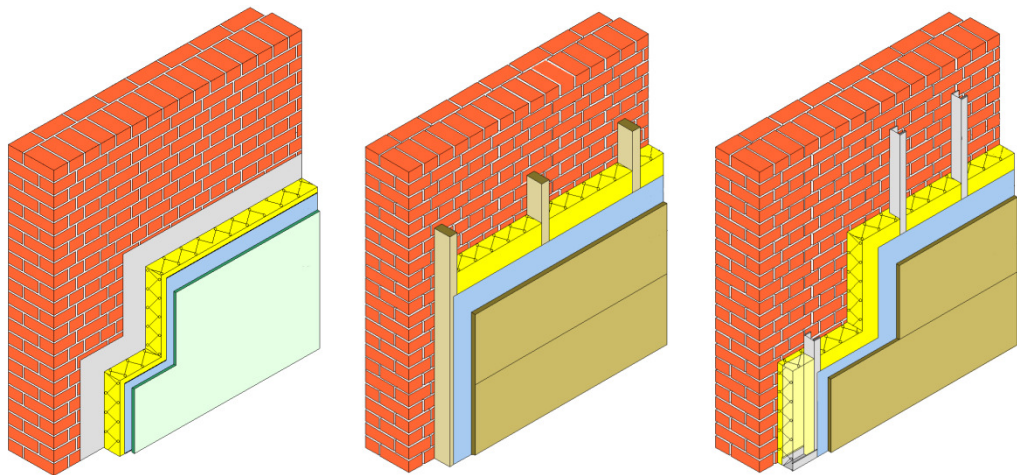


Binnenisotatie van Buitenmuren



Paul Steskens - Xavier Loncour - Anneleen Acke - Jörg Wijnants

Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf - WTCB

Lombardstraat 42

B-1000 Brussel

Belgie

Tel : +32 2 716 42 11

Website : www.wtcb.be

Staf Roels - Evy Vereecken

KULeuven

Departement Burgerlijke Bouwkunde, Afdeling Bouwfysica

Kasteelpark Arenberg 40

B-3001 Heverlee

Belgie

December 2012

Inhoud

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INLEIDING | 2 |
| 1.1 | <i>Verschillende na-isolatie technieken: buitenisolatie, spouwvulling, binnenisolatie</i> | 3 |
| 1.2 | <i>Doel van de brochure</i> | 3 |
| 1.3 | <i>Methodologie</i> | 4 |
| 1.4 | <i>Leeswijzer</i> | 4 |
| 2 | TYOLOGIE VAN DE TE ISOLEREN MUUR | 5 |
| 2.1 | <i>Ongeïsoleerde massieve buitenmuren</i> | 5 |
| 2.2 | <i>Ongeïsoleerde spouwmuren</i> | 6 |
| 2.3 | <i>Geïsoleerde spouwmuren</i> | 7 |
| 3 | BINNENISOLATIE VAN BUITENMUREN (AANDACHTSPUNTEN) | 8 |
| 3.1 | <i>Vochtbelasting en vorstbestendigheid</i> | 8 |
| 3.1.1 | <i>Accentuering van bestaande vochtproblemen</i> | 9 |
| 3.1.2 | <i>Houten constructiedelen</i> | 12 |
| 3.1.3 | <i>Inwendige condensatie en zomercondensatie</i> | 12 |
| 3.2 | <i>Koudebruggen</i> | 15 |
| 3.2.1 | <i>Oppervlaktecondensatie</i> | 15 |
| 3.2.2 | <i>Schimmelvorming</i> | 15 |
| 3.2.3 | <i>Thermische spanningen</i> | 15 |
| 3.3 | <i>Luchtinfiltratie, -exfiltratie en -circulatie</i> | 17 |
| 4 | VOORAFGAANDE INSPECTIE EN DIAGNOSE | 19 |
| 4.1 | <i>Zichtbare schade</i> | 19 |
| 4.2 | <i>Tekenen van vochtschade</i> | 20 |
| 4.2.1 | <i>Scheuren in gevels</i> | 20 |
| 4.3 | <i>Vorst- en regenbelasting van de gevel</i> | 21 |
| 4.3.1 | <i>Regenbelasting</i> | 21 |
| 4.3.2 | <i>Tussenvloeren</i> | 21 |
| 4.3.3 | <i>Waterleidingen en andere technische voorzieningen in de gevel</i> | 22 |
| 4.4 | <i>Materiaal kenmerken van de bestaande gevel</i> | 23 |
| 4.4.1 | <i>Gevelafwerking aan de buitenkant</i> | 23 |
| 4.4.2 | <i>Gevelsteen</i> | 24 |
| 4.4.3 | <i>Kwaliteit van de stel- en voegmortel</i> | 25 |
| 4.4.4 | <i>Afwerking aan de binnenkant</i> | 25 |
| 4.5 | <i>Binnenklimaat, ventilatie en klimaatregeling</i> | 27 |
| 4.6 | <i>Checklist</i> | 27 |
| 5 | KEUZE VAN HET BINNENISOLATIECONCEPT | 29 |
| 5.1 | <i>Geschiktheid voor toepassing van het binnenisolatieconcept en voorafgaande diagnose</i> | 29 |
| 5.2 | <i>Bepaling van de vereiste isolatiedikte</i> | 29 |
| 5.3 | <i>Binnenisolatiesystemen</i> | 34 |
| 5.3.1 | <i>Draagconstructie</i> | 34 |
| 5.3.2 | <i>Isolatiemateriaal</i> | 38 |
| 5.3.3 | <i>Dampdichtheid en extra dampscherm</i> | 42 |
| 5.3.4 | <i>Binnenafwerking</i> | 44 |
| 5.3.5 | <i>Buitenafwerking</i> | 44 |
| 5.3.6 | <i>Mogelijke systemen</i> | 45 |
| 6 | DETAILLERING | 47 |
| 6.1 | <i>Binnen- en buitenhoeken</i> | 47 |
| 6.2 | <i>Binnenmuren</i> | 49 |
| 6.3 | <i>Binnenvloeren</i> | 49 |
| 6.4 | <i>Houten vloeren en balken</i> | 49 |
| 6.5 | <i>Vensters en deuren</i> | 50 |
| 6.6 | <i>Technische aansluitingen en installaties</i> | 52 |
| 6.6.1 | <i>Doorvoer van technische aansluitingen</i> | 52 |
| 6.6.2 | <i>Radiatoren</i> | 52 |
| 7 | BESLUIT | 53 |

1 INLEIDING

Het (na)-isoleren van bestaande gebouwen krijgt een hoge prioriteit en een grote interesse van bouwheren, aannemers en bouwprofessionals. De Vlaamse overheid wil sinds 2007 het energieverbruik in bestaande woningen beperken door middel van het Energierenovatie-programma 2020. Het Vlaamse Gewest heeft als doelstelling dat er “in het jaar 2020 geen energieverblindende woningen zijn” [VEA 2009; EPBD Recast 2010]. In het verleden is een sterke nadruk op dakisolatie gelegd. Zodra een dak beter geïsoleerd is, wordt de relatieve bijdrage van de muren aan het warmteverlies van de woning belangrijker. In de meeste woningen vormen de muren – na het dak – een van de belangrijkste verliesoppervlakken. In het algemeen leidt de thermische isolatie van de gevels van een gebouw daardoor tot een relatief grote energiebesparing.

De thermische isolatie van de gebouwschil maakt deel uit van een globale strategie die tot doel heeft om een comfortabel en energiezuinig gebouw te creëren. Die strategie omvat:

- voorzie een voldoende dikke en correct uitgevoerde thermische isolatie;
- waarborg de luchtdichtheid van de gebouwschil;
- verzeker een gecontroleerde, regelmatig onderhouden ventilatie.

Het hoofddoel van de thermische isolatie van gebouwen is het energiegebruik voor verwarming reduceren. Door de gevel te voorzien van thermische isolatie, wordt ook de temperatuur van de binnenoppervlakken verhoogd, waardoor het thermische comfort verbetert. Het heeft echter weinig zin om de isolatiedikte van de wanden te vergroten zonder aandacht te schenken aan de luchtdichtheid. Als er geen aandacht is voor luchtverversing door gecontroleerde ventilatie, kan de thermische isolatie van een gebouw op haar beurt een nadelige invloed hebben op het comfort en eventueel op de gezondheid van de gebouwgebruikers.



Figuur 1: Illustratie van de verschillende na-isolatietechnieken: buitenisolatie (boven), spouwvulling (midden), binnenisolatie (beneden)

1.1 VERSCHILLENDE NA-ISOLATIETECHNIKEN: BUITENISOLATIE, SPOUWVULLING, BINNENISOLATIE

Op dit moment worden er drie technieken toegepast om de gevel van thermische isolatie te voorzien. De eerste techniek is de buitenisolatie, waarbij een thermisch isolerend systeem geplaatst wordt aan de buitenzijde van de gevel. Buitenisolatie is technisch gezien veruit de beste oplossing. De massieve wand wordt omhuld met isolatiemateriaal, waardoor de thermische weerstand toeneemt en de thermische capaciteit van het metselwerk optimaal benut wordt. Bij buitenisolatie is er altijd een afwerkingslaag nodig, die als regendichting dient. Het metselwerk (of andere gevelafwerking) is op die manier beschermd tegen eventuele vochtbelasting door het buitenklimaat. Als het gebouw over een spouwmuur beschikt, kan daarnaast (als alternatief) de spouw voorzien worden van na-isolatie.

In de praktijk kan om architectonische, esthetische en economische redenen dikwijls maar een beperkte set van isolatieoplossingen en -mogelijkheden worden toegepast. Zo moet men rekening houden met de huidige regelgeving op het vlak van ruimtelijke ordening. Die regelgeving kan beperkingen opleggen voor de plaatsing van gevelisolatie op of buiten de rooilijn (de scheidingslijn tussen de openbare weg en de aanliggende eigendommen). Als buitenisolatie of na-isolatie van spouwmuren niet in aanmerking komt, kan de gevel voorzien worden van binnenisolatie. Binnenisolatie kan als complementaire isolatietechniek ook gecombineerd worden met na-isolatie van een spouwmuur (Vraag hiervoor raad aan een deskundige).

Binnenisolatie is vaak de enige toepasbare oplossing om het buitengevelaanzicht te behouden. In vergelijking met spouwvulling heeft binnenisolatie het voordeel dat er in principe geen technische beperking is voor de dikte van de isolatie (dat wil zeggen de thermische weerstand) van de geïsoleerde gevel. Ten gevolge van de beperkte dikte van de spouw tussen binnen- en buitenspouwblad wordt de thermische weerstand van de geïsoleerde

spouwmuur bij na-isolatie begrensd. Bij binnenisolatie geldt die beperking niet. (Wel is er bij binnenisolatie een verlies aan binnenruimte).

Binnenisolatie houdt ook een aantal risico's in. De constructie zelf kan bijvoorbeeld kouder worden en meer onderhevig zijn aan de hygrothermische condities van het buiten- en binnenklimaat. Het risico op inwendige condensatie neemt toe, waardoor het isolatiemateriaal kan degraderen. Er bestaat een verhoogde kans op oppervlaktecondensatie en schimmelgroei, en er is ook een risico op vorstschade aan het bestaande metselwerk. Als binnenisolatie op een goede manier is toegepast, kan die de energieprestatie van een gebouw verbeteren. In het algemeen is binnenisolatie niet toepasbaar in gebouwen waarbij:

- de gevel uit niet-vorstbestendige materialen bestaat;
- de gevelafwerking dampdicht is, of uit dampdichte gevelstenen bestaat;
- de gevel aan een hoge vochtbelasting onderhevig is;

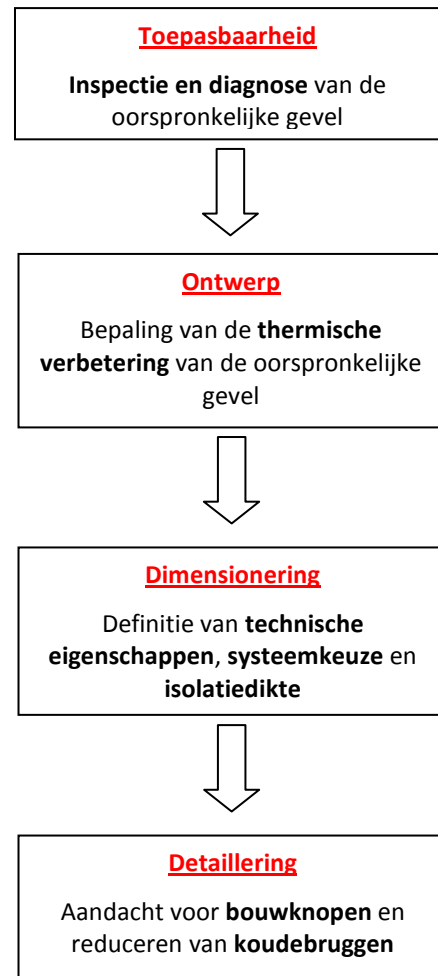
sprake is van een zeer vochtig binnenklimaat (Binnenklimaatklasse 4 [Vandooen 2004]).

1.2 DOEL VAN DE BROCHURE

Deze brochure geeft technische richtlijnen voor de binnenisolatie. Ze gaat in de eerste plaats in op massieve buitenmuren. Aanvullend komt ook de binnenisolatie van gemene muren en binnenmuren (die het beschermd volume van een gebouw begrenzen) aan bod, omdat het isoleren van die muren ook tot energiebesparing kan leiden. Deze brochure sluit aan op de huidige bouwpraktijk en is gebaseerd op de huidige kennis bij de onderzoeksinstituten en de ervaringen van de bouwprofessionals. Ze geeft ook een beeld van de risico's die binnenisolatie met zich kan meebrengen, en mogelijke oplossingen daarvoor. Met deze brochure kunnen bouwtechnici, ontwerpers en particulieren gemakkelijker de dialoog aangaan met een aannemer of architect. De richtlijnen in deze handleiding zijn louter indicatief.

1.3 METHODOLOGIE

De toepasbaarheid van binnenisolatie is afhankelijk van het specifieke gebouw, de ligging van het gebouw, de toestand en de kenmerken van de gevel, en de aard van de renovatie zelf. Die factoren kunnen van geval tot geval sterk verschillen. Met deze brochure kunt u een objectieve afweging van die factoren maken, zodat u een optimaal functionerende binnenisolatie en een duurzame oplossing kunt kiezen. Daarbij wordt gebruikgemaakt van een gegeneraliseerde methodologie, die in Figuur 2 is weergegeven. De gepresenteerde methodologie bestaat uit een aantal stappen. Allereerst wordt de geschiktheid van de oorspronkelijke gevel voor het toepassen van binnenisolatie onderzocht op basis van een diagnose en inspectie. Als de gevel geschikt is bevonden voor binnenisolatie, wordt de beoogde verbetering van de thermische weerstand van de oorspronkelijke gevel bepaald. Vervolgens worden de vereiste technische eigenschappen gedefinieerd, wordt het systeem gekozen en wordt de dikte van de isolatie bepaald. Ten slotte wordt aandacht besteed aan de detaillering van het systeem en de bouwknopen.



Figuur 2: Methodologie voor toepassing van de brochure

1.4 LEESWIJZER

De opbouw van deze publicatie is als volgt:

- In hoofdstuk 2 worden de belangrijkste eigenschappen en bouwfysische werkingsprincipes van de oorspronkelijke ongeïsoleerde gevel gepresenteerd.
- De aandachtspunten voor de mogelijke bouwfysische risico's worden beschreven in hoofdstuk 3.
- In hoofdstuk 4 wordt aan de hand van een systematische analyse van de

oorspronkelijke gevel beschreven hoe de toepasbaarheid van binnenisolatie beoordeeld kan worden op basis van een voorafgaande diagnose en inspectie.

- Hoofdstuk 5 presenteert algemene principes voor het plaatsen van binnenisolatie en de opbouw van een binnenisolatiesysteem.
- In hoofdstuk 6 wordt de detaillering van bouwknopen gepresenteerd.

2 TYPOLOGIE VAN DE TE ISOLEREN MUUR

In verband met isolatie wordt in de huidige bouwpraktijk een onderscheid gemaakt tussen buitenmuren en binnenmuren. In het algemeen worden de volgende types onderscheiden:

Buitenmuur

- Een traditionele (massieve) buitenmuur die opgebouwd is uit metselwerk of bouwblokken (zoals (lichte) snelbouwstenen, betonblokken op basis van geëxpandeerde kleikorrels, of cellenbeton)
- Een ongeïsoleerde spouwmuur
- Een geïsoleerde spouwmuur

Binnenmuur

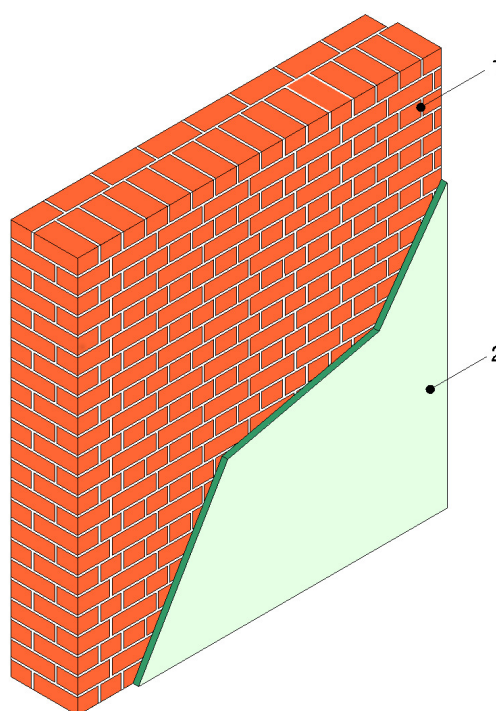
- Een massieve binnenmuur opgebouwd uit metselwerk of bouwblokken, die het beschermd volume van een gebouw begrenst, bijvoorbeeld een muur naar een onverwarmde garage.

De in deze brochure beschreven richtlijnen zijn vooral gericht op massieve buitenmuren die opgebouwd zijn uit metselwerk. In principe zijn die richtlijnen, behalve voor de massieve gevel, ook geldig voor spouwmuren, waarbij de spouw al dan niet voorzien is van een thermisch isolerend materiaal, en voor binnenmuren. Als er voor het type muren andere richtlijnen of randvoorwaarden worden gehanteerd, worden die expliciet vermeld.

2.1 ONGEÏSOLEERDE MASSIEVE BUITENMUREN

Een belangrijk aspect van de ongeïsoleerde massieve buitenmuur uit metselwerk (Figuur 3) is de waterdichtheid of regendichting, door de invloed daarvan op de bouwkundige detaillering en de bouwfysische kwaliteiten. Als de gevel langs de buitenzijde niet waterwerend is behandeld (impregnatie), of als die niet voorzien is van een waterwerende buitenafwerking (bijvoorbeeld pleisterwerk of bardage (Figuur 4), is wateropname bij beregening onvermijdelijk door de materiaalkenmerken van de stenen en de mortel. Bij ongeïsoleerde massieve muren van 1½ steen of groter vormt die wateropname

in principe geen probleem. De snelheid waarmee regenwater wordt opgenomen, en de hoeveelheid opgenomen regenwater zijn afhankelijk van de regenintensiteit (regenduur, windsnelheid, en windrichting), de oriëntatie van de gevel, bouwkundige voorzieningen (zoals dakoversteken) en de materiaaleigenschappen van mortel en steen (waterabsorptiecoëfficiënt en capillair vochtgehalte).



1. Metselwerk; 2. Binnenbepleistering;

Figuur 3: Massieve muur bestaande uit metselwerk

Het risico op regendoorslag, waarbij het water de binnenkant van het metselwerk bereikt, is afhankelijk van de dikte van de gevel:

- Bij steense muren is het risico op regendoorslag relatief groot. Zonder waterwerende afwerking aan de buitenkant is een steense muur niet regendicht.
- Bij metselwerk van 1½ steen is er minder kans op regendoorslag ten gevolge van een grotere waterbufferende capaciteit van het metselwerk en de capillaire onderbreking die gevormd wordt door de kopse voegen [Hens 1986].



Figuur 4: Gevelafwerking bestaande uit een bepleistering (links) of een houten gevelbekleding (rechts)

Door het dampopen karakter van de ongeïsoleerde buitenwand zonder buitenafwerking kan het opgenomen regenwater uitdrogen. Een buitenmuur die onderhevig is aan een binnenklimaat conform binnenklimaatklasse 3 of lager, is in staat gedurende een jaar volledig te kunnen drogen. Bij een binnenklimaatklasse 4 is dat (ten gevolge van oppervlaktecondensatie) niet mogelijk [Hens 1986; Vandooren 2004].

2.2 ONGEÏSOLEERDE SPOUWMUREN

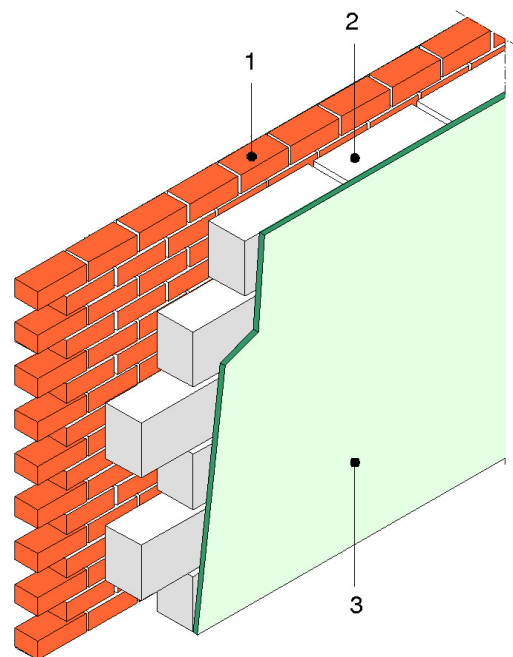
Ongeïsoleerde spouwmuren (Figuur 5) die na de Tweede Wereldoorlog werden gebouwd, zijn opgebouwd uit een binnenspouwblad van dragend metselwerk of beton, al dan niet aan de binnenkant afgewerkt met bijvoorbeeld pleisterlagen, en een buitenspouwblad van metselwerk, eventueel voorzien van een buitenafwerking die uit pleister of verflagen bestaat.

Beide spouwbladen zijn van elkaar gescheiden door een luchtlaag, die bij bestaande ongeïsoleerde spouwmuren doorgaans een breedte heeft tussen 2 en 7 cm. In een spouwmuur vervult het buitenspouwblad de functie van regenscherm.

De luchtspouw zorgt ervoor dat er geen regen naar het binnenspouwblad doorslaat. Regenwater dat bij hevige slagregen door het buitenspouwblad dringt, loopt langs de spouwkant van het buitenspouwblad naar beneden en wordt vervolgens naar buiten afgevoerd ter hoogte van de waterkerende laag via open stootvoegen die ter plaatse van

spouwsluitingen voorzien zijn (fundering, raamopeningen enzovoort). Om te voorkomen dat regen tot tegen het binnenspouwblad wordt geblazen en er op die manier vochtproblemen ontstaan, moet het binnenspouwblad luchtdicht afgewerkt zijn.

Doorgaans zorgt het pleisterwerk aan de binnenkant van het binnenspouwblad voor de nodige luchtdichtheid. De structurele verbinding tussen binnen- en buitenspouwblad wordt in de regel gerealiseerd door middel van spouwankers uit een corrosiebestendig materiaal.



1. Buitenspouwblad; 2. Binnenspouwblad;
3. Binnenafwerking

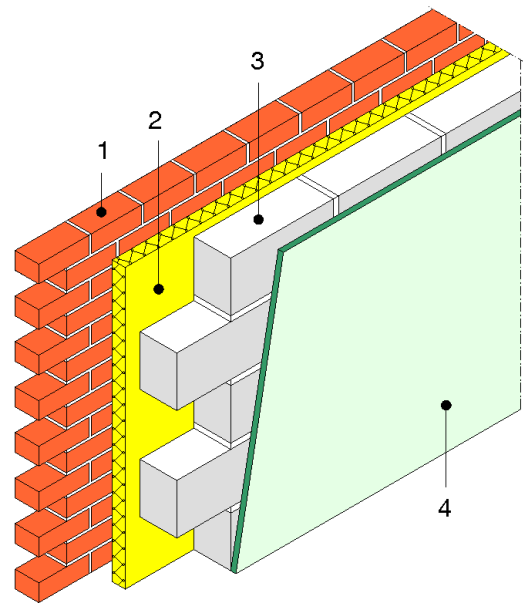
Figuur 5: ongeïsoleerde spouwmuur

2.3 GEÏSOLEERDE SPOUWMUREN

De geïsoleerde spouwmuur bestaat uit de in paragraaf 2.2 beschreven opbouw, waarbij de luchtspouw tussen binnen- en buitenspouwblad volledig of gedeeltelijk opgevuld is met een thermisch isolerend materiaal zodat op die manier de thermische weerstand van de gevel verbetert.

Doordat de luchtspouw gedeeltelijk of geheel met isolatiemateriaal is opgevuld, is de ventilatie van de spouw respectievelijk minder goed of niet mogelijk.

Het buitenspouwblad zou daardoor iets minder goed kunnen drogen. Het gevelmetselwerk kan ook, door de aanwezigheid van de isolatie, in het koude seizoen minder van binnenuit opgewarmd worden in vergelijking met een ongeïsoleerde spouwmuur. Ook daardoor is het mogelijk dat het buitenspouwblad langzamer droogt.



1. Metselwerk (buitenspouwblad);
2. Thermische isolatie;
3. Binnenspouwblad;
4. Binnenafwerking

Figuur 6: geïsoleerde spouwmuur

3 BINNENISOLATIE VAN BUITENMUREN (AANDACHTSPUNTEN)

Door binnenisolatie verandert bij een massieve buitenmuur uit metselwerk de bouwfysische prestatie van de gevel. Terwijl de thermische energieverliezen door de isolatie worden gereduceerd, worden mogelijke koudebruggen geaccentueerd. Ook de vochtbelasting van de gevel is ten gevolge van inwendige condensatie, (slag)regen, of bestaande vochtproblemen een belangrijk aandachtspunt. Bij binnenisolatie heeft men immers een verhoogd risico op vorstschade in het gevelmetselwerk als gevolg van een toename van het vochtgehalte in het metselwerk. Voor de toepassing van binnenisolatie gelden enkele essentiële basisregels, die zijn weergegeven in het onderstaande kader. In de volgende paragrafen worden deze basisregels nader toegelicht.

3.1 VOCHTBELASTING EN VORSTBESTENDIGHEID

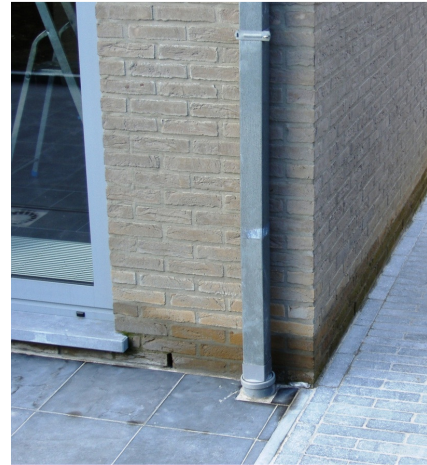
Door de plaatsing van binnenisolatie verandert het vochtgehalte in de gevel. De gevel is minder goed in staat te drogen. Een hoger vochtgehalte in het metselwerk kan leiden tot een risico op schade, zoals vorstschade en zoutuitbloeiingen. Om de kans op schade te verminderen, is het aan te bevelen om het nat worden van het metselwerk te voorkomen, bijvoorbeeld door middel van een regenafdichting aan de buitenkant van het metselwerk. De afwerkingslaag moet dampdoorlatend zijn, zodat het metselwerk kan drogen. Ook is het belangrijk extra aandacht te besteden aan goede afdruiptmogelijkheden en een correcte afwerking van de neg van de raamopeningen (raamhoeken).

Basisregels

1. De buitenafwerking van de gevel is zo dampopen mogelijk.
2. De regenbelasting van de gevel is beperkt.
3. Het gebouw beschikt over een gezond binnenklimaat, een goed functionerende ventilatie, verwarming en klimaatregeling.
4. Zorgen voor een goede luchtdichtheid (een continu luchtscherm wordt aanbevolen) en extra aandacht besteden aan de aansluiting tussen de isolatie en de bestaande gevel ter voorkoming van luchtpouwen en kieren.
5. Bouwknopen zijn goed ontworpen en voldoende gedetailleerd voor de reductie van koudebruggen.

3.1.1 Accentuering van bestaande vochtproblemen

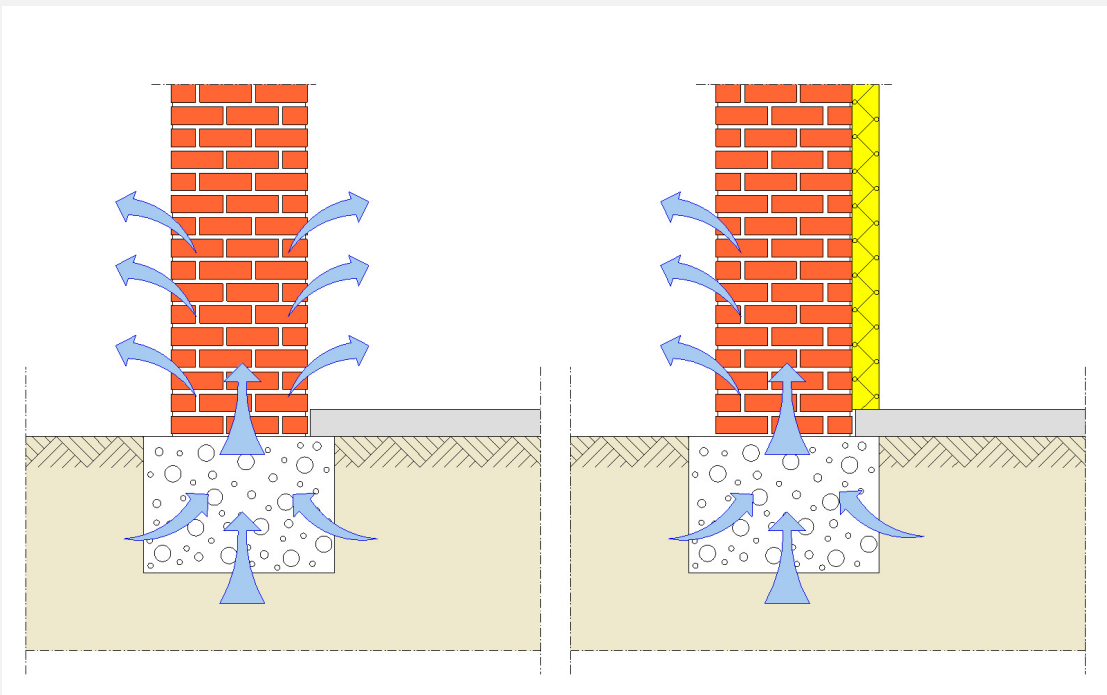
Behalve eventuele vochtproblemen ten gevolge van de (slag)regenbelasting van de gevel kunnen vochtproblemen die zich in het verleden nog niet manifesteerden, geaccentueerd worden door de plaatsing van binnenisolatie. Door opstijgend of opspattend vocht (dat door het isoleren van de gevel niet meer in staat is om uit te drogen) kan een vochtfront in de gevel zichtbaar worden (Figuur 7). Voor de plaatsing van de isolatie is het belangrijk om te letten op bijvoorbeeld de aansluiting van de gevel met de volle grond, het type bestrating, de aanwezigheid van drainage(systemen), enzovoort. Op die manier kan men latere problemen voorkomen.



Figuur 7: Zichtbaar vochtfront aan de buitenkant van de gevel ten gevolge van opstijgend vocht

Opstijgend vocht

Door het toepassen van binnenisolatie is het mogelijk dat het vochtgehalte dat in een gevel onderhevig is aan opstijgend vocht vanuit de bodem, toeneemt (Figuur 8). Vóór de plaatsing van de binnenisolatie zorgde het relatief grote drogingspotentieel van de gevel ervoor dat er een dynamisch evenwicht ontstond tussen opstijgend vocht en droging, waardoor zich geen zichtbaar vochtfront in het metselwerk manifesteerde. Omdat door de plaatsing van de binnenisolatie het drogingspotentieel kleiner wordt, wijzigt het dynamisch evenwicht zich en verplaatst het vochtfront zich naar een grotere hoogte in het metselwerk. Daardoor is het mogelijk dat het risico op vorstschade of zoutuitbloeiingen toeneemt.



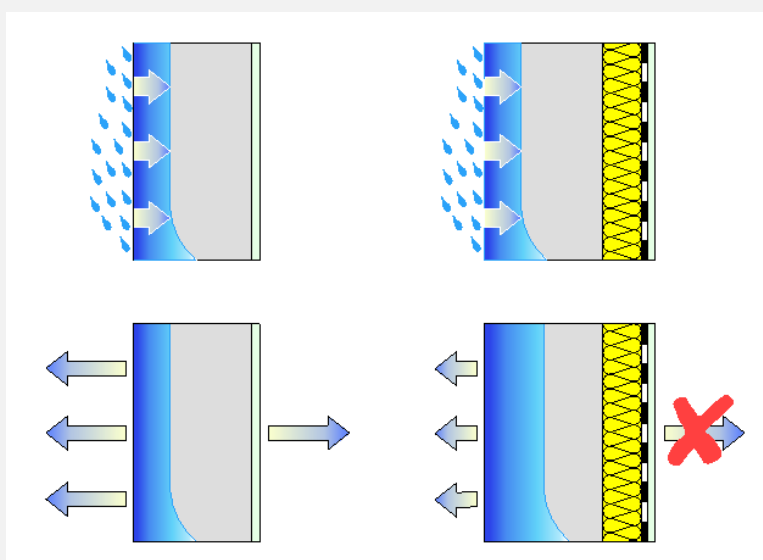
Figuur 8: Opstijgend vocht vanuit de bodem in een situatie zonder binnenisolatie (links) en met binnenisolatie (rechts)

Vocht- en vorstbelasting van de gevel

Figuur 9 toont een schematische weergave van de bevochtiging en de droging van een buitenwand zonder en met een binnenisolatie, die bestaat uit een dampremmend binnenisolatiesysteem. Door de plaatsing van binnenisolatie wijzigt het drogingsverloop na een (slag)regenbui van de gevel in vergelijking met de oorspronkelijke situatie. In tegenstelling tot de vochtopname ten gevolge van regeninslag, die voor beide wanden gelijk is, vermindert de droging van de wand doordat door de dampdichte afwerking aan de binnenkant droging naar binnen niet mogelijk is. Door de binnenisolatie heeft de gevel ook een lagere temperatuur in de winter, waardoor droging wordt verhinderd en het vochtgehalte van het metselwerk toeneemt. Een hoger vochtgehalte in het metselwerk vergroot in theorie het risico op vorstschade en zoutuitbloeiingen.

De combinatie van die lagere temperatuur en het hogere vochtgehalte van het metselwerk kan leiden tot vorstschade. Een eerste oorzaak is het feit dat het metselwerk sterker wordt beïnvloed door de buitenluchttemperatuur, waardoor de temperatuur van het metselwerk vaker tot onder het vriespunt kan dalen. Het aantal vorst-dooi-cycli neemt toe. Omdat het risico op vorstschade direct afhankelijk is van het aantal vorst-dooi-cycli, neemt dat risico ook toe. Een tweede oorzaak is het grotere vochtgehalte in het metselwerk. Zoals eerder vermeld is, wordt het drogingspotentieel van de gevel door de binnenisolatie gereduceerd en neemt het vochtgehalte in het metselwerk toe. Het risico op vorstschade neemt ook toe bij een toenemend vochtgehalte.

Om de kans op vorstschade te verminderen, kan het vochtgehalte van het metselwerk het best beperkt worden. De (slag)regenbelasting van de gevel heeft daarbij de grootste invloed. Als het metselwerk vorstschadegevoelig is, is het aan te bevelen om het nat worden van het metselwerk te voorkomen, bijvoorbeeld door een regenafdichting aan de buitenkant van het metselwerk. Die afwerkingslaag is bij voorkeur dampdoorlatend, zodat het vocht uit het metselwerk kan drogen. Daarnaast moet extra aandacht worden besteed aan goede afdruiptmogelijkheden en een correcte afwerking van de raamhoeken.



Figuur 9: Schematische weergave van bevochtiging door slagregen (boven) en droging (beneden) van een buitenwand zonder binnenisolatie (links) en met binnenisolatie (rechts), waarbij een dampdicht binnenisolatiesysteem is toegepast. In tegenstelling tot de vochtopname ten gevolge van regeninslag, die voor beide wanden gelijk is, vermindert de droging van de wand met binnenisolatie.

Opspattend vocht

Ten gevolge van een combinatie van opspattend vocht en een gereduceerd drogingspotentieel van de gevel met binnenisolatie is het mogelijk dat een vochtfront in de gevel zichtbaar wordt. Figuur toont een vochtfront op enkele centimeters van de grond, dat zich heeft gemanifesteerd na de plaatsing van de isolatie. Door het verminderde drogingspotentieel van de wand is het niet meer mogelijk het opgespatte regenwater uit de wand te drogen.



Figuur 10: Regelmatig bespatten van de muurvoet door regenwater of smeltwater (links) kan resulteren in een zichtbaar vochtfront in de muur (rechts).

3.1.2 Houten constructiedelen

Een belangrijk aandachtspunt bij de plaatsing van binnenisolatie is de aansluiting van houten constructiedelen, zoals houten balken en vloeren, met de gevel (Figuur 11). De belangrijkste voorwaarde voor de duurzaamheid van de houten constructiedelen is dat de gevel niet onderhevig is aan een hoge vochtbelasting (slagregen). Toepassing van binnenisolatie resulteert in een hoger vochtgehalte in het metselwerk, wat kan leiden tot degradatie van de uiteinden van de balken [Ruisinger et al. 2011].



Figuur 11: Aansluiting van houten balken met de gevel

Door de toepassing van binnenisolatie is de temperatuur ter plaatse van (het uiteinde van) de houten balk in de gevel gemiddeld genomen lager. Daardoor is het mogelijk dat op die plaats inwendige condensatie ontstaat, bijvoorbeeld als relatief warme lucht uit de binnenomgeving daarlangs stroomt. Een tweede aandachtspunt is een goede afdichting van de aansluiting, bijvoorbeeld door middel van een kleefband (manchet). Daarvoor is echter een goede toegankelijkheid van de houten balk vereist en moet dikwijls de bestaande vloer opengebrouwen worden [Hessisches Ministerium für Umweltschutz, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2009].

3.1.3 Inwendige condensatie en zomercondensatie

Tijdens het verwarmingsseizoen is het mogelijk dat er aan de koude kant van de isolatie **inwendige condensatie** ontstaat. Afhankelijk van het toegepaste isolatiemateriaal kan het gecondenseerde water opgezogen worden door het metselwerk of het isolatiemateriaal. Ten

gevolge van inwendige condensatie bestaat het risico op:

- degradatie van het isolatiemateriaal, bijvoorbeeld bij op hout(vezel) gebaseerde materialen;
- thermische verliezen ten gevolge van een toename van de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal door het nat worden van het materiaal;
- schimmelvorming.

Inwendige condensatie (ten gevolge van waterdampdiffusie) wordt voorkomen door de constructie voldoende dampdicht uit te voeren door een van de volgende mogelijkheden:

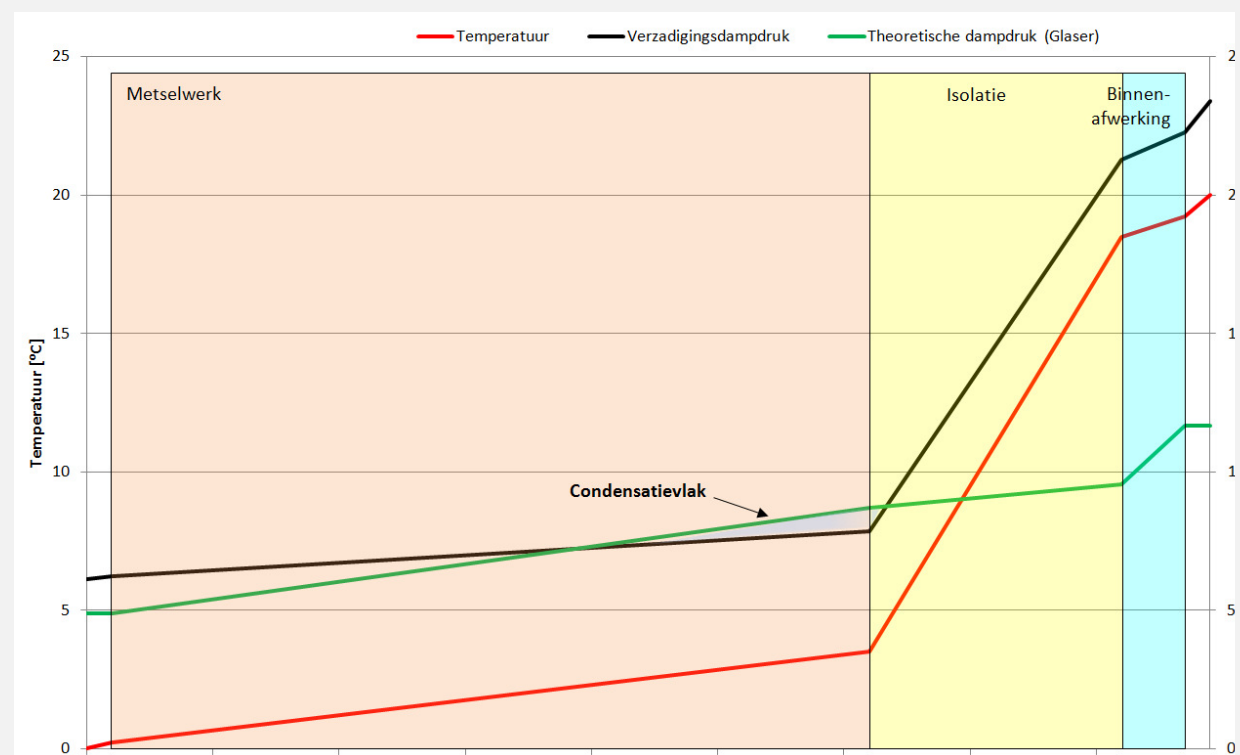
- een dampremmend isolatiemateriaal;
- een dampopen isolatiemateriaal dat gecombineerd wordt met een (vochtregulerend) dampscherm;
- een vochtbufferend, capillairactief isolatiemateriaal, waardoor er geen condensaat meer gevormd wordt.

Bij het gebruik van dampopen isolatiematerialen (bijvoorbeeld minerale wol, cellulose) in combinatie met een dampremmende binnenafwerking is het mogelijk dat er **zomercondensatie** optreedt. Zomercondensatie doet zich voor als vochtig metselwerk in de zomer blootgesteld wordt aan bezonning. Condensatie treedt dan op op de overgang tussen de isolatie en het dampscherm. Men kan het probleem van zomercondensatie voorkomen door een voldoende dampremmende isolatie toe te passen of de gevel te vrijwaren van slagregen. Bij de toepassing van dampdichte en dampremmende isolatiematerialen zoals cellenglas, XPS en EPS, is zomercondensatie doorgaans geen probleem.

Inwendige condensatie

Inwendige condensatie treedt op als de temperatuur in de gevel door plaatsing van binnenisolatie tot beneden het dauwpunt daalt en de aanwezige waterdamp condenseert. Inwendige condensatie kan worden voorspeld met behulp van de Glaser-methode, zoals weergegeven in Figuur 12 voor een muur van 30 cm metselwerk, die voorzien is van 10 cm binnenisolatie en een binnenafwerking. De figuur toont het optreden van inwendige condensatie op de plaatsen waar de theoretisch berekende dampdruk groter is dan de verzadigingsdampdruk (bij de veronderstelde binnenklimaatcondities van 20°C en 50% relatieve vochtigheid en een buitenluchttemperatuur van 0°C).

Het feit dat inwendige condensatie optreedt, wil in de praktijk nog niet zeggen dat het gevormde condensaat een probleem vormt. Dikwijls wordt een bepaalde hoeveelheid condensaat geaccepteerd als het mogelijk is die weer uit de constructie te drogen. Als een binnenisolatiesysteem inwendige condensatie mogelijk maakt, is het belangrijk rekening te houden met de duurzaamheid van de toegepaste materialen. Men moet in elk geval de situatie voorkomen waarbij het niet mogelijk is om het tijdens de winterperiode gevormde condensaat tijdens de zomer uit te drogen.

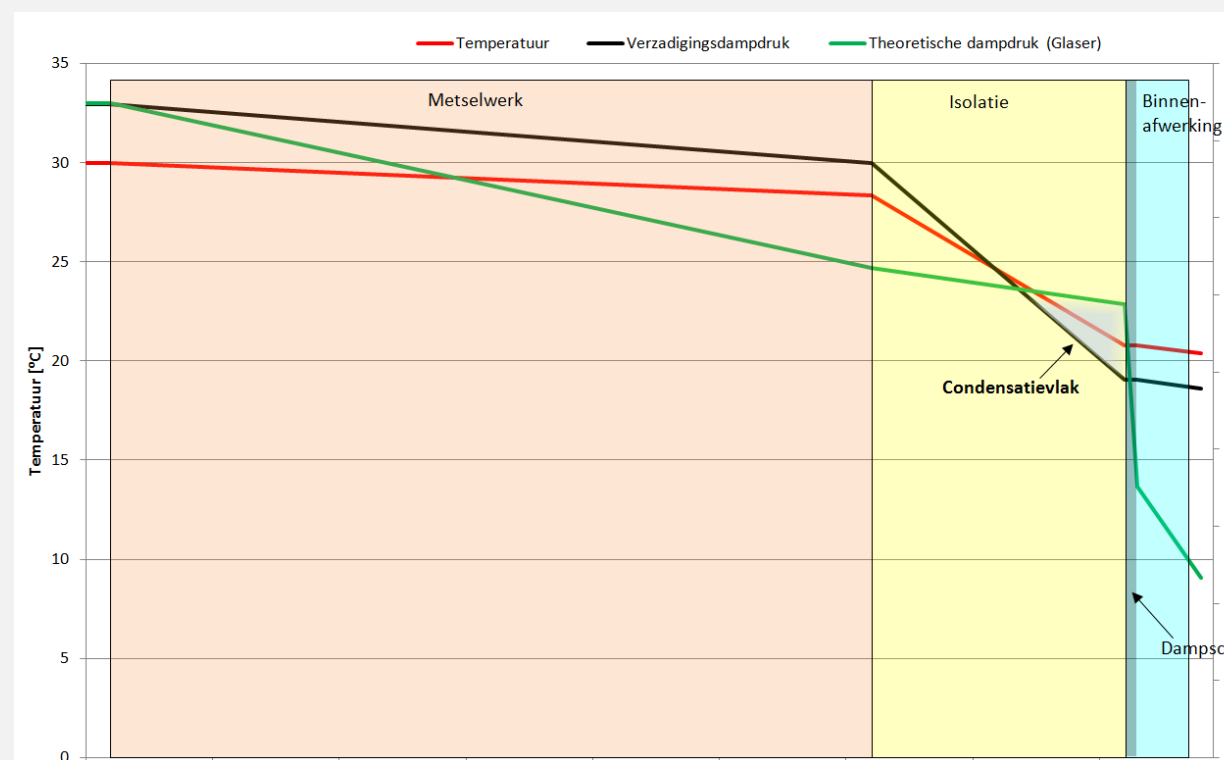


Figuur 12: Inwendige condensatie

Zomercondensatie

Zomercondensatie of omgekeerde condensatie treedt op in de zomer als de temperatuur aan het buitenoppervlak van het metselwerk hoger is dan de binnentemperatuur. Dikwijls veroorzaakt de bezonning van vochtig metselwerk een waterdampstroom die van buiten naar binnen door de wand heen migreert. Als de binnenafwerking uit materialen met een zeer hoge waterdampdiffusieweerstand bestaat, kan er condensatie optreden in het isolatiemateriaal en dikwijls ook op de overgang tussen de isolatie en de binnenafwerking. Figuur 13 toont het temperatuur- en theoretisch dampdrukprofiel (voorspeld met behulp van de Glaser-methode) in een gevelconstructie met binnenisolatie met binnencondities van 20°C en 50% relatieve vochtigheid en een nat metselwerk aan de buitenkant. Condensvorming treedt op in de isolatie tegen het dampscherm.

Dikwijls is het optreden van zomercondensatie een relatief kortstondig verschijnsel (in vergelijking met inwendige condensatie) en is de hoeveelheid gevormd condensaat relatief gering. Als de buitentemperatuur daalt, bijvoorbeeld tijdens de nacht, is het mogelijk dat condensaat weer uit de constructie te drogen.



Figuur 13: Zomercondensatie

3.2 KOUDEBRUGGEN

Koudebruggen vormen een belangrijk aandachtspunt bij de toepassing en uitvoering van een binnenisolatie.

Koudebruggen kunnen vooral aanwezig zijn ter plaatse van bouwknopen, dat wil zeggen de aansluiting van bouwdelen of elementen, en bij inhomogene wandopbouw. Figuur 14 toont de koudebrug ter plaatse van de aansluiting van een gevel met een binnenmuur. De oppervlaktetemperatuur in de hoek ter plaatse van de aansluiting daalt door plaatsing van de binnenisolatie. Door het aanbrengen van een binnenisolatie op de oorspronkelijke ongeïsoleerde buitenwand worden koudebruggen zonder aanvullende maatregelen versterkt. Veelal is het niet mogelijk koudebruggen te voorkomen of te elimineren en kan het energieverlies ten gevolge van een koudebrug worden gereduceerd door een correcte detaillering van de aansluitingen.

3.2.1 Oppervlaktecondensatie

Bij oppervlaktecondensatie treedt onmiddellijke condensvorming op ter plaatse van een relatief koud constructieoppervlak. Het risico op oppervlaktecondensatie kan worden voorkomen door een goede detaillering van bouwknopen. Door een correcte detaillering wordt een lage oppervlaktetemperatuur ter plaatse van de aansluiting voorkomen. Ook belangrijk voor het voorkomen van oppervlaktecondensatie is een goed functionerend ventilatiesysteem, dat de toevoer van voldoende verse lucht mogelijk maakt en voorziet in de afvoer van de geproduceerde waterdamp.

3.2.2 Schimmelvorming

Een relatief hoge relatieve vochtigheid ter plaatse van een constructieoppervlak over een langere periode kan leiden tot schimmelvorming. De oorzaken van oppervlaktecondensatie en schimmelvorming zijn gelijkaardig. Een groot verschil met oppervlaktecondensatie is dat schimmelvorming zich voordoet bij lagere relatieve vochtigheden aan het oppervlak, waarbij een grenswaarde van 80% relatieve vochtigheid wordt aangenomen

over een langere periode. Er moet ook een geschikte voedingsbodem (zoals behangpapier, pleister, hout) voor de betreffende schimmel aanwezig zijn.

Het risico op schimmelvorming kan worden voorkomen door een goede detaillering van bouwknopen. Ook in dat geval is een efficiënt functionerend ventilatiesysteem essentieel. Als binnenisolatie wordt toegepast, leidt dat in het algemeen tot een minder groot risico op schimmelvorming. Figuur 14 toont dat de oppervlaktetemperatuur op de kritische plaats in de hoek wordt verhoogd. Het risico op schimmelvorming kan wel toenemen als binnenisolatie wordt toegepast in een doorgedreven energetische renovatie waarbij binnenisolatie wordt toegepast in combinatie met andere ingrepen (bijvoorbeeld vervangen van schrijnwerk), waardoor de luchtdichtheid – en dus het ventilatievoud – zich kan wijzigen.

3.2.3 Thermische spanningen

Door de toepassing van binnenisolatie vergroten de temperatuurverschillen over het metselwerk. Het temperatuurverschil tussen de seizoenen en ook de temperatuurschommelingen ten gevolge van dag en nacht worden groter. Dat leidt tot thermische spanningen in het metselwerk, waardoor scheuren kunnen ontstaan in de muur en het pleisterwerk. Scheurtjes die het gevolg zijn van (belemmerde) thermische beweging van het metselwerk (bijvoorbeeld ter hoogte van een aangestorte latei), kunnen zich na het isoleren, ten gevolge van de grotere thermische bewegingen van het metselwerk, meer aftekenen.

Speciale aandacht voor scheurvorming ten gevolge van thermische spanningen moet uitgaan naar de aansluiting van de gevel met andere bouwdelen (bijvoorbeeld de aansluiting met een betonnen dakplaat). Door grote temperatuurschommelingen en daardoor ook grote thermische spanningen op de plaats van de aansluiting kan scheurvorming optreden.

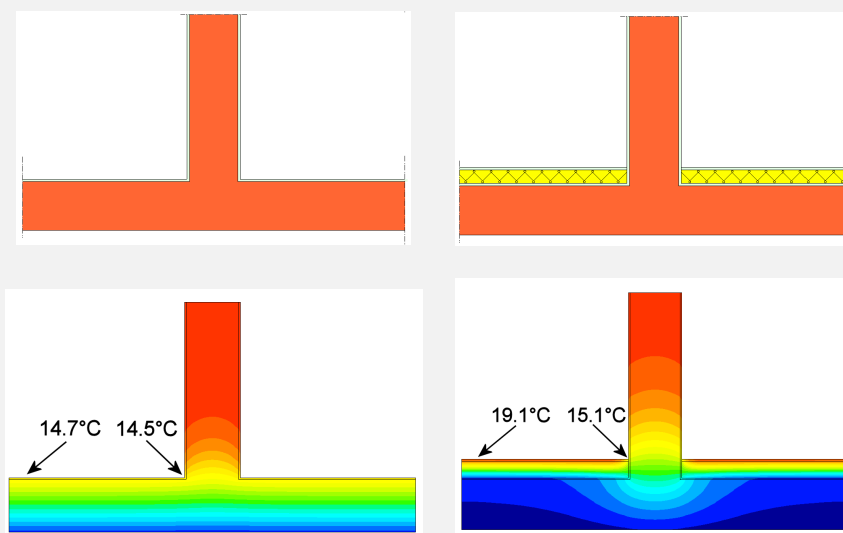
Koudebruggen

Binnenisolatie verhoogt de oppervlaktetemperatuur van de wand, wat bijdraagt aan een hoger thermische comfort en een kleinere kans op oppervlaktecondensatie. Er kunnen echter nieuwe koudebruggen ontstaan op een plaats waar de isolatie onderbroken wordt door een ander bouwdeel, bijvoorbeeld een binnenmuur (Figuur 14). Ook is het mogelijk dat de bevestiging van een binnenisolatie, bijvoorbeeld een metalen stijl- en regelwerk, kan fungeren als koudebrug (hoofdstuk 6). Op de plaats van de koudebruggen is de oppervlaktetemperatuur plaatselijk lager. Daar kan oppervlaktecondensatie ontstaan als de oppervlaktetemperatuur tot beneden het dauwpunt daalt.

Het risico op oppervlaktecondensatie is direct afhankelijk van:

- de bouwfysische en geometrische eigenschappen van de constructie;
- het temperatuurverschil tussen binnen en buiten;
- het woonvocht ten gevolge van de waterdampproductie door of voor menselijke activiteiten.

Als de relatieve vochtigheid op de plaats van de koudebrug langdurig hoog is, is het mogelijk dat er zich schimmelproblemen manifesteren. Op de plaats van koudebruggen zijn ook grotere warmtestromen aanwezig. Die leiden tot grotere energieverliezen ten opzichte van de wandopbouw zonder koudebruggen.

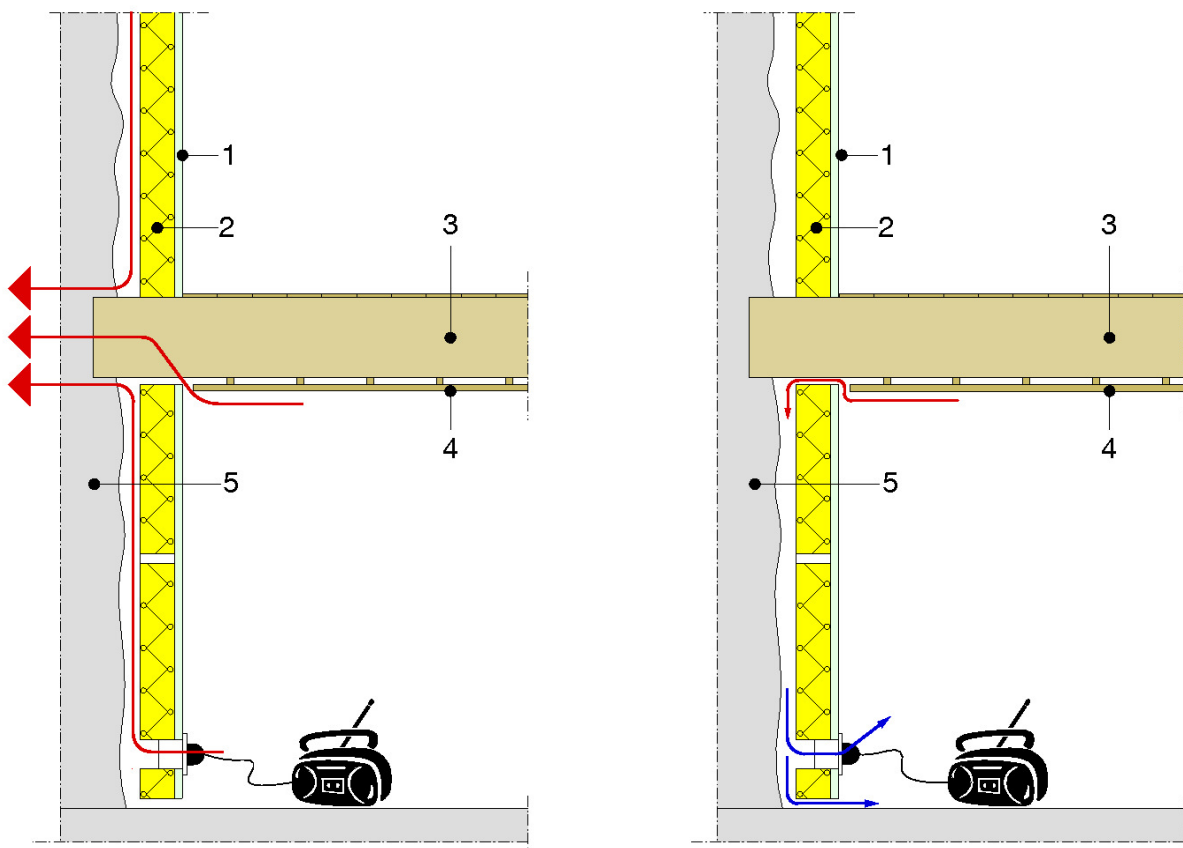


Figuur 14: Temperatuurverloop van een aansluiting van een gevel en een binnenmuur (links zonder binnenisolatie en rechts met binnenisolatie).

3.3 LUCHTINFILTRATIE, -EXFILTRATIE EN -CIRCULATIE

Bij de toepassing van binnenisolatie is het belangrijk om luchtinfiltratie en -exfiltratie door de wandconstructie te voorkomen. Ook luchtcirculatie tussen de isolatie en oorspronkelijke gevel moet men voorkomen (Figuur 15). Om een luchtdichte gevel te voorzien van binnenisolatie, moet men beginnen met de diagnose van de bestaande binnenafwerking. Met betrekking tot de luchtdichtheid van de geïsoleerde gevel is het belangrijk dat de ondergrond of

binnenafwerking van de oorspronkelijke gevel juist wordt beoordeeld. Daarbij moet vooral worden gelet op het voorkomen van oneffenheden en op de vlakheid van het binnenoppervlak. Een goede combinatie van het binnenoppervlak met het geselecteerde binnenisolatiesysteem is essentieel voor het verwezenlijken van een luchtdichte en performante geïsoleerde gevel.



1. Binnenafwerking; 2. Thermische isolatie; 3 Houten draagvloer; 4. Plafondafwerking; 5. Metselwerk.

Figuur 15: Aandachtspunten voor binnenisolatiesystemen: het voorkomen van in- of exfiltratie van lucht in de constructie (links) en voorkoming van circulatiestroming achter de isolatie (rechts) [Borsch-Laaks 2006].

Bovenstaande risico's kunnen als volgt worden voorkomen:

- De aansluiting tussen de binnenisolatie en de bestaande gevel moet naadloos worden uitgevoerd, zonder bijvoorbeeld kieren, luchtpouwen. Isolatiematerialen die volvlakkig aan de oorspronkelijke gevel aanliggen, hebben de voorkeur. Isolatietechnieken waarbij gebruik wordt gemaakt van vlokken, bijvoorbeeld door inblazing, en elastische, flexibele isolatiematerialen, bieden ook aanzienlijke voordelen.
- Het is aan te bevelen om de randaansluitingen met de binnenruimte elastisch af te dichten, bijvoorbeeld met behulp van een voorgecomprimeerde afdichtingsband.
- Het is raadzaam om doorboring van de isolatie en het luchtscherm, door bijvoorbeeld technische aansluitingen, te voorkomen. Als doorboring noodzakelijk is, moet extra aandacht gaan naar de luchtdichtheid van de aansluitingen, bijvoorbeeld door het gebruik van luchtdichte wandcontactdozen en

manchetten voor de doorvoer van leidingen (paragraaf 6.6).

- Het is aan te bevelen een pressurisatieproef uit te voeren om de luchtdichtheid van de gevel te verifiëren en mogelijke lokale lekkages te identificeren.
- Speciale aandacht moet worden besteed aan de aansluitingen van het binnenisolatiesysteem met de bouwkundige details (Hoofdstuk 6).

Als bij toepassing van een binnenafwerking die bestaat uit een plaat, bijvoorbeeld een gipskartonplaat of een houtvezelplaat, de luchtdichtheid van het gebouw of een deel daarvan alleen door die plaat wordt gerealiseerd, is het aan te bevelen extra aandacht te besteden aan de aansluiting van die plaat met de andere bouwelementen. In de praktijk is het lastig om op die plaatsen een duurzame en luchtdichte aansluiting te realiseren. Het is raadzaam om een extra luchtscherm, bijvoorbeeld een poly-ethyleen folie of een pleisterlaag, te plaatsen om de continuïteit van het luchtscherm op de plaats van de aansluitingen te verwezenlijken.

Luchttransport

Met betrekking tot het luchttransport moet luchtinfiltratie en -exfiltratie door de wandconstructie en luchtcirculatie tussen de isolatie en de oorspronkelijke gevel voorkomen worden (Figuur).

In/exfiltratie van lucht

Een doorstroming van de geïsoleerde gevel ontstaat als er luchtlekkages in de buitenwand aanwezig zijn. In situaties waarbij de oorspronkelijke gevel niet luchtdicht is uitgevoerd, bijvoorbeeld door het ontbreken van een binnen- of buitenpleister, en het binnenisolatiesysteem onvoldoende luchtdicht is afgewerkt, is er veelal een verhoogd risico op dergelijke convectieve stromingen. Doorstroming van de gevel wordt dikwijls ook waargenomen als er een aansluiting met een houten constructiedeel is. Door het luchtdrukverschil tussen binnen- en buitenomgeving stroomt warme lucht in de constructie en koelt die af. Het is dan mogelijk dat er door het temperatuur- en dampdrukverschil tussen binnen en buiten inwendige condensatie optreedt op de plaats van de overgang tussen isolatie en bestaande gevel.

Luchtcirculatie

Als de oorspronkelijke gevel voorzien was van een binnen- of buitenpleister en die dus in principe luchtdicht was afgewerkt, speelt doorstroming van de bestaande gevel een minder belangrijke rol. Maar als de aansluiting tussen de isolatie en de bestaande gevel onvoldoende is, bestaat een kans op circulatiestroming achter de isolatie. Warme lucht komt door openingen boven aan de wand vanuit de binnenruimte achter de isolatie, koelt af, en stroomt langs de openingen aan de onderkant weer naar buiten. Eventueel vindt, door het contact met het koele oppervlak van de oorspronkelijke gevel, inwendige condensatie plaats.

4 VOORAFGAANDE INSPECTIE EN DIAGNOSE

Binnenisolatie is alleen toepasbaar als de oorspronkelijke gevel aan specifieke eisen voldoet. Op basis van een voorafgaande inspectie en diagnose is het mogelijk om globaal gezien de toepasbaarheid van binnenisolatie te analyseren. Tijdens de inspectie en diagnose wordt de ongeïsoleerde gevel onderworpen aan een kritisch onderzoek. Daarbij is het aan te bevelen om elk gebouw en elke te isoleren gevel apart te beoordelen, aangezien de beoordeling doorgaans situatie- en oriëntatieafhankelijk is.

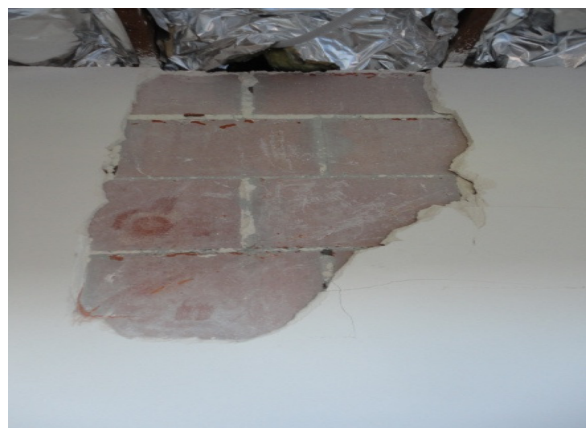
De in deze brochure gepresenteerde beoordeling is gebaseerd op een systematische analyse van de oorspronkelijke gevel, dat wil zeggen een massieve gevel, of een spouwmuur. De volledige checklist die de basis vormt voor deze analyse, is gepresenteerd in paragraaf 4.6. Een gevel die aan de in deze brochure gepresenteerde richtlijnen voldoet, is in het algemeen geschikt voor binnenisolatie. De in dit document gepresenteerde richtlijnen zijn louter indicatief. In specifieke gevallen is het dus mogelijk dat aan een muur die volgens de diagnose geschikt is voor binnenisolatie toch schade zou kunnen optreden.

4.1 ZICHTBARE SCHADE

Een gevel komt alleen in aanmerking voor binnenisolatie als die geen zichtbare schade, zoals vochtproblemen en scheuren, vertoont. Gevels waaraan vochtproblemen worden waargenomen, mogen niet zonder meer van binnenisolatie worden voorzien. Binnenisolatie mag in geen geval worden toegepast om vochtproblemen te verbergen of te camoufleren. Mogelijke vochtproblemen kunnen zich manifesteren door vochtvlekken of een zichtbaar vochtfront in het metselwerk, zoutuitbloeiingen en algengroei. In een dergelijk geval is het noodzakelijk om in overleg met de opdrachtgever eerst maatregelen te nemen om de oorzaak van de vochtproblemen te achterhalen.

Ook als er geen zichtbare schade aanwezig is, is het belangrijk om te anticiperen op mogelijke vochtproblemen door middel van een voorafgaande inspectie. Door het plaatsen van

binnenisolatie vermindert het drogingspotentieel van de gevel, waardoor die na plaatsing van de binnenisolatie minder in staat is te drogen. Andere bronnen van vocht, zoals opspattend water, optrekkend vocht, kunnen zich daardoor manifesteren. Door middel van een anticiperende inspectie kan men letten op de aansluiting van de gevel met de volle grond, het type bestrating, de aanwezigheid van drainage(systemen), en de toepassing van een capillaire onderbreking tussen de fundering en de gevel. Als een hoge vochtbelasting van de gevel wordt vermoed, is het raadzaam om, alvorens de binnenisolatie te plaatsen, maatregelen te nemen, zodat mogelijke problemen zich later niet kunnen manifesteren.



Figuur 16: Loskomen van de binnenbepleistering (boven) en zoutuitbloeiingen op de binnenbepleistering (onder)

4.2 TEKENEN VAN VOCHTSCHADE

Vochtplekken kunnen het gevolg zijn van regendoorslag of optrekkend vocht en kunnen leiden tot bijvoorbeeld het afbrokkelen van de aanwezige (historische) buitenpleister of (zout)uitbloeiingen (Figuur 16). Het is noodzakelijk om eerst maatregelen te nemen om die problemen te verhelpen. In het geval van optrekkend vocht is het mogelijk om het metselwerk te injecteren met een capillaire onderbreking. Ook is het belangrijk dat na het herstellen van de aan vochtschade onderhevige gevel en het verhelpen van de vochtproblemen de gevel voldoende tijd (enkele maanden) krijgt om te drogen. Als de binnenisolatie wordt geplaatst bij een gevel die onvoldoende droog is, kan dat het risico op nieuwe of herhaalde vochtproblemen vergroten.

4.2.1 Scheuren in gevels

Gevels waarin (aanzienlijke) scheuren voorkomen, moeten worden gerepareerd, ook als aan de binnenkant geen vochtdoorslag wordt waargenomen (Figuur 17). Nadat de oorzaak van de scheurvorming is vastgesteld, moet de scheur worden gestabiliseerd en moet die met een herstelmortel worden opgevuld. Als dat noodzakelijk is, moet de scheur worden uitgekapt.

Met betrekking tot scheurvorming in het buitenblad van spouwmuren is het verstandig de toepassing van binnenisolatie zorgvuldig af te wegen. De oorzaak van de scheurvorming moet worden achterhaald. Als de scheurvorming het

gevolg is van thermische spanningen die optreden door het temperatuurverschil tussen binnen- en buitenblad, is binnenisolatie wellicht geen goede optie. Door het plaatsen van de isolatie is het mogelijk dat de thermische belasting ten gevolge van grotere temperatuurschommelingen toeneemt, waardoor het risico op scheurvorming toeneemt. In dat geval is binnenisolatie af te raden. Als de oorzaak van de scheurvorming is achterhaald en besloten wordt om binnenisolatie toe te passen, moet eerst een gepaste reparatie worden uitgevoerd.



Figuur 17: Scheurvorming in metselwerk

Onderstaande tabel toont een samenvattend overzicht van de voorwaarden waaraan een gevel moet voldoen voor binnenisolatie. Voor de volledige tabel wordt verwezen naar paragraaf 0.

Tabel 1: Beoordeling van visuele schade aan de oorspronkelijke gevel

| Staat | De techniek is zonder meer toepasbaar | De toepasbaarheid is onbekend (bijkomende controles of onderzoeken moeten de toepasbaarheid bevestigen) | De techniek valt af te raden in de huidige staat (interventies die de vastgestelde gebreken aanpakken kunnen de techniek alsnog toepasbaar maken) |
|------------------|---|---|--|
| Zichtbare schade | Geen zichtbare schade (sporen van vocht in de binnenafwerking, oppervlakkige afschilfering van de bakstenen aan de buitenzijde,...) of vochtbronnen | Geen zichtbare schade maar aanwezigheid van vochtbronnen (opstijgend vocht, spatwater, enz.) die aanleiding kunnen geven tot schade na de plaatsing van de isolatie | Aanwezigheid van vochtplekken, een vochtfront, zoutuitbloeiingen, algen, scheuren, oppervlakkige afschilfering van de bakstenen buiten (vorstgevoelig), scheuren |

4.3 VORST- EN REGENBELASTING VAN DE GEVEL

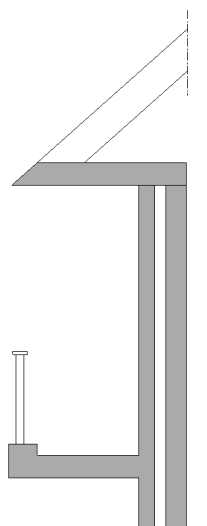
Binnenisolatie is alleen toepasbaar voor gevels met een voldoende dikte van het metselwerk en/of een relatief geringe (slag)regenbelasting. In het algemeen is er geen probleem voor:

- volle muren uit metselwerk met een dikte van twee steen of dikker,
- volle muren uit 1½ steen metselwerk met een geringe regenbelasting,
- volle muren uit betonblokken met gesloten structuur of gegoten beton
- (on)geïsoleerde spouwmuren,
- binnenmuren.

Een goede beoordeling van de regenbelasting op de gevel is cruciaal voor het voorkomen van schade ten gevolge van vorst en vocht.

4.3.1 Regenbelasting

De regenbelasting is afhankelijk van de oriëntatie van de gevel, de gevelhoogte, en de terreinruwheid van de omgeving. Voor de toepassing van binnenisolatie zijn er geen concrete richtlijnen voorhanden die gerelateerd zijn aan de slagregenbelasting van de gevel. Op basis van de huidige stand van de techniek is het aan te bevelen om gevels die aan een hoge slagregenbelasting blootstaan, met voorzichtigheid te behandelen.



- **Figuur 18: Bescherming van de gevel tegen regenbelasting door een oversteek [ButgB Infoblad 2011]**

In het algemeen geldt een groter risico op hygrothermische problemen bij het plaatsen van binnenisolatie met toenemende gevelhoogte.

Ook de bescherming van de gevel speelt een rol bij de regenbelasting. De bescherming van de te isoleren gevel bestaat bij voorkeur uit een afdekking die uitsteekt ten opzichte van het gevelvlak (Figuur 18). Lijsten en andere uitstekende randen moeten in staat zijn om het water van de muur weg te leiden. Alle uitsteken zijn idealiter voorzien van een efficiënte afdruiplijst aan de onderkant, op voldoende afstand van de muur. Ook bij lagere gebouwhoogtes heeft de aanwezigheid van oversteken een gunstig effect op de blootstelling.

Een gevel kan een matige of hoge slagregenbelasting hebben in de volgende gevallen:

- als die gelegen is in een geografisch gebied met een hoge regenbelasting, zoals de kust, de Ardennen, op een heuvelrug;
- als die onvoldoende beschermd is door bijvoorbeeld een afdekking of afdruiplijst;
- als die op het zuidwesten georiënteerd is in een onbebouwde omgeving of een gebied met weinig bebouwing;
- als die relatief hoog is, bijvoorbeeld bij een appartementsgebouw of flat.

Als het vermoeden bestaat dat de te isoleren gevel aan een relatief hoge slagregenbelasting onderhevig is, is het raadzaam voorzichtig te zijn met de toepassing van binnenisolatie. In een dergelijke situatie is het aan te bevelen een aanvullende bouwfysische studie uit te voeren, of de gevel te voorzien van een waterwerende bescherming, bijvoorbeeld een bebording. In het laatste geval is buitenisolatie vermoedelijk een beter alternatief.

4.3.2 Tussenvloeren

Voor de toepassing van binnenisolatie is het noodzakelijk om rekening te houden met het type en de toestand van de tussenvloeren in het gebouw. In het algemeen is binnenisolatie bij betonvloeren geen probleem als aan alle voorgaande eisen is voldaan. Het is aan te bevelen om bij de aanwezigheid van een houten tussenvloer of houten balken in de gevel voorzichtig te zijn met de toepassing van

binnenisolatie. Als de aansluiting van de houten balken of de tussenvloer zich bevindt in een buitengevel, kan de plaatsing van de binnenisolatie mogelijk nadelige gevolgen hebben voor de duurzaamheid van de houten constructiedelen, zoals het optreden van houtrot en schimmelvorming. Als de houten constructiedelen in de huidige situatie aan degradatie onderhevig zijn en er schade wordt geconstateerd, wordt binnenisolatie afgeraden, tenzij er grondigere maatregelen worden genomen. Ook als de houten balken of de tussenvloer aansluiten op een aan een matige tot hoge regenbelasting onderhevige gevel, is binnenisolatie niet aan te bevelen.



Figuur 19: Schade aan de houten balken ten gevolge van een hoog vochtgehalte op de plaats van de aansluiting met de gevel [Feist 2009]

4.3.3 Waterleidingen en andere technische voorzieningen in de gevel

Het is mogelijk dat in de te isoleren gevel technische leidingen of voorzieningen aanwezig

zijn. Bij de toepassing van binnenisolatie moet men zich er bewust van zijn dat de voorzieningen buiten de isolerende gebouwschil komen te liggen en daardoor onderhevig zijn aan relatief lagere temperaturen en grotere temperatuurschommelingen.

Speciale aandacht moet uitgaan naar leidingen die vorstgevoelig zijn, zoals waterleidingen en verwarmingsbuizen. Het is raadzaam om alvorens de binnenisolatie te plaatsen vorstgevoelige leidingen die in de oorspronkelijke metselwerkwand aanwezig zijn, te verplaatsen, zodat die aan de binnenkant van de isolerende gebouwschil liggen. Op die manier wordt het risico op schade ten gevolge van bevroren leidingen voorkomen.

Technische voorzieningen die ongevoelig zijn voor schade ten gevolge van vorst, lage temperaturen of temperatuurschommelingen, kunnen op de oorspronkelijke plaats blijven. Maar daarbij moet speciale aandacht gaan naar metalen doorvoeringen, bijvoorbeeld elektriciteitsvoorzieningen, die een koudebrug kunnen vormen. De doorvoer van dergelijke voorzieningen naar de binnenruimte betekent immers mogelijk een doorboring van de isolatie, het dampscherm en het luchtscherm. Om het risico op inwendige condensatie ten gevolge van perforatie van het dampscherm of het luchtscherm te voorkomen, moeten de technische details kwaliteitsvol worden uitgevoerd.

Onderstaande tabel toont een samenvattend overzicht van de voorwaarden waaraan een gevel moet voldoen voor binnenisolatie. Voor de volledige tabel wordt verwezen naar paragraaf 4.6.

Tabel 2: Beoordeling van de vorst- en vochtbelasting van de gevel

| | De techniek is zonder meer toepasbaar | De toepasbaarheid is onbekend (bijkomende controles of onderzoeken moeten de toepasbaarheid bevestigen) | De techniek valt af te raden in de huidige staat (interventies die de vastgestelde gebreken aanpakken kunnen de techniek alsnog toepasbaar maken) |
|--|---|---|---|
| Blootstelling aan vocht en vorst | Typologie van de gevel en blootstelling aan de regen | | |
| | Volle metselwerk buitengevel twee steen of dikker, of ($\leq 1\frac{1}{2}$ steen) met geringe regenbelasting Massieve buitengevel uit beton Ongeïsoleerde spouwmuur Geïsoleerde spouwmuur Binnenmuur | 1½ steen (met matige/hoge regenbelasting) | ≤ 1 steen (met matige/hoge regenvochtbelasting) |
| | Tussenliggende vloeren | | |
| | Betonvloer of houtstructuur die niet ingewerkt werd in de te isoleren gevel | Onbeschadigde houten draagstructuur die ingewerkt werd in de te isoleren gevel | Houten draagstructuur met beschadigingen die ingewerkt werd in de te isoleren gevel |
| | Technische installaties | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Afwezigheid van waterleidingen of andere leidingen die vocht- of vorstgevoelig zijn De afwezigheid van technische installaties die de isolatielaag doorboren vereenvoudigt de plaatsing | | Aanwezigheid van waterleidingen of andere leidingen die vocht- of vorstgevoelig zijn in de gevel | |

4.4 MATERIAALKENMERKEN VAN DE BESTAANDE GEVEL

Voor de toepassing van binnenisolatie moet de gevel bestaan uit vorstbestendige materialen zodat die zo goed mogelijk kan drogen.

4.4.1 Gevelafwerking aan de buitenkant

Op de oorspronkelijke buitenmuur kan een waterwerende buitenafwerking, zoals een (historisch) buitenpleister, een verf, of een waterwerende impregnatie (hydrofobering) aanwezig zijn. Het type buitenafwerking dat op de gevel aanwezig is, is essentieel voor de vochtbelasting van de gevel. Vaak levert een goed functionerende buitenafwerking een efficiënte bescherming tegen slagregen, waardoor de vochtbelasting van de gevel wordt gereduceerd. Daarbij is een dampopen gevelafwerking vereist, omdat die het drogingspotentieel van de gevel maar in beperkte mate reduceert [Janssens et al. 2012]. Speciale aandacht moet uitgaan naar potentiële heterogeniteit in enerzijds de afwerking, bijvoorbeeld het plaatselijk loslaten van de verf, en anderzijds het metselwerk, bijvoorbeeld

scheuren, waardoor regenwater kan binnendringen. Als de bestaande gevelafwerking niet in goede staat is, is de gevel niet geschikt voor de toepassing van binnenisolatie.

Om binnenisolatie van een gevel mogelijk te maken, moet de bestaande afwerking (aan de buitenkant) in goede staat verkeren, met een goede hechting aan het onderliggend metselwerk. Een afwerking met dampdoorlatende eigenschappen verdient de voorkeur. In dat geval is droging van het metselwerk mogelijk. Als er onregelmatigheden in de buitenafwerking aanwezig zijn, wordt aangeraden de opdrachtgever te adviseren eerst de gevelafwerking te laten herstellen.

Bij een gevel die voorzien is van een dampremmende afwerking aan de buitenkant, is droging van (potentieel) vocht in de gevel veelal onmogelijk. Om het risico op vorstschade te voorkomen, is het bij gevels die opgebouwd zijn uit stenen met een hoge diffusieweerstand (bijvoorbeeld geglazuurde baksteen, tegels, mozaïek) of bij gevels die voorzien zijn van sterk dampremmende afwerklaag, zoals dampremmende verf, meer voorzichtigheid geboden.



Figuur 20: Gevelafwerking die bestaat uit keramische tegels (links) en geglazuurde gevelstenen (rechts)

4.4.2 Gevelsteen

Binnenisolatie is alleen toepasbaar als het metselwerk ongevoelig is voor vorstschade. Als de gevelsteen vorstbestendig is conform de norm NBN 771-1, of zeer vorstbestand conform NBN B27-009/A2, kan het risico op vorstschade aan de gevelsteen na plaatsing van de binnenisolatie worden beperkt. De vorstbestendigheid van een gevelsteen is gespecificeerd in de CE-markering van het product.

Figuur 21 toont een gevel die vorstschade aan de bakstenen vertoont. Dikwijls is er in het kader van een renovatie geen informatie beschikbaar over de vorstbestendigheid van de gevelsteen. In dat geval geeft de toestand van sterk aan slagregen blootgestelde delen van het metselwerk zoals op de plaats van schouwen en dakranden of ter hoogte van het maaiveld een goede indicatie van de gevoeligheid voor vorstschade. De afwezigheid van schade op plaatsen waar men een verhoogd risico op vorstschade zou verwachten, biedt echter geen garantie dat er na de plaatsing van binnenisolatie geen vorstschade kan optreden. In geval van twijfel is het inschakelen van specialisten voor nader onderzoek op basis van vorstproeven noodzakelijk. Mogelijk kan men de blootstelling reduceren, bijvoorbeeld door het aanbrengen van doeltreffende dekstenen of door maatregelen te nemen om bevochtiging

door opstijgend of opspattend vocht tegen te gaan.



Figuur 21: Vorstschade aan bakstenen

Als de gevel vorstschade vertoont, kan verdere degradatie voorkomen worden door een aangepaste regenwerende gevelafwerking (bijvoorbeeld een bebording of een buitenbepleistering). Als die maatregel genomen wordt, vormt de vorstgevoeligheid van het gevelmetselwerk geen belemmering voor de plaatsing van binnenisolatie. Alleen hydrofuge aanbrengen op het metselwerk dat niet vorstbestendig is, biedt onvoldoende garantie op het voorkomen van vorstschade. In dat geval is het aan te bevelen de gevel te voorzien van buitenisolatie in plaats van binnenisolatie.

4.4.3 Kwaliteit van de stel- en voegmortel

Ook de stel- en voegmortel van het gevelmetselwerk zullen na het isoleren van de gevel meer aan vorst worden blootgesteld. Als de voegmortel vorstschade vertoont, is het raadzaam die te verwijderen en te vervangen door een vorstbestendige mortel, die afgestemd is op het type en de blootstelling van het metselwerk.



Figuur 22: Vorstschade aan de stelmortel

Figuur 22 toont een gevel met vorstschade aan de stelmortel. Vorstschade aan de stelmortel kan men herkennen aan fijne scheurtjes die in de mortel voorkomen, terwijl soms een 'gelaagde' structuur wordt waargenomen. De mortel heeft doorgaans slechts een geringe samenhang. Als bij een muur met een geringe dikte of een spouwmuur de stelmortel vorstgevoelig is, is een meer ingrijpende aanpak vereist.

Ook als de stelmortel geen vorstschade vertoont, is het raadzaam voorzichtig te zijn als de samenstelling ervan onbekend is. Er moet speciale aandacht aan de vorstbestendigheid van de mortel worden besteed als er zuivere kalkmortels of fijn zand (zavel) zijn gebruikt bij de aanmaak van de mortel. Fijn zand is herkenbaar aan de gele kleur van de mortel.

4.4.4 Afwerking aan de binnenkant

De binnenafwerking van de te isoleren muur moet in kwalitatief goede staat verkeren. Dat betekent dat die vrij van gebreken (zoals scheuren) is, en geen vochtschade (bijvoorbeeld ten gevolge van regendoorslag) vertoont. Als de binnenafwerking (vocht)schade vertoont of er een vermoeden van vochtproblemen is, moet eerst de oorzaak van die problemen worden onderzocht en verholpen.

Afhankelijk van het binnenisolatiesysteem dat wordt toegepast, worden specifieke eisen aan de ondergrond gesteld. Concreet hebben die eisen betrekking op:

- de kwaliteit van de al aanwezige binnenafwerking;
- de vlakheid van de ondergrond;
- de voorbehandeling van de ondergrond.

Kwaliteit van de aanwezige binnenafwerking

Aan de binnenkant van de oorspronkelijke enkelvoudige buitenmuur kan een binnenafwerking, zoals pleisterwerk, een verf, of behang aanwezig zijn. Afhankelijk van de staat van de binnenafwerking, het type binnenafwerking en het type binnenisolatiesysteem dat wordt toegepast, is het mogelijk of noodzakelijk om de binnenafwerking te behouden, te herstellen of te verwijderen.

Bij de selectie van een binnenisolatiesysteem is het belangrijk rekening te houden met de compatibiliteit van de binnenafwerking en ook met de materialen die op de binnenafwerking aanwezig zijn of erop zijn aangebracht. Afhankelijk van het type binnenisolatiesysteem dat wordt toegepast, is het raadzaam om:

- dampremmende lagen of materialen, bijvoorbeeld behang en dampremmende verf, te verwijderen;
- verontreinigingen van het binnenoppervlak, zoals (losse) gipsresten of oliehoudende stoffen, te verwijderen;
- te beschikken over een voldoende sterke of draagkrachtige ondergrond.

Vlakheid

Met betrekking tot de vlakheid van het binnenoppervlak moet rekening gehouden worden met de (lokale) structuur van het oppervlak, bijvoorbeeld de wandruwheid ten gevolge van gips of stenen en voegmortel, en met de globale vlakheid van de muur. Dat laatste houdt in dat aan de maximale scheefheid van de wand over de volledige hoogte of breedte eisen worden gesteld. Meer gedetailleerdere richtlijnen worden daarover gepresenteerd in paragraaf 5.2. In elk geval moet er een goede

aansluiting tussen de oorspronkelijke muur en de binnenisolatie worden gerealiseerd. Speciale aandacht moet uitgaan naar de aansluiting tussen de muur en de binnenisolatie. Kieren, naden en luchtsponen moeten worden voorkomen en het binnenoppervlak van de muur moet zo vlak mogelijk zijn.

Voorbehandeling

Als de bestaande bepleistering (aan de binnenkant) wordt behouden, moet die in goede staat verkeren, met een goede hechting aan het onderliggende metselwerk. Als er onregelmatigheden, zoals loszittende of loslatende pleister, in de binnenafwerking

aanwezig zijn, is het aan te bevelen de opdrachtgever te adviseren, eerst de afwerking (afhankelijk van het binnenisolatiesysteem) te laten herstellen of te verwijderen. Bij de toepassing van gekleefde of gelijmde binnenisolatiesystemen moet de ondergrond vochtbestendig, voldoende sterk en draagkrachtig zijn. Afhankelijk van de hygrothermische condities van het metselwerk moet men er, na verwijdering van de binnenafwerking, rekening mee houden dat de muur mogelijk moet drogen.

Onderstaande tabel toont een samenvattend overzicht van de voorwaarden waaraan een muur moet voldoen voor binnenisolatie.

Tabel 3: Eigenschappen van de materialen van de oorspronkelijke muur

| | De techniek is zonder meer toepasbaar | De toepasbaarheid is onbekend (bijkomende controles of onderzoeken moeten de toepasbaarheid bevestigen) | De techniek valt af te raden in de huidige staat (interventies die de vastgestelde gebreken aanpakken kunnen de techniek alsnog toepasbaar maken) |
|---|---|---|---|
| Eigenschappen van de materialen van de oorspronkelijke muur | Buitenafwerking | | |
| | Geen buitenafwerking of een goed functionerende waterwerende dampopen buitenafwerking in goede staat. | | Beschadigde buitenafwerking niet in goede staat Dampremmende afwerking zoals geglazuurde baksteen, tegels, mozaïek, dampremmende verf |
| | Gevelsteen | | |
| | Conform NBN 771, Zeer vorstbestand conform NBN B27-009/A2 | Geen zichtbare vorstschade | Zichtbare vorstschade, gevelsteen niet vorstbestendig |
| | Stel- en voegmortel | | |
| | Conform NBN 771, Zeer vorstbestand conform NBN B27-009/A2 | Geen zichtbare vorstschade Zuivere kalkmortel | Zichtbare vorstschade, mortel niet vorstbestendig (bijvoorbeeld mortel die samengesteld is uit zavel) |
| | Binnenafwerking | | |
| Geen zichtbare schade Geen loszittende delen Vlakke, ongestructureerde ondergrond | Loszittende delen Sterk gestructureerde ondergrond Niet-vochtbestendige binnenafwerking Dampremmende lagen | Zichtbare schade (bijvoorbeeld scheurvorming, loskomen verf, gedegradeerde binnenpleister) | |

Tabel 4: Beoordeling van de binnenomgeving en de technische installaties

| | | | |
|---------------|--|---|---|
| | De techniek is zonder meer toepasbaar | De toepasbaarheid is onbekend (bijkomende controles of onderzoeken moeten de toepasbaarheid bevestigen) | De techniek valt af te raden in de huidige staat (interventies die de vastgestelde gebreken aanpakken kunnen de techniek alsnog toepasbaar maken) |
| Binnenklimaat | Binnenklimaatklasse | | |
| | Binnenklimaatklasse 2 | Binnenklimaatklasse 3 | Binnenklimaatklasse 4 (Extreem vochtig) |
| | Klimatisering (HVAC) | | |
| | Goedwerkende, efficiënte ventilatie, klimaatregeling en verwarmingssysteem | | Onvoldoende ventilatie |

4.5 BINNENKLIMAAT, VENTILATIE EN KLIMAATREGELING

In het algemeen is het aan te bevelen binnenisolatie alleen toe te passen in een gebouw waar het binnenklimaat niet extreem vochtig is. Voor gebouwen met een extreem vochtig binnenklimaat (conform binnenklimaatklasse 4 [Vandooren 2004], zoals overdekte zwembaden en textiel fabrieken, is een specifieke studie noodzakelijk.

Als binnenisolatie wordt toegepast, leidt dat in het algemeen tot een minder groot risico op schimmelvorming. Een goed functionerende ventilatie is belangrijk als de plaatsing van binnenisolatie onderdeel is van een grotere gebouwrenovatie, waarbij bijvoorbeeld vensters met een verhoogde thermische prestatie worden geplaatst. In dat geval verandert het bouwfysische karakter van het gebouw, bijvoorbeeld door een betere luchtdichtheid, en neemt het belang van ventilatie toe. Verwarming en luchtdichtheid van het gebouw zijn ook belangrijk voor het functioneren van de binnenisolatie.

4.6 CHECKLIST

Op basis van de in dit hoofdstuk besproken diagnose en inspectie van de originele muur is het mogelijk de geschiktheid van de muur voor binnenisolatie te beoordelen. Die kunnen uitgevoerd worden met de in Tabel 5

weergegeven checklist. Per onderdeel wordt de geschiktheid van de muur geëvalueerd. In principe zijn er drie scenario's mogelijk:

1. Als de toestand van de te evalueren muur beantwoordt aan de beschrijving in de groene kaders, betekent dat dat er in principe geen directe belemmeringen zijn voor de toepassing van binnenisolatie. Binnenisolatie is dus **mogelijk**, maar de toegepaste analyse geeft geen volledige garantie voor het niet optreden van eventuele problemen.
2. Als de muur voor een of meer punten aan de beschrijving in het rode kader voldoet, wordt binnenisolatie van de muur, zoals die zich in de huidige toestand bevindt, **afgeraden**. Extra maatregelen zijn **noodzakelijk** om de geschiktheid van de muur te verbeteren. Er kan ook een aanvullende bouwfysische studie worden uitgevoerd.
3. Als de muur voor een of meer indicatoren aan de beschrijving in het oranje kader voldoet, is de toepassing van binnenisolatie **onbekend**. Men moet dan extra voorzichtig zijn. Voor het betreffende onderdeel is het aan te bevelen om extra maatregelen te nemen en/of een aanvullende bouwfysische studie uit te voeren.

Tabel 5: Diagnose en inspectie ter beoordeling van de geschiktheid van binnenisolatie

| Staat | De techniek is zonder meer toepasbaar | De toepasbaarheid is onbekend (bijkomende controles of onderzoeken moeten de toepasbaarheid bevestigen) | De techniek valt af te raden in de huidige staat (interventies die de vastgestelde gebreken aanpakken kunnen de techniek alsnog toepasbaar maken) |
|--|---|---|--|
| Zichtbare schade | Geen zichtbare schade (sporen van vocht in de binnenafwerking, oppervlakkige afschilfering van de bakstenen aan de buitenzijde,...) of vochtbronnen | Geen zichtbare schade maar aanwezigheid van vochtbronnen (opstijgend vocht, spatwater, enz.) die aanleiding kunnen geven tot schade na de plaatsing van de isolatie | Aanwezigheid van vochtplekken, een vochtfront, zoutuitbloeiingen, algen, scheuren, oppervlakkige afschilfering van de bakstenen buiten (vorstgevoelig), scheuren |
| Blootstelling aan vocht en vorst | Typologie van de gevel en blootstelling aan de regen | | |
| | Volle metselwerk buitengevel twee steen of dikker, of ($\leq 1\frac{1}{2}$ steen) met geringe regenbelasting Massieve buitengevel uit beton Ongeïsoleerde spouwmuur Geïsoleerde spouwmuur Binnenmuur | 1½ steen (met matige/hoge regenbelasting) | ≤ 1 steen (met matige/hoge regenvochtbelasting) |
| | Tussenliggende vloeren | | |
| | Betonvloer of houtstructuur die niet ingewerkt werd in de te isoleren gevel | Onbeschadigde houten draagstructuur die ingewerkt werd in de te isoleren gevel | Houten draagstructuur met beschadigingen die ingewerkt werd in de te isoleren gevel |
| | Technische installaties | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Afwezigheid van waterleidingen of andere leidingen die vocht- of vorstgevoelig zijn De afwezigheid van technische installaties die de isolatielaag doorboren vereenvoudigt de plaatsing | | Aanwezigheid van waterleidingen of andere leidingen die vocht- of vorstgevoelig zijn in de gevel | |
| Eigenschappen van de materialen van de | Buitenaafwerking | | |
| | Geen buitenaafwerking of een goed functionerende waterwerende dampopen buitenaafwerking in goede staat. | | Beschadigde buitenaafwerking niet in goede staat Dampremmende afwerking zoals geglazuurde baksteen, tegels, mozaïek, dampremmende verf |
| | Gevelsteen | | |
| | Conform NBN 771, Zeer vorstbestand conform NBN B27-009/A2 | Geen zichtbare vorstschade | Zichtbare vorstschade, gevelsteen niet vorstbestendig |
| | Stel- en voegmortel | | |
| Conform NBN 771, Zeer vorstbestand conform NBN B27-009/A2 | Geen zichtbare vorstschade Zuivere kalkmortel | Zichtbare vorstschade, mortel niet vorstbestendig (bijvoorbeeld mortel die samengesteld is uit zavel) | |
| Binnenaafwerking | | | |
| Geen zichtbare schade Geen loszittende delen Vlakke, ongestructureerde ondergrond | Loszittende delen Sterk gestructureerde ondergrond Niet-vochtbestendige binnenaafwerking Dampremmende lagen | Zichtbare schade (bijvoorbeeld scheurvorming, loskomen verf, gedegradeerde binnenpleister) | |
| Binnenklimaat | Binnenklimaatklasse | | |
| | Binnenklimaatklasse 2 | Binnenklimaatklasse 3 | Binnenklimaatklasse 4 (Extreem vochtig) |
| | Klimatisering (HVAC) | | |
| Goedwerkende, efficiënte ventilatie, klimaatregeling en verwarmingssysteem | | Onvoldoende ventilatie | |

5 KEUZE VAN HET BINNENISOLATIECONCEPT

Er zijn verschillende systemen en producten voor binnenisolatie beschikbaar op de markt. Het beoordelen van de toepasbaarheid van een bepaald binnenisolatiesysteem is in de praktijk veelal van geval tot geval anders, dat wil zeggen afhankelijk van de bestaande constructie en de aard van de renovatie. Deze brochure presenteert een objectieve afweging voor de selectie van een optimaal binnenisolatiesysteem en een duurzame oplossing. De toepassing van binnenisolatie is dikwijls een compromis tussen economische, ecologische en esthetische aspecten. Daarbij moet een goed functionerende constructie vooropstaan. De selectie van een binnenisolatiesysteem bestaat uit een aantal stappen:

1. allereerst wordt de geschiktheid van de oorspronkelijke muur onderzocht op basis van de diagnose en de inspectie die in hoofdstuk 4 is gepresenteerd;
2. als de muur geschikt is bevonden voor binnenisolatie, wordt de beoogde verbetering van de thermische weerstand bepaald (paragraaf 5.2);
3. vervolgens worden de vereiste technische eigenschappen gedefinieerd, wordt het systeem gekozen, en wordt de dikte van de isolatie bepaald (paragraaf 5.3);
4. ten slotte wordt aandacht besteed aan de detaillering van het systeem en de bouwknopen.

Bij de selectie moet men zich ervan bewust zijn dat een binnenisolatiesysteem doorgaans bestaat uit meerdere componenten: de draagconstructie, het isolatiemateriaal, het dampscherm en de binnenafwerking. Een goed functionerende binnenisolatie wordt pas verkregen als zowel de oorspronkelijke constructie als de afzonderlijke componenten op elkaar zijn afgestemd. In dit hoofdstuk worden de richtlijnen voor die afstemming gepresenteerd.

5.1 GESCHIKTHEID VOOR TOEPASSING VAN HET BINNENISOLATIECONCEPT EN VOORAFGAANDE DIAGNOSE

Op basis van een inspectie aan de hand van de in hoofdstuk 4 besproken aspecten is het mogelijk

een indicatie te krijgen van de geschiktheid voor een binnenisolatieconcept. Daarbij worden de volgende geschiktheidsvoorwaarden geëvalueerd:

- visuele schade aan de oorspronkelijke muur, technische voorzieningen, en houten constructiedelen;
- vorst- en vochtbelasting van de muur: regenbelasting en typologie;
- eigenschappen van de materialen van de bestaande muur: buitenafwerking, steen, stel- en voegmortel, en binnenafwerking;
- binnenomgeving en technische installaties: binnenklimaat, ventilatie, en klimaatregeling.

De geschiktheid van een muur voor binnenisolatie wordt beoordeeld aan de hand van Tabel 5. Als de bestaande muur aan de beschreven voorwaarden voldoet, is de toepassing van binnenisolatie in principe in het algemeen mogelijk. In specifieke gevallen is het echter mogelijk dat aan een muur die volgens de diagnose geschikt is voor binnenisolatie, toch schade zou kunnen optreden.

5.2 BEPALING VAN DE VEREISTE ISOLATIEDIKTE

Zoals al eerder vermeld is, maakt het toepassen van binnenisolatie een gevel tot een hygrothermische complexe constructie. Het risico op mogelijke problemen stijgt met een toenemende isolatiedikte, wat nader is toegelicht in hoofdstuk 3. Tot een energetische verbetering van de warmteweerstand van de gevel van $\Delta R < 1.0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (overeenkomend met een isolatiedikte van 4 cm, $\lambda=0.040 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) is dat risico relatief klein.

Er zijn geen specifieke minimumwaarden voor de warmteweerstand van gevels met betrekking tot energetische renovatie van gebouwen. De actuele energieprestatieregelgeving (EPB) in het Vlaamse Gewest is in de meeste gevallen bij de plaatsing van binnenisolatie niet van toepassing. Daarom wordt de thermische verbetering van de gevel door de plaatsing van binnenisolatie in principe bepaald door de keuze van de ontwerper. In deze brochure dienen de eisen van de EPB-regelgeving alleen als referentie. Om thermische prestaties te bereiken die

Tabel 6: Controletool voor de dikte van het isolatiemateriaal in een aan de binnenkant geïsoleerde gevelmuur, waarbij de beoogde U-waarde 0.3W/(m²K) bedraagt.

| | R m ² .K/W | | Isolatie dikte [cm] | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|-----|---------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Metselwerk 29cm | 0.29 | MW | λ = 0.031 | | | | | | | | | | |
| | | EPS | λ = 0.031 | | | | | | | | | | |
| | | XPS | λ = 0.028 | | | | | | | | | | |
| | | PUR | λ = 0.023 | | | | | | | | | | |
| | | PF | λ = 0.022 | | | | | | | | | | |
| | | CEL | λ = 0.038 | | | | | | | | | | |
| Ongeïsoleerde spouwmuur | 0.27 | MW | λ = 0.031 | | | | | | | | | | |
| | | EPS | λ = 0.031 | | | | | | | | | | |
| | | XPS | λ = 0.028 | | | | | | | | | | |
| | | PUR | λ = 0.023 | | | | | | | | | | |
| | | PF | λ = 0.022 | | | | | | | | | | |
| | | CEL | λ = 0.038 | | | | | | | | | | |

bijvoorbeeld voldoen aan een thermische prestatie van $U < 0.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, zijn grotere isolatiediktes nodig bijvoorbeeld ongeveer 14cm, uitgaande van traditionele isolatiematerialen ($\lambda = 0.040 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Tabel 6 en Tabel 7 tonen de benodigde isolatiedikte voor respectievelijk een U-waarde van 0.3 en 0.6 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ voor verschillende isolatiematerialen. Voor de meeste producten op de markt is er een gecertificeerde lambda-waarde (λ), die op het product vermeld staat.

Het toepassen van grotere isolatiediktes brengt ook grotere hygrothermische risico's met zich mee. Dat vereist dikwijls een goede planning, een nauwkeurige bouwtechnische detaillering, en een zorgvuldige behandeling van de aansluitingen tussen de verschillende bouwelementen, zoals de aansluiting met vensters. Vaak moeten bestaande vensters vervangen worden om de veranderingen in de constructie op te vangen en veelal wordt besloten tot een grondigere renovatie van het gebouw.

Als de toepassing van binnenisolatie niet past in een uitgebreidere renovatie van het gebouw, is

het aantrekkelijk om een binnenisolatie te plaatsen waarbij de originele configuratie van het gebouw kan worden behouden. De toepassing van een kleinere isolatiedikte leidt niet tot een geïsoleerde gevel die voldoet aan de ambities van de EPB-regelgeving voor nieuwbouw, maar leidt niettemin tot een energetische besparing en verbetering van het thermisch comfort.

Samenvattend is het dus mogelijk uit te gaan van twee principiële scenario's:

- een thermische verbetering van de gevel die overeenkomt met $U \leq 0.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, waarbij de U-waarde van $0.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ conform de huidige EPB-regelgeving voor nieuwbouw is;
- een thermische prestatie van de geïsoleerde gevel die minder performant is, maar wel leidt tot een reductie van het energieverlies en tot een verbeterd thermisch comfort.

Het moet ook worden opgemerkt dat de globale kwaliteit, dat wil zeggen de in de praktijk resulterende U-waarde van de geïsoleerde gevel, sterk afhankelijk is van de aanwezige aansluitingsdetails en de detaillering van de bouwknopen.

Tabel 7: Controletool voor de dikte van het isolatiemateriaal in een aan de binnenkant geïsoleerde gevelmuur, waarbij de beoogde U-waarde 0.6W/(m²K) bedraagt.

| | R m².K/W | | Isolatie dikte [cm] | | | | | |
|-------------------------|-------------|-----|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Metselwerk 29cm | 0.29 | MW | | | | | | |
| | | EPS | | | $\lambda = 0.031$ | | | $\lambda = 0.05$ |
| | | XPS | | | $\lambda = 0.031$ | | | $\lambda = 0.05$ |
| | | PUR | | $\lambda = 0.028$ | | | $\lambda = 0.045$ | |
| | | PF | $\lambda = 0.023$ | | | $\lambda = 0.035$ | | |
| | | CG | $\lambda = 0.022$ | | | | $\lambda = 0.045$ | |
| | | CEL | $\lambda = 0.038$ | | | | | $\lambda = 0.055$ |
| Ongeïsoleerde spouwmuur | 0.27 | MW | | | | | | |
| | | EPS | | | $\lambda = 0.031$ | | | $\lambda = 0.05$ |
| | | XPS | | | $\lambda = 0.031$ | | | $\lambda = 0.05$ |
| | | PUR | | $\lambda = 0.028$ | | | $\lambda = 0.045$ | |
| | | PF | $\lambda = 0.023$ | | | $\lambda = 0.035$ | | |
| | | CG | $\lambda = 0.022$ | | | | $\lambda = 0.045$ | |
| | | CEL | $\lambda = 0.038$ | | | | | $\lambda = 0.055$ |

Voorbeeld

Met behulp van het in Figuur 23 weergegeven rekenblad is het mogelijk de resulterende warmteweerstand van een geïsoleerde gevel te berekenen. De oorspronkelijke gevel bestaat uit metselwerk van twee steen met een dikte van 29 cm en een warmteweerstand van 0.29 m²K/W.

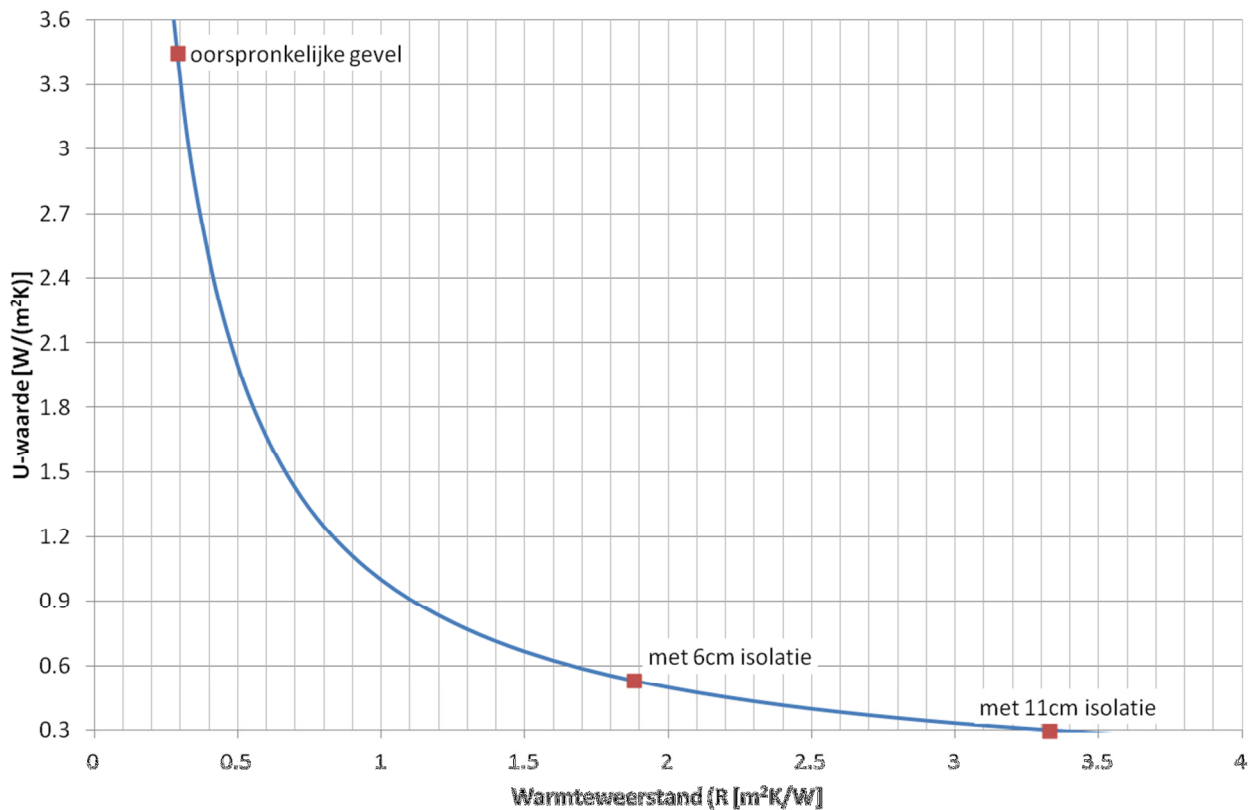
Bij toepassing van een isolatiemateriaal waarvan het type en het merk onbekend zijn met een standaard lambda-waarde (λ) van 0.032 W/(mK) en een dikte van 6 cm, is de resulterende verbetering van de warmteweerstand 1.88 m²K/W.

Als men een verbetering van de warmteweerstand van 3.3 m²K/W (ofwel een U-waarde kleiner dan 0.3 W/m²K) wil bereiken, moet in dit geval minstens 11 cm isolatie worden toegepast.

Figuur 24 toont de verbetering van de U-waarde van de gevel voor respectievelijk de niet-geïsoleerde situatie, de gevel met 6 cm binnenisolatie, en de gevel met 11 cm binnenisolatie.

| λ (W/m.K) | Dikte van het isolatiemateriaal (cm) | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0.022 | 1.82 | 2.27 | 2.73 | 3.18 | 3.64 | 4.09 | 4.55 | 5.00 | 5.45 | 5.91 | 6.36 | 6.82 |
| 0.023 | 1.74 | 2.17 | 2.61 | 3.04 | 3.48 | 3.91 | 4.35 | 4.78 | 5.22 | 5.65 | 6.09 | 6.52 |
| 0.024 | 1.67 | 2.08 | 2.50 | 2.92 | 3.33 | 3.75 | 4.17 | 4.58 | 5.00 | 5.42 | 5.83 | 6.25 |
| 0.025 | 1.60 | 2.00 | 2.40 | 2.80 | 3.20 | 3.60 | 4.00 | 4.40 | 4.80 | 5.20 | 5.60 | 6.00 |
| 0.026 | 1.54 | 1.92 | 2.31 | 2.69 | 3.08 | 3.46 | 3.85 | 4.23 | 4.62 | 5.00 | 5.38 | 5.77 |
| 0.027 | 1.48 | 1.85 | 2.22 | 2.59 | 2.96 | 3.33 | 3.70 | 4.07 | 4.44 | 4.81 | 5.19 | 5.56 |
| 0.028 | 1.43 | 1.79 | 2.14 | 2.50 | 2.86 | 3.21 | 3.57 | 3.93 | 4.29 | 4.64 | 5.00 | 5.36 |
| 0.029 | 1.38 | 1.72 | 2.07 | 2.41 | 2.76 | 3.10 | 3.45 | 3.79 | 4.14 | 4.48 | 4.83 | 5.17 |
| 0.030 | 1.33 | 1.67 | 2.00 | 2.33 | 2.67 | 3.00 | 3.33 | 3.67 | 4.00 | 4.33 | 4.67 | 5.00 |
| 0.031 | 1.29 | 1.61 | 1.94 | 2.26 | 2.58 | 2.90 | 3.23 | 3.55 | 3.87 | 4.19 | 4.52 | 4.84 |
| 0.032 | 1.25 | 1.56 | 1.88 | 2.19 | 2.50 | 2.81 | 3.13 | 3.44 | 3.75 | 4.06 | 4.38 | 4.69 |
| 0.033 | 1.21 | 1.52 | 1.82 | 2.12 | 2.42 | 2.73 | 3.03 | 3.33 | 3.64 | 3.94 | 4.24 | 4.55 |
| 0.034 | 1.18 | 1.47 | 1.76 | 2.06 | 2.35 | 2.65 | 2.94 | 3.24 | 3.53 | 3.82 | 4.12 | 4.41 |
| 0.035 | 1.14 | 1.43 | 1.71 | 2.00 | 2.29 | 2.57 | 2.86 | 3.14 | 3.43 | 3.71 | 4.00 | 4.29 |
| 0.036 | 1.11 | 1.39 | 1.67 | 1.94 | 2.22 | 2.50 | 2.78 | 3.06 | 3.33 | 3.61 | 3.89 | 4.17 |
| 0.037 | 1.08 | 1.35 | 1.62 | 1.89 | 2.16 | 2.43 | 2.70 | 2.97 | 3.24 | 3.51 | 3.78 | 4.05 |
| 0.038 | 1.05 | 1.32 | 1.58 | 1.84 | 2.11 | 2.37 | 2.63 | 2.89 | 3.16 | 3.42 | 3.68 | 3.95 |
| 0.039 | 1.03 | 1.28 | 1.54 | 1.79 | 2.05 | 2.31 | 2.56 | 2.82 | 3.08 | 3.33 | 3.59 | 3.85 |
| 0.040 | 1.00 | 1.25 | 1.50 | 1.75 | 2.00 | 2.25 | 2.50 | 2.75 | 3.00 | 3.25 | 3.50 | 3.75 |
| 0.041 | 0.98 | 1.22 | 1.46 | 1.71 | 1.95 | 2.20 | 2.44 | 2.68 | 2.93 | 3.17 | 3.41 | 3.66 |
| 0.042 | 0.95 | 1.19 | 1.43 | 1.67 | 1.90 | 2.14 | 2.38 | 2.62 | 2.86 | 3.10 | 3.33 | 3.57 |
| 0.043 | 0.93 | 1.16 | 1.40 | 1.63 | 1.86 | 2.09 | 2.33 | 2.56 | 2.79 | 3.02 | 3.26 | 3.49 |
| 0.044 | 0.91 | 1.14 | 1.36 | 1.59 | 1.82 | 2.05 | 2.27 | 2.50 | 2.73 | 2.95 | 3.18 | 3.41 |
| 0.045 | 0.89 | 1.11 | 1.33 | 1.56 | 1.78 | 2.00 | 2.22 | 2.44 | 2.67 | 2.89 | 3.11 | 3.33 |

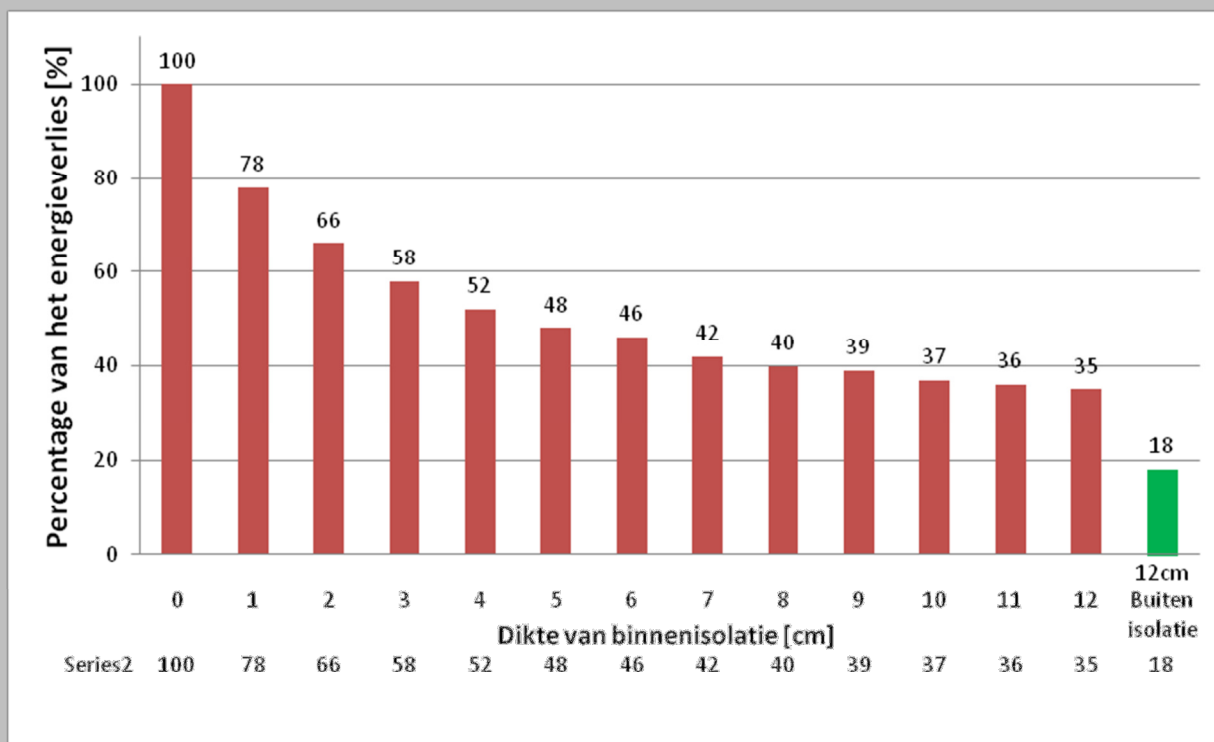
Figuur 23: Hulpmiddel voor de bepaling van de resulterende warmteweerstand op basis van de warmtegeleidingscoëfficiënt (lambda-waarde (λ) [W/(mK)]) en de dikte van het isolatiemateriaal.



Figuur 24: Relatie tussen de warmteweerstand (R-waarde) en de U-waarde van een gevel.

Thermische prestatie van de geïsoleerde gevel

De thermische verbetering van de gevel is niet alleen afhankelijk van de toegepaste dikte en het type isolatiemateriaal, maar wordt ook beïnvloed door de aanwezigheid van koudebruggen. Ter illustratie toont Figuur 25 de energieverliezen bij verschillende isolatiediktes voor de gevel van een woning die in 1953 gebouwd is. De U-waarde van de ongeïsoleerde gevel bedraagt in dit voorbeeld $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ en de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal bedraagt $0.035 \text{ W}/(\text{mK})$. De figuur laat zien dat, in dit geval, een substantiële reductie van de energieverliezen plaatsvindt tot een isolatiedikte van 8 cm. Bij grotere diktes blijft het energieverlies nagenoeg hetzelfde. Dat verlies is direct afhankelijk van de energieverliezen ten gevolge van koudebruggen. De figuur geeft ter vergelijking ook de energieverliezen die optreden bij het plaatsen van een buitenisolatie, waarbij koudebruggen kunnen worden opgelost.



Figuur 25: Energieverliezen door een gevel van een woning die geïsoleerd is met behulp van binnenisolatie (De woning is gebouwd in 1953, met een buitenwandoppervlak van 125 m^2 en een woonoppervlak van 100 m^2) [Hessisches Ministerium für Umweltschutz, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 2009]

5.3 BINNENISOLATIESYSTEMEN

In de bouwpraktijk zijn twee systemen voor binnenisolatie beschikbaar: dampremmende binnenisolatiesystemen (gekaracteriseerd door de aanwezigheid van een damp scherm of dampremmend isolatiemateriaal) en dampopen, capillairactieve systemen zonder damp scherm. In deze brochure worden alleen richtlijnen voor dampremmende systemen gegeven. Voor de toepassing van dampopen, capillairactieve systemen is in het algemeen een uitgebreidere bouwfysische studie noodzakelijk.

Een dampremmend binnenisolatiesysteem bestaat doorgaans uit meerdere componenten:

- de draagconstructie;
- het isolatiemateriaal;
- het (eventuele) damp scherm;
- de binnenafwerking.

Een duurzame en goed functionerende binnenisolatie wordt pas gerealiseerd als zowel de oorspronkelijke constructie als de afzonderlijke componenten op elkaar zijn afgestemd. De eigenschappen van de bestaande constructie bepalen veelal de geschiktheid van een bepaald isolatiesysteem.

In deze brochure wordt een principiële indeling van de huidige binnenisolatiesystemen gemaakt op basis van de bouwfysische eigenschappen van het systeem en de bevestigingsmethode. Voor de bouwfysische eigenschappen wordt een indeling gemaakt op basis van de component die verantwoordelijk is voor de dampdichtheid en de preventie van inwendige condensatie. De dampdichtheid van een systeem kan worden gerealiseerd door een isolatiemateriaal met dampremmende eigenschappen (bijvoorbeeld XPS, PU), of door een afzonderlijk damp scherm. In het algemeen is het toegepaste isolatiemateriaal dan relatief dampopen (zoals minerale wol, cellulose). Met betrekking tot de bevestigingsmethode worden twee technieken onderscheiden: verkleving of verlijming van de isolatie en een bevestiging met behulp van een stijl- en regelwerk.

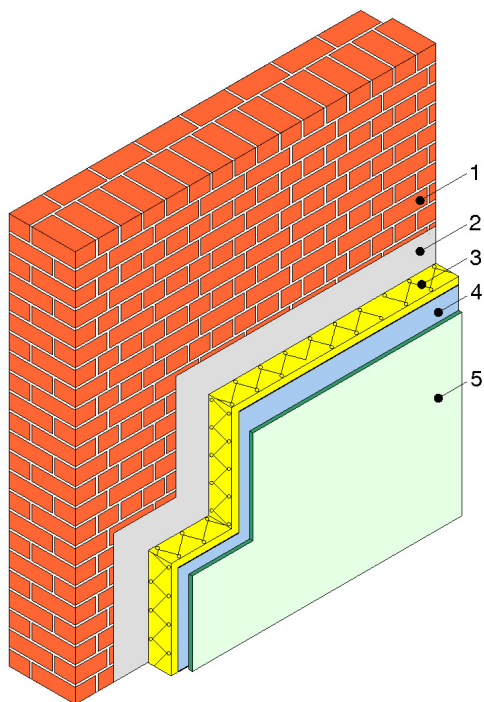
5.3.1 Draagconstructie

Een essentieel onderdeel van een binnenisolatiesysteem is de draagconstructie. De belangrijkste functies van de draagconstructie zijn de mechanische belasting van het binnenisolatiesysteem opvangen, zorgen voor een goede aansluiting tussen isolatiemateriaal en oorspronkelijke muur, en meestal ook fungeren als drager voor het damp scherm en de binnenafwerking. In principe zijn er twee soorten draagconstructies: de oorspronkelijke muur en een extra basisconstructie die voor de bestaande muur wordt geplaatst.

Verkleving/verlijming

Directe verkleving of verlijming van het isolatiemateriaal op de oorspronkelijke muur maakt een extra draagconstructie overbodig. De platen worden met behulp van een kleefmortel, kleefpleister of lijm op de wand aangebracht, waarbij het wandoppervlak voldoende vlak en draagkrachtig moet zijn. Om een goede hechting van het isolatiemateriaal op de wand te verkrijgen, is dikwijls eerst een voorbehandeling vereist. Een dergelijke voorbehandeling heeft tot doel het zuigende karakter van de ondergrond te reduceren, zodat het kleefmiddel beter hecht.

De isolatie kan volvlakkig worden verkleefd, waarbij het kleefmiddel met behulp van een tandtroffel over de hele achterkant van de isolatieplaat wordt aangebracht. Een andere mogelijkheid is het puntsgewijs verkleven, waarbij het kleefmiddel wordt aangebracht in het centrum en langs de randen van het isolatiemateriaal. Het voordeel van die methode is dat eventuele oneffenheden die groter zijn dan 1 cm, kunnen worden gecorrigeerd. Tenzij de voorschriften van de fabrikant van een systeem het anders voorschrijven, is het aan te bevelen om het kleefmiddel altijd op de achterkant van de isolatie aan te brengen in plaats van op de bestaande muur. Als het kleefmiddel op de wand wordt aangebracht, kan het zuigende karakter van de wand tot een (te) snelle absorptie van het vocht uit het kleefmiddel leiden, wat tot een verminderde hechting van de isolatie leidt.



1. Bestaand metselwerk; 2. Kleefmortel of lijm die aangebracht is op de achterkant van de isolatie; 3. Thermische isolatie; 4. Eventueel dampscherm; 5. Binnenafwerking.

Figuur 26: Verkleefde of verlijmde bevestiging van de binnenisolatie

Er moet ook vermeld worden dat door het feit dat de puntverkleving naden en kieren (luchtspouwen) tussen de isolatie en de muur toestaat, de kans op lokale luchtcirculatie aanwezig is. Daardoor bestaat een groter risico op inwendige condensatie, of als er sprake is van een relatief hoge relatieve vochtigheid op de plaats van de naden en kieren over een langere termijn, een groter risico op schimmelvorming. Door een goede aansluiting tussen de binnenisolatie en de oorspronkelijke metselwerkmuur, door middel van bijvoorbeeld een volvlakkig verkleefde binnenisolatie, wordt de aanwezigheid op dergelijke voegen en kieren voorkomen en het risico op schimmelgroei achter de isolatie geminimaliseerd. Bij alle andere gevallen (in vergelijking met volvlakkige verkleving) blijft het risico bestaan.

Om verkleving of verlijming van binnenisolatie toe te kunnen passen, moet de bestaande wand aan een aantal extra eisen (vergeleken met de eisen gepresenteerd in hoofdstuk 4) voldoen:

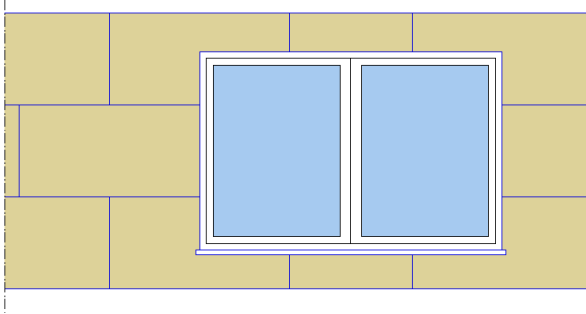
- de binnenafwerking moet voldoende draagkrachtig zijn;
- de ondergrond moet weinig of niet gestructureerd zijn;
- de ondergrond mag niet zuigend zijn;
- de vlakheid van het binnenoppervlak moet kleiner dan 8 mm per 2 m of per verdieping zijn, beoordeeld over respectievelijk de breedte en de hoogte van de wand [NBN EN 1996-2 ANB: Eurocode 6]
- de ondergrond moet vrij van verontreinigingen, behang en loszittende delen zijn;
- er is bij voorkeur geen binnenafwerking of een vochtbestendige binnenafwerking op de bestaande muur.

Bij het verkleven of verlijmen van isolatieplaten is het belangrijk dat een goede aansluiting op de plaats van de stootvoegen wordt gerealiseerd en dat er ook een goed contact tussen de platen onderling wordt verwezenlijkt. Om koudebrugvorming te voorkomen, is het aan te bevelen eventuele stootvoegen die aanwezig kunnen zijn tussen de isolatieplaten, niet op te vullen met klefmortel of lijm, maar die op te vullen met thermisch isolerende materiaal, bijvoorbeeld PU-schuim. Het is ook aan te bevelen om de isolatieplaten verspringend, niet in kruisverband, te verkleven (Figuur 27). Op die manier zijn de isolatieplaten het best in staat om eventuele spanningen die door thermische zetting kunnen optreden, op te vangen.

Stijl- en regelwerk

Een tweede mogelijkheid is het binnenisolatiesysteem te bevestigen met behulp van een extra draagconstructie. Dikwijls betreft het een systeem waarbij de afwerking bestaat uit een voorzetwand. In de meeste gevallen wordt het isolatiemateriaal tussen de draagconstructie en de voorzetwand geplaatst. Als het isolatiemateriaal zelf geen dragende eigenschappen bezit (zoals isolatiematten of -vlokken), wordt veelal gebruikgemaakt van een afwerking die bestaat uit een harde, stijve bouwplaat of voorzetwand. De isolatie is veelal dampopen en het dampscherm wordt tussen de isolatie en de afwerking aangebracht, waarbij de afwerking het dampscherm beschermt tegen mogelijke beschadigingen.

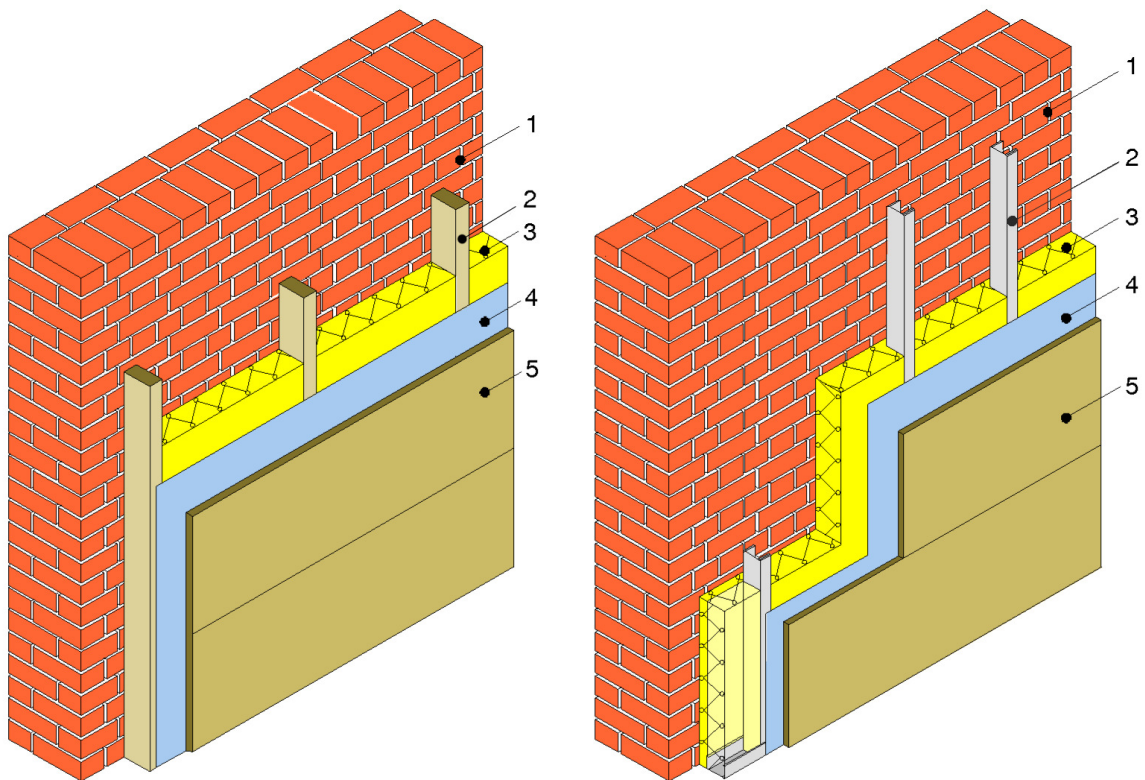
De dragende constructie bestaat meestal uit metaalprofielen of een houten stijl- en regelwerk. Die dragende constructie kan ofwel direct op de wand worden bevestigd ofwel vrijstaand van de wand, waarbij ze met behulp van bijvoorbeeld profielen op de vloer en het plafond bevestigd is.



Figuur 27: Verspringende verkleving van de isolatie

Als de bestaande muur zeer oneffen of relatief scheef is, is het mogelijk de draagconstructie met geschikte afstandhouders te bevestigen.

Een stijl- en regelwerk stelt in principe geen extra eisen aan de bestaande muur. In principe heeft het de voorkeur eerst verontreinigingen, behang en loszittende delen van de binnenafwerking te verwijderen en ervoor te zorgen dat de bestaande binnenafwerking vochtbestendig is. Dat is echter geen voorwaarde.



1. Bestaand metselwerk; 2. Stijl- en regelwerk; 3. Thermische isolatie; 4. Eventueel dampscherm; 5. Binnenafwerking

Figuur 28: Voorzetwand met binnenisolatie met continue houten draagconstructie (links). Vrijstaande voorzetwand met metalen profielen (rechts).

Voor het type isolatiemateriaal biedt een stijl- en regelwerk een grotere flexibiliteit: het is mogelijk om zowel isolatieplaten of -matten als vlokken toe te passen. Isolatieplaten en -matten zijn relatief soepel en worden doorgaans tussen de draagconstructie ingeklemd. Afhankelijk van de flexibiliteit van het materiaal is het risico op voegen en kieren tussen de bestaande wand en de isolatie relatief klein. Eventueel kunnen de platen of matten worden ondersteund door mechanische bevestigingen, zoals haken of schroeven. Een andere mogelijkheid bestaat erin de ruimte tussen de bestaande muur en de voorzetwand op te vullen met isolatievlokken na de plaatsing van de draagconstructie en de voorzetwand. Die isolatietechniek heeft het voordeel dat het isolatiemateriaal in een constructie met een relatief complexe geometrie kan worden aangebracht en er in principe minder eisen worden gesteld aan de oppervlaktestructuur en de vlakheid van de bestaande muur. Maar er moet op worden gelet dat het isolatiemateriaal gelijkmatig over het hele wandoppervlak is verdeeld.

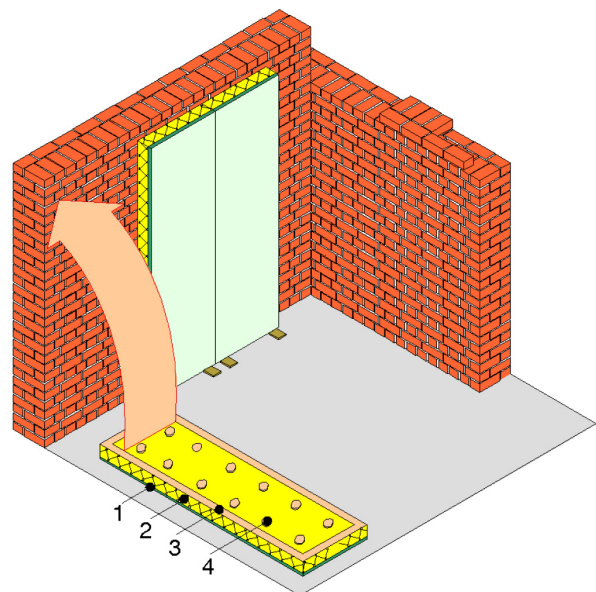
Geïntegreerde prefab-binnenisolatiesystemen

Op basis van de gepresenteerde analyse is het mogelijk een goed functionerende binnenisolatie te verkrijgen waarbij zowel de bestaande constructie als de afzonderlijke componenten ideaal op elkaar zijn afgestemd. Een dergelijk systeem heeft het voordeel dat lokale aanpassingen ten gevolge van in de ruimte aanwezige bouwdetails, zoals vensters en technische aansluitingen, in het isolatiesysteem geïntegreerd kunnen worden. Een nadeel van een dergelijk systeem is dat het ontwerp van het systeem relatief complex is en een bepaalde expertise vereist.

Als alternatief zijn er een aantal geïntegreerde voorzetwanden op de markt die bestaan uit een geprefabriceerde combinatie van isolatiemateriaal, dampscherm en binnenafwerking. Het betreft in het algemeen bouwplaten van relatief groot formaat (dikwijls met een lengte die gelijk is aan een volledige verdiepingshoogte), die bestaan uit de volgende componenten (Figuur 29):

- isolatiemateriaal bestaande uit EPS, PU of minerale wol;
- indien noodzakelijk een geïntegreerd dampscherm (aluminiumfolie, natronkraftpapier);
- een binnenafwerking die veelal bestaat uit een gipskartonplaat.

De geprefabriceerde bouwplaten worden loodrecht en over de volledige verdiepingshoogte voor de bestaande muur bevestigd. Om luchtcirculatie achter de platen te voorkomen, moet de wand aan de zijkanten worden afdicht. Als er van een (punt)verkleefde bevestiging gebruik wordt gemaakt, moet er een continue lijmlaag komen aan de randen van de isolatieplaat (Figuur 29). De voegen tussen de platen moet ook worden afdicht met een voegband of voegspecie. Een dergelijk systeem heeft uitvoeringstechnisch het voordeel dat relatief eenvoudig groter wandoppervlakken kunnen worden geïsoleerd. Daarbij is het belangrijk dat men de aanwezige bouwdetails (bijvoorbeeld raamaansluitingen, deuren) goed integreert en op de juiste manier detailleert.



1. Binnenafwerking; 2. Thermische isolatie; 3. Kleefmiddel (continue randzone) 4. Kleefmiddel (noppen)

Figuur 29: Geïntegreerd prefab-binnenisolatiesysteem

5.3.2 Isolatiemateriaal

Isolatiematerialen voor binnenisolatie zijn in verschillende vormen op de markt. Die kunnen bestaan uit harde (elastische) platen, soepele matten, of in de vorm van vlokken of granulaten. Principeel worden die isolatiematerialen ingedeeld in materialen die dampremmend of dampdoorlatend zijn. Voorbeelden van dampremmende materialen zijn polystyreen, polyurethaan en cellenglas; dampdoorlatende materialen zijn bijvoorbeeld minerale wol, houtvezel en cellulose. Als het binnenisolatiesysteem bestaat uit een dampdoorlatend isolatiemateriaal, is een dampremmende binnenafwerking of een afzonderlijk damp scherm vereist om de constructie te beschermen tegen indringende waterdamp en inwendige condensatie.

De keuze voor een bepaald isolatiemateriaal is inherent verbonden aan de opbouw van het systeem, de bevestigingsmethode en het eventueel toe te passen damp scherm, en omgekeerd. Een isolatiemateriaal dat voldoende mechanische eigenschappen beschikt, kan verkleefd worden. Als er met granulaten of vlokken wordt gewerkt, is een voorzetwand onvermijdelijk.

Het is raadzaam om eerst te controleren of de systeemcomponenten in voldoende mate vochtbestendig zijn zodat de duurzaamheid en het langdurig goed functioneren van het systeem gegarandeerd zijn.

In deze paragraaf worden de meest courante isolatiematerialen voor binnenisolatie beknopt besproken. Het is niet de bedoeling van deze brochure om een volledig overzicht te geven van alle isolatiematerialen die voorhanden zijn. Het overzicht is ook beperkt zich tot materialen die in aanmerking komen voor toepassing in dampremmende systemen.

EPS

Binnenisolatie op basis van geëxpandeerde polystyreen (EPS) wordt veelal toegepast in plaatvorm. Zulke platen worden op de bestaande muur gekleefd met behulp van een kleefmiddel. Het is raadzaam enige voorzichtigheid in acht te nemen bij het gebruik van een gipshoudend bindmiddel als dat aan hoge vochtigheden kan worden blootgesteld. De

verbinding tussen isolatie en bestaande constructie kan door middel van thermisch isolerende bevestigingschroeven of -spijkers versterkt worden. Als afwerking wordt veelal een pleister of worden tegels toegepast. Er zijn ook isolatieplaten beschikbaar die bestaan uit een geprefabriceerde combinatie van EPS en gipskarton.

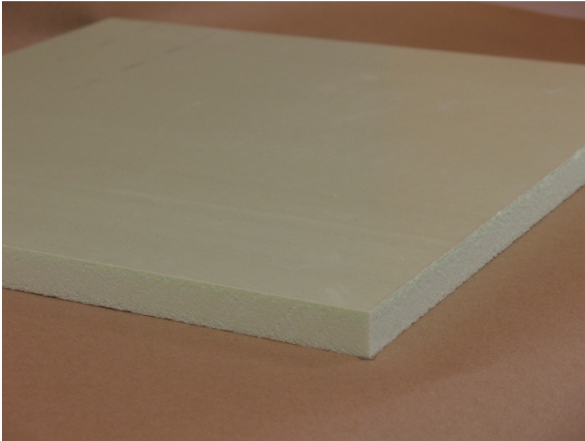


Figuur 30: EPS

XPS

Voor binnenisolatie worden platen gebruikt die bestaan uit geëxtrudeerde polystyreen (XPS). Bevestiging van XPS-platen is mogelijk met een geschikte kleefmortel door middel van verkleving. Verkleving van XPS vereist een dampopen kleefmiddel. De aansluiting van de originele muur en de isolatie kan worden ondersteund door mechanische bevestiging met behulp van thermisch isolerende schroeven. Het is aan te bevelen eventuele open voegen met een geschikt isolatiemateriaal (bijvoorbeeld vulschuim) op te vullen. Er zijn ook isolatieplaten beschikbaar die bestaan uit een geprefabriceerde combinatie van XPS en gipskarton.

XPS is beter geschikt voor toepassing bij relatief ruwe oppervlakken. Bij een relatief glad oppervlak van de bestaande binnenafwerking kan een goede hechting van XPS-platen met de wand enigszins problematisch zijn. Daarom wordt verkleving van XPS-platen bij een gladdere binnenafwerking doorgaans afgeraden.



Figuur 31: XPS

Cellenglas

Isolatieplaten die bestaan uit cellenglas, worden bevestigd na het aanbrengen van een oplossingsvrije bitumenemulsie als ondergrond op de bestaande muur. Het bestaande binnenoppervlak moet daarvoor zuiver, vet- en stofvrij zijn. De cellenglasisolatie wordt doorgaans met een tweecomponentenlijm op basis van bitumen verkleefd, waarbij de naadloze aansluiting van de stootvoegen ook met die bitumineuze lijm wordt opgevuld. Een naadloze aansluiting van de voegen is belangrijk, omdat de isolatie door de brosheid van het materiaal geen puntbelasting kan opnemen. De binnenafwerking bestaat in het algemeen uit een pleisterlaag, tegels of gipskartonplaten.



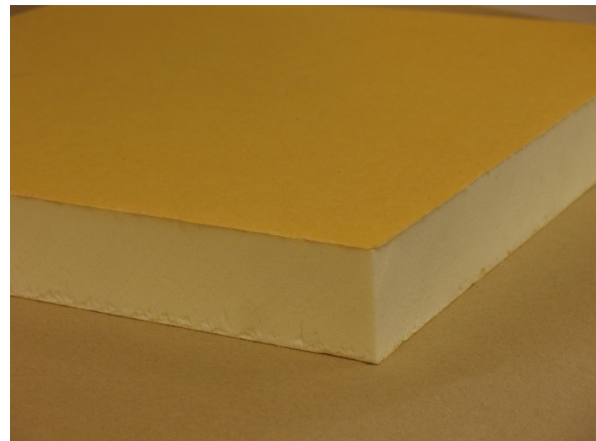
Figuur 32: Cellenglas

PU

Polyurethaan als binnenisolatie wordt veelal toegepast in twee vormen: als isolatieplaten en in schuimvorm. Polyurethaanisolatieplaten worden doorgaans bevestigd met behulp van een kleefmiddel op cementbasis na een

voorbehandeling. Het systeem kan structureel versterkt worden door de mechanische bevestiging van daarvoor geschikte schroeven. Om de lucht- en dampdichtheid van de stootvoegen te garanderen, worden veelal kleefbanden toegepast. De isolatieplaten kunnen in principe met elke soort afwerking, bijvoorbeeld pleisterwerk of tegels. Er zijn ook isolatieplaten beschikbaar die bestaan uit een geprefabriceerde combinatie van PU en gipskarton.

Een andere mogelijkheid is de toepassing van een binnenisolatie op basis van PU-schuim. Daarbij wordt het schuim op de bestaande constructie tussen de draagconstructie gespoten. De isolatie wordt opgespoten nadat er een draagconstructie is aangebracht die als bevestigingsondergrond voor de voorzetwand dient (binnenafwerking). Het is aan te bevelen voldoende droogtijd in te calculeren om het drogen van de isolatie mogelijk te maken. Vooral in de winterperiode is het raadzaam daar aandacht aan te besteden. Dikwijls wordt geadviseerd om een additief toe te passen dat het drogingsproces versnelt. Een binnenisolatiesysteem waarbij gebruik wordt gemaakt van gespoten PU-schuim, is niet demontabel.



Figuur 33: PU

Minerale wol

Binnenisolatieplaten van rots- of glaswol worden doorgaans verkleefd, bijvoorbeeld met behulp van een minerale kleefmortel. Als binnenafwerking wordt dikwijls een gipskartonplaat toegepast, die met hetzelfde kleefmiddel of dezelfde kleefmortel wordt bevestigd.

Als alternatief voor een verkleefde of verlijmd bevestiging zijn rots- en glaswol geschikt voor toepassing in systemen met een stijl- en regelwerk. Daarbij is het mogelijk te kiezen voor soepele isolatieplaten, -matten of -deken. De isolatieplaten en -matten worden doorgaans tussen de draagconstructie ingeklemd, terwijl isolatiedekens met behulp van haakjes bevestigd worden.



Figuur 34: Minerale wol in de vorm van isolatieplaten, -matten en -vlokken

Omdat minerale wol een dampopen materiaal is, is een extra dampscherm vereist. In de praktijk

zijn er ook geprefabriceerde isolatieplaten beschikbaar die bestaan uit isolatie, gipskartonplaat en een geïntegreerd dampscherm.

Minerale wol is gevoelig voor vocht en verliest de isolerende werking bij een hoge vochtbelasting. Minerale wol mag in geen enkel geval nat worden.

Cellulose

Cellulose kan in de vorm van platen of vlokken worden toegepast voor binnenisolatie. Isolatieplaten op basis van cellulose zijn geschikt voor toepassing bij een stijl- en regelwerk. Bij de toepassing van cellulosevlokken worden de vlokken doorgaans mechanisch ingeblazen. Er zijn ook alternatieve technieken die minder frequent worden toegepast. Daarbij worden de vlokken handmatig aangebracht, tegelijk met de opbouw van de voorzetwand, of wordt er een combinatie van cellulosevlokken en klefmiddel op de bestaande constructie tussen de draagconstructie gespoten.



Figuur 35: Cellulose.

Cellulose is gevoelig voor vocht en verliest de isolerende werking bij een hoge en langdurige vochtbelasting. Cellulose mag in geen enkel geval (langdurig) nat worden.

Vlas

Vlasisolatie is beschikbaar in de vorm van isolatieplaten. De platen worden doorgaans tussen een houten draagconstructie met een overlap van 10 à 20 mm ingeklemd en door middel van verzinkte haken bevestigd aan de draagconstructie. Omdat de platen relatief soepel zijn, kunnen die zonder voegen op elkaar aansluiten.

Vlas is gevoelig voor vocht en verliest de isolerende werking bij een hoge en langdurige vochtbelasting. Het isolatiemateriaal mag in geen enkel geval (langdurig) nat worden.



Figuur 36: Vlas

Houtvezel

Binnenisolatie van houtvezel is beschikbaar in twee vormen: platen en vlokken. Houtvezelplaten met een geïntegreerd damp scherm worden met behulp van een leempleister op de bestaande gevel bevestigd. Daarbij is desgewenst een mechanische bevestiging mogelijk. De leempleister kan in relatief grotere diktes worden aangebracht, waardoor lokale oneffenheden van de

ondergrond kunnen worden uitgevlakt. De afwerking bestaat veelal uit een leempleister.

Het is ook mogelijk om houtvezelplaten en -matten toe te passen bij een stijl- en regelwerk. Dikwijls worden de isolatieplaten tussen de houten draagconstructie ingeklemd. Een alternatieve bevestiging is mogelijk met behulp van houten latten, die door middel van schroeven in de houten draagconstructie bevestigd worden en ook zorgen voor de bevestiging van het damp scherm.

Na de plaatsing van de voorzetwand kunnen de houtvezelvlokken ingeblazen worden. Die techniek wordt minder frequent wordt toegepast.

Houtvezel is gevoelig voor vocht en verliest de isolerende werking bij een hoge vochtbelasting. De isolatie mag in geen enkel geval nat worden.



Figuur 37: Houtvezel

5.3.3 Dampdichtheid en extra dampscherm

Om inwendige condensatie op de overgang tussen het metselwerk en isolatie te voorkomen, moet het binnenisolatiesysteem over een minimale dampdiffusieweerstand (μ d) aan de binnenkant beschikken.

De vereiste minimale dampdiffusieweerstand aan de binnenkant van het systeem kan bereikt worden door een dampremmend isolatiemateriaal, zoals XPS of PU-schuim. Bij een dampopen isolatiemateriaal kan een dampscherm geplaatst worden. Onderstaande tabel (Tabel 8) geeft een overzicht van het dampdiffusieweerstandsgetal voor de in paragraaf 5.3.2 besproken isolatiematerialen.

Tabel 8: Dampdiffusieweerstand van courante isolatiematerialen

| Isolatiemateriaal | Dampdiffusieweerstandsgetal (μ [-]) |
|--------------------|--|
| Dampremmend | |
| EPS | 20 - 100 |
| XPS | 80 - 300 |
| Cellenglas | ∞ |
| PU | 40 - 200 |
| Dampopen | |
| Minerale wol | 1 - 2 |
| Cellulose | 2 - 3 |
| Vlas | 1 - 2 |
| Houtvezel | 3 - 5 |

Concrete ontwerprichtlijnen voor de bepaling van de vereiste dampdiffusieweerstand van het systeem aan de binnenkant zijn niet beschikbaar. Voor de bepaling van de minimale dampdiffusieweerstand is er alleen een indicatieve methode [Vereecken, Roels 2012], die is gepresenteerd in Figuur. Die methode toont de vereiste minimale dampdiffusieweerstand van het binnenisolatiesysteem op basis van de verwachte thermische weerstand van de gevel (ΔR (m^2K/W)) en het type buitenafwerking dat aanwezig is op de oorspronkelijke gevel. De methode is alleen geldig voor een verbetering van de warmteweerstand tot $2.5 m^2K/W$. Als een grotere verbetering van de warmteweerstand wordt beoogd, is het aan te bevelen een hygrothermische studie naar de toepasbaarheid van binnenisolatie uit te voeren.

De indicatieve methode is alleen toepasbaar onder de volgende randvoorwaarden en aannames:

- het binnenklimaat in het gebouw voldoet aan een binnentemperatuur van $17^\circ C$ en aan binnenklimaatklasse 2;
- de gemiddelde buitentemperatuur (in januari) is $3^\circ C$;
- er is een maximale relatieve vochtigheid op de plaats van de overgang tussen isolatie en metselwerk van 95%;
- de gevel heeft een goed functionerende bescherming tegen vochtbelasting.

Voorbeeld

Met behulp van het in Figuur 23 weergegeven rekenblad is het mogelijk de resulterende warmteweerstand van een geïsoleerde gevel te berekenen. De oorspronkelijke gevel bestaat uit metselwerk van twee steen met een dikte van 29 cm en een warmteweerstand van $0.29 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ (R). Op de gevel is geen buitenafwerking aanwezig.

Bij toepassing van een dampremmend isolatiemateriaal waarvan het type en het merk onbekend zijn met een standaard λ -waarde van $0.04 \text{ W}/(\text{mK})$, een minimaal dampdiffusieweerstandsgetal (μ [-]) van 100, en een dikte van 6cm, is op basis van de tabel de resulterende verbetering van de warmteweerstand $1.5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ (ΔR).

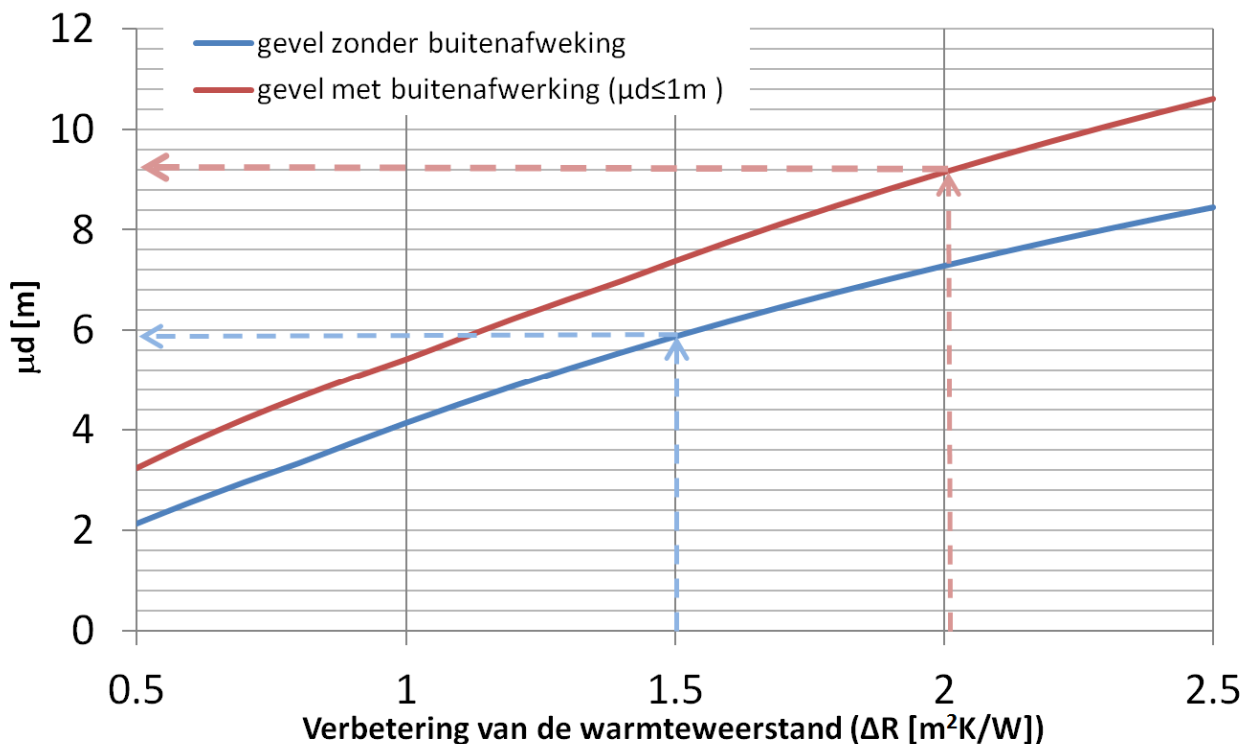
Thermische weerstand van ongeïsoleerde gevel: $R = 0.29 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Binnenafwerking: Dampopen

Thermische verbetering: $\Delta R = 1.5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Dampdiffusieweerstand van isolatiemateriaal: $\mu d = 0.06 \times 100 = 6 \text{ m}$

Op basis van deze gegevens kan met behulp van Figuur 38 de vereiste minimale dampdiffusieweerstand (μd [m]) van het binnenisolatiesysteem worden bepaald. Uit de figuur volgt (weergegeven door de lichtblauwe pijlen) dat de vereiste minimale dampdiffusieweerstand van het binnenisolatiesysteem 6 m moet zijn. De dampdiffusieweerstand van het isolatiemateriaal (6 m) voldoet in dit geval om de vereiste dampdiffusieweerstand van 6 m te bereiken.



Figuur 38: Minimale dampdiffusieweerstand van de binnenisolatie [Vereecken, Roels 2012]

Voorbeeld

De oorspronkelijke gevel bestaat uit metselwerk van twee steen met een dikte van 29 cm en een warmteweerstand van $0.29 \text{ m}^2\text{K/W}$ (R). De buitenkant is afgewerkt met pleister.

De ontwerper van het binnenisolatiesysteem beoogt een verbetering van de warmteweerstand van $2 \text{ m}^2\text{K/W}$ bij toepassing van een minerale wol isolatie, met een standaard λ -waarde van 0.04 W/(mK) , een minimaal dampdiffusieweerstandsgetal (μ [-]) van 1. Uit de tabel (Figuur 23) blijkt dat de vereiste dikte van de isolatie 8 cm moet zijn.

Thermische weerstand van ongeïsoleerde gevel: $R = 0.29 \text{ m}^2\text{K/W}$

Binnenafwerking: *Onbekend (Dampremmend)*

Thermische verbetering: $\Delta R = 2.0 \text{ m}^2\text{K/W}$

Dampdiffusieweerstand van isolatiemateriaal: $\mu d = 0.08 \times 1 = 0.08 \text{ m}$

Op basis van deze gegevens kan met behulp van Figuur 38 de vereiste minimale dampdiffusieweerstand (μd [m]) van het binnenisolatiesysteem worden bepaald. Uit de figuur volgt (weergegeven door de rode pijlen) dat de vereiste minimale dampdiffusieweerstand van het binnenisolatiesysteem ongeveer 9.2 m dient te zijn. De dampdiffusieweerstand van het isolatiemateriaal (0.08 m) voldoet in dit geval niet om de vereiste dampdiffusieweerstand te bereiken. Een damp scherm met minimaal een dampdiffusieweerstand van 9.2 m is vereist.

5.3.4 Binnenafwerking

De keuze voor het type binnenafwerking wordt veelal bepaald door het toegepaste isolatiemateriaal en de bevestigingsmethode. Als men kiest voor een stijl- en regelwerk, bestaat de binnenafwerking uit een voorzetwand met eventueel extra afwerking. Een verkleefde of verlijmd binnenisolatie wordt meestal voorzien van een pleister, tenzij een geïntegreerd systeem wordt toegepast dat al voorzien is van een binnenafwerking. Niettemin zijn ook andere mogelijkheden toepasbaar.

Als voorzetwand komen harde, stijve bouwplaten in aanmerking: gipskarton- en gipsvezelplaten en bouwplaten op basis van hout, zoals OSB-, spaan- en houtvezelplaten. In vergelijking met gipskarton- en gipsvezelplaten bezitten OSB-, spaan- en houtvezelplaten als houtproduct een relatief hoge dampdiffusieweerstand. Dergelijke bouwplaten kunnen fungeren als damprem. Men moet zich er echter van bewust zijn dat de luchtdichtheid van die platen niet altijd is gegarandeerd. Bij de keuze voor een bepaald type platen is het raadzaam om de prestaties van het materiaal voor de luchtdichtheid vooraf te controleren.

5.3.5 Buitenafwerking

Het is mogelijk om de oorspronkelijke buitenmuur van een buitenafwerking, zoals een buitenpleister, een verf, of een waterwerende impregnatie (hydrofobering) te voorzien. Buitenisolatie plaatsen verdient echter de voorkeur als de regelgeving dat toestaat. Het drogingspotentieel van de gevel wordt door de plaatsing van binnenisolatie gereduceerd. Het type buitenafwerking dat op de gevel aangebracht wordt, moet daarom zorgen voor de bescherming tegen slagregen en mag ook de droging van de gevel zo weinig mogelijk belemmeren.

Dampopen gevelafwerking

Een buitenafwerking moet beschikken over dampdoorlatende eigenschappen, waarbij de dampdiffusieweerstand (μd [m]) van de buitenafwerking kleiner is dan 0.05 m [Janssens et al. 2012]. In dat geval is droging van het metselwerk mogelijk. Een dampopen verfafwerking, waarbij de verf een classificatie V_1 heeft conform de norm NBN 1062-1, vormt in principe geen bezwaar. Een dampremmende buitenafwerking op de gevel aanbrengen wordt afgeraden.

Waterwerende impregnatie

Waterwerende middelen (zoals vochtwerende middelen, waterafstotende middelen, hydrofobeermiddelen) zijn kleurloze producten die bij de behandeling van gevels gebruikt worden om poreuze materialen waterwerend te maken zonder het uitzicht of de waterdampdiffusiekenmerken ervan substantieel te wijzigen. Die middelen worden doorgaans gebruikt om de regenbelasting van een gevel te verkleinen. Ondanks de mogelijk gunstige eigenschappen van het middel mag een waterwerende oppervlaktebehandeling niet beschouwd worden als een universele oplossing waarmee men (vocht)problemen kan oplossen, of die nu te wijten zijn aan fouten bij het ontwerp, aan uitvoeringsgebreken, aan de materiaalkeuze of aan de blootstellingsomstandigheden.

Voordat men een waterwerende impregnatie uitvoert, is het aan te bevelen altijd een bouwfysische studie uit te voeren naar de mogelijke effecten. Afhankelijk van de toestand van de oorspronkelijke gevel kan een waterwerende behandeling de prestatie van de gevel verslechteren en kunnen er zich (vocht)problemen manifesteren. Door het aanbrengen van een hydrofobering kan de gevel minder goed drogen. Op de plaats van voegen of scheuren in de gevel kan binnendringend water zich daardoor mogelijk ophopen [Krus, 2003].

Na de eventuele herstelling van verweerde voegen en het dichten van scheuren (breder dan 0,3 mm) kan men met kennis van zaken voor een geschikte waterwerende oppervlaktebehandeling kiezen.

Als men een waterwerende behandeling verkiest, moet die worden aangebracht conform de richtlijnen in [Pien 2002]. Men mag echter niet vergeten dat een dergelijke behandeling, waarbij het uitzicht van het metselwerk behouden blijft, alleen als een verbetering mag worden beschouwd. Het is met andere woorden geen oplossing waarmee alle regendoorslag voorkomen wordt en waarmee men systematisch een gevelbekleding kan vervangen.

5.3.6 Mogelijke systemen

Zoals uit de voorgaande paragrafen blijkt zijn er een groot aantal varianten mogelijk voor een binnenisolatiesysteem. Voor de in deze brochure besproken (dampremmende) binnenisolatiesystemen kunnen de commerciële systemen op basis van de bevestigingstechniek in de volgende types ingedeeld worden:

- verkleefde of verlijmde binnenisolatiesystemen;
- binnenisolatiesystemen op basis van een stijl- en regelwerk, die kunnen bestaan uit een traditionele voorzetwand of een vrijstaande voorzetwand.
- geïntegreerde prefab-binnenisolatiesystemen.

De belangrijkste voorwaarden voor toepassing en de belangrijkste systeemkenmerken zijn al aan bod gekomen in paragraaf 0. Een beknopt overzicht van de belangrijkste voor- en nadelen, en de aandachtspunten bij de toepassing van dergelijke systemen is weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9: Binnenisolatiesystemen

| Verkleefd of verlijmd | Stijl- en regelwerk | | Geïntegreerd prefab-systeem |
|---|--|--|--|
| | Traditionele voorzetwand | Vrijstaande voorzetwand | |
| Eisen aan de binnenafwerking | | | |
| -Ondergrond voldoende draagkrachtig | | | -Ondergrond voldoende draagkrachtig ¹ |
| -Geen zuigende ondergrond | | | -Geen zuigende ondergrond ¹ |
| -Vlakheid (<8mm/2m) | -Vlakheid | | -Vlakheid (<8 mm/2 m) |
| -Geen verontreinigingen, behang, loszittende delen | | | -Geen verontreinigingen, behang, loszittende delen |
| -Vochtbestendig | -Vochtbestendig | | -Vochtbestendig |
| -Niet gipshoudend | | | -Niet gipshoudend ¹ |
| Voordelen | | | |
| -Minder kans op luchtrotatie indien correct toegepast | -Technische voorzieningen kunnen in de isolatie ingewerkt worden | -Technische voorzieningen kunnen in de isolatie ingewerkt worden | |
| -Lager risico op koudebruggen (continue isolatie) | | -Lager risico op koudebruggen (continue isolatie) | |
| Aandachtspunten | | | |
| -Technische voorzieningen | -Risico op koudebruggen | -Aansluiting isolatie en muur | -Aansluiting met vensters enzovoort |
| -Functionaliteit binnenafwerking: ophangen schilderijen, enzovoort. | | | -Continuïteit van het dampscherm: afdichten voegen |

¹ Indien gebruik wordt gemaakt van verkleefde of verlijmd bevestiging

6 DETAILLERING

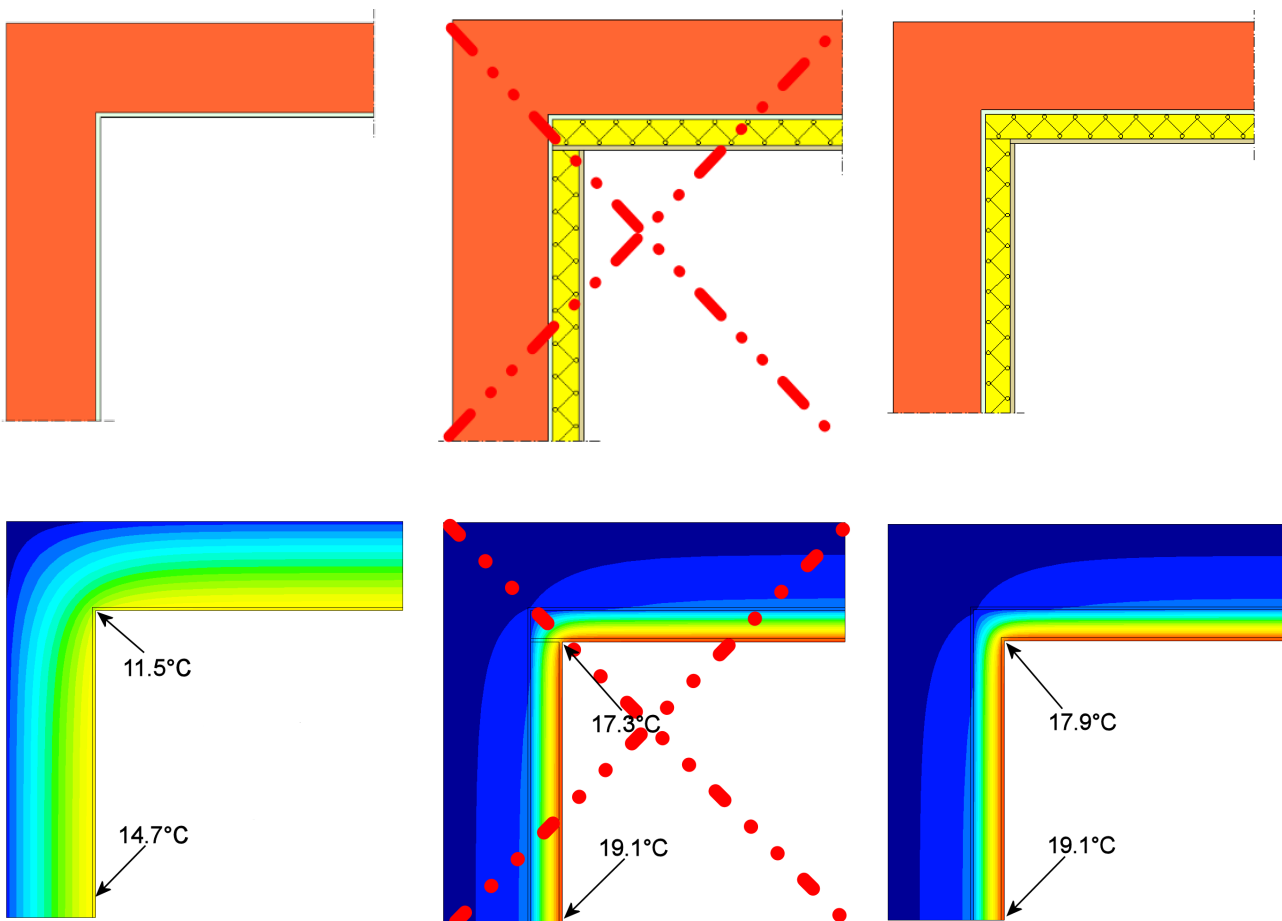
De analyse van een binnenisolatiesysteem beperkt zich niet tot de prestaties en de functionaliteit in het volle vlak. Het is essentieel dat eventuele problemen met de aansluitingen tussen de binnenisolatie en de andere gebouwdelen voorkomen worden. Voor de toepassing van een goed functionerend binnenisolatiesysteem zijn een goed ontwerp en een kwalitatieve uitvoering van de details essentieel. Het is immers op die plaatsen dat eventuele hygrothermische problemen zich het eerst kunnen voordoen.

6.1 BINNEN- EN BUITENHOEKEN

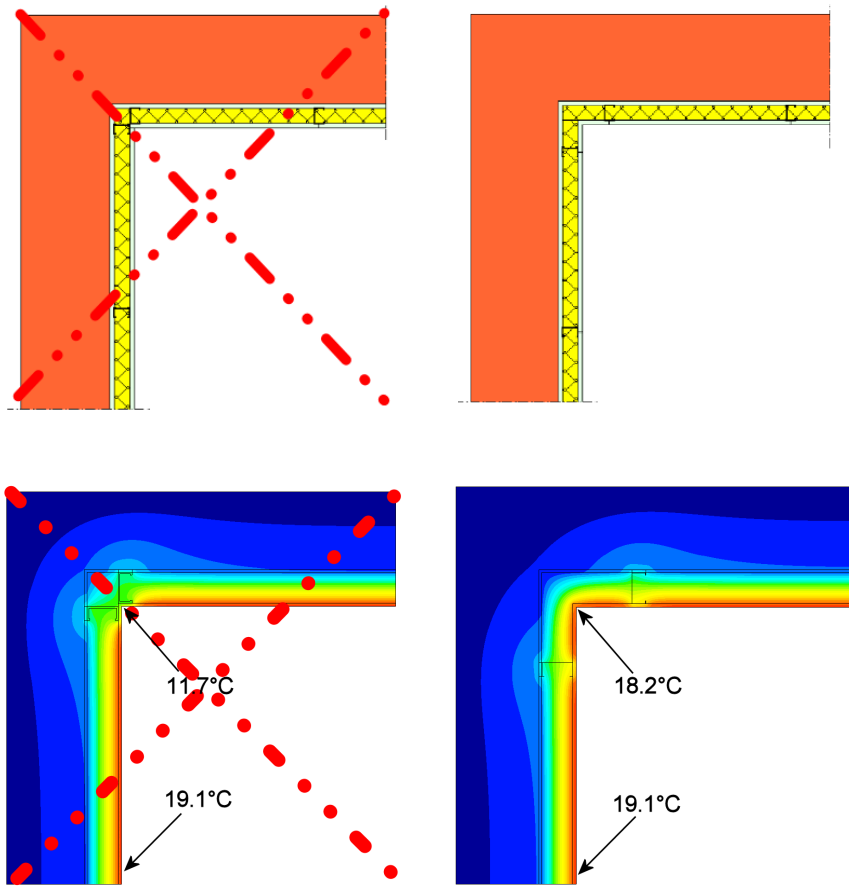
Een eerste aandachtspunt betreft de detaillering van binnenhoeken, waar de isolatie en de binnenafwerking van twee aansluitende buitenwanden met elkaar in verbinding staan.

Het is aan te bevelen om de isolatie en de binnenafwerking van beide wanden de hoek te laten volgen, waarbij de isolatie gecontinueerd wordt (Figuur 39). Door een continue isolatie zonder onderbreking wordt de oppervlaktetemperatuur in de hoek verhoogd.

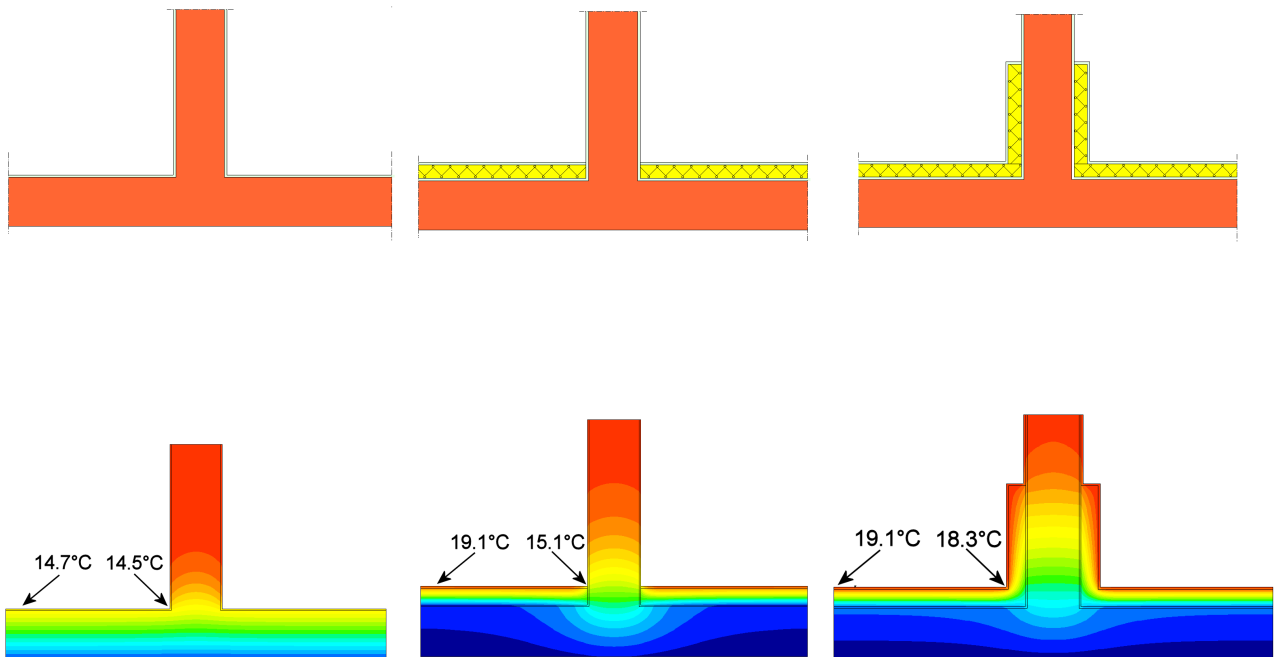
Bij een binnenisolatiesysteem met een stijl- en regelwerk met metalen of houten profielen verdient het de voorkeur de draagconstructie niet in de hoek te plaatsen. Plaatsing van de draagconstructie in de hoek leidt tot de versterking van het koudebruggeffect, en daardoor tot een relatief lage oppervlaktetemperatuur en verhoogde energieverliezen (Figuur 40).



Figuur 39: Aansluiting van de isolatie op de plaats van een buitenhoek: de oorspronkelijke wand (links), de afgeraden opbouw met doorlopende binnenafwerking (midden), en de aanbevolen opbouw zonder doorlopende binnenafwerking (rechts).



Figuur 40: Plaatsing van de metalen draagconstructie op meer dan 200 mm van de buitenhoek ter voorkoming van versterking van de koudebrug. De afgeraden opbouw met metalen draagconstructie in de hoek (links), en de aanbevolen opbouw (rechts).



Figuur 41: Flankerende isolatie van een inbindende binnenwand.

6.2 BINNENMUREN

Een ander aandachtspunt is de aansluiting van een geïsoleerde muur met een binnenmuur. Om een koudebrug te voorkomen, is het aan te bevelen om een gedeelte van de inbindende wand mee te isoleren (Figuur 41). De lengte van de inbindende isolatie is afhankelijk van de dikte van de isolatie in het gevelvlak en de resulterende U-waarde van de geïsoleerde gevel. In het algemeen is een flankerende isolatiestrook van 60 cm voldoende. De flankerende isolatie eenzijdig aan de linker- of de rechterkant van de muur aanbrengen kan leiden tot een verlaging van de oppervlaktetemperatuur respectievelijk in de hoek aan de linker- of rechterkant.

De volgende technische oplossingen zijn beschikbaar voor het flankerend isoleren van inbindende bouwdelen:

- de flankerende isolatie wordt direct op de binnenafwerking aangebracht. Er is geen esthetische afwerking;
- er wordt een wigvormige isolatiestrook toegepast, die mogelijk wordt afgewerkt met een pleister;
- er wordt een isolatiestrook aangebracht na het verwijderen van de binnenpleister, waarbij de dikte van de isolatiestrook gelijk is aan de dikte van de verwijderde pleister.

6.3 BINNENVLOEREN

De aansluiting van een vloer met de bestaande gevel is bouwfysisch gezien vergelijkbaar met de aansluiting van een binnenmuur met de gevel. Ook in dat geval leidt de plaatsing van binnenisolatie tot een lagere oppervlaktetemperatuur in de hoek op de plaats van de aansluiting. Dat risico is vooral aanwezig bij massieve betonvloeren, ten

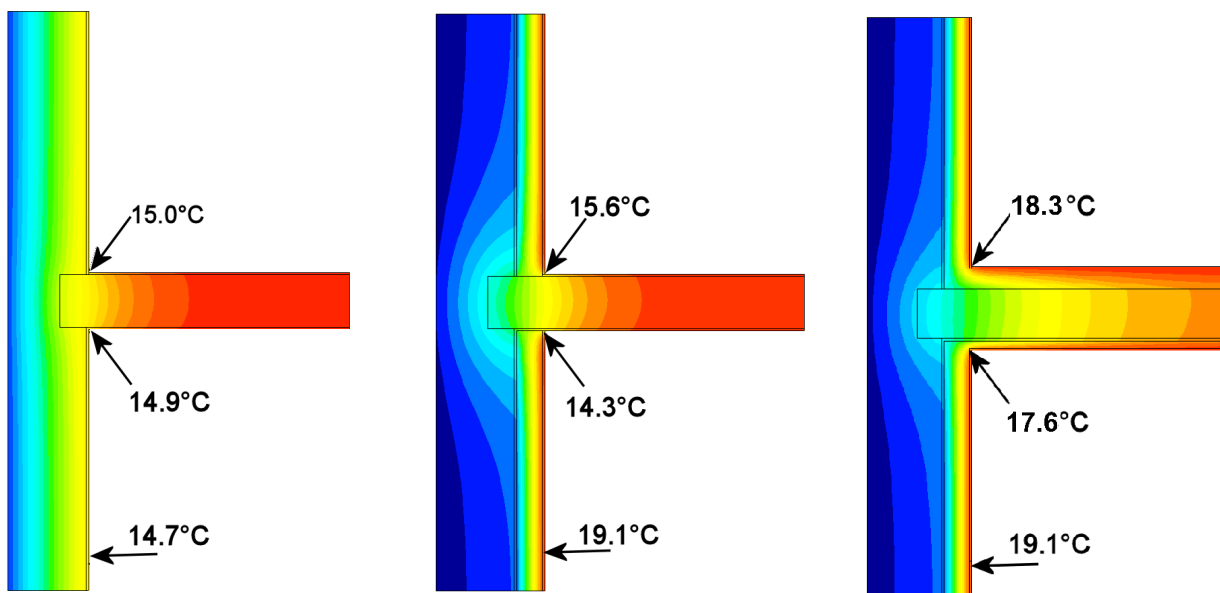
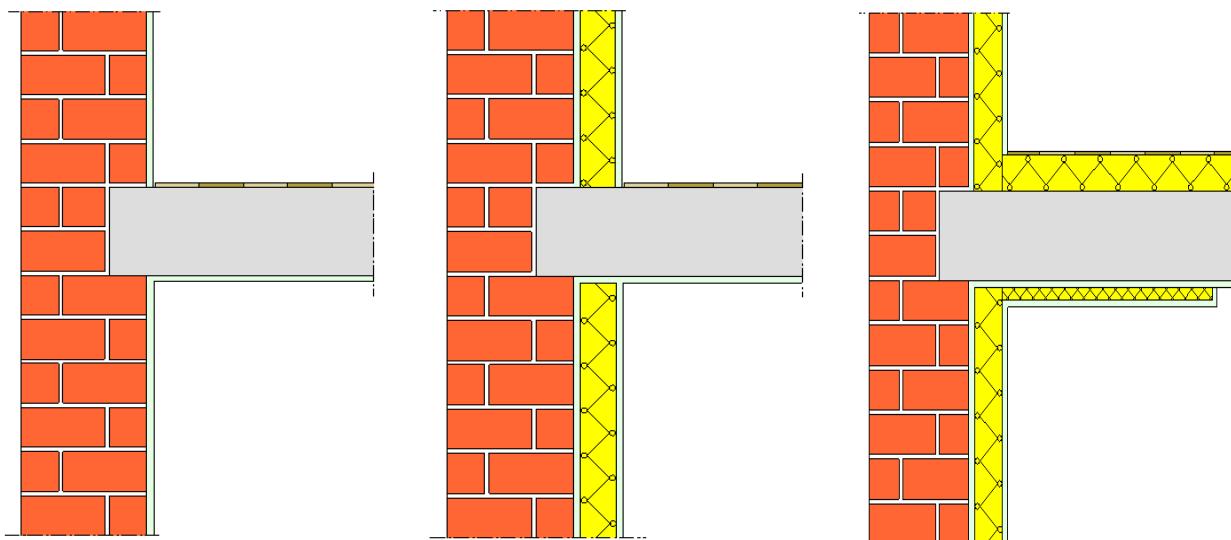
gevolge van de relatief hoge warmtegeleidingscoëfficiënt van het beton, in tegenstelling tot houten vloeren.

Vergelijkbaar met de aansluiting met binnenmuren is ook in die gevallen een flankerende isolatie(strook) met een lengte van 60 cm toepasbaar, maar er is enige voorzichtigheid geboden. Flankerende isolatie eenzijdig aan de bovenkant of de onderkant van de vloer aanbrengen kan leiden tot een verlaging van de oppervlaktetemperatuur respectievelijk in de hoek aan de onderkant (Figuur 42) of aan de bovenkant. Dat fenomeen doet zich vooral voor bij een gedeeltelijke renovatie, bijvoorbeeld per vertrek of per appartement. In het voorbeeld van Figuur is ook aan de onderkant een flankerende isolatie(strook) gewenst.

6.4 HOUTEN VLOEREN EN BALKEN

Bij de aansluiting van een houten vloer of houten balk met de bestaande gevel speelt het koudebruggeffect een minder grote rol in vergelijking met een betonvloer. Een flankerende isolatiestrook is in dat geval meestal niet noodzakelijk. Bij voorkeur is het aan te bevelen om isolatie te plaatsen tussen de houten balken. Om degradatie van de houtconstructie zelf te voorkomen, moet men rekening houden met de volgende punten:

- het is belangrijk (capillair) contact tussen het hout en het metselwerk te voorkomen door een capillaire onderbreking of een luchtsponw, tussen de balk en het metselwerk;
- de isolatie moet naadloos aansluiten met de houten balken en die aansluiting moet luchtdicht worden uitgevoerd.



Figuur 42: Flankerende isolatie aan de bovenkant van de vloer, die leidt tot een verlaging van de oppervlaktetemperatuur in de hoek aan de onderkant.

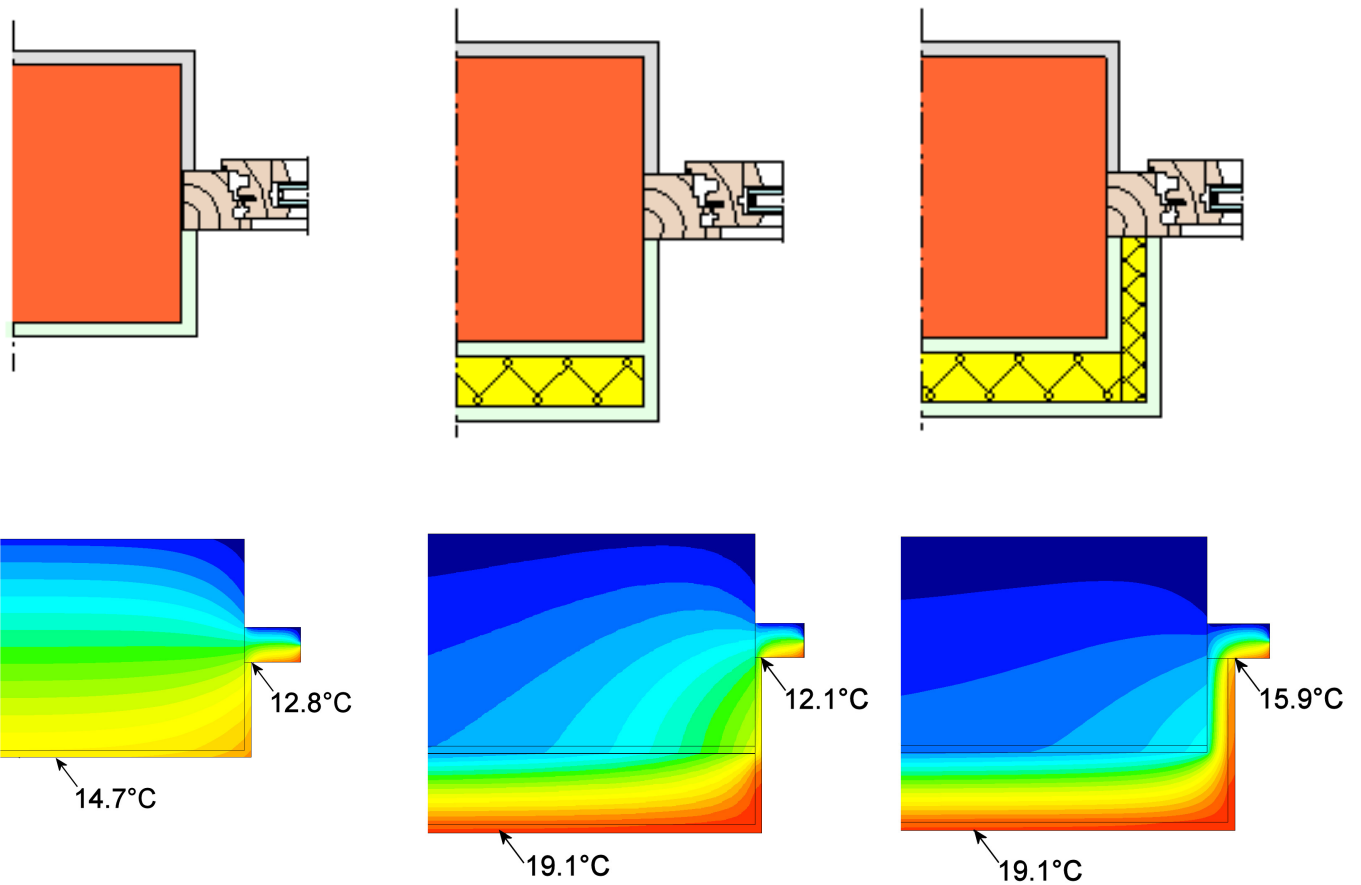
6.5 VENSTERS EN DEUREN

De aansluiting van de binnenisolatie met vensters en deuren is essentieel voor de constructie. Door de toepassing van binnenisolatie wordt de temperatuur in het metselwerk verlaagd, waardoor lateien en dorpels koudebruggen vormen. Daarom is het belangrijk de bouwknopen mee te isoleren en zodoende de oppervlaktetemperatuur op de plaats van de aansluiting te verhogen en warmteverliezen te reduceren. Figuur 43 toont de oppervlaktetemperatuur op de plaats van de

aansluiting van het kozijn met de gevel in de ongeïsoleerde situatie, de situatie met binnenisolatie zonder meegeïsoleerde aansluiting en de situatie met binnenisolatie, waarbij de aansluiting mee is geïsoleerd. Als de binnenisolatie geen onderdeel is van een omvangrijkere renovatie en de bestaande vensters worden vervangen door thermisch performantere raamprofielen, speelt de geringe dikte van de raamprofielen dikwijls een beperkende rol.

Door de geringere dikte van een raamprofiel is in dat geval meestal om geen voldoende dikke isolatie op de plaats van de latei mogelijk. Een mogelijke oplossing is dat men de bestaande pleisterlaag verwijdert op de plaats van de latei voordat de isolatie wordt geplaatst, waardoor enkele millimeters kunnen worden gewonnen.

Daarbij moet echter rekening worden gehouden met het behoud van de luchtdichtheid van de aansluiting. Een andere optie is de toepassing van een isolatiemateriaal met een lagere warmtegeleidingscoëfficiënt op de plaats van de latei.



Figuur 43: De isolatie van de raamaansluiting ter verhoging van de oppervlaktetemperatuur (bovenaanzicht): bestaande wand zonder binnenisolatie (links), met binnenisolatie en niet mee geïsoleerde aansluiting (midden), met binnenisolatie en mee geïsoleerde aansluiting (rechts).

6.6 TECHNISCHE AANSLUITINGEN EN INSTALLATIES

Dikwijls zijn in of op de oorspronkelijke gevel technische aansluitingen, zoals stopcontacten, of installaties, zoals radiatoren, aanwezig. Afhankelijk van de aard van de voorzieningen moeten die geheel of gedeeltelijk worden verplaatst of verwijderd.

6.6.1 Doorvoer van technische aansluitingen

Een technische aansluiting die niet vorstgevoelig is, bijvoorbeeld een elektrische aansluiting, kan in het algemeen worden geïntegreerd in de isolatie. Figuur 44 toont de integratie van een elektriciteitskabel in een verkleefd binnenisolatiesysteem, waarbij het stopcontact ook in de isolatie is verwerkt. Aandachtspunt bij een dergelijke oplossing zijn de continuïteit van de lucht- en dampdichtheid en het voorkomen van koudebruggen ten gevolge van het doorboren van de isolatie.

6.6.2 Radiatoren

Verwarmingsbuizen moeten vanwege hun vorstgevoeligheid zo worden verplaatst dat ze aan de warme kant van de isolatie liggen. Figuur 45 toont een radiator die voor de binnenisolatie is geplaatst, waarbij de verwarmingsbuizen geplaatst zijn aan de warme kant van de isolatie.



Figuur 44: Integratie van de elektrische voorzieningen in het verkleefde binnenisolatiesysteem.



Figuur 45: Voorbeeld van de plaatsing van verwarmingsbuizen aan de warme kant van de isolatie.

Binnenisolatie kan een goed alternatief zijn voor het thermisch isoleren van een gevel, als buitenisolatie of het na-vullen van spouwmuren niet in aanmerking komt. Men dient zich wel bewust te zijn van de risico's die binnenisolatie met zich mee brengt.

Deze brochure geeft technische richtlijnen voor de binnenisolatie. Ze geeft ook een beeld van de risico's die binnenisolatie met zich kan meebrengen, en mogelijke oplossingen daarvoor. De toepasbaarheid van binnenisolatie is afhankelijk van het specifieke gebouw, de ligging van het gebouw, de toestand en de

kenmerken van de gevel, en de aard van de renovatie zelf. Die factoren kunnen van geval tot geval sterk verschillen. Met deze brochure kunt u een objectieve afweging van die factoren maken, zodat u een optimaal functionerende binnenisolatie en een duurzame oplossing kunt kiezen.

Aanbevolen wordt om bij de toepassing van binnenisolatie altijd de nodige voorzichtigheid te betrachten. Het is verstandig om te werk te gaan op basis van goede informatie en de juiste expertise.

8 REFERENTIES

Borsch-Laaks R. 2006. Innendämmung – wo ist das Risiko? WTA-Journal 1/06.

BUtgB Infoblad 2011/1. *Geïsoleerde spouwmuren met gevelmetselwerk*. Belgische Unie voor technische goedkeuringen in de Bouw, Brussel.

Europese Unie, 2010. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and the council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (EPBD Recast).

Evrard A, Branders A, De Herde A. 2011. *Isolin, guide pour l'isolation par l'intérieur des murs existants en brique pleine*, La Wallonie.

Feist, W. 2009. *Altbaumodernisierung mit Passivhaus-Komponenten*. Passiv Haus Institut, Darmstadt.

Hens H. 1986. Buitenwandoplossingen voor de residentiële bouw: Massieve buitenwanden met binnenisolatie, Katholieke Universiteit Leuven.

Hessisches Ministerium für Umweltschutz, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 2009. Wärmedämmung von Aussenwänden mit der Innendämmung, Wissenwertes über die nachträgliche Dämmung bei Altbauten, Wiesbaden.

International Association for Science and Technology of Building Maintenance and Monuments Preservation. 2009. *Innendämmung nach WTA I: Planungsleitfaden*. Merkblatt 6-4.

ISO 10211. 2007. Thermal bridges in building construction -- Heat flows and surface temperatures -- Detailed calculations, International Standards Organization.

Janssens A, Wagneur M, Wijnants J, Winnepeninckx E. 2012. *Na-isolatie van spouwmuren door het opvullen van de luchtpouw*. Technische Voorlichting 246, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Brussel.

NBN B 27-009/A2. 1996. Keramische producten voor wand- en vloerbekleding. Vorstbestandheid.

Vorst-dooicyclusen. Brussel, Bureau voor Normalisatie.

NBN B 62-002. 2007. Thermische prestaties van gebouwen – Berekening van de warmtedoorgangscoefficienten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen – Berekening van de warmteoverdrachtscoefficienten door transmissie (Ht-waarde) en ventilatie (Ontwerp). Brussel, Bureau voor Normalisatie.

NBN EN 771-1. 2003. Voorschriften voor metselstenen. Deel 1 : metselbaksteen. Brussel, Bureau voor Normalisatie.

NBN EN 1062-1. 2004. Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete - Part 1: Classification. Brussel, Bureau voor Normalisatie.

NBN EN 1996-2 ANB: Eurocode 6 - Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 2 : Ontwerp, materiaalkeuze en uitvoering van constructies van metselwerk - Nationale bijlage. 2010/11/00, 10 p.

NBN EN 10140 2010. Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements. CEN.

NBN EN 12354 2000. Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne sound insulation between rooms. CEN.

Krus M, Künzel HM. 2003. Untersuchungen zum Feuchteverhalten von Fassaden nach Hydrophobierungsmaßnahmen, WTA Journal 2/03, p. 149-166.

- Künzel HM, 2011, Bauphysik der Innendämmung und Bewertungsverfahren, 1. Internationaler Innendämmkongress, Dresden
- Pien A, De Bruyn R. 2002. Waterwerende oppervlaktebehandeling. Technische Voorlichting 224, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Brussel.
- Ruisinger U, Kautsch P, Herwig Hengsberger H. (2011), Holzbalkendecken bei Innendämmmaßnahmen, Umgang mit einem Problembereich, Proceedings 1. Internationaler Innendämmkongress, Dresden.
- Vereecken E, Roels S. 2012. Hygrothermal analysis of interior insulation with regard to renovation projects. PhD project. Katholieke Univeriteit Leuven.
- Vereecken E, Roels S. 2012. *Energetische Analyse van Binnenisolatie*. VEA Brochure Binnenisolatie: Input Rapport nr.1. Katholieke Univeriteit Leuven.
- Vereecken E, Roels S. 2012. *Vochtgehalte in massieve metselwerkwand*. VEA Brochure Binnenisolatie: Input Rapport nr.2. Katholieke Univeriteit Leuven.
- Vlaams Energieagentschap (VEA). 2009. Actieplan van het Energierenovatieprogramma 2020 voor het Vlaamse woningbestand. Brussel.
- Vandooren O. 2004. Binnenklimaatklassen. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Infofiche nr. 11, Brussel.
- Vermeir G, Mees P. 1988. Geluidsisolatieverbetering met voorzetwanden, WTCB Tijdschrift (4).

| | |
|--|---|
| dampdiffusieweerstand | De dampdiffusieweerstand is een materiaaleigenschap die aangeeft in welke mate een materiaal in staat is waterdamp door te laten. Alle materialen bezitten een zekere dampdiffusieweerstand. Deze materiaaleigenschap wordt over het algemeen aangeduid met het dampdiffusieweerstandsgetal (μ), een dimensieloos getal dat aangeeft hoeveel moeilijker waterdamp door het betreffende materiaal kan diffunderen dan door lucht. De diffusieweerstand van een materiaallaag wordt meestal aangegeven door middel van de relatieve dampdiffusieweerstand, de μ_d -waarde. |
| Dauwpunt dauwpuntstemperatuur | of Lucht van een gegeven temperatuur kan maximaal een bepaalde hoeveelheid waterdamp bevatten. Als de temperatuur in een bepaalde situatie wordt verlaagd, neemt dus de maximale waterdampconcentratie af. Als de aanwezige waterdampconcentratie gelijk is gebleven, neemt de relatieve vochtigheid toe. Bij een temperatuurverlaging wordt de waterdampspanning op een zeker moment gelijk aan de maximale waterdampspanning: dan heerst er een relatieve vochtigheid van 100%, wat bijvoorbeeld bij mist het geval is. De temperatuur waarbij dat optreedt, wordt de dauwpuntstemperatuur genoemd. |
| (waterdamp)diffusie | Poreuze materialen nemen vocht op in evenwicht met de relatieve vochtigheid van de lucht. Een hoge relatieve vochtigheid betekent een hoog vochtgehalte in het materiaal. Als het materiaal aan de ene kant in aanraking is met lucht van een lagere relatieve vochtigheid dan aan de andere kant, bijvoorbeeld in een gevel of een dak, zal er door het verschil in vochtgehalte een stroming door het poreuze materiaal plaatsvinden van plekken met hoge concentraties vocht naar plaatsen met lagere concentraties vocht. Dat fenomeen wordt diffusie genoemd. De hoeveelheid damp die wordt getransporteerd is afhankelijk van: de grootte van het dampspanningsverschil; de mate waarin de constructie weerstand biedt aan de diffusie. |
| convectie | Transport van warmte of waterdamp (door een constructie) ten gevolge van luchtstroming. Een dergelijk convectief transport treedt op als er sprake is van luchtlekkage. |
| Inwendige condensatie | Bij een gegeven dampdrukverschil bepalen het materiaal en de opbouw van de constructie of er inwendige condensatie zal optreden en, zo ja, op welke plaats en in welke mate er sprake zal zijn van inwendige condensatie. Als er inwendige condensatie optreedt, zal die zich voordoen op het scheidingsvlak tussen twee lagen. Condensatie ontstaat als op de plaats van dat vlak een temperatuur heerst die lager is dan de dauwpuntstemperatuur. |
| temperatuurfactor | Om een maat voor de ernst van een koudebrug aan te kunnen geven, is de temperatuurfactor (f) ingevoerd. De f -factor |

karakteriseert de thermische kwaliteit van een constructie. Een hoge f -factor is gunstig, een lage ongunstig.

**Warmtegeleidingscoëfficiënt
(lambda-waarde, λ)**

De lambda-waarde geeft de warmtegeleidbaarheid van een materiaal aan. Ze wordt uitgedrukt in W/mK. Hoe hoger de waarde is, hoe beter de warmte geleid wordt en hoe minder goed het materiaal dus isoleert.

Dat betekent niet dat materialen met een lage lambda-waarde altijd beter isoleren dan een materiaal met een hogere waarde.

R-waarde

De R-waarde geeft het warmte-isolerend vermogen van een materiaallaag aan en wordt vaak gebruikt als isolerende waarde van dubbelglas, muren, vloeren en daken. De R-waarde is de warmteweerstand van een materiaallaag en wordt uitgedrukt in m^2K/W . Hoe groter R is, hoe groter de weerstand is die de warmtedoorgang ondervindt en hoe beter het materiaal isoleert.

U-waarde

Een U-waarde wordt uitgedrukt in W/m^2K . De U-waarde van een constructiedeel geeft aan hoeveel warmte er per seconde en per vierkante meter verloren gaat als het temperatuurverschil tussen binnen en buiten $1^\circ C$ is. U is het symbool voor de warmtedoorgangcoëfficiënt.

