

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

CIRCULAIRE ECONOMIE :
ONGEBAKKEN AARDE

HERFST 2024

Normalisatie van metselwerkproducten op basis van ongebakken aarde (persstenen, mortel, leempleister)

Aanpassing van Duitse DIN-normen aan de Belgische context; vooruitzichten voor de Belgische normalisatie

Benoit MICHAUX

 **Buildwise**



- ▶ Waarom normalisatie?
- ▶ Overzicht normalisatie voor ‘traditioneel’ metselwerk
- ▶ Positie van ongebakken aarde binnen huidige normalisatie
- ▶ Overzicht voornaamste eigenschappen
 - Metselstenen
 - Metselmortel
 - Beploistering





► **Waarom normalisatie?**

► Artikel Ziegert et al. (2020):

« *The success story of earth building standards in Germany* »

Earth building materials have become a normal and modern choice in German building practice and their use has risen steadily in recent years. A key reason for both these developments is that they are regulated by rules and standards, enabling architects, engineers and artisans to use and specify earth building materials without undue risk. These standardised building materials are now used widely in both new construction and in conservation work.

⇒ **Normalisatie is essentieel voor vertrouwen, transparante markt, kwaliteit**



NORMATIEF KADER EN REFERENTIEDOCUMENTEN

- ▶ **Normatief kader van metselwerk**
- ▶ **Referentiedocumenten voor ongebakken kleiprodukten**

METSELBLOKKEN

METSELMORTELS

BINNENPLEISTERS

UITVOERING



Ontwerp/Uitvoering



Bron: Buildwise

Product



Bron: Wienerberger.be

Bestanddeel



Bron: Indiamart.com

CEN/TC 250 'Eurocode 6'
STS 22 ; TV 208 en TV 271

NBN EN 13914-1/-2
TV 284 (2023) en TV 209 (in herziening)



CEN/TC 125 'Masonry':
NBN EN 771-1 tot -6
NBN EN 998-1/2 (mineraal)
NBN EN 15824 (organisch)
prNBN B 14-003 (klei)



CEN/TC 241 'gypsum and
gypsum based products'
NBN EN 12859 (blokken)
NBN EN 13279-1 (pleister)



CEN/TC 51 'Cement and building limes':
NBN EN 197-1 en NBN EN 413-1 (cement)
NBN EN 459-1 (kalk)



Op 'product' niveau



Bron: warmgreen.nl



Bron: wienerberger.be



Bron: Argibat

	Leemstenen	Leemmetselmortel	Leempleister / Kleipleister
Duitsland	DIN 18945	DIN 18946	DIN 18947
Frankrijk	XP P13-901 (2022)	/	/
België	/	/	prNBN B14-003



NORMATIEF KADER EN REFERENTIEDOCUMENTEN

METSELBLOKKEN

METSELMORTELS
BINNENPLEISTERS
UITVOERING



Tabel 2 Referentiedocumenten met betrekking tot genormaliseerde metselstenen.

Referentie- document	Binnen het toepassingsgebied van de Eurocode 6+ANB						Gipsblok- ken
	Baksteen	Kalk- zandsteen	Beton	Geauto- claveerd cellenbeton	Kunststeen	Natuur- steen	
Productnorm	NBN EN 771-1 [B22]	NBN EN 771-2 [B23]	NBN EN 771-3 [B24]	NBN EN 771-4 [B25]	NBN EN 771-5 [B26]	NBN EN 771-6 [B27]	NBN EN 12859 [B81]
Vrijwillige certificering of attestering (BENOR- of ATG-merk)	PTV 23-002 [B5] PTV 23-003 [B6] BENOR	PTV 21-003 [P3] BENOR	PTV 21-001 [P1] BENOR	PTV 21-002 [P2] BENOR	PTV 21-001 [P1] BENOR	BUtgb-lei- draden (*) ATG	BUtgb-lei- draden ATG
(*) Voor natuursteen kan er een technische goedkeuring ATG afgeleverd worden voor het materiaal, maar niet voor het afgewerkte product.							

BENOR



Overzicht algemene prestaties

► Classificatie

- Toepassingsklassen
- Bestanddelen en productie

► Afmetingen, vorm en uitzicht

- Afmetingen en toleranties
- Vlakheid en evenwijdigheid
- Uitzichtskennmerken
- Perforaties

► Fysische eigenschappen

- Volumieke massa
- Waterabsorptie
- Hygrometrische uitzetting
- Waterdampdiffusieweerstand

► Mechanische eigenschappen

- Druksterkte
- Buigsterkte
- Vervorming onder belasting

► Vorstbestendigheid

► Andere karakteristieken

- Warmtegeleidbaarheid
- Brandreactie
- Oplosbare/schadelijke zouten



Classificatie

► DIN 18945

- Leemsteen – dragend/niet-dragend – DIN – fabricageproces, perforatie, druksterkte, toepassingsklasse – dichtheidsklasse – formaatafkorting

► XP P13-901 (2022)

Method of production	Class	Mech. strength category	Density category	Dimensions (cm)	Stabilisation (% of dry mass)	Normative reference
BTC	CL1	RC 0	M _v 1.4	h × b × l	S x %	XP P13-901
BTE	CL2	RC 1	M _v 1.5			
BTM	CL3	RC 2	M _v 1.6			
	CL4	RC 3	M _v 1.7			
		RC 4	M _v 1.8			
		RC 5	M _v 1.9			
		RC 6	M _v 2.0			
			M _v 2.1			

BTE – CL2 – RC 4 – M_v 2,0 – 5 × 11 × 22 – S 0 % – XP P 13-901

05 Designation scheme for the labelling of unfired earth blocks



Toepassingsdomein

► Toepassingsklassen



Blootstelling	DIN 18945	XP P13-901 (2022)
Buiten metselwerk, zonder bepleistering, blootgesteld	Klasse I a	CL1
Buiten metselwerk, bepleisterd, blootgesteld	Klasse I b	CL2
Beschermd buiten en binnen metselwerk	Klasse II	CL3
Binnen metselwerk, droog (geen mortel)	Klasse III	CL4



Bestanddelen

- ▶ Aarde: grind, zand, silt, klei
- ▶ Bindmiddel: kalk,...
- ▶ Toevoegstoffen: granulaten, vezels, pigmenten,...



Bron: Buildwise

Granulometrie

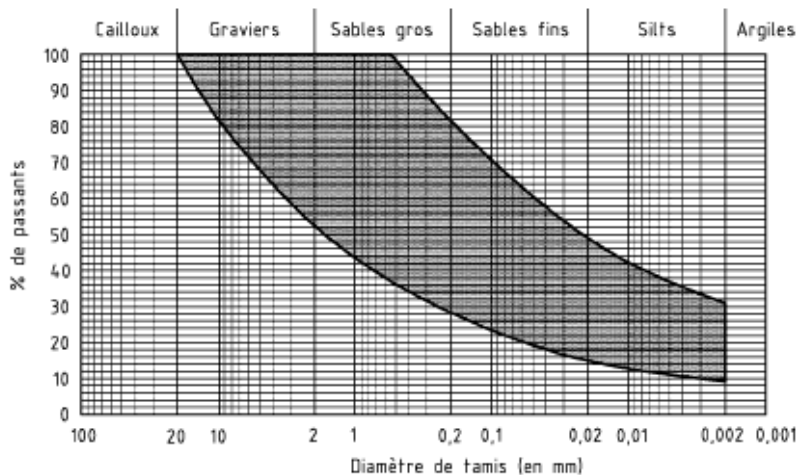


Figure A.1 — Fuseau du diagramme de texture des terres

Bron CRATerre (ISBN 2-9069901-27-X)

Plasticiteit

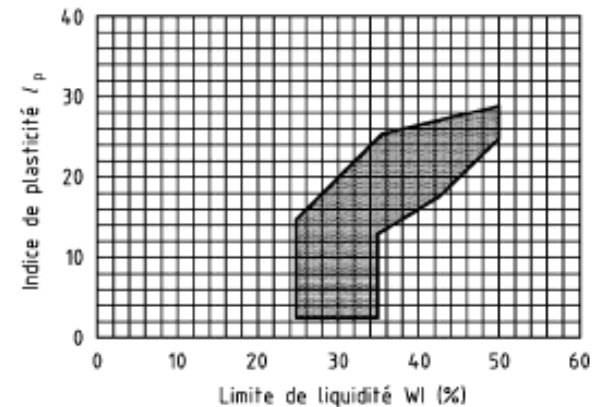


Figure A.2 — Fuseau du diagramme de plasticité des terres

Bron CRATerre (ISBN 2-9069901-27-X)



Afmetingen, vorm en uitzicht

► Afmetingen (l, b, h)

- NBN EN 772-16

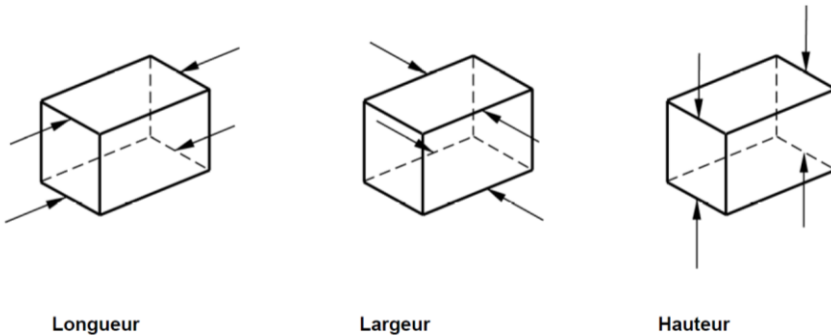


Figure 1 a) — Positions de mesurage

Afmetingen [mm] (DIN 18945)

Lengte (l)	Breedte (b)	Hoogte (h)
240	115 – 365	52 - 238

► Toleranties / Spreiding

Toleranties op afmetingen (XP P13-901)

Gestabiliseerde blokken	+/- 3 mm
Geëxtrudeerde blokken	+/- 3 mm
Niet-gestabiliseerde blokken	+/- 6 mm



Afmetingen, vorm en uitzicht

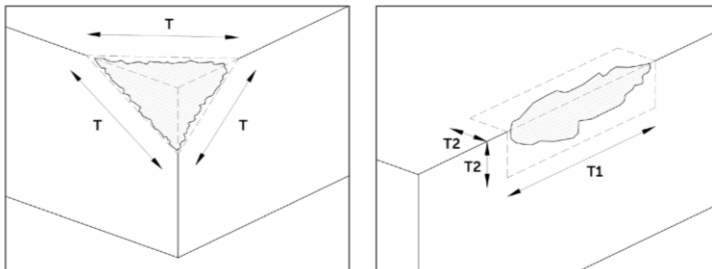
► Onvolkomenheden

- Aanvaarding in overleg tussen de partijen
- Beschadigde stenen: max 5-10%?
- Stenen met gebreken: max 5-10%?



Bron: Buildwise

► Rand- en hoekschade



Bron: Lehm 2020

Table 2: Defect dimensions tolerance

Default location	T	T1	T2
Maximum length allowed (mm)	20	30	5



Fysische eigenschappen

- ▶ **Volumieke massa**
 - Klasse bepaald op basis van afmetigen en gewicht
 - DIN: dragende blokken minstens klasse 1.4
- ▶ **Capillaire waterabsorptie**
- ▶ **Dimensionale stabiliteit (krimp-zwelling)**
- ▶ **Waterdampdiffusieweerstand**



Vocht- en vorstbestendigheid

⇒ **Vaak niet vocht- en vorstbestendig**

- ▶ Onderdompeling in water (massaverlies)
- ▶ Contact met vochtige doek (scheurvorming, zwelling)
- ▶ Vorst-dooi cycli

Table 4: Durability tests and application classes

Class	Immersion Test (Mass loss in %)	Contact test	Freeze/thaw cycles (# of cycles)
CL1	≤ 5	No cracks, or defect due to swelling observed	≥ 15
CL2	≤ 5	No cracks, or defect due to swelling observed	≥ 5
CL3	≤ 20	No cracks, or defect due to swelling observed	Not required
CL4	Not required	Not required	Not required

Bron: Lehm 2020



Mechanische eigenschappen

- Druksterkte
 - Categorie I of II
 - Gemiddelde druksterkte f_{mean} (EN 772-1)
 - Karakteristieke druksterkte f_c
 - Genormaliseerde druksterkte f_b

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

δ : vormfactor

δ_c : conditioneringsfactor

DIN 18945

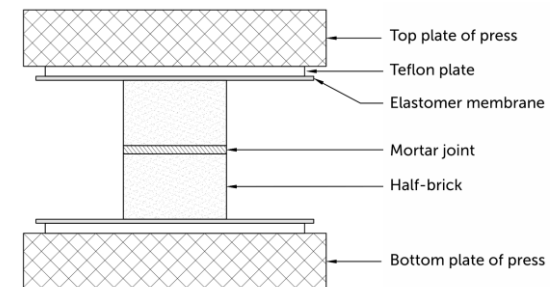
Tabelle 7 — Druckfestigkeitsklassen von Lehmsteinen

	1	2	3
	Druckfestigkeitsklasse	Druckfestigkeit f_{st} N/mm ²	
		Mittelwert	Kleinster Einzelwert
1	2	2,5	2,0
2	3	3,8	3,0
3	4	5,0	4,0
4	5	6,3	5,0
5	6	7,5	6,0

XP P13-901 (2022)

Table 3: Categories of compressive strength

Compressive strength category	RC 0	RC 1	RC 2	RC 3	RC 4	RC 5	RC 6
Minimal compressive strength (N/mm ²)	<1	1	2	3	4	5	≥ 6

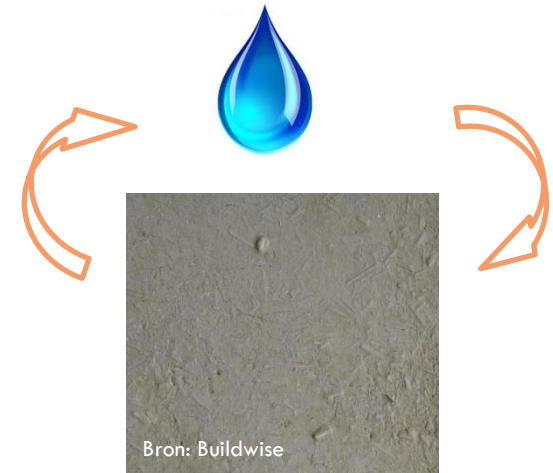


Bron: Lehm 2020



Vochtregulerend vermogen

- ▶ Waterdamp adsorptie (bij 80% RV)
- ▶ Sorptie-desorptie curve (EN ISO 12571)
- ▶ Moisture Buffer Value ('MBV')
 - Maat voor hygrische inertie
 - Functie van sorptie-desorptie curve en μ



NORMATIEF KADER EN REFERENTIEDOCUMENTEN
METSELBLOKKEN
METSELMORTELS

BINNENPLEISTERS
UITVOERING



Bron: wienerberger.be



Bron: buildwise.be



Samenstelling

- Klei, silt, zand, eventueel bindmiddel (vb kalk)
- Toevoegstoffen (vb vezels)

Poeder / aardvochtig

Verse mortel

- Aanmaakprocedure (water, rusttijd)

	Consistentie [mm]	Volumemassa verse mortel [kg/m ³]
NBN EN 1015-2 (mineraal)	175 ± 10	> 1200
	160 ± 10	> 600 en ≤ 1200
DIN 18946 (klei)	175 ± 5	



Voornaamste prestaties

Eigenschap	NBN EN 998-2 Minerale (cement-kalk) metselmortel	DIN 18946 Metselmortel op basis van klei
Volumemassa	Gedeclareerde waarde	Dichtheidsklassen: 0.9 tot 2.2 (= 900 tot 2200 kg/m ³) Dragend metselwerk: min klasse 1.6
Sterkteklasse: Druksterkte	M 1 : 1 N/mm ² M 2.5 : 2.5 N/mm ² M 5 : 5 N/mm ² M 10 : 10 N/mm ² Etc	M 0: - M 2 : 2.0 N/mm ² M 3 : 3.0 N/mm ² M 4 : N/mm ² Dragend metselwerk: min M2
Buigtreksterkte	Gedeclareerde waarde	/
Hechtsterkte bij afschuiving (blok-mortel) (EN 1052-3) ~dragend metselwerk	≥ 0.15 N/mm ² of gedeclareerde waarde	≥ 0.04 N/mm ²
Kruisproef (B14-221)		



Duurzaamheid – indien buitentoepassing

- ▶ Capillarie waterabsorptie
- ▶ Vorstweerstand
 - Baseren op praktijkervaring
 - Geen genormaliseerde testmethode, gebrek aan richtlijnen
- ▶ Opdeling blootstelling metselwerk:
 - Streng: verzadiging door water in combinatie met vorst-dooi cycli
 - Matig: blootstelling aan vocht en vorst-dooi cycli
 - Passief: niet blootgesteld aan vocht en vorst



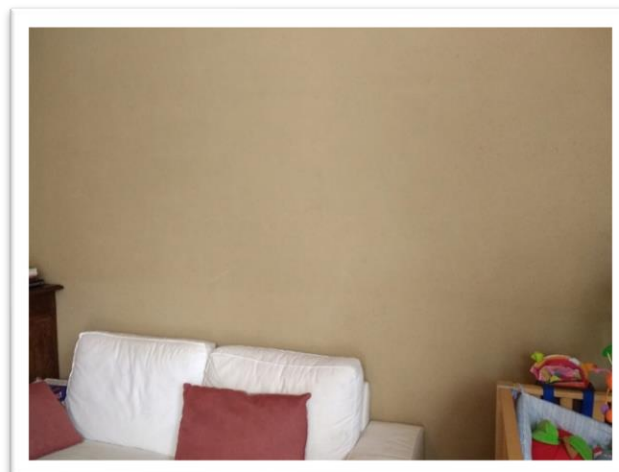
NORMATIEF KADER EN REFERENTIEDOCUMENTEN

METSELBLOKKEN

METSELMORTELS

BINNENPLEISTERS

UITVOERING



Bron: Peter Steen & co



Bron: Argibat



Bron: Peter Steen & co



Samenstelling

- Klei, silt, zand, eventueel bindmiddel (vb kalk)
- Toevoegstoffen (vb vezels)

Poeder / aardvochtig

Verse mortel

- Aanmaakprocedure (water, rusttijd)

	Consistentie [mm]	Volumemassa verse mortel [kg/m ³]
NBN EN 1015-2 (mineraal)	175 ± 10	> 1200
	160 ± 10	> 600 en ≤ 1200
NBN EN 13279-2 (Gips)	Manueel 160 ± 5 Machine 165 ± 5	/
DIN 18947 (klei)	175 ± 5	(1900-2100)
NBN B14-003	Niet gespecificeerd	



Bron: Buildwise



Bron: Buildwise



Bron: Buildwise



Bron: Buildwise



Overzicht essentiële prestaties

Essentiële eigenschappen voor binnenpleisters op basis van gips, minerale of organische bindmiddelen ^(*).

Pleistertype	Gipspleisters	Minerale pleisters	Organische pleisters
Referentienorm	NBN EN 13279-1 [2]	NBN EN 998-1 [1] ^(*)	NBN EN 15824 [5] ^(*)
Afkorting	- B1-B2-B3: gipspleisters, gipskalkpleisters - B4-B5-B6: lichtgewicht pleisters - B7: pleisters met verbeterde oppervlaktehardheid - C1: vezelversterkte pleisters - C2: pleistermortels - C3: akoestisch verbeterde pleisters - C4: thermisch isolerende pleisters - C5: brandbeschermende pleisters - C6: dunlagige pleisters (3 - 6 mm) - C7: afwerkingspleisters (0,1 - 3 mm)	- GP: mortels voor algemene toepassingen - LW: lichtgewicht mortels - CR: gekleurde mortels - OC: eenlagige mortels voor buitentoepassingen - R: renovatiemortels - T: thermisch isolerende mortels	–
Initiële bindingstijd	- Manueel aangebrachte pleister: > 20 minuten - Spuitleisters: > 50 minuten	–	–
Buigsterkte	$\geq 1,0 \text{ N/mm}^2$	–	–
Druksterkte	$\geq 2,0 \text{ N/mm}^2$	CS I tot CS IV	–
Hechtsterkte	De breuk dient op te treden in het pleister of in de ondergrond. Indien de breuk optreedt aan het grensvlak, dient de hechtsterkte groter te zijn dan of gelijk te zijn aan $0,1 \text{ N/mm}^2$.	De hechtsterkte dient groter te zijn dan of gelijk te zijn aan de gedeclareerde waarde. Het breukvlak dient vermeld te worden.	$\geq 0,3 \text{ N/mm}^2$
Brandreactie	A1, tenzij het gehalte aan organisch materiaal $\geq 1 \%$ (beproeving en classificatie volgens de norm NBN EN 13501-1 [3])		

^(*) Er kunnen bijkomende prestaties vereist worden indien dit relevant is voor de toepassing (bv. thermische geleidbaarheid, oppervlaktehardheid, akoestische prestaties).
^(*) Enkel de prestaties voor binnentoepassingen werden in rekening gebracht.



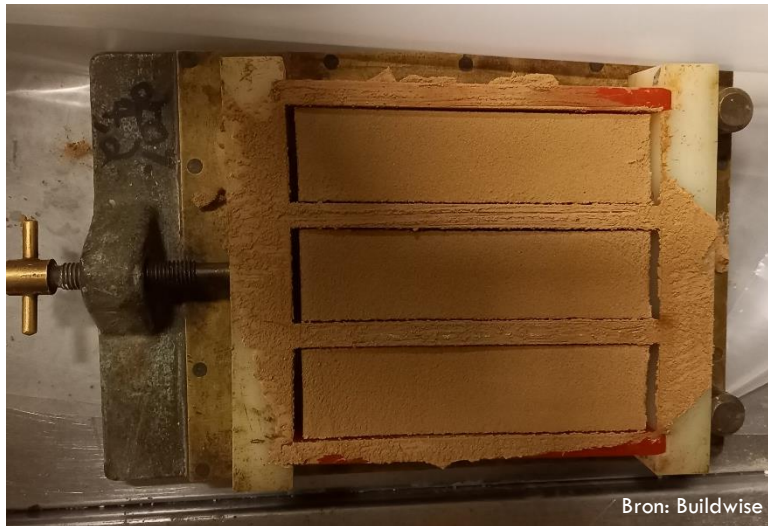
Uitgeharde mortel

► Krimp

- DIN & NBN: max 2% (vezelversterkte 3-4%)

► Volumemassa

- Gedecclareerde waarde
- DIN Klassen: 0.9 tot 2.2 (900 tot 2200 kg/m³)
- Lichte mortel: < 1200-1300 kg/m³



Mechanische sterkte

	Druksterkte	Buigsterkte	Hechtsterkte	Afslijting
Minerale pleister NBN EN 998-1 (cement-kalk)	Classificatie CS I : 0.4 à 2.5 N/mm ² CS II : 1.5 à 5.0 N/mm ² CS III: 3.5 à 7.5 N/mm ² CS IV: ≥ 6 N/mm ²	/	≥ gedeclareerde waarde + breukvlak	/
Gipspleister NBN EN 13279-1	≥ 2.0 N/mm ²	≥ 1.0 N/mm ²	Cohesief of ≥ 1.0 N/mm ²	/
Kleipleister DIN 18947	Klasse S1 ≥ 1.0 N/mm ²	≥ 0.3 N/mm ²	≥ 0.05 N/mm ²	≥ 1.5 g
	Klasse S2 ≥ 1.5 N/mm ²	≥ 0.7 N/mm ²	≥ 0.10 N/mm ²	≥ 0.7 g
Kleipleister prNBN B14-003	≥ 1.0 N/mm ²	≥ 0.3 N/mm ²	≥ 0.05 N/mm ²	Afh. Van toepassing



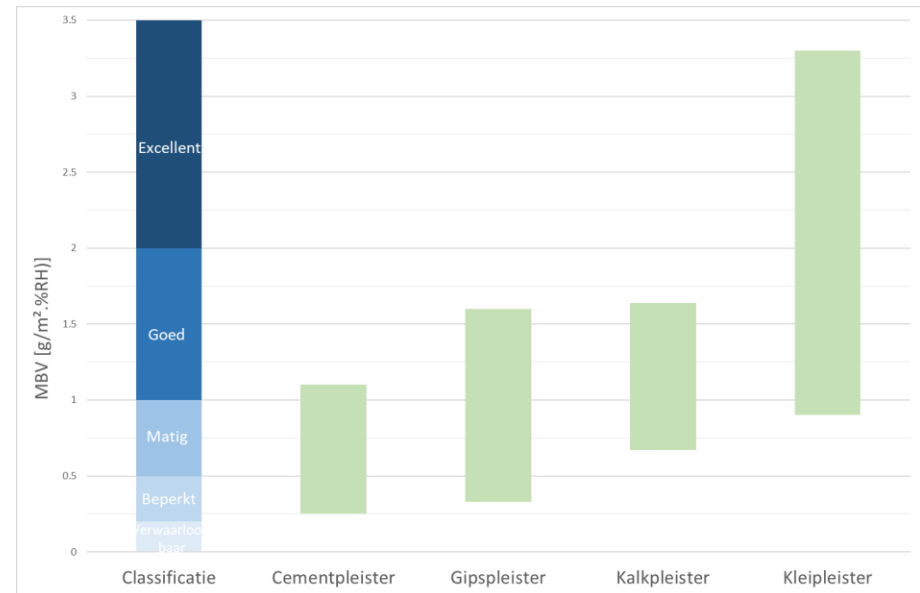
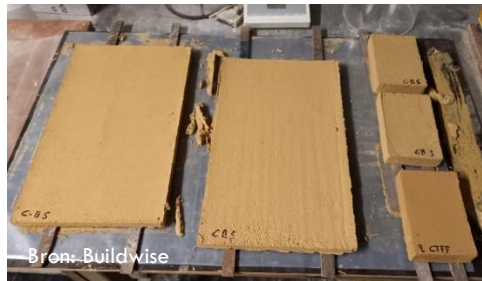
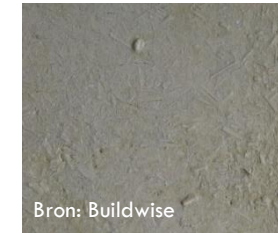
Andere prestaties

- ▶ Waterdampdiffusieweerstand
- ▶ Duurzaamheid : gevoeligheid voor vocht
- ▶ Slijtweerstand
- ▶ Brandgedrag
 - A1 indien max 1.0 % organisch materiaal



Vochtregulerend effect

- ▶ Waterdampadsorptie bij 80% RV (DIN)
- ▶ Sorptie-desorptie curve (EN ISO 12571)
- ▶ Moisture Buffer Value



NORMATIEF KADER EN REFERENTIEDOCUMENTEN

METSELBLOKKEN

METSELMORTELS

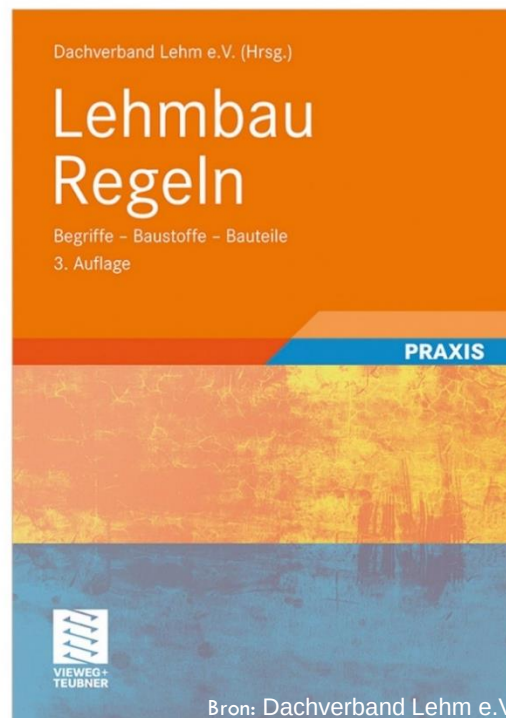
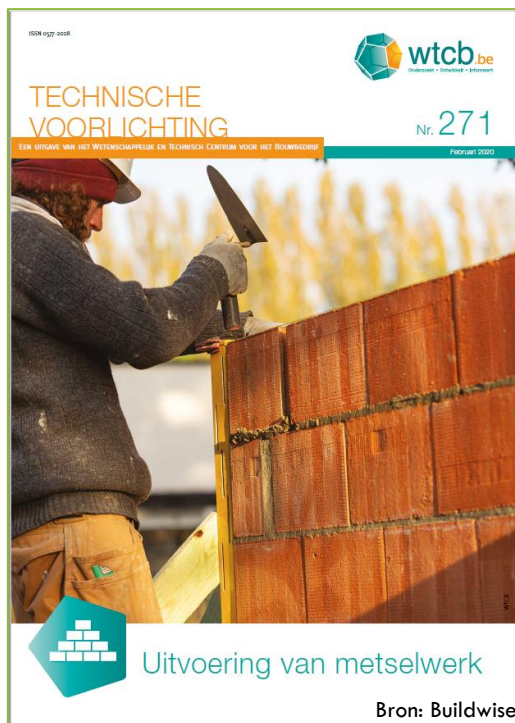
BINNENPLEISTERS

UITVOERING



Metselwerk

- ▶ Eurocode 6 (NBN EN 1996-2 ANB) – dragend metselwerk
- ▶ STS 22 ‘Metselwerk voor laagbouw’ (4 delen)
- ▶ WTCB TV 271 ‘Uitvoering van metselwerk’
- ▶ Dachverband lehm “Lehmbau Regeln”
- ▶ Voornorm DIN 18940.



Bron: Argibat



Metselwerk : voornaamste mechanische prestaties

- ▶ Dragend metselwerk
- ▶ **Druksterkte**

⇒ **Druksterkte metselwerk < druksterkte metselsteen**

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$$

met
 K, α, β : nationale parameters
 f_b : genormaliseerde druksterkte van steen
 f_m : gemiddelde druksterkte van mortel

DIN (voornorm DIN 18940)

- ▶ **Buigsterkte**
 - Karakteristieke buigsterktes f_{xk1} en f_{xk2}
 - Tabelwaarden Eurocode 6 ANB
ifv type metselsteen en mortel
- ▶ **Afschuifsterkte**
 - Karakteristieke afschuifsterkte f_{vk}
 - Tabelwaarden NBN EN 998-2 of Eurocode 6



Bron: Buildwise





Bepleistering

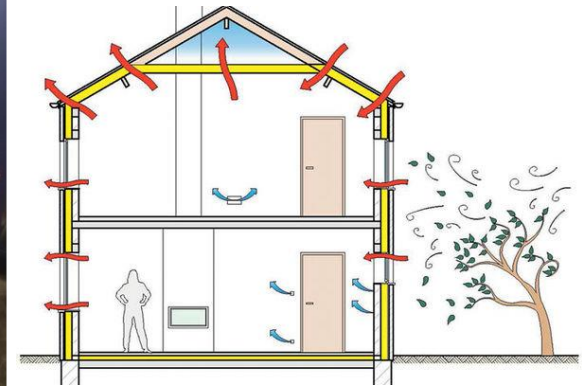
- ▶ NBN EN 13914-2 : uitvoeringsnorm voor binnenpleisters
 - www.nbn.be
 - Vertaald naar het NL
- ▶ WTCB TV *Binnenbepleisteringen* (2022)

⇒ Ook voor kleipleisters

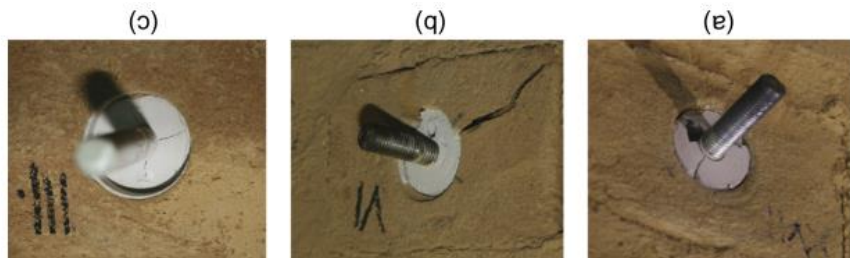
- ▶ WTCB-Dossiers n° 2021/4.5 “*Het gebruik van leempleisters als binnenafwerking*”



Prestaties op gebouwniveau



Bron: Buildwise TV255

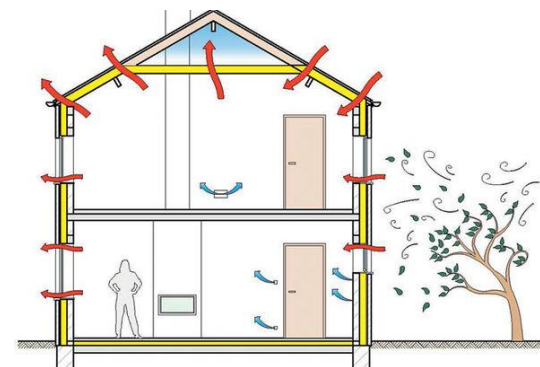


Bron: Buildwise

Bron: <https://doi.org/10.1002/dama.201500669>



Prestaties op gebouwniveau : luchtdichtheid



Bron: Buildwise TV255

WTCB - TV 255

**Goede luchtdichtheid =
max 0.1 m³/(h.m²) bij 50 Pa drukverschil**

Extrapolatie naar muren:

- ▶ Metselwerk met bakstenen of leemstenen: 0.2 tot 50 m³/(h.m²)

⇒ **Metselwerk niet voldoende luchtdicht**

- ▶ Kleipleister op metselwerk :

- Criterium 0.1 m³/(h.m²) : dikte 20-25 mm
- Criterium 0.3 m²/(h.m²) : dikte 10-12 mm

⇒ **Voldoende luchtdicht**

⇒ **Voorwaarden: geen scheuren > 0.2 mm en aandacht voor de aansluitingen**





- ▶ Normalisatie is essentieel voor vertrouwen, transparante markt en kwaliteit
 - ▶ Normalisatie van
 - leemstenen
 - leemmetselmortel
 - leem/kleipleister
- 



- ▶ Ontwerp – uitvoering: testen nodig voor opstellen tabelwaarden voor ongebakken klei producten  (in voorbereiding)
 - ▶ Aandacht voor vochtgevoeligheid en slijtweerstand
 - ⇒ **Toepassingsdomein, uitvoeringswijze**





Uw partner voor
innovatie, bouw 4.0 en
duurzaam bouwen



Neem dan vandaag nog contact op met “C-Tech”, uw WTCB-partner met:

- een groot **multidisciplinair** team van experts
- jarenlange **ervaring** op de **werf** en in **onderzoek**
- een uitgebreid **regionaal én internationaal** netwerk

om uw innovatief idee of nieuwe praktijk **in alle vertrouwelijkheid te concretiseren!**



Wenst u gebruik te maken van deze gratis ondersteuning? Bel of mail ons dan vandaag nog!



C-TECH c/o WTCB
Technologische Dienstverlening
«Duurzaam Bouwen» Brussel
Dieudonné Lefèvrestraat 17
1020 Brussel



Telefoonnummer: 02 655 77 11
E-mail: c-tech.brussels@bbri.be
www.c-tech.brussels



Benoit MICHAUX

Manager - Unit Building Envelope & Finishing

Buildwise

 + 32 02 655 7711

 benoit.michaux@buildwise.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

De syllabi die uitgedeeld worden bij uiteenzettingen die gegeven worden door Buildwise maken geen onderdeel uit van de officiële publicatiereeksen van Buildwise en mogen dus niet als referentie gebruikt worden. De, zelf gedeeltelijke, verdeling of vertaling van deze documenten is enkel toegestaan met toestemming van Buildwise.

