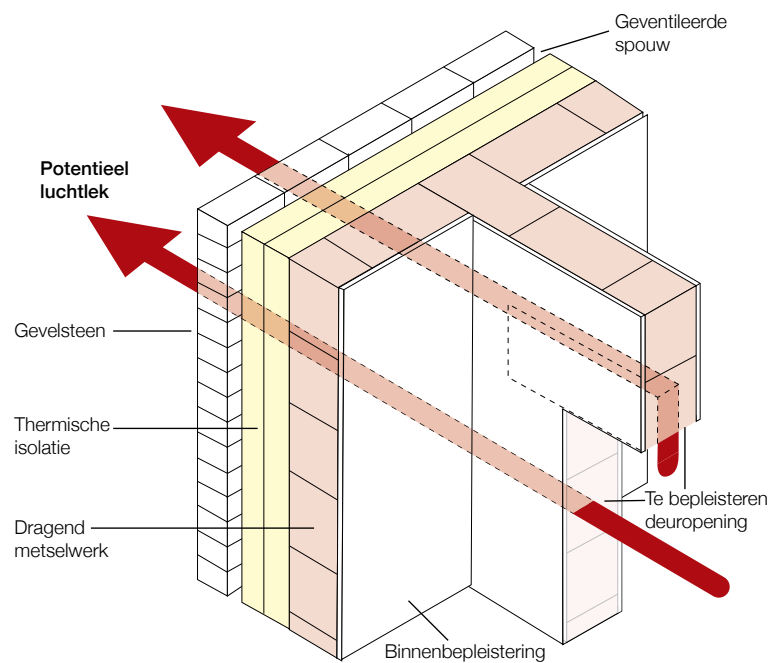
Contactdozen, schakelaars en leidingdoorvoeren voorziet men bij voorkeur niet in de buitenmuren. Komen ze toch voor, dan moet de nodige zorg besteed worden aan het uitcementeren en pleisteren ter hoogte van de sleuven en inbouwdozen. Men moet in ieder geval zorgen voor een luchtdichte aansluiting tussen de bepleistering en de contactdoos.

Bij hoge eisen op het gebied van luchtdichtheid kan men gebruik maken van contactdozen met een verbeterde luchtdichtheid. Het is ook aangewezen om de zekeringkast binnen het beschermde volume te plaatsen.

BINNENDEUREN IN DE BUURT VAN EEN GEVEL

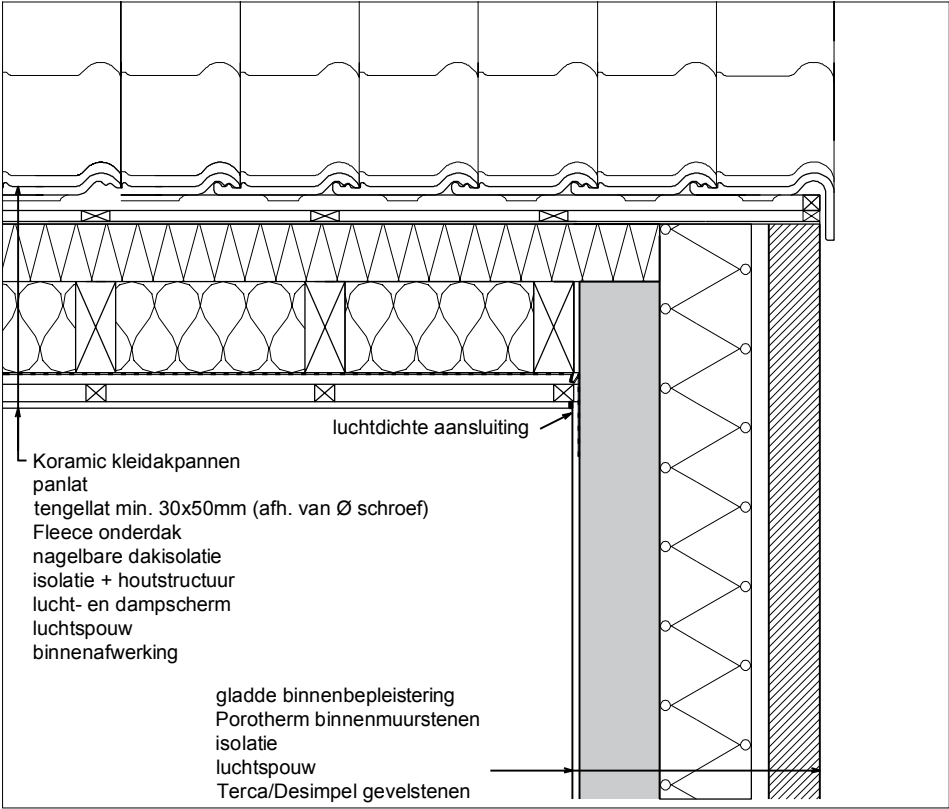
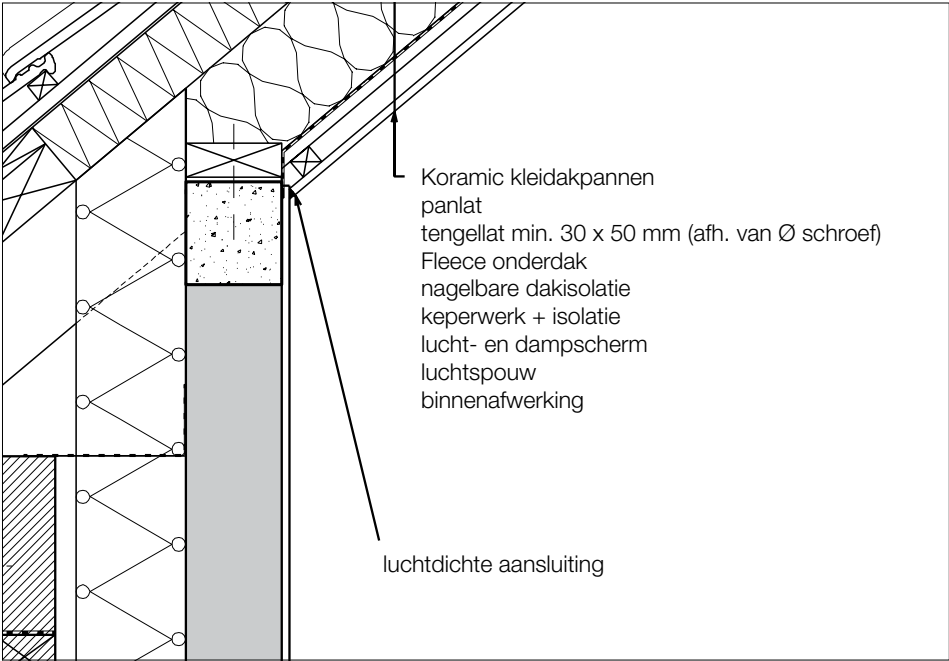
Komt er een deuropening in een dwarsmuur in de buurt van een buitenmuur, dan moeten de slagen in het metselwerk luchtdicht afgewerkt worden. Dit kan door de slagen te pleisteren of te cementeren.

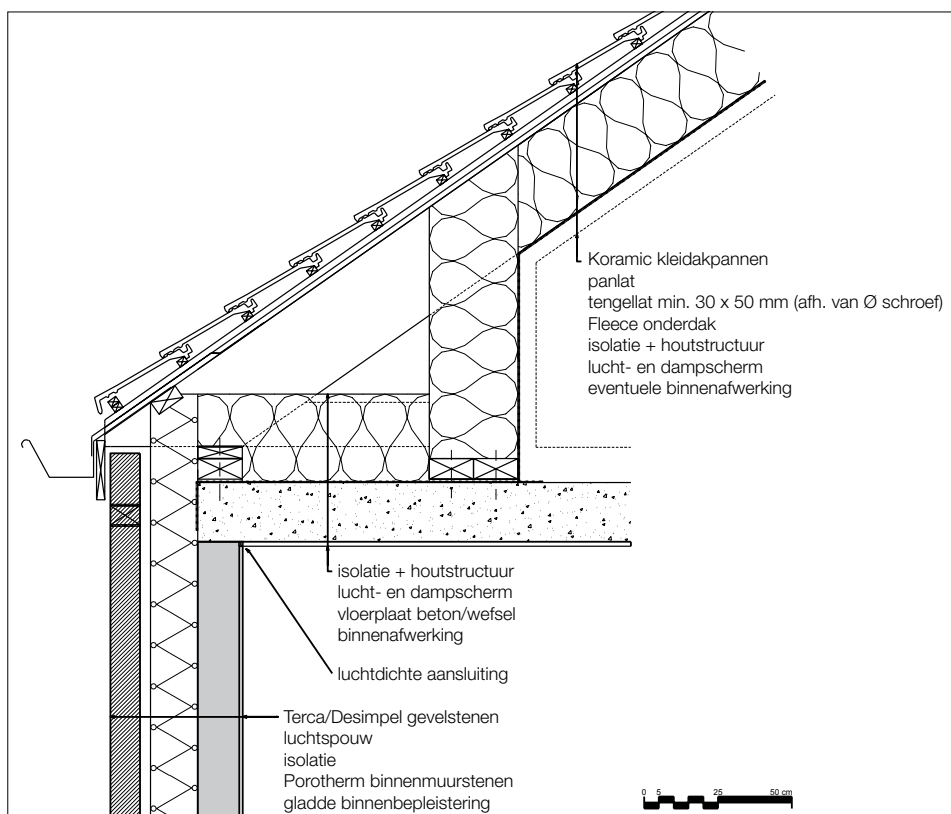
slagen pleisteren



AANSLUITINGEN AAN HELLENDE DAKEN

Vanaf de ontwerpfase moet er op gelet worden dat het luchtscherm van het dak goed aansluit op hetzij het luchtscherm (=pleister) van de muur, hetzij de luchtdichte betonnen vloer. De figuren hieronder geven verschillende voorbeelden van aansluitingen.



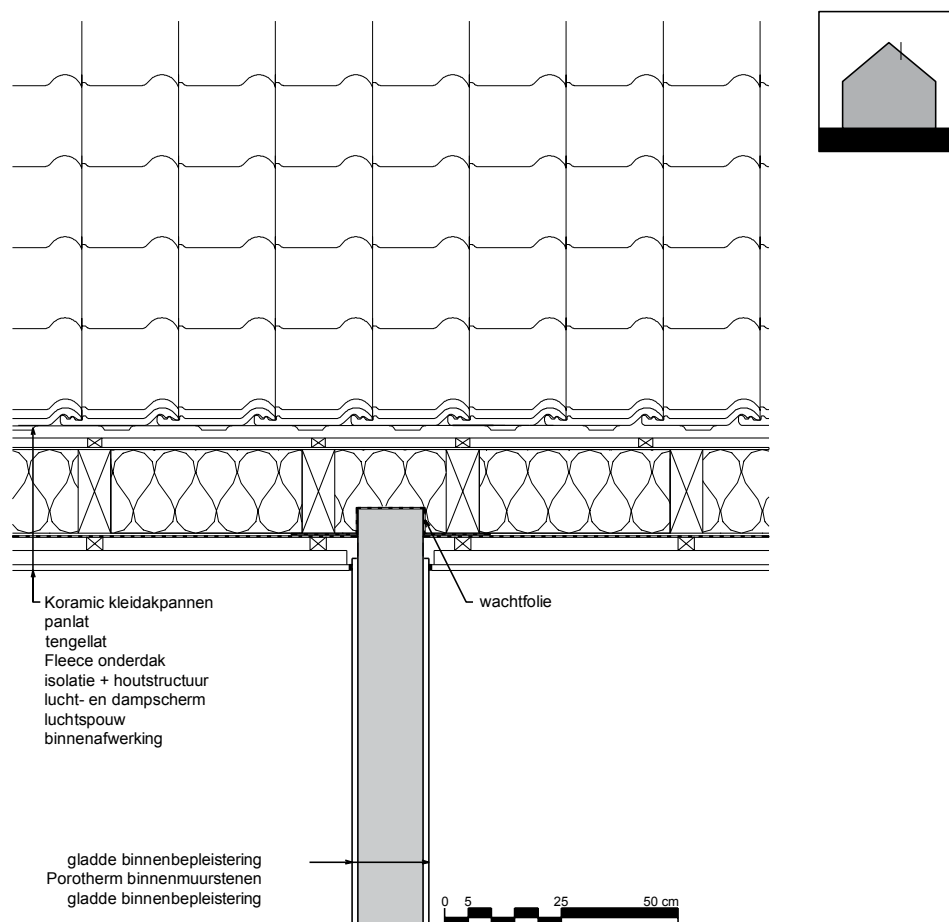


Voor de aansluiting tussen het luchtscherp van het dak en de wandbepleistering kan men gebruik maken van aansluitbanden, die de luchtdichte verbinding verzorgen. Er bestaan ook pleisterprofielen met een geïntegreerd net, waarachter het luchtdichte scherm van het dak wordt geklemd. Er moet voldoende overlap tussen luchtdicht scherm en pleister worden voorzien.

Ter hoogte van de aansluiting van het luchtscherp van het dakvlak en de aanpalende muren, voorziet men het best een plooï om eventuele differentiële bewegingen toe te laten.

Voor de aansluiting van een binnenmuur aan het dakvlak zijn er drie mogelijkheden:

- Analooq als bij de buitenmuren: het luchtdicht verbinden van het luchtscherp van het dak met de bepleistering op de binnenmuur.
- De binnenmuren voorzien van een wachtfolie vooraleer de dakconstructie aan te brengen.



- De binnenmuren realiseren na het aanbrengen van het luchtscherm over het volledige dakvlak.

AANSLUITINGEN AAN PLATTE DAKEN

Zware platte daken

Het aanbrengen van een pleisterlaag kan de luchtdichtheid van de verbinding dakvloer/buitenmuur verzekeren. In de hoek tussen beide elementen kan het pleisterwerk doorgesneden worden, waarna men de ontstane voeg vult met een elastische voegvulling. Op die manier voorkomt men dat eventuele scheurtjes in de beschreven hoek (ten gevolge van differentiële vervormingen) de luchtdichtheid in het gedrang brengen.

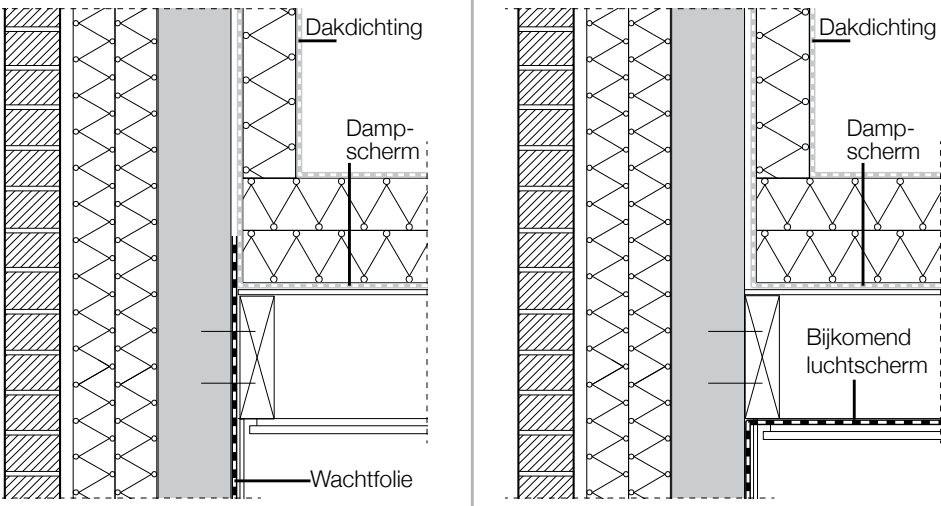
pleister = luchtdicht

Men moet voorkomen dat (elektriciteits-)leidingen door de volledige dikte van de draagvloer lopen en op die manier de luchtschermen doorboren. Het is dus aan te raden de leidingen te plaatsen nog voor het storten van bijvoorbeeld een druklaag.

leidingen plaatsen
voor het storten van de druklaag

Lichte platte daken

Het dampscherm van het lichte plat dak moet luchtdicht aansluiten op de bepleistering.

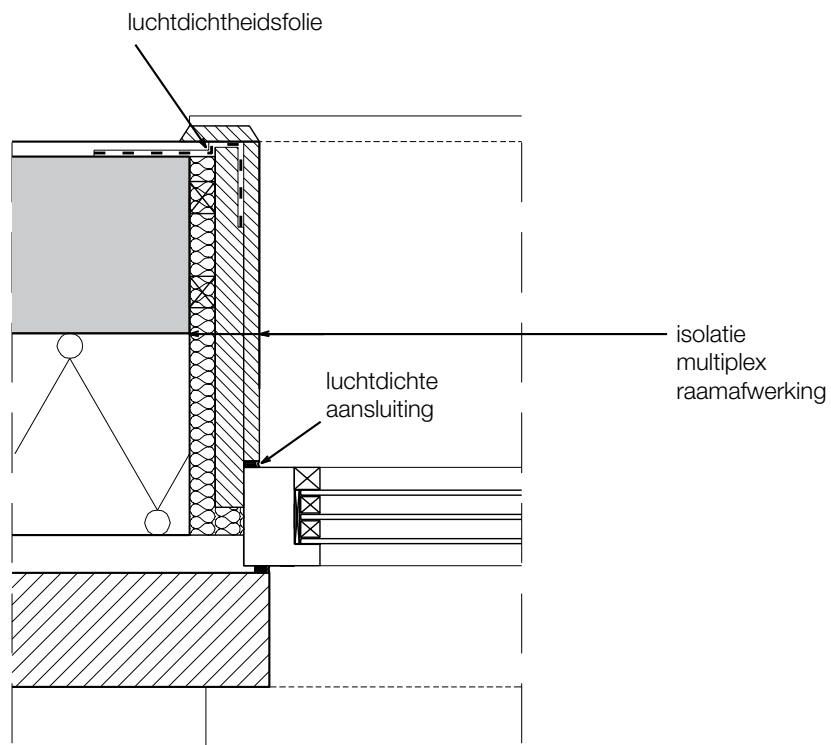


AANSLUITINGEN AAN HET SCHRIJNWERK

Het luchtdicht aansluiten van het buitenschrijnwerk op de binnenbepleistering kan gebeuren door gebruik te maken van een omkasting, het plaatsen van dichtingsmembranen, luchtdichte elastische schuimen, het uitpleisteren van alle slagen en elastische kitvoegen en combinaties hiervan.

Bij grotere isolatiediktes komt het schrijnwerk tussen de spouwisolatie te zitten, dus een eind buiten het binnenspouwblad. Bij zware beglazing is een multiplexkader rond het schrijnwerk aangewezen. De omkasting loopt gelijk met de binnenzijde van het binnenspouwblad waarin ze verankerd wordt. Tussen het buitenschrijnwerk en het multiplexkader wordt een luchtdichte kit aangebracht. De eventuele holte tussen omkasting en binnenmuur wordt opgevuld met isolatie. Het multiplexkader en de binnenbepleistering worden luchtdicht met elkaar verbonden aan de hand van luchtdichtingsfolies. Bepaalde fabrikanten ontwikkelden ook performante schuimen om de luchtdichte aansluiting te realiseren, zonder gebruik van folies.

De oplossing met omkasting werd toegepast in De Duurzame Wijk van Wienerberger.



Een andere mogelijkheid is het verankeren van het buitenschrijnwerk met doken in het binnenspouwblad. Dit kan enkel bij kleine ramen met een laag gewicht, die niet te ver voorbij het binnenspouwblad komen. Ook hier kan een luchtdichtingsfolie gebruikt worden, die aan de zijkant van het buitenschrijnwerk wordt gekleefd en ingepleisterd. Het is belangrijk dat de doken de folie niet perforeren.

Een eenvoudige en goedkope oplossing is het uitpleisteren van alle slagen, ook de boven- en onderslag om te komen tot aanvaardbare niveaus van luchtdichting.

Tabletten worden pas gelegd nadat ook onderaan de luchtdichte aansluiting op het raam is gerealiseerd.

UITVOERING VAN DOORBORINGEN

Zoals reeds eerder gemeld is het aan te raden om leidingen, kanalen en kabels zo veel mogelijk binnen het beschermde volume te integreren. Het zal in sommige gevallen evenwel noodzakelijk zijn om ook in ruimtes buiten het beschermde volume (bijv. zolders, kruipruimten...) bepaalde leidingen en kanalen aan te brengen. Deze doorboren dan het luchtscherm. Zowel de positionering van de leidingen (ver genoeg uit elkaar), als de hulpstukken om de afdichting te realiseren zijn van belang.

De binnenbepleistering vervult de rol van luchtscherm. Elke doorboring door de bepleisterde buitenwand van het beschermde volume wordt luchtdicht afgewerkt met behulp van voorg gevormde moffen, kleefband, gewapende vloeibare afdichting,...

5.1.3. DE RODE SPOUWMUUROPLOSSING VAN WIENERBERGER

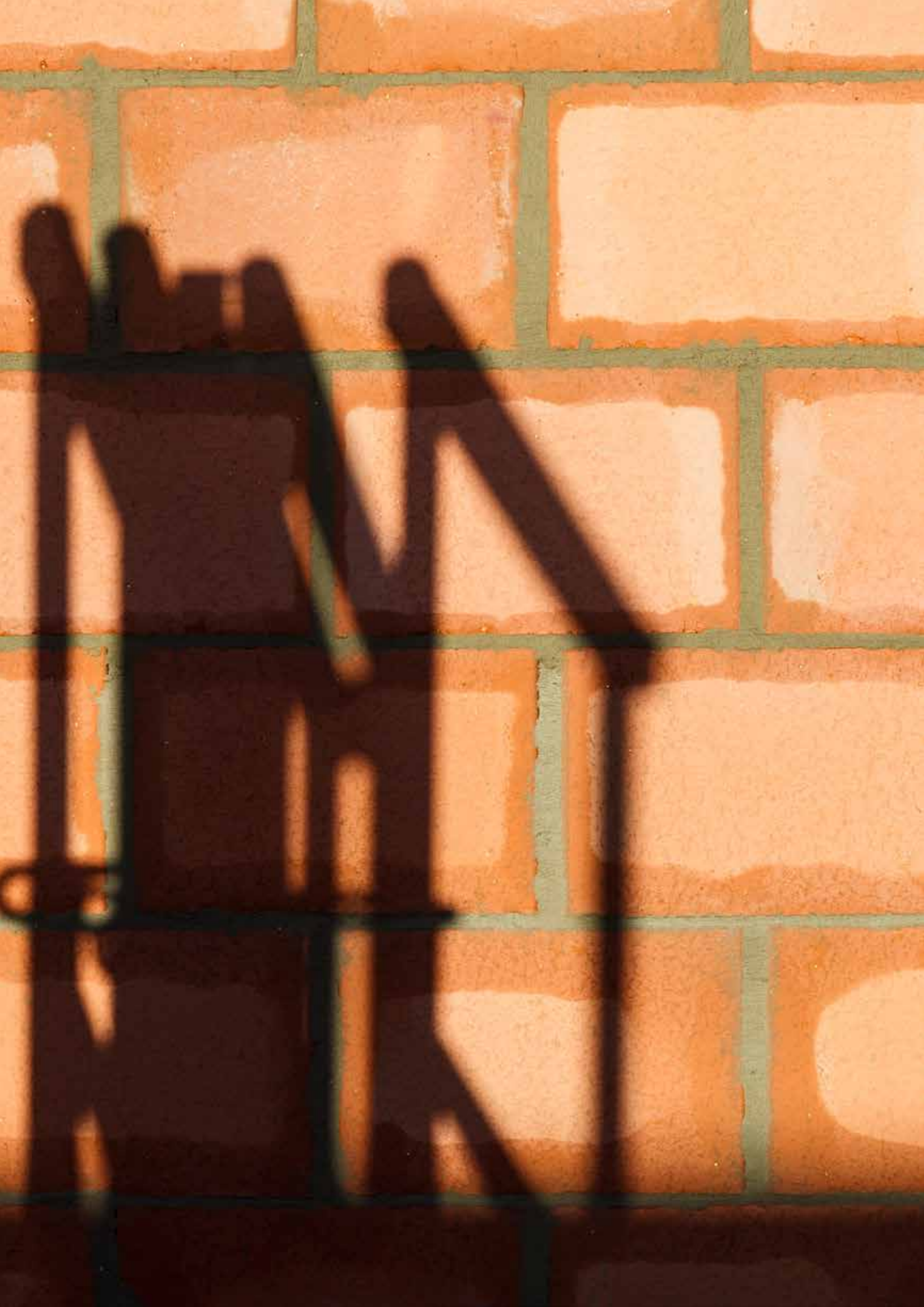


- 1 Gladde binnenbeploistering
- 2 PLS *Lambda*
- 3 Isolatie ($12\text{ cm} \leq d \leq 21\text{ cm}$ en $0,019\text{ W/mK} \leq \lambda \leq 0,035\text{ W/mK}$)
- 4 Luchtspouw 30 mm
- 5 Eco-brick

$U \leq 0,15\text{ W/m}^2\text{K}$
 $36\text{ cm} \leq \text{totale dikte} \leq 45\text{ cm}$

Voordelen:

- geïsoleerde spouwmuur
- keramische materialen
- bouwknopen makkelijk oplosbaar
- made in Belgium
- lange levensduur
- nZEB
- luchtdicht



5.2. TRADITIONEEL METSELWERK: METSELMORTEL EN HULPSTUKKEN

Een geïsoleerde spouwmuur bestaat, naast Porotherm binnenmuurstenen, verder nog uit de metselmortel, de isolatie, een gevelafwerking, de waterkeringen, de spouwhaken en eventuele voegwapeningen en een binnenafwerking.

De juiste plaatsing van de waterkeringen komt aan bod in deel 6 (uitvoeringsdetails). Voor de spouwisolatie verwijst Wienerberger naar de technische documentatie van de leveranciers van spouwisolatie. De binnenafwerking wordt besproken in 5.5. Voor de gevel biedt Wienerberger verschillende mogelijkheden: Terca en Desimpel gevelstenen, Façatile kleipannen, gevelbekleding met kleidakpannen en Façabrick als gevelisolatiesysteem met steenstrippen. Hier bespreken we de metselmortel, de spouwankers en de eventuele voegwapeningen.

5.2.1. METSELMORTEL

Een metselmortel wordt algemeen gedefinieerd als een mengsel van zand, bindmiddel(en) en water, eventueel met hulpstoffen en/of toevoegingen. De mortel dient om de bakstenen aan elkaar te hechten en de belastingen te verdelen.

definitie metselmortel

Eerst bespreken we de bestanddelen van een traditionele metselmortel, vervolgens geven we een overzicht van de verschillende soorten metselmortel en tot slot komen de eigenschappen van verse en verharde mortel aan bod.

BESTANDDELEN VAN DE HYDRAULISCHE METSELMORTEL

GRANULATEN

Een granulaat is een korrelvormig materiaal, dat niet bijdraagt aan het verhardingsproces van de mortel. In hydraulische metselmortel maakt men gebruik van zand. Dit vormt het inerte skelet van de verharde mortel: het verleent de mortel zijn structuur.

definitie granulaat

Het zand moet zuiver zijn en mag geen schadelijke bestanddelen, zoals zouten, leem, organische verontreinigingen of te grote grintkorrels bevatten. Het zand moet voldoen aan de eisen van NBN EN 13139 'Toeslagmaterialen voor mortel'. In België kunnen er nog bijkomende eisen gesteld worden (PTV 411).

Het zand moet over een goede korrelverdeling beschikken. Hoewel de metselaar traditioneel fijn zand verkiest, kan men ook met middelmatig tot grof zand ($D_{max} = 2\text{ mm}$) een goed verwerkbaar mortel maken. Die zal minder bindmiddel vereisen en toch een goede mechanische sterkte bezitten. Bovendien zal hij minder krimp vertonen. De aanwezigheid van een beperkte hoeveelheid fijn materiaal of hulpstoffen voorkomt het uitzweten van het aanmaakwater (bleeding).

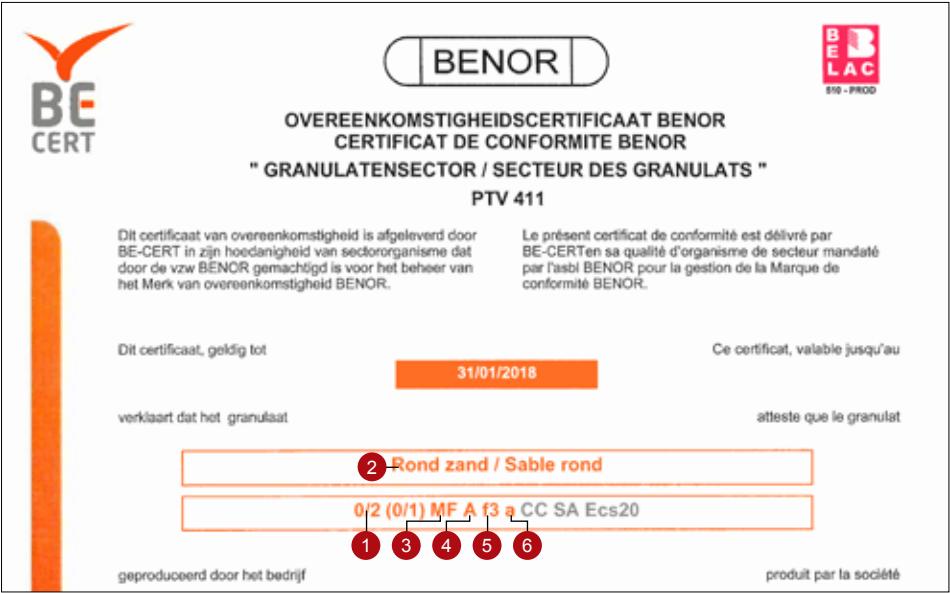
goede korrelverdeling

Fijn zand, en vooral kleihoudend zand (vette gele zavel), vereist een te hoge dosering aan water en bijgevolg ook aan bindmiddel, wat de krimpgevoeligheid vergroot. De kleiachtige delen nemen veel water op, waardoor de structuur van de verharde mortel vorstgevoelig kan zijn. Vette gele zavel verlaagt bovendien de hechtsterkte, het gebruik ervan wordt dan ook afgeraden.

zavel af te raden

Het is nuttig om een attest met de samenstelling en de korrelverdeling te vragen bij het leveren van zand op de bouwplaats.

HOE MOET DE AANDUIDING VAN ZAND OP BASIS VAN DE PTV 411 GELEZEN WORDEN?



1 0/2 (0/1) : de granulaatsklasse d/D bij een granulariteitscategorie of korrelverdeling G_F85

De klasse d/D geeft de afmeting van de kleinste en grootste korrel weer in mm waartussen het merendeel van de korrels ligt. G_F85 wil zeggen dat er meer dan 85% van het zand in massa door een zeef met afmeting D valt.

Voor zand waarbij de doorval door de zeef D hoger ligt dan 99%, moet de producent de grootste zeef D* definiëren waarvoor de doorval door de zeef D* tussen 85 en 99% ligt en de granulaatklasse 0/D aanvullen met de indicatie van de echte zeef D* tussen haakjes, dus 0/D (0/D*).

2 rond zand

Er zijn drie groepen zand: rond zand, breekzand en gemengd zand. Gemengd zand is een mengeling van rond zand en breekzand.

3 MF: fijnheidsmodulus

De fijnheid van het zand wordt aangeduid met de fijnheidsmodulus FM. Dit is de som van de gecumuleerde zeefresten, in massaprocent, op een reeks zeven van 4 mm tot 0,125 mm.

Men onderscheidt:

FF	Fijn zand	$0,6 \leq FM \leq 2,1$
MF	Middelgrof zand	$1,5 \leq FM \leq 2,8$
CF	Grof zand	$FM \geq 2,4$

4 **A : tolerantie van de korrelverdeling**

Men onderscheidt:

A	Beperkte tolerantie
B	Verminderde tolerantie
C	Normale tolerantie

5 **f3 : gehalte aan fijne delen**

De categorie f3 duidt zand aan waarvan de doorval door de zeef van 0,063 mm kleiner of gelijk is aan 3 massaprocent

6 **a : zuiverheidscategorie**

De categorieën a tot en met c worden onderscheiden waarbij a het zuiverste is.

Er kunnen nog extra categorieën of eigenschappen verklaard worden.

BINDMIDDELEN

De bindmiddelen dienen om de zandkorrels aaneen te kitten. Het zijn fijne, poedervormige minerale stoffen die ofwel hydraulisch (= reagerend met water) of latent hydraulisch zijn, ofwel puzzolaan (= reagerend met kalk), ofwel verharden door een reactie met de CO₂ in de lucht.

bindmiddelen

Concreet gaat het over cement, kalk en hybride stoffen. De hybride stoffen vertonen eigenschappen van zowel cement als kalk. Aangezien Porotherm binnenmuurstenen doorgaans verwerkt worden met cementmortels, bespreken we hierna enkel cement.

Cement

Cement is een hydraulisch bindmiddel dat verhardt in contact met het aanmaakwater en een product (cementsteen) oplevert dat zelf in water onoplosbaar is. Cementsoorten die gebruikt worden als hydraulisch bindmiddel in metselmortes, moeten beantwoorden aan de eisen van ofwel de norm NBN EN 413-1 (metselcement) of de norm NBN EN197-1 (gewoon cement). In België kunnen er nog bijkomende eisen gesteld worden.

wat is cement?

Het cement wordt aangeduid door het type, de hoofdbestanddelen en de druksterkteklasse.

^[1] S: Hoogovenslak, D: Microsilica, P: Natuurlijke puzzolanen, Q: Gebrande natuurlijke puzzolanen, V: Siliciumhoudend vliegass, W: Calciumhoudend vliegass, T: Gebrande leisteen, L et LL: kalksteen.

^[2] Gebaseerd op de minimale druksterkte na 28 dagen van een genormaliseerde mortel, in MPa (N/mm²), alsook op de snelheid van de sterkteontwikkeling: L: Traag – enkel voor CEM III-, N: Normaal, R: Snel (gekenmerkt door de aanvangssterkte, d.w.z. de sterkte op 2 of 7 dagen).

^[3] Metselcement kan door bijkomende eigenschappen gekenmerkt worden: X: metselcement dat geen luchtbelvormer bevat.

^[4] Voorbeeld van aanduiding: EN 413-1 MC 12,5 X.

^[5] De gewone cementsoorten kunnen door bijkomende eigenschappen gekenmerkt worden: LH: cement met lage hydratatiewarmte. (H)SR: cement met hoge bestandheid tegen sulfaten – NBN B 12-108. LA: cement met begrensd alkaligehalte – NBN B 12-109 HES: Portlandcement met hoge aanvangssterkte (na 1 dag) – NBN B 12-110

^[6] Voorbeeld van aanduiding: EN 197-1 CEM II/A-M 32,5 N CE HSR BENOR

^[7] Behoren bij de meest gebruikte cementtypes voor metselmortels

Cementsoorten

Voornaamste soorten	Notatie / aanduiding	Hoofdbestanddelen [%]		Sterkte- klassen ^[2]	
		Klinker (K)	Andere ^[1]		
Metselcement ^[3] ^[4] - NBN EN 413-1					
MC	Metselcement	MC	≥ 25	-	5
			≥ 40		12,5 22,5
Gewone cementsoorten ^[5] ^[6] - NBN EN 197-1					
CEM I ^[7]	Portland Cement	CEM I	95-100	-	
CEM II ^[7]	Portlandslakcement	CEM II/A-S	80-94	S: 6-20	32,5 L 32,5 N 32,5 R 42,5 L 42,5 N 42,5 R 52,5 L 52,5 N 52,5 R
		CEM II/B-S	65-79	S: 21-35	
	Portland microsilicacement	CEM II/A-D	90-94	D: 6-10	
	Portlandpuzzolaancement	CEM II/A-P	80-94	P: 6-20	
		CEM II/B-P	65-79	P: 21-35	
		CEM II/A-Q	80-94	Q: 6-20	
		CEM II/B-Q	65-79	Q: 21-35	
	Portlandvliegascement	CEM II/A-V	80-94	V: 6-20	
		CEM II/B-V	65-79	V: 21-35	
		CEM II/A-W	80-94	W: 6-20	
		CEM II/B-W	65-79	W: 21-35	
	Portlandleisteencement	CEM II/A-T	80-94	T: 6-20	
		CEM II/B-T	65-79	T: 21-35	
	Portlandkalksteencement	CEM II/A-L	80-94	L: 6-20	
		CEM II/B-L	65-79	L: 21-35	
		CEM II/A-LL	80-94	LL: 6-20	
		CEM II/B-LL	65-79	LL: 21-35	
Portlandcomposietcement	CEM II/A-M	80-88	12-20		
	CEM II/B-M	65-79	21-35		
CEM III ^[7]	Hoogovencement	CEM III/A	35-64	S: 36-65	
		CEM III/B	20-34	S: 66-80	
		CEM III/C	5-19	S: 81-95	
CEM IV	Puzzolaancement	CEM IV/A	65-89	D/P/Q/V/W: 11-35	
		CEM IV/B	45-64	D/P/Q/V/W: 36-55	
CEM V	Composietcement	CEM V/A	40-64	S: 18-30 P/Q/V: 18-30	
		CEM V/B	20-38	S: 31-49 P/Q/V: 31-49	

De sterkteklasse van elk type cement beantwoordt aan de volgende mechanische en fysische eisen, waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen hoogovencement met een lage beginsterkte (L), cement met een normale (N) en met een snelle (R) sterkteontwikkeling:

Sterkteklassen	2 dagen	Druksterkte [MPa]			Begintijd van de binding [min]	Expansie [mm]
		7 dagen	28 dagen			
32,5 L		≥ 12,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	
32,5 N		≥ 16,0				
32,5 R	≥ 10,0					
42,5 L (*)		≥ 16,0	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	≤ 10
42,5 N	≥ 10,0					
42,5 R	≥ 20,0					
52,5 L (*)	≥ 10,0		≥ 52,5		≥ 45	
52,5 N	≥ 20,0					
52,5 R	≥ 30,0					

(*) Sterkteklasse enkel gedefinieerd voor CEM III cementtypes

De omgevingstemperatuur en de gewenste gebruiksduur kunnen de voorkeur doen uitgaan naar een bepaalde cement. Een mortel op basis van CEM I levert een hogere beginsterkte op en vergt bijgevolg een snellere verwerking. Hij leent zich dan ook beter voor gebruik bij koud weer. De ervaring leert dat het verboden is om CEM I 52,5 te gebruiken bij zeer warm weer (> 20 °C). Het is eveneens verboden om de sterkteklasse 32,5 te gebruiken bij zeer koud weer (< 5 °C). Met CEM III is de mortel ook bij warm weer langer verwerkbaar, op voorwaarde dat het aanmaakwater niet voortijdig verdampt.

Bij industriële mortels gebeurt de cementkeuze in functie van de beoogde prestatie-eisen. In zeewater gebruikt men uitsluitend een cement met een hoge weerstand tegen sulfaten (HSR).

WATER

Aanmaakwater is water, bestemd voor de vervaardiging van mortelspecie.

Bij hydraulische bindmiddelen vervult het aanmaakwater twee functies:

- Een klein deel van het water is nodig voor de hydratatie van het bindmiddel: het water activeert het bindmiddel. Dit deel van het water wordt met andere woorden scheikundig gebonden;
- De rest van het water heeft enkel een tijdelijk nut, namelijk de verwerkbaarheid van de mortel verbeteren. Het verdampst naderhand.

functies aanmaakwater

Het toevoegen van te veel water maakt de mortel poreuzer, minder sterk, gevoeliger voor vorst en agressieve stoffen. Hij zal meer krimpen en veel langzamer verharden. In moderne mortels vervangt men daarom het effect van het water op de verwerkbaarheid door het gecontroleerde gebruik van hulpstoffen.

W/C-factor De watercementfactor (W/C-factor) is dus van groot belang. Anderzijds mag het water ook niet te snel aan de mortel onttrokken worden. De initiële wateropzuiging van de steen speelt hierbij een rol. In de zomer kan het aangewezen zijn de bakstenen te bevochtigen.

Onzuiver water kan een zeer schadelijke invloed hebben op de kwaliteit van de mortel en bovendien aanleiding geven tot de vorming van uitbloeiingen op het metselwerk. Het aanmaakwater moet voldoen aan de bepalingen van NBN EN 1008.

TOEVOEGSELS

definitie toevoegsels Toevoegsels zijn poedervormige anorganische materialen, maar geen granulaat of bindmiddel. Ze worden toegevoegd aan de mortel om bepaalde eigenschappen te verbeteren of te bereiken. Ze hebben een gunstige invloed op de smeugheid en het watervasthoudende vermogen. Bij overdreven gebruik zal de sterkte van de mortel evenwel verminderen.

HULPSTOFFEN

Hulpstoffen zijn bij conventie stoffen die in zeer kleine hoeveelheden, hetzij in poedervorm, hetzij als waterige oplossing, aan de mortel toegevoegd worden om het gedrag in verse of verharde toestand te verbeteren.

De Europese norm EN 934-3 'Hulpstoffen voor beton, mortel en injectiemortel - Deel 3: Hulpstoffen voor metselmortel' is hier van toepassing. In België kunnen er nog bijkomende eisen gesteld worden.

Hulpstoffen worden toegevoegd om een voldoende verwerkbaarheid van de mortel te verkrijgen zonder zijn eigenschappen nadelig te beïnvloeden, of om te kunnen metselen bij bepaalde moeilijke weersomstandigheden.

Er moet uiterst voorzichtig met hulpstoffen omgegaan worden en steeds strikt de voorschriften van de fabrikant van de hulpstoffen gevolgd worden. Sommige hulpstoffen hebben een verbeterde werking op één parameter, maar een nadelige werking op een andere. Bij voorkeur worden zelf toegevoegde hulpstoffen vermeden. Er zijn voldoende mortelsamenstellingen met de vereiste kenmerken voorhanden.

luchtbelvormers Luchtbelvormers hebben een smerend en waterreducerend effect. Zij leveren een mortel op met een betere waterretentie en een hogere vorstweerstand, maar met in het algemeen een lagere drukweerstand en hechtsterkte.

bindingsvertragers Bindingsvertragers maken de mortel langer verwerkbaar.

Waterretentiemiddelen houden het water beter vast. Ze zijn nuttig bij sterk zuigende stenen en bij het metselen bij warm weer.

plastificerende en waterreducerende hulpstoffen Plastificerende en waterreducerende hulpstoffen worden gebruikt bij het vermetselen van slecht zuigende stenen, waarbij men een tijdelijke goede verwerkbaarheid combineert met een snellere verstijving.

Bindings- en verhardingsversnellers worden gebruikt wanneer snel een grote druksterkte vereist is en bij het vermettelen in de winter.

bindings- en verhardingsversnellers

Polymeren toonden hun gunstige werking aan op het gebied van verwerkbaarheid, watervasthoudendheid, intrinsieke treksterkte en aanhechting.

polymeren

SOORTEN METSELMORTEL

STS 22 onderscheidt ter plaatse gemaakte mortels van mortels die behoren tot de geharmoniseerde norm NBN EN 998-2.

Wat betreft de genormaliseerde mortels, maakt de norm NBN EN 998-2 melding van de volgende types:

- morteltype volgens ontwerp (art. 3.2 van NBN EN 998-2): prestatiemortel en voorgeschreven mortel
- morteltype volgens eigenschappen en gebruik (art. 3.3 van NBN EN 998-2): mortel voor algemene toepassing (G), lijm mortel (T) en lichtgewicht metselmortel (L)
- morteltype volgens fabricatiemethode (art. 3.4 van NBN EN 998-2): fabrieksmatig vervaardigde natte mortel, fabrieksmatig vervaardigde droge mortel en semi-fabrieksmatig vervaardigde mortel.

LICHTGEWICHT METSELMORTEL (L)

Volgens NBN EN 998-2 is een lichtgewicht metselmortel een 'metselmortel met een droge dichtheid van de verharde mortel van ten hoogste 1.300 kg/m³'. Een gewone cementmortel heeft een droge dichtheid van 1.900 kg/m³.

Deze metselmortels worden door het toevoegen van bepaalde stoffen lichter en dus beter isolerend gemaakt. Een lichte of isolerende mortel kan gebruikt worden om de thermische weerstand van het metselwerk enigszins te verbeteren.

Een isolerende mortel is altijd een industriële mortel.

INDUSTRIËLE METSELMORTEL OF FABRIEKSMORTEL

De verhouding tussen de bestanddelen van mortel stabiel houden is moeilijk met de klassieke betonmolen. Daarom kan men overstappen op industrieel vervaardigde mortels met gecertificeerde kwaliteit.

Bij een fabrieksmatig vervaardigde mortel worden alle grondstoffen (soms met uitzondering van water) in de fabriek in vooraf welbepaalde verhoudingen samengebracht en gemengd. Mits een correct gebruik wordt zo voldaan aan de vooropgestelde eisen in verband met de prestaties of de samenstelling.

We onderscheiden drie soorten: een fabrieksmatig vervaardigde natte, een fabrieksmatig vervaardigde droge en een semi-fabrieksmatig vervaardigde mortel.

3 soorten

fabrieksmatig vervaardigde natte mortel	Een fabrieksmatig vervaardigde natte mortel wordt samengesteld en gemengd in een fabriek en is klaar voor gebruik. Hij wordt op de werf geleverd in bakken, waarbij onder meer bindingsvertragers worden toegevoegd om de mortel bijv. 24 uur verwerkbaar te houden. Het verhardingsproces begint bij het contact met baksteen.
fabrieksmatig vervaardigde droge mortel	Een fabrieksmatig vervaardigde droge mortel wordt samengesteld en droog gemengd in een fabriek. Hij wordt op de bouwplaats gemengd met water volgens de verwerkingsvoorschriften van de fabrikant. Het droge mengsel voor de mortelspecie wordt geleverd in een silo.
semi-fabrieksmatig vervaardigde mortel	Bij een semi-fabrieksmatig vervaardigde mortel worden de grondstoffen in een fabriek in een meerkamersilo opgeslagen. Hij wordt op de bouwplaats gedoseerd en gemengd met water volgens de verwerkingsvoorschriften van de fabrikant. De silo bestaat uit twee compartimenten: het ene voor het zand, het andere voor het bindmiddel - al dan niet met hulpstoffen en/of toevoegingen.
voordelen van de silo-mortel	De voordelen van de silo-mortel op een rijtje: • de dosering is nauwkeurig en gelijkmatig in de tijd • de vloeibaarheid kan geregeld worden • weinig tijdverlies bij mortelaanmaak • bevat geen bindingsvertragers • eventuele hulpstoffen kunnen toegevoegd worden met een doseertoestel • de bestanddelen zijn beschermd tegen weersinvloeden • geen verspilling van grondstoffen, geen verpakkingsafval.

EIGENSCHAPPEN VAN VERSE MORTEL

De fabrikant van de mortel declareert, afhankelijk van het soort verse mortel, de volgende eigenschappen:

- de verwerkingstijd
- het chloridegehalte (indien toepasselijk voor het gebruik)
- het luchtgehalte (indien toepasselijk voor het gebruik)
- de volumemassa
- de spreidmaat
- de verhouding van de samenstellende delen.

De eisen met betrekking tot de eerste vier eigenschappen voor gewone cementmortels, gebruikt bij binnenmetselwerk met horizontale voegen groter dan 8 mm, staan vermeld in de tabel.

Eigenschap	Eenheid	Proefnorm	Vereiste
Verwerkingstijd	uren	NBN EN 1015-9	≥ 2
Chloridegehalte	% van de droge volumemassa	-	≤ 0,1
Luchtgehalte	% (volumepercent)	NBN EN 1015-17 / NBN EN 1015-6	≤ 20
Volumemassa	kg/m³	NBN EN 1015-6	≥ 1.700

De spreidmaat van de geprefabriceerde natte specie van de metselmortel voor algemene toepassing (G), bij beproeving volgens NBN EN 1015-3, moet (175 ± 10) mm bedragen op het moment van levering. Voor lichtgewicht mortels mag op het moment van levering de spreidmaat niet meer dan ± 10 afwijken van een opgegeven spreidmaat.

Bij mortels op samenstelling zal de fabrikant de verhouding van de samenstellende verklaren, hetzij op basis van een volumeverhouding, hetzij op basis van een gewichtsverhouding. Tevens moet hij de druksterkte verklaren. Bij ontstentenis van andere gegevens mag hij dit doen volgens onderstaande indicatieve tabel van NBN EN 1996-1-1 –ANB (2010).

Gemiddelde druksterkte van de mortel op 28 dagen f_m (N/mm ²)	Voorbeelden van mortelsamenstelling					Europese benamingen		
	In massa (kg) bindmiddel per m ³ droog zand	In volumedelen				Mortel		Metselstenen
		Cement (C)	Kalkhydraat (CL)	Hydraulische kalk (HL)	Zand	Indicatieve verhouding	Performantie	Genormaliseerde gemiddelde druksterkte f_b (M/mm ²)
20	C 400	1	-	-	3	M 1 : 0 : 3	20	$f_b > 20$
12	C 300	1	-	-	4	M 1 : 0 : 4	12	$12 < f_b \leq 48$
8	C 250 CL 50	2	1	-	9	M 2 : 1 : 9	8	$8 < f_b \leq 5.32$
	C 200 HL 100	2	-	1	10	M 2 : 1 : 10		
5	C 200 CL 100	1	1	-	6	M 1 : 1 : 6	5	$5 < f_b \leq 20$
	C 150 HL 150	1	-	1	7	M 1 : 1 : 7		
2,5	C 150 CL 150	1	2,5	-	7	M 1 : 2,5 : 7	2,5	$2,5 < f_b \leq 10$
	C 100 HL 200	1	-	2,5	11	M 1 : 2,5 : 11		
	HL 400	-	-	2	5	M 0 : 2 : 5		

De hierboven vermelde druksterktes van 12N/mm² en 8N/mm² zijn mortels respectievelijk die tot de klasse M10 en M5 behoren

EIGENSCHAPPEN VAN VERHARDE MORTEL

De fabrikant van de mortel kan, afhankelijk van het soort en de toepassing van de mortel, de volgende eigenschappen van verharde mortel toegepast in binnenmetselwerk declareren:

- de druksterkte
- de hechtsterkte
- de warmtegeleidbaarheidscoëfficiënt
- de brandreactie
- de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen.

DRUKSTERKTE

Bij prestatiemortels moet de fabrikant de druksterkte van de metselmortel verklaren in overeenstemming met onderstaande tabel.

Klasse	M 1	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Druksterkte [N/mm²]	1	2,5	5	10	15	20	d

d is de verklaarde drukweerstand, groter dan 20N/mm² en een veelvoud van 5

De door de fabrikant verklaarde druksterkte zal hoger of gelijk zijn aan de verklaarde druksterkteklasse. De mortel voor toepassing in binnenmetselwerk behoort minimaal tot de druksterkteklasse M 2,5.

HECHTSTERKTE

Voor mortels, bestemd voor gebruik in bouwdelen die aan constructieve eisen moeten voldoen, bijvoorbeeld dragend metselwerk dat aan horizontale belastingen zoals winddruk, gronddruk, aardbevingen... onderworpen wordt, is de karakteristieke initiële afschuifweerstand van de mortel van belang.

Deze waarde kan afgeleid worden uit tabellen of uit proeven. We verwijzen hiervoor naar 3.4.3. van hoofdstuk 3.

WARMTEGELEIDBAARHEIDSCOËFFICIËNT

Indien de mortels worden toegepast in bouwdelen waaraan eisen gesteld worden aangaande warmte-isolatie, moet de producent de warmtegeleidbaarheidscoefficiënt van de mortel declareren.

Let op dat bij EPB-berekeningen de juiste waarde wordt gebruikt. Op Europees niveau verklaart de mortelproducent de gemiddelde $\lambda_{10,droog,mortel}$. Voor EPB-berekeningen moet echter gerekend worden met $\lambda_D = \lambda_{10,droog,mortel}(90/90)$ en deze nog geconverteerd rekening houdend met het vochtgehalte (toepassing binnen λ_{ui} of buiten λ_{ue}) .

BRANDREACTIE

De fabrikant is verplicht de brandreactieklasse van de mortel te verklaren. Mortels die homogeen verdeelde organische stoffen bevatten in een massa- of volumeverhouding (de meest nadelige) van $\leq 0,1$ %, worden verklaard tot de Europese brandreactieklasse A1 te behoren zonder verdere beproeving.
Mortels die homogeen verdeelde organische stoffen bevatten in een massa- of volumeverhouding (de meest nadelige) van $> 0,1$ %, behoren tot de brandreactieklasse volgens de bepalingen in EN 13501-1.

AANWEZIGHEID VAN GEVAARLIJKE STOFFEN

Indien er een nationale regelgeving voorhanden is voor ‘gevaarlijke stoffen’, moet de producent nazicht uitvoeren en verklaringen doen inzake het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, of soms het gehalte aan gevaarlijke stoffen.

5.2.2. SPOUWANKERS

Het binnen- en buitenspouwblad van de geïsoleerde spouwmuur worden met elkaar verbonden aan de hand van spouwankers.

Spouwankers moeten beantwoorden aan NBN EN 845-1 – 'Voorschriften voor hulpstukken voor metselwerk: Deel 1: spouwankers/muurankers, bandijzers, raveel-/gordingschoenen, consoles.'

Deze norm definieert een spouwanker als een 'product om één blad van een spouwmuur, door de spouw heen, aan het andere blad of aan een raamwerkconstructie of een achterwand te bevestigen'.

De Europese norm maakt een onderscheid tussen asymmetrische en symmetrische ankers.

Een symmetrisch anker heeft aan beide uiteinden over zijn verankeringslengte een identiek fysisch ontwerp **1**.

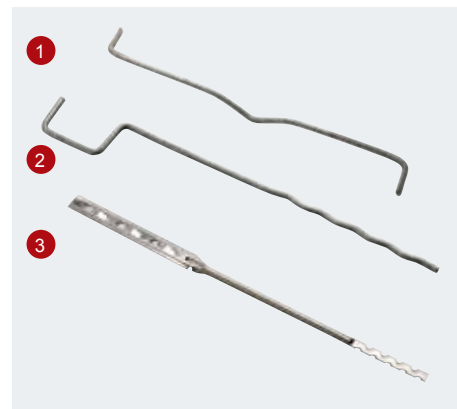
Een asymmetrisch anker heeft aan de beide uiteinden over zijn verankeringslengte een verschillend fysisch ontwerp. Het centrale gedeelte kan symmetrisch of asymmetrisch gedetailleerd zijn **2 3**.

Afhankelijk van de wijze van vermettelen van het binnen- en buitenspouwblad, bestaan er verschillende types spouwhaken. Bij verlijmd gevelmetselwerk moet men aangepaste spouwhaken gebruiken, die passen binnen de voegbreedte. De uiteinden van deze spouwhaken zijn afgeplat.

Het is aangewezen de spouwhaken aan te brengen na de plaatsing van de thermische isolatie. De isolatiematerialen moeten strak tegen het binnenspouwblad getrokken worden, zodat er tussen de isolatielaag en het binnenblad geen luchtlaagje overblijft. Dit om ongecontroleerd lucht- en watertransport te vermijden.

Voor een zorgvuldige plaatsing van de isolatie maakt men bij voorkeur gebruik van kunststofpluggen, die in het binnenspouwblad worden geboord. In deze plug wordt dan het spouwanker geplaatst. Op deze manier wordt de isolatie minimaal beschadigd. Bij binnenmuren in Porothersm lijmstenen brengt men de spouwhaken altijd op deze manier aan.

Bij de plaatsing van de spouwankers moet men ervoor zorgen dat er geen water van het buitenspouwblad naar het binnenspouwblad kan stromen. Dat kan door ze afhellend naar buiten toe te plaatsen, speciale clips over het anker te schuiven of ze te voorzien van een druiplploo in de luchtruimte van de spouw. Een clips wordt gebruikt wanneer men geen gebruik maakt van ingeboorde pluggen. De clips wordt over de spouwhaak geklemd om de spouwisolatie goed op haar plaats te houden.



5

bij voorkeur kunststofpluggen gebruiken

juiste plaatsing spouwhaak

EIGENSCHAPPEN VAN SPOUWANKERS

Fabrikanten van spouwankers vermelden volgende relevante eigenschappen:

- de treksterkte
- de drukweerstand
- de verankeringslengte
- de verplaatsing onder belasting
- het materiaal.

TREKSTERKTE EN DRUKWEERSTAND

De fabrikant verklaart de trek- en druksterkte van de spouwankers bij beproeving volgens NBN EN 846-5 of NBN EN 846-6. Hierbij moet eveneens de minimale verankeringslengte waarin het anker bij de proef in het metselwerk is ingewerkt, verklaard worden. In het geval van asymmetrische spouwankers worden beide uiteinden apart beproefd. De verklaarde waarde is niet groter dan de kleinste van de verkregen waarden van de twee uiteinden.

VERANKERINGSLENGTE

Waar het spouwanker in de mortel wordt ingewerkt, is de minimale verankeringslengte de minimale benodigde lengte om de verklaarde uittrekkkracht van het anker te garanderen. In de praktijk moet de lengte waarin het anker in de mortel wordt ingewerkt groter zijn dan de door de producent gedeclareerde minimum verankeringslengte, om rekening te houden met de toleranties bij het plaatsen op de werf.

VERPLAATSING ONDER BELASTING

Bij beproeving volgens NBN EN 846-5 of NBN EN 846-6, wordt de gemiddelde verplaatsing van de bemonsterde ankers verklaard bij een belasting die 1/3 bedraagt van de verklaarde waarde van treksterkte of drukweerstand van het anker.

MATERIAAL

Het materiaal waaruit de spouwankers moeten bestaan hangt af van de blootstellingsklasse, zoals besproken in hoofdstuk 3.11.

In het binnenland geldt blootstellingsklasse MX3, aan de kust MX4. De tabel geeft een overzicht van de toegelaten materialen voor spouwankers in functie van de blootstellingsklasse.

Materiaal ^a	Ref n°	Blootstellingsklasse				
		MX1	MX2	MX3	MX4	MX5
Austenitisch roestvrij staal (molybdeen chroomnikkellegeringen)	1	U	U	U	U	R
Plastic voor spouwankers	2	U	U	U	U	R
Austenitisch roestvrij staal (chromiumnikkellegeringen)	3	U	U	U	R	R
Ferritisch roestvrij staal	4	U	X	X	X	X
Phosphorbrons	5	U	U	U	X	X
Aluminiumbrons	6	U	U	U	X	X
Koper	7	U	U	U	X	X
Verzinkte staaldraad (940 g/m²)	8	U	U	U	R	X
Verzinkte staaldraad (940 g/m²)	9	U	U	U	R	X
Verzinkte staaldraad (710 g/m²)	10	U	U	U	R	X
Verzinkt stalen hulpstuk (460 g/m²)	11	U	R	R	R	X
Verzinkte (300 g/m²) stalen strip of plaat met bekleding in kunststof over de andere onderdelen	12,1	U	U	U	R	X
Verzinkte (300 g/m²) stalen strip of plaat met bekleding in kunststof over de buitenvlakken of over het volledige stuk	12,2	U	U	U	R	X
Verzinkte staaldraad (265 g/m²)	13	U	R	R	X	X
Verzinkte (300 g/m²) stalen strip of plaat met kunststofbekleding over de gesneden randen	14	U	R	R	X	X
Verzinkte (300 g/m²) stalen strip of plaat	15	U	R	R	X	X
Verzinkte (137 g/m²) stalen strip of plaat met kunststofbekleding van alle oppervlakken van het afgewerkte stuk	16,1	U	U	U	U	X
Verzinkte (137 g/m²) stalen strip of plaat met kunststofbekleding van alle oppervlakken van het afgewerkte stuk	16,2	U	U	U	R	X
Verzinkte (137 g/m²) staalstrip met verzinkte randen	17	U	R	R	X	X
Verzinkte (60 g/m²) staaldraad met kunststofbekleding over alle oppervlakken van het afgewerkte stuk	18	U	R	R	R	X
Verzinkte staaldraad (105 g/m²)	19	U	R	R	X	X
Verzinkte staaldraad (60 g/m²)	20	U	X	X	X	X
Voorverzinkte staalplaat (137 g/m²)	21	U	X	X	X	X

LEGENDE

U: geen beperkingen op gebruik in die klasse.
R: beperkingen op het gebruik. Vraag advies aan de fabrikant of aan een specialist.
X: gebruik van het materiaal niet aanbevolen in deze klasse.

^a De volledige specificatie van de materialen en van de betondekking beantwoordend aan het nummer of de letter wordt gegeven in EN 845-1. De gegevens voor het gewicht van de oppervlaktebekledingslagen zijn gemiddelden voor één oppervlak.

Wienerberger raadt aan om steeds spouwankers in roestvrij staal te gebruiken.

BEPALEN VAN HET AANTAL SPOUWANKERS

Spouwhaken moeten voldoende stevig zijn om enerzijds de horizontale krachten van het buitenspouwblad naar het binnenspouwblad over te dragen en de stabiliteit van het buitenspouwblad te verzekeren, en anderzijds toch voldoende onafhankelijke beweging van het buitenspouwblad tegenover het binnenspouwblad toe te laten.

Het aantal spouwankers per m² metselwerk wordt bepaald door proeven of berekening op basis van:

- de buigsterkte, afschuifsterkte en de stijfheid van het metselwerk
- de eigenschappen van het spouwanker
- de aangrijpende horizontale belasting (bijvoorbeeld windbelasting).

Wanneer deze gegevens niet beschikbaar zijn, geeft onderstaande tabel uit de STS 22 een indicatie van het aantal spouwankers in functie van de spouwbreedte en de dikte van de binnen- en buitenspouwbladen.

indicatie aantal spouwhaken per m²

Binnenspouwblad	Buitenspouwblad	Spouwbreedte	ø anker	Amin
140	90	≤ 90 mm	≥ 3,5 mm	5
140	90	≤ 110 mm	≥ 4,0 mm	5
140	90	≤ 110 mm	≥ 3,5 mm	6
140	90	≤ 130 mm	≥ 4,0 mm	6
140	70/65	≤ 90 mm	≥ 3,5 mm	6,5
140	70/65	≤ 90 mm	≥ 4,0 mm	6
140	70/65	≤ 130 mm	≥ 4,0 mm	6,5

Bij nog grotere afwijkingen in spouwbreedte en/of buitenspouwblad gaat men de gelijkwaardigheid na met de traditionele situatie.

Jammer genoeg worden er slechts waarden opgegeven voor spouwbreedtes tot 130 mm.

Het aantal spouwhaken kan eveneens afgeleid worden uit de waarde voor de windbelasting en de rekenwaarde voor de treksterkte en de drukweerstand van het spouwanker.

Minimum aantal ankers (n _a) dat voorzien moet worden per m² (zie NBN EN 845-1, de Eurocode 6 en zijn ANB).			
Sterkte van het anker	Rekenwaarde van de windbelasting W _{Ed} (**) [Pa]		
Rekenwaarde F _d (*) [kN]	≤ 1500	≤ 2000	≤ 2500
≥ 0,278	6	8	9
≥ 0,370	5	6	7
≥ 0,463	5	5	6
≥ 0,556	5	5	5

(*) F_d = F_k/γ_M, hetzij γ_M = 2,7 (normale controle van de werken).
(**) Zie norm NBN EN 1991-1-4 ANB (opmerking : 1000 Pa = 1 kN/m²).

Opmerking: de geharmoniseerde norm NBN EN 845-1 beschrijft de specificaties waaraan de ankers moeten voldoen. Zo moet de producent zowel de druksterkte als de treksterkte (windzuiging) van zijn ankers (F_k) declareren en dit, afhankelijk van hun maximaal toelaatbare helling, de spouwbreedte en de breedte van de beschouwde metselwerkelementen (metselstenen en mortel).

5.2.3. LINTVOEGWAPENINGEN

Een lintvoegwapening is een geprefabriceerde wapening voor toepassing in de mortellaag tussen de legvlakken van de metselstenen.

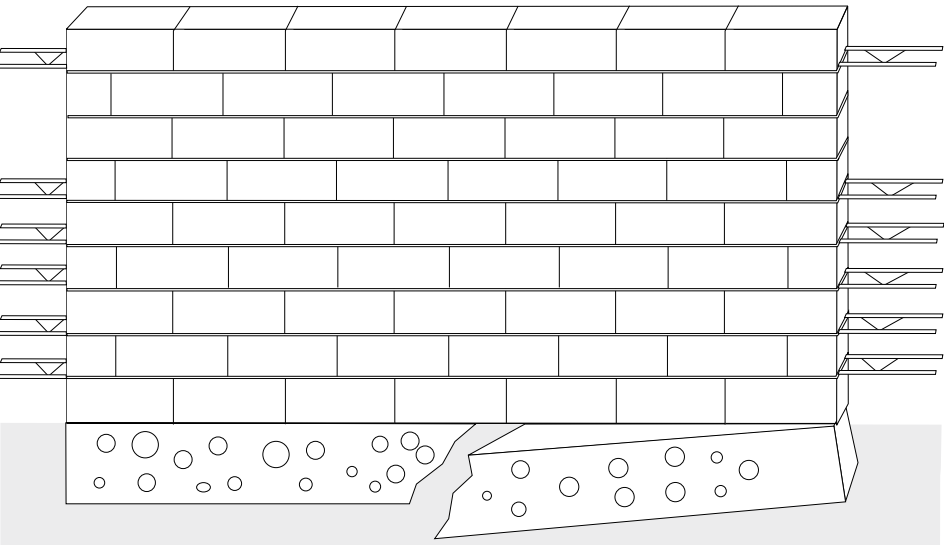
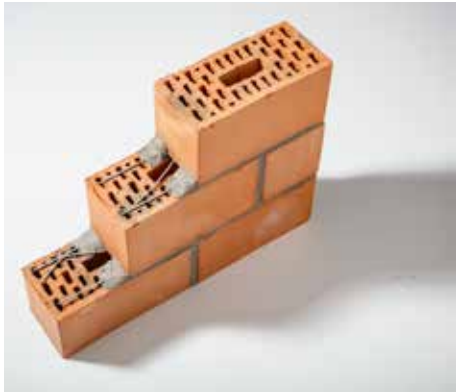
De lintvoegwapeningen van staal moeten voldoen aan de geharmoniseerde Europese norm NBN EN 845-3: 'Voorschriften voor hulpstukken voor metselwerk: Deel 3: Lintvoegwapeningen van staal.'

Lintvoegwapeningen van staal worden gefabriceerd met ronde of platte draden in zacht staal, glad of geribd. Ze kunnen bestaan uit staal met een laag koolstofgehalte, beschermd tegen corrosie, ofwel uit corrosiebestendig staal. Strekmetalen netten worden geproduceerd uit bandstaal met aangepaste dikte en corrosiebestendigheid.

Daarnaast bestaan er ook lintvoegwapeningen uit kunststof, zoals aramidevezelweefsel.

Lintvoegwapeningen dienen om de mechanische eigenschappen (trek-, druk- en schuifspanning) van het metselwerk te verhogen. Het risico op ontoelaatbare scheurvorming en de scheurwijdte wordt beperkt.

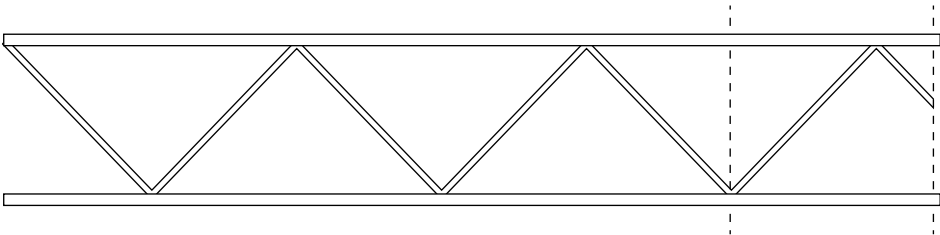
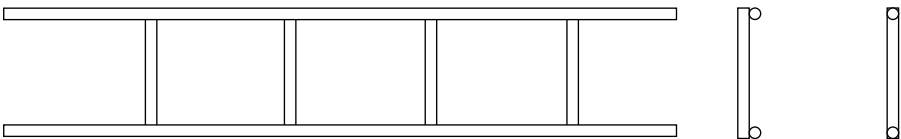
Gewapend metselwerk kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de gevolgen van differentiële zettingen te beperken, of om scheuren ten gevolge van spanningsconcentraties rond raam- en deuropeningen te voorkomen.



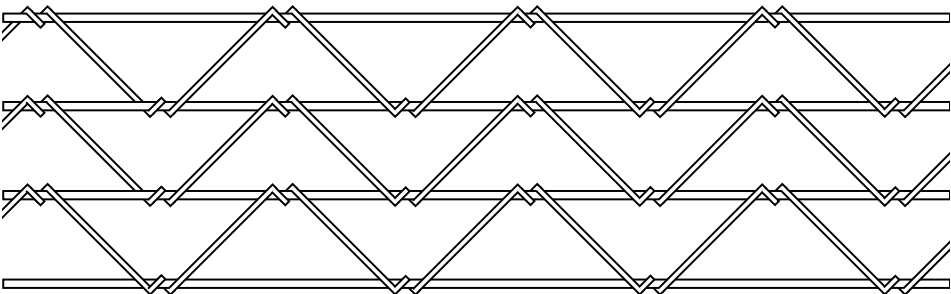
TYPES LINTVOEGWAPENINGEN VAN STAAL

De Europese norm deelt de lintvoegwapeningen van staal in volgens verscheidene types.
De hoofdindeling is als volgt:

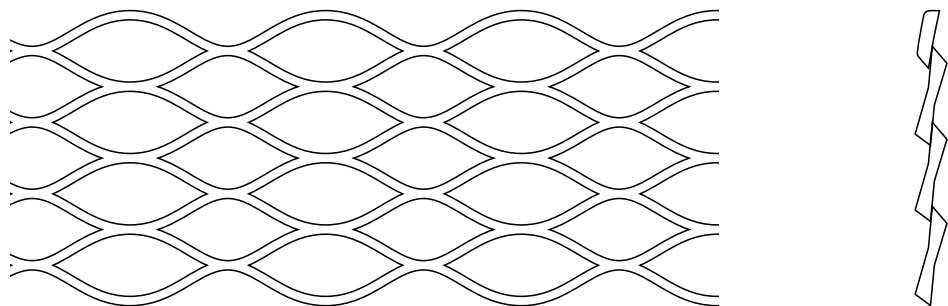
- gelaste draadnetten: laddertype en vakwerktype



- geweven draadnetwerken (niet geschikt voor structurele toepassingen)



- strekmetalen netten (niet geschikt voor structurele toepassingen)



In België komen de gelaste draadnetten het vaakst voor.

MATERIAALKEUZE IN FUNCTIE VAN DE BLOOTSTELLINGSKLASSE

De Europese productnorm voor metselwerkwapening (NBN EN 845-3) vereist dat de producent kenbaar maakt uit welk materiaal de metselwerkwapening is samengesteld. Hij kan dit expliciet vermelden op het CE-label (bijv. 'austenitisch roestvast staal'), of de zogenaamde R-klasse vermelden. Deze R-klassen (bijv. 'R3' voor austenitisch roestvast staal) worden gedefinieerd in de NBN EN 845-3. Onderstaande tabel geeft de toegelaten materialen voor lintvoegwapeningen van staal weer in functie van de blootstellingsklasse.

MX-klasse	Verzinkt (60g/m²), materiaal klasse R20 volgens EN845-3	Verzinkt (60g/m²) met epoxy-coating (dikte 100 micron gemiddeld), materiaalklasse R18 volgens EN845-3	Austenitisch roestvast (chrom nikk legeringen), materiaalklasse R3 volgens EN845-3	Austenitisch roestvast (molybdeen chrom nikkel legeringen), materiaalklasse R1 volgens EN845-3
MX1 'droog milieu'	✓	✓	✓	✓
MX2 'vochtig milieu niet blootgesteld aan vorst'	✗	✓	✓	✓
MX3 'vochtig milieu wel blootgesteld aan vorst'	✗	✓	✓	✓
MX4 'chloride milieu'	✗	⊘	⊘	✓
MX5 'chemisch agressief milieu'	✗	✗	⊘	⊘

⊘ Beperkt gebruik (niet aanbevolen). De fabrikant dient te worden gecontacteerd met betrekking tot het gebruik.

WAT TE ONTHOUDEN?

- Maak de juiste keuze voor de metselmortel, de spouwankers en eventuele voegwapening.
- Schenk aandacht aan de normen geldig voor metselmortel en hulpstukken.



5.3. VERLIJMD METSELWERK

Voor het snel en efficiënt optrekken van binnenmuren ontwikkelde Wienerberger het Porothersm Lijm-Systeem en Porothersm *Dryfix*. Daarbij lijmt men de binnenmuurstenen horizontaal op elkaar. In plaats van traditionele mortel brengt men een lijm-mortel aan met een speciale rolbak (Porothersm Lijm-Systeem) of brengt men PU-lijm aan met een universeel lijmpistool (Porothersm *Dryfix*). De voegdikte is minimaal. Om het verlijmen mogelijk te maken, zijn de legvlakken van de binnenmuurstenen vlak geslepen.

vooruitstrevende bouwtechnieken

5.3.1. WAAROM BINNENMUURSTENEN VERLIJMEN?

HET VERLIJMEN VAN BINNENMUURSTENEN HEEFT TAL VAN VOORDELEN:

- Men bereikt op kortere tijd resultaten dankzij de snellere verwerking, de grotere steenformaten en het tand- en groefstelsel.
- Ook onervaren bouwvakkers krijgen, na een korte opleiding, de stapeltechniek snel onder de knie.
- Er bestaat geen risico op uitzakkende muren of 'zwemmende' stenen. De binnenmuren kunnen dus meteen tot op verdiepingshoogte worden gebouwd.
- Lijm-mortel vergt minder water voor de aanmaak. PU-lijm vergt helemaal geen water. Daardoor kan de afwerking vlugger opgestart worden.
- Verlijmen is een milieuvriendelijke techniek dankzij het beperkte waterverbruik, de goede verzaagbaarheid van de stenen (geen bouwafval), de afwezigheid van morteloverschot, en de lagere milieu-impact van de lijm.
- Verlijmd muren isoleren beter op thermisch gebied.
- De isolatie sluit beter aan door de afwezigheid van mortelbaarden.

5.3.2. POROTHERM LIJM-SYSTEEM

5.3.2.1. STENEN, BENODIGDHEDEN EN HULPMATERIALEN

Stenen: De vlak geslepen Porothersm PLS binnenmuurstenen zijn uitgerust met tand-en-groef voor een vlotte verwerking.

Lijm-mortel: Voor het verlijmen van binnenmuurstenen maakt men gebruik van een duurzame lijm-mortel met een verhoogde sterkte. Voor het verwerken van lijmstenen bij een lagere temperatuur (onder 5 °C), bestaat er een speciale lage-temperatuur lijm-mortel - verwerkbaar tussen 0 °C en 8 °C.

Rolbak: Er bestaan rolbakken in verschillende breedtes. Ze beperken het lijmverbruik en zorgen voor een uniform lijmbed.

5.3.2.2. HOE BINNENMUURSTENEN VERLIJMEN MET HET POROTHERM LIJM-SYSTEEM?

Stap voor stap



- 1 Stellen van de profielen en uitzetten van de meterpas met laser
- 2 Plaatsen van de kimlaag
- 3 Controleren van de vlakheid in dwarsrichting
- 4 Controleren van de vlakheid in lengterichting
- 5 Afborstelen van de stenen (te herhalen vóór het aanbrengen van elke lijmlaag)
- 6 Aanbrengen van de lijmlaag
- 7 Plaatsen van de waterkering
- 8 Lijm aanbrengen op de onderkant van de tweede rij stenen
- 9 Stenen omkeren en op de waterkering plaatsen
- 10 Afborstelen van de stenen
- 11 Aanbrengen van de lijm op de eerste en de volgende lagen
- 12 Plaatsen van de stenen
- 13^a Verzagen van de stenen met de alligatorzaag
- 13^b Verzagen van de stenen met watergekoelde waterzaag

Uit veiligheidsoverwegingen mag men niet op de bovenste lagen lopen.

De perforaties zijn bij gelijkijmde stenen minder met mortel gevuld. Hierdoor is tijdens de werffase de weerstand tegen zijdelingse impact bij onbelaste wanden kleiner dan bij traditioneel metselwerk. Men kan dus beter geen ladders en houten balken plaatsen tegen pas opgetrokken gelijkijmde muren.

De stenen hebben een linker- en rechterzijde. Voor een optimaal rendement met zo weinig mogelijk handelingen moet men rekening houden met de richting waarin men de pallets plaatst.

5.3.3. POROTHERM DRYFIX

5.3.3.1. WAT ZIJN DE VOORDELEN VAN POROTHERM DRYFIX?

1. Sneller bouwen:

- Mortel of lijm mortel maken is niet meer nodig
- Geen emmers, mortelkuipen en rolbakken vullen
- Vlotter aanbrengen: **'Plug & Spray'**
- Snellere uitharding: onmiddellijk werken tot verdiepingshoogte
- De dag erna is de muur meteen belastbaar en kunnen de vloerplaten geplaatst worden. Bij mortel en lijm mortel moet langer gewacht worden
- Metselen gebeurt zonder water. Uitdroogtijd is niet nodig
- Snellere opkuis: geen onderhoud van rolbakken, emmers, kuipen, mortelmengers,... Alleen het pistool reinigen met *Dryfix cleaner*. Klaar in enkele seconden



2. Beter bouwen:

- Geen waterverbruik (traditioneel metselwerk: 23 l water per m² / gelijmd metselwerk: 0,9 l water per m²) en minder stof
- Geen mortel- of lijm morteloverschotten
- Ergonomisch: geen gesleur met mortelzakken en kuipen
- Compacter dan zakken zand en cement of lijm mortel
- Gecertificeerde opleiding door Wienerberger experts
- Technisch goedgekeurd systeem: valt onder een ATG

3. Efficiënter bouwen:

- De aannemer kan 's morgens sneller opstarten en langer doorgaan
- Grotere flexibiliteit dankzij de onbeperkte verwerkingstijd
- Geen extra benodigdheden en hulpmaterialen nodig: alleen een spuitbus en PLS lijmstenen
- Grotere weersafhankelijkheid bij het bouwen: aanbrengen van -5°C tot +35°C (omgevingstemperatuur)

TECHNISCHE GOEDKEURING ATG VOOR POROTHERM DRYFIX

Het innovatieve Porotherm *Dryfix* systeem valt onder een ATG.

Dat is een gecertificeerde goedkeuring van de technische eigenschappen van het metselwerk, toegekend door de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUtgb). Met een vastgestelde frequentie wordt ook extern toezicht uitgeoefend op de conformiteit van de productie met de gepubliceerde goedkeuring. Samen met de opleiding en de erkenning als gecertificeerd aannemer betekent dat een extra zekerheid op topkwaliteit.

In het kader van deze ATG werd een uitvoerig testprogramma opgesteld en uitgevoerd in Labo Magnel (Universiteit Gent), ArGenCo (Universiteit Luik) en in het geaccrediteerd intern labo van Wienerberger onder toezicht van BCCA. Dit testprogramma had als doel het bepalen van de eigenschappen van het uiteindelijke metselwerk en omvatte testen op onder andere:

- Muurdruksterkte • Buigsterkte • Brandweerstand • Duurzaamheid • ...

Voor meer info over de resultaten van het testprogramma en bijhorende ATG, kan steeds advies ingewonnen worden bij Wienerberger.

Alleen gecertificeerde aannemers kunnen met Porotherm *Dryfix* aan de slag. Wienerberger organiseert opleidingen en adviseert bij werfopstart.

5.3.3.2. STENEN, BENODIGDHEDEN EN HULPMATERIAAL

Stenen: Poroherm *Dryfix* werd ontwikkeld voor toepassingen met PLS 500 en PLS *Lambda*

Poroherm *Dryfix extra*: Voor het verlijmen van de binnenmuurstenen maakt men gebruik van een 1 component polyurethaan-lijm (PU-lijm). Deze lijm heeft een extreem sterke kleefkracht. Ze is bruikbaar bij omgevingstemperaturen van -5°C tot +35°C. Bij 18°C en 60% relatieve luchtvochtigheid bedraagt de kleeftijd 3 à 5 minuten en is de PU snijdbaar na 20 à 25 minuten. Afhankelijk van de temperatuur en luchtvochtigheid bedraagt de uithardingstijd 1,5 tot 5 uur.

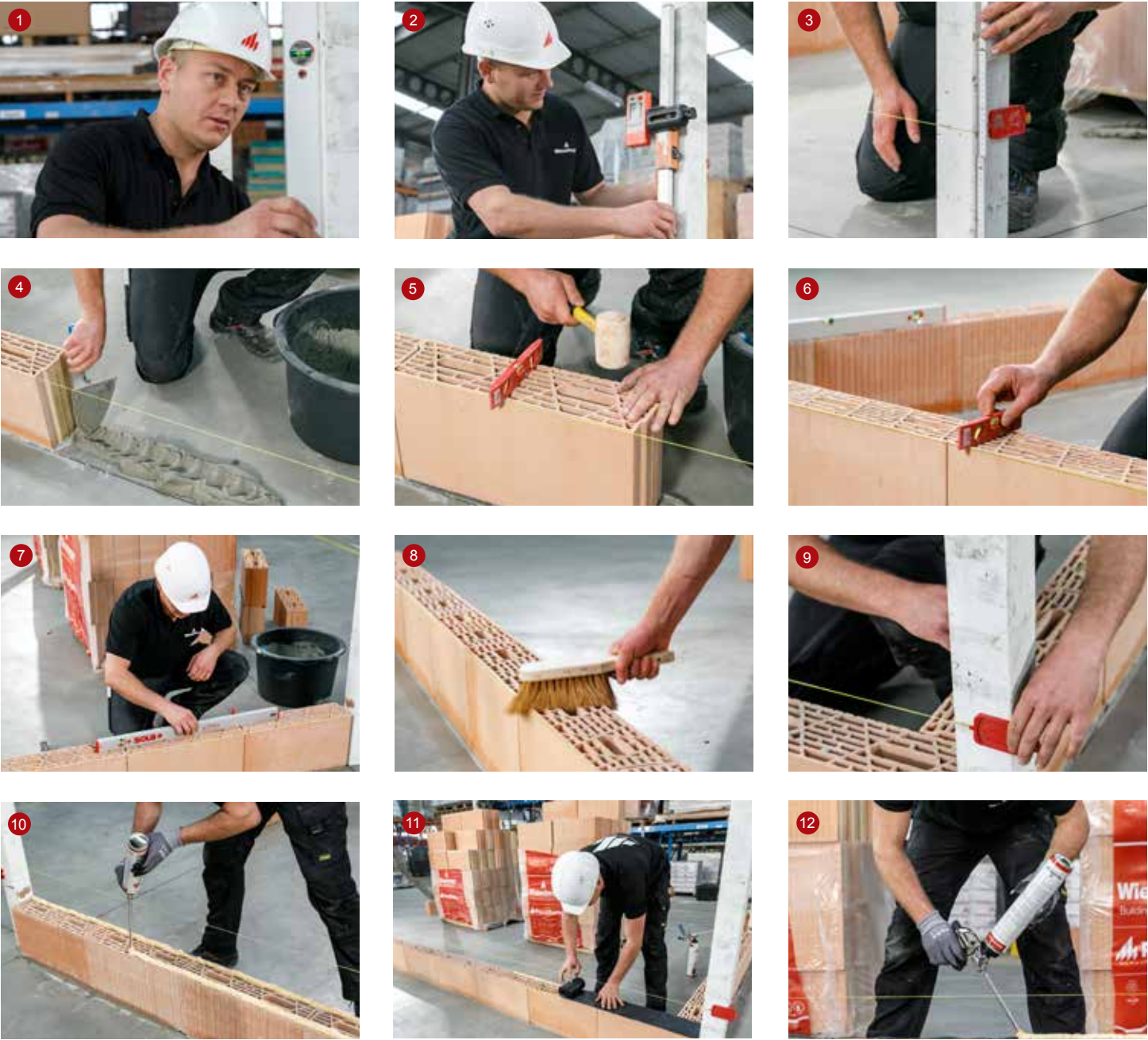
De PU-lijm zit in bussen en is te gebruiken tot de laatste druppel. 1 bus is goed voor 5 m² metselwerk (bij formaat 500 x 138 x 249 mm). De bussen dienen niet in éénmaal leeggespoten te worden. Na een grotere tussenpauze kan met dezelfde bus verder gewerkt worden.

Universeel spuitpistool: De bussen Poroherm *Dryfix extra* passen op een universeel spuitpistool. Het gebruik van dit spuitpistool leidt tot een eenvoudige, snelle en nette verwerking.

Poroherm *Dryfix cleaner*: De Poroherm *Dryfix cleaner* reinigt de spuitmond van het pistool snel en efficiënt. Om het pistool te reinigen wordt de bus Poroherm *Dryfix cleaner* op het spuitpistool gemonteerd waarna de cleaner door het pistool gespoten wordt.

5.3.3.3. HOE BINNENMUURSTENEN VERLIJMEN MET POROTHERM DRYFIX?

Stap voor stap





- 1 De profielen plaatsen
- 2 De vloerpas uitzetten
- 3 De metselkoord aanbrengen voor de eerste laag
- 4 De eerste laag (kimlaag) uitmetselen met traditionele mortel
- 5 De vlakheid dwars op de muur controleren
- 6 De vlakke verbinding tand en groef controleren
- 7 De vlakheid in langsrichting over 3 stenen controleren (lengte waterpas ≥ 80 cm)
- 8 De stenen afborstelen (te herhalen bij het aanbrengen van elke laag)
- 9 De metselkoord aanbrengen op hoogte ± 2 cm onder de hoogte van de tweede laag
- 10 *Dryfix extra* aanbrengen in 2 stroken van 3 cm breed en op ± 1 cm van de buitenzijde van de steen*
- 11 De waterkering plaatsen en goed vlak aandrukken op de aangebrachte *Dryfix extra*
- 12 Twee stroken *Dryfix extra* aanbrengen op de waterkering
- 13 De tweede rij stenen plaatsen
- 14 De stenen afborstelen
- 15 De metselkoord aanbrengen op ± 2 cm onder de hoogte van de volgende laag
- 16 *Dryfix extra* aanbrengen in 2 stroken van 3 cm breed en op ± 1 cm van de buitenzijde van de steen*
- 17 De stenen plaatsen
- 18 De stenen verzagen met de tafelzaag

* Bij muurbreedte 10 cm 1 strook aanbrengen in het midden van de steen

5.3.3.4. POROTHERM DRYFIX START EN STOP

Stap voor stap



- 1 De bus *Dryfix extra 20x* goed schudden
- 2 De beschermingsclip verwijderen
- 3 De bus *Dryfix extra* op de gereinigde spuitmond schroeven en lichtjes aandraaien
- 4 Het debiet regelen met de regelschroef
- 5 Bij korte pauzes de spuitmond reinigen met *Dryfix cleaner*
- 6 Bij langere pauzes de bus *Dryfix extra* verwijderen en de spuitmond reinigen met *Dryfix cleaner*

5.3.3.5. ENKELE AANDACHTSPUNTEN

- Uit veiligheidsoverwegingen mag men niet op de bovenste lagen lopen.
- De perforaties zijn bij lijmstenen niet met mortel gevuld. Hierdoor is tijdens de werffase de weerstand tegen zijdelingse impact bij onbelaste wanden kleiner dan bij traditioneel metselwerk. Plaats dus geen ladders en houten balken tegen pas opgetrokken muren met Porotherm *Dryfix*.
- De stenen hebben een linker- en rechterzijde. Voor een optimaal rendement met zo weinig mogelijk handelingen dient men rekening te houden met de richting waarin men de pallets plaatst.



5.3.4. PLS LAMBDA

Om tegemoet te komen aan de vraag om bouwknopen EPB-aanvaard te maken zonder tussengevoegde isolerende delen te gebruiken, investeerde Wienerberger in onderzoek naar een keramische binnenmuursteen met een lambdawaarde lager dan 0,20 W/mK.

Daarnaast mochten de overige kwaliteiten van keramische binnenmuurstenen niet verloren gaan: de druksterkte, de vormvastheid, de thermische inertie, de vlotte verwerkbaarheid...

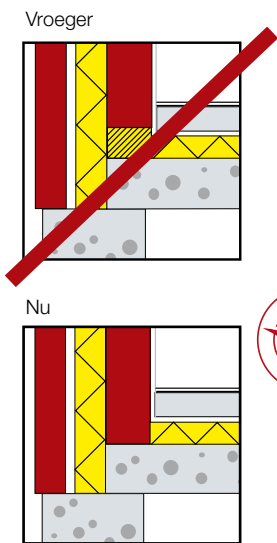
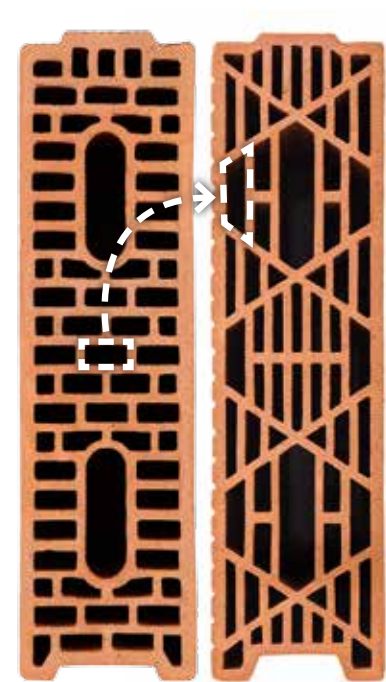
Door het perforatiebeeld van de PLS binnenmuursteen te wijzigen ontstond een nieuwe keramische binnenmuursteen: PLS *Lambda*.

De PLS *Lambda* binnenmuursteen heeft een λ_{ui} van 0,185 W/mK en een gemiddelde druksterkte f_{mean} van minstens 10 N/mm². Met behoud van de druksterkte kunnen met PLS *Lambda* binnenmuurstenen tal van bouwknopen worden opgelost volgens basisregel 1 van de EPB-regelgeving. Dat betekent dat de PLS *Lambda* binnenmuurstenen een budgetvriendelijke oplossing bieden voor bouwknopen. Er zijn namelijk geen tussengevoegde isolerende delen meer nodig. Dit vereenvoudigt zowel het ontwerp als de uitvoering.

De PLS *Lambda* binnenmuursteen heeft een lengte van 500 mm. Hierdoor worden de stenen met een hoog rendement verlijmd. Met eenzelfde aantal handelingen en binnen eenzelfde tijdsbestek worden grotere oppervlaktes gerealiseerd.

Een ergonomiestudie toont aan dat het verlijmen van PLS *Lambda* voor de verwerker niet meer belastend is dan traditioneel metselwerk. Dit komt voornamelijk door meer variatie tijdens de uitvoering. Bij traditioneel metselwerk heeft de verwerker de hele dag 1 steen van 7 kg in de ene hand en een truweel met mortel in de andere. Bij het Porothersm Lijm-Systeem en Porothersm *Dryfix* wordt het plaatsen van 14 kg zware stenen met beide handen voortdurend afgewisseld met het aanbrengen van de lijm, het afborstelen, het verzagen van stenen...

Een vlotte afwerking van de constructie blijft verzekerd. Het inslijpen van de technieken kan op dezelfde eenvoudige wijze gebeuren, net zoals bij traditioneel gemetste Porothersm binnenmuren. Het verlijmen van Porothersm PLS *Lambda* binnenmuurstenen vraagt geen extra planvoorbereidingen. En ook geen extra kranen, duur materieel...





Om deze steen te kunnen verlijmen, zijn de legvlakken vlak geslepen.

PLS *LAMBDA*: ALLE VOORDELEN IN ÉÉN OOGOPSLAG

+ HOGER RENDEMENT:

- Lijmen werkt sneller dan metselen
- Dankzij de grote lengte (500 mm) en hoogte (tot 249 mm) en het tand-en-groefstelsel van de stenen
- Snellere hechting tussen de stenen en dus is doorwerken tot verdiepingshoogte mogelijk
- Geen extra tussengevoegde isolerende delen nodig ter hoogte van funderingsaanzet, enkel PLS *Lambda* volstaat aangezien de steen tot de isolatielaag behoort
- Geen extra kraan nodig

+ STERK

- Even sterk als andere keramische binnenmuren
- Geen onderbreking van de dragende constructie door minder sterke materialen
- Behoud van draagkracht van metselwerk, dus meer ontwerpvrijheid
- Het ontbreken van tussengevoegde isolerende delen maakt het berekenen eenvoudiger

+ ISOLEREND

- Verlijmd metselwerk behoort tot de isolatieschil
- Beter isolerend voor dezelfde muuropbouw

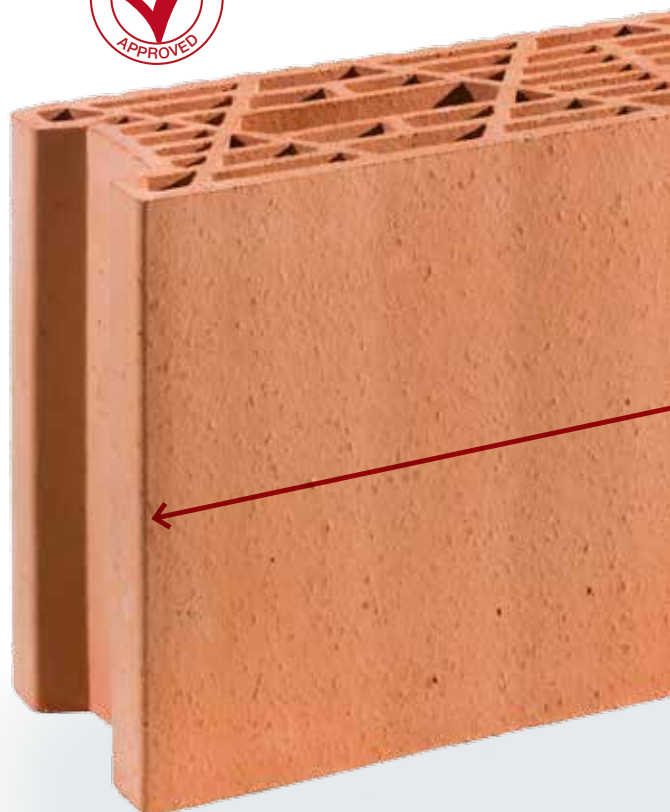
+ DE 'RODE'BOUWKNOPENOPLOSSING

- Voor elke bouwknop een oplossing, via basisregel 1 of psi-waarde berekening
- Eenvoudigere detaillering
- Eenvoudigere meetstaten en lastenboeken
- Makkelijker in uitvoering
- Minder kans op fouten

www.bouwknopenatlas.be

+ BUDGETVRIENDELIJK

- Geen tussengevoegde isolerende delen meer nodig
- Eenvoudiger ontwerp, berekeningen uitvoering
- Minder zaagafval



+ LEVENSDUUR

- Meer dan 150 jaar
- Vochtresistent
- Vormstabiel, blijvende kwaliteit van de binnenbepoistering.
- Op lange termijn gegarandeerd luchtdicht

+ ERGONOMIE

- Licht gewicht
- Stofvrije lijm mortel of PU-lijm
- Twee ergonomische handgrepen
- Makkelijker in uitvoering
- Verticale stapeling
- Handige rolbak of spuitpistool



+ KWALITEIT

- Hogere afwerkingskwaliteit
- Thermische inertie
- Vormstabiel
- Vochthuishouding
- Brandveilig
- Porotherm Dryfix valt onder ATG

+ FLEXIBILITEIT

- Inslijpen van technieken kan op eenvoudige wijze gebeuren, net zoals bij traditioneel gemetste Porotherm binnenmuren
- Makkelijk en precies verzaagbaar
- Beschikbaar in verschillende hoogtes en breedtes
- Geen plancontrole

+ DUURZAAMHEID

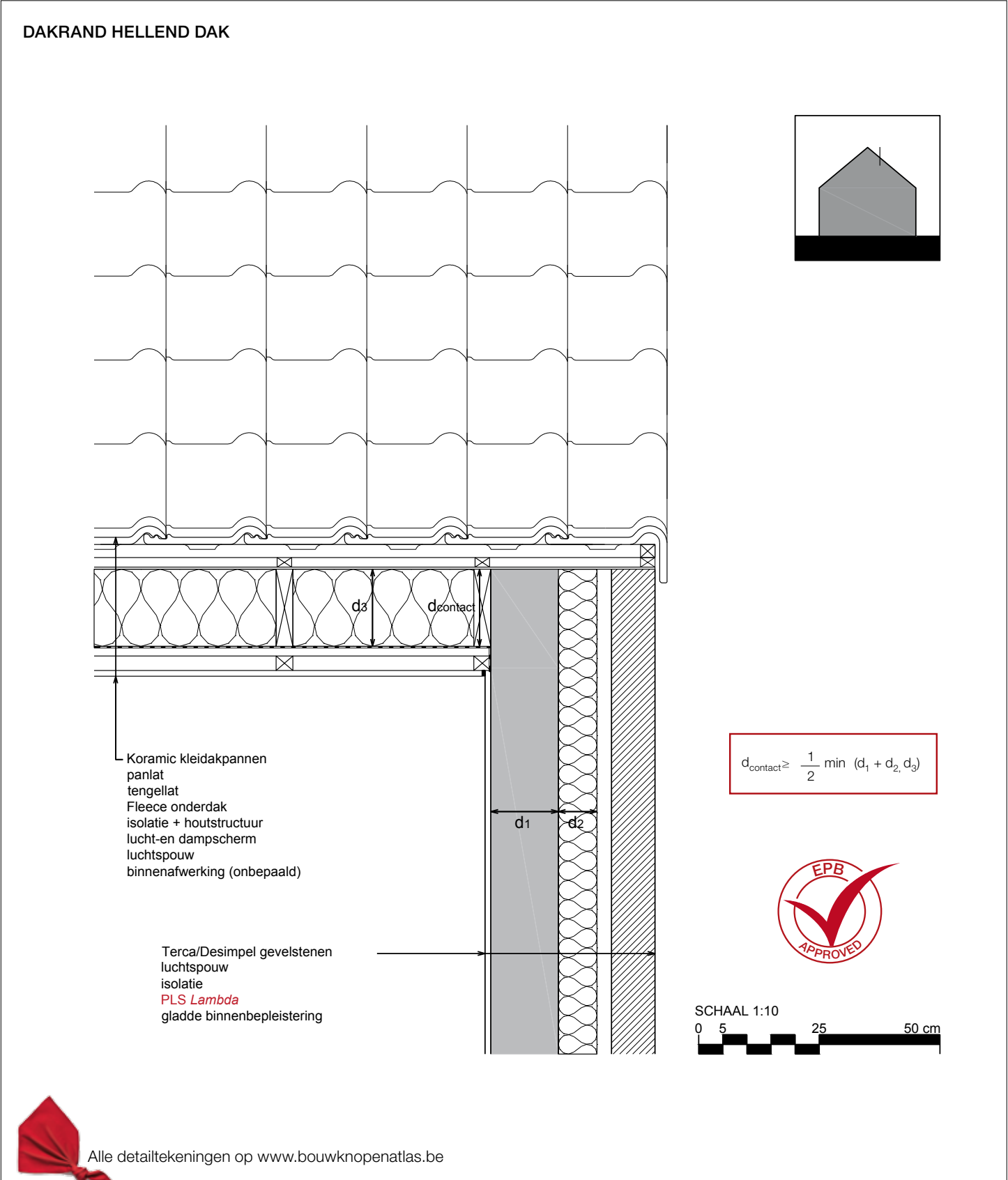
- Made in Belgium
- Natureplus
- DUBOkeur
- Cradle to Cradle
- Clean Site System

+ WIENERBERGER SERVICE

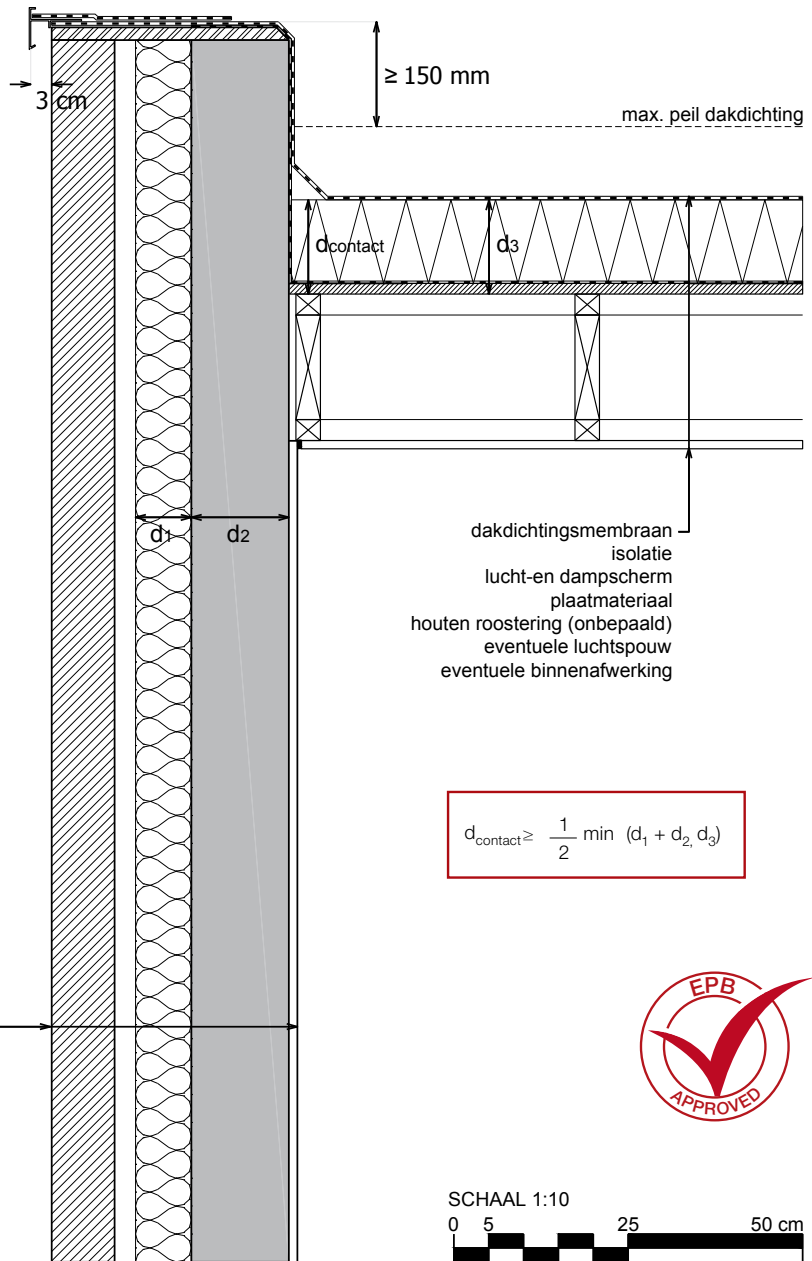
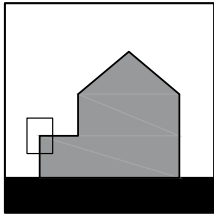
- Werfopstart
- Technische ondersteuning
- Dienst-na-verkoop
- Accessoires en toebehoren beschikbaar: rolbak, lage-temperatuur lijm mortel (te verwerken van 0°C tot 8°C), PU-lijm Dryfix extra (te verwerken van -5°C tot 35°C), Dryfix Cleaner,...
- Talrijke simulaties en details van bouwknopen op www.bouwknopenatlas.be



DRIE VOORBEELDEN VAN EPB-AANVAARDE BOUWKNOPEN MET PLS LAMBDA VOLGENS BASISREGEL 1



DAKRAND LICHT PLAT DAK



gladde binnenbepleistering
PLS *Lambda*
isolatie
luchtspouw
Terca/Desimpel gevelstenen

$$d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} \min (d_1 + d_2, d_3)$$

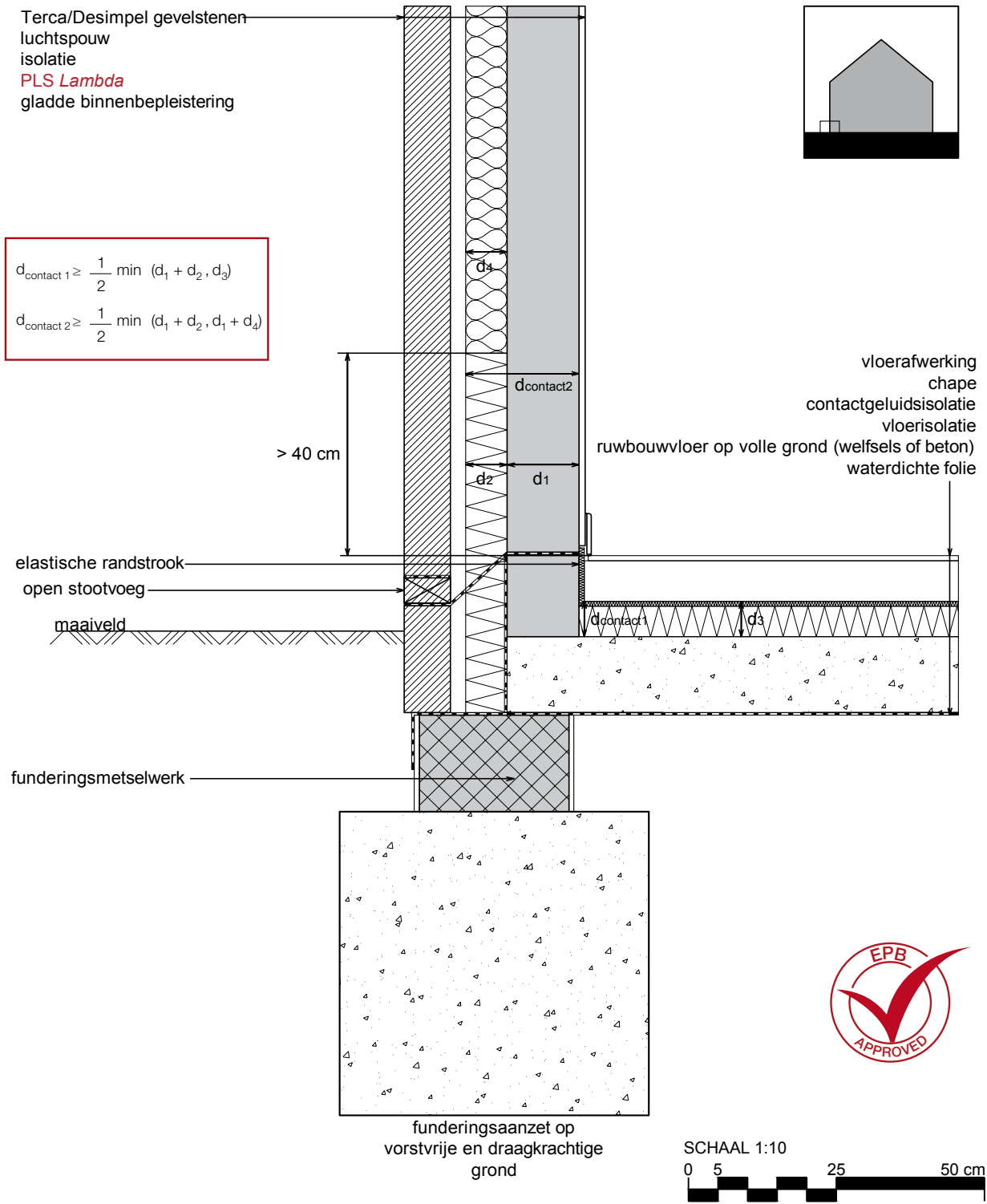


SCHAAL 1:10
0 5 25 50 cm



Alle detailtekeningen op www.bouwknopenatlas.be

FUNDERINGSAANZET



Alle detailtekeningen op www.bouwknopenatlas.be

5.4. UITVOERING VAN BINNENMETSELWERK

5.4.1. TOLERANTIES OP METSELWERK

TOELAATBARE AFWIJKINGEN

De afmetingen van het metselwerk op de werf wijken steeds af van de theoretische afmetingen op de plannen. Die afwijkingen moet men beperken om te kunnen garanderen dat, ondanks onvermijdelijke fouten in de uitvoering, de functionele eisen vervuld blijven en de juiste assemblage van de bouwonderdelen gebeurt zonder noodzakelijke aanpassingen achteraf. De toelaatbare afwijkingen moeten reeds van bij het ontwerp bepaald worden.

De toleranties op de keramische binnenmuurstenen worden besproken in hoofdstuk 3.1.

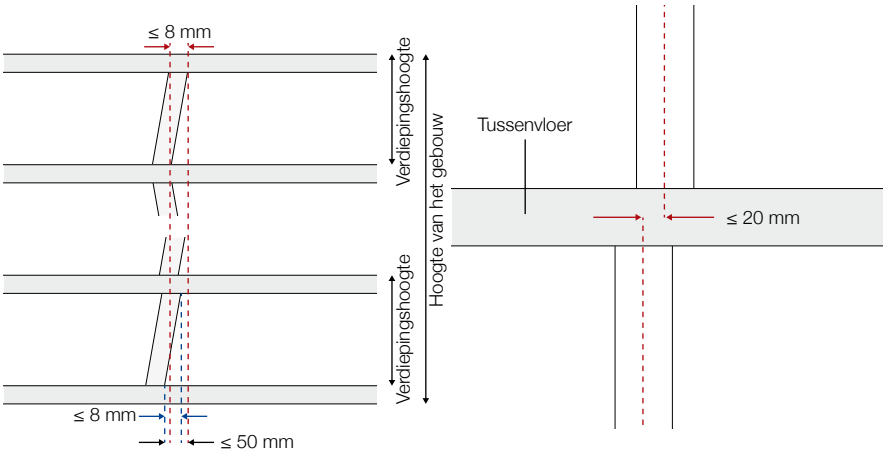
Tenzij anders gespecificeerd in het ontwerp, mogen volgens de STS 22 en de NBN EN 1996-2 en zijn Belgische annex, de afwijkingen niet groter zijn dan:

Aard	Maximum afwijking
Verticaliteit (in elke verdieping*)	±8 mm per verdieping
Verticale superpositie Verticaliteit op de totale hoogte van het gebouw met minstens 3 bouwlagen is maximaal ±50 mm.	±20 mm
Vlakheid per 2 m	±8 mm per 2 m
Dikte van een enkel muurblad	±5 mm of ±5% van de muurdikte (grootste van beide waarden)
Dikte van de volledige spouwmuur	±10 mm
Toelaatbare maximale afwijking 't' in cm op elke lengtemaat 'd' in cm	$t = \pm 1/4 (d)^{1/3}$ (in cm) (of zie onderstaande tabel)

De waarden voor de toelaatbare maximale afwijkingen 't' worden bijgevolg:

Lengte of hoogte	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m
Afwijking in mm	12	15	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27

De afwijking van verticaliteit per verdieping en over de volledige hoogte van het gebouw, en de toleranties van superpositie worden aangegeven in de volgende figuren:



De toleranties op de plaats van de openingen in het metselwerk zijn volgens STS 22:

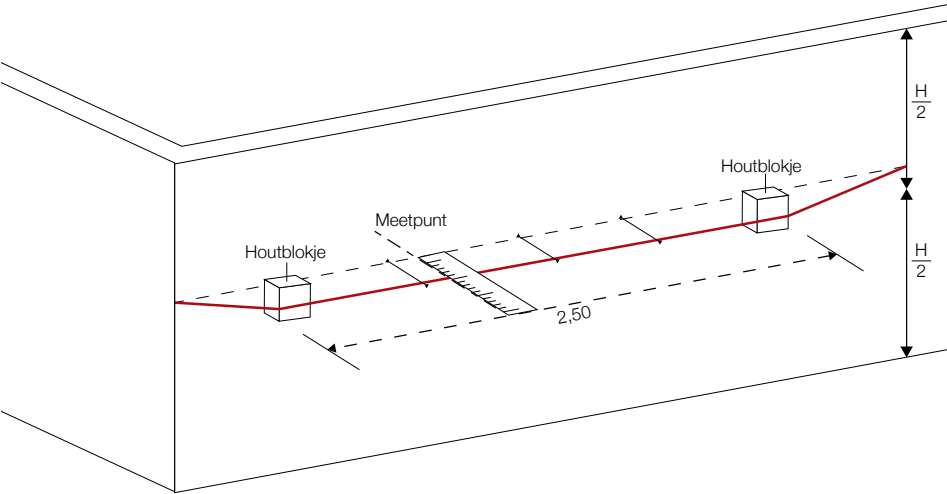
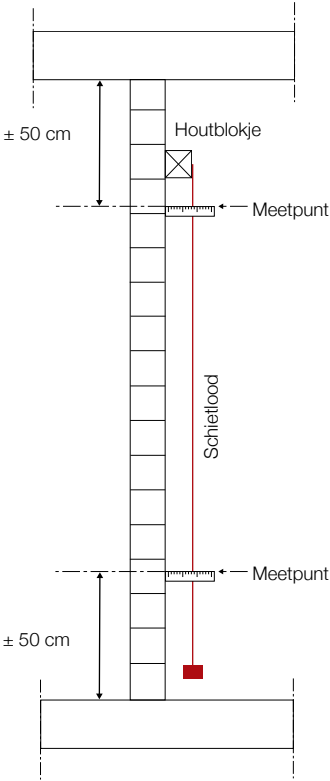
Tolerantie t.o.v.	Maximum afwijking
Aangeduide plaats	± 5 mm
Afmeting	± 5 mm

De toleranties op horizontaliteit bedragen volgens STS 22:

Afstand tussen twee meetpunten	toelaatbare afwijking
$d \leq 3\text{ m}$	8 mm
$3\text{ m} \leq d \leq 6\text{ m}$	12 mm
$6\text{ m} \leq d \leq 15\text{ m}$	16 mm

METEN VAN DE TOLERANTIES

De verticaliteit van een gemetselde wand wordt gemeten op 50 cm van de bovenkant en de onderkant van de muur met een houten blokje, schietlood en meetlat of met een laser en meetlat.



De vlakheid van een gemetselde wand wordt gemeten met een houten blokje, draad en meetlat, met de laser en meetlat, of met een rechte lat en meetlat.

5.4.2. MAATREGELEN TIJDENS DE UITVOERING

De belangrijkste maatregelen om kwalitatief metselwerk te verkrijgen zijn:

Vorbereiding van de mortel:

- een mortel gebruiken, aangepast aan de aard van het metselwerk
- geen cement met een hoog sulfatgehalte in de mortel verwerken
- voorzichtig omspringen met eventuele hulpmiddelen
- steeds zuiver water en zorgvuldig nagespoelde kuipen gebruiken
- de op de werf aangemaakte mortel verwerken voor de binding begint, dit is ten laatste 2,5 uur na de bereiding (tenzij de technische fiche het anders vermeldt).

Belasten van het metselwerk:

- een termijn van 16 uur in acht te nemen vooraleer de vloer te leggen
- een termijn van 24 uur respecteren vooraleer puntlasten aan te brengen
- niet-dragende muren mogen niet als bekisting gebruikt worden
- mechanische beschadiging van vers metselwerk vermijden.

Schoren van vrijstaande muren

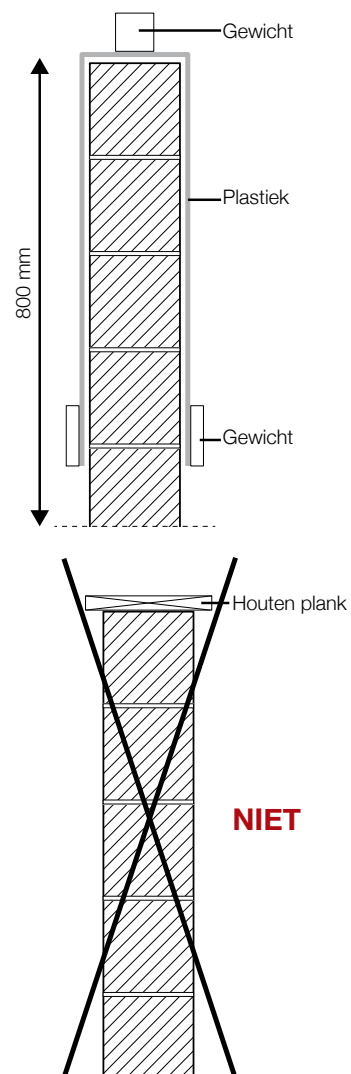
- de muurdikte, het type mortel, het type stenen en de blootstelling aan wind bepalen de grenzen van wat zonder overdreven gevaar toelaatbaar is
- puntgevels moeten zeker bij stormweer geschoord worden.

Oppervlak van afgewerkt metselwerk beschermen

- voltooid metselwerk beschermen tegen de gevolgen van bouwactiviteiten die het oppervlak zouden kunnen besmeuren of, in het geval van metselwerk dat later bepleisterd wordt, de hechting van het pleisterwerk zouden kunnen verstoren.

Bescherming tegen weersinvloeden:

- de binnenmuurstenen tijdens de opslag beschermen tegen neerslag en tegen een natte ondergrond. In het winterseizoen vermijden dat de binnenmuurstenen bestemd voor niet-vorstbestand binnenmetselwerk nat worden
- bij zeer warm en droog weer het metselwerk regelmatig, maar lichtjes besproeien om uitdroging van de mortel te vermijden voor hij volledig is uitgehard, dit zonder dat het metselwerk erdoor bevuild raakt
- bij hevige neerslag niet metselen of geen beton gieten, vanwege het gevaar voor het uitspoelen van de mortel of het beton
- bij metselen in de regen moeten de nodige maatregelen genomen worden om de stenen, de mortel en het verse metselwerk te beschermen tijdens en onmiddellijk na de uitvoering
- op het einde van elke werkdag moeten het bovenvlak en de bovenste 800 mm van het metselwerk worden afgedekt, rekening houdend met de invloed van de wind. De rechtstreekse afdekking mag niet bestaan uit hout of ander materiaal, dat onder invloed van regen sporen kan achterlaten op het metselwerk.
- bij regenachtig weer moet men vers gegoten beton overdekken met een waterdichte laag, om te vermijden dat met het regenwater de vrije zouten uit het beton spoelt en ze in de bakstenen dringen. Zo niet komen de uitgespoelde zouten bij het opdrogen van het baksteenmetselwerk tevoorschijn.



Indien het metselwerk onvoldoende beschermd wordt tegen weersinvloeden, kan het metselwerk achteraf uitbloeiingen vertonen. Die zijn meestal onschadelijk, maar kunnen de verdere afwerking van het metselwerk hinderen.

Wienerberger advies: hoe uitbloeiingen verwijderen?

Mochten er ondanks alle genomen voorzorgen toch uitbloeiingen voorkomen, adviseert Wienerberger om de binnenmuurstenen op de volgende manier te reinigen:

- **Eerst droog afborstelen:** de uitslag zoveel mogelijk met een harde borstel verwijderen. Gebruik hiervoor geen staalborstel, aangezien die de stenen kan beschadigen. Het afborstelen gebeurt met een kloppende beweging. Op die manier wordt de uitslag minder in de stenen gewreven. De afgewreven uitbloeiingen moeten niet meer door water opgelost worden.
- **Vervolgens met spons en water de resterende uitbloeiingen verwijderen.** Indien de muur nog niet bepleisterd werd en er geen elektrische leidingen aanwezig zijn, kunnen de uitbloeiingen afgespoten worden met water onder stadsdruk.

5.4.3. VERBINDINGEN

VERBINDINGEN TUSSEN DRAGENDE WANDEN BIJ TRADITIONEEL BINNENMETSSELWERK

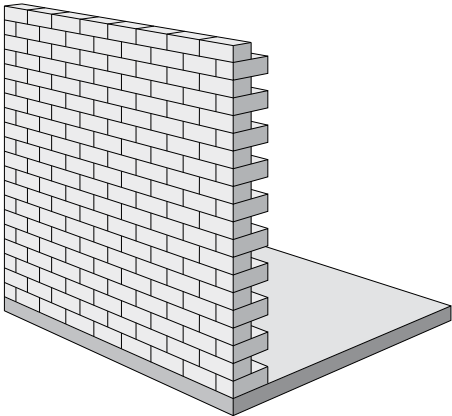
Verbindingen tussen dragende wanden moeten zo uitgevoerd worden dat zij de verticale en horizontale belastingen onderling kunnen overdragen.

De verbinding tussen de dragende wanden kan gerealiseerd worden door

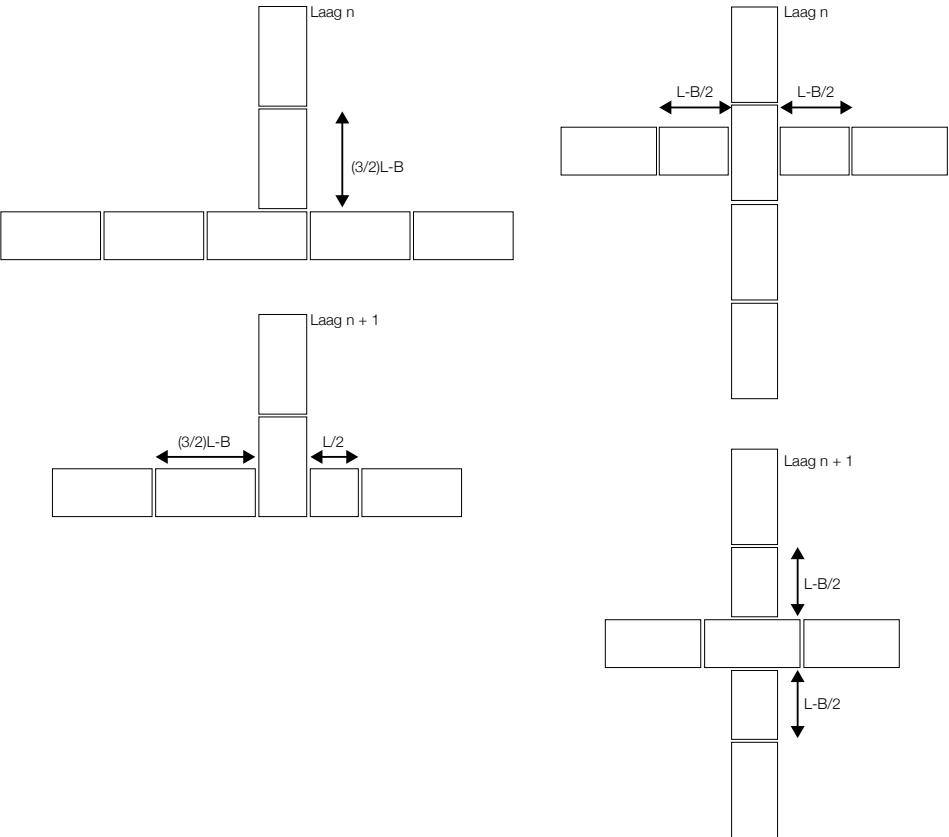
- steenverbanden
- verbindingsmiddelen of wapeningen die in iedere wand worden verdergezet.

Traditioneel wordt bij steenverbanden gebruik gemaakt van een staande tand.

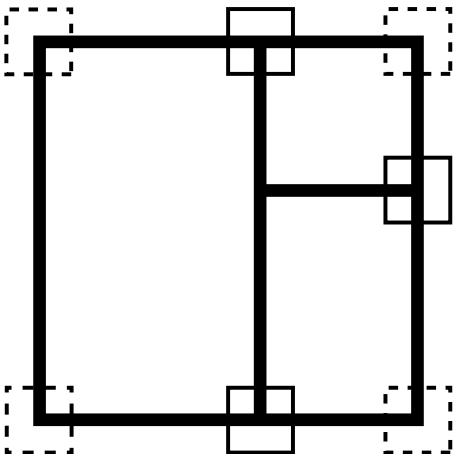
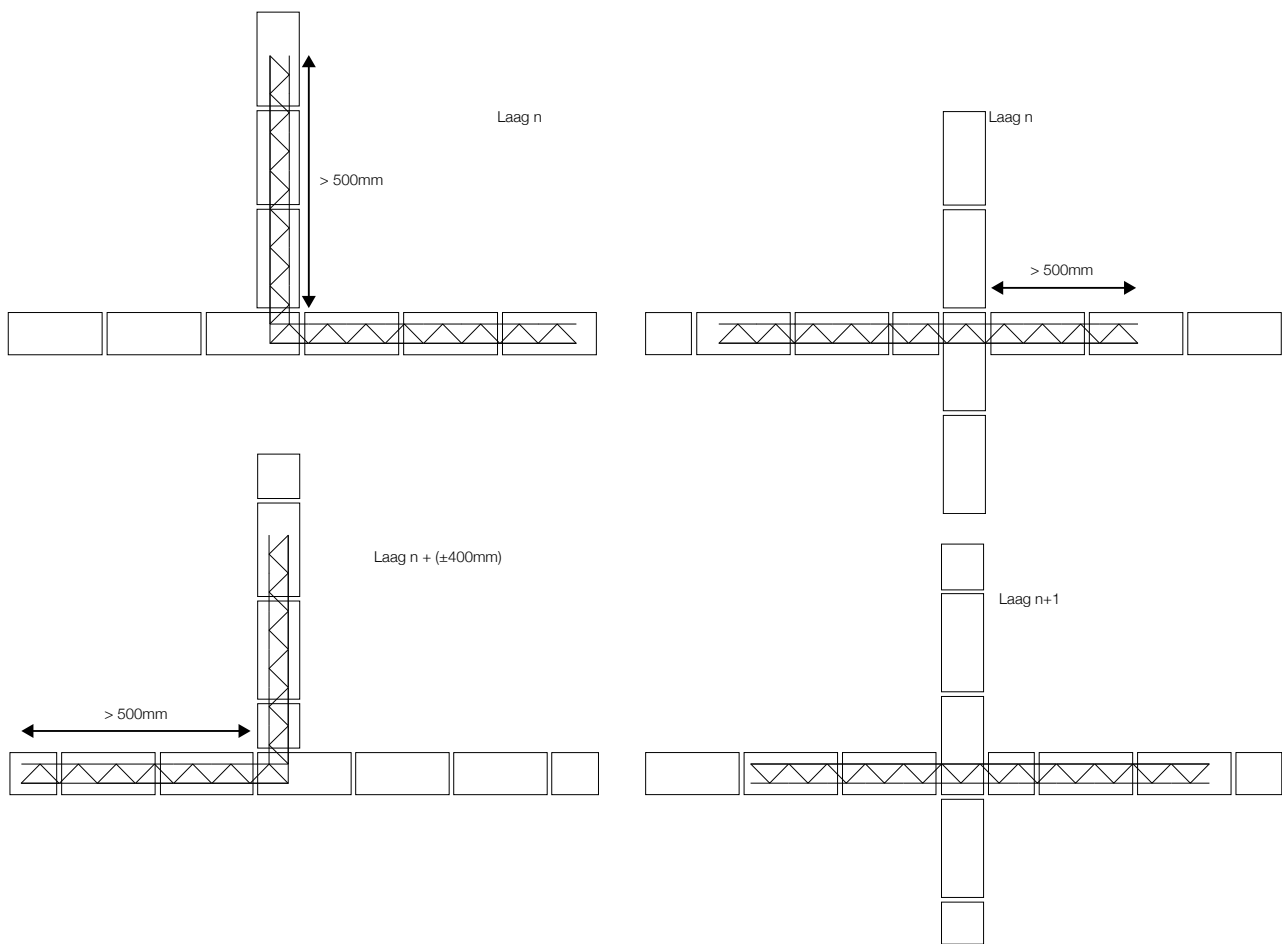
Enkele voorbeelden van steenverbanden:



Staande tand



Enkele voorbeelden van verbindingen door middel van wapening:



Onderscheid voegen

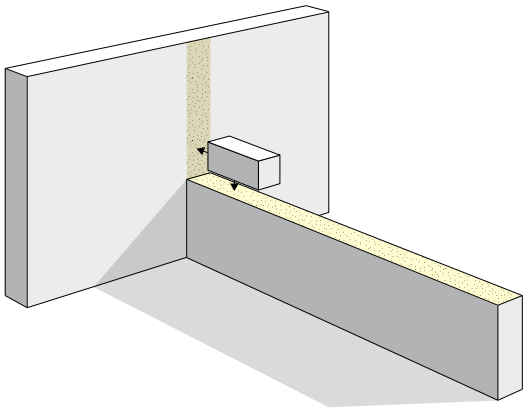
- Ingebonden
- Loodvoeg; koude verbinding

VERBINDINGEN TUSSEN DRAGENDE WANDEN BIJ GELIJMD METSELWERK

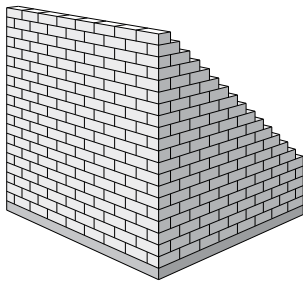
Bij het Porotherm Lijm-systeem worden de verticale voegen uitgevoerd met een tand-en-groefverbinding en worden de traditionele horizontale mortelvoegen met een dikte van ±12 mm, vervangen door een lijmvog van ca 1 mm.

Hoewel uit onderzoek gebleken is dat het werken met een koude verbinding of loodvoeg, waarbij de stenen tegen elkaar verlijmd worden, een meer dan waardig alternatief is, blijft het voor de globale stabiliteit van het gebouw noodzakelijk om de buitenhoeken ingebonden uit te voeren.

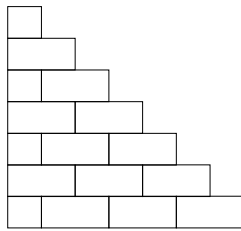
Het achteraf inbinden met behulp van een staande tand zoals men bij traditioneel metselwerk toepast, is hier minder aangewezen omwille van de geringe horizontale voegdikte.



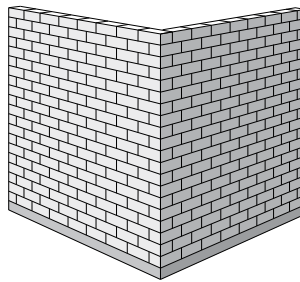
Een bruikbaar alternatief is het werken met een vallende tand, zoals in onderstaande figuren wordt toegelicht.



Vallende tand



Detail vallende tand



Ingebonden muur

Indien niet ingebonden wordt gewerkt, maar gebruik gemaakt wordt van een loodvoeg dient volgende in acht te worden genomen:

- De verbinding (loodvoeg) moet vol en zat worden verlijmd. Er dient aldus lijm aangebracht te worden op beide contactvlakken.
- Het is belangrijk de te verlijmen oppervlaktes af te stoffen en enkel koppen of groeven te verlijmen, geen gezaagde kanten.
- Voor dragende verbindingen moet gebruik gemaakt worden van koppelstrips. Voor niet-dragende verbindingen zijn koppelstrips overbodig.

Bij loodvoegverbindingen kan het binnenspouwblad eerst rondomrond opgetrokken worden, pas achteraf komen de binnenmuren. Dit kan naar werfinrichting en rendement een groot voordeel vormen.

Bij Porotherm *Dryfix* wordt steeds ingebonden.

AANSLUITINGEN VAN MUREN AAN KOLOMMEN

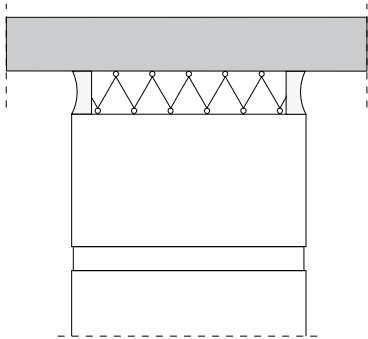
Kolommen in beton of in staal vertonen een ander bewegingsgedrag dan muren in metselwerk. Hiervoor bestaan meerdere mogelijke oorzaken:

- verschillende materiaaleigenschappen
- verschillende belastingen
- mogelijke zettingsverschillen
- verschillende krimp of uitzetting door vochtschommelingen
- verschillende krimp of uitzetting door temperatuurschommelingen.

Daarom moet er een bewegingsvoeg voorzien worden tussen de muur en de kolom.



Enkel verlijmen van koppen of groeven, geen verzaagde kanten



AANSLUITINGEN VAN NIET-DRAGENDE WANDEN OP VLOEREN

Niet-dragende wanden moeten onafhankelijk staan van de dragende structuur. Wanneer ze een scheidende functie hebben, moeten de isolatie en de vlamdichtheid van de wand behouden blijven. Bovenaan zal men de ruimte tussen muur en bovenliggende vloer of balk opvullen met een elastisch en zo nodig brandwerend voegmateriaal.

Om het gevaar op scheuren zoveel mogelijk te vermijden mag men slechts aanvangen met het metselen van niet-dragende wanden op vloeren nadat alle steunen zijn weggehaald en de vloer volledig zelfdragend is. Om geen nadelige extra doorbuiging te hebben door het gewicht van de muur, is het aangeraden de pallets met stenen zo vroeg mogelijk op de vloer te plaatsen, en dit zo dicht mogelijk bij de plaats waar de muur zal gemetst worden.

5.4.4. OPLEG VLOEREN OP DRAGENDE WANDEN

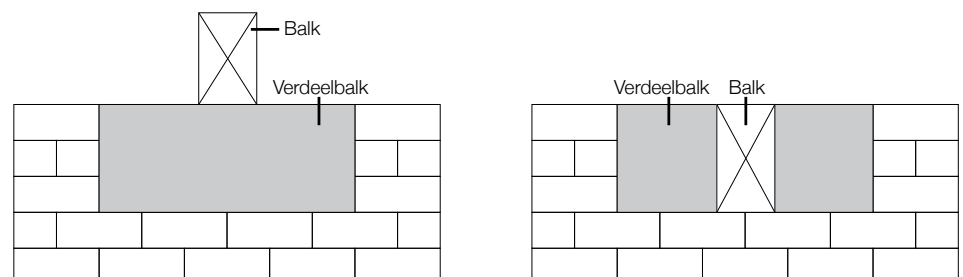
De opleg van vloeren op dragende wanden moet dusdanig zijn dat de oplegreacties gelijkmatig verdeeld zijn over de opgelegde plaatrand. De oplegvoorwaarden van vloeren op dragende wanden is afhankelijk van het type vloer, de wijze van schoren, de aanwezigheid van uitstekende wapening, de stabiliteitsstudie en de aardbevingsactiviteit van het gebied waar gebouwd wordt.

5.4.5. OPLEG VAN BALKEN, LATEIEN EN STALEN PROFIELEN OP DRAGENDE WANDEN

De opleg van balken, lateien en stalen profielen volgt uit de stabiliteitsberekeningen.

Geprefabriceerde balken moeten in een mortellaag, al dan niet gecombineerd met een neopreenstrip, worden gelegd. Zo wordt de verticale belasting gelijkmatig op het metselwerk overgedragen en kunnen de horizontale belastingen van de balken en lateien in het muurvlak worden overgedragen op het metselwerk door voldoende wrijving.

Leidt de oplegreactie van een balk tot geconcentreerde spanningen, groter dan de rekenwaarde van de druksterkte van het metselwerk in Porotherm binnenmuurstenen, dan moet een verdeelbalk voorzien worden.



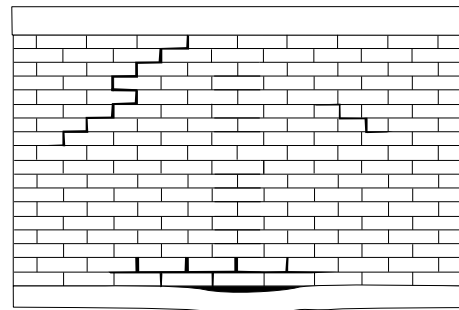
Voor beperkte belastingen kan het onderliggende metselwerk gewapend worden in plaats van het voorzien van een verdeelbalk.

5.4.6. SCHEURVORMING DOOR OVERDREVEN DOORBUIGING VOORKOMEN

Metselwerk wordt vaak geplaatst op vervormbare elementen zoals vloeren of balken. Bij de dimensionering van deze elementen moet de vervorming binnen de perken blijven, zo niet ontstaat er een horizontale scheur in de onderste horizontale voegen van de wand. Een voldoende stijve draagconstructie dient voorzien.

Ook moeten de steunvloeren waarop het metselwerk rust over een voldoende lange periode geschoord blijven. Onvoldoende uitgehard beton zal immers makkelijker vervormen.

Bij een te zwakke steunconstructie beheerst men scheurvorming door het gebruik van gewapend metselwerk.



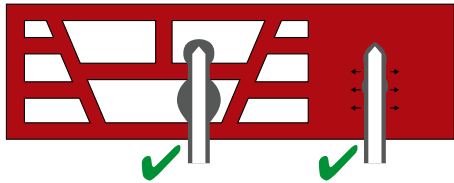
5.4.7. SLEUVEN EN SPARINGEN

Het inslijpen van technieken in (metselwerk)wanden, heeft een niet te verwaarlozen impact op een aantal technische eigenschappen van de wand. Naast de brandweerstand is het zeker ook belangrijk voldoende aandacht te hebben voor de invloed die verticale sleuven kunnen hebben op de stabiliteit van de wanden. Alle technische voorschriften hieromtrent zijn terug te vinden in de NBN EN 1996-1-1, Eurocode 6 voor metselwerk. In deze voorschriften wordt melding gemaakt van de maximale diepte van verticale sleuven afhankelijk van de dikte van het metselwerk en het tijdstip waarop de sleuven worden gemaakt (tijdens het optrekken van het metselwerk of na de uitvoering van het metselwerk). Indien de sleuven dieper zijn dan de getabelleerde waarden, dienen stabiliteitsberekeningen te gebeuren voor het metselwerk met een gereduceerde dikte.

De voorschriften zijn niet in lijn met de praktijk. Heden wordt in de normcommissies bekeken of deze voorschriften aangevuld kunnen worden met de opmerking dat indien de sleuven opnieuw opgevuld worden met een kwalitatieve mortel er geen specifieke controleberekeningen dienen te gebeuren.

Horizontale en schuine sleuven zijn steeds te vermijden in dragend metselwerk wanden. Voor dergelijke sleuven en uitsparingen dient een specifieke stabiliteitscontrole conform de Eurocodes uitgevoerd te worden.

vermijd horizontale en schuine sleuven



Bevestiging in geperforeerd en vol materiaal

3 uitvoeringsrichtlijnen

5.4.8. PLUGBEVESTIGINGEN IN SNELBOUW

In het geval van verankeringen in volle materialen, zoals bijvoorbeeld beton, wordt de uittreksterkte gerealiseerd door de wrijvingsweerstand tussen het bevestigingsmateriaal en het materiaal waar men in bevestigt.

In geperforeerde materialen, zoals de Porotherm binnenmuursteen, wordt de verankering gerealiseerd doordat de plug een prop vormt in de holtes en zichzelf vastzet achter de ribben en/of de mantel.

Bij de uitvoering van plugbevestigingen in geperforeerde keramische materialen moet steeds rekening worden gehouden met drie belangrijke uitvoeringsrichtlijnen:

1. Keuze van de juiste plugdiameter
2. Boren zonder kloppen
3. Boren met de juiste boordiameter

KEUZE VAN DE JUISTE PLUGDIAMETER

Wanneer er gewerkt wordt met een te grote plugdiameter kan er geen prop gevormd worden in de holtes achter de ribben en/of de mantel. Bovendien bestaat dan het risico dat ribben kapot gedrukt worden en dat er weinig of geen verankering kan gerealiseerd worden.

BOREN ZONDER KLOPPEN

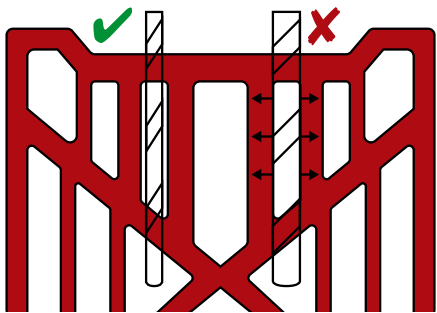
Om de interne structuur van de holle baksteen niet te beschadigen en de plug aldus op meerdere plaatsen vast te kunnen zetten, moet het gat geboord worden zonder gebruik te maken van de klopfunctie op de boormachine. Zo wordt vermeden dat de mantel en/of de interne ribben stukgeslagen worden, waardoor geen kwalitatieve verankering zou kunnen worden gerealiseerd.

BOREN MET DE JUISTE BOORDIAMETER

Bepaalde pluggen hebben een minder courante diameter (bv 9,5 mm), toch is het belangrijk de voorgeschreven boordiameter correct toe te passen. Het gebruik van een boordiameter die 0,5 of 1 mm groter is, kan zorgen voor een sterke daling van de uittrekwaarde.

KOPSE BEVESTIGINGEN

Dikwijls moet ook in de lengterichting van de stenen een bevestiging uitgevoerd worden, bijvoorbeeld bij de plaatsing van het schrijnwerk. Om ervoor te zorgen dat er voldoende ribben aanwezig zijn waarachter de pluggen een prop kunnen vormen is het aangewezen om telkens in de koppen te bevestigen en niet in gezaagde kanten. Dit is vooral belangrijk bij binnenmuurstenen met een 'langs' perforatiebeeld zoals bijvoorbeeld de PLS *Lambda*.



Keuze plugdiameter



○ Plaatsen waar er ankers kunnen bevestigd worden

5.5. AFWERKING VAN BINNENMETSSELWERK

5.5.1. BINNENBEPLEISTERING

Het aanbrengen van een binnenbepleistering waarborgt een luchtdichte afwerking van de wand.

Bijkomende voordelen van het aanbrengen van een binnenbepleistering zijn:

- het wegwerken van oneffenheden; het gladde oppervlak is geschikt om te worden geschilderd of behangen;
- het verkrijgen van een nog hogere brandweerstand;
- een verbetering van de akoestische isolatie van luchtgeluiden.

toleranties op metselwerk dat
bepleisterd zal worden

Indien het de bedoeling is om de wanden af te werken met een binnenbepleistering, moet het metselwerk volgens TV199 voldoen aan de volgende toleranties:

- **vlakheid:** een afwijking van 4 mm per meter met een maximum afwijking voor het volledige oppervlak van 20 mm
- **loodrechte stand:** over de hoogte van de muur gemeten, maximaal $1/8 \cdot \sqrt{d_h}$ met d_h de hoogte van de muur, gemeten in centimeter
- **hoekafwijkingen:** ten opzichte van de voorgeschreven hoek worden de volgende afwijkingen toegestaan:
 - ± 5 mm/m indien de lengte van het vlak niet groter is dan 2 m
 - ± 3 mm/m indien de lengte van het vlak groter is dan 2 m
 - de hoekafwijking tussen 2 wanden, gemeten over de volledige lengte van de wand, mag niet groter zijn dan ± 20 mm.
- **afwijking ten opzichte van het voorgeschreven niveau:** maximum ± 20 mm.

Het metselwerk moet steeds voorzien zijn van de nodige vochtwerende schermen, o.a. aan de muurbasis. Bij afwezigheid of gebrekkige plaatsing van de waterkeringen kan het metselwerk vocht opnemen, wat tot schade aan het pleisterwerk kan leiden.

Uitbloeiingen zijn nadelig voor de hechting van de bepleistering op de ondergrond. Met uitzondering van kalkafzettingen moeten ze afgeborsteld worden, nog voor het aanvatten van de pleisterwerken.

Te bepleisteren metselwerk wordt niet meegaand opgevoegd.

5.5.2. MOETEN MUREN, OPGETROKKEN UIT POROTHERM BINNENMUURSTENEN, GEGRONDEERD WORDEN?

Volgens de Belgische classificatie vallen grotendeels alle binnenmuurstenen van Porotherm onder de klasse IW2 'weinig zuigend'. Het zuigkarakter van een steen wordt in laboratoriumomstandigheden gemeten bij een bepaald vochtgehalte. Het vochtgehalte op de werf zal doorgaans verschillen van dat in het laboratorium. Daarom raadt Wienerberger af om de conclusies uit laboproeven zonder meer door te trekken naar een werfsituatie.

Bovendien is de IW-klasse bepaald voor het legvlak. Het zuigend karakter van het zichtvlak kan verschillend zijn.

Werfgebonden factoren bepalen het al dan niet gronderen, zoals:

- het soort pleister
- de manier van aanbrengen van de pleister: één- of tweelagig, manueel of machinaal
- het bouwvocht op de werf, dat het zuigende vermogen van de steen beïnvloedt
- het seizoen: in de winter zal de constructie minder goed uitdrogen, dus meer vocht bevatten dan in de zomer.

Een vereiste om te kunnen pleisteren is dat de muren voldoende uitgedroogd zijn. Het maximum toelaatbare vochtgehalte is echter moeilijk te bepalen. Ook het WTCB geeft hierover geen uitsluitel. De firma die de pleisterwerken uitvoert, heeft daarin de meeste ervaring.

Wanneer de muren voldoende droog zijn, moeten de eventueel voorkomende uitbloeiingen afgeborsteld worden. Zijn de muren niet voldoende droog, dan bestaat het gevaar dat bij verdere uitdroging nog zouten aan het oppervlak van de steen verschijnen. Deze kunnen de pleister afstoten en mogelijk door de pleister heen naar het oppervlak migreren.

Het toepassen van een hechtings- of grondeerlaag op te natte stenen zal geen resultaat opleveren, omdat het gevaar bestaat dat deze laag ook los komt ten gevolge van de ontstane uitbloeiingen door het verder uitdrogen van de steen.

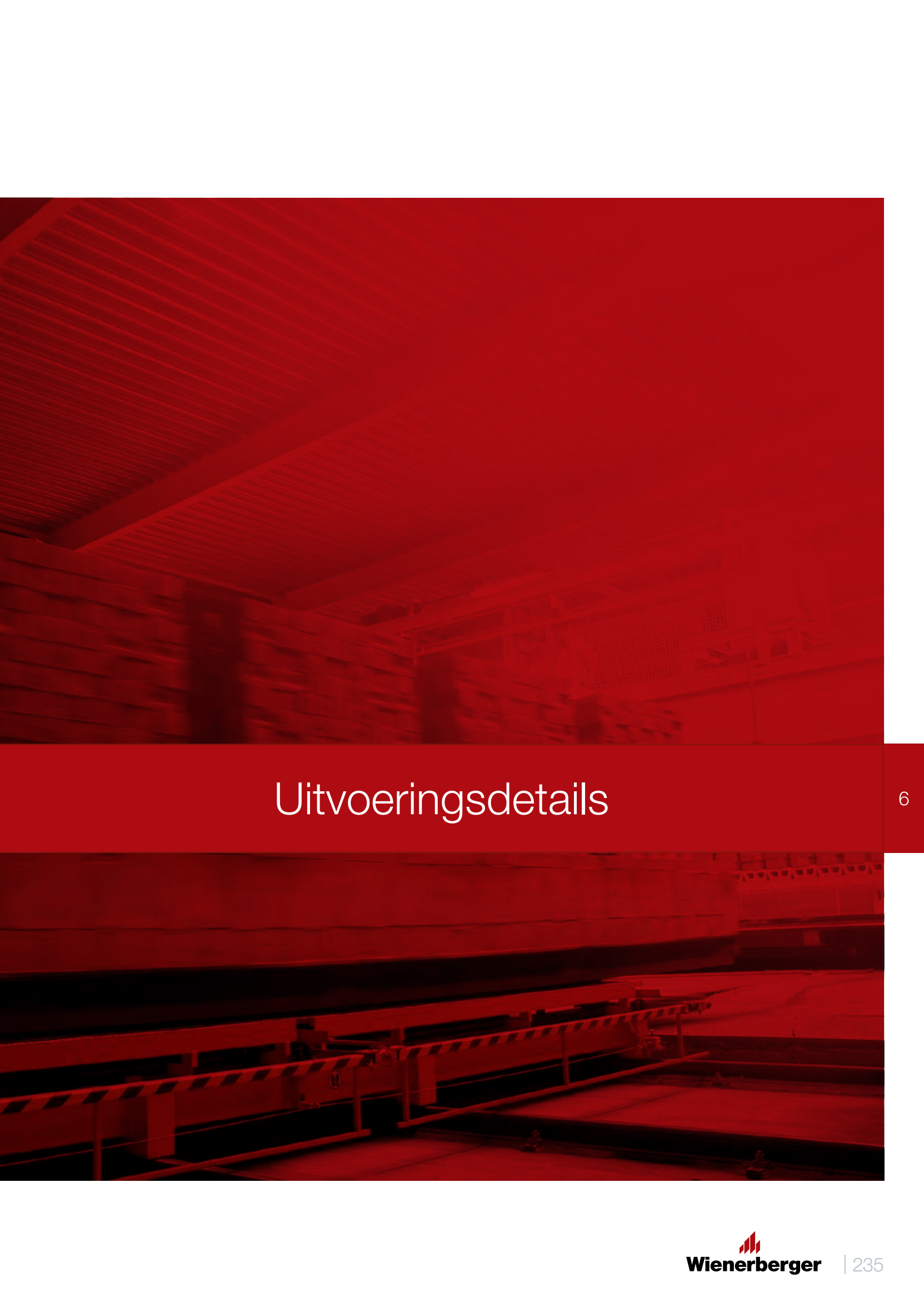
Wienerberger kan u bijgevolg geen eenduidig advies geven dat geldt voor alle pleistersoorten en op alle soorten werven. Het al dan niet aanbrengen van een hechtingslaag is werfgebonden en moet geval per geval beoordeeld worden door de architect of de aannemer.

geval per geval te beoordelen

5.5.3. SCHILDERWERK VAN WANDEN WAAR GEEN LUCHTDICHTHEIDSEISEN GELDEN

Zichtbaar blijvend metselwerk in binnenmuurstenen, achteraf of meegaand opgevoegd, kan rechtstreeks geschilderd worden. Let wel dat de Porotherm binnenmuurstenen bedoeld zijn voor niet-decoratief metselwerk.

Een belangrijke voorwaarde is dat het metselwerk goed droog moet zijn. Het vochtgehalte van de steen is hiervoor bepalend. Kies voor een dampopen verf, die niet dikker wordt aangebracht dan voorgeschreven door de fabrikant.



Uitvoeringsdetails

6

6.1. TYPEOPLOSSINGEN UITVOERINGSDETAILS

Hierna bespreken we een aantal uitvoeringsdetails van de geïsoleerde spouwmuur met gedeeltelijke spouwvulling.

Het gaat om typeoplossingen, die de principes van waterkering, correcte plaatsing van de isolatie en het EPB-aanvaard oplossen van bouwknopen illustreren.

Het is uiteraard aan de ontwerper om voor elk specifiek project voldoende en correcte uitvoeringsdetails uit te werken.



Voor ‘De kracht van Rood’ selecteerde Wienerberger een aantal relevante details uit de Bouwknopenatlas. Voor meer specifieke details over bouwknopen, surf naar www.bouwknopenatlas.be

De PLS *Lambda* binnenmuursteen maakt, in combinatie met de smallere Eco-brick gevelstenen, deel uit van de ‘rode spouwmuuroplossing’ van Wienerberger. Die combineert de voordelen van beiden. Deze details worden gemarkeerd met een stempel.

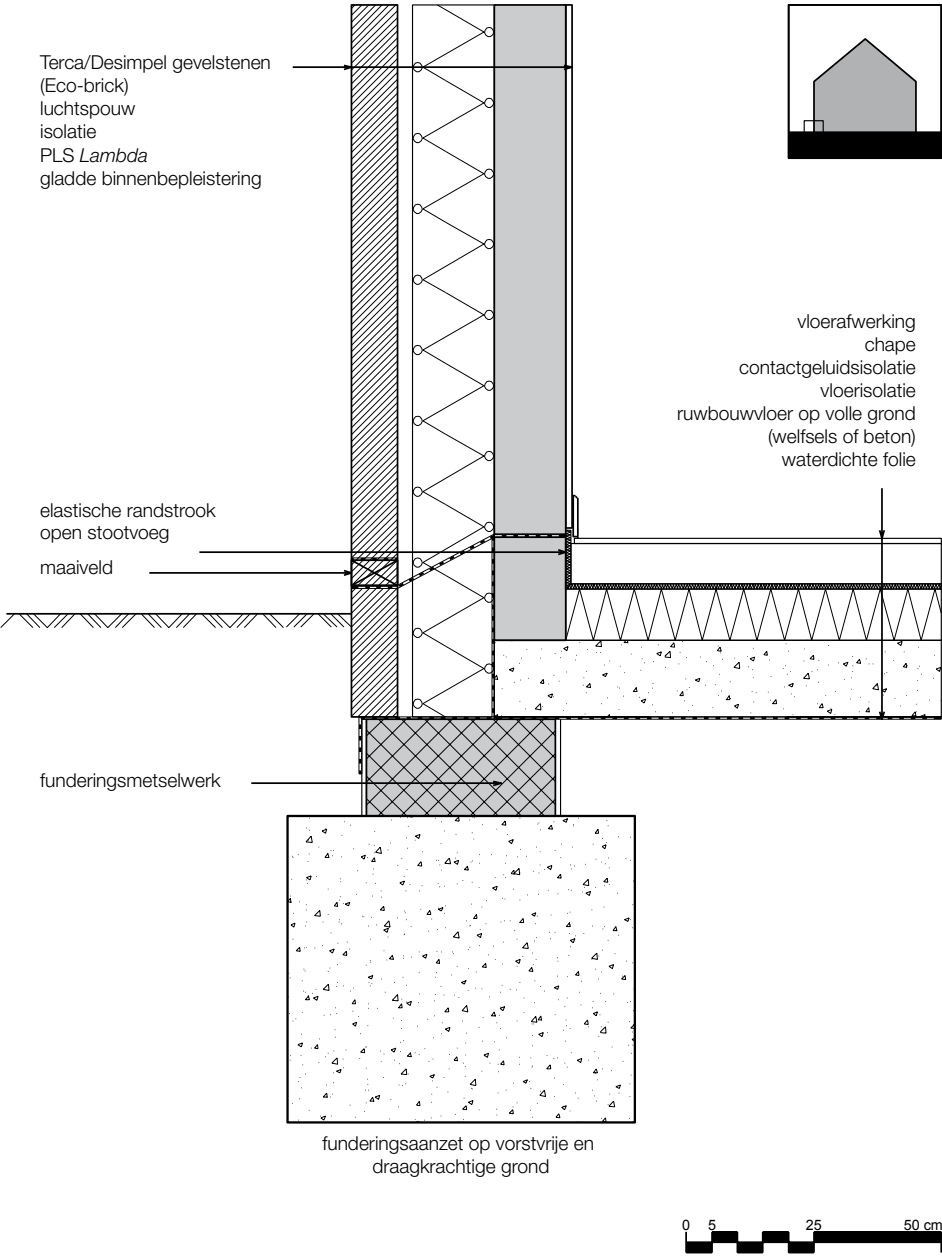
Bijzondere aandacht ging uit naar de toepassingen in nZEB-projecten. In die details houdt men rekening met doorgedreven isolatiediktes en een verhoogde graad van luchtdichtheid.



6.2. FUNDERINGEN

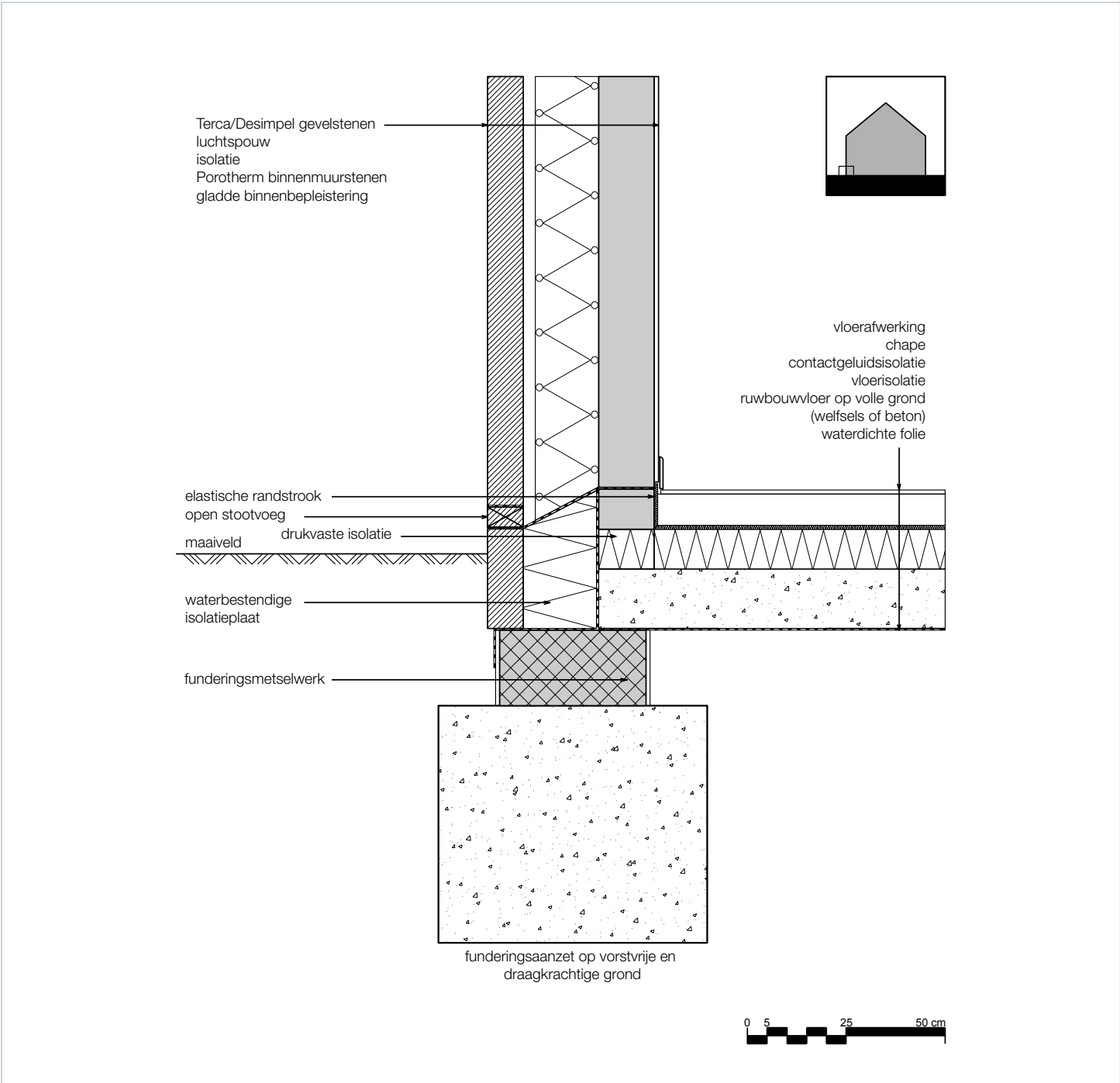
6.2.1. VLOERPLAAT OP VOLLE GROND MET PLS LAMBDA

Ter hoogte van de funderingsaanzet wordt een EPB-aanvaarde bouwknop volgens basisregel 1 gerealiseerd door het toepassen van PLS *Lambda* binnenmuurstenen. In combinatie met een Eco-brick gevelsteen maakt deze funderingsaanzet deel uit van de ‘rode spouwmuuroplossing’ van Wienerberger.



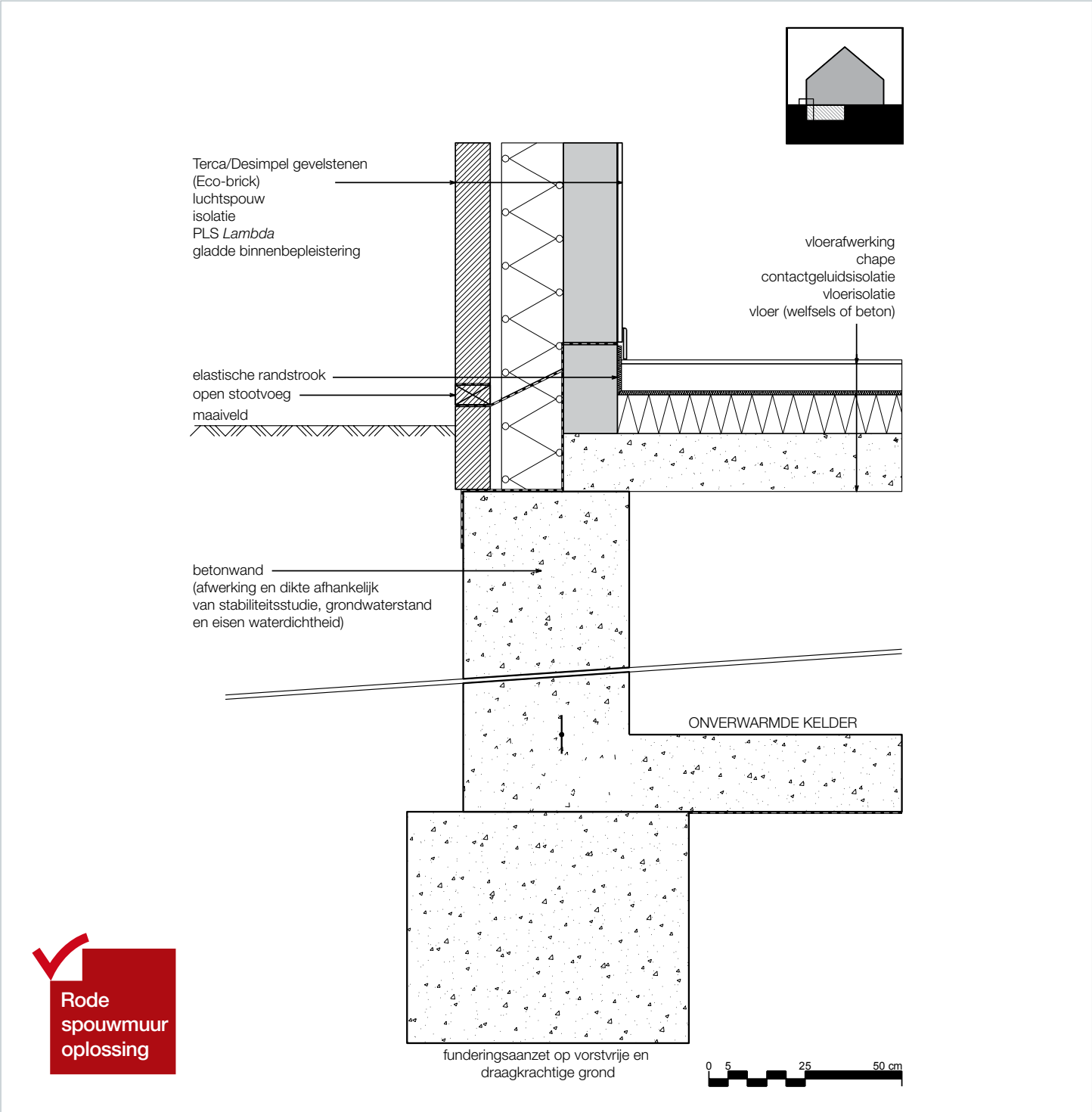
6.2.2. VLOERPLAAT OP VOLLE GROND MET THERMISCHE ONDERBREKING

Ter hoogte van de funderingsaanzet wordt een EPB-aanvaarde bouwknop volgens basisregel 2 gerealiseerd door het toepassen van drukvaste isolatie.



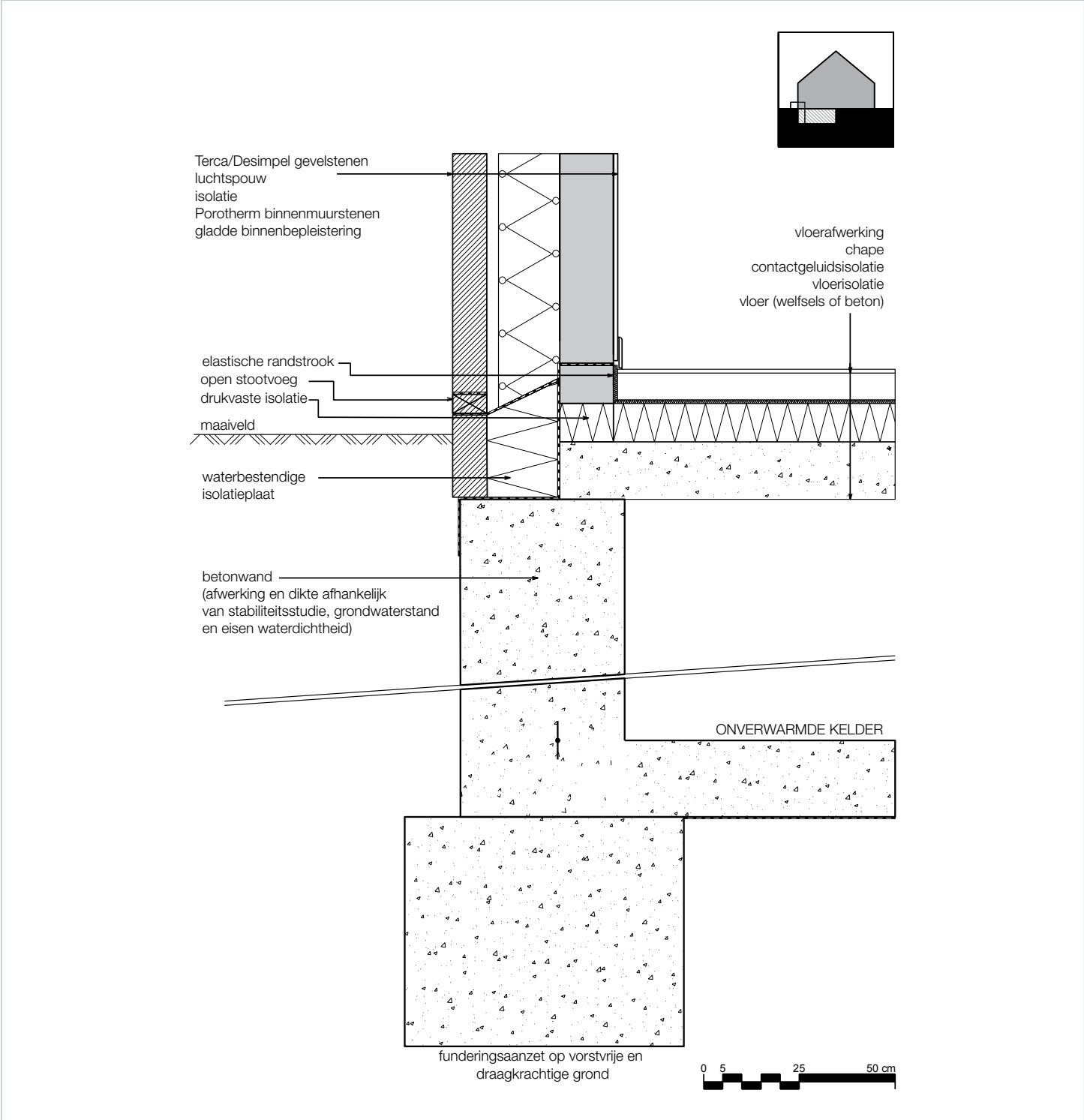
6.2.3. MET KELDER, MET PLS LAMBDA

Ter hoogte van de muuraanzet wordt een EPB-aanvaarde bouwknop volgens basisregel 1 gerealiseerd door het toepassen van PLS *Lambda* binnenmuurstenen. In combinatie met een Eco-brick gevelsteen maakt deze funderingsaanzet deel uit van de ‘rode spouwmuuroplossing’ van Wienerberger. Dit detail kan eveneens toegepast worden bij een onverwarmde kruipkelder.



6.2.4. MET KELDER, MET THERMISCHE ONDERBREKING

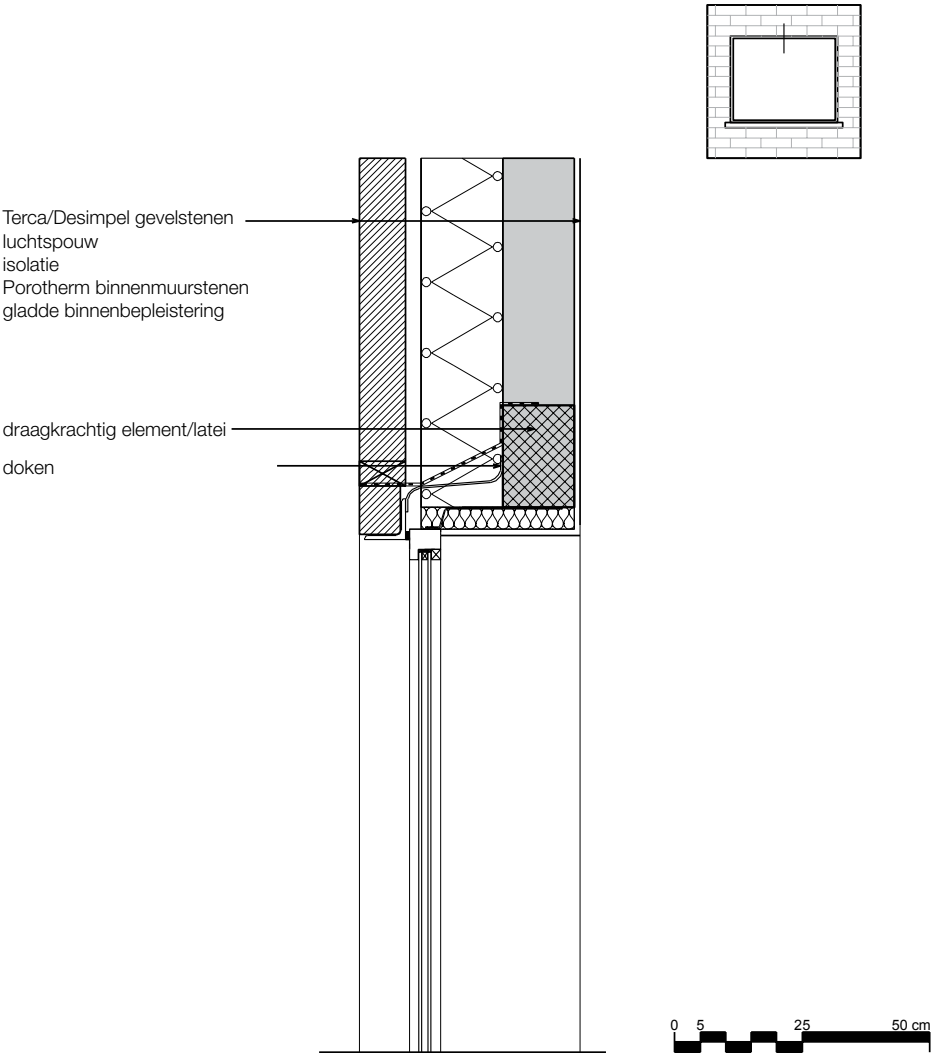
Ter hoogte van de muuraanzet wordt een EPB-aanvaarde bouwknop volgens basisregel 2 gerealiseerd door het toepassen van drukvaste isolatie. Dit detail kan eveneens toegepast worden bij een onverwarmde kruipkelder.



6.3. MUURAANSLUITINGEN

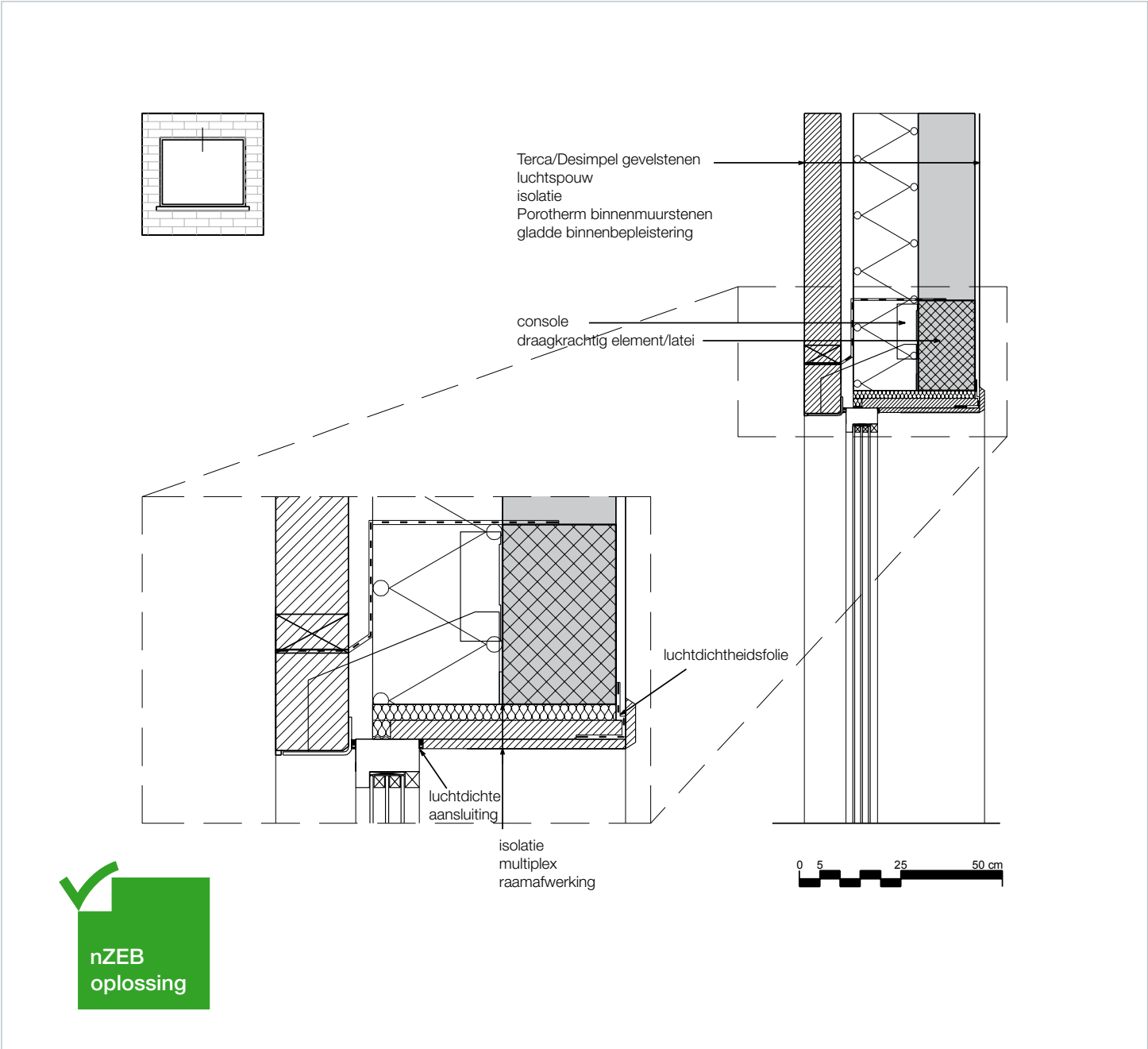
6.3.1. BOVENAANSLUITING RAAM

Het raam wordt ingebouwd volgens de principes van de EPB-aanvaarde bouwknoppen. Het waterdichte membraan moet strak gespannen worden, zodat het geen zak vormt waarin water kan blijven staan. De korte uiteinden van het waterdichte membraan worden opgeplooid om te vermijden dat het water op die plaats zijdeling tot de isolatielaag zou doordringen. De eerste lagen gevelsteen (met breedte min. 88 mm) die rusten op het L-ijzer worden op een kleinere dikte verzaagd, zodat de elastische voeg tussen raam en gevelsteen zijdelings en bovenaan het raam dezelfde breedte hebben.



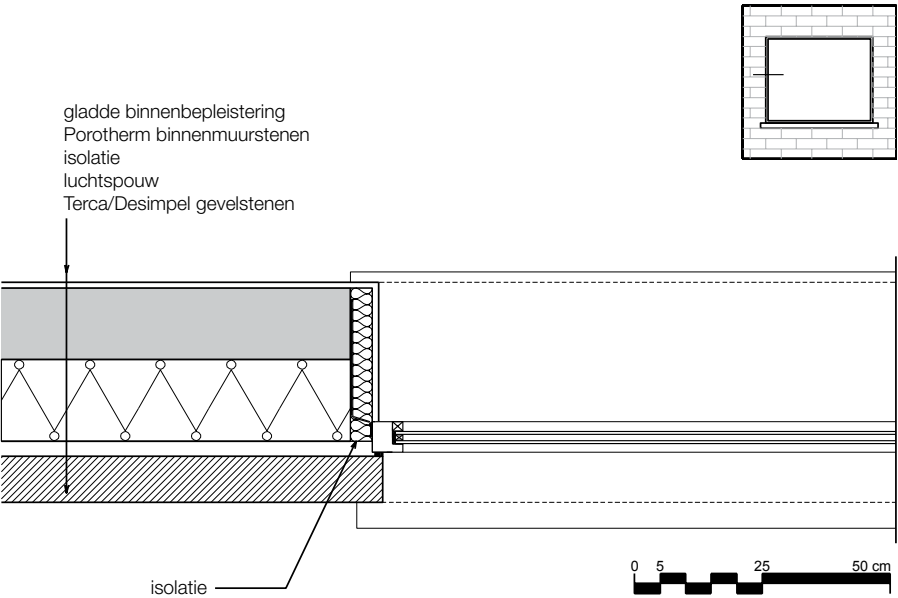
6.3.2. BOVENAANSLUITING RAAM - nZEB

Het raam wordt ingebouwd volgens de principes van de EPB-aanvaarde bouwknopen.
Het raam is aan vier zijden afgekast met een WBP-multiplex, die samen met de luchtdichte folie en de gladde binnenbepleistering, de luchtdichtheid garandeert. Het waterdichte membraan moet strak gespannen worden, zodat het geen zak vormt waarin water kan blijven staan. De korte uiteinden van het waterdichte membraan worden opgeplooid om te vermijden dat het water op die plaats zijdeling tot de isolatielaag zou doordringen.



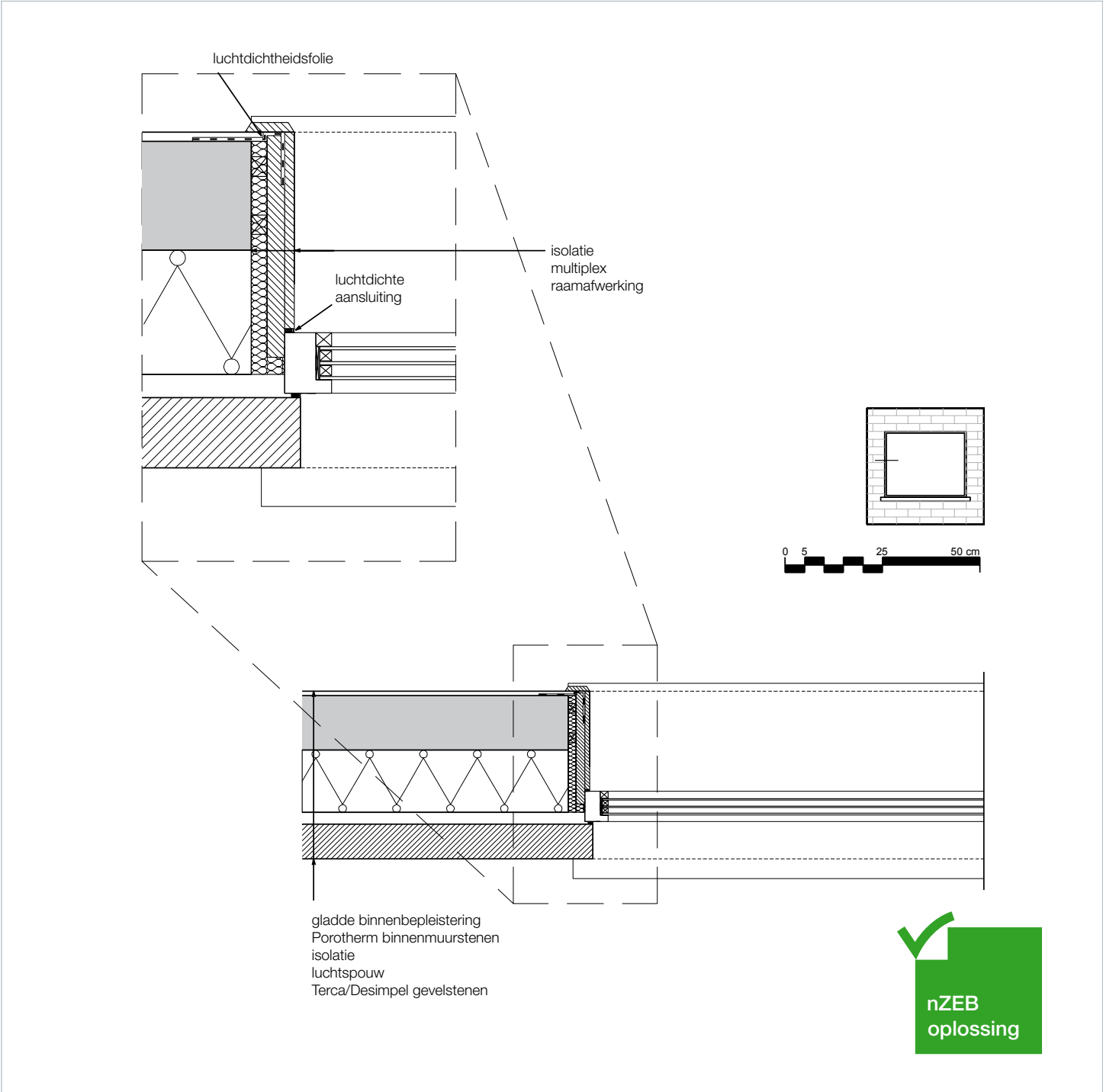
6.3.3. ZIJAANSLUITING RAAM

Het raam wordt achter de slag ingebouwd volgens de principes van de EPB-aanvaarde bouwknopen. In het geval van gelijmd gevelmetselwerk moet er bijkomend een waterdichte folie of cementering aangebracht worden. De lijmrups moet ter hoogte van de zijslagen U-vormig eindigen.



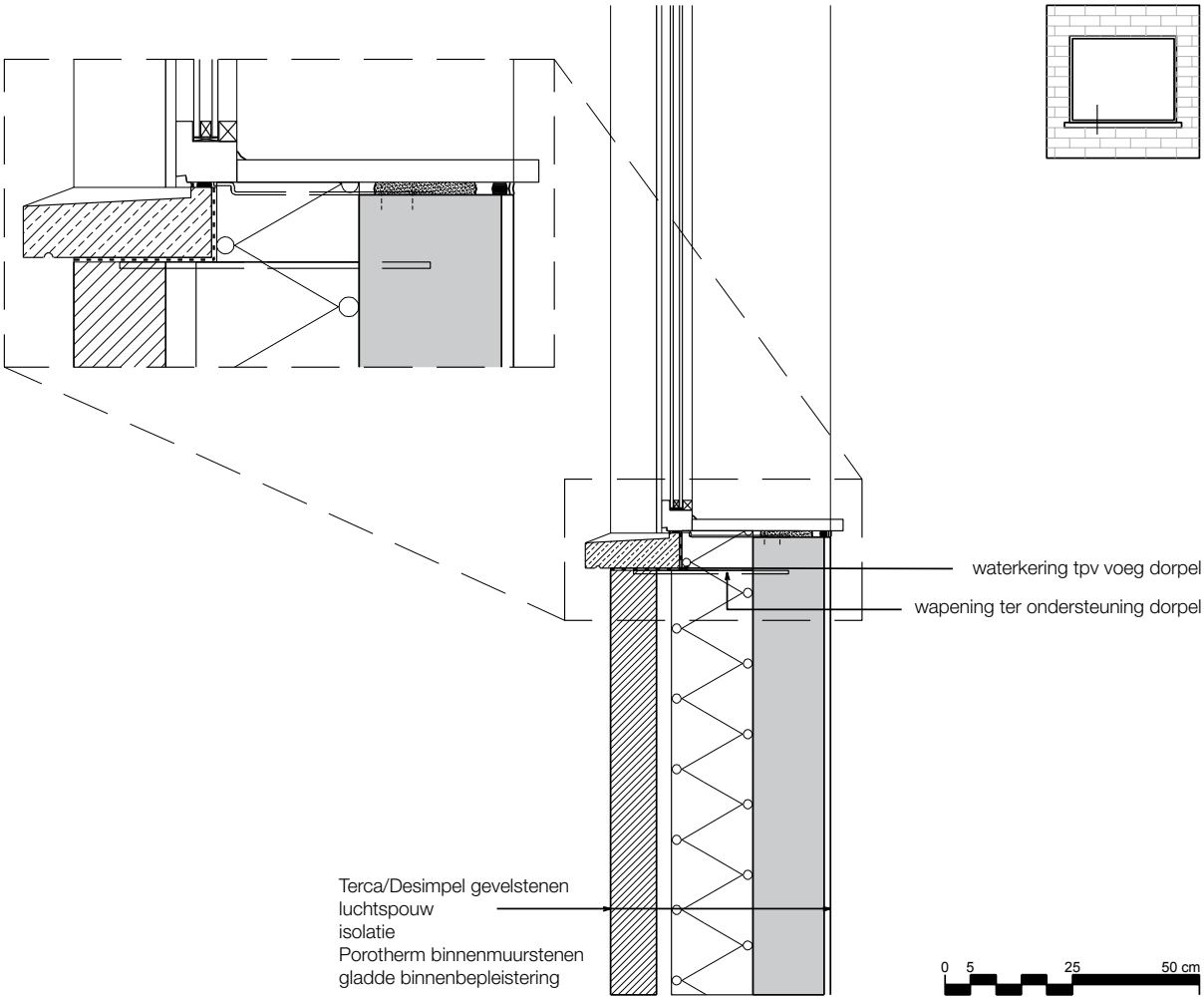
6.3.4. ZIJAANSLUITING RAAM - nZEB

Het raam wordt achter de slag ingebouwd volgens de principes van de EPB-aanvaarde bouwknopen. Het raam is aan vier zijden afgekast met een WBP-multiplex, die samen met de luchtdichte folie en de gladde binnenbepleistering, de luchtdichtheid garandeert. In het geval van gelijmd gevelmetselwerk moet er bijkomend een waterdichte folie of cementering aangebracht worden. De lijmrups moet ter hoogte van de zijslagen U-vormig eindigen.



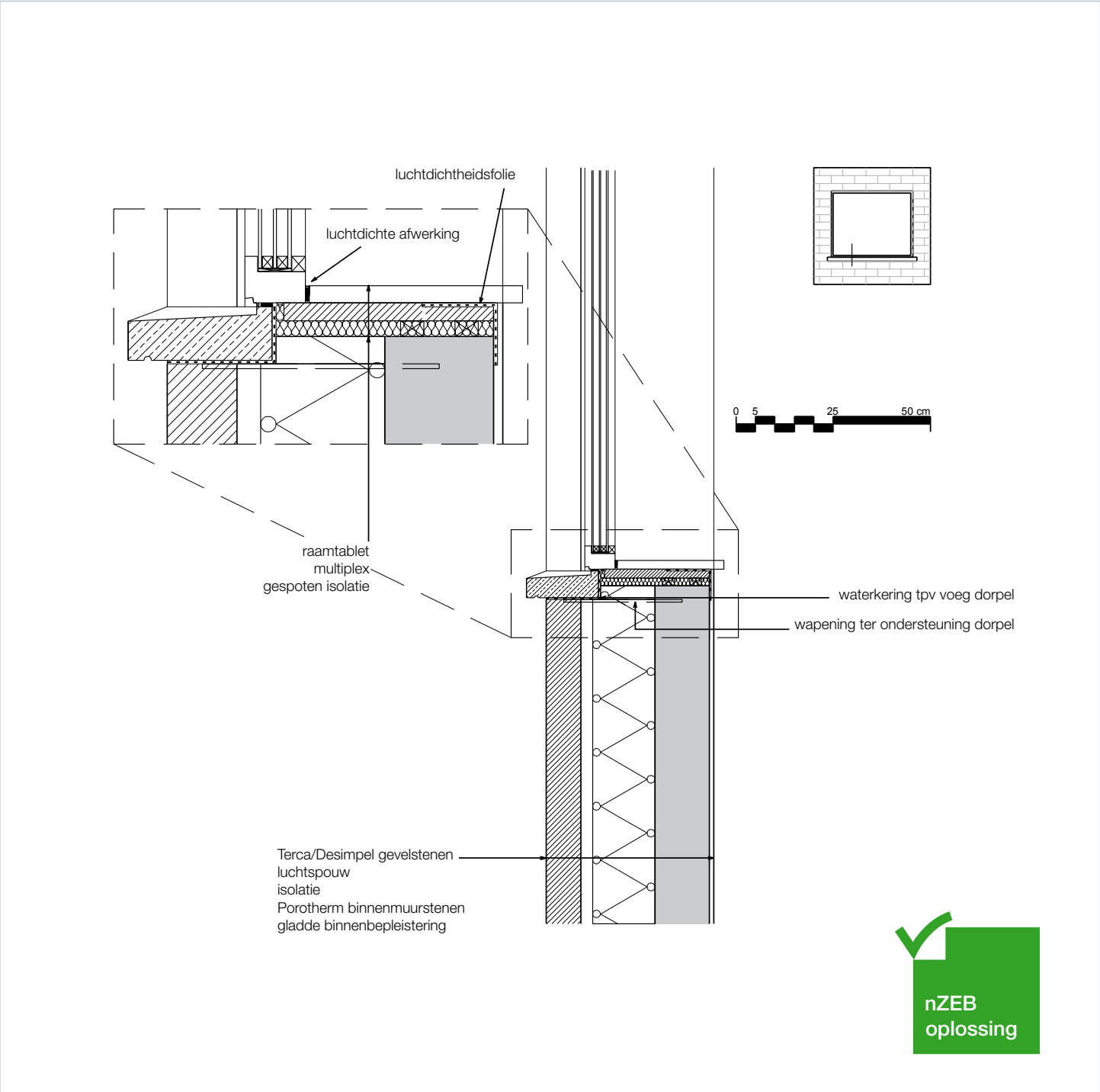
6.3.5. ONDERAANSLUITING RAAM, MASSIEVE DORPEL

Mits de nodige aandacht kan het raam ingebouwd worden volgens de principes van de EPB-aanvaarde bouwknopen. De waterkering onder de dorpel vangt het water op dat door eventuele voegen of aan het uiteinde van de dorpel zou doorsijpelen. Het is aangewezen de randen van de waterkering op te plooiën.



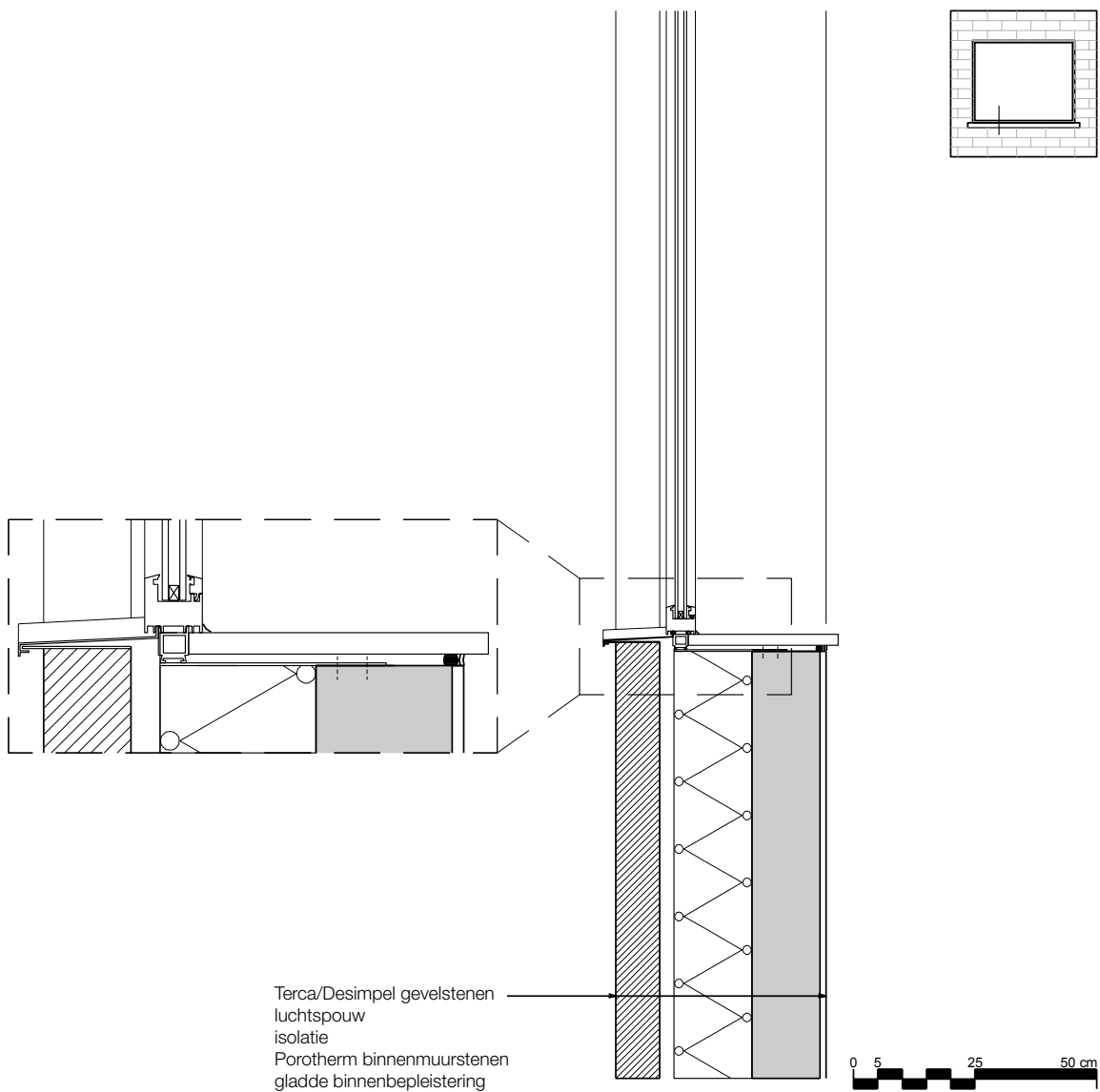
6.3.6. ONDERAANSLUITING RAAM, MASSIEVE DORPEL - nZEB

Mits de nodige aandacht wordt het raam ingebouwd volgens de principes van de EPB-aanvaarde bouwknopen. Het raam is aan vier zijden afgekast met een WBP-multiplex, die samen met de luchtdichte folie en de gladde binnenbepleistering, de luchtdichtheid garandeert. De waterkering onder de dorpel vangt het water op dat door eventuele voegen of aan het uiteinde van de dorpel zou doorsijpelen. Het is aangewezen de randen van de waterkering op te plooiën.



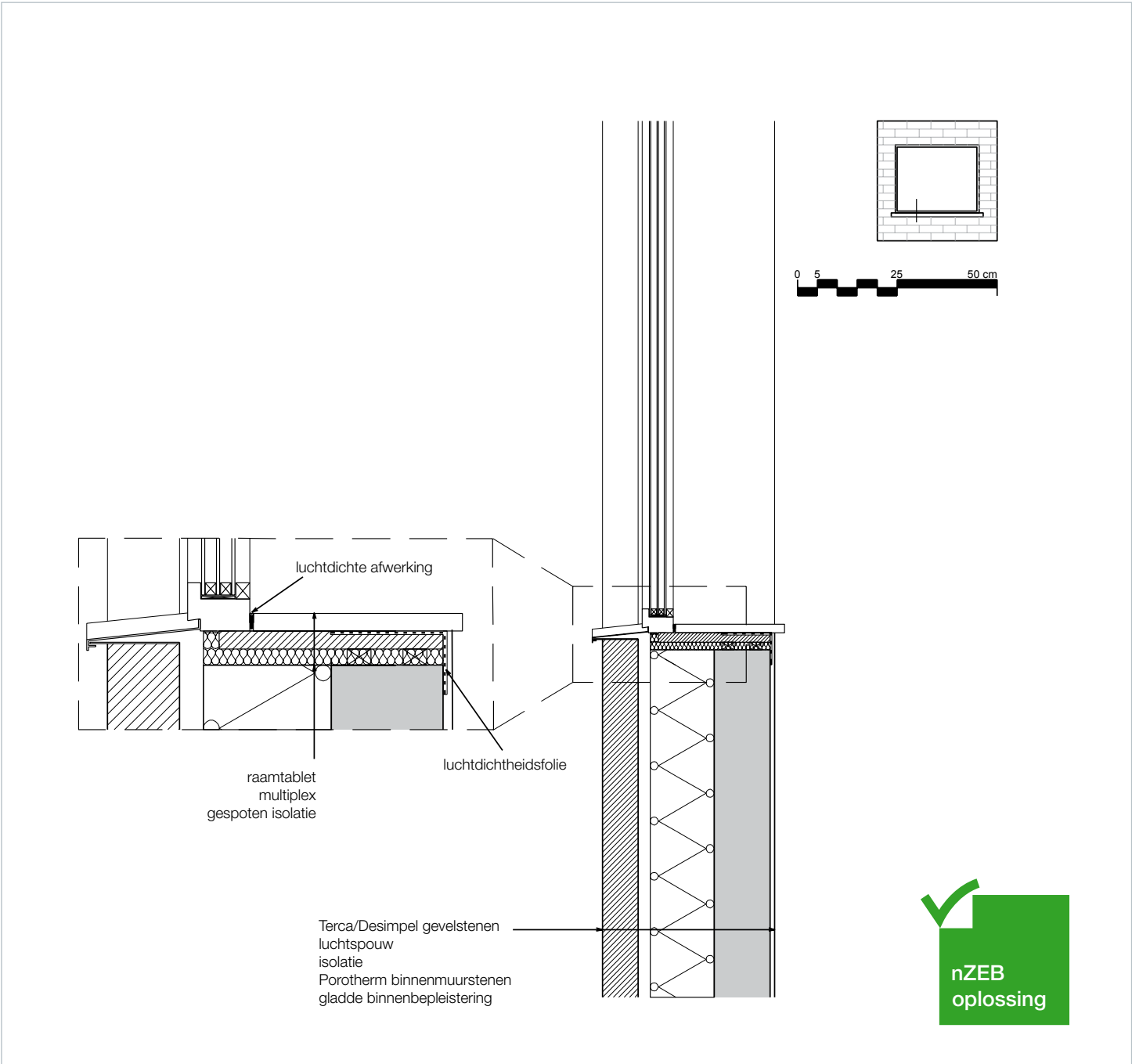
6.3.7. ONDERAANSLUITING RAAM, ALUMINIUM DORPEL

Mits de nodige aandacht wordt het raam ingebouwd volgens de principes van de EPB-aanvaarde bouwknopen. De aluminiumdorpel wordt op het raam bevestigd, meestal mits tussenvoegen van een geschikt profiel, en zit gevat tussen de zijslagen. Zijdelings wordt de dorpel afgewerkt met kopschotten, de voeg tussen kopschotten en gevelsteen wordt elastisch opgekit.



6.3.8. ONDERAANSLUITING RAAM, ALUMINIUM DORPEL - nZEB

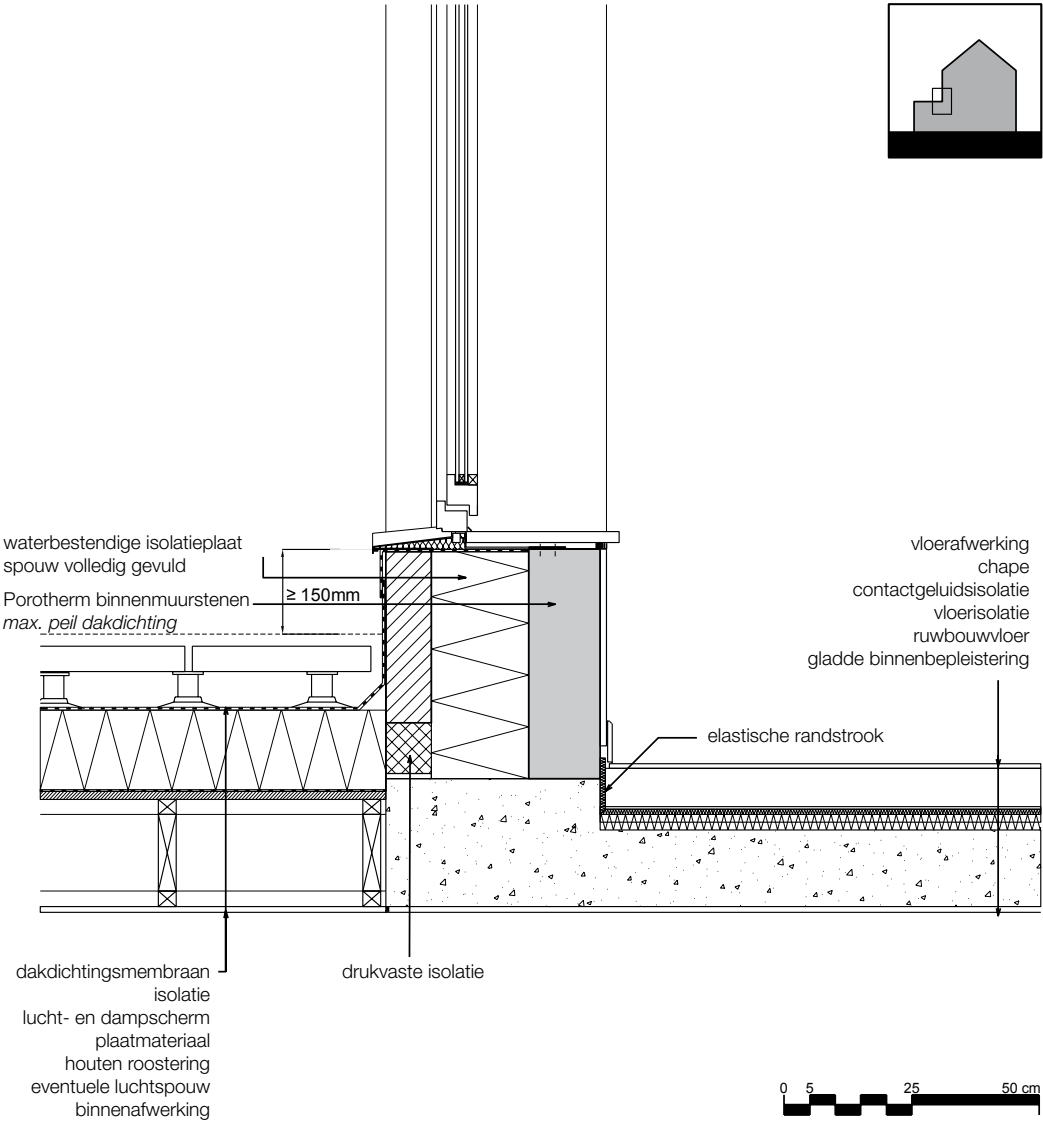
Mits de nodige aandacht wordt het raam ingebouwd volgens de principes van de EPB-aanvaarde bouwknopen. Het raam is aan vier zijden afgekast met een WBP-multiplex, die samen met de luchtdichte folie en de gladde binnenbepoistering, de luchtdichtheid garandeert. De aluminiumdorpel wordt op het raam bevestigd, meestal mits tussenvoegen van een geschikt profiel, en zit gevat tussen de zijslagen. Zijdelings wordt de dorpel afgewerkt met kopschotten, de voeg tussen kopschotten en gevelsteen wordt elastisch opgekit.



6.4. BALKONAANSLUITINGEN

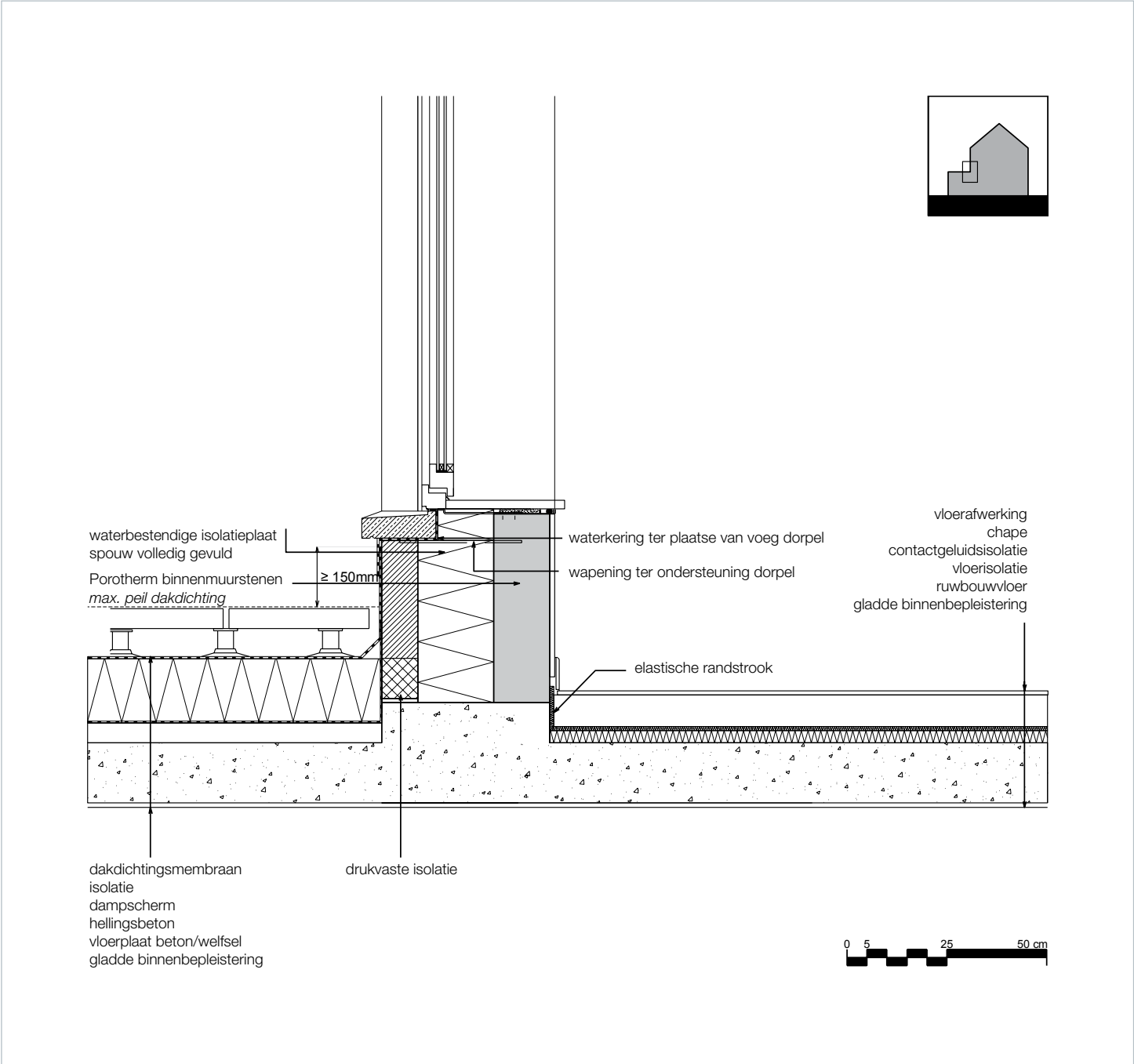
6.4.1. DAKTERRAS OP LICHT PLAT DAK

Ter hoogte van de aansluiting van het platte dak op de hoger opgaande wand wordt een EPB-aanvaarde bouwknoop volgens basisregel 2 gerealiseerd door het toepassen van drukvaste isolatie.



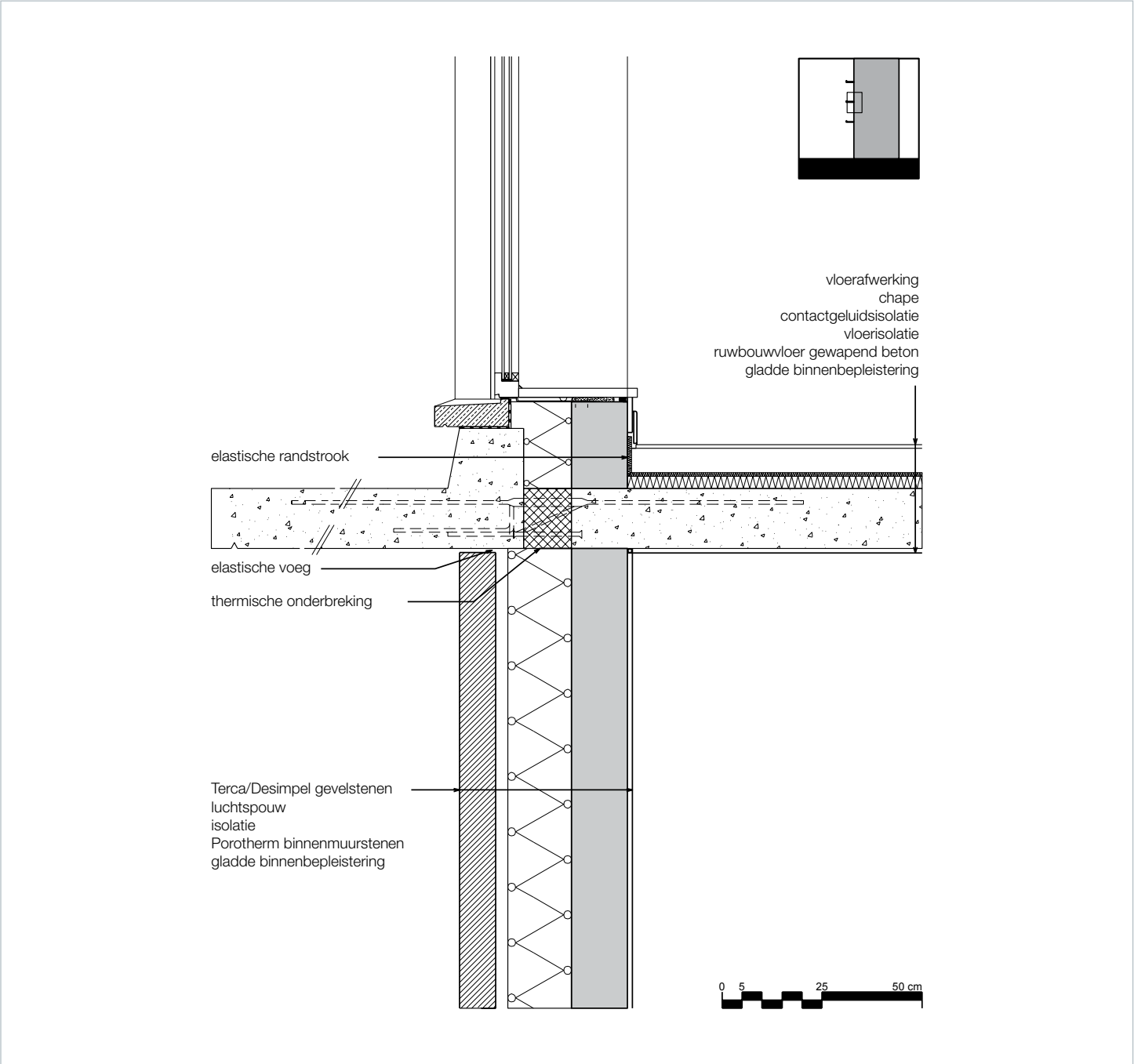
6.4.2. DAKTERRAS OP ZWAAR PLAT DAK

Ter hoogte van de aansluiting van het platte dak op de hoger opgaande wand wordt een EPB-aanvaarde bouwknop volgens basisregel 2 gerealiseerd door het toepassen van drukvaste isolatie.



6.4.3. UITKRAGEND BALKON

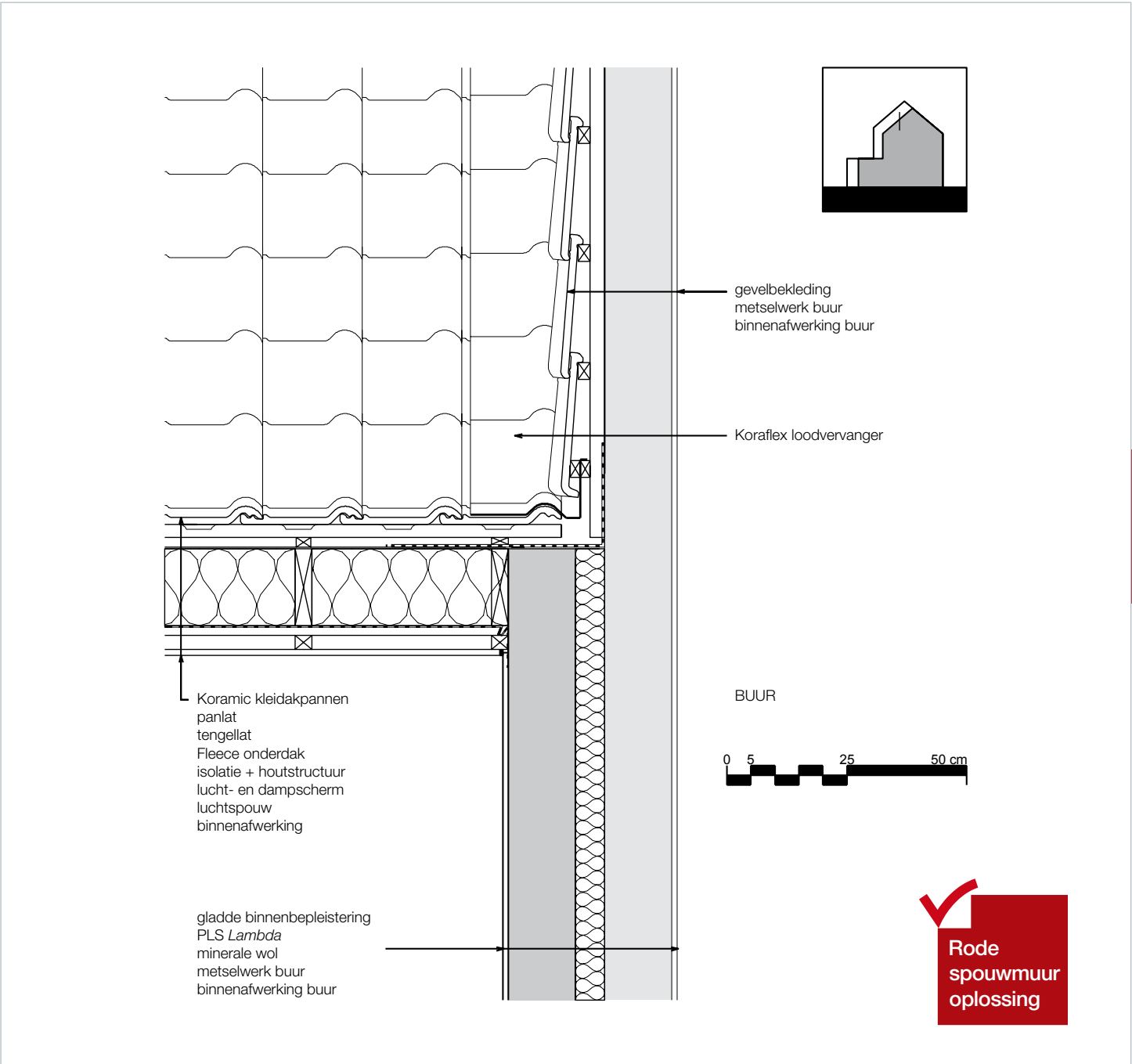
De spouwisolatie kan doorlopen doordat de uitkragende balkonplaat aan de binnenconstructie verankerd wordt met een systeem met thermische snede. Een elastische voeg wordt aangebracht tussen de bovenste gevelsteen en het uitkragende balkon, zodat een lichte doorbuiging van het balkon geen aanleiding kan geven tot scheurvorming in het gevelmetselwerk. De vormgeving van de balkonplaat wordt louter schematisch weergegeven.



6.5. AANSLUITINGEN OP HELLEND DAK

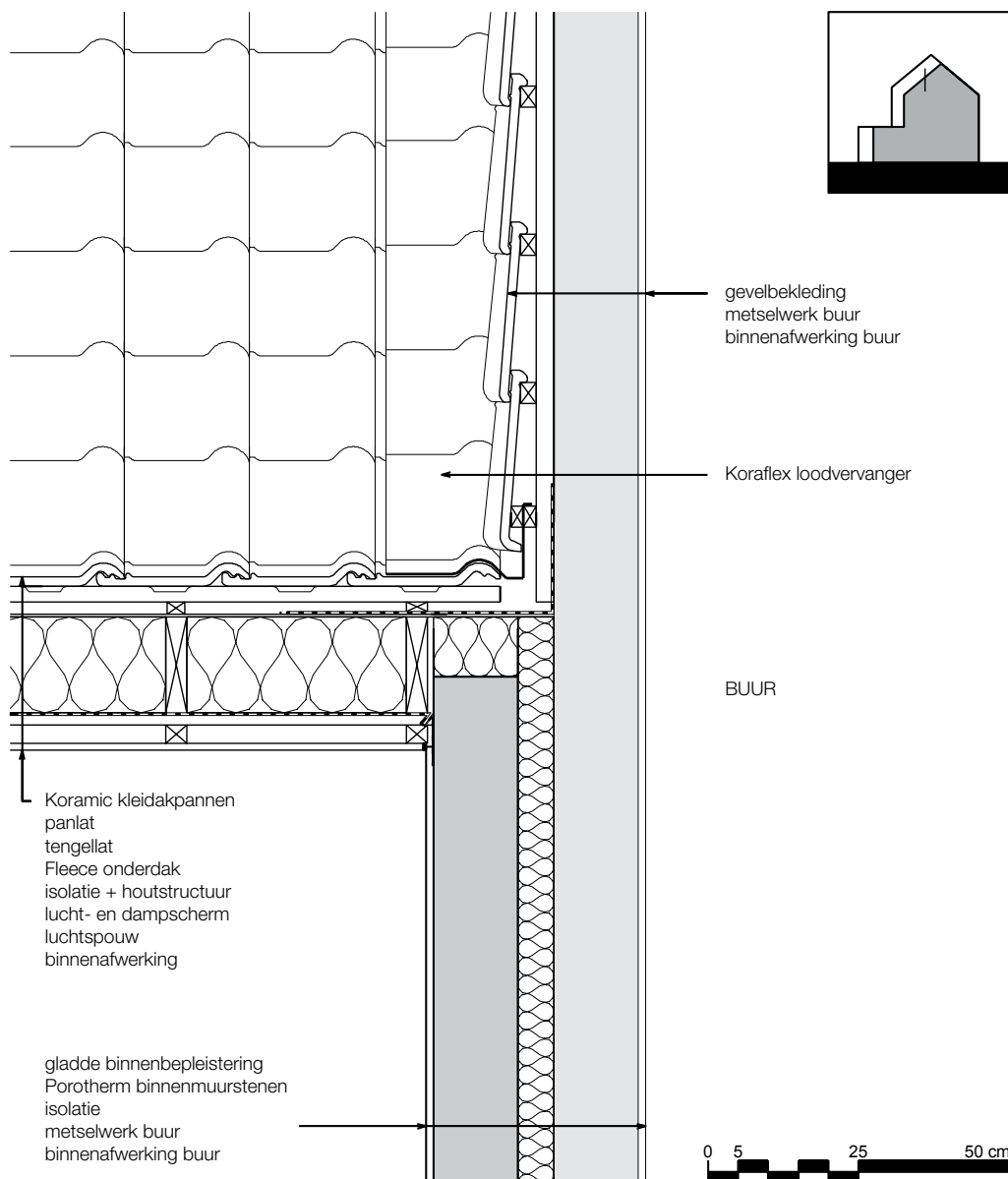
6.5.1. OPGAANDE WAND MET GEVELBEKLEDING - BUUR RECHTS - PLS LAMBDA

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de akoestische isolatie in de mandelige muur wordt de bouwknop EPB-aanvaard volgens basisregel 1 door het toepassen van PLS *Lambda* binnenmuurstenen, die deel uitmaken van de isolerende schil.



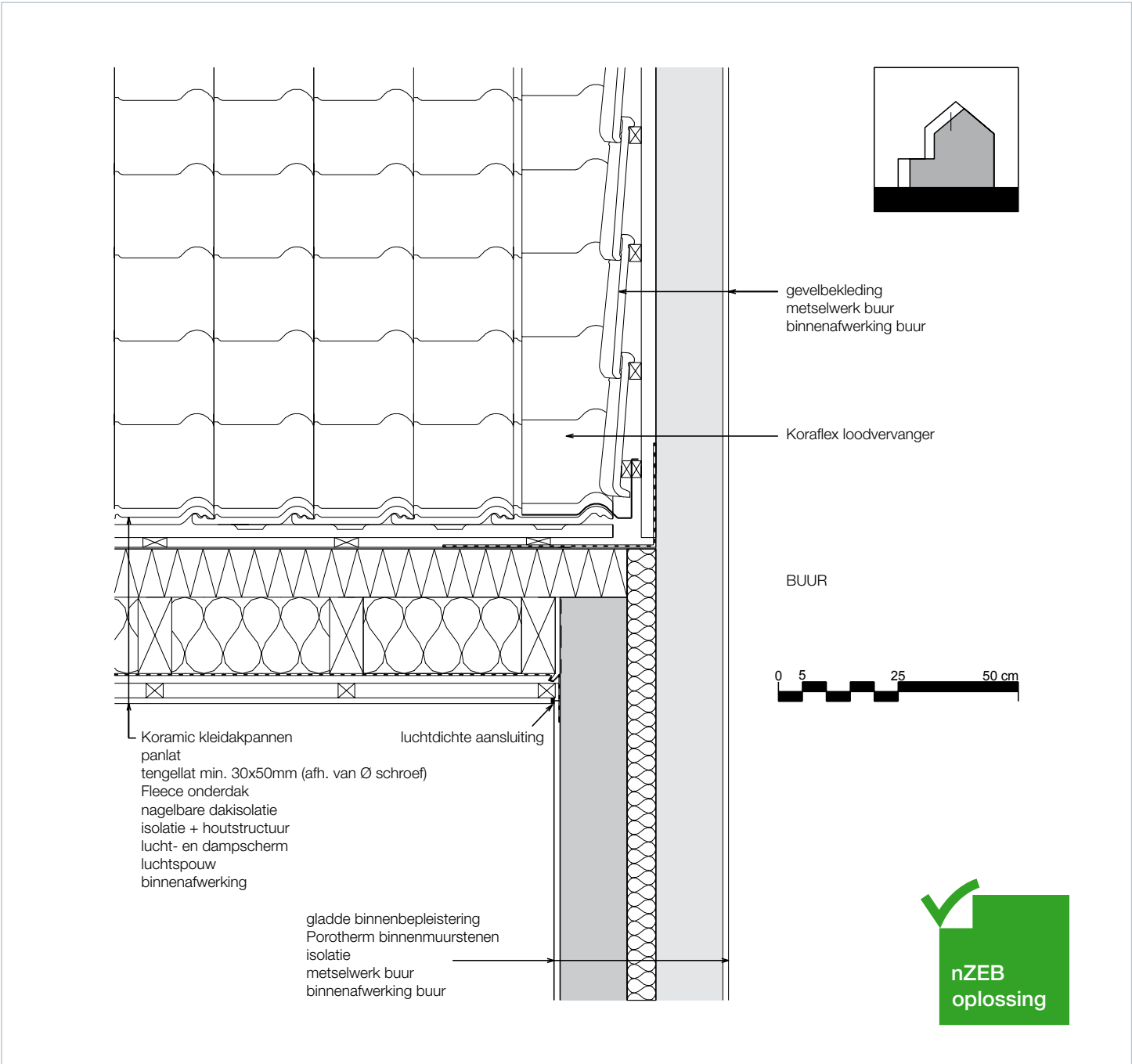
6.5.2. OPGAANDE WAND MET GEVELBEKLEDING - BUUR RECHTS

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de akoestische isolatie in de mandelige muur wordt de bouwknoop EPB-aanvaard volgens basisregel 2 door het toepassen van een strook isolatie op de Porotherm binnenmuurstenen.



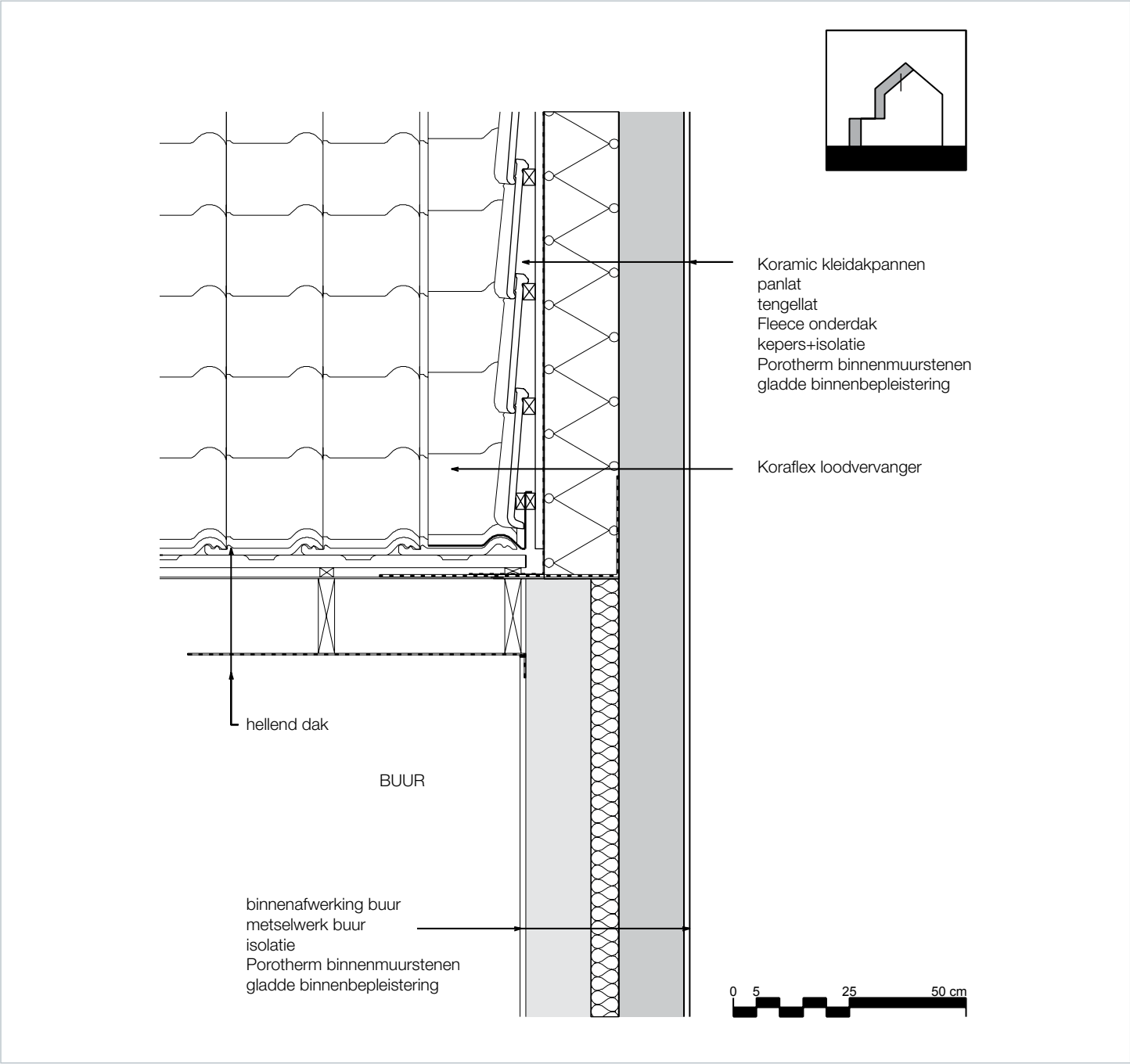
6.5.3. OPGAANDE WAND MET GEVELBEKLEDING - BUUR RECHTS -
SARKINGDAK - nZEB

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de akoestische isolatie in de mandelige muur wordt de bouwknop EPB-aanvaard volgens basisregel 2 door het doortrekken van de nagelbare dakisolatie over de Porotherm binnenmuurstenen. De dampdiffusieweerstand van het dampscherm dient voldoende groot te zijn. In het geval van nZEB is het dampscherm de luchtdichte folie van het hellend dak, die luchtdicht aansluit op de gladde binnenbepleistering.



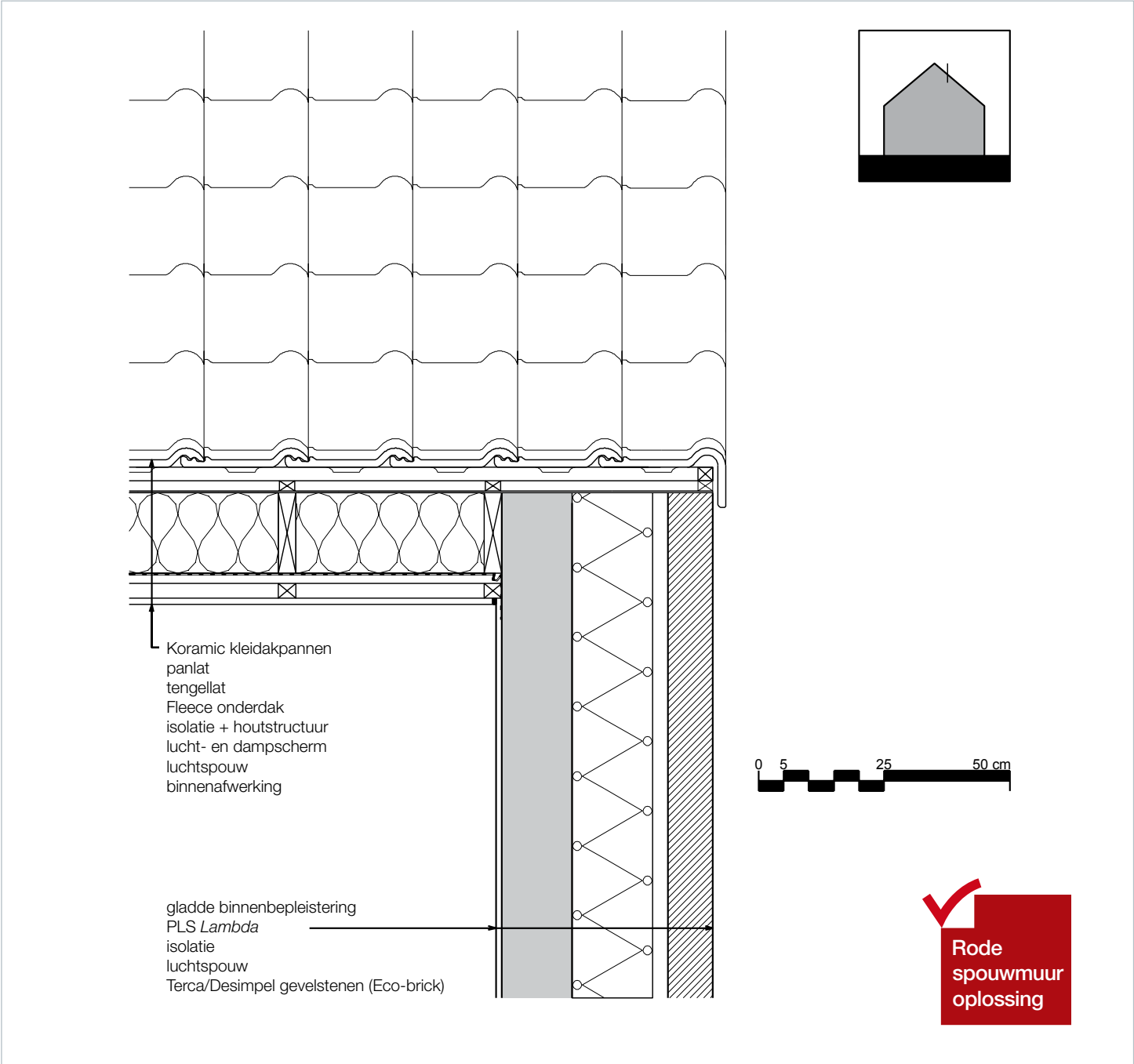
6.5.4. OPGAANDE WAND MET GEVELBEKLEDING - BUUR LINKS

De thermische isolatie in de met de pannen beklede mandelige muur sluit naadloos aan op de akoestische isolatie. De bouwknop wordt EPB-aanvaard volgens basisregel 1.



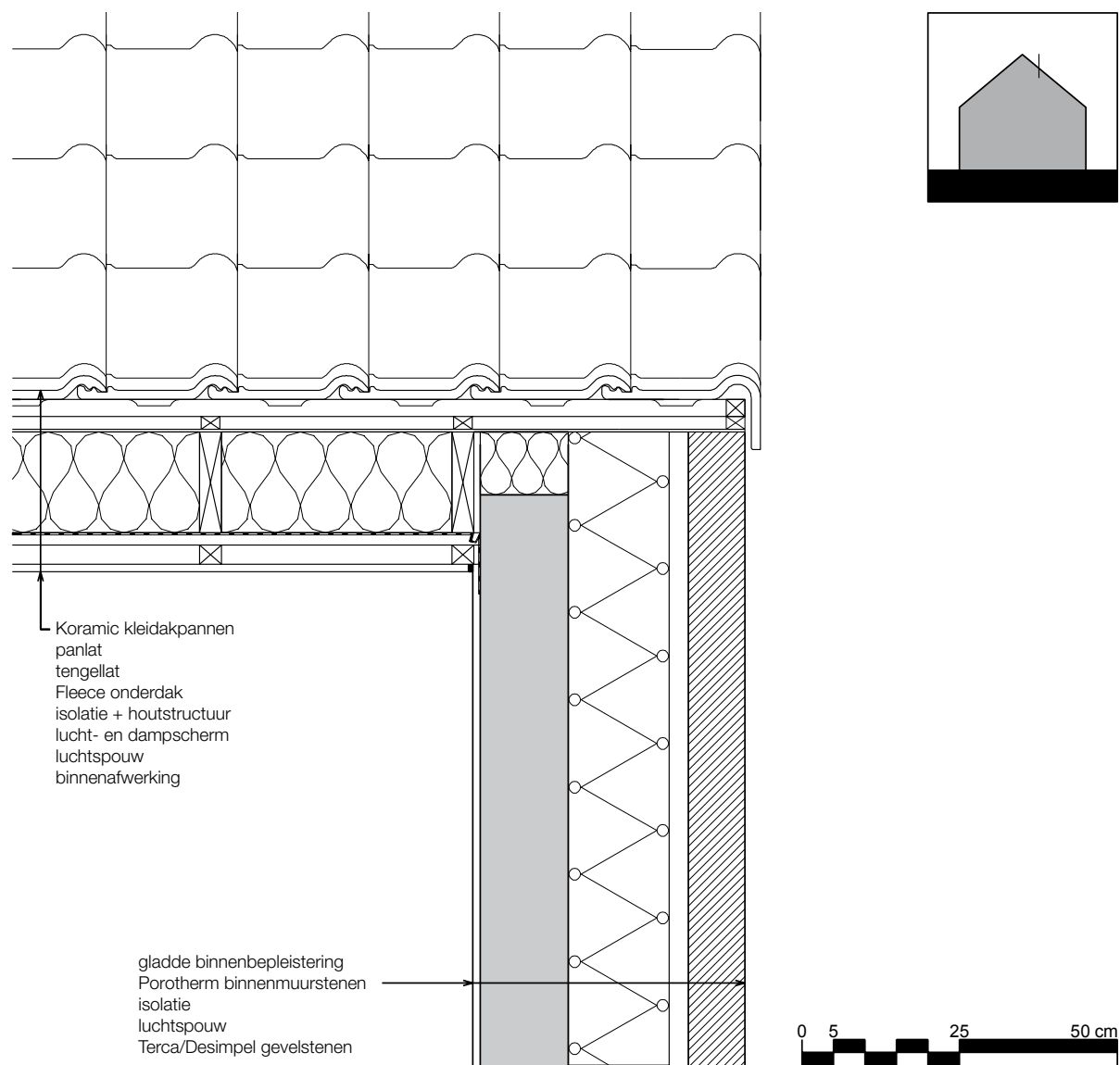
6.5.5. KOPGEVEL - GEVELPAN - PLS LAMBDA

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknop EPB-aanvaard volgens basisregel 1 door het toepassen van PLS *Lambda* binnenmuurstenen, die deel uitmaken van de isolerende schil. In combinatie met een Eco-brick gevelsteen maakt deze dakrandaansluiting deel uit van de ‘rode spouwmuuroplossing’ van Wienerberger.



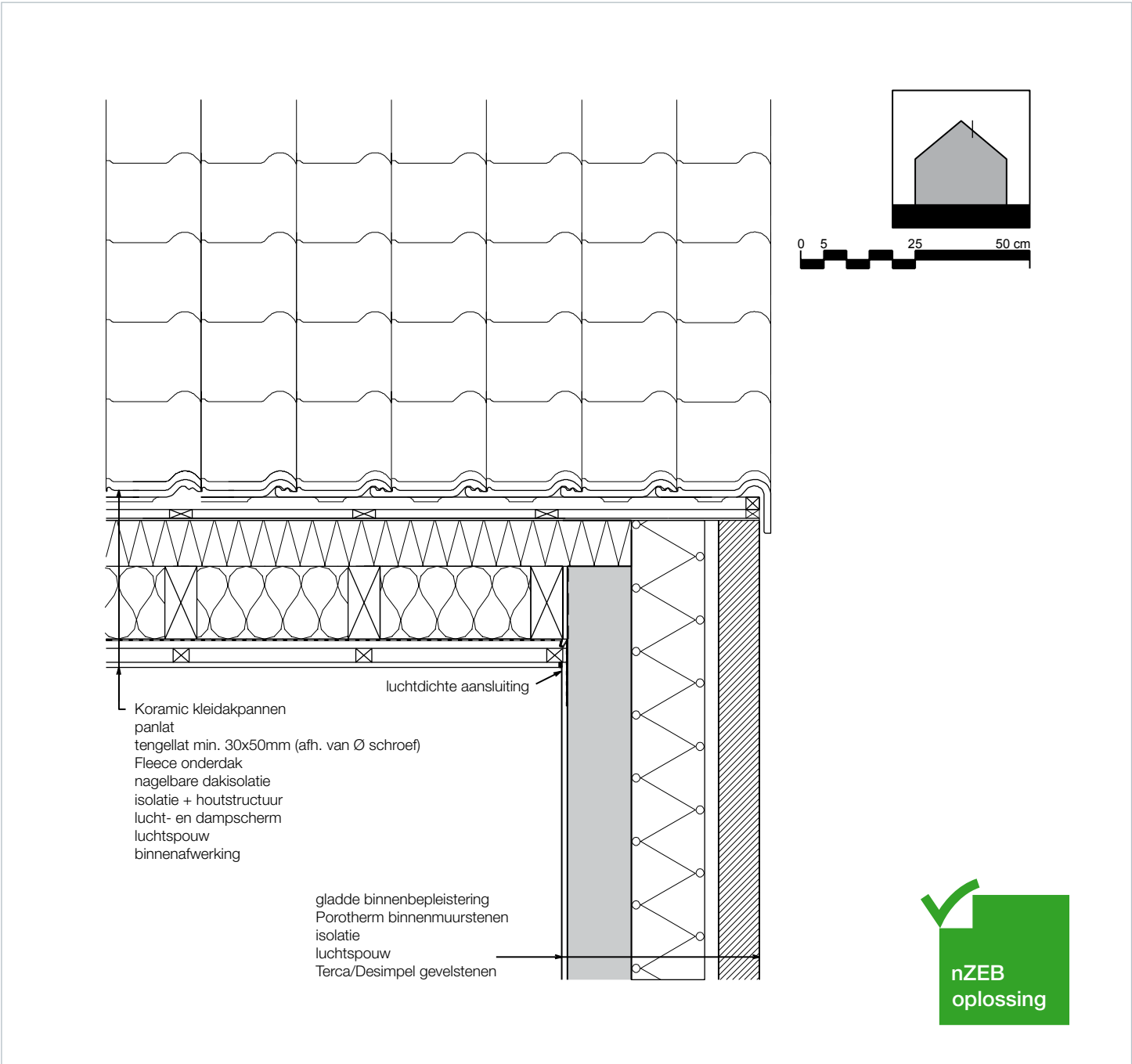
6.5.6. KOPGEVEL - GEVELPAN

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknop EPB-aanvaard volgens basisregel 2 door het toepassen van een strook isolatie op de Porothersm binnenmuurstenen.



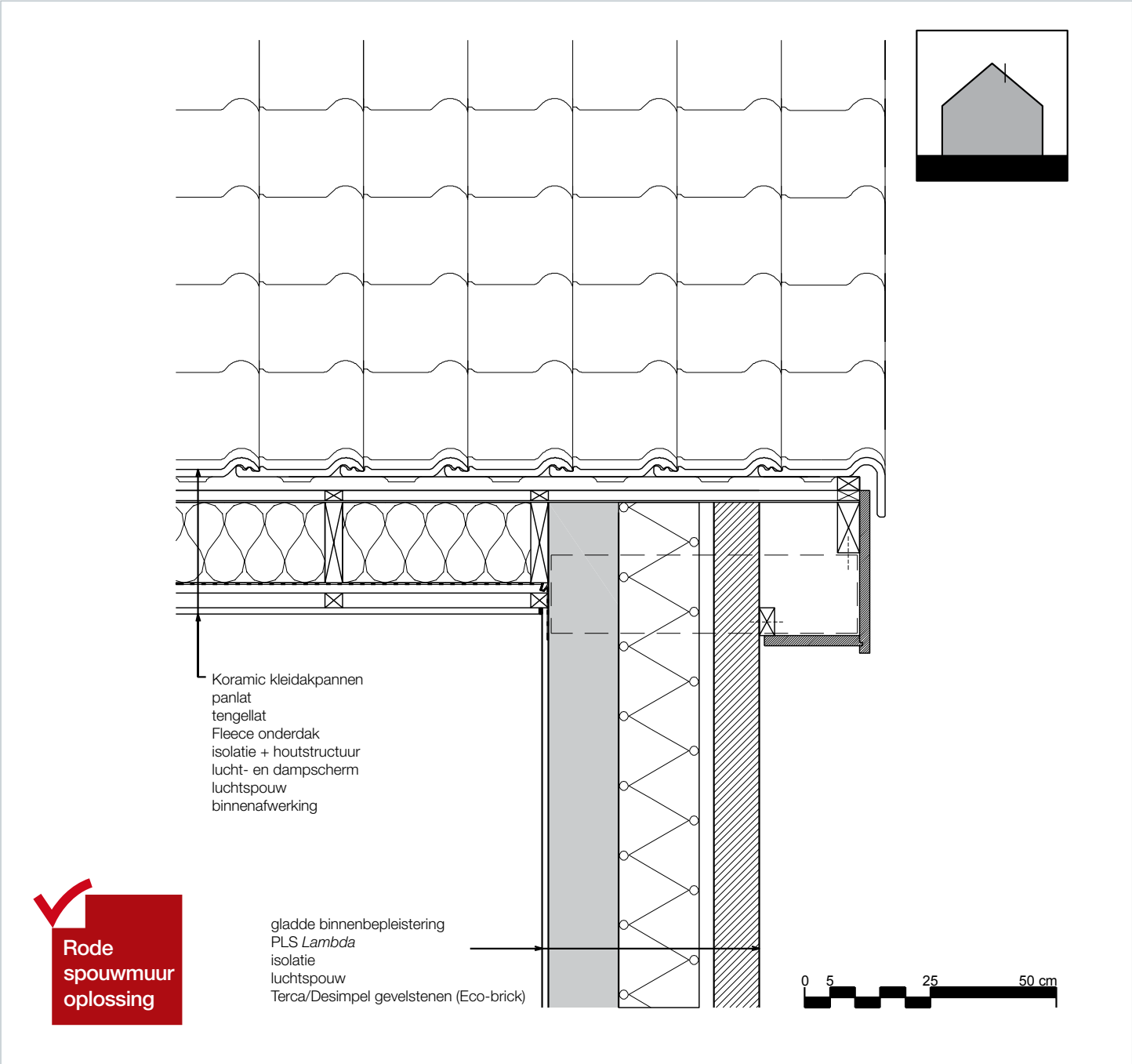
6.5.7. KOPGEVEL - GEVELPAN - SARKINGDAK - nZEB

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknoop EPB-aanvaard volgens basisregel 2 door het doortrekken van de nagelbare dakisolatie over de Porotherm binnenmuurstenen tot tegen de muurisolatie. De dampdiffusieweerstand van het dampscherm dient voldoende groot te zijn. In het geval van nZEB is het dampscherm de luchtdichte folie van het hellend dak, die luchtdicht aansluit op de gladde binnenbepleistering.



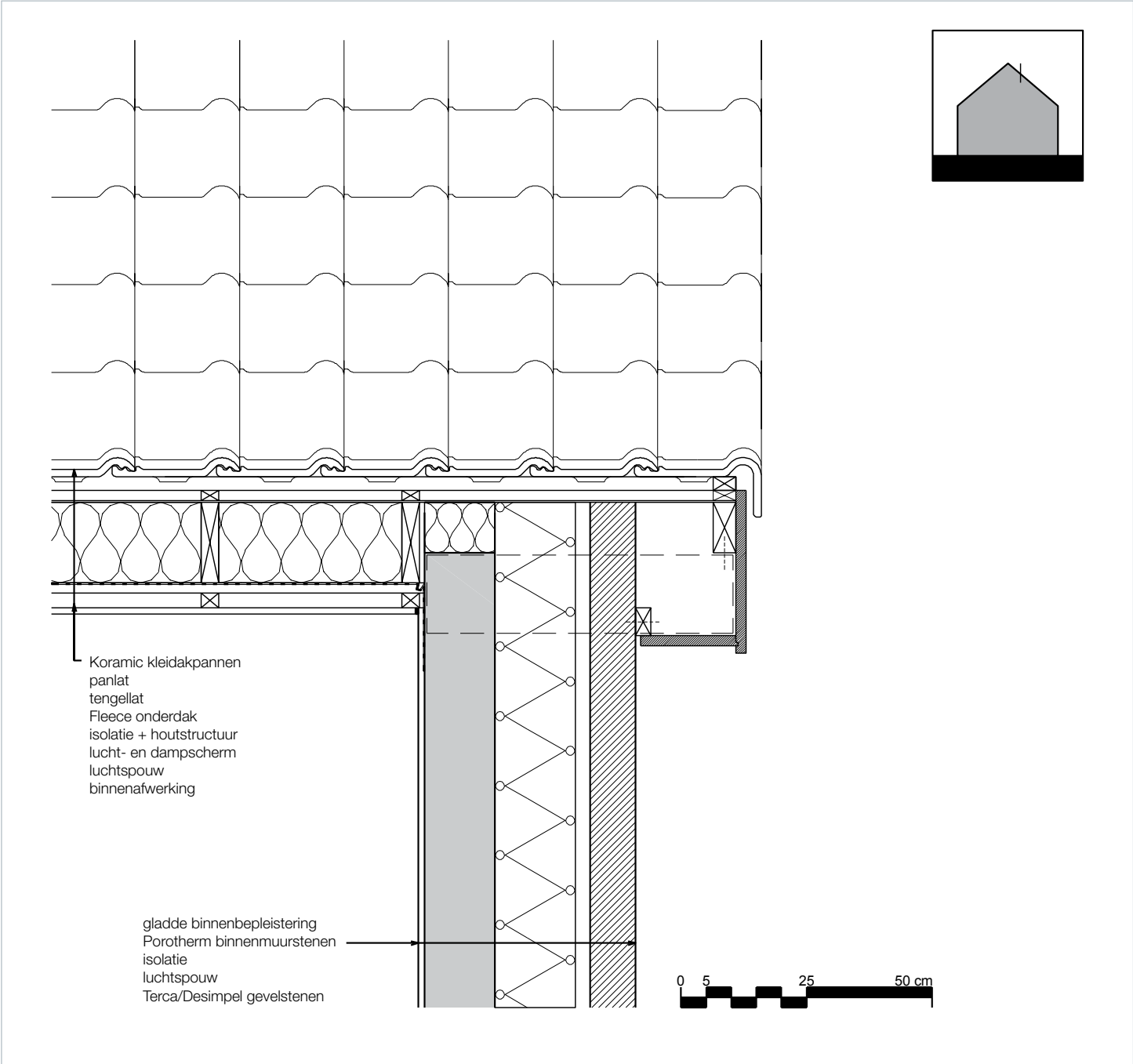
6.5.8. KOPGEVEL - MET DAKOVERSTEEK - PLS LAMBDA

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknop EPB-aanvaard volgens basisregel 1 door het toepassen van PLS *Lambda* binnenmuurstenen, die deel uitmaken van de isolerende schil. In combinatie met een Eco-brick gevelsteen maakt deze dakrandaansluiting deel uit van de ‘rode spouwmuuroplossing’ van Wienerberger.



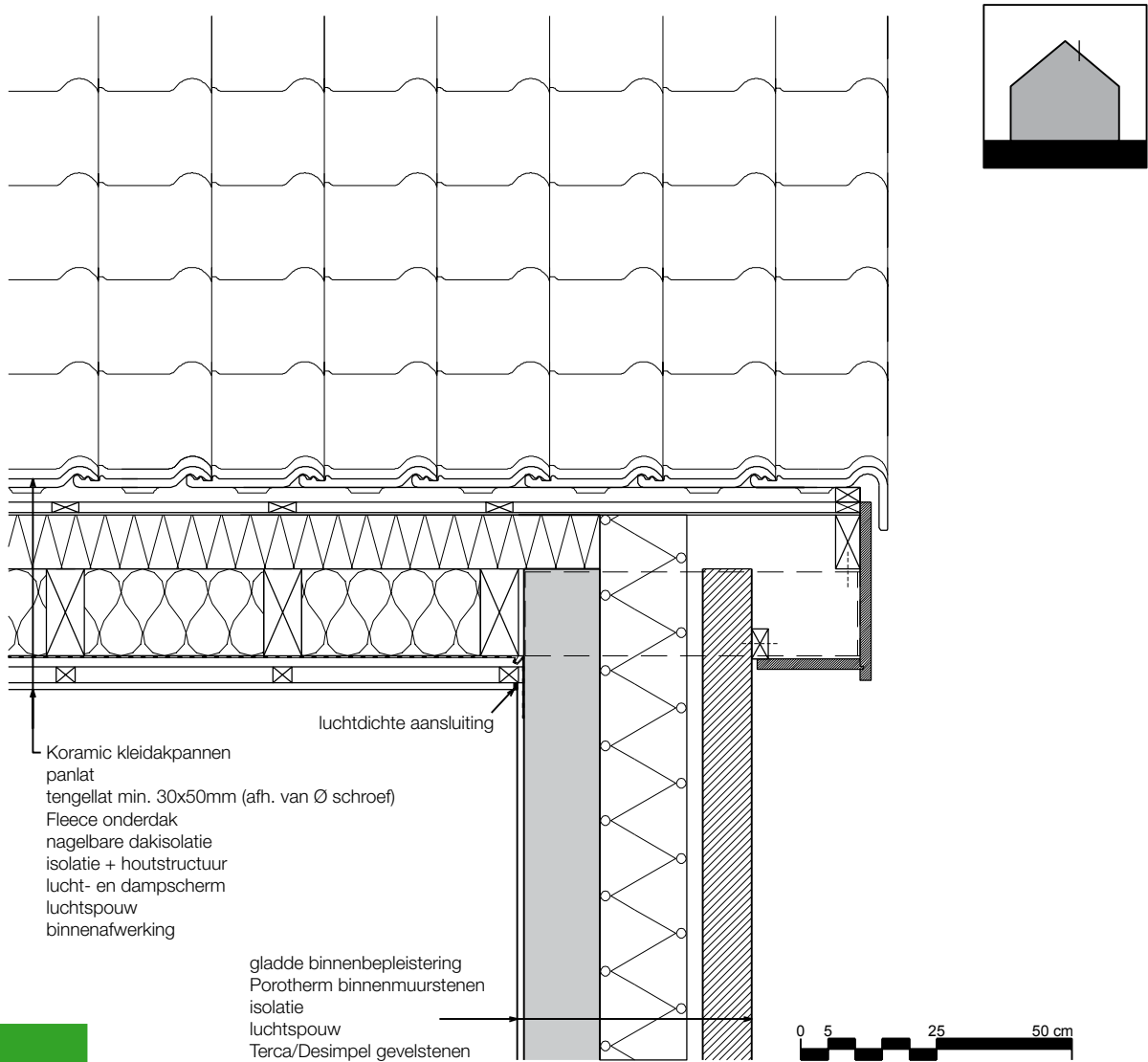
6.5.9. KOPGEVEL - MET DAKOVERSTEEK

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknop EPB-aanvaard volgens basisregel 2 door het toepassen van een strook isolatie op de Porotherm binnenmuurstenen.



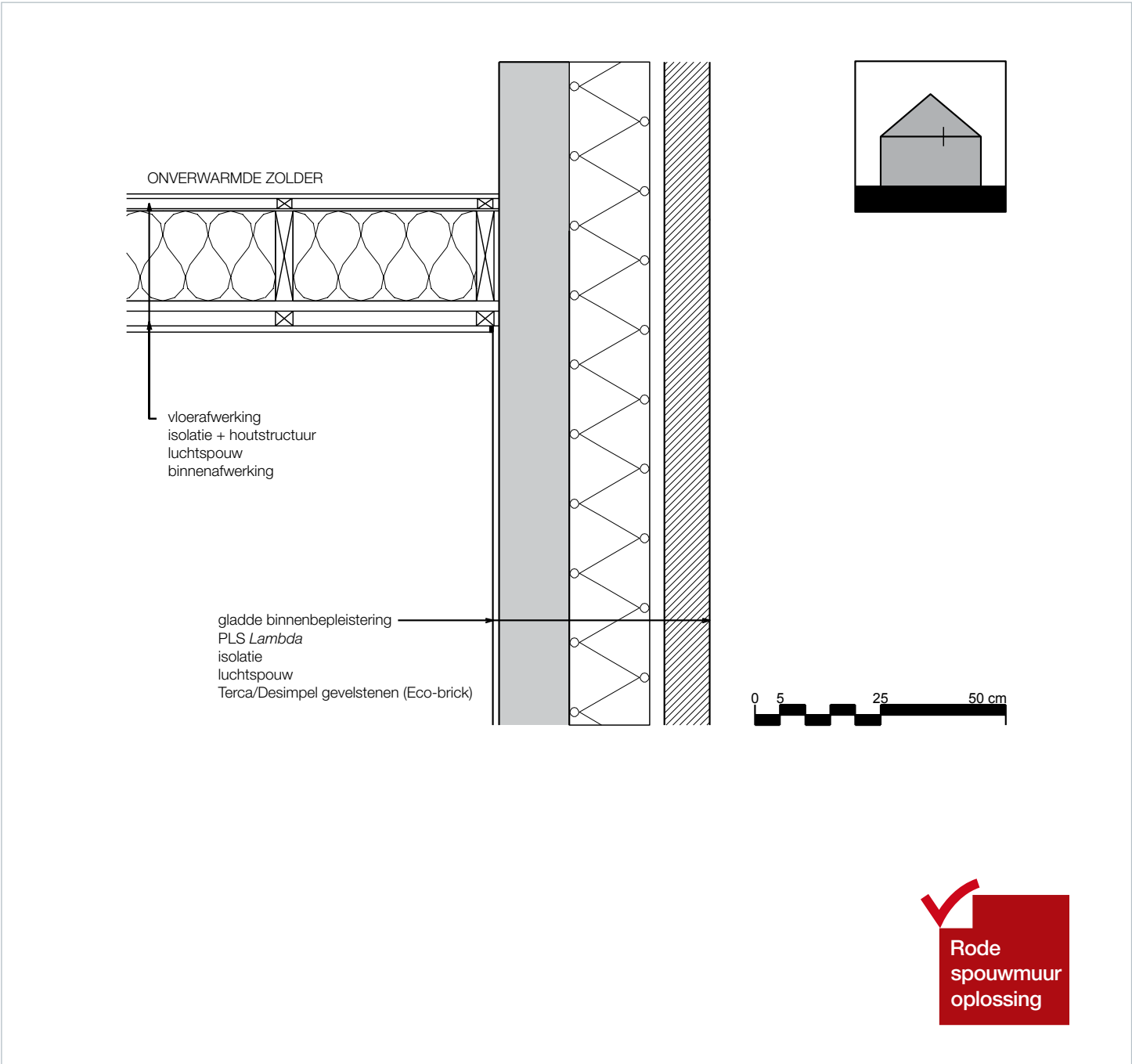
6.5.10. KOPGEVEL - MET DAKOVERSTEEK - SARKINGDAK - nZEB

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknop EPB-aanvaard volgens basisregel 2 door het doortrekken van de nagelbare dakisolatie over de Porothersm binnenmuurstenen tot tegen de muurisolatie. De dampdiffusieweerstand van het dampscherm dient voldoende groot te zijn. In het geval van nZEB is het dampscherm de luchtdichte folie van het hellend dak, die luchtdicht aansluit op de gladde binnenbepleistering.



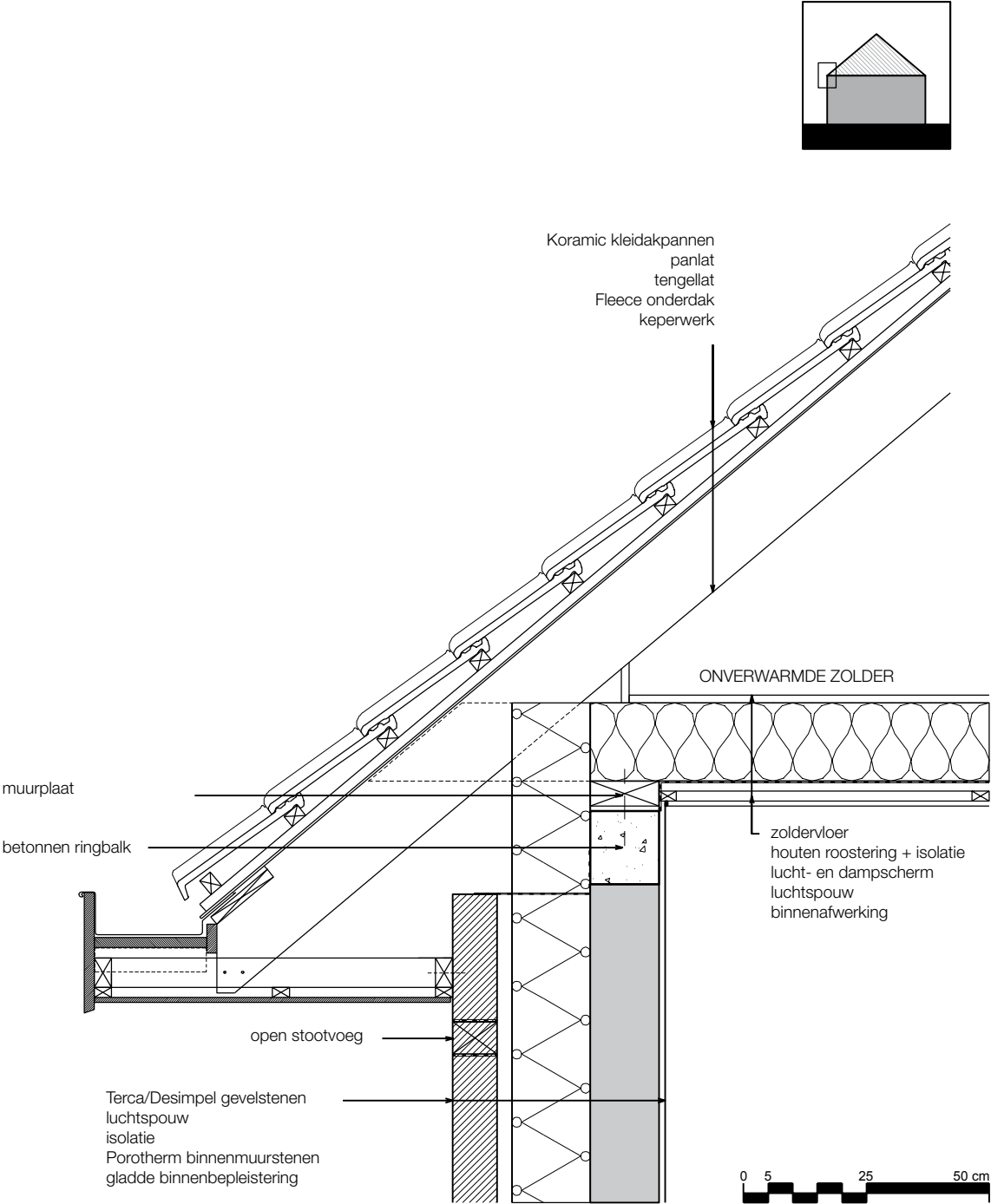
6.5.11. KOPGEVEL - ONVERWARMDE ZOLDER - PLS LAMBDA

Ter hoogte van de aansluiting van de isolatie in de zoldervloer op de muurisolatie wordt de bouwknoop EPB-aanvaard volgens basisregel 1 door het toepassen van PLS *Lambda* binnenmuurstenen, die deel uitmaken van de isolerende schil. In combinatie met een Eco-brick gevelsteen maakt deze aansluiting deel uit van de ‘rode spouwmuuroplossing’ van Wienerberger.



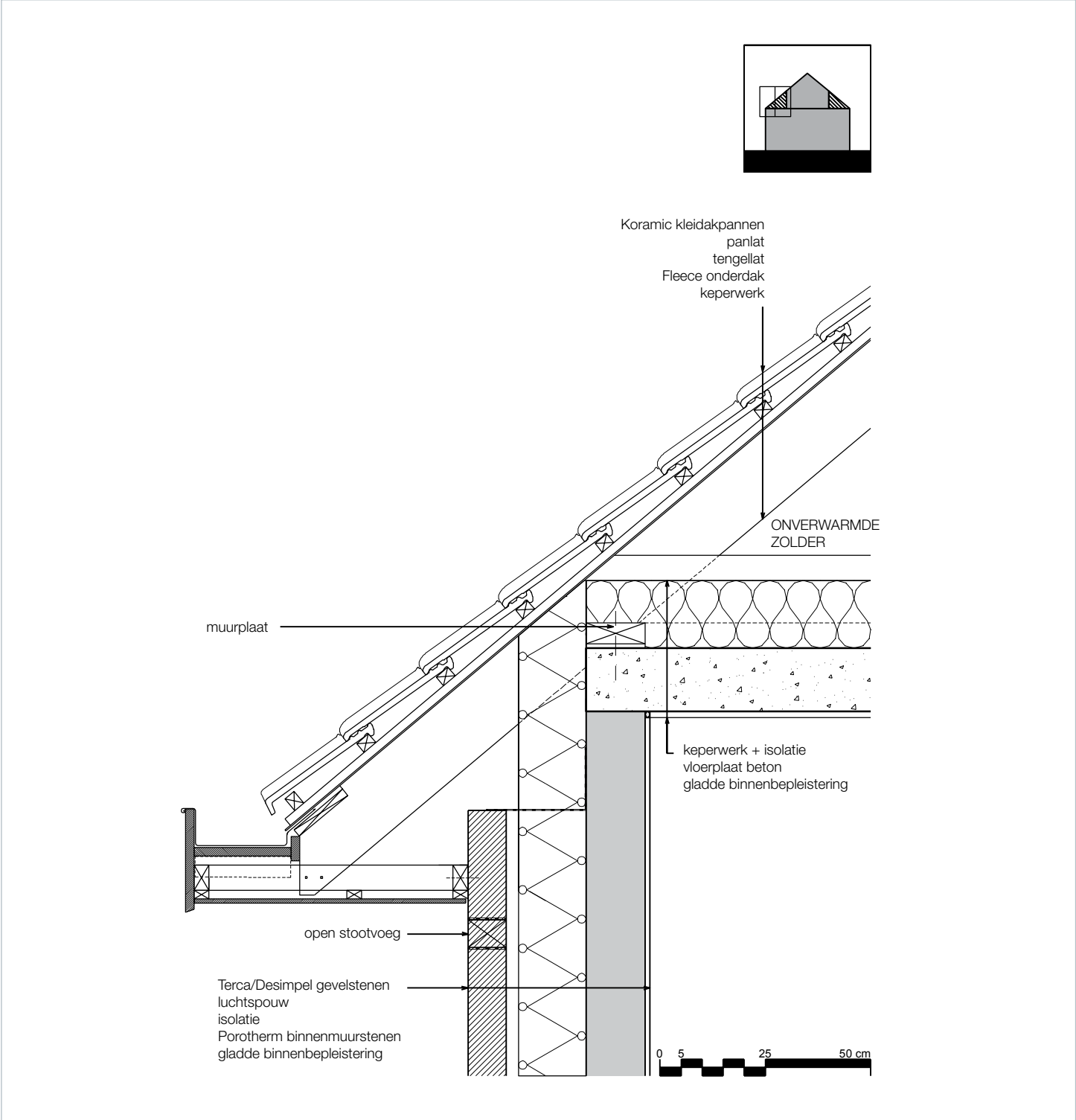
6.5.12. UITGETIMMERDE KROONLIJST - ONVERWARMDE ZOLDER - MET HOUTEN ROOSTERING

De isolatie in de zoldervloer sluit naadloos aan op de muurisolatie. De isolatieschil in de zoldervloer wordt onderbroken door de houten roostering. De bouwknop wordt EPB-aanvaard volgens basisregel 1.



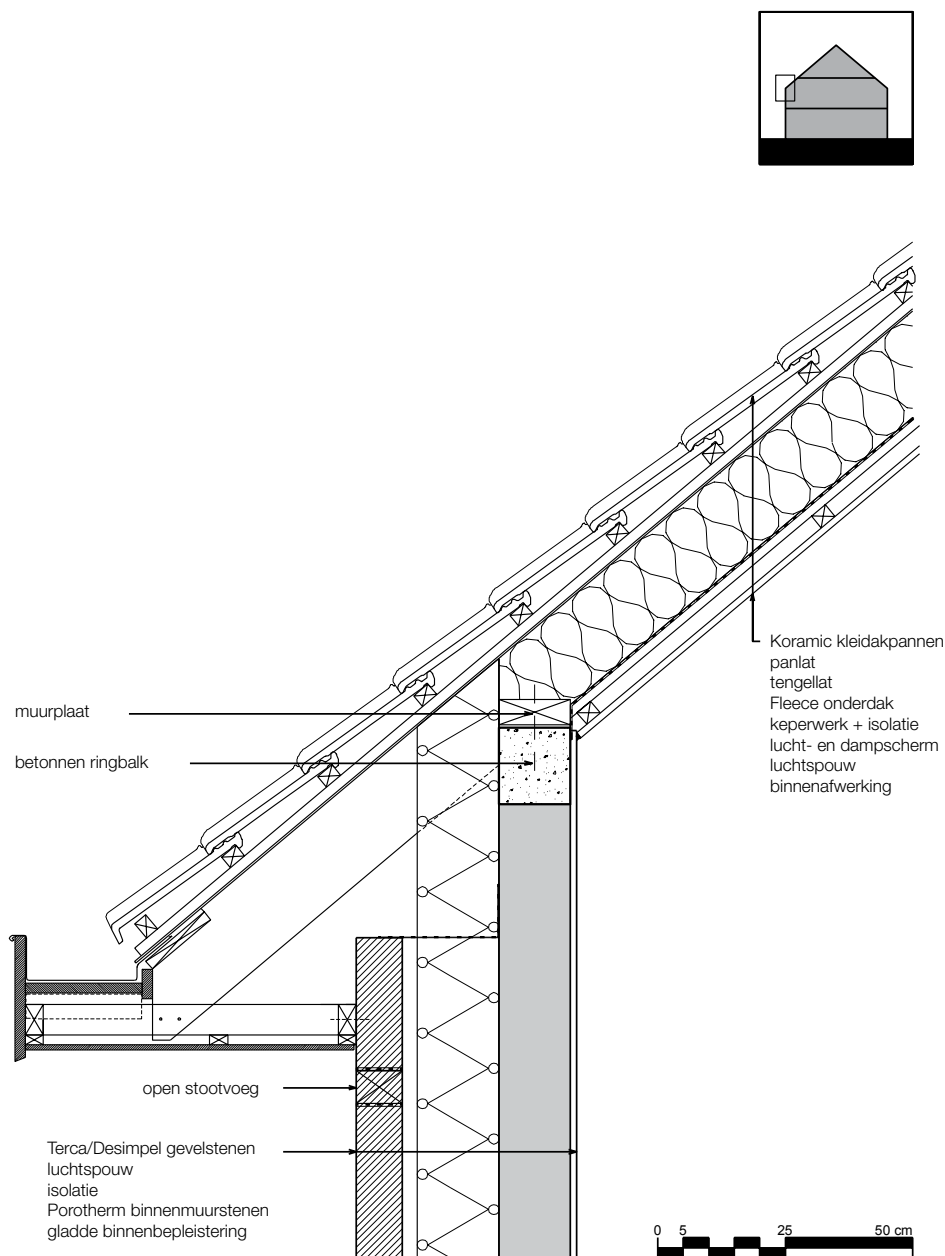
6.5.13. UITGETIMMERDE KROONLIJST - ONVERWARMDE ZOLDER - MET BETONVLOER

De isolatie in de zoldervloer sluit naadloos aan op de muurisolatie. De bouwknop wordt EPB-aanvaard volgens basisregel 2.



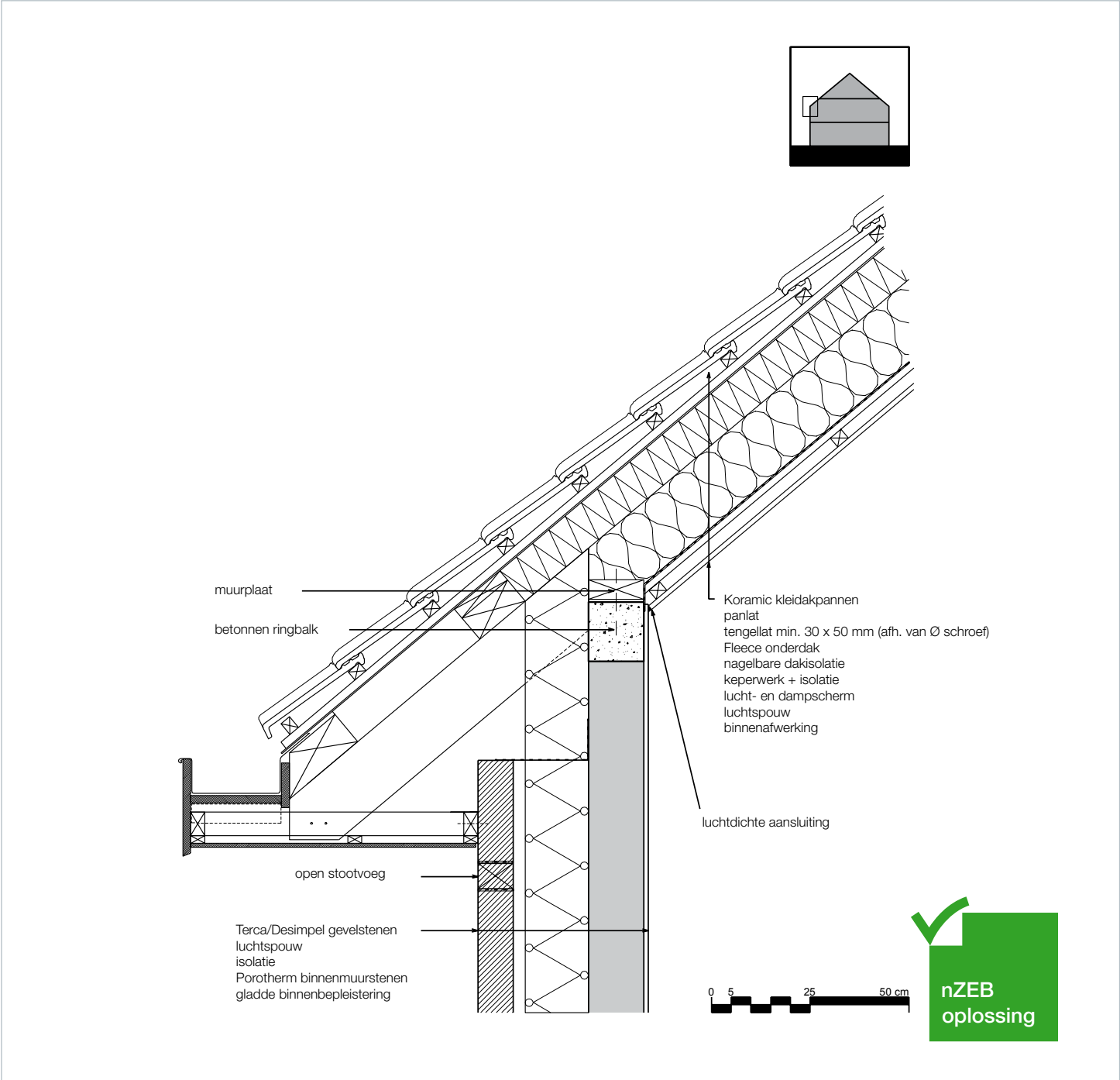
6.5.14. UITGETIMMERDE KROONLIJST - VERWARMDE ZOLDER

De dakisolatie sluit naadloos aan op de muurisolatie. De dakisolatie wordt onderbroken door de houten dakconstructie. De trekker in de dakspanten zit hoger en is bijgevolg niet getekend op het detail. De bouwknop wordt EPB-aanvaard volgens basisregel 1.



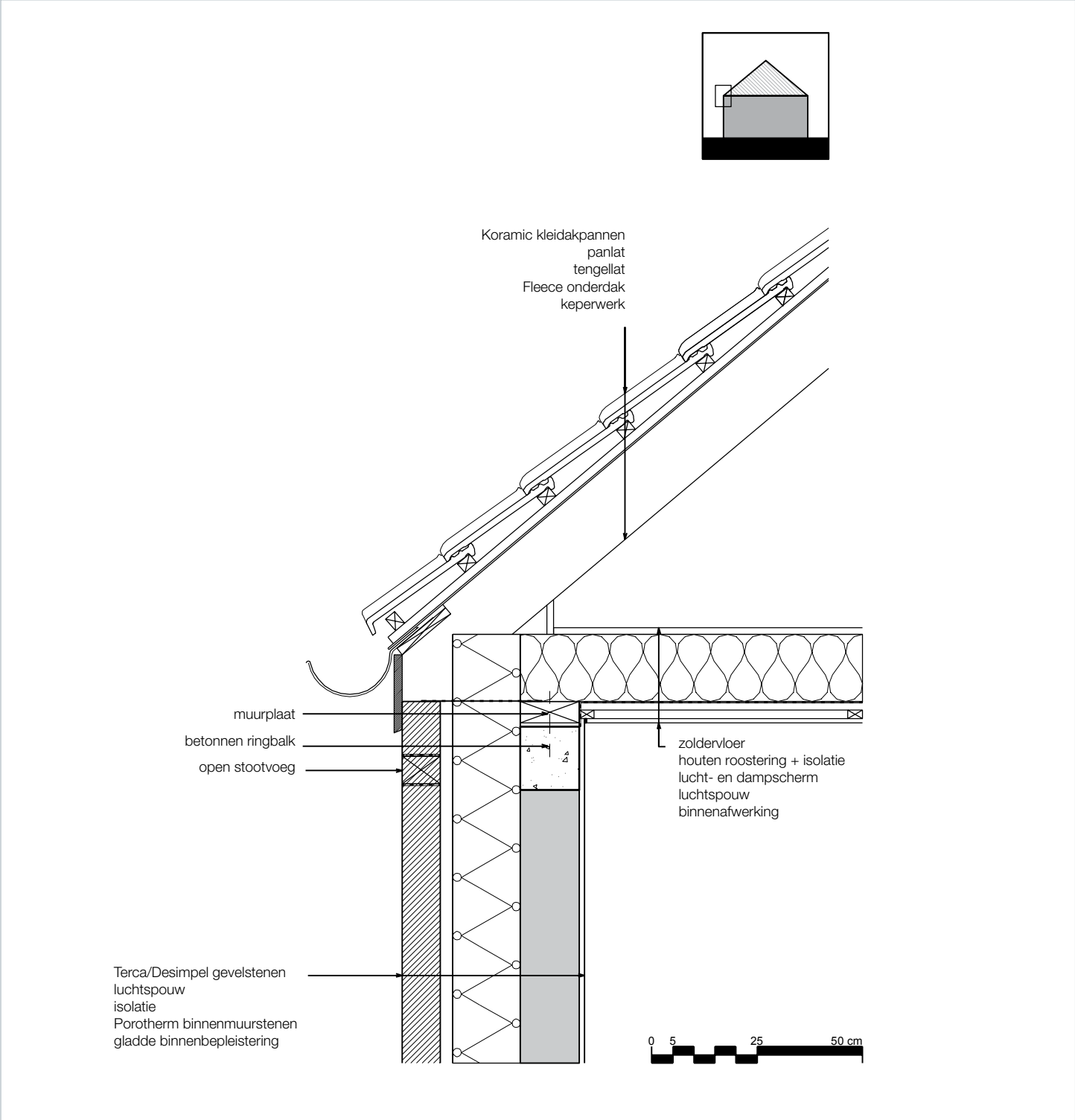
6.5.15. UITGETIMMERDE KROONLIJST - VERWARMDE ZOLDER -
SARKINGDAK - nZEB

De dakisolatie sluit naadloos aan op de muurisolatie. De nagelbare dakisolatie wordt niet onderbroken door de houten dakconstructie. De dampdiffusieweerstand van het dampscherm dient voldoende groot te zijn. In het geval van nZEB is het dampscherm de luchtdichte folie van het hellend dak, die luchtdicht aansluit op de gladde binnenbepleistering. De trekker in de dakspanten zit hoger en is bijgevolg niet getekend op het detail. De bouwknop wordt EPB-aanvaard volgens basisregel 1.



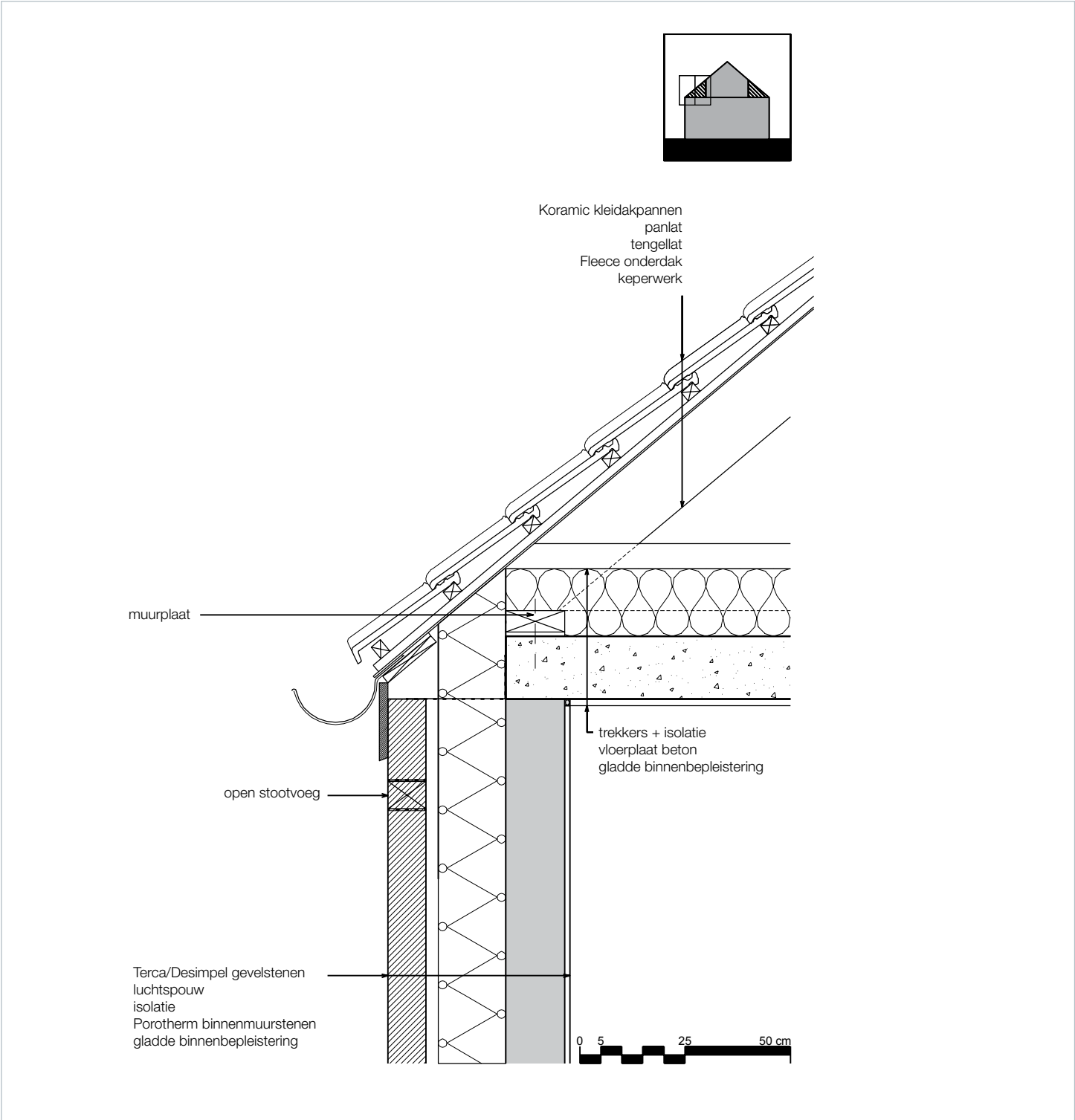
6.5.16. HANGGOOT - ONVERWARMDE ZOLDER - MET HOUTEN ROOSTERING

De isolatie in de zoldervloer sluit naadloos aan op de muurisolatie. De isolatieschil in de zoldervloer wordt onderbroken door de houten roostering. De bouwknop wordt EPB-aanvaard volgens basisregel 1.



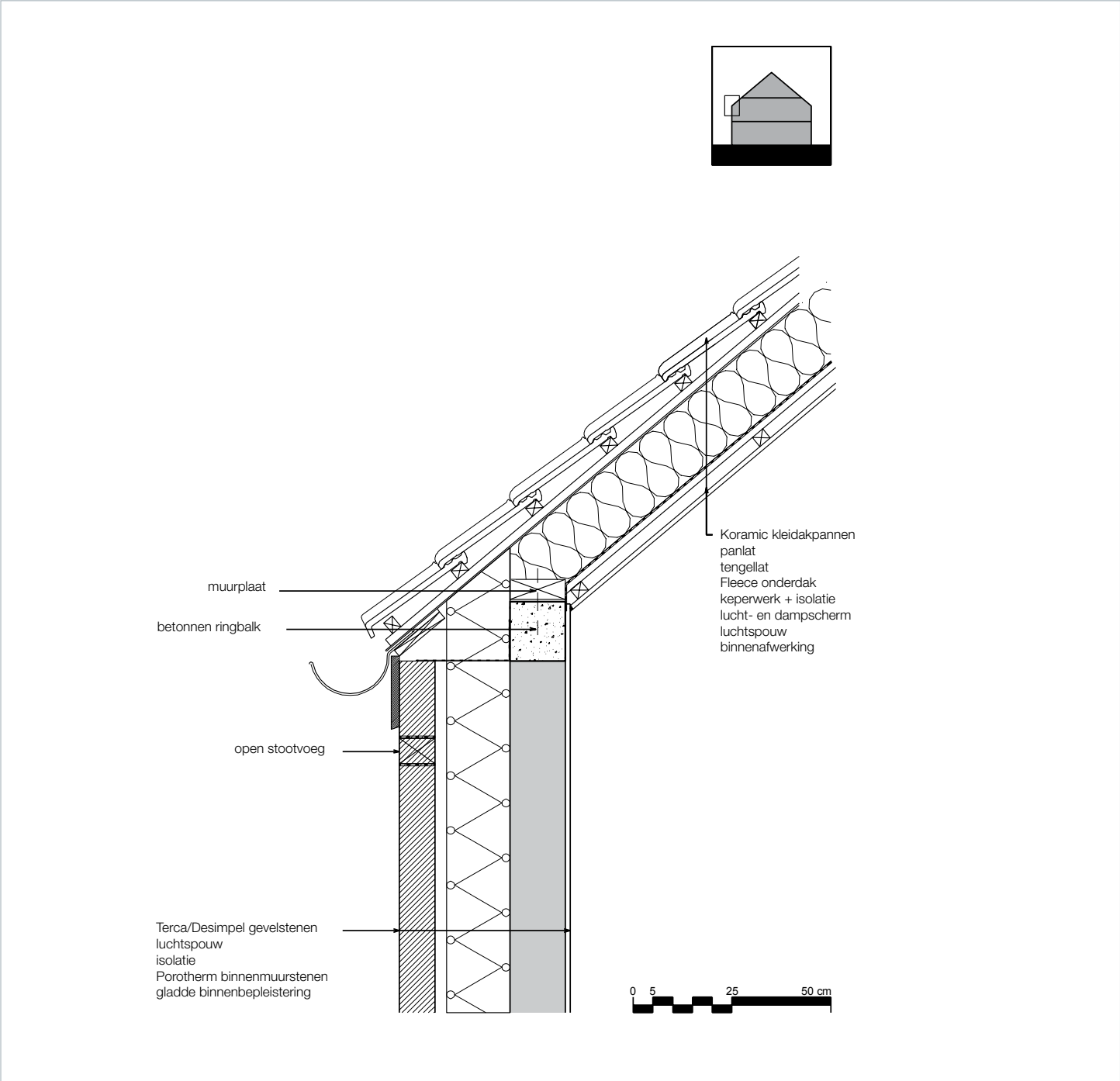
6.5.17. HANGGOOT - ONVERWARMDE ZOLDER - MET BETONVLOER

De isolatie in de zoldervloer sluit naadloos aan op de muurisolatie. De bouwknoop wordt EPB-aanvaard volgens basisregel 2.



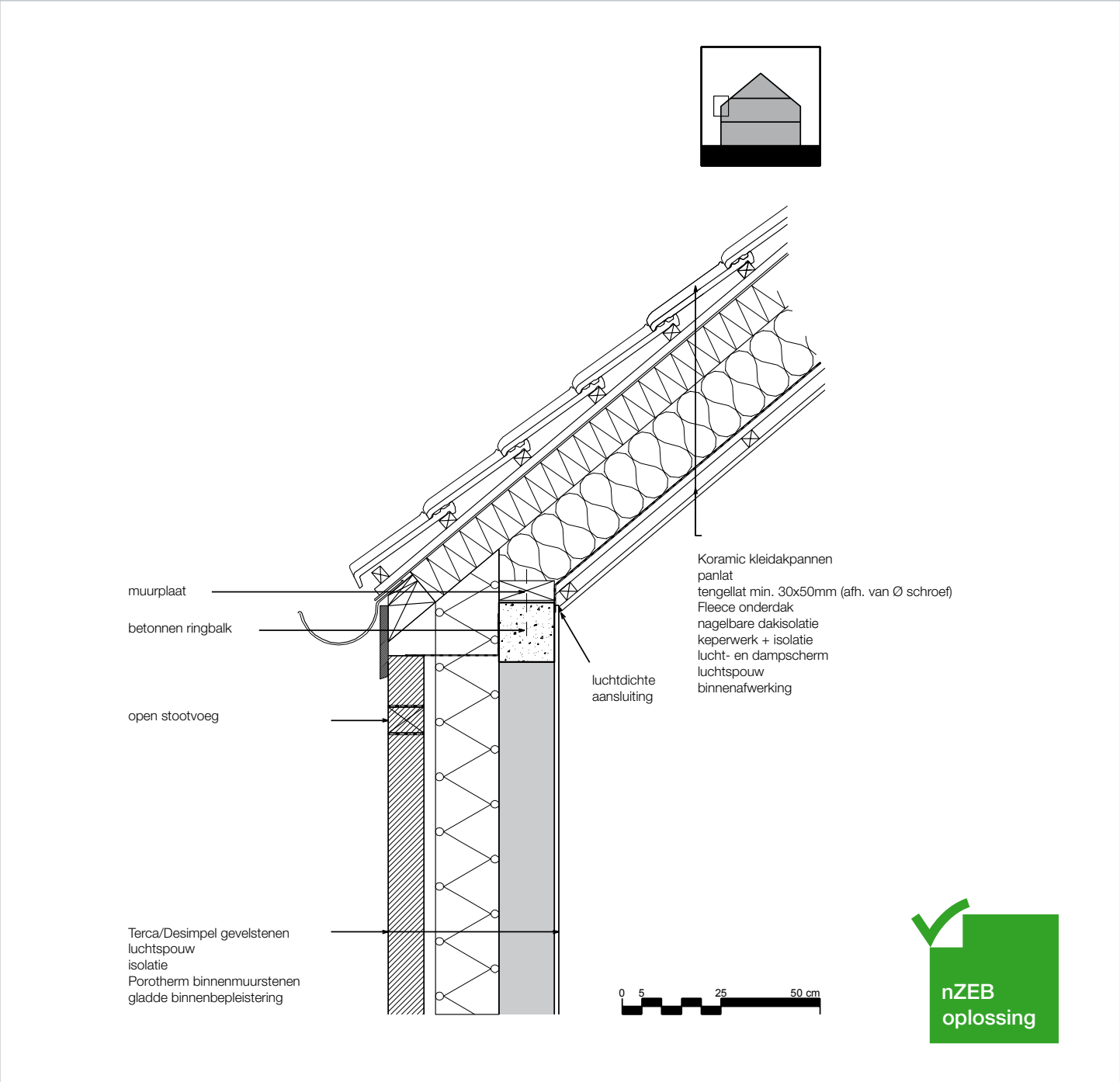
6.5.18. HANGGOOT - VERWARMDE ZOLDER

De dakisolatie sluit naadloos aan op de muurisolatie. De dakisolatie wordt onderbroken door de houten dakconstructie. De trekker in de dakspanten zit hoger en is bijgevolg niet getekend op het detail. De bouwknoop wordt EPB-aanvaard volgens basisregel 1.



6.5.19. HANGGOOT - VERWARMDE ZOLDER - SARKINGDAK - nZEB

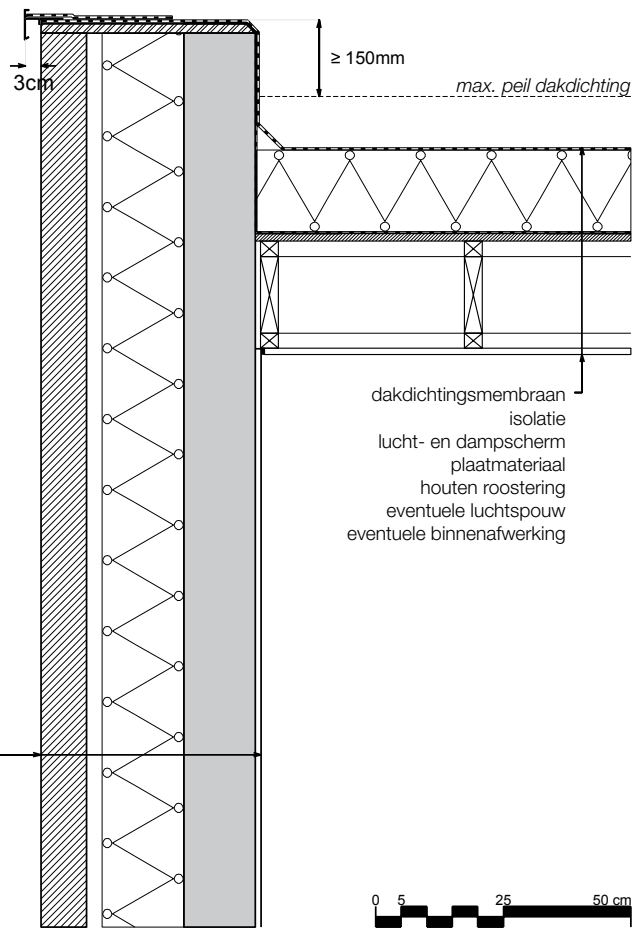
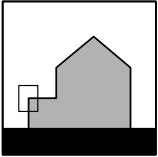
De dakisolatie sluit naadloos aan op de muurisolatie. De nagelbare dakisolatie wordt niet onderbroken door de houten dakconstructie. De dampdiffusieweerstand van het dampscherm dient voldoende groot te zijn. In het geval van nZEB is het dampscherm de luchtdichte folie van het hellend dak, die luchtdicht aansluit op de gladde binnenbepleistering. De trekker in de dakspanten zit hoger en is bijgevolg niet getekend op het detail. De bouwknop wordt EPB-aanvaard volgens basisregel 1.



6.6. AANSLUITINGEN OP PLAT DAK

6.6.1. LICHT PLAT DAK - DAKRAND - PLS *Lambda*

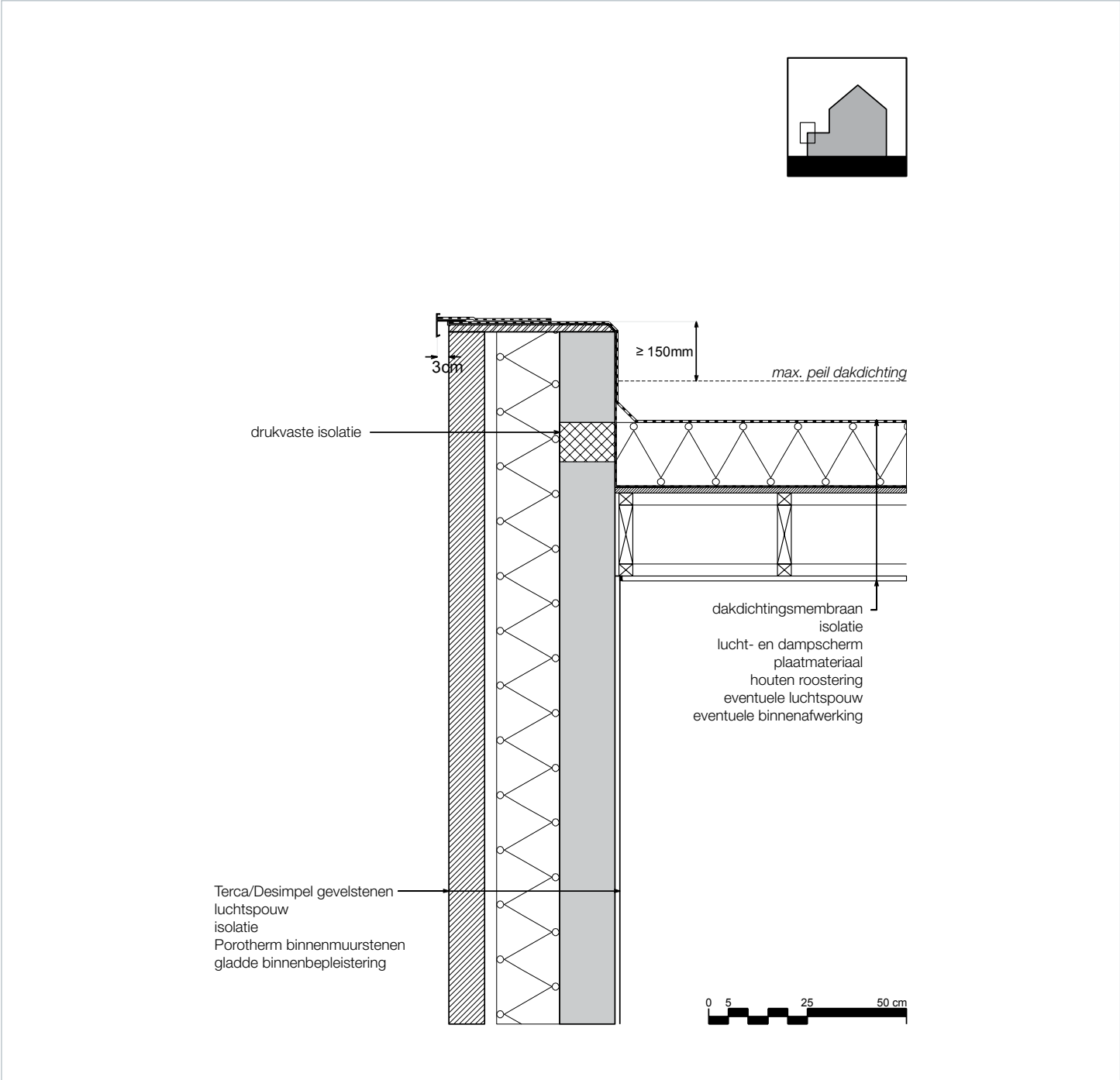
Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknop EPB-aanvaard volgens basisregel 1 door het toepassen van PLS *Lambda* binnenmuurstenen, die deel uitmaken van de isolerende schil. In combinatie met een Eco-brick gevelsteen maakt deze dakaansluiting deel uit van de ‘rode spouwmuuroplossing’ van Wienerberger.



Terca/Desimpel gevelstenen
(Eco-brick)
luchtspouw
isolatie
PLS *Lambda*
gladde binnenbepleistering

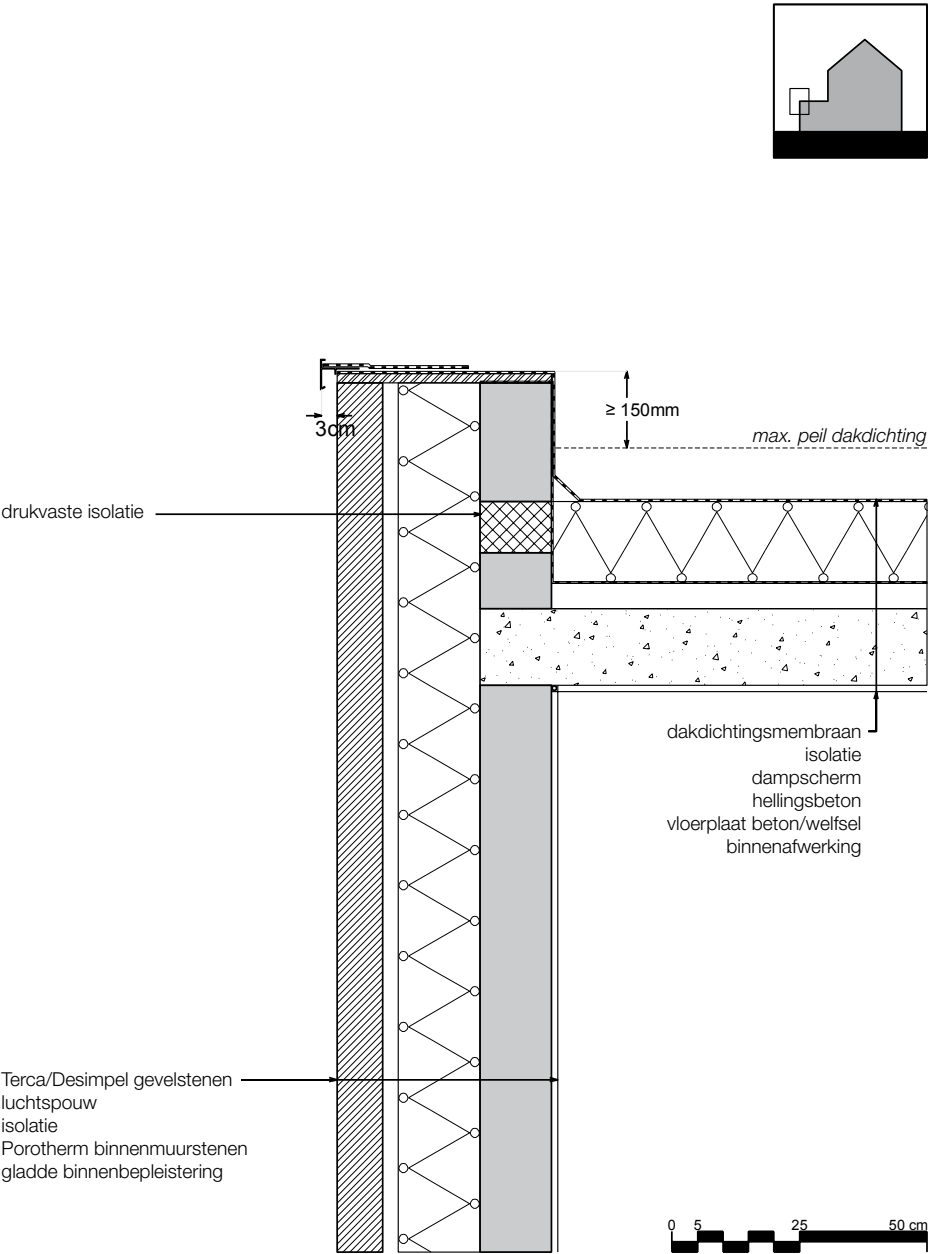
6.6.2. LICHT PLAT DAK - DAKRAND

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknoop EPB-aanvaard volgens basisregel 2 door het toepassen van drukvaste isolatie.



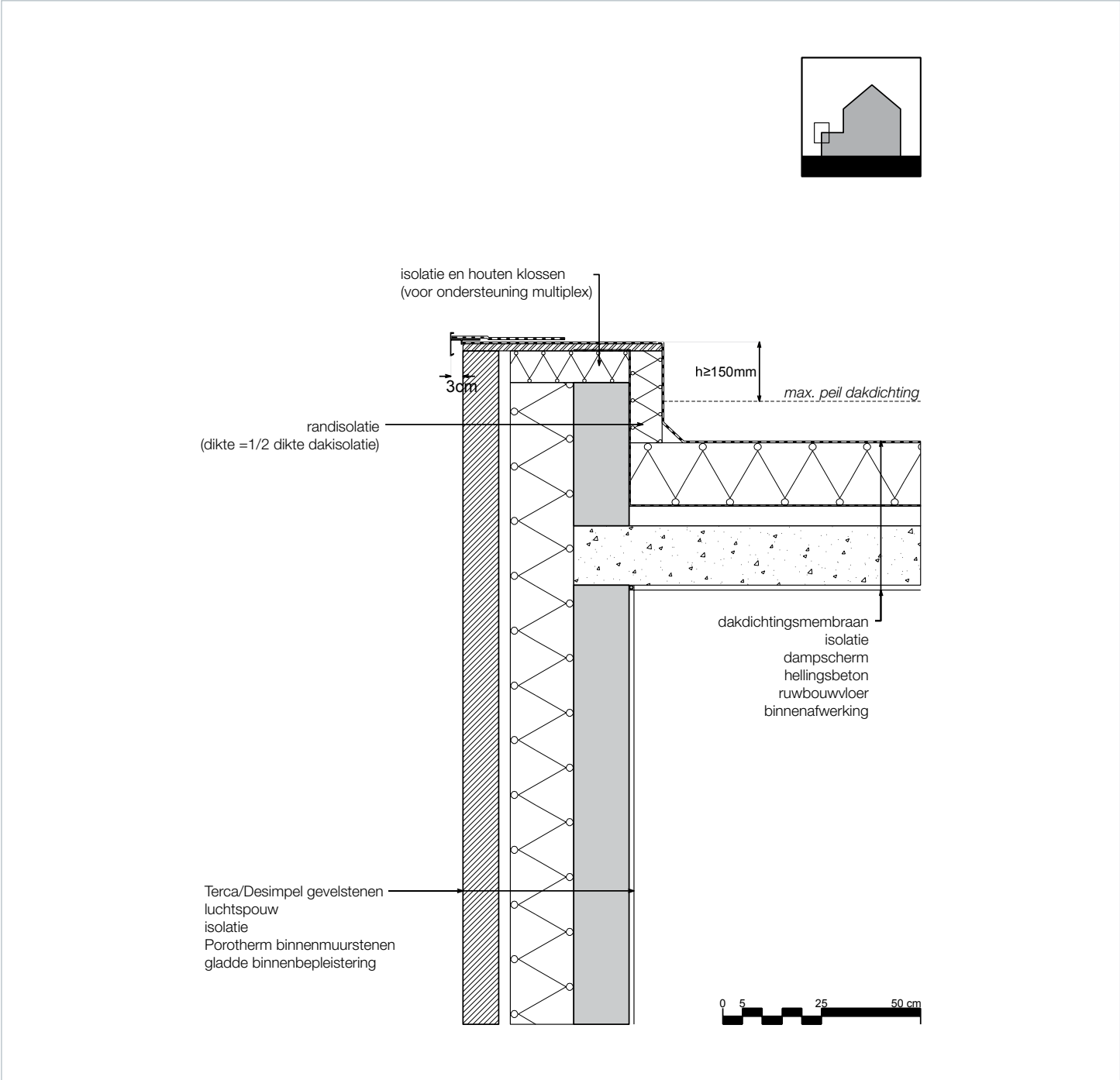
6.6.3. ZWAAR PLAT DAK - DAKRAND - MET THERMISCHE ONDERBREKING

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknop EPB-aanvaard volgens basisregel 2 door het toepassen van drukvaste isolatie.



6.6.4. ZWAAR PLAT DAK - DAKRAND - MET GEÏSOLEERDE DAKOPSTAND

Ter hoogte van de aansluiting van de dakisolatie op de muurisolatie wordt de bouwknoop EPB-aanvaard volgens basisregel 2 door het plaatsen van randisolatie.



BRONNEN:

- NBN EN 771-1:2011 + A1: 2015: Specification for masonry units – Part 1
- STS22 Metselwerk voor Laagbouw _ draft versie november 2014 en updates
- PTV 23-003 (versie 02/02/2018): Technische voorschriften voor bakstenen voor niet-decoratief metselwerk
- NBN EN 1996-1-1 ANB + nationale bijlage: Eurocode 6 - Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 1-1: Gemeenschappelijke regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk
- NBN EN 1996-1-2 + nationale bijlage: Eurocode 6 - Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand (+ AC:2010)
- NBN EN 1996-3 + nationale bijlage: Eurocode 6 - Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 3: Vereenvoudigde berekeningsmethoden voor niet-gewapende constructies van metselwerk (+ AC:2009)
- NBN B 62-002: Thermische prestaties van gebouwen - Berekening van de warmtedoorgangscoefficienten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen - Berekening van de warmteoverdrachtscoefficienten door transmissie (HT-waarde) en ventilatie (HV-waarde) (2008)
- NBN EN 772-reeks: Metselsteenproeven
- NBN EN 1745: Metselwerk en metselwerkproducten - Methoden voor het bepalen van thermische eigenschappen (2012)
- NBN EN 998-2: Definities en specificaties voor mortels voor metselwerk - Deel 2: Metselmortel (2016)
- NBN EN 13139: 2002 (+AC 2004): Toeslagmaterialen voor mortel
- Bijlage 3 BELGISCH STAATSBLAD transmissiereferentiedocument — 08.12.2010
- 19 DECEMBER 1997. Koninklijk besluit tot wijziging van het koninklijk besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen
- Handboek baksteenmetselwerk , Belgische Baksteenfederatie, november 2008
- Eindrapport dynamische energiesimulatie Wienerberger Massief Passiefhuis ; Technum-Tractebel engineering ; januari 2009
- BEP2020: betrouwbare energieprestaties van woningen. Naar een robuuste en gebruikersonafhankelijke performantie (auteurs: Staepels Liesbeth, Verbeeck Griet, Bauwens Geert Deconinck An-Heleen, Roels Staf, Van Gelder Liesje) (2013)
- TV Metselwerk_draft versie n°6bis – 2016-12
- TV 199 Binnenbepoelstering – deel 1 (maart 1996)
- Technische voorlichtingsnota 1: De lucht- en contactgeluidsisolatie van woongebouwen; TC akoestiek; werkversie 10 (maart 2015) en werkversie 14 (november 2015)

WEBSITES:

www.energiesparen.be
www.natureplus.org
www.c2ccertified.org
www.nibe.info
www.leefmilieubrussel.be
www.wtcb.be
www.wienerberger.be
www.bouwknopenatlas.be
www.deduurzamewijk.be

Wienerberger nv

Kapel ter Bede 121, B-8500 Kortrijk

T +32 56 24 96 38, F +32 56 20 47 60

info@wienerberger.be, www.wienerberger.be

