

Bij de keuze van het morteltype dient men verschillende technische en eventuele esthetische criteria in aanmerking te nemen. Men stelt ook vast dat zowel de verschillende referentiedocumenten als de gebruikelijke benamingen soms tot verwarring leiden. Dit dossier geeft een samenvatting van de verschillende referentiedocumenten en tracht duidelijkheid te scheppen in de vaak verkeerd begrepen of geïnterpreteerde begrippen.

Keuze van metselmortels

✎ Y. Grégoire, ir.-arch., afdelingshoofd 'Materialen', WTCB
 A. Smits, ir., projectleider, laboratorium 'Ruwbouw- en afwerkingsmaterialen', WTCB

Dit artikel werd opgesteld met steun van de Normen-Antennes 'Beton-Mortel-Granulaten' en 'Eurocodes' die gesubsidieerd worden door de FOD Economie.

1 GENORMALISEERDE DEFINITIES

De norm NBN EN 998-2 [1], die handelt over de CE-markering van industrieel vervaardigde metselmortels, omschrijft mortels als een 'mengsel dat bestemd is voor het berapen, opvoegen of navoegen van metselwerkstenen en dat bestaat uit een of meerdere anorganische (minerale) bindmiddelen, granulaten, water en, soms, toevoegsels en/of hulpstoffen'. De norm onderscheidt drie morteltypes afhankelijk van hun eigenschappen en/of het voorziene gebruik (zie tabel 1).

In de praktijk bedraagt de nominale morteldikte 'traditioneel' 10 tot 12 mm. Voor meer informatie over dit onderwerp kan men het artikel 'Europese specificaties voor de druksterkte van metselwerkproducten' (WTCB-Dossier nr. 2009/4.3, [20]) raadplegen dat dieper in-

gaat op het onderscheid tussen prestatiemortels, de volgens samenstelling gespecificeerde mortels en de verhoopte prestaties ervan. Aan de hand van deze informatie kan men *in situ* gedoseerde mortels (niet behandeld in de norm NBN EN 998-2) gelijkstellen met mortels van het type 'G' die in een traditionele dikte aangebracht worden.

We stellen vast dat de prestatiebenadering alleen betrekking heeft op de druksterkte van de mortel. De verklaring van de 'aanhechting' houdt volgens ons geen prestatiebenadering in, aangezien het gaat om een opgegeven waarde die bovendien bepaald wordt door een erg betwistbare proefmethode (hechting bij afschuiving). Daarenboven wordt er nergens verwezen naar de term 'lijmmortel' die nochtans vaak gebruikt wordt door aannemers en fabrikanten. Ten slotte legt de norm NBN EN 998-2 geen

enkele diktegrens op voor voegen ondanks het feit dat dit een belangrijke parameter is voor de mechanische (zie Eurocode 6 [10,11]) en thermische weerstand van het metselwerk.

2 WAT STAAT ER IN DE EUROCODE 6 ?

Eurocode 6 en zijn Nationale Bijlagen [10-14] hebben betrekking op het 'ontwerp' en de 'uitvoering' van dragend metselwerk. We vinden hier dezelfde symbolen en definities terug als in de norm NBN EN 998-2.

In de Eurocode vindt men echter wel diktegrenzen terug voor lintvoegen en stootvoegen (cf. § 8.1.5 uit de Eurocode 6) :

- mortels voor algemene toepassingen 'G' : tussen 6 en 15 mm
- lichtgewicht mortels 'L' : tussen 6 en 15 mm
- mortels met dunne voegen 'T' (dunbedmortels) : tussen 0,5 en 3 mm.

Voegen van 3 tot 6 mm dik kunnen uitgevoerd worden indien de mortel speciaal vervaardigd is voor deze toepassing. In dit geval dienen ze voor de berekening beschouwd te worden als mortels voor algemene toepassingen.

Tabel 1 Types, symbolen, definities en prestaties van mortels volgens de norm NBN EN 998-2 [1].

Morteltype	Symbool	Definities	'Prestatie' Verklaring van f_m (1)	Hechting (2) f_{vk0} (3) [N/mm ²]
Mortel voor algemene toepassingen (4)	G	Gespecificeerd volgens samenstelling	JA	–
		Prestatiemortel	JA	0,15
Mortel met dunne voegen (dunbedmortel) (4)	T	Prestatiemortel waarvan de grootste korrelmaat kleiner of gelijk is aan een opgegeven waarde. De norm NBN EN 998-2 stelt dat : • de korrelafmeting niet groter moet zijn dan 2 mm • de open tijd verklaard moet worden • andere eisen noodzakelijk kunnen zijn indien de voorziene voegdikte kleiner is dan 1 mm.	JA	0,30
Lichtgewicht mortel (4)	L	Prestatiemortel waarvan de droge volumieke massa in verharde toestand kleiner of gelijk is aan een opgegeven waarde. De norm NBN EN 998-2 stelt dat de volumieke massa van lichtgewicht metselmortels kleiner of gelijk moet zijn aan 1300 kg/m ³ .	JA	0,15

(1) f_m is de gemiddelde druksterkte van de mortel.

(2) Indien de prestatiemortels ('G' prestatie, 'T' en 'L') toegepast moeten worden in een metselwerk dat moet voldoen aan structurele eisen, moet de hechting bij afschuiving (f_{vk0} (3)) van de mortel verklaard worden, ofwel met een standaardwaarde, ofwel door middel van proeven (zie NBN EN 1052-3 [8]).

(3) f_{vk0} is de initiële karakteristieke afschuifweerstand. De standaardwaarden zijn afkomstig uit bijlage C van de norm NBN EN 998-2.

(4) Indien het metselwerk moet voldoen aan thermische eisen, moet de warmtegeleidingscoëfficiënt van de mortel verklaard worden. De keuze van de mortel aan de hand van zijn volumieke massa en de dikte kan een invloed uitoefenen op de thermische weerstand van het metselwerk.

Bij alle standaardwaarden ('getabuleerd') voor de karakteristieke sterkten of voor de parameters om de sterkten te berekenen (druksterkte, afschuifsterkte, buigsterkte) – die opgenomen zijn in Eurocode 6 – wordt er een onderscheid gemaakt tussen de drie morteltypen : G, T en L. In § 4.1 wordt uitgelegd in welke mate de mortelkeuze de verschillende mechanische prestaties beïnvloedt.

3 PRESTATIEMORTELS (BENOR)

Om het verband tussen de normatieve documenten op Europees niveau (de norm NBN EN 998-2 en de Eurocode 6) te verduidelijken, om een meer doorgedreven prestatiebenadering te verzekeren en om ervoor te zorgen dat de mortelinformatie beter aangepast is aan de praktijk, worden de aanvullende prestaties en classificaties verduidelijkt in het kader van het vrijwillige kwaliteitslabel 'BENOR' voor metselmortels, beheerd door het OCCN. Voor meer informatie verwijzen we de lezer naar de volgende website : <http://info.benoratg.org>.

Bij gebrek aan een uniforme codering voor de voegdikte op Europees niveau, wordt er gebruik gemaakt van de facultatieve codering die weergegeven wordt in tabel 2 (zie toepassingsreglement TRA 651 van het OCCN [17]). De mortels 'T' worden er gedefinieerd als lijmmortels. De belangrijkste prestaties naar gelang van het gebruik in binnen- of buitenklimaat zijn opgenomen in tabel 3.

Tabel 2 Voegdikte van verschillende metselmorteltypen volgens TRA 651 [17].

Metsel-morteltype	Voegtype	Voegdikte V [mm]	Aanduiding van het voegtype (facultatief)
T	Dunne lijmvog	$V \leq 3$	XS
T	Dikke lijmvog	$3 < V < 6$	S
G en L	Dunne metselvog	$4 < V \leq 8$	M
G en L	Medium metselvog	$8 < V \leq 12$	L
G en L	Dikke metselvog	$V > 12$	XL

4 KEUZE VAN HET MORTELTYPE

4.1 OP BASIS VAN DE PRESTATIECRITERIA VAN HET METSELWERK

De prestaties waarvan er hier sprake is, hebben betrekking op de thermische en mechanische eigenschappen van het metselwerk. Deze laatste zijn vooral relevant voor dragend metselwerk. De hechtingsprestaties tussen mortel en metselstenen en de duurzaamheidsprestaties ten opzichte van weersinvloeden worden besproken in de Technische Voorlichting 208 'Opvoegen van metselwerk' [21] (1). De gebruikte symbolen en beoordelingen worden opgesomd in tabel 5 (p. 6).

4.1.1 DRUKSTERKTE

De berekening van de karakteristieke druksterkte f_k maakt een onderscheid tussen ver-

schillende morteltypen.

Wat betreft de mortels van het type 'G' en 'L' (2), verhoogt f_k bij de verhoging van de gemiddelde druksterkte van de mortel f_m . Deze verhoging is echter niet evenredig aan f_m . Voor de mortels van het type 'G' is de verhoging van f_k bijvoorbeeld evenredig aan $f_m^{0,25}$. Zo veroorzaakt de vermenigvuldiging van f_m met 2 bijvoorbeeld een toename van f_k met een factor $2^{0,25} = 1,19$. De invloed van de sterkte van de mortel is dus relatief beperkt.

f_k houdt geen rekening met de druksterkte van de mortel wanneer het een 'dunbedmortel' ('T') betreft en wanneer de dikte tussen 0,5 en 3 mm ligt (zie het [WTCB-dossier 2010/3.2](#) [19] voor meer informatie). De eerste reden voor de aanvullende definities in termen van diktegrenzen in Eurocode 6 zijn afkomstig van de vaststelling dat wanneer metselstenen gecombineerd worden met heel dunne voegen,

Tabel 3 Prestaties van mortels volgens TRA 651 [17].

Eigenschap	Eenheid	Norm	Mortel (M, L, XL)		Mortellijm (XS of S)	
			Buiten	Binnen	Buiten	Binnen
Luchtgehalte	% v/v	NBN EN 1015-7 [2]	≤ 20		–	
Verwerkingstijd (1)	uren	NBN EN 1015-9 [3]	≥ 2		≥ 2 (5)	
Open tijd (2)	minuten	NBN EN 1015-9	–		≥ 4 (S), ≥ 7 (XS)	
Samendrukking	N/mm ²	NBN EN 1015-11 [4]	$\geq M 5$	$\geq M 2,5$	$\geq 12,5$ (6)	
Buiging	N/mm ²	NBN EN 1015-11	–		$\geq 4,5$ (6)	
Aanhechting na 28 dagen (3)	N/mm ²	NEN 6790 (4) [18] Aard van het element : • baksteen en beton • cellenbeton • zandkalksteen	$\geq 0,15$	$\geq 0,10$	$\geq 0,60$ $\geq 0,30$ $\geq 0,40$	
Waterabsorptiecoëfficiënt	kg/m ² .min ^{0,5}	NBN EN 1015-18 [5]	–		$\leq 0,03$	–

(1) De verwerkingstijd (of *potlife*) is de tijd die volgt na het aanmaken en tijdens dewelke de mortel gebruikt mag worden.

(2) De open tijd is de tijd die volgt op de plaatsing van de mortel op het onderliggende bed tijdens dewelke de metselsteen nog geplaatst mag worden ('gemetseld' of 'gelijmd').

(3) Voor lijmmortels gelden er ook aanhechtingseisen na verschillende ouderdom (van 1 tot 7 dagen) en na onderdompeling in water afhankelijk van de aard van het element.

(4) Rechtstreekse trekproef door middel van een 'kruisproef'.

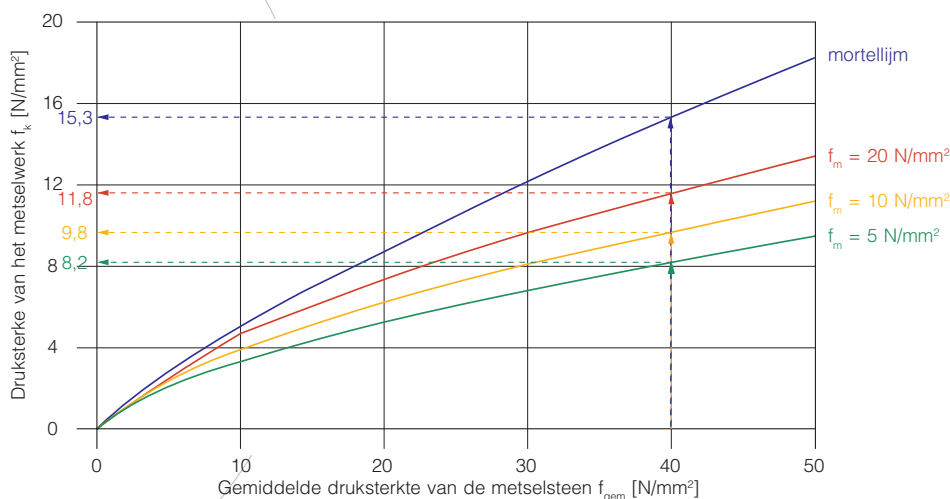
(5) ≥ 4 voor de mortels 'XS' die uitgevoerd moeten worden in de zomer in combinatie met metselstenen uit cellenbeton of kalkzandsteen.

(6) Respectievelijke samendrukking en buiging ≥ 10 en $\geq 2,5$ in combinatie met metselstenen uit cellenbeton.

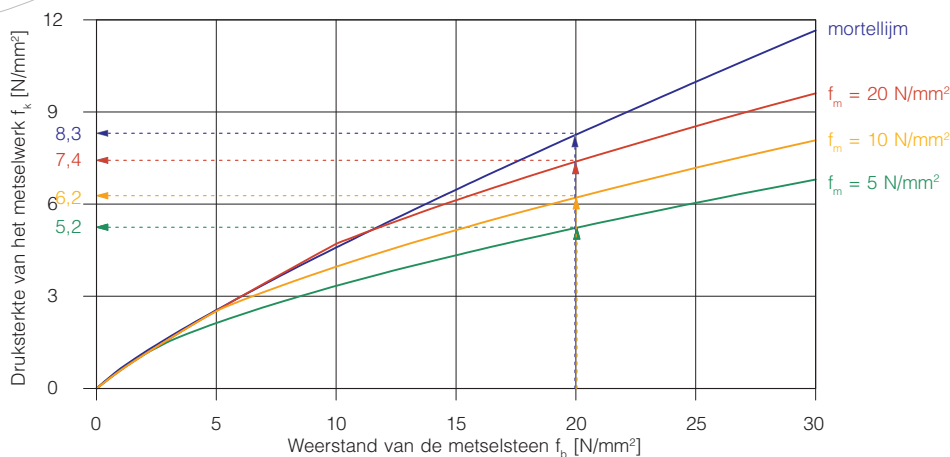
(1) Deze TV geeft aanbevelingen voor de keuze van de mortelsamenstelling voor het opvoegen.

(2) Omdat er in België slechts weinig lichtgewicht mortels 'L' toegepast worden, zijn er slechts weinig gegevens beschikbaar en zijn de nationale parameters met betrekking tot de druksterkte van het metselwerk waarbij deze soort mortel werd gebruikt niet opgenomen in de Nationale Belgische Bijlage van de norm NBN EN 1996-1-1 (Eurocode 6, deel 1).





Afb. 1 Druksterkte van metselwerk f_k afhankelijk van de druksterkte van het element f_{gem} en van de gebruikte mortel (metselwerk in baksteen van groep 2).



Afb. 2 Druksterkte van metselwerk f_k afhankelijk van de druksterkte van het element f_b en de gebruikte mortel (metselwerk in beton van groep 2).

de invloed van de mortel op de druksterkte van het metselwerk verwaarloosbaar is (de parameter f_m verdwijnt in de formules).

Het gebruik van de formules is onderhevig aan de beperkende voorwaarden voor de weerstand van de materialen die opgenomen zijn in tabel 5 (p. 6). Indien aan deze voorwaarden voldaan wordt, is de druksterkte van het metselwerk – in het algemeen – hoger bij dunbedmortels ‘T’ (zie afbeeldingen 1 en 2).

De secans elasticiteitsmoduli op korte (E) en lange termijn ($E_{lang\ term}$) zijn rechtstreeks afhankelijk van de karakteristieke druksterkte f_k . Volgens de aangeraden formule geldt het principe hoe hoger de druksterkte, hoe ‘stijver’ het metselwerk zal zijn.

Voor een specifiek project kan het drukgedrag ook bepaald worden op basis van proefresultaten volgens de norm NBN EN 1052-1 [6] (zie afbeelding 3). Een beschrijving van de proef-

methode is beschikbaar op de website van de Normen-Antenne ‘Beton-Mortel-Granulaten’ (http://www.bbri.be/antenne_norm/beton/nl/).

4.1.2 AFSCHUIFSTERKTE

Eurocode 6 voorziet standaardwaarden (‘getabuleerd’) voor de (karakteristieke) initiële afschuifsterkte van het metselwerk $f_{v,k0}$ in functie van het metselsteentype, het morteltype en, in het geval van prestatiemortels voor algemene toepassingen (type G), de verklaarde druksterkte. De referentieproefmethode, de norm NBN EN 1052-3 [8], is deze waarnaar de norm NBN EN 998-2 [1] (zie hieronder) refereert. Door een gebrek aan gegevens en een ontoereikende kennis omtrent de mogelijke extrapolaties tussen de resultaten op een triplet⁽³⁾ volgens de norm NBN EN 1052-3 en het gedrag van de volledige muur, dient men echter wel rekening te houden dat er in de Nationale Bijlage ANB geen waarden zijn opgenomen.

⁽³⁾ Assemblage van drie metselstenen en de beschouwde mortel.



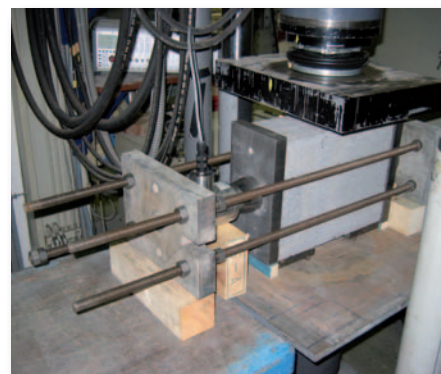
Afb. 3 Drukproef op een muurtje volgens de norm NBN EN 1052-1 [6] (met bepaling van de secans elasticiteitsmodulus ‘E’).

We kunnen wel vermelden dat in de EN-versie van Eurocode 6 de standaardwaarden voor de karakteristieke afschuifsterkte voor dunbedmortels ‘T’ ten minste deze voor mortel voor algemene toepassingen ‘G’ evenaren en tweemaal groter zijn dan deze voor lichtgewicht mortels ‘L’ en mortels voor algemene toepassingen ‘G’ van zwakke sterkte (< 2,5 N/mm²).

Voor een specifiek project kan de afschuifsterkte van het metselwerk ook bepaald worden op basis van de proefresultaten volgens de norm NBN EN 1052-3 [8] (zie afbeelding 4). Een beschrijving van de proefmethode is beschikbaar op de website van de Normen-Antenne ‘Beton-Mortel-Granulaten’ (http://www.bbri.be/antenne_norm/beton/nl/).

4.1.3 WEERSTAND TEGEN BUIGING UIT HET VLAK

Vooreerst vermelden we dat er twee parameters zijn die de weerstand tegen buiging uit het



Afb. 4 Afschuifproef op een triplet volgens de norm NBN EN 1052-3 [8].



Afb. 5 Bepaling van de parallelle buigsterkte (f_{xk1}) volgens de norm NBN EN 1052-2 [7].



Afb. 6 Bepaling van de loodrechte buigsterkte (f_{xk2}) volgens de norm NBN EN 1052-2 [7].

vlak karakteriseren :

- de karakteristieke buigsterkte van het metselwerk waarvan het breukvlak evenwijdig is met het legvlak (f_{xk1})
- de karakteristieke buigsterkte van het metselwerk waarvan het breukvlak loodrecht op het legvlak plaatsvindt (f_{xk2}).

Eurocode 6 en zijn Nationale Bijlage (ANB) geven standaardwaarden ('getabuleerd') ⁽⁴⁾ op voor f_{xk1} en f_{xk2} naargelang van het mortel- en metselsteentype.

Omdat er nog geen toepasselijke specificaties met betrekking tot de aanhechting van mortellijmen bestaan, heeft de Nationale Belgische Bijlage van de norm NBN EN 1996-1-1 [11] een 'dunbedmortel' ('T') gedefinieerd ⁽⁵⁾ als een 'lijmmortel' zodanig dat de buigsterkte van het metselwerk ten minste voldoet aan de gegeven standaardwaarden.

Logischerwijze zijn de waarden f_{xk1} en f_{xk2} meestal gunstiger voor mortels van het type T.

Voor een specifiek project kan de buigsterkte van het metselwerk ook bepaald worden op basis van proefresultaten volgens de norm NBN EN 1052-2 [7] (zie afbeeldingen 5 en 6). Een beschrijving van de proefmethode is beschikbaar op de website van de Normen-Antennes 'Beton-Mortel-Granulaten' (http://www.bbri.be/antenne_norm/beton/nl/).

4.1.4 VEILIGHEIDSCOËFFICIËNTEN

De veiligheidscoëfficiënten (γ_M) die toegewezen dienen te worden aan de mechanische prestaties van het metselwerk bij de uiterste grenstoestanden zijn afhankelijk van het attestatie- en certificatie-niveau van de gebruikte materialen en de uitvoeringsklassen ('N' of 'S'). Deze laatste zijn afhankelijk van de uitvoeringscontrole op de bouwplaats.

Men onderscheidt de volgende uitvoeringsklassen :

- de uitvoeringsklasse 'N' (normaal) : de uitvoering staat onder doorlopend toezicht van gekwalificeerd en ervaren personeel van het bedrijf dat de werken uitvoert en maakt het onderwerp uit van een normaal toezicht door de ontwerper
- de uitvoeringsklasse 'S' (speciaal) : de uitvoering staat onder doorlopend toezicht van gekwalificeerd en ervaren personeel van het bedrijf dat de werken uitvoert. Het normale toezicht wordt aangevuld met een regelmatige controle door gekwalificeerd personeel dat niet behoort tot het bedrijf dat de werken uitvoert.

De veiligheidscoëfficiënten die toegewezen worden aan de mechanische prestaties van het metselwerk zijn het gunstigste (m.a.w. lager) wanneer het metselwerk vervaardigd is volgens de voorwaarden van de uitvoeringsklasse

'S' en met behulp van een prestatiemortel met een aanvullend productcertificaat (BENOR-label) (zie tabel 4, p. 5).

4.1.5 THERMISCHE PRESTATIE

De regionale EPB-reglementering (energieprestatieregelgeving) legt het gebruik van een rekenwaarde (ook wel 'nuttige waarde' genoemd) op voor de thermische weerstand van de laag die rekening houdt met het vochtgehalte van het materiaal. Deze rekenwaarde wordt verkregen door de waarde in droge toestand verklaard met een betrouwbaarheid van 90 % op de 90%-fractiel R_D (verklaarde thermische weerstand) of λ_D (verklaarde thermische geleidbaarheid van een homogeen materiaal) om te zetten voor 'buiten' of 'binnen' gebruiksomstandigheden afhankelijk van de toepassing. Voor de transmissieverliezen raadpleegt de geïnteresseerde lezer de referentiedocumenten ⁽⁶⁾.

Wanneer het metselwerk onderworpen is aan thermische eisen, dient de warmtegeleidbaarheid van de mortel, volgens de norm NBN EN 1745 [9], verklaard te worden door hun producent. Wanneer het relevant is (als er een gevoelige invloed van de thermische weerstand van het metselwerk op de thermische weerstand van de volledige wand is), kan de keuze van de mortel door middel van zijn volu-

⁽⁴⁾ In Eurocode 6 vindt men eveneens formules terug die afhankelijk zijn van f_b voor metselwerk uit cellenbeton waarbij er rekening gehouden wordt met voegen die open zijn gebleven voor f_{xk2} . Hij verduidelijkt ook dat f_{xk2} niet groter mag zijn dan de buigsterkte van de metselsteen.

⁽⁵⁾ De term 'lijmmortel' die gehanteerd wordt in deze Nationale Bijlage wordt gebruikt voor mortels die verbeterde eigenschappen inzake aanhechting aan de metselsteen bezitten die ten minste voldoet aan de waarden f_{xk1} en f_{xk2} uit tabel 6. De aan te brengen dikte van de mortel komt overeen met de voorschriften van de mortelfabrikant.

⁽⁶⁾ In het Waals Gewest : <http://energie.wallonie.be>, in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest : <http://www.bruxellesenvironnement.be> en, in het Vlaams Gewest : <http://www.energiesparen.be>.



Tabel 4 Toegewezen waarden aan γ_M volgens de Nationale Belgische Bijlage van de Eurocode 6 [11].

Materiaal		γ_M	
Code	Metselwerk bestaande uit :	Klasse	
		S	N
A	Elementen uit categorie I met een productcertificaat + prestatiemortel ⁽¹⁾ met een bijkomende productcertificaat	2,0	2,5
B	Elementen uit categorie I zonder een bijkomend productcertificaat + alle mortels	2,3	2,8
C	Elementen uit categorie II ⁽²⁾ + alle mortels	3,0	3,5

⁽¹⁾ De voorschriften met betrekking tot de prestatiemortels zijn opgenomen in de normen NBN EN 998-2 [1] en NBN EN 1996-2 (Eurocode 6, deel 2) [12].
⁽²⁾ Indien er een garantie gegeven kan worden dat de variatiecoëfficiënt van de druksterkte van het element niet groter is dan 25 %, zijn de toe te wijzen waarden van γ_M respectievelijk 2,5 en 3,0 voor de klassen 'S' en 'N'.

mieke massa en zijn dikte de thermische weerstand van het metselwerk beïnvloeden (deze hangt onder meer af van de karakteristieken van de metselsteen).

Men kan enerzijds stellen dat de invloed van de mortelvoeg kleiner zal zijn naarmate deze dunner is ten opzichte van de hoogte van de metselsteen. Anderzijds is de warmtegeleidbaarheid lager (gunstiger), naarmate de volumieke massa kleiner is. Het kan dus nuttig zijn om een mortel van het type 'T' te kiezen met een aangepaste dikte of een mortel van het type 'L' (lichtgewicht).

4.1.6 SAMENVATTING

Voor gebruik in dragend metselwerk gaat men vooral op zoek naar een structurele (zelfs thermische) rol ten voordele van het metselwerk. In Eurocode 6 maken de standaardwaarden ('getabuleerd') van de karakteristieke sterkten of de parameters die toelaten om de sterkten (druksterkte, afschuifsterkte, buigsterkte) te berekenen een onderscheid tussen de drie morteltypes : 'G', 'T' en 'L'.

Zeer algemeen beschouwd, is de sterkte van het metselwerk gunstiger indien er gebruik gemaakt wordt van mortels van het type 'T', op voorwaarde dat ze aangebracht worden met een dikte van 0,5 tot 3 mm met betrekking tot het gedrag bij druksterkte. De veiligheidscoëfficiënten die toegekend moeten worden aan de mechanische prestaties van het metselwerk zijn gunstiger indien het metselwerk gerealiseerd werd volgens de voorwaarden voor de uitvoeringsklasse 'S' en indien een prestatiemortel met een bijkomend productcertificaat (BENOR) gebruikt werd.

Deze beschouwingen worden samengevat in tabel 5 (p. 6).

Bij metselstenen uit cellenbeton en uit kalkzandsteen gebruikt men meestal lijmvoggen van slechts enkele millimeters dikte. Deze techniek wordt tegenwoordig ook gebruikt voor andere dragende metselsteentypes die gebruik maken van het morteltype 'T' met een dikte van 0,5 tot 3 mm. Om deze dunne dikten te kunnen bereiken, dient men metselstenen te gebruiken die gekenmerkt worden door de



Afb. 7 Traditioneel metselwerk uit bakstenen (voegen : 10-12 mm).



Afb. 8 Traditioneel metselwerk uit betonmetselstenen (voegen : 10-12 mm).



Afb. 9 Metselwerk uit bakstenen met dunne voegen (voegen : 0,5-3 mm).



Afb. 10 Metselwerk uit cellenbeton met dunne voegen (voegen : 0,5-3 mm).



Afb. 11 Metselwerk uit lichte betonmetselstenen met dunne voegen (voegen : 0,5-3 mm).



Afb. 12 Metselwerk uit metselstenen van kalkzandsteen met dunne voegen (voegen : 0,5-3 mm).

Tabel 5 Morteltypen en mortelkeuze in functie van de gewenste prestatie (mechanisch en/of thermisch). (*)

Gewenste prestatie van het metselwerk : de weerstand	Morteltype (volgens de norm NBN EN 998-2)	Formules of getabuleerde waarden	Opmerkingen
Samendrukking f_k	G (1), L (1)	$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$ [11, 20, 19] f_k verhoogt met f_m (niet-lineair). Beperkende voorwaarden voor f_m : • voor 'G': $f_m \leq 20$ N/mm ² en $f_m \leq 2 f_b$ • voor 'L': $f_m \leq 10$ N/mm ² . Beperkende voorwaarden voor f_b : • voor 'G': $f_b \leq 75$ N/mm ² .	Volgens [11] kan men stellen dat : f_k ('T') $\geq f_k$ ('G') $\geq f_k$ ('L') (behalve voor een erg hoge f_b , ± 75 N/mm ² , wegens de grenzen op f_b voor het gebruik van formules).
	T (1)	$f_k = K f_b^\alpha$ [11, 20, 19] f_k onafhankelijk van f_m . Beperkende voorwaarde voor f_b : • $f_b \leq 50$ N/mm ² .	Experimentele methode : de norm NBN EN 1052-1.
Elasticiteitsmoduli E en $E_{\text{lang term}}$	G, T, L	Secans elasticiteitsmodulus op korte termijn (onder gebruiksbelastingen) : $E = 1000 f_k$. Secans elasticiteitsmodulus op lange termijn : $E_{\text{lang term}} = E/(1+\phi_\infty)$ waarbij ϕ_∞ de uiterste kruipcoëfficiënt is (begrepen tussen 0,5 en 3 afhankelijk van het element).	Hoe sterker het metselwerk is onder druk, hoe 'stijver' het is (hoge E en $E_{\text{lang term}}$). Experimentele methode : de norm NBN EN 1052-1.
Buiging f_{xk1} en f_{xk2}	G,L,T (2)	Standaardwaarden (getabuleerd) [11] (f_{xk2} mag niet groter genomen worden dan de buigsterke van de metselsteen).	Volgens [11] kan men stellen dat : f_{xk1} en f_{xk2} ('T') $\geq f_{xk1}$ en f_{xk2} ('G') $\geq f_{xk1}$ en f_{xk2} ('L'). Experimentele methode : de norm NBN EN 1052-2.
Afschuiving f_{vk0}	G, L, T	Standaardwaarden (getabuleerd) [10]. Standaardwaarden volgens de norm NBN EN 998-2 : • G, L : 0,15 N/mm ² • T : 0,30 N/mm ²	Volgens [10] kan men stellen dat : • $f_m \geq 2,5$ N/mm ² : f_{vk0} ('T') $\geq f_{vk0}$ ('G') $\geq f_{vk0}$ ('L') • $f_m < 2,5$ N/mm ² : f_{vk0} ('T') $\geq f_{vk0}$ ('L') $\geq f_{vk0}$ ('G'). Experimentele methode : de norm NBN EN 1052-3.
Veiligheidscoëfficiënten γ_M	G, L, T	Standaardwaarden (getabuleerd) [11]. Afhankelijk van het attestatie- en certificatie-niveau van de materialen alsook van de uitvoeringsklasse 'N' of 'S'.	Deze zijn gunstiger wanneer het metselwerk uitgevoerd wordt onder de voorwaarden van de uitvoeringsklasse 'S' en met behulp van een prestatiemortel met een bijkomend productcertificaat (BENOR-markering).
Thermische weerstand R_D	G, L, T	Formules en getabuleerde waarden [9]. De thermische weerstand van het metselwerk hangt af van de volumieke massa en de dikte van de mortelvoeg (en is bovendien ook afhankelijk van de metselsteen).	• hoe dunner de mortelvoeg, hoe kleiner zijn invloed zal zijn (cf. mortel 'T') • hoe lager de volumieke massa van de mortel, hoe lager (gunstiger) zijn warmtegeleidbaarheid zal zijn (cf. mortel 'L'). Experimentele methode : de norm NBN EN 1745.

(1) De werkelijke dikte van de uitgevoerde mortel is voor 'G' 6 tot 15 mm (3 tot 6 mm) ; voor 'L' eveneens 6 tot 15 mm en voor 'T' 0,5 tot 3 mm (met expliciete vermelding dat de werkelijke dikte van de uitgevoerde mortel gedekt is door het gebruik (zie de technische documentatie van de mortelproducent).

(2) 'T' = 'lijmmortel' volgens de norm NBN EN 1996-1-1 ANB.

(*) In deze tabel worden onderstaande symbolen gebruikt :

- f_b : genormaliseerde druksterkte van de metselsteen [N/mm²]
- f_m : gemiddelde druksterkte van de metselmortel [N/mm²]
- f_k : karakteristieke druksterkte van het metselwerk [N/mm²]
- K, α, β : functie van de groep en het type van de metselstenen, van de mortel en van de voegvulling (cf. [11])
- E : secans elasticiteitsmodulus van het metselwerk op korte termijn [N/mm²]
- $E_{\text{lang term}}$: secans elasticiteitsmodulus van het metselwerk op lange termijn [N/mm²]
- f_{xk1} : karakteristieke buigsterkte waarvan het breukvlak evenwijdig is met het legvlak [N/mm²]
- f_{xk2} : karakteristieke buigsterkte waarvan het breukvlak loodrecht op het legvlak staat [N/mm²]
- f_{vk0} : karakteristieke aanvangsafschuifsterkte [N/mm²]
- f_k of f_{xk1} of f_{xk2} of f_{vk0} ('T' of 'G' of 'L') : f_k of f_{xk1} of f_{xk2} of f_{vk0} van metselwerk uitgevoerd met een mortel van het type 'T' of 'G' of 'L'
- γ_M : partiële veiligheidscoëfficiënt op het metselwerk [-]
- λ_D of R_D : gedeclareerde waarde van de warmtegeleidbaarheid of de thermische weerstand van het materiaal.

strengste dimensionele toleranties. Bakstenen en betonmetselstenen worden doorgaans gemetseld met een mortel voor algemene toepassingen ('G').

4.2 OP BASIS VAN ESTHETISCHE CRITERIA

Hier gaat het voornamelijk om gevelmetselwerk. Het uitzicht van het gevelmetselwerk en de gewenste voegdikte vormen doorgaans de belangrijkste criteria voor de keuze van de combinatie metselmortel-metselsteentype. Men kan de gevel verschillende esthetische uitzichten geven die elk een aangepast morteltype vragen (zie tabel 6, p. 8).

4.2.1 'TRADITIONEEL' METSELWERK

Om 'traditioneel' metselwerk te creëren (**geval 1**, tabel 6, p. 8), gebruikt men een mortel van het type 'G' als stelmortel (prestatiemortel of volgens samenstelling gespecificeerde mortel). Stelmortels van het type 'G' die gespecificeerd

worden volgens hun samenstelling en *in situ* gedoseerde mortels, hebben een meer plastisch karakter indien ze een deel kalk bevatten. De ervaring leert ons dat ze hierdoor minder gevoelig kunnen zijn voor scheurvorming tengevolge van bijvoorbeeld bewegingen in de gevel.

Het esthetische uitzicht van voegen wordt verwezenlijkt door een aangepaste opvoeging met behulp van een mortel van het type 'G' (**geval 1**). Het voegwerk vormt in principe eveneens een bescherming voor de achterliggende metselmortel. Deze opvoeging kan ofwel 'achter de hand' uitgevoerd worden (tijdens het metselen, van zodra de hechting van de stelmortel dit toelaat), hetgeen af te raden valt, ofwel *a posteriori* (men spreekt van 'navoegen'), d.w.z. na het 'afschrapen' van de nog niet volledig verharde stelmortel. De voegmortel moet, na een toereikende wachttijd, steeds voldoende diep aangebracht worden (minstens 10 mm en hoogstens 15 % van de muurdikte (?)). Men kan eventueel gebruik maken van een gepigmenteerde voegmortel (in de massa gekleurd) om het gewenste esthetische effect te bekomen.

4.2.2 METSELWERK MET DUNNE VOEGEN

Metselwerk met dunne voegen (**gevallen 2, 3 en 4**) wordt doorgaans niet opgevoegd aangezien dit in de praktijk onmogelijk is voor voegen dunner dan 8 mm.

Een aandachtspunt is de moeilijkheid om eventuele maatafwijkingen van metselstenen weg te werken. Een specifiek uitvoeringsschema (controle van de dimensionele toleranties) zal dus opgesteld moeten worden vóór de uitvoering.

De verlijmingstechniek voor gevelmetselwerk kende een sterke opmars in België sinds de jaren 2000 (**geval 4**). De mortellijm laag wordt aangebracht met behulp van een pistool, een spuitzak of, eventueel, een truweel om een dikte van 3 tot 6 mm (of 2 tot 7 mm) te verkrijgen. Dit type metselwerk maakt gebruik van mortels die specifiek samengesteld werden om gebruikt te worden met deze dikten, om een verbeterde hechting te creëren en om (doorgaans) sneller de gewenste mechanische eigenschappen te behalen.



Afb. 13, 14 en 15 Voorbeelden van metselwerk uit metselbaksteen.



Afb. 16 Voorbeeld van metselwerk uit betonmetselsteen.



Afb. 17 en 18 Voorbeelden van metselwerk uit metselstenen van natuursteen.

(7) Bovendien is het bij dragend metselwerk niet toegelaten om zonder controle voegen uit te krabben tot op een diepte van meer dan 30 % van de absolute waarde van de gecombineerde dikte van de metselsteen.

Tabel 6 Types en mortelkeuze in functie van het gewenste esthetische resultaat.

Geval	Grootteorde voor de visueel gewenste voegdikte	Verbeterde (doorgaans) gewenste hechtigspres-tatie	Reële dikte van de toegepaste mortel	Te kiezen morteltype	'Courante' benaming van het metselwerk
1	± 10 tot 12 mm	NEE	10 tot 12 mm	G (voor voegen van 10 tot 12 mm ⁽²⁾)	'Traditioneel' (met opvoegen)
2	± 4 mm	NEE	10 tot 12 mm ⁽¹⁾	G (voor voegen van 10 tot 12 mm ⁽²⁾)	'Traditioneel met dunne voegen' (zonder opvoegen)
3	± 4 tot 8 mm	NEE	4 tot 8 mm	G (voor voegen van 4 tot 8 mm ⁽²⁾)	
4	± 3 tot 6 mm (2 tot 7 mm)	JA	3 tot 6 mm (2 tot 7 mm)	T (voor voegen van 3 tot 6 mm ⁽²⁾)	'Gelijmd met dunne voegen' (zonder opvoegen)

Opmerking : in geval 1 en bij metselwerk met dunne voegen van 0,5 tot 3 mm dikte dat beantwoordt aan de vereiste prestaties om een dragende rol te verzekeren (zie tabel 1, p. 1) is het mogelijk om een esthetische rol toe te kennen aan een dragend metselwerk dat van binnenuit zichtbaar is. We willen erop wijzen dat in dit geval de noodzakelijkheid van de luchtdichtheid van de wand aangepaste voorschriften inhoudt meestal onder de vorm van een cementering aan de buitenzijde van de dragende muur (de spouwzijde in het geval van een dubbele muur).

⁽¹⁾ Gebruik van elementen met een specifieke vorm is noodzakelijk (zie afbeelding 19).

⁽²⁾ Met expliciete vermelding dat de reële dikte van de toegepaste mortel geschikt is voor het gebruik (zie technische documentatie van de mortelfabrikant).

De toepasbaarheid van deze techniek is ook afhankelijk van de fabricatietoleranties van de menselementen zoals beschreven in de artikelen 'Gelijmd baksteenmetselwerk' (zie het WTCB-Dossier 2004/4.3, [16]) en 'Het functionele aspect moet primeren' (zie het WTCB-Dossier 2010/1.5, [22]). Indien de opdrachtgever voor een bepaalde metselsteen kiest omwille van het zeer onregelmatige uitzicht (vorm en randen), is het onrealistisch om regelmatige en zeer dun uitgevoerde voegen te eisen.

Onlangs kwamen er mortels voor algemene toepassingen op de markt die speciaal samengesteld zijn voor gebruik in dikten van 4 tot 8 mm (geval 3). Ze worden door de producenten ook 'dunbedmortels' genoemd, wat soms tot verwarring kan leiden.

Nog recenter verschenen er metselstenen met een specifieke vorm op de markt die hetzelfde uitzicht kunnen creëren als een gevelmetselwerk met dunne voegen (± 4 mm). Ze bieden het voordeel dat ze gewoon vermetst kunnen

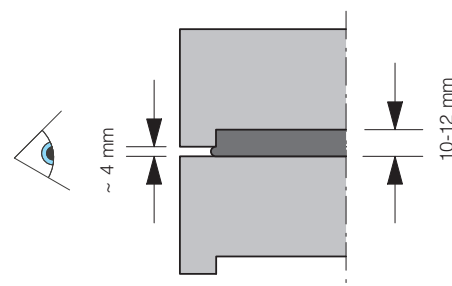
worden met een mortel voor algemene toepassingen – zonder specifieke eigenschappen – die aangebracht wordt in een dikte van 10 tot 12 mm (geval 2).

5 DE TOEKOMSTIGE NORMALISATIE

Bij meerdere gelegenheden hebben we kunnen vaststellen dat er verwarring heerst over de termen 'gelijmd' metselwerk' en metselwerk met 'dunbedmortels'. Vooraleer een morteltype te kiezen dat overeenkomt met de gewenste prestaties (vooral voor dragend metselwerk) of met de gewenste esthetiek (vooral voor gevelmetselwerk), is het echter noodzakelijk dat de beschikbare informatie (normatieve documenten en technische productfiches) duidelijk is.

Het lijkt ons in de toekomst beter om uit te kijken naar benamingen die duidelijker zijn. Net zoals bij de benamingen voor tegelijmen en zoals bij de BENOR-aanpak zouden de morteltypen (met inbegrip van de uitgevoerde dik-

Afb. 19 Voorbeeld van een element met een speciale vorm voor traditioneel metselwerk met dunne voegen.



te) en hun belangrijkste prestaties beschreven kunnen worden aan de hand van tabel 7. Deze benamingen steunen niet meer op de types 'G', 'T' en 'L' met hun ambigue definities en zullen makkelijker bruikbaar zijn in Eurocode 6. In tabel 8 worden enkele concrete voorbeelden weergegeven.

Tabel 7 Voorbeelden van duidelijkere omschrijvingen voor de relevante prestaties in de toekomst

Eigenschappen	Verplichte verklaring voor prestatiemortels		Optionele verklaring voor prestatiemortels	
	Prestatie bij samendrukking Eigenschap 'M'	Dikte van de uitgevoerde mortel Eigenschap 'T'	Hechting Eigenschap 'C' ⁽²⁾	Volumieke massa Eigenschap 'L'
Symbol	Mf_m ⁽¹⁾	$T_{0,5-3} / T_{3-6} / T_{4-8} / T_{8-12} / T_{12-15}$	C	L1, voor $600 \leq \text{volumieke massa} \leq 800 \text{ kg/m}^3$ L2, voor $800 < \text{volumieke massa} \leq 1300 \text{ kg/m}^3$

⁽¹⁾ f_m is de gemiddelde druksterkte van de mortel volgens de norm NBN EN 1015-11 [4].

⁽²⁾ Met vermelding van de aard en groep van de betreffende metselstenen.

Tabel 8 Voorbeelden van benamingen die gebruikt zouden kunnen worden in de toekomst.

Mortel voor algemene toepassingen met $f_m = 15 \text{ N/mm}^2$, zonder bijzondere eigenschap, en waarbij de uitgevoerde nominale dikte gelijk is aan ongeveer 8 tot 12 mm	M15 T_{8-12}
Dunbedmortel met $f_m = 20 \text{ N/mm}^2$, met verbeterde hechting, en waarbij de uitgevoerde nominale dikte gelijk is aan ongeveer 0,5 tot 3 mm	M20 $T_{0,5-3}$ C
Lichtgewicht mortel met een volumieke massa tussen 800 en 1300 kg/m^3 , met $f_m = 5 \text{ N/mm}^2$ en waarbij de uitgevoerde nominale dikte ongeveer gelijk is aan 8 tot 12 mm	M5 T_{8-12} L ₂



6 BESLUIT EN AANBEVELINGEN

We herhalen dat het voor elk morteltype raadzaam is om de gebruiksvorschriften van de fabrikant te volgen (hoeveelheid aanmaakwater, wacht- en aanmaaktijd, dikte en uitvoeringstechniek, 'compatibele' elementen,

klimatologische uitvoeringsomstandigheden, gebruik volgens type, ...) die gebaseerd zijn op de reeds vermelde beschouwingen in dit artikel.

De keuze van een mortel dient genomen te worden afhankelijk van de eigenschappen van

de metselsteen (type, vorm, eigenschappen) en kan bijdragen tot het esthetische aspect en tot de mechanische en thermische prestaties van het metselwerk door middel van zijn eigenschappen (druksterkte, hechting aan de metselsteen, dichtheid), maar eveneens door middel van de uitgevoerde dikte. ■



Afb. 20 Traditioneel metselwerk. Bakstenen (geval 1).



Afb. 21 Traditioneel metselwerk met gepigmenteerde mortel voor de voegen. Bakstenen (geval 1).



Afb. 22 en 23 Traditioneel metselwerk. Betonmetselstenen (geval 1).



Afb. 24 Traditioneel metselwerk. Natuursteen (geval 1).



Afb. 25 Gelijmd metselwerk met dunne voegen. Regelmatige bakstenen (geval 1).



Afb. 26 Traditioneel metselwerk met onregelmatige bakstenen (onrealistisch om hier een specifieke voegdikte of dunne voegen voor te schrijven) (geval 1).



Afb. 27 Gelijmd metselwerk met dunne voegen en onregelmatige bakstenen (onrealistisch om hier een specifieke voegdikte of dunne voegen voor te schrijven).





Afb. 28, 29 en 30 Gelijmd metselwerk met dunne voegen. Bakstenen (geval 4).

Afb. 31 Gelijmd metselwerk met dunne voegen. Natuursteen (geval 4).

LITERATUURLIJST

1. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 998-2 Definities en specificaties voor mortels voor metselwerk. Deel 2 : Metselmortel. Brussel, NBN, 2010.
2. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1015-7 Proeven voor metselmortel. Deel 7 : Bepaling van het luchtgehalte van verse mortel. Brussel, NBN, 1998..
3. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1015-9 Proeven voor metselmortel. Deel 9 : Bepalen van de verwerkbaarheidstijd en verbeteringstijd van verse mortel. Brussel, NBN, 1999.
4. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1015-11 Proeven voor metselmortel. Deel 11 : Bepalen van de buigsterkte en druksterkte van verharde mortel. Brussel, NBN, 1999.
5. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1015-18 Proeven voor metselmortel. Deel 18 : Bepaling van de capillaire waterabsorptie van verharde pleistermortels. Brussel, NBN, 2003.
6. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1052-1 Beproevingmethoden voor metselwerk. Deel 1 : Bepaling van de druksterkte. Brussel, NBN, 1998.
7. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1052-2 Beproevingmethoden voor metselwerk. Deel 2 : Bepalen van de buigsterkte. Brussel, NBN, 1999.
8. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1052-3 Beproevingmethoden voor metselwerk. Deel 3 : Aanvangsschuifsterkte. Brussel, NBN, 2002.
9. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1745 Metselwerk en metselwaren. Bepalen van de rekenwaarden voor warmteverliezen. Brussel, NBN, 2002.
10. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1996-1-1 Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 1-1 : gemeenschappelijke regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk. Brussel, NBN, 2006.
11. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1996-1-1 ANB Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 1-1 : gemeenschappelijke regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk. Nationale Bijlage. Brussel, NBN, 2010.
12. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1996-2 Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 2 : ontwerp, materiaalkeuze en uitvoering van constructies van metselwerk. Brussel, NBN, 2006.
13. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1996-2 AC Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 2 : Ontwerp, materiaalkeuze en uitvoering van constructies van metselwerk. Brussel, NBN, 2009.
14. 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. Brussel, NBN, 2010.



15. Grégoire Y.
Compressive strength of masonry according to Eurocode 6 : a contribution to the study of the influence of shape factors. 7th International Masonry Conference, Londres, 2006.
16. Grégoire Y. en De Bueger C.
'Gelijmd' baksteenmetselwerk. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern nr. 3, 2004.
17. Nationaal Centrum voor wetenschappelijk en technisch Onderzoek der Cementnijverheid
TRA 651 Prestatiemetselmortel volgens NBN EN 998-2 en prestatievoegmortel aanvullend volgens CUR-Aanbeveling 61. Brussel, OCCN, Toepassingsreglement, nr. 651, 2005.
18. Nederlands Normalisatie Instituut
NEN 6790 Technische grondslagen voor bouwconstructies. TGB 1990. Steenconstructies. Basiseisen en bepalingsmethoden. Delft, NEN, 2005.
19. Smits A. en Grégoire Y.
Druksterkte van metselwerk. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 3, Katern nr. 2, 2010.
20. Smits A. en Grégoire Y.
Europese specificaties voor de druksterkte van metselwerkproducten. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern nr. 3, 2009.
21. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
Opvoegen van metselwerk. Brussel, WTCB, Technische Voorlichting, nr. 208, 1998.
22. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
Toleranties in de bouw. Ruwbouw. Het functionele aspect moet primeren. Brussel, WTCB, WTCB-Dossiers, nr.1, Katern nr. 5, 2010.