

Dunnere gemetselde gevels

De gemetselde gevel kenmerkt zich door een lange levensduur zonder onderhouds noodzaak. Vanuit dat oogpunt is metselwerk een bijzonder duurzame gevelconstructie. Als je kijkt naar duurzaamheid en milieu moet er tegenwoordig ook met andere aspecten rekening gehouden worden, zoals CO₂-uitstoot. In het geval van metselwerk is CO₂-reductie te realiseren door metselstenen minder breed te maken en daarmee dunner, gemetselde gevels te realiseren.



Bakstenen met frog
kamp gemetseld in
tegelverband tot
gevel van 65 mm dik.

Een metselsteen van 65 mm breed in plaats van 100 mm, levert een materiaalbesparing van 35 procent op en ook de CO₂-voetafdruk van de gemetselde gevel wordt kleiner. Op dit moment een logische stap om de gemetselde gevel dunner te gaan maken.

In het verleden werden al regelmatig gevels van 65 mm dik gemetseld. Dit gebeurde over het algemeen met dikformaat bakstenen, die klamp gemetseld werden. De ontwikkeling van lijmortel voor bakstenen in het begin van de jaren negentig resulteerde ook in een aantal gevels met klamp verlijmd bakstenen. Er worden nu nog regelmatig delen van gevels voorzien van klamp metselwerk, waarbij dit meer een esthetische keuze van de architect is. Maar de eerste ontwikkelingen van dunne metselstenen stammen uit het begin van deze eeuw. Voorbeelden van dunne bakstenen zijn bijvoorbeeld de Beeksteen, het Hanson Snel Lijmsysteem (HSL), het Zeddammerje, het Dinkelje en het Spaarformaat. In die tijd speelde het reduceren van CO₂-uitstoot veel minder, maar was het beperken van de totale dikte van de gevelconstructie een belangrijke reden om over te gaan op dunne bakstenen. Momenteel zijn het meer de producten Ecobrick, S-line en Geostylitix die op de markt aantreden worden voor het realiseren van dunne, gemetselde gevels. De breedte van deze metselstenen varieert van 65 tot 75 mm, maar dient binnen de context van dit artikel en de beschikbare normen en aanbevelingen, beschouwd te worden als een buitenspuwblad van 65 mm.

Metselwerknormen

Hoe zit het met de eisen die aan dunne, gemetselde gevels worden gesteld? Voldoen deze wel aan de eisen in de huidige metselwerknormen? In Nederland zijn de metselwerknormen grotendeels afgestemd op een gemetseld buitenspuwblad van 100 mm en ook een steenachtig binnenblad. De NEN-EN 1996-1-1, Algemene regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk, biedt zeker de mogelijkheid om ook dunne, gemetselde gevels te realiseren, maar de nationale bijlage is nog volledig gebaseerd op de meer traditionele uitvoering van een buitenspuwblad van 100 mm. De laatste uitgave van de NPR 9096-1-1, Steenconstructies - Eenvoudige ontwerpregels, gebaseerd op

Tabel 16 — Beschouwde randvoorwaarden

Randvoorwaarden	Buitenblad	Binnenblad
R1	Gesteund	Gesteund
R2	Ongesteund	Gesteund
R3	Gesteund	Ongesteund
R4	Ongesteund	Ongesteund

Tabel 16 NPR 9096-1-1:2023 (©NEN)

selde gevels constructief te onderbouwen. In de NPR 9096-1-1 is een tabel opgenomen met betrekking tot de toelaatbare windbelasting (extreme stuwdruk) die opgenomen kan worden door gemetselde of gelijmde binnenbladen in combinatie met gemetselde of gelijmde buitenspuwbladen van 65 mm of 100 mm. Om de tabel te mogen toepassen mag de vrije verdiepingshoogte niet groter zijn dan 2,7 meter en dient rekening gehouden te worden met het wel of niet gesteund zijn van het binnen- en buitenblad (zie Tabel 16 links onder). Er is sprake van een

NEN-EN 1996-1-1 van augustus 2023, is uitgebreid met normen voor buitenbladen van 65 mm dik metselwerk. Als er een dunne gemetselde gevel toegepast gaat worden, dan betekent dit dat de eenvoudige ontwerpregels van de NPR 9096-1-1 gehanteerd kunnen worden. Deze norm maakt het mogelijk om het toepassen van dunne gemetselde gevels constructief te onderbouwen.

Foto boven

Gevel in dunner

metselwerk -

Den Helder.

Foto onder

Bakstenen van

Project Doggershoek.



Tabel 17 NPR 9096-1-1 2023 (©NEN)

Binnenbladdikte	Randvoorwaarden	Buitenbladdikte			mm		
		U1	U2	U3	U1	U2	U3
100	R1	0,70	0,84	0,93	0,85	1,19	1,28
	R2	0,70	0,84	0,93	0,94	1,19	1,28
	R3	a	a	a	0,68	0,77	0,85
	R4	a	a	a	0,60	0,68	0,77
120	R1	1,03	1,10	1,10	1,16	1,40	1,50
	R2	0,86	1,10	1,10	1,23	1,40	1,50
	R3	a	a	a	0,73	0,76	1,06
140	R1	1,13	1,40	1,40	1,38	1,43	b
	R2	1,13	1,40	1,40	1,38	1,43	b
	R3	a	a	a	0,70	0,76	b
150	R1	b	1,43	1,63	1,63	1,89	1,93
	R2	b	1,43	1,63	1,63	1,89	1,93
	R3	b	a	0,53	b	0,80	1,16

a De weerstand in deze situatie is lager dan de minimaal benodigde weerstand.
 b Voor deze combinatie is geen waarde bepaald.

OPMERKING qp is de extreme stuwdruk volgens tabel NB.5 van NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011/NB:2019+C2:2023.

Tabel 17 — Uiterst opneembare extreme stuwdruk, qp, op de gevel, in kN/m²

gestuurd buitenblad, indien dit op vloerhoogte zo aan de vloeren wordt gekoppeld dat in de uiterste grenstoestand een horizontale belasting naar de vloeren kan worden overgebracht van ten minste 2,5 kN/m tot een hoogte van 10 meter boven het aansluitende maaiveld en van 3,0 kN/m daarboven. Er is sprake van een gestuurd binnenblad, als dit aan de bovenzijde van de wand zo aan de bovenliggende vloer wordt gekoppeld dat in de uiterste grenstoestand een horizontale belasting naar die vloer kan worden overgebracht van ten minste 1,2 kN/m tot een hoogte van 10 meter boven het aansluitende maaiveld en van 1,5 kN/m daarboven. Het wel of niet gestuurd zijn van de bladen ter hoogte van de vloeren (verticaal overspannen) resulteert in een hogere of lagere toelaatbare, extreme stuwdruk (zie Tabel 16 op vorige pagina).

Ten aanzien van de uitvoeringsmethoden van beide spouwbladen zijn in de NPR de volgende varianten opgenomen:

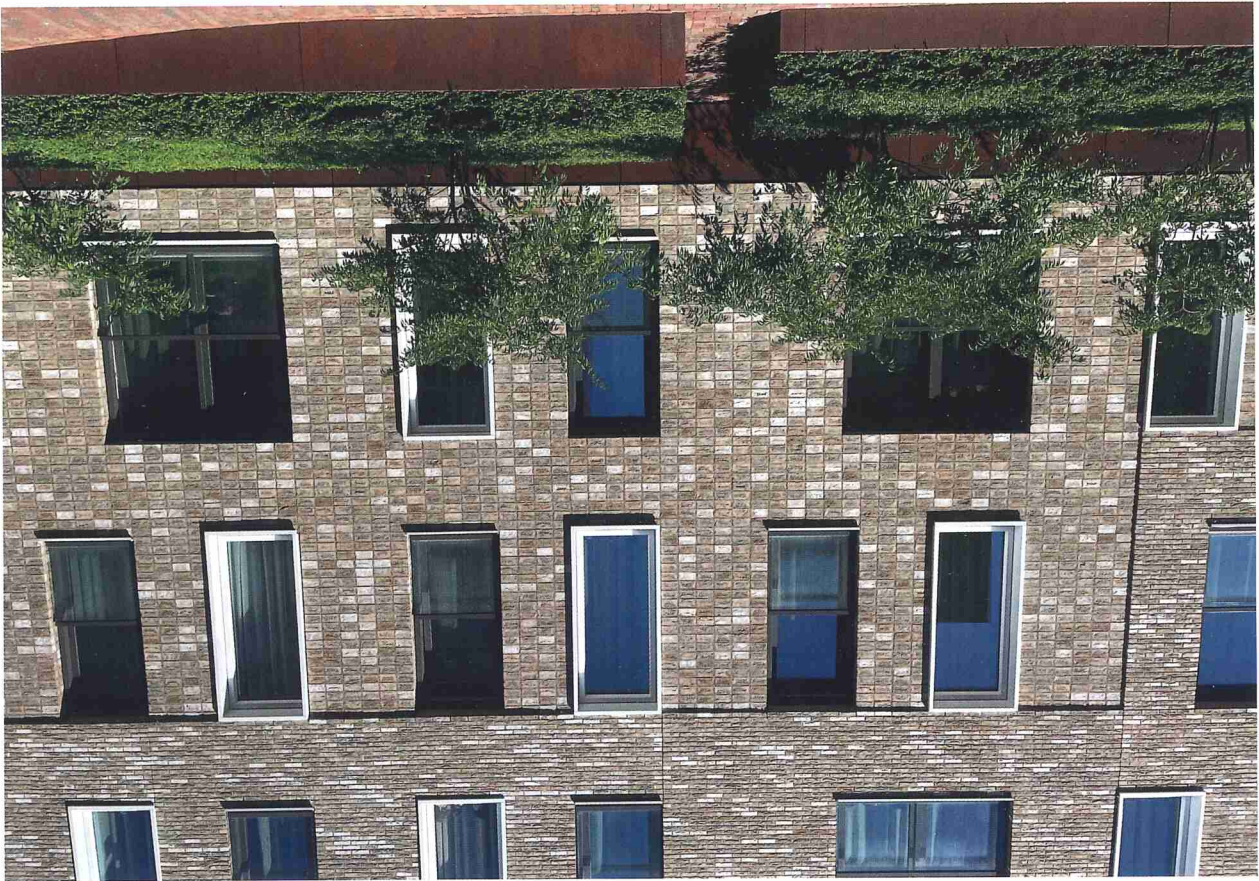
Daarbij behoort de karakteristieke waarde van de buigtreksterkte als het bezwijken optreedt in een vlak evenwijdig aan de lintvoeg, te voldoen aan de volgende voorwaarden:

- Bij het metselwerk vervaardigd met een mortel voor algemeen toepassing is $f_{kt} \geq 0,3 \text{ N/mm}^2$
- Bij het metselwerk vervaardigd met een lijmmortel en een muurdikte van 100 mm, 120 mm of 150 mm is $f_{kt} \geq 0,6 \text{ N/mm}^2$
- Bij metselwerk vervaardigd met een lijmmortel en een muurdikte van 140 mm is $f_{kt} \geq 0,4 \text{ N/mm}^2$

U1: Zowel het binnenblad als het buitenblad is vervaardigd met een mortel voor algemeen toepassing.

U2: Het buitenblad is vervaardigd met een mortel voor algemeen toepassing en het binnenblad is vervaardigd met een lijmmortel.

U3: Zowel het binnenblad als het buitenblad is vervaardigd met een lijmmortel.



Klamp metselwerk van 65 mm dik in tegelverband.

De uiterst opneembare windbelasting op een buitenblad bij een spouwmuur met een samenwerkend binnen- en buitenblad is gelijk aan de door de spouwankeers uiterst opneembare windbelasting, met een bovengrens die volgt uit de combinatie van de toegepaste uitvoeringsmethode en de aanwezige randvoorwaarden, zie Tabel 17 op linker pagina. Als aanvullende opmerking wordt nog vermeld: Spouwmuuren die bestaan uit een dragend binnenblad en een niet-dragend buitenblad kunnen, afhankelijk van de aanwezige normaalkracht in het binnenblad, een grotere weerstand hebben dan de waarden in Tabel 17. Dit kan worden aangehouden door een beoordeling van de weerstand van het dragende binnenblad bij een belasting loodrecht op zijn vlak. In de NPR 9096-1-1 worden verder nog twee figuren gegeven waarmee de toelaatbare, equivalente extreme stuwdruk bepaald kan worden voor een situatie met een extra gesteuende verticale rand en een situatie waarin er naast een niet-gesteunde penant sprake is van één of twee sparingsen.

Onderzoek Stichting Stapelbouw en binnenbladen hsb

Aangezien de oude NPR 9096-1-1 enkel van toepassing is voor binnen- en buitenbladen met een dikte van minimaal 100 mm, is er in Nederland vanuit de Stichting Stapelbouw onderzoek gedaan naar dunne buitenbladen. Dit

heeft in november 2017 gereconstrueerd in een technische aanbeveling: 'Spouwmuuren met een buitenblad met een dikte van 65 mm belast door wind. Aanvullende voorwaarden en rekenregels bij NPR 9096-1-1'. Deze aanbeveling is de basis geweest voor de aanpassingen in de NPR 9096-1-1, die in augustus 2023 uitgekomen is en als zodanig dan ook als vervangen beschouwd kan worden.

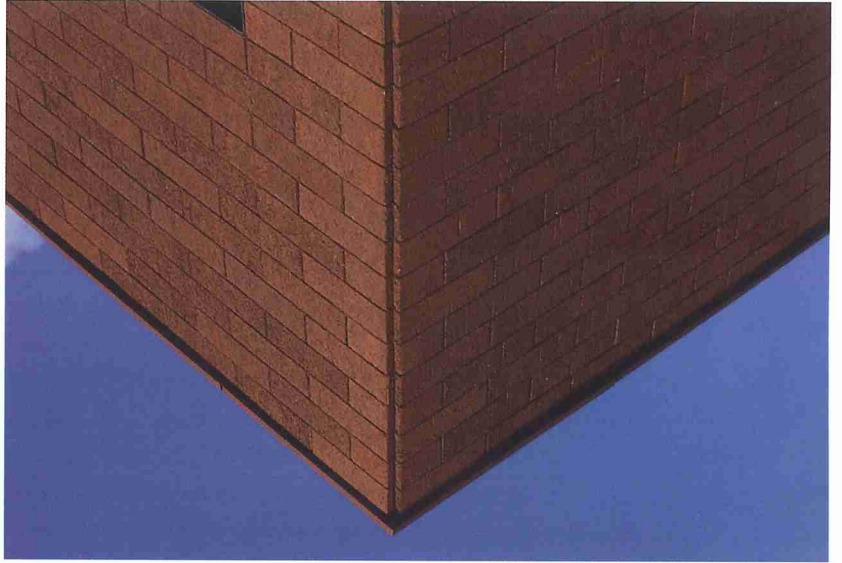
De laatste decennia is het in Nederland steeds gebruikelijker geworden dat in plaats van het gemetselde of gelijkvloerse binnenblad, een binnenblad van houtskeletbouw (hsb) wordt toegepast. Deze specifieke spouwconstructie is niet als zodanig opgenomen in de normbladen en zodoende heeft de Stichting Stapelbouw ook hier onderzoek naar gedaan. Het onderzoek heeft in oktober 2019 gereconstrueerd in een technische aanbeveling 'Interactie gemetselde buitenbladen met een hsb-binnenblad. Aanvullende voorwaarden en rekenregels bij de Eurocode-rekenregels en NPR 9096-1-1'. In deze publicatie wordt vooral ingegaan op het beheersen van de scheurvorming. Er wordt vermeld dat het daarmee de esthetische kwaliteit van het gemetselde buitenblad beïnvloedt en wordt gekoppeld aan het beperken van de doorbuiging van het hsb-binnenblad. De technische aanbeveling heeft betrekking op gemetselde buitenbladen met een dikte van 65 mm tot en met 110 mm, in combinatie met een houtskeletbouw binnenblad. Het binnenblad moet ontworpen

Belangrijk is dat de vereiste sterkte van dunner metselwerk wordt gerealiseerd

zijn om in de uiterste grenstoestand de effecten van de op de gevel aangrijpende windbelasting te weerstaan. Ten aanzien van de doorbuigingsis van een hsb-binnenblad achter een gemetselde gevel is het volgende opgenomen: "Aanvullend op de doorbuigingsis in A1.4.2 van NEN-EN 1990 wordt voor het beheersen van de scheurvorming in het gemetselde buitenblad aanbevolen dat de doorbuiging van het hsb-binnenblad bij de karakteristieke belastingcombinatie waarbij de windbelasting de extreme veranderlijke belasting is, niet groter is dan 1/500 van de hoogte van het binnenspuwblad";

Er wordt in deze laatste technische aanbeveling niet specifiek aangegeven wat de randvoorwaarden voor de beide bladen zijn, zoals dit wel gedaan wordt in de NPR 9096-1-1 uit augustus 2023 over buitenbladen met een dikte van 65 mm. Er wordt wel een relatie gelegd met de doorbuiging van de hsb-elementen, maar niet ten aanzien van de samenwerking van het binnen- en buitenblad. Het zou goed zijn als ook in deze publicaties de voorwaarden en uitgangspunten komen met betrekking tot de windbelasting voor de toepassing van dunner buitenbladen in combinatie met hsb. Dit is nu niet zo, waardoor momenteel mogelijk wat verwarring kan ontstaan met betrekking tot de toepassingsmogelijkheden, randvoorwaarden en beperkingen. In *Aanmeer* van september 2020 hebben wij al geschreven over het belang van spouwverankering bij houtskeletbouw, waarbij het dan gaat om aantal, diameter en positie van de spouwankers. Dit is een nog belangrijker factor in het geval van een dunner buitenspuwblad.

**Hoekoplossing
dunner
gevelmetselwerk.**



Metselwerkverbanden en dilatatie

Naast het belang van een deugdelijke achterconstructie voor gevelmetselwerk, zijn er ook een aantal praktische zaken belangrijk om goed uit te werken en voldoende aandacht te geven. Dit geldt in de uitvoering, maar zeker ook in de werkvoorbereiding en soms al in het ontwerp. In het KNB infoblad 39 'buitenspuwbladen met smalle baksteen' van november 2022 wordt aangegeven dat er aangepaste metselfverbanden nodig zijn bij dunner gevels. Een soort wildselfverband is goed te realiseren. Traditionele metselfverbanden zijn echter niet gemakkelijk te realiseren, omdat de kopstrekhouding van de smalle bakstenen daarvoor niet goed is. Als dergelijke metselfverbanden wel gerealiseerd moeten worden, resulteert dit in het nodige zaagwerk of vormstenen.

Het dilateren van gevelmetselwerk is over het algemeen gebaseerd op 100 mm dik metselwerk. Als buitenbladen dunner worden, moet hier nog eens goed naar gekeken worden. Dit geldt ook voor de voorwaarden ten aanzien van de toelaatbare doorbuiging van ondersteunings- en achterconstructies. Het moge duidelijk zijn dat een dunner buitenblad gevoelig is voor scheurvorming en dat daarmee bij de uitwerking van adviezen rekening moet worden gehouden.

Verspringingen van gevelvlakken zijn moeilijker te realiseren en waterslagen/raamdorpels moeten ook anders uitgewerkt en bekeken worden. Het traditioneel metselen en voegen van dunner gevelmetselwerk is niet te adviseren, want dan wordt de effectieve dikte van het toch al dunne buitenblad nog kleiner. Doorstrijken en dan ook goed vol en zat metselen kan, maar een hogere sterkte in de vorm van bijvoorbeeld lijmmortel is altijd een veiligere keuze. Dan verandert natuurlijk wel de esthetische uitstraling van de betreffende gevel door de kleinere, verdiepte voegen.

Latēien, geveldragērs, metselwerkwapening en spouwankers

Met de beperkte effectieve dikte van het metselwerk is het niet mogelijk om standaard lateien en geveldragērs toe te passen. Er moet rekening gehouden worden met de kleine breedte van de oplegging van de lateien, maar daarnaast vereisen ook de berekeningen extra aandacht. Geveldragērs en lateien voor dit soort dunner gevelmetselwerk zijn nog geen standaardproducten en standaard zijn de randvoorwaarden nu afgestemd op traditioneel metselwerk.

De lengte van spouwankers wordt bepaald op basis van de minimale inbed- of verankeringslengte in het binnenblad, in het buitenblad. Spouwankers worden geproduceerd met standaardlengtes en een bereik van + en -15 mm. De minimale inbedlengte van 40 mm van het spouwanker in het

buitenblad kan met dit bereik van 30 mm vrijwel altijd gere-
aliseerd worden bij een 100 mm dik buitenblad. Wanneer dit
buitenblad echter 65 mm is, is het bijna onmogelijk om
maatafwijkingen nog op te kunnen vangen met de spouw-
kern. In de praktijk zullen maatafwijkingen ter plaatse van
het gevelmetselwerk echter regelmatig voorkomen en daar-
door kan het zo zijn dat spouwankers, veel sneller dan bij
traditioneel metselwerk van 100 mm, niet correct geplaatst
gaan worden. Er is een hele grote kans dat een te kleine
inbed- of verankeringsslengte in het binnenblad gehanteerd
wordt. Daarnaast kan ook een te kleine inbedlengte of over-
matige inbedlengte in het buitenblad ontstaan. Dit is een
belangrijk aandachtspunt bij het bestellen van de spouw-
ankers en tijdens de uitvoering. Een praktische oplossing is
momenteel het haaks ombuigen van iets te lange spouw-
ankers ter hoogte van het midden van de mortelvoeg in het
buitenblad. Het ombuigen is mogelijk met spouwankers van
 $\varnothing 4$ mm, maar met $\varnothing 5$ mm wordt dit heel lastig.
Tegelverband vereist de toepassing van metselwerkwap-
ening, ook bij dunner gevelmetselwerk. Het vergroten van
dilatatietoestanden kan met metselwerkwapening en daar-
naast kan metselwerkwapening ook toegepast worden voor
constructieve oplossingen. De veel gebruikte constructieve
metselwerkwapening is 50 mm breed en heeft een diameter
van 4 mm. In *Aannemer* van juni 2022 is al eens duidelijk
gemaakt dat de dekking aan de voor- en achterzijde van
metselwerkwapening in een mortelvoeg minimaal 15 mm
moet zijn. Bij een breedte van de wapening van 50 mm,
moet de mortelvoeg dus minimaal 80 mm ($50+15+15$) breed
zijn. Bij een dunner buitenblad van bijvoorbeeld 65 mm gaat
dit dus niet goed en moet er een metselwerkwapening met
een maximale breedte van 35 mm (65-15-15) toegepast wor-
den. Er zijn een beperkt aantal producten die voldoen aan
deze breedte-eis en aan de eisen in de NEN-EN 845-3 voor
constructieve metselwerkwapening. Deze producten zijn
over het algemeen ook nog eens slecht of niet leverbaar.

Conclusie

Het vervangen van traditioneel gevelmetselwerk van
100 mm dik door een dunner variant van 65 mm is niet
zomaar mogelijk en vereist op diverse punten de nodige
aandacht. De vereiste sterkte van het dunner metselwerk
dient gerealiseerd te worden, maar ook de uitvoering heeft
extra aandacht nodig. De meeste van de op dit moment
beschikbare standaardproducten voor het realiseren van
een gemetselde gevel van 100 mm dik zijn niet geschikt voor
dunnere gevels. Productcenten van bijvoorbeeld spouw-
ankers, lateien, geveldragere en waterslagen, moeten voor
dit soort dunne gevels nog standaardproducten ontwikke-
len. Dit vereist zodoende nog het nodige van de produc-
ten, maar ook van de aannemers tijdens de uitvoering.

(B). (Foto: Vandersanden)
Combinatie van dunne en dikkere bakstenen,
toegepast bij stadsinbreidingsproject te Gent

