



Bouwfysische eigenschappen

EN DETAILLERING

METSELWERK

Inhoud

Inleiding	2
Thermische eigenschappen van baksteenconstructies	3
Hygrische eigenschappen van baksteenconstructies	10
Akoestische eigenschappen van baksteenconstructies	13
Detailering van baksteenconstructies	15
Literatuur	20

COLOFON

Uitgever

Koninklijk Verbond van Nederlandse
Baksteenfabrikanten (KNB)

Tekst

Grid design
ir. Jos Kooren
KNB

Fotografie

Grid design
ir. Jos Kooren
KNB

Ontwerp en druk

Coers en Roest bv

De Steeg, februari 2002

KNB en de door KNB ingeschakelde derden hebben aan de inhoud en samenstelling van deze documentatie de grootst mogelijke zorg besteed. De betrokken organisaties en bedrijven aanvaarden echter geen enkele aansprakelijkheid voor het gebruik van de gegeven informatie in deze documentatie of gedane aanbevelingen.

©Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KNB.

Voor overige informatie kunt u onze internetsite bezoeken: www.knb-baksteen.nl



**Koninklijk Verbond
van Nederlandse
Baksteenfabrikanten**
Florijnweg 6
Postbus 153, 6880 AD Velp
T +31 (0)26 384 56 30
F +31 (0)26 384 56 31
E knb@knb-baksteen.nl
I www.knb-baksteen.nl

Inleiding

Deze brochure behandelt de bouwfysische eigenschappen van baksteen metselwerk zoals dat in het moderne bouwen wordt toegepast. Achtereenvolgens zal worden ingegaan op het gedrag van baksteenconstructies ten aanzien van warmte (thermische eigenschappen), vocht (hygrische eigenschappen) en geluid (akoestische eigenschappen) die tezamen de bouwfysische eigenschappen van baksteen vormen.

Hieraan voorafgaand wordt aandacht besteed aan de regelgeving die op de behandelde constructies van toepassing is en de gevolgen die deze heeft voor ontwerp en uitvoering van baksteenconstructies.

De toepassing van baksteen sluit volledig aan bij de eisen die het Bouwbesluit stelt aan energiezuinig bouwen. Het tweede deel van de brochure is gewijd aan het detailleren van metselwerk. Hierin worden principe-details behandeld voor de meest voorkomende constructies, met tips en aanwijzingen voor ontwerp en uitvoering. Baksteen metselwerk wordt in het moderne bouwen vooral toegepast

in gevels en (in mindere mate) voor (schoon) binnenmetselwerk. Verder zien we baksteen metselwerk veelvuldig terug in de constructie van schoorstenen en tuinmuren. De omstandigheden waarin deze constructies worden blootgesteld aan fysische belastingen kunnen zeer verschillend zijn en bepalen mede de uitgangspunten voor het ontwerp en de uitvoering van deze metselwerkconstructies.

Een meer recente ontwikkeling is die van het verlijmen van baksteen. Voorzover het verlijmen van baksteen invloed heeft op de bouwfysische eigenschappen en het gedrag van metselwerkconstructies wordt dit in de betreffende hoofdstukken en in de details behandeld.

Baksteen en Bouwbesluit

Het Bouwbesluit is voor baksteen metselwerkconstructies van belang waar eisen gesteld worden aan de bouwfysische eigenschappen van bouw delen die



Figuur 1.

in metselwerk worden gerealiseerd. De toepassing van baksteen sluit volledig aan bij de eisen die het Bouwbesluit stelt aan energiezuinig bouwen. De materiaaleigenschappen en constructieve mogelijkheden maken dat aan alle thermische, hygrische en akoestische eisen, kan worden voldaan.

Zowel op nationaal als internationaal niveau (E.G. en mondiaal) worden beleidsprogramma's opgesteld met betrekking tot onze omgang met energie en milieu. Als gevolg hiervan zijn sinds de invoering van het Bouwbesluit in 1992 eisen gesteld aan de totale warmteweerstand van constructies. Voor woningen geldt sindsdien dat de warmteweerstand van gevels, begane grondvloeren en daken minimaal $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ moet zijn. Verder dient overal dubbele beglazing te worden toegepast, is de totale glasoppervlakte gelimiteerd en zijn eisen gesteld aan de luchtdichtheid van woningen. Met de invoering in 1995 van de energie-prestatienorm (EPN) zijn de eisen voor nieuwbouw verder aangescherpt (zie kader). In het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen wordt voor de buitenschil van woningen een eis van minimaal $R_c = 3,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ aanbevolen, die door veel gemeenten inmiddels als ondergrens wordt aangehouden. Als variabele maatregelen zijn in het Nationaal Pakket waarden opgenomen van $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor de gevel en $4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor het dak. Warmteverlies vindt niet uitsluitend plaats via de buitenschil, maar deze levert daaraan wel de belangrijkste bijdrage. Verreweg de meeste warmte gaat verloren via dak, gevel en vloer. Het aanbrenge van (extra) isolatie is daarom een goede manier om op energie te besparen en daarmee tevens het milieu te sparen.

Energie Prestatie Norm (EPN)

De EnergiePrestatieNormering is in 1995 ingevoerd om de energie-efficiëntie van gebouwen in één getal, de EnergiePrestatieCoëfficiënt (EPC) te kunnen beoordelen. Het doel hiervan is om het energiegebruik van gebouwen structureel te verlagen. De EPC geeft een indicatie van het gewogen energiegebruik van een gebouw inclusief de installaties. Voor woningen en woongebouwen wordt de EPC berekend volgens NEN 5128 uit de formule:

$$EPC = \frac{Q_{\text{pres.totaal}}}{330 \times A_g + 65 \times A_{\text{verlies}}} \times C_{\text{epc}}$$

waarin:

- $Q_{\text{pres.totaal}}$ = het totale energiegebruik van een woning voor verwarming, warm water, ventilatie verlichting, koeling en bevochtiging (vlg's NEN 5128) [MJ]
- A_g = gebruiksoppervlakte [m^2]
- A_{verlies} = verliesoppervlakte (gebouwwormhulling) [m^2]
- C_{epc} = correctiefactor

De berekende EPC van een gebouw mag niet hoger zijn dan de in het Bouwbesluit opgenomen EPC-eis voor verschillende typen van gebouwen. Voor woningen en woongebouwen geldt m.i.v. 1 jan. 2000 dat $EPC \leq 1,0$. De EPC geeft de ontwerper de vrijheid om te kiezen voor verschillende manieren van energiebesparing. Het verlagen van de EPC-waarde kan gevonden worden in betere isolatie, maar ook in bijvoorbeeld installatietechnische oplossingen.

SAMENGESTELDE CONSTRUCTIES - DE SPOUWMAUR

Ontwerp

De spouwmuur deed omstreeks 1920 zijn intrede in de Nederlandse bouw en is ongetwijfeld de meest toegepaste gevelconstructie in de naoorlogse woningbouw. Met de intrede van de spouwmuur werden de nadelen van massief metselwerk ten aanzien

Met de intrede van

de spouwmuur

werden de

bouwfysische

kwaliteiten t.o.v.

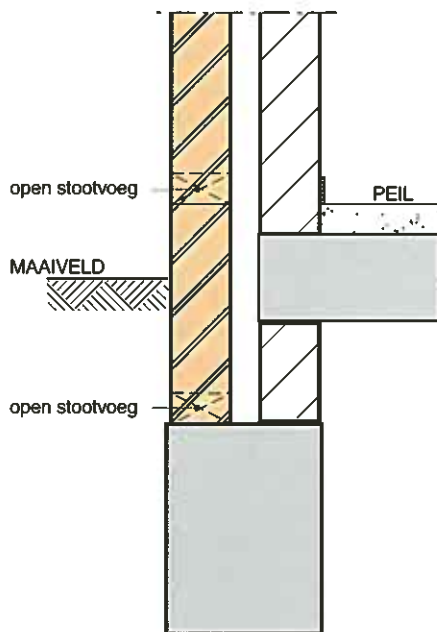
massief metsel-

werk aanzienlijk

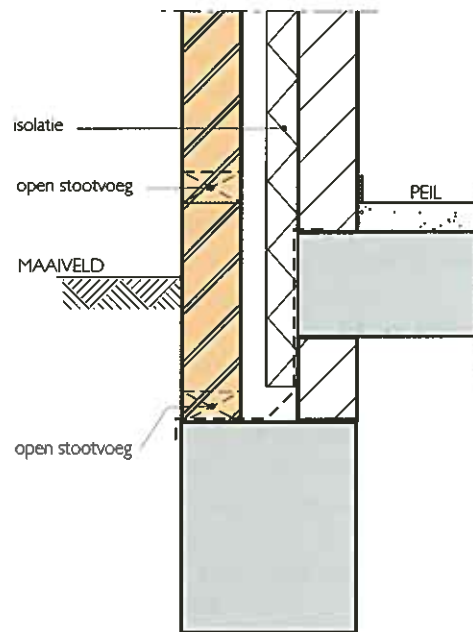
verbetert.

van vocht doorslag en condensvorming ondervangen. In de spouwconstructie is de regenwerende functie gescheiden van de dragende functie en zorgt de luchtspouw voor een sterke verbetering van de bouwfysische eigenschappen van de constructie. Aanvankelijk werd deze spouwconstructie niet geïsoleerd (figuur 2). Het besef dat onze energiebronnen niet onuitputtelijk zijn zorgt voor een ontwikkeling waarbij steeds hogere eisen worden gesteld aan de beperking van warmteverliezen via de constructie. Vanaf 1987 moet de warmteweerstand van de gevel van woningen en woongebouwen minimaal voldoen aan de eis: $R_c \geq 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$. Dit werd bereikt door de spouw aan de binnenzijde te voorzien van een isolatielaag van ca. 50 mm dikte (figuur 3). Aanbevolen wordt om in het ontwerp een minimum luchtspouw van 40 mm aan te houden. Vocht dat in de spouw doordringt kan via deze luchtspouw naar buiten worden afgevoerd en de spouw zorgt voor een gelijkmatige droging van het buitenblad. De metselaar houdt bovendien voldoende ruimte voor zijn handen bij het plaatsen van de stenen.

Zoals reeds aangeduid is bij de invoering van het Bouwbesluit in 1992 aan gevelconstructies de eis gesteld dat deze voor woningen moet voldoen aan $R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$, en gaan de Plus-eisen voor Duurzaam bouwen uit van een R_c van $4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$. De details achterin deze brochure zijn gebaseerd op een R_c van $3,0 \text{ m}^2\text{K/W}$.



Figuur 2. Ongeïsoleerde spouwconstructie



Figuur 3. Geïsoleerde spouwconstructie met 50 mm spouwisolatie ($R_c \geq 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)

NEN 1068 - zwak geventileerde luchtlaag

De bepalingsmethoden voor de warmteweerstand zijn vastgelegd in de norm NEN 1068. Met de invoering van het nieuwe Bouwbesluit (waarschijnlijk per 1 april 2002) wordt tevens de praktijkrichtlijn NPR 2068 van toepassing. Hierin worden ondermeer definities gegeven van wat verstaan wordt onder een *zwak geventileerde en een sterk geventileerde luchtlaag*. Een zwak geventileerde luchtlaag heeft maximaal 1000 mm^2 ventilatie-opening verticaal en maximaal 500 mm^2 horizontaal in het geventileerde vlak. Voor een spouwmuur komt dit neer op maximaal één open stootvoeg aan onder- en bovenzijde per 150 cm gevellengte. Bij sterkere ventilatie van de spouw mag de warmteweerstand van de spouwlaag en de lagen aan de buitenzijde van de spouw, zoals het buitenspouwblad, niet worden meegerekend.

Bij stootvoegloos bouwen leveren de spouw en het buitenspouwblad dus geen bijdrage aan het warmte-isolerend vermogen van de constructie.

Tabel 1. (Bron: Tabellenboek voor de bouw, ten Hagen&Stam: productdocumentatie)

Materiaal	warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m.K)]		dampdiffusie-weerstandsgetal μ [-]	dichtheid ρ [kg/m ³]
	λ droog	λ nat		
baksteen	0,6 - 0,7	0,9 - 1,2	9 - 13	1600 - 1900
betonsteen	0,6 - 0,75		7 - 8	1400 - 1600
kalkzandsteen	0,9	1,4		1900
grindbeton	2,0	2,0		2300 - 2500
cellenbeton	0,35 - 0,50	0,7 - 1,2	6 - 9	1000 - 1300
cementpleister	0,9	1,5	17	1900
EPS isolatie	0,035		15 - 200	10 - 40
XPS isolatie	0,030		250	30 - 40
PUR isolatie	0,025 - 0,035		60 - 80	30 - 150
Minerale wol	0,04		1 - 2	35 - 200
Fenolschuim	0,02 - 0,035		90 - 250	25 - 200
Resolschuim	0,02			

Isolatiematerialen

Thermische isolatiematerialen ontleen hun hoge warmte-isolerende eigenschappen aan een structuur van open of gesloten cellen of kleine ruimten waarin zich stilstaande lucht of gas bevindt. De structuur van het materiaal dient voor toepassing in

spouwmuuren stabiel te zijn, zodat zij over langere tijd intact blijft.

Betrekkelijk

nieuw is de

ontwikkeling van

isolatiemateriaal

met lage

λ-waarden.

Voor spouwisolatie worden tegenwoordig nog vrijwel uitsluitend isolatieplaten toegepast. Bekend zijn de kunststof schuimplaten zoals EPS, XPS of PUR en de platen op basis van minerale wol. Betrekkelijk nieuw is de ontwikkeling van

isolatiemateriaal met lage λ-waarden, zodat bij gelijkblijvende dikte hogere isolatiewaarden kunnen worden gerealiseerd. Het betreft hier kunststofschuimen zoals PIR, Fenol- en Resolschuim. Tabel 1 geeft de λ-waarden van de meest voorkomende materialen in een spouwmuur.

Figuur 4 toont de opbouw van enige moderne spouwconstructies die voldoen aan de eis van $R_c = 2,5$, resp. $R_c = 3,0$ en $R_c = 3,5$.

Warmteweerstand R_c

De warmteweerstand is een getalswaarde voor de hoeveelheid warmte die per tijdseenheid en per m^2 door een constructie stroomt met een bepaald temperatuurverschil tussen binnen en buiten. De totale warmteweerstand van een constructie, weergegeven door het symbool R_c , wordt gevonden door de warmteweerstanden van de samenstellende delen bij elkaar op te tellen en is dus afhankelijk van de materiaaleigenschappen van deze delen.

In formule: $R_c = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots$ enz.

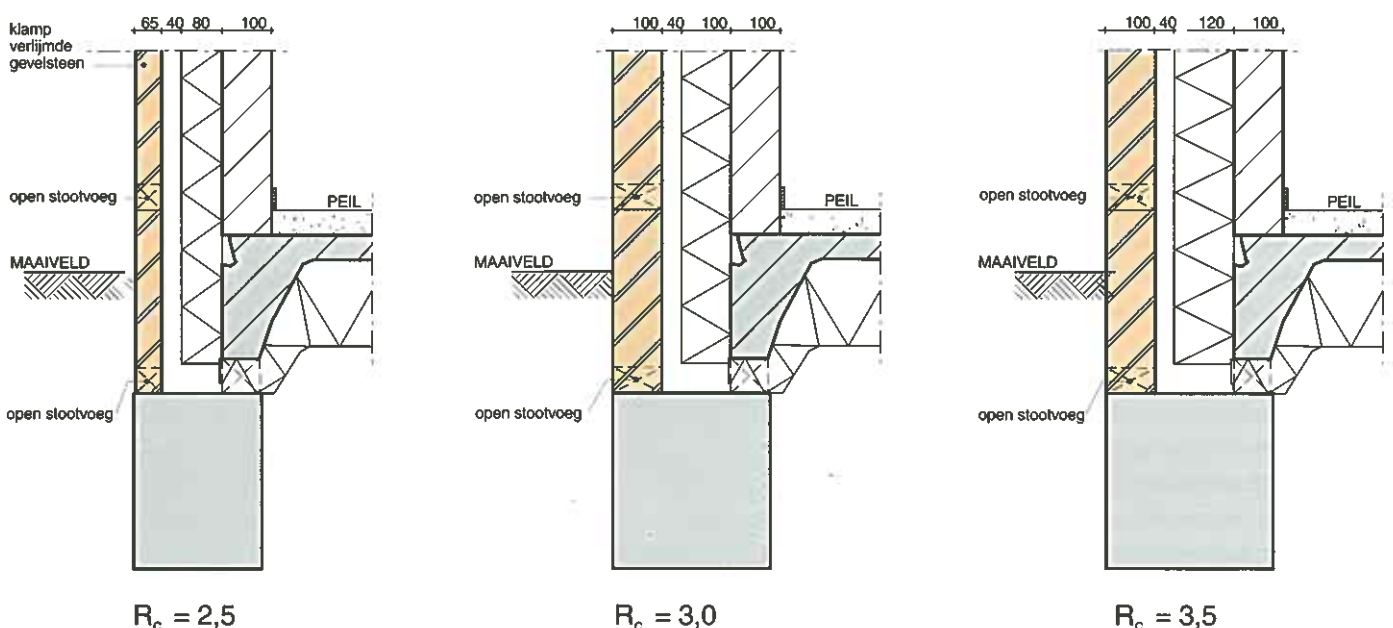
In samengestelde gevelconstructies levert de gevel- of spouwisolatie de grootste bijdrage aan de totale warmteweerstand van de gevel.

De rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënten (λ_{reken}) zijn niet gelijk aan de door fabrikanten van materialen opgegeven waarden ($\lambda_{declared}$). Voor de berekening van de warmteweerstand van constructies moeten hierin de in NEN 1068 opgenomen correctiefactoren worden opgenomen.

Voor spouwisolatie geldt dat ook de invloed van spouwankers moet worden meegenomen in de berekening. In formulevorm:

$$\lambda_{declared} = (\lambda_{iso} \cdot A_{iso} + \lambda_{ra} \cdot A_{ra}) / (A_{iso} + A_{ra})$$

De keuze van het type spouwanker bepaalt dus mede de dikte van de benodigde isolatie voor het behalen van de gewenste R-waarde. Het verschil tussen de keuze voor dunne RVS spouwankers en gegalvaniseerde ankers komt praktisch neer op een verschil van ca. 5 mm isolatie bij $R = 3,0 m^2K/W$. (Rockwool/Isover)



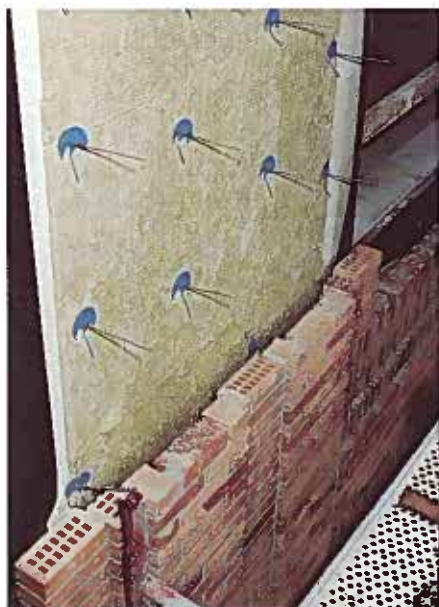
Figuur 4. Spouwconstructies met verschillende R_c -waarden bij $\lambda = 0,035$.

Uitvoering

Belangrijk is dat de isolatie zorgvuldig wordt aangebracht om te voorkomen dat warmtelekken kunnen optreden door niet goed aansluitende isolatie, of vochtbruggen ontstaan door onjuiste bevestiging van de isolatie.

Meestal wordt de isolatie aangebracht tijdens het optrekken van het buitenspouwblad. Hieronder volgen enige belangrijke tips en aanwijzingen die voor een goede uitvoering van de spouwconstructie van belang zijn:

- Breng isolatieplaten goed aaneengesloten aan tegen het binnenspouwblad en zorg voor een duurzame bevestiging. Roestvaststalen spouwankers verdienen de voorkeur.
- Bij toepassing van zachte materialen de isolatie bij voorkeur in twee lagen aanbrengen met overlappende naden.
- Spouwankers moeten afwaterend worden gemonteerd, dus licht aflopend in de richting van het buitenspouwblad met een druipknik aan de buitenkant. Beter is het gebruik van de speciaal voor dit doel vervaardigde klemschotels voor de bevestiging van de isolatie, met druipprofiel (figuur 5).
- Pas bij voorkeur isolatieplaten toe met een sponning en zorg ervoor dat geen doorgaande verticale naden ontstaan (halfsteensverband).
- Een goed functionerende luchtspouw zorgt voor de afvoer van vocht uit de spouw en voorkomt doorslaand vocht naar binnen. Vermijd daarom valspectie en voorkom dat speciebaarden de isolatie raken en zo vochtbruggen kunnen vormen.



Figuur 5. Spouwisolatie bevestigd met klemschotels

- De spouw beluchten: zorg voor open stootvoegen (liever stootvoegroosters), h.o.h. 1500 mm, onder en boven in het gevelvlak en boven onderbrekingen in de gevel (kozijnen).
- Het isolatiemateriaal dient voorgetrokken te worden ten opzichte van het optrekken van het buitenspouwblad. Dit voorkomt dat er specie op de isolatieplaten terecht kan komen.
- Voorkom tijdens de uitvoering dat isolatiemateriaal nat kan worden. Bij onderbreking van het metselen moeten isolatie en vers metselwerk worden afgedekt tegen regen (figuur 6).

Zie voor een zorgvuldige uitvoering van metselwerk ook de KNB-brochure 'Ontwerp en uitvoeringsrichtlijnen voor de toepassing van baksteen in metselwerk', lit. [1], en uitvoeringsrichtlijnen lit. [4], [5], [6] en [7].

ONGEÏSOLEERDE CONSTRUCTIES - NA-ISOLATIE

Gevels van vóór ca 1970 werden normaal gesproken niet geïsoleerd en voldoen dus ook niet aan de huidige eisen.

Wil men dergelijke panden behouden én voldoen aan de huidige eisen, zoals bijvoorbeeld bij renovaties en restauraties het geval zal zijn, dan dienen deze constructies te worden na-geïsoleerd.

In principe bestaan er vier mogelijkheden voor na-isolatie:

Bij spouwmuren:

- Het vullen van de ongeïsoleerde spouw met isolatiemateriaal.

- Vervangen van het buitenblad en aanbrengen van spouwisolatie.

Bij massieve muren:

- Het aanbrengen van binnenisolatie.
- Het aanbrengen van buitenisolatie.

Het vullen van de spouw

Na-isolatie van een bestaande spouwmuur door middel van het vullen van de spouw is een betrekkelijk eenvoudige

en goedkope methode om de warmteweerstand van de constructie te verhogen. De spouw wordt hierbij volledig gevuld met isolatiemateriaal door injecteren van

schuimparels met een bindmiddel, minerale wolvlokken of PUR-schuim. Vocht dat in de spouw doordringt kan ondanks het ontbreken van een luchtspouw toch afgevoerd worden in de naad tussen de binnenkant van het buitenspouwblad en de nieuw aangebrachte isolatie. Mits deze isolatie op de juiste wijze is aangebracht en de spouw volledig vult, vindt geen vochttransport naar binnen plaats. De snelheid waarmee vocht uit de spouw wordt afgevoerd en de

Gevels van vóór

ca 1970 werden

normaal gespro-

ken niet geïso-

leerd en voldoen

dus ook niet aan

de huidige eisen.



Figuur 6. Metselwerk afgedekt tegen inwateren

mate waarin spouwbeluchting bijdraagt aan de droging van de gevel worden door deze maatregel wel negatief beïnvloed: **de vochtbelasting op het buitenblad zal toenemen**. In de meeste gevallen hoeft dit niet ongunstig te zijn, de hygrische eigenschappen van baksteen metselwerk zorgen voor een gelijkmatige droging van de gevel. Dit is echter niet het geval wanneer het buitenspouwblad het vocht moeilijk aan de buitenlucht kan afstaan als gevolg van specifieke steeneigenschappen (bijvoorbeeld bij geglazuurde stenen) of vanwege een afsluitende behandeling van het metselwerk (schilderen of hydrofoberen). In die gevallen moet deskundig advies uitsluitend geven over de mogelijkheden van na-isolatie van de constructie.

Hoewel het vullen van de spouw met isolatie een aanzienlijke verbetering van de warmteweerstand van de constructie tot gevolg heeft, kan daarmee niet worden voldaan aan de huidige eisen ten aanzien van de minimale warmteweerstand. De spouw in deze constructies is in het algemeen niet breder dan 5 à 6 cm en daarmee komt de R_c -waarde voor de totale constructie uit op ca. $R_c = 1,3 \text{ m}^2/\text{K/W}$.

Enige tips en aanwijzingen voor de uitvoering:

- Controleer het voegwerk. Vochtdoorslag naar de spouw treedt grotendeels op via het voegwerk. Vocht in het metselwerk wordt ook grotendeels

vanuit de voegen aangevoerd. Goed voegwerk vermindert de vochtbelasting van het buitenspouwblad en dus de kans op schade aan het metselwerk. Voegwerk van slechte kwaliteit moet voorafgaand worden hersteld.

- In gebouwen met een meer dan normale waterdampontwikkeling moet extra aandacht worden geschonken aan de ventilatie van het gebouw en de plaats van eventueel aanwezige dampremmende lagen. Door het ontbreken van dampremmende lagen in de constructie bestaat de kans op inwendige condensatie in het isolatiemateriaal. Indien nodig kan aan de binnenzijde van de constructie een dampremmende laag worden aangebracht. Dampremmende lagen kunnen ook de oorzaak zijn van inwendige condensatie. Pas daarom geen spouwvulling toe indien het buitenblad is opgetrokken met een geglazuurde steen, of indien dampdichte lagen op de buitenmuur zijn aangebracht.
- Door het isoleren van de spouwmuur neemt ook de warmtebelasting op het buitenblad iets toe, terwijl tegelijkertijd het binnenblad wordt afgeschermd van klimaatinvloeden. Het verschil in uitzetting en krimp onder invloed van temperatuurschommelingen tussen binnen- en buitenblad neemt daardoor toe. Indien na het isoleren te grote temperatuurspanningen optreden, kan

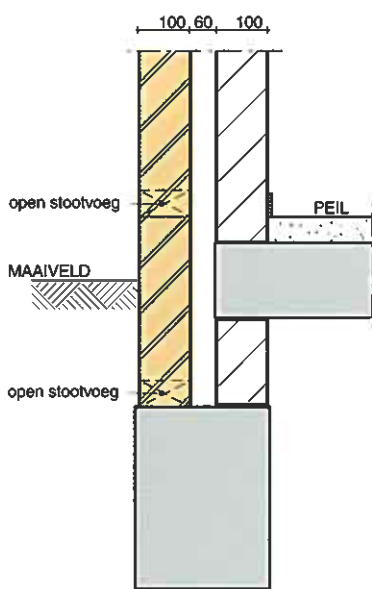
het nodig zijn in het buitenspouwblad (extra) dilataties aan te brengen.

- De detaillering van de gevel (waterafvoer, dakoverstek e.d.) en de oriëntatie zijn bepalend voor de waterbelasting van het buitenblad. Pas de detaillering eventueel aan op plaatsen waar extra vochtbelasting op de gevel te verwachten is.
- Controleer of de ventilatie- openingen voor vloer-, kruipruimte- en eventuele dakventilatie nog functioneren. Indien noodzakelijk moeten daarvoor nieuwe ventilatiekokers worden aangebracht.

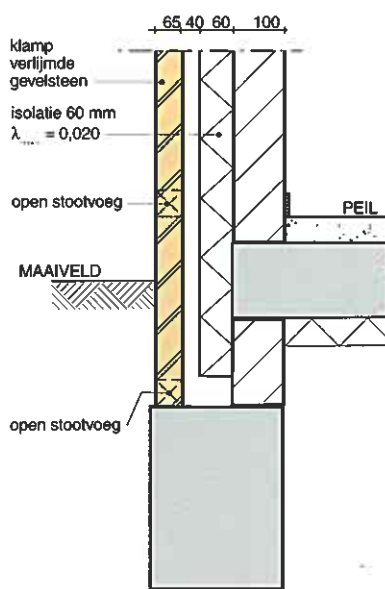
Vervangen van het buitenblad en aanbrengen van spouwisolatie

Het aanbrengen van een nieuw geïsoleerd buitenblad is een afdoende methode om de gevel aan te passen aan de eisen van energiezuinig en duurzaam bouwen. Voordeel hierbij is dat het karakter van de oorspronkelijke metselwerkgevel in ere hersteld kan worden en/of een 'upgrading' van de gevelarchitectuur wordt bereikt. In feite komt de methode erop neer dat een spouwconstructie wordt gerealiseerd alsof het nieuwbouw betreft.

Aandacht moet worden geschonken aan hoe de aansluitingen met de bestaande constructies, fundering, dak en gevelopeningen, tot stand kunnen worden gebracht. De spouwbreedte kan aanzienlijk toenemen, waardoor een bredere funderingsaanleg



Bestaande gevel:
 $R_c \leq 0,5$



Na-isolatie d.m.v. vervangen
buitenblad + isolatie: $R_c \geq 3,0$

Figuur 7. Naisolatie van een ongeïsoleerde spouwconstructie door vervanging van het buitenspouwblad en aanbrengen hoogwaardige isolatie



Figuur 8. Klampverlijmde baksteen met frog, nieuwbouw Hoofddorp. (arch. ir. Kees Christiaanse, Architects & Planners, Rotterdam)

nodig is. Ook kan het noodzakelijk zijn om de detaillering van de aansluiting met het dak aan te passen aan de nieuwe situatie. Verder zullen de kozijnen voorzover die op hun plaats blijven, een diepere negge krijgen en van een bredere waterslag worden voorzien.

Het nadeel van de spouwverbreding kan voor een belangrijk deel worden opgevangen door toepassing

Het nadeel van de spouwverbreding kan voor een belangrijk deel worden opgevangen door toepassing van een klampverlijmd buitenspouwblad, eventueel in combinatie met hoogwaardig isolatiemateriaal.

van een klampverlijmd buitenspouwblad, eventueel in combinatie met hoogwaardig isolatiemateriaal. (zie figuur 7). De totale constructiebreedte neemt daarbij niet of nauwelijks toe, zodat geen speciale voorzieningen nodig zijn voor de aansluiting met de fundering of het dak.

Het aanbrengen van een nieuwe geïsoleerde gevel is een esthetisch fraaie en zeer duurzame oplossing die aan alle eisen voldoet. Tevens kan hiermee worden ingespeeld op in de toekomst te verwachten nieuwe regelgeving op nationaal en Europees niveau, om het energieverbruik van bestaande woningen bij verbouw of renovatie terug te dringen.

Isoleren van massieve muren

Een methode om het energieverlies door massieve metselwerkgevels te verminderen is het aanbrengen van binnenisolatie. Het principe is dat tegen de binnenzijde van de gevel isolatiemateriaal wordt aangebracht met daarop een nieuwe afwerklaag, al dan niet gecombineerd met een dampremmende laag die inwendige condensatie in de constructie moet voorkomen.

Het is moeilijk om tot een goed resultaat te komen omdat de op de gevel aansluitende binnenwanden en vloeren evenzovele koudebruggen blijven vormen met het buitenklimaat. Voor een goed resultaat



Figuur 9. Buitenisolatiesysteem met keramische gevelplaten (St. Joris)

moet de isolatie op dergelijke plaatsen 'om de hoek' worden omgezet om het effect van de koudebrug te verminderen en het gevaar voor condensvorming op die plaatsen te voorkomen.

Een ander nadeel van binnenisolatie is het geringe thermisch comfort dat het systeem doorgaans oplevert.

Het aanbrengen van buitengevelisolatie

Bouwfysisch gezien verdient het aanbeveling de isolatie zover mogelijk naar buiten aan te brengen. Buitengevelisolatiesystemen bieden daarom een goede oplossing voor het beperken van warmteverliezen door massieve muren. Hogere R_s-waarden zijn bereikbaar zonder ruimteverlies en in de meeste gevallen zijn koudebrugproblemen adequaat op te lossen. Voor metselwerk is de methode echter minder interessant aangezien de gevel achter het systeem verdwijnt. Een goed alternatief hiervoor is de toepassing van een buitengevelisolatie met een keramische gevelbekleding (zie figuur 9 en 10).



Figuur 10. Detail buitenisolatie met keramische platen

THERMISCH COMFORT - BINNENKLIMAAT

Een zware stenen constructie kan veel warmte opslaan. Dit warmte-accumulerend vermogen heeft een belangrijke invloed op het thermisch comfort, de behaaglijkheid van het binnenklimaat. Een zware massieve muur zal een snelle temperatuurstijging, of -daling van buiten slechts langzaam naar binnen doorgeven. De tijd die verloopt voordat de temperatuurwijziging zijn top (of dal) bereikt, heet faseverschuiving. Hoe hoger de warmteweerstand van de muur hoe trager het effect naar binnen

Een hoge warmte-weerstand beperkt de warmtestroom door de constructie, zodat de temperatuurschommelingen van buiten slechts beperkt merkbaar zijn aan de binnenzijde van de constructie.

doorwerkt en dus hoe groter de faseverschuiving is. Een grote faseverschuiving heeft een gunstig effect op het binnenklimaat.

Een hoge warmteweerstand beperkt de warmtestroom door de constructie, zodat de temperatuurschommelingen van buiten slechts beperkt merkbaar zijn aan de binnenzijde van de constructie. Ook dit draagt bij aan de behaaglijkheid van het binnenklimaat, omdat de temperatuur extrema binnen worden afgezwakt.

De binnenconstructie geeft zijn warmte af aan het binnenklimaat op twee manieren: door convectie en door straling. Bij convectie wordt de temperatuur van de muur aangenomen door de er langs stromende lucht en zo doorgegeven aan de ruimte. Straling is de rechtstreekse overdracht die wij voelen als wij in buurt van relatief warme of koude vlakken komen. De nabijheid van een koud oppervlak, bijvoorbeeld een groot glasvlak leidt al snel tot een gevoel van tocht. Anderzijds kunnen wij 's avonds nog heerlijk warm op een terras vertoeven dat de gehele dag in de brandende zon heeft gelegen, hoewel de luchttemperatuur al flink gedaald is.

Vooraf 's zomers blijkt het belang van warmte-accumulatie in de constructie. Een gevel in de volle zon kan afhankelijk van de kleur en structuur van de stenen een temperatuur bereiken van soms



Figuur 11. Warmtemuur

50 à 60°C. Dit veroorzaakt een sterke warmtestroom naar binnen toe. Zonder faseverschil en demping zou ook de binnentemperatuur hoog kunnen oplopen. Het accumulerend vermogen van de zware constructie zorgt ervoor dat het binnenklimaat nog lang redelijk koel blijft. Lichtere constructies hebben deze eigenschap niet, waardoor sneller een noodzaak tot ingrijpen in het binnenklimaat voelbaar wordt.

Een geïsoleerde spouwmuur van baksteen geldt daarom in het algemeen als een constructie met een hoog thermisch comfort.

Warmtemuur

Een speciale toepassing van baksteen waarbij gebruik gemaakt wordt van het warmte-accumulerend vermogen, is de zogenaamde warmtemuur. Hierbij worden in sparingen in de stenen verwarmingsleidingen gelegd (figuur 11 en 12). Deze worden aangesloten op de verwarmingsinstallatie en zorgen voor een gelijkmatige opwarming van de muur. De muur straalt deze warmte weer af aan het aangrenzende vertrek volgens het principe van lage temperatuur stralingsverwarming. Deze manier van



Figuur 12. Keramische Thermostenen van steenfabriek Hijlkema, Delfzijl, voor de opbouw van een warmtemuur

verwarmen kan een besparing op het energieverbruik opleveren. De in de muur geaccumuleerde warmte zorgt voor een behaaglijk binnenklimaat.

Thermische spanningen

Thermische spanningen treden op als gevolg van de temperatuurschommelingen in het klimaat. Bij opwarming van de constructie vindt uitzetting plaats en bij afkoeling krimpt de constructie. Dit betekent dat bij grote muurvlakken maatregelen genomen moeten worden om scheurvorming te voorkomen. Grotere bouwwerken zullen daartoe altijd worden voorzien van de nodige dilataties voor het opvangen van de lengteveranderingen in de constructie.

In CUR 82, lit. [9], worden hiervoor rekenmethoden uitgewerkt. In veel gevallen kan echter worden volstaan met de toepassing van enkele vuistregels, zie tabel 2.

Bij dilatatie-afstanden groter dan 14 m moet het metselwerk gewapend worden en de kozijnen rondom 5 mm vrijgehouden worden van het metselwerk om te voorkomen dat rond het kozijn spanningen in het metselwerk ontstaan die tot scheurvorming kunnen leiden.

Tabel 2. Maximale ongedilateerde wandlengte in gevels van baksteen

	Ongewapend metselwerk	
	horizontaal	verticaal
Noordgevels	14	11
Overige gevels	12	11
Borstweringen met hoogte h	= < 5h	n.v.t.
Volledig gewapend metselwerk conform bijlage A1 van CUR 82		

Indien een gebouwhoek niet gedilateerd is, moeten in de aansluitende gevelvlakken dilataties worden toegepast, waarbij één op maximaal 1,5 m en de andere op maximaal 4 m uit de gebouwhoek.

Bij borstweringen die om de hoek doorlopen, moeten dilataties in beide gevelvlakken worden aangebracht op maximaal 2,5 x de hoogte van de borstwering.

Voor horizontale dilatatievoegen in metselwerk geldt dat van berekening mag worden afgezien als de onderlinge afstand wordt beperkt tot 11 m, bij een minimum spouwbreedte van 120 mm en een maximum diameter van de spouwankers van 6 mm.

Spouwisolatie zorgt ervoor dat de binnenconstructie thermisch wordt afgeschermd van het buitenblad. De temperatuurverschillen tussen binnen- en buitenblad worden hierdoor groter. Het buitenblad ondergaat hierdoor grotere lengteveranderingen dan het binnenblad en de binnenconstructie. De koppeling tussen buitenblad en de binnenconstructie of het binnenblad mag daarom niet te star zijn. Bij het bepalen van het type en aantal te gebruiken spouwankers dient men hiermee rekening te houden. Aanbevolen wordt om zo dun mogelijke spouwankers toe te passen. Voor controle van het aantal en de dikte van spouwankers wordt verwezen naar CUR-aanbeveling 71 'Constructieve aspecten bij

Tabel 3.

Materiaal	Thermische uitzettingscoëfficiënt [$10^{-6}/K$]	
	horizontaal	verticaal
Beton/betonsteen	10	10
Baksteen	6	7
Kalkzandsteen	8	8
Cellenbeton	8	8

ontwerp, berekening en detaillering van gevels in metselwerk'.

In de EnergiePrestatieCoëfficiënt (EPC) berekening moet de invloed van spouwankers en consoles worden meegerekend. Dunne spouwankers hebben hierop een gunstige invloed.

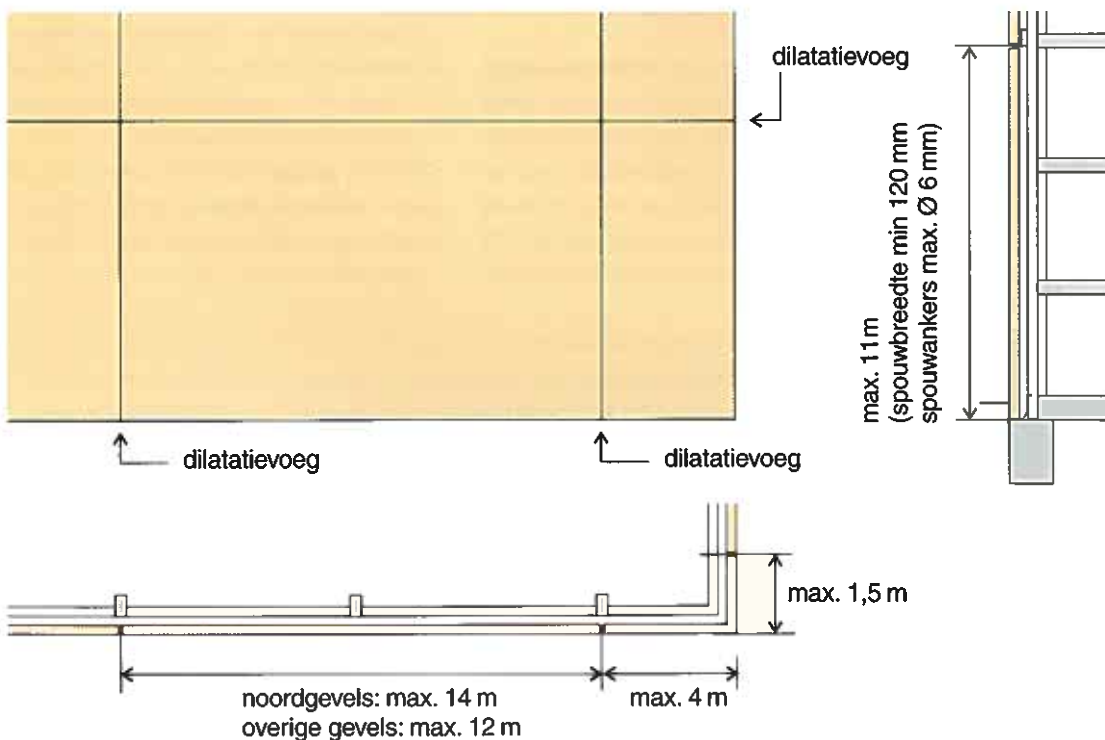
Thermische spanningen in het metselwerk kunnen ook het gevolg zijn van verschillen in lengteverandering (zie tabel 3) van de ermee verbonden constructies zoals lateien, kolommen, balkons, galerijen, vloeren e.d.

Om te voorkomen dat hierdoor schade ontstaat, moet het gevelmetselwerk zoveel mogelijk glijdend worden opgelegd en/of worden voorzien van dilataties.



Figuur 14. Thermische spanningen in het metselwerk kunnen ook het gevolg zijn van verschillen in lengteverandering van de ermee verbonden constructies zoals lateien, kolommen, e.d.

Raadpleeg voor uitgebreide informatie betreffende dilatatievoegen de KNB-brochure 'Rekenregels en dilataties - Bouwfysische en bouwtechnische dilataties in baksteengevels', en CUR-aanbeveling 82.



Figuur 13. Vuistregels voor dilatatievoegen in gevels van baksteenmetselwerk

Baksteen bezit uit de aard van het materiaal een gevarieerde open poriënstructuur met dienovereenkomstig een zekere porositeit. Hierdoor neemt baksteen in het algemeen gemakkelijk vocht op en staat dit ook weer gemakkelijk af onder drogende omstandigheden. Deze eigenschap is ook belangrijk voor het bereiken van de sterkte van metselwerk. Tijdens het metselen neemt de steen vocht op uit de metselspecie en vormt daarmee als het ware een vochtbuffer. Tijdens het verhardingsproces wordt de metselspecie tegen uitdroging beschermd, doordat bij een dreigend tekort de steen het vocht weer afstaat aan de metselspecie. Indien gemetseld wordt onder sterk drogende omstandigheden is het daarom noodzakelijk om de stenen vooraf te bevochtigen.

Regenwering

De gevel moet ons beschermen tegen de wisselende klimaatinvloeden van buiten, beschutting bieden tegen wind, water en warmte of kou. Regenwering is dus een belangrijke functie van de buitenmuur. Lange tijd was een steensmuur voldoende waterdicht om een redelijke beschutting te bieden. De natuurlijke ventilatie door kieren langs ramen, deuren en in vloeren was dermate groot, dat in het algemeen weinig problemen met condens of doorslaand vocht werden ondervonden. Het vocht dat zich in natte perioden in

de constructie ophoopte kon daaruit weer even gemakkelijk verdwijnen in meer droge perioden.

Het binnenklimaat in met name woningen is in de loop der jaren echter sterk veranderd door maatregelen op het gebied van ventilatie, verwarming, isolatie, kierdichting c.q. luchtdicht bouwen e.d.

De intrede van de spouwmuur betekende een grote verbetering in de bouw fysische eigenschappen van de gevelconstructie. Door buitenblad van binnenblad gescheiden te houden kon geen vochtdoorslag meer plaatsvinden. Door de isolerende werking van de luchtspouw werd de oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde enigszins verhoogd, waardoor ook minder kans op condensvorming is ontstaan.



Figuur 15. Buitenspouwblad als gemetselde klamp van geperforeerde baksteen. De gevel laat nauwelijks meer water door dan een normaal halfsteens buitenblad. Door de perforatie droogt de gevel wel sneller en gelijkmatig. (Woningbouw Hoofddorp Centrum, architectenbureau: Rudy Uytendaak, Amsterdam)

Het buitenblad dat nu als regenwerend scherm functioneert is niet waterdicht. Incidenteel dringt regenwater voornamelijk via de voegen door het halfsteens buitenblad. Het doorslaan wordt vertraagd doordat de baksteen veel vocht uit de met water verzadigde voegen opzuigt. Het vocht dat in de spouw terecht komt loopt langs de binnenkant van

Hallergetal

Het Hallergetal is een maat voor de specifieke wateropzuiging van baksteen. Plaast men een steen in een bak met water dan neemt deze in een bepaalde tijd een hoeveelheid water op. Dit wordt uitgedrukt in het Hallergetal. Het Hallergetal is een belangrijke indicator voor de droogeigenschappen van baksteen en voor de te bereiken hechtsterkte tussen baksteen en metselmortel.

het buitenspouwblad omlaag, waar het door middel van open stootvoegen en een waterkerende laag naar buiten wordt afgevoerd. In drogere perioden staat het metselwerk het vocht, afhankelijk van het Hallergetal (zie kader), weer snel af aan de omgeving. *Een zwakke ventilatie van de spouw draagt niet of nauwelijks bij aan de droging van de constructie. Bij de moderne geïsoleerde spouwconstructies is eerder sprake van beluchting van de spouw; de luchtlag is onder normale omstandigheden nauwelijks in beweging.*

Belangrijk is evenwel dat tijdens de uitvoering geen vochtbruggen in de spouw ontstaan, waardoor het vocht alsnog naar binnen toe getransporteerd kan worden. Aandacht verdienen hierbij de bevestiging van de spouwisolatie en de uitvoering van spouwankers.

- Ankers moeten licht afwaterend worden aangebracht met een druipknik aan de buitenkant, of voorzien van bevestigingsschotels voor de isolatie met een afdruipprofiel naar buiten toe.
- Voorkom dat speciebaarden de isolatie raken of dat er valspecie in de spouw terecht kan komen.
- Aanbevolen wordt om spouwankers in RVS 316 toe te passen.

Stootvoegloos metselwerk

Stootvoegloos metselwerk is metselwerk in een metselverband met een minimale sprong van een klezoor. De stenen worden in principe koud tegen elkaar geveid. De stootvoegen worden niet gevuld met mortel. Door maattoleranties in elke baksteensortering bedraagt de stootvoegbreedte theoretisch minimaal 2 mm. Varianten met ruimere stootvoegen zijn ook mogelijk.

Stootvoegloos metselen heeft een verwaarloosbare invloed op de sterkte-eigenschappen van een gemetselde muur. Om de kleine vermindering van de buigtreksterkte evenwijdig aan de lintvoegen te compenseren wordt aangeraden om bij stootvoegloos metselen 6 spouwankers per vierkante meter metselwerk op te nemen.

Door de open stootvoegen is het buitenspouwblad iets meer waterdoorlatend. Een (beperkte) hoeveelheid extra water zal in voorkomende gevallen in of achter het buitenspouwblad wegzakken en via open stootvoegen, gecombineerd met waterdichte slabben, in de voet van de spouw en boven gevelopeningen, weer naar buiten worden getransporteerd. Indien voor de bakstenen een vorstgarantie is afgegeven, geeft dit extra water geen aanleiding tot een verhoogde kans op vorstschade.

Condensatie

Lucht bevat altijd een bepaalde concentratie aan vocht in gasvorm: waterdamp. We spreken daarbij van de relatieve luchtvochtigheid (RV). De hoeveelheid waterdamp die in de lucht aanwezig kan zijn is afhankelijk van de luchttemperatuur, dus relatief: hoe hoger de temperatuur, hoe meer waterdamp de lucht kan bevatten. Bijvoorbeeld $RV = 70\%$, wil zeggen dat de lucht 70% van de waterdamp bevat die het bij de heersende temperatuur kan opnemen.

Wanneer lucht zijn maximale dampspanning heeft bereikt (bij 100% RV), kan op twee manieren condens ontstaan: meer aanvoer van waterdamp, of temperatuurverlaging. In beide gevallen gaat het vocht over van gasvormig naar vloeistof, damp wordt water. De temperatuur waarbij dit punt wordt bereikt noemen we het dauwpunt.

Metselwerk is in principe een damp-open constructie, d.w.z. dat waterdamp zich door de constructie heen kan verplaatsen, zij het met een zekere weerstand die voor elk materiaal anders is. Voor gevelconstructies geldt in het algemeen dat de temperatuur en luchtcondities verschillend zijn voor binnen en buiten. Wanneer de waterdampdruk tussen binnen en buiten verschilt, zal het natuurlijk proces van drukverevening ervoor zorgen dat waterdamp met een hogere druk zal 'stromen' naar plaatsen met een lagere waterdampdruk, totdat het evenwicht is hersteld. Dit proces vindt plaats door middel van dampdiffusie. De mate waarin een materiaal in staat is waterdamp door te laten noemen we de waterdampgeleidingscoëfficiënt, de mate waarin het weerstand biedt aan de diffusie het diffusieweerstandsgetal (μ - zie tabel 1). Het diffusieweerstandsgetal geeft aan hoeveel maal de weerstand die een materiaal biedt tegen dampdiffusie, groter is dan die van een laag stilstaande lucht van dezelfde dikte.

De waterdampspanning in gebouwen is meestal groter dan die van de buitenlucht. In het algemeen is er dus sprake van dampdiffusie van binnen naar buiten door de gevel.

Zolang daarbij het dauwpunt nergens wordt bereikt vindt geen condensatie plaats aan of in de constructie.

Optrekkend vocht

Optrekkend vocht in bouwconstructies komt voor bij muren die vanaf de fundering zijn opgemetseld van poreuze steen zonder een afdoende waterkering aan te brengen.

Het metselwerk staat in verbinding met het grondwater dat door capillaire werking in de muur wordt

omhoog gezogen. De kwaliteit van het voegwerk is heel bepalend voor de mate waarin capillaire opzuijing in metselwerk plaatsvindt.

Om optrekkend vocht in metselwerk te vermijden wordt het metselwerk vanaf de fundering tot boven het maaiveld uitgevoerd in klinkerkwaliteit (B4 volgens NEN 2489), waardoor het vochttransport aanzienlijk wordt verminderd. (Het zgn. trasraam: met tras wordt waterdicht metselwerk aangeduid). Met de huidige wijze van funderen en de uitvoering van spouwconstructies komt optrekkend vocht vrijwel niet meer voor.

Wel moet men opletten bij muren die in direct contact met water staan of met zeer vochtige grond (zie par. 'waterkerende muren'. Hoe optrekkend vocht kan worden bestreden is onderwerp van de KNB-brochure 'Vrijstaande muren').

Koudebruggen

Wanneer de isolerende werking van de spouw en/of isolatiemateriaal wordt onderbroken, spreken we van een koudebrug. Via de onderbreking, meestal in de vorm van een verbindend constructiedeel, treedt warmteverlies op. Hierdoor ontstaan vaak relatief koude binnenoppervlakken, in een verder warme omgeving, waarop gemakkelijk condensvorming kan optreden. Een permanent hoge vochtigheid op deze oppervlakken kan leiden tot schimmeligroei en vochtschade. Bekende voorbeelden van koudebruggen zijn de doorlopende vloeren van balkons en loggia's, consoles en ook: spouwankers.

Bij de berekening van de EPC van een gebouw volgens het Bouwbesluit, moet de negatieve invloed hierop van koudebruggen worden meegerekend. De invloed van koudebruggen wordt uitgedrukt in de f-factor. De berekening geschiedt overeenkomstig NEN 2778 - Koudebrugberekeningen.

Waterkerende muren

Kademuren hoeven niet per definitie waterdicht te zijn maar moeten wel bestand zijn tegen de voortdurende inwerking van het water en eventueel in het water aanwezige chemische stoffen.

Vergelijkbaar met kademuren zijn gevels van gebouwen die direct in contact staan met open water (figuur 16). In het hoofdstuk 'Detailering' zijn hiervoor enkele principedetails opgenomen.

Metselwerk dat in direct contact staat met water dient te worden uitgevoerd in tenminste vorstbestandheidsklasse C (bij voorkeur: D) volgens BRL 1007.



Figuur 16. Metselwerk in voortdurend contact met water

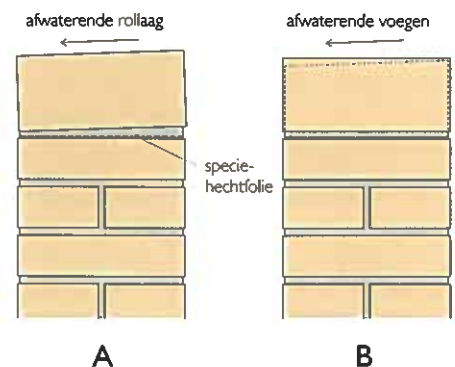
Muurafdekkingen

Vrijstaande muren zoals tuinmuren, borstweringen langs balkons, trappen en dakterrassen dienen deugdelijk te worden afgedekt om vocht- en vorstschade te voorkomen en vervuiling en verwerking tegen te gaan.

Gemetselde afdekking

Een halfsteens rollaag is een veelgebruikte en, mits op de juiste wijze aangebracht, doeltreffende afdekking voor vrijstaande muren.

De rollaag dient daarbij naar één kant afwaterend te worden aangebracht, zodat geen water op de muur blijft staan. Een andere methode om het water kwijt te raken is het afwaterend voegen van de rollaag.



Figuur 17. Afdekking metselwerk met gemetselde rollaag

Het is vooral belangrijk dat de voeg van de rollaag voldoende waterkerend is. Dit kan door specie voor te schrijven in een verhouding van 1 : 2,5 in portlandcement. Mortels op basis van tras hebben een betere waterafwijzing.

De rollaag moet vol en zat worden gemetseld. Een uitstekende hechting wordt verkregen wanneer de voegen worden doorgestreekt.

Andere toepassingen van gemetselde afdekkingen zijn vlechtingen en de zogenaamde ezelsrug.

Vlechtingen komen vooral in aanmerking op schuin aflopende muren, bijvoorbeeld in topgevels of langs trappen. De ezelsrug is een zeer solide en goed afwaterende oplossing voor de afdekking van muren. Voor de hoeken en muurbeeëndigingen wordt hierbij veelal gebruik gemaakt van speciaal vervaardigde profielstenen (beton, keramisch of van natuursteen).

Het verdient aanbeveling om onder rollagen en ezelsruggen een waterkerende specie-hechtfolie toe te passen. Dit vermindert de vochtbelasting in de muur, waardoor minder snel verwerking en schade aan de afdekking optreedt.

Afdekelementen en -profielen

Naast de gemetselde oplossingen zien we een scala van al dan niet geprefabriceerde afdekmaterialen. Afdekelementen worden vervaardigd van natuursteen, kunststeen, keramiek of beton. Deze elementen of banden mogen in geen geval met sterke specie op de muur worden bevestigd. Door verschillen in werking van de banden t.o.v. het metselwerk onder invloed van vocht- en temperatuursinvloeden, zal de band worden losgetrokken, waarbij vaak scheurvorming ontstaat in de eerste lagen van het metselwerk die worden meegetrokken.

Betonbanden en banden van natuur- en kunststeen kunnen het beste op dwarse ruggetjes van slappe kalkspecie (3k:1c:10z) worden gesteld (ca. 50 mm breed en h.o.h. ca. 50 tot 100 mm). De langsvoeg wordt volgezet met een blijvend elastische (olievrije) kit. De stootvoegen worden met dezelfde specie gevuld en na uitkrabben ook met kit volgezet.

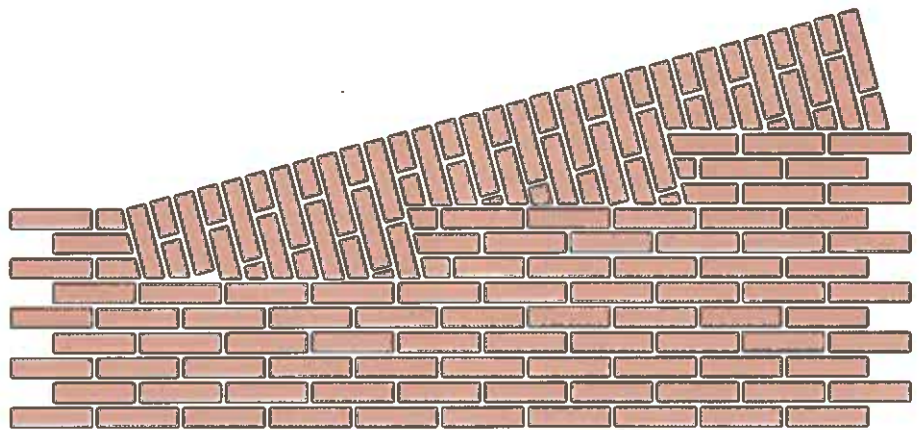
Kunststof en metalen (aluminium, roestvrij staal, zink, koper) afdekprofielen vormen daarnaast een tweede groep van niet-gemetselde afdekkingen. Het gaat hierbij in de regel om handelsprofielen die speciaal voor dit doel worden vervaardigd en compleet met bevestigingsmateriaal, hulpstukken en



Figuur 18.



Figuur 19. Prefab afdekkingen metselwerk



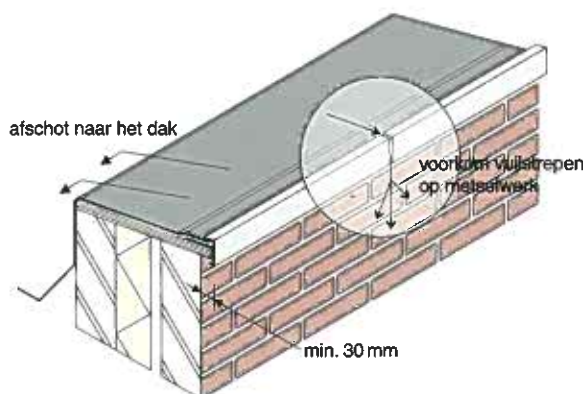
Figuur 20. Vlechtingen in metselwerk

verbindingen worden geleverd. De afdekprofielen worden veelal bevestigd aan het metselwerk d.m.v. klangen of klikprofielen, die een vrije werking van de profielen ten opzichte van het metselwerk mogelijk maken.

Onbehandeld aluminium en koper veroorzaken onder invloed van zure regen, aluminium- en koper-oxiden. Deze kunnen bij uitspoelen leiden tot zwarte of groene strepen op het metselwerk. Bij het gebruik van geprefabriceerde afdekkingen wordt aanbevolen de banden en profielen een overstek te geven van minimaal 30 mm met een druiprand.



Figuur 21. Muurafdekkingen. Tuinmuur afgedekt met rollaag; dakterras afgedekt met prefab afdekprofiel



Figuur 22. Bortswering bovendaks moet goed afwateren naar het dak om vuilsporen op de gevel ter plaatse van de naden in de daktrim te voorkomen

Inleiding

Luchtgeluid bestaat uit golven van in trilling gebrachte lucht. Hoe meer trillingen, hoe hoger het geluid. De voor het menselijk oor hoorbare geluiden zitten grofweg tussen de 20 en 20.000 Hz, dat wil zeggen tussen de 20 en 20.000 trillingen per seconde. Geluid plant zich dus voort als een golf. Deze golf heeft een top en een dal, de mate waarin de golf uitslaat bepaalt het geluidniveau: hoe groter de uitslag (amplitude), hoe harder het geluid.

Luchtgeluid wordt voortgebracht door op enige wijze de lucht in trilling te brengen. Dit gebeurt met onze stem bij het praten, door muziekinstallaties of door voorwerpen of constructies in trilling te brengen. In de bouwakoestiek onderscheiden we in dit verband luchtgeluid en contactgeluid.

Luchtgeluid is geluid dat in de lucht wordt voortgebracht en voortgeplant. Bijvoorbeeld als mensen met elkaar praten of muziek maken.

Contactgeluid is geluid dat wordt voortgeplant via constructiedelen die in trilling worden gebracht. Bijvoorbeeld door met een deur te slaan, traplopen of bij boren in de constructie.

Geluidsoverlast ontstaat wanneer er hinderlijk geluid van de ene naar de andere ruimte wordt doorgegeven in de vorm van lucht- en/of contactgeluid. Het Bouwbesluit stelt eisen aan de mate waarin scheidingsconstructies geluid moeten isoleren. Zo worden grenzen gesteld aan de geluidsoverdracht tussen woningen onderling en tussen verblijfsgebieden binnen en de buitenruimte. Ook het geluid van installaties wordt aan maxima gebonden. De uitgangspunten voor berekening en bepaling van de bijbehorende waarden van de isolatie-index voor constructies is vastgelegd in NEN 5077, waarnaar in het Bouwbesluit wordt verwezen.

Er zijn twee manieren om het geluidniveau in een ruimte tot aanvaardbare proporties terug te brengen:

- isoleren van geluid;
- absorptie van geluid.

Geluidsisolatie

Voor het isoleren van luchtgeluid is vooral massa nodig. Hoe zwaarder een wand is, hoe beter de isolatie van luchtgeluid. Baksteen met een soortelijk gewicht van 1600 - 1800 kg/m³ is dus in vergelijking met lichte scheidingswanden, een betere isolator van luchtgeluid.

Wel dient men er op te letten dat in de wand geen geluidlekken optreden omdat daarmee het isolerende effect van de wand grotendeels teniet wordt

gedaan. Geluidlekken in gemetselde wanden ontstaan bijvoorbeeld wanneer de voegen niet goed dicht gezet worden, of bij het aanbrengen van installatiedozen in de wand. Ook de aansluiting van de wand op de omringende constructie moet overeenkomstig de gewenste isolatie worden gedetailleerd en uitgevoerd. Is dit niet het geval, dan kan het geluid via (kieren in) de aansluitingsconstructie worden doorgegeven. We spreken in dat geval van flankerende geluidsoverdracht.

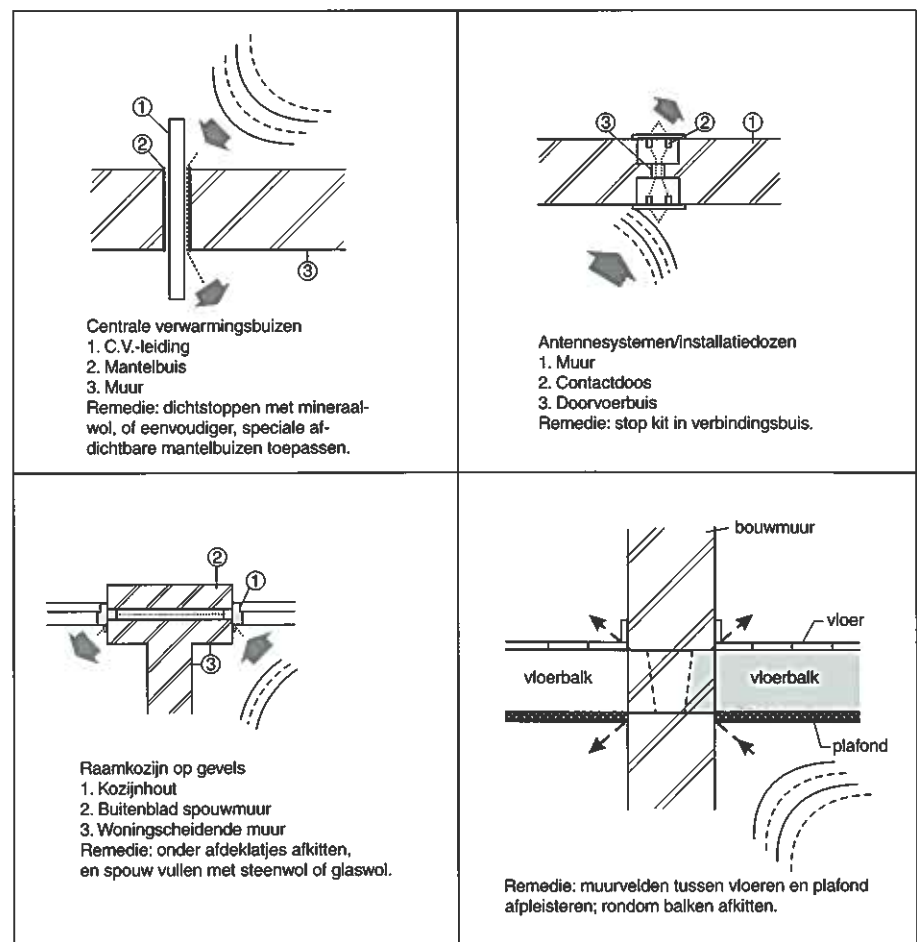
Een andere mogelijkheid is nog dat het geluid een alternatieve route volgt buiten de geluidsisolerende voorzieningen om, het zogenaamde omloopgeluid. Een voorbeeld hiervan is een woningscheidende wand waarbij ter weerszijden van de wand in aangrenzende ruimten een raam wordt opengezet. Het geluid kan zich in zo'n geval ongehinderd via de raamopeningen en de buitenlucht tussen deze ruimten verplaatsen. Een ander voorbeeld is een isolerende scheidingswand die geplaatst wordt in een ruimte met verlaagd plafond. Vaak wordt nog vergeten om de wand of de isolatie boven het

plafond door te zetten en deugdelijk af te sluiten. Gevolg is dat het geluid ongehinderd via het plafond kan worden doorgegeven.

Hoge eisen worden gesteld aan de geluidsisolatie van woningscheidende wanden.

Een massieve steensmuur geeft weliswaar een behoorlijke isolatie tegen luchtgeluid, probleem is echter dat geluiden gemakkelijk worden doorgegeven via de in de bouwmuur opgelegde vloeren. De oplossing voor dit probleem is de ankerloze spouwmuur.

De ankerloze spouwmuur heeft een 5 à 10 dB betere geluidsisolatie dan een even zware massieve muur. Belangrijk is echter dat er ook geen contactgeluiden kunnen worden doorgegeven, mits de constructie goed wordt uitgevoerd. Dit betekent dat de spouw doorgezet moet worden tot minstens 50 cm onder het niveau van de begane grondvloer, omdat anders ter plaatse van de begane grondvloer flankerende geluidsoverdracht kan optreden.



Figuur 23. Veelvoorkomende geluidlekken in metselwerkconstructies en hun oplossing

Bij gevels zijn vooral de kierdichting op het binnen-spouwblad langs vloeren en kozijnen en de ventilatievoorzieningen van belang. Goede kierdichting moet het optreden van geluidlekken voorkomen. Ventilatievoorzieningen kunnen een geluidlek in de constructie vormen. Indien nodig kunnen geluid-isolerende/geluiddempende ventilatievoorzieningen worden toegepast, bijvoorbeeld suskasten.

Geluidsabsorptie

Naast de geluidsisolatie is ook de geluidsabsorptie in een ruimte van belang, omdat de geluidsabsorptie in een ruimte mede het geluidniveau in die ruimte bepaalt. De mate van absorptie die in een ruimte optreedt wordt gemeten aan de nagalmtijd, dit is de tijd waarin een geluid wegsterft. In een leslokaal is bijvoorbeeld een nagalmtijd van 0,8 seconde gewenst.

De nagalmtijd (T) kan worden berekend uit de volgende vuistregel: deel het volume (V) van de ruimte (in m³) door 6 maal het absorberend oppervlak (A_s) (in m²).

In formulevorm:

$$T = \frac{V}{6A_s} \text{ met: } A_s = \sum c_i \times A_i$$

waarin:

T = nagalmtijd;

V = volume van de ruimte;

A_s = absorberend oppervlak;

Σc_i = absorptiecoëfficiënt vlak i;

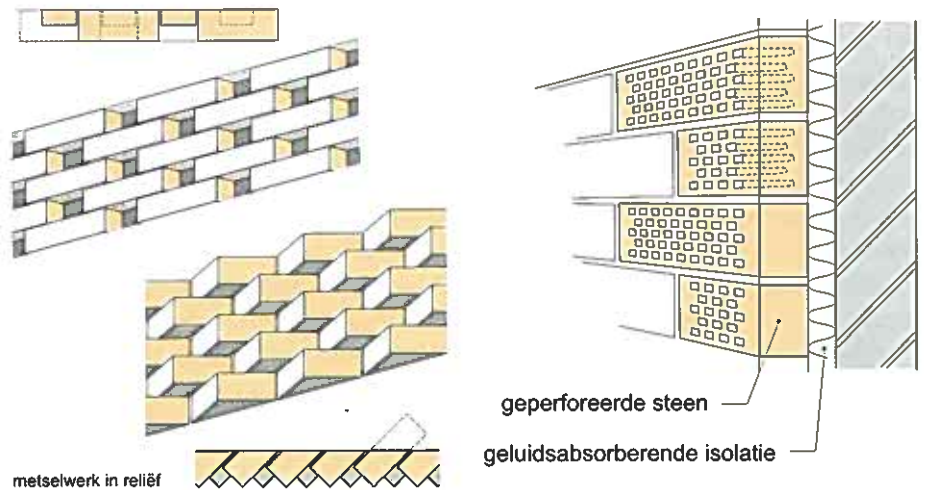
A_i = oppervlak van vlak i.

Met absorberend oppervlak wordt een theoretisch oppervlak bedoeld dat alle aangestraalde geluid voor 100% absorbeert. Als we dus het absorberend vermogen van toegepaste afwerkmaterialen kennen, kunnen we de nagalmtijd berekenen. Normaal schoon metselwerk heeft een absorptiecoëfficiënt van ca. 4%, een gepleisterde wand slechts ca. 2%. De bijdrage van een normale schoon metselwerk wand aan de verlaging van het geluidniveau is derhalve zeer gering.

Een voorbeeld: een leslokaal heeft een inhoud van 250 m³. Om een nagalmtijd van 0,8 sec. te krijgen zou een schoonmetselwerk wand nodig zijn van: $250/6 \times 0,04A = 0,8 \Rightarrow A = 1302 \text{ m}^2$. Dit is niet te realiseren, schoonmetselwerk komt nauwelijks in aanmerking als absorptiemateriaal.

Veelal wordt de gewenste nagalmtijd bereikt door toepassing van absorberend materiaal in plafonds en op de vloer (tapijt).

Binnenmuurstenen met een meer open poreuze



Figuur 24. Geluidsabsorberende oplossingen in metselwerk

structuur, zoals porisosteent en fimonsteen, zijn voor dit doel echter wel geschikt. De geluidsabsorptie van deze stenen bedraagt 15%.

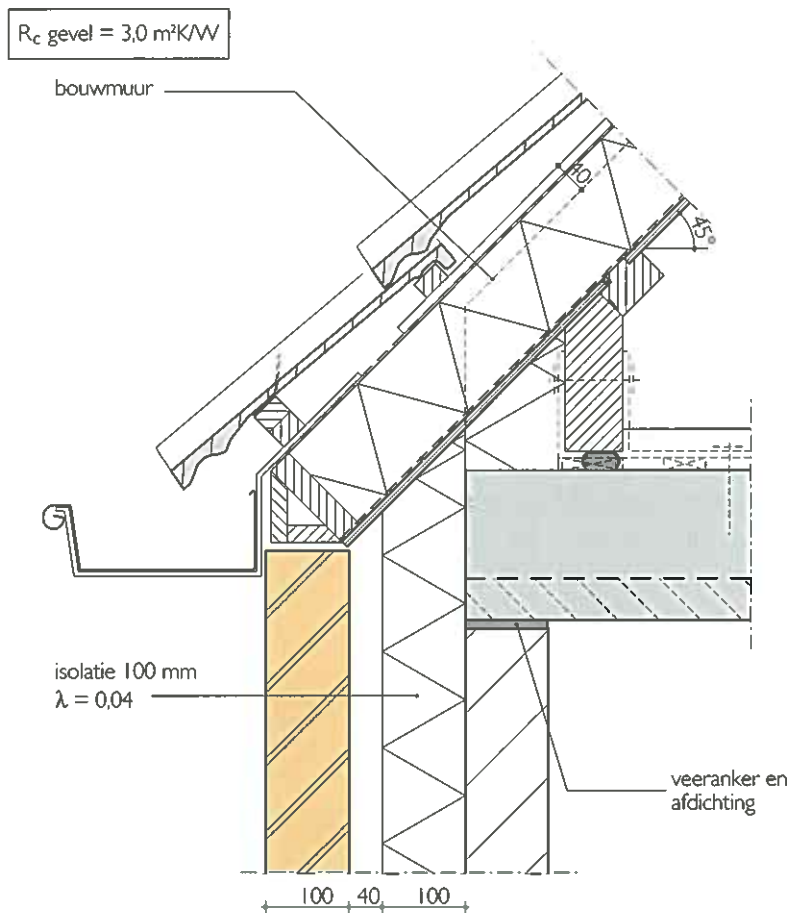
Voor speciale doeleinden kunnen schoon metselwerkconstructies worden toegepast in combinatie met absorberende materialen en/of structuren die het geluid aan het oppervlak breken en verstrooien. Dit kan worden gerealiseerd door bijvoorbeeld openingen aan te brengen in het metselwerk (open stootvoegen) waarachter zich geluidsabsorberend materiaal bevindt of door het metselen van stenen in reliëf. Verstrooiing van geluid door het reliëf verkleint de kans op hinderlijke echo's. Een veel toegepaste constructie in bijvoorbeeld zwembaden en muziekr ruimten (theater, studio e.d.) is schoonmetselwerk waarbij geperforeerde stenen op hun kant worden gemetseld met daarachter geluidsabsorberend isolatiemateriaal (zie figuur 24).

Met absorberend oppervlak wordt een theoretisch oppervlak bedoeld dat alle aangestraalde geluid voor 100% absorbeert. Als we dus het absorberend vermogen van toegepaste afwerkmaterialen kennen, kunnen we de nagalmtijd berekenen.

Aansluiting gevel - hellend dak

Aandachtspunten bij de aansluiting van de gevel op het dak zijn:

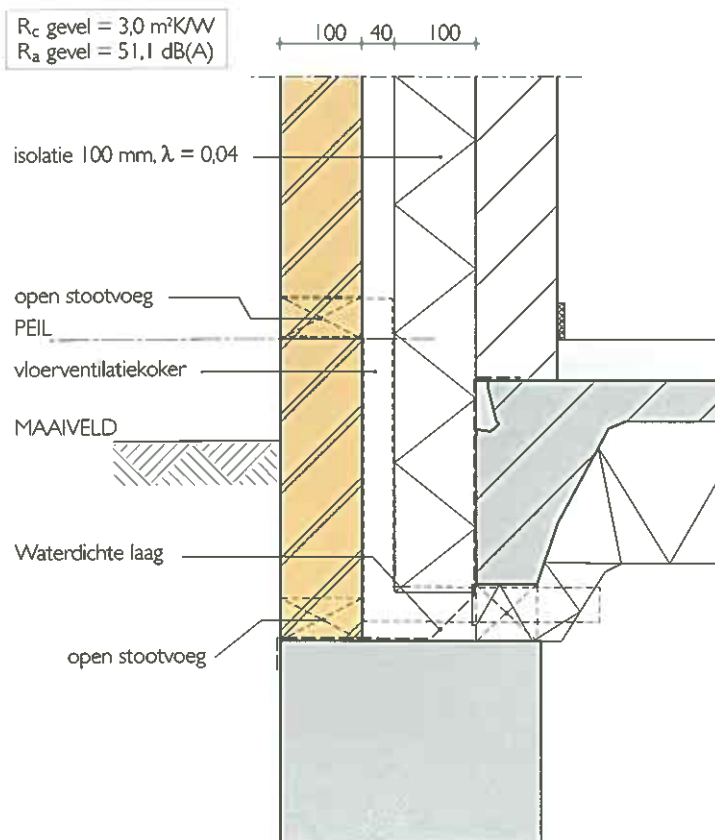
- Een goede aansluiting van de spouwisolatie op de geïsoleerde dakplaat. De isolatie moet ononderbroken doorlopen vanuit de spouw in het dakvlak.
- Eventueel gewenste spouwbeluchting voor een zwak geventileerde spouw d.m.v. open stootvoegen h.o.h. min. 1500 mm.
- Water dat van het dakbeschoot afloopt moet buiten de gevel worden gebracht, bijvoorbeeld door afstroming langs de gootbeugels.



Aansluiting fundering

Aandachtspunten bij de aansluiting van de fundering zijn:

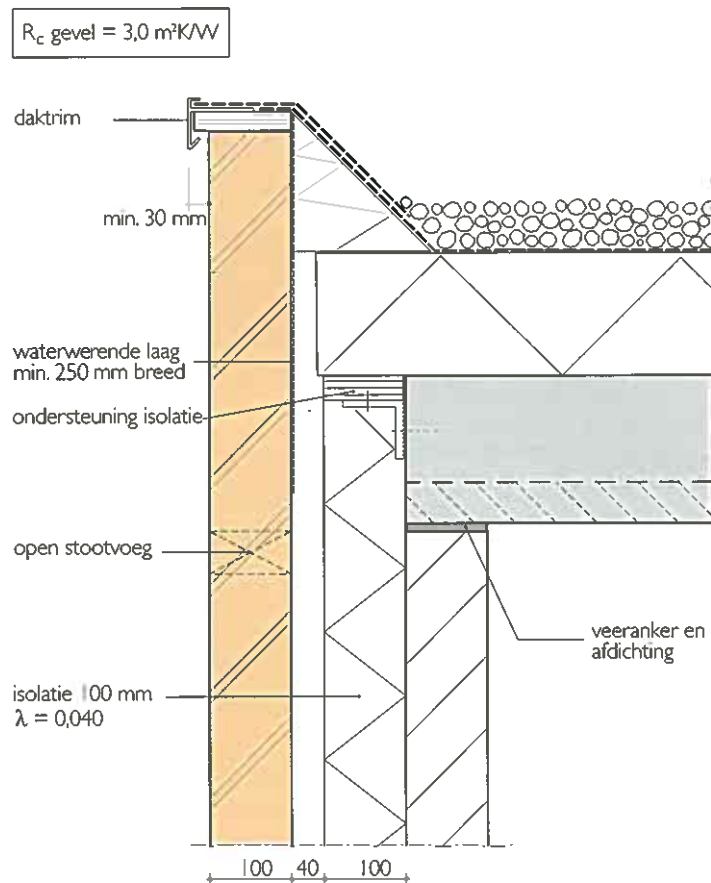
- Spouwisolatie min. 60 mm vrijhouden van de fundering om nat worden te voorkomen.
- Open stootvoegen direct boven de fundering aanbrengen voor ontwatering van vocht uit de spouw.
- Indien gewenst open stootvoegen aanbrengen voor spouwbeluchting. Voor een zwak geventileerde spouw stootvoegen aanhouden op h.o.h. min. 1500 mm.



Aansluiting gevel - plat dak

Aandachtspunten bij de aansluiting gevel op een plat dak:

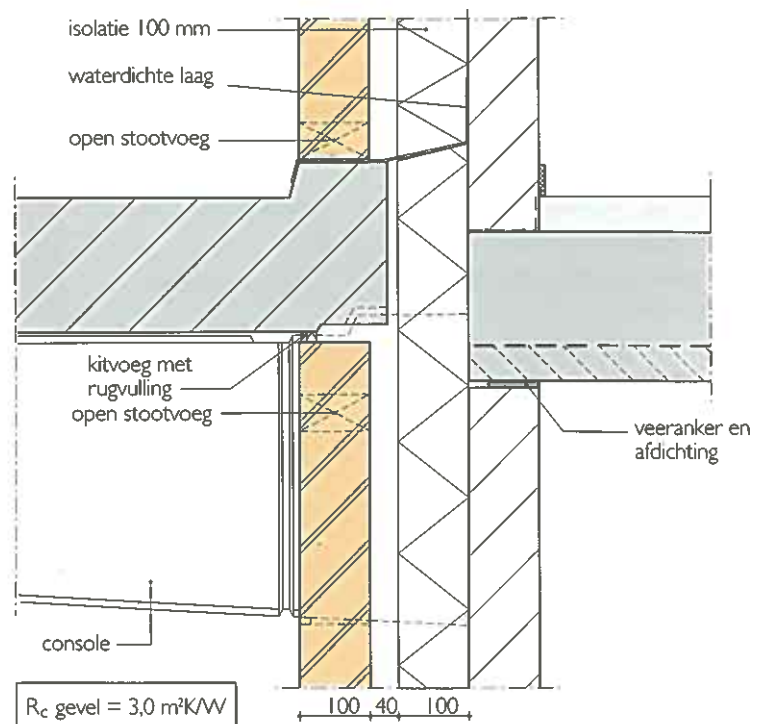
- Een goede aansluiting van de spouwisolatie op de geïsoleerde dakplaat. De isolatie moet ononderbroken doorlopen vanuit de spouw in het dakvlak.
- Eventueel gewenste spouwbeluchting voor een zwak geventileerde spouw d.m.v. open stootvoegen h.o.h. min. 1500 mm.
- Breng ter plaatse van de dakopstand een waterwerende laag aan tegen de binnenzijde van het buitenspouwblad. Dit voorkomt nat worden van de isolatie bij eventuele lekkage van de dakopstand, of bij regendoorslag door de bovenste laag stenen.



Balkons en galerijen

Aandachtspunten bij de aansluiting van de gevel op balkons en galerijen zijn:

- Open stootvoegen gecombineerd met een waterdichte slabbe zorgen voor vochtafvoer uit de spouw. Zorg voor een goede ondersteuning van de slabbe in de spouw.
- De onderaansluiting van het metselwerk op balkon of galerijplaat moet flexibel worden uitgevoerd en voldoende breed zijn om de doorbuiging van balkon of galerij bij belasting te kunnen opvangen.
- Open stootvoegen t.b.v. spouwbeluchting min. h.o.h. 1500 mm voor een zwak geventileerde spouw.



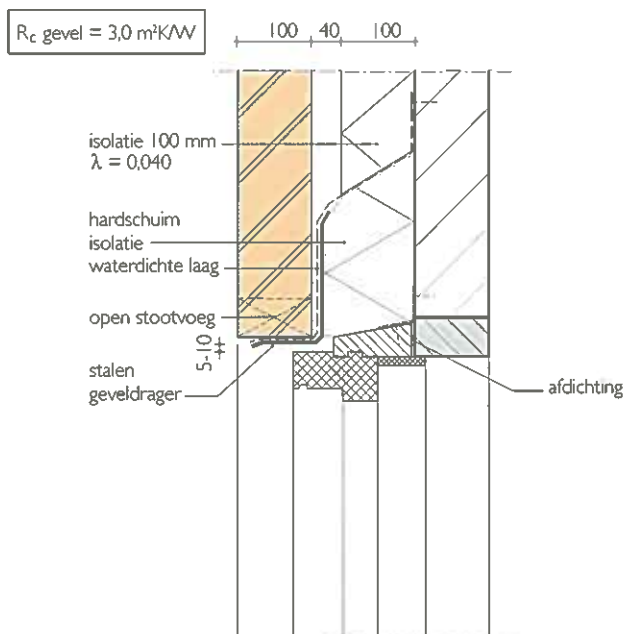
Bovenaansluiting kozijnen

Bij kozijnaansluitingen spelen drie aspecten een belangrijke rol:

- Waterafvoer.
- De aansluiting van de isolatie.
- De afdichting op het binnenspouwblad.

Aandachtspunten bij de bovenaansluiting van metselwerk op kozijnen:

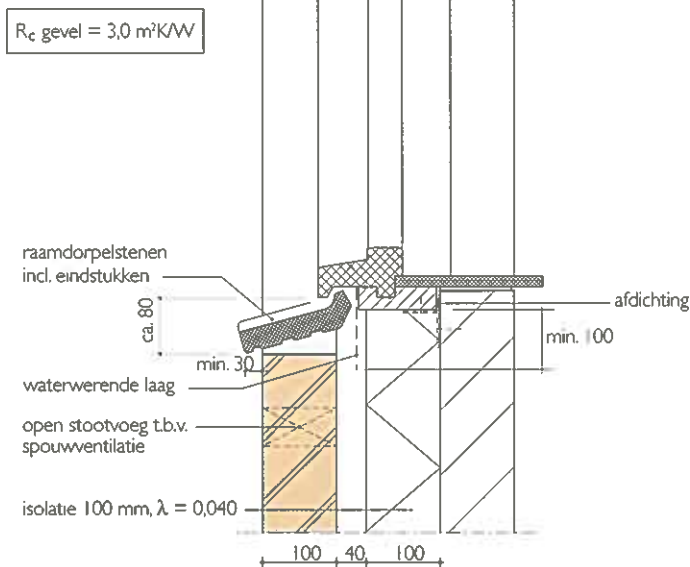
- Zorg voor een goede ondersteuning van de waterkerende laag boven het kozijn.
- Leg de onderzijde van de waterkerende laag zo ver mogelijk naar buiten om te voorkomen dat spouwwater over het kozijn en het glas loopt.
- Voorkom dat er valspectie in de spouw terecht komt, waardoor vochtbruggen kunnen ontstaan en de isolatie nat kan worden.



Onderaansluiting kozijnen

Aandachtspunten bij de onderaansluiting van kozijnen:

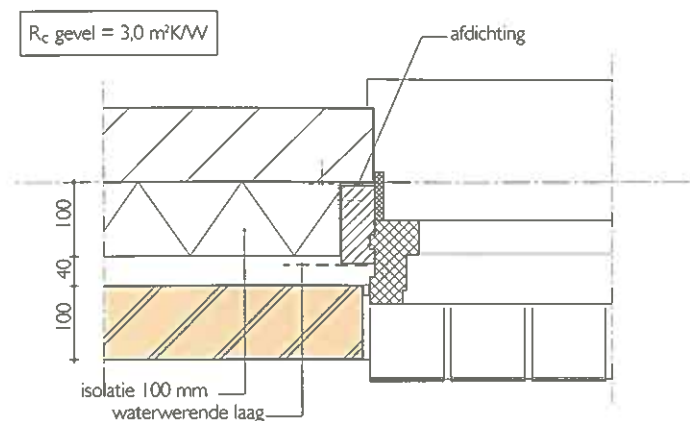
- Wind stuwt het regenwater in de richting van de hoeken van het kozijn. Het metselwerk in de hoeken dient tegen extreme waterbelasting te worden beschermd door toepassing van raamdorpels met een opstaande rand of waterslagprofielen met kopschotten. Zij voeren het water buiten het vlak van de muur.
- Raamdorpels leggen met een helling van min. 15°.



Zijaansluiting kozijnen

Aandachtspunten bij de zijaansluiting van kozijnen op metselwerk:

- Houdt het kozijn ca. 5 mm vrij van het metselwerk om te voorkomen dat het kozijn onbedoelde thermische spanningen overbrengt op het metselwerk.



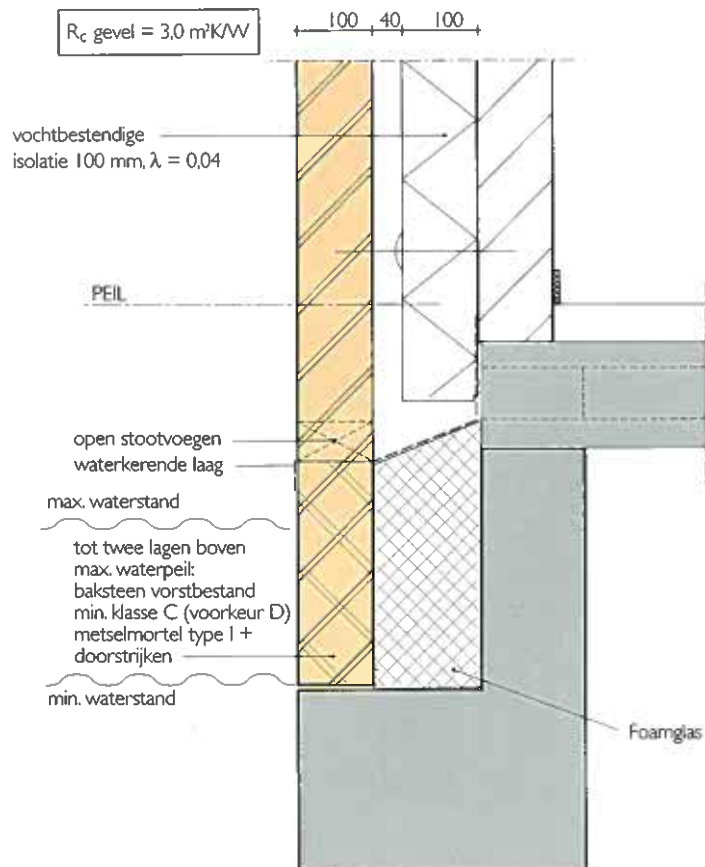
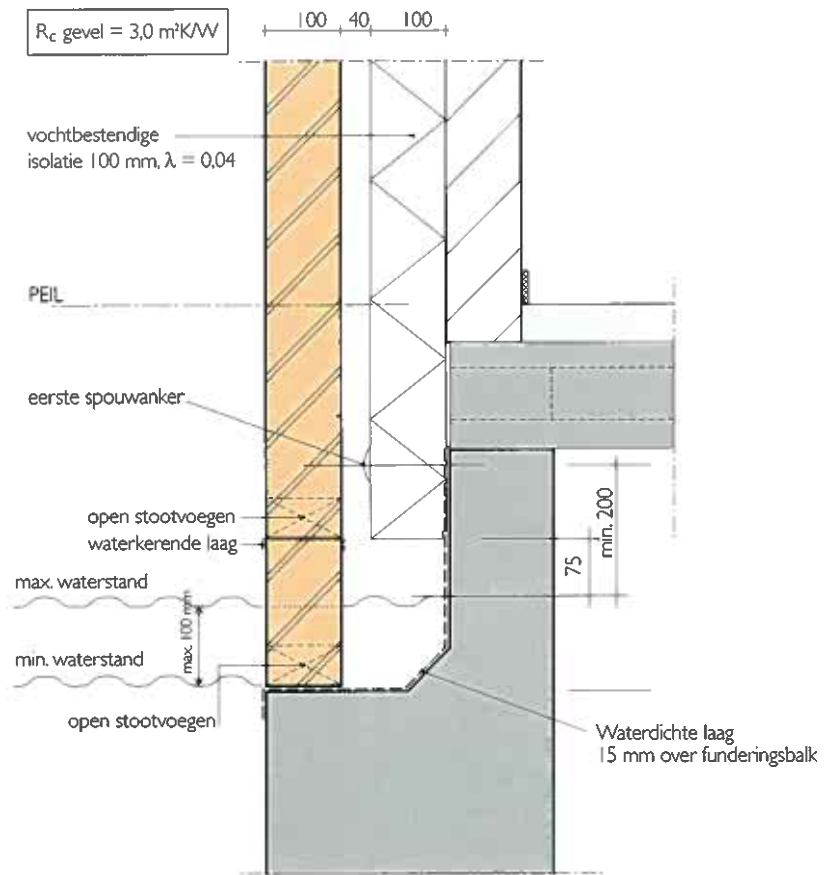
Detaillering VAN BAKSTEEN-CONSTRUCTIES

Aansluiting fundering, metselwerk in voortdurend contact met water

Aandachtspunten:

- Boven de hoogste waterstand dient een waterkerende laag in het gevelmetselwerk te worden aangebracht om optrekkend vocht vanuit de fundering te voorkomen.
- Houdt de isolatie voldoende vrij van de hoogste waterstand (min. 75 mm).
- Zorg voor een minimale luchtspouw van 40 mm en voorkom dat er valspeet in de spouw terecht kan komen.
- Pas in een vochtig milieu RVS 316 spouwankers toe.
- Metselwerk in voortdurend contact met water uitvoeren overeenkomstig BRL 1007 - Metselbaksteen, vorstbestandheidsklasse C (voorkeur D).

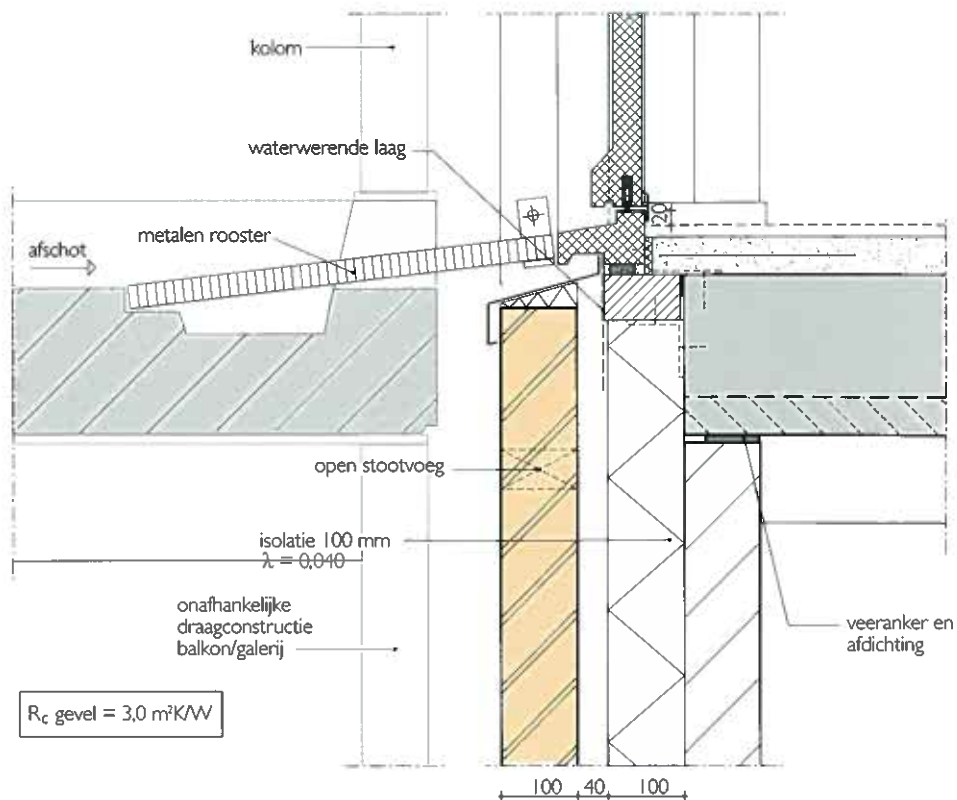
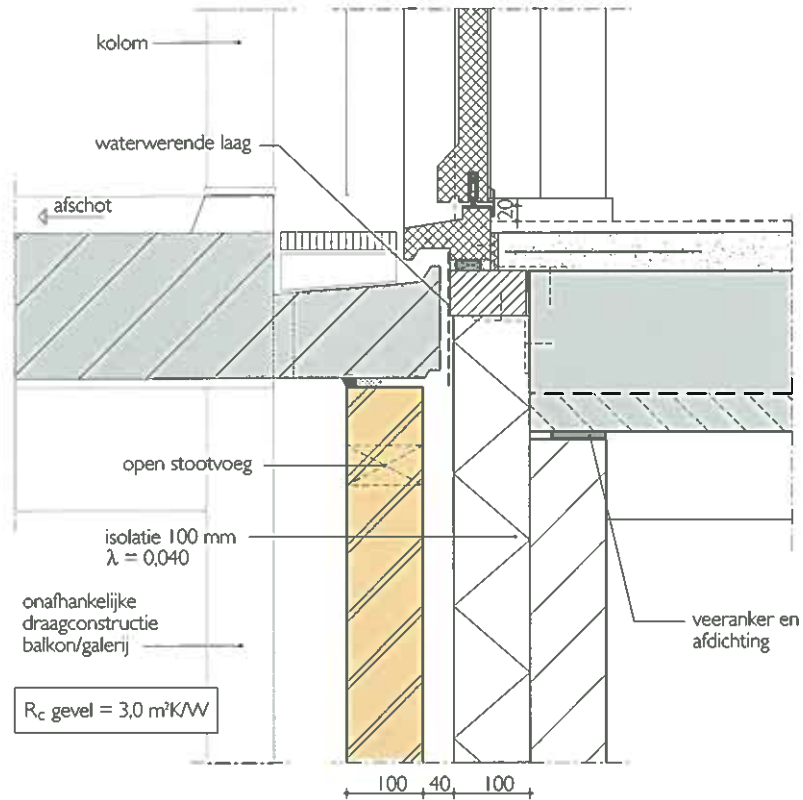
nb: Afhankelijk van toepassingsgebied is er een aanvullende koudebrugberekening noodzakelijk.



**Balkons en galerijen met
onafhankelijke constructie**

Aandachtspunten bij de aansluiting van de gevel op balkons en galerijen zijn:

- De onderaansluiting van het metselwerk op balkon of galerijplaat ter plaatse van toegangen moet flexibel worden uitgevoerd en voldoende breed zijn om de doorbuiging van balkon of galerij bij belasting te kunnen opvangen.
- Open stootvoegen t.b.v. spouwbeluchting min. h.o.h. 1500 mm voor een zwak geventileerde spouw.



Literatuur

- [1] KNB-brochure 'Ontwerp en uitvoeringsrichtlijnen voor de toepassing van baksteen in metselwerk' (jan 2002)
- [2] KNB-brochure 'Rekenregels en dilataties - Bouwfysische en bouwtechnische dilataties in baksteengevels' (juni 1999)
- [3] KNB-brochure 'Vrijstaande wanden' (medio april 2002)
- [4] URL Metselwerkconstructies (Baksteen, bouwblokken en -stenen van beton) - BKB 0357/98
- [5] URL Lijmwerkconstructies (Kalkzandsteen en cellenbeton) - BKB 0358/98
- [6] URL Voegen van metselwerk - BKB 0359/98
- [7] URL Verlijmen van Gevelstenen - BKB 0475/01
- [8] CUR-aanbeveling 71 'Constructieve aspecten bij ontwerp, berekening en detaillering van gevels in metselwerk' (2000)
- [9] CUR aanbeveling 82 'Beheersing van scheurvorming in steenconstructies' (2001)
- [10] BRL 1007 Waterdicht metselwerk (2000)
- [11] BRL 1328 Buitengevelisolatiesystemen met gepleisterde afwerking (1999)
- [12] BRL 2110 Thermisch isoleren van bestaande spouwmuren (1995)
- [13] BRL 2826 Vervaardiging van Metsel- en Lijmwerkconstructies en/of voegwerk (1998)
- [14] NEN 2489 Metselbaksteen (1976)
- [15] NEN 2778 Vochtwering in gebouwen bepalingmethode (1997)
- [16] Tabellenboek voor de bouw; ten Hagen en Stam, den Haag (1997)