



Inleiding

Deze Léémsteen Gids heeft tot doel betrouwbare informatie te verstrekken aan de bouwprofessional (architect, ingenieur, aannemer) over het onderwerp van het metselen met stenen van Léém. Als zodanig hebben wij – de auteurs van de coöperatieve BC materials – ervoor gekozen om uitvoerig «op de schouders van reuzen te staan»: de kennis en richtlijnen die in de secties 1, 3, 4 en 5 worden vermeld, zijn afkomstig uit referenties van twee van de meest ervaren leembouwgemeenschappen: de Franse en de Duitse gemeenschap. Het Franse netwerk is opgebouwd rond het universitaire onderzoeksinstituut CRAterre, en breidt zich uit naar organisaties zoals Cycle-terre, Amaco, ENTPE, CSTB. Het Duitse netwerk is opgebouwd rond het Dachverband Lehmbau, met experts zoals Dr.-Ing Horst Schröder, Dr.-Ing Christof Ziegert, en nationale regelgeving zoals DIN-normen en het EPD-kader.

Deze Léémsteen Gids is dan ook een compilatie van de meest recente onderzoekspublicaties, technische goedkeuringen en normen in Duitsland en Frankrijk, geüpdatet met specifiek extra onderzoek en ervaring door BC materials en Buildwise in de Benelux-context. We hebben geprobeerd zoveel mogelijk aan te geven uit welke referentie we bepaalde specifieke informatie hebben gehaald, door de referentie te vermelden in de zijkolom in de tekst, en door de volledige bibliografie toe te voegen in hoofdstuk 6. We zijn specifiek in wie we bedanken voor wat voor soort bijdrage in ons dankwoordgedeelte aan het einde van deze gids.

We hopen duidelijk te hebben gemaakt hoe deze gids tot stand is gekomen vanuit de Europese gedachte om leembouwexpertise te delen. We hopen dat deze Léémsteen Gids u zal helpen en zo de leembouwsector in de Benelux verder zal doen groeien.

Samenvatting

Inleiding

3

1. Léémstenen voor binnenmuren

9

1.1 Wat is een Léémsteen? 10

1.2 Het productieproces van een Léémsteen 11

1.2.1 Secundaire en primaire grondstoffen 11

1.2.2 Voorbereiding van grondstoffen 11

1.2.3 Vormen of persen van stenen 12

1.2.5 verpakking en transport 13

1.3 Ongebakken : Zijn Léémstenen stevig genoeg ? 14

1.4 Zijn Léémstenen waterbestendig ? 14

1.5 Waarom 2 types stenen en 3 types mortel ? 15

1.5.1 Muurtypologieën 15

1.5.2 De juiste steen op de juiste plaats : wat met Léémstenen en hun alternatieven op de markt vandaag ? 18

1.5.3 De juiste Léémsteen op de juiste plaats: hoe kiezen ? 19

1.6 Hoe zit het met de impact op het milieu? 20

1.7 Normenkader en kwaliteitsgarantie 21

2. Eigenschappen & designaties

23

2.1 Designatie van Léémstenen 24

2.2 Designatie of fysische eigenschappen van Léém (Lijm)mortel 28

2.3 Fysische eigenschappen van Léém metselwerk 29

2.3.1 Metselwerk met Léém Vormstenen 29

2.3.1 Metselwerk met Léém Persstenen 29

2.3.3 Extra: Lineaire thermische uitzettingscoëfficiënt 30

3. Ontwerprichtlijnen	33
3.1 Algemene principes	34
3.2 Toepassingsgebied	34
3.2.1 Toepassingsklassen	34
3.2.2 Toepasbare dimensioneringsnorm voor draagmuren	36
3.3 Vochthuishouding	36
3.3.1 Bescherming tegen water in het lopende deel van de muur	36
3.3.2 Vochtbeheersing aan de muurvoet	38
3.3.3 Bescherming in vochtige ruimtes	39
3.3.4 Hygrothermisch ontwerp voor buitenmuren	40
3.4 Zettingen en krimp	42
3.4.1 Verticale en differentiele zettingen, horizontale krimp	42
3.4.2 Structurele voegen	43
3.4.3 Richtlijnen voor structurele vervormingen	45
3.4.4 Vervorming van vloeren en lintels	45
3.5 Slankheid	46
3.6 Verstijving	47
3.7 Lastenafdraging	49
3.8 Lateien	49
3.9 Ringbalk voor dragend metselwerk	50
3.10 Verbindingen	51
3.10.1 Verbindingen tussen dragende muren	51
3.10.2 verbindingen tussen niet-dragende wanden en de draagstructuur : U-vormig profiel	52
3.10.3 Verbindingen tussen niet-dragende wand en de draagstructuur : centrale rib	53
3.10.4. Verbindingen tussen niet-dragende wanden en de draagstructuur : verankering	53
3.10.5 Verbindingen met schrijnwerk	60

3.11 Hoeken	61
3.12 Akoestische wanden	62
3.12.1 Algemene principes	62
3.12.2 (Reken)waardes van akoestische isolatie van wanden	64
3.12.3 Akoestische isolatie tussen woningen	65
3.13 Luchtdichtheid	65
3.14 Binnenspouwbladopbouw	66
3.4.1 Case A: Binnenspouwblad-invulmetselwerk binnen een draagstructuur.	66
3.14.2 Case B: Invulmetselwerk als voorzetwand van een dragend buitengevelsysteem.	67
3.14.3 Case C: Dragend geïsoleerd binnenspouwblad	68
3.14.4 Hygrometrische validatie van deze cases	68
3.14.5 Dimensionering van de luchtpouw in deze cases	68
3.15 Bevestigen van zware lasten	69
3.16 Bescherming tegen abrasie	69
3.17 Gaten en nissen in de muur	69

4. Uitvoeringsrichtlijnen	71
4.1 Voorbereiding en werfcondities	72
4.2 Plaatsingsrichtlijnen	76
4.2.1 10mm voegen met Léém Mortel	76
4.2.2 10mm voegen met bastaardmortel en Léém Additief	77
4.2.3 1-3mm dunvoegen met Léém Lijmmortel	77
4.2.4 Snelheid van opbouw en van droging	77
4.3 Uitvoeringstoleranties	80
4.4 Afwerkingen en behandelingen	80

5. Bouwdetails	83
5.1 Algemene bouwdetails voor alle muurtypes	84
5.2 Bouwdetails voor dragende muren	86
5.3 Bouwdetails voor niet-dragende muren	87
6. Bibliografie	117
7. Erkenningen en credits	119

1.

Léémstenen voor binnenmuren



Duizenden jaren lang heeft de mens gebouwd met wat binnen handbereik en in overvloed was: aarde. Door aarde samen te persen tot stenen en er muren van te maken, konden mensen hun schuilplaatsen bouwen. Na verloop van tijd, vooral aan het einde van de 18e eeuw, ontdekten we de voordelen van fossiele energie en veranderden we ongebakken aarde al snel in gebakken bakstenen. En vandaag ontdekken we de negatieve gevolgen van het intensieve gebruik van fossiele brandstoffen.

Wij geloven dat we, door terug te gaan naar het ongebakken materiaal aarde en deze up te daten met kennis en technologie van de toekomst, de enorme koolstofvoetafdruk van de bouwsector kunnen verminderen en de levenskwaliteit van binnenruimtes voor veel mensen kunnen verbeteren.

1.1 Wat is een Léémsteen?

Léémstenen zijn rechthoekige bouwmaterialen gemaakt van uitgegraven aarde, bestaande uit klei, slib, zand en grind. Klei is het belangrijkste bindmiddel. Het vormgevingsproces is bepalend voor het type leemsteen:

- **Léém Perssteen:** een vochtige aardemengeling wordt samengeperst door middel van mechanische kracht en trillingen in een proces van «vibrocompactie» (gewoonlijk gedaan door machines om betonblokken te maken). De leemstenen worden vervolgens uitgehard en aan de lucht gedroogd bij omgevingstemperaturen.
- **Léém Vormsteen:** een plastische aardemengeling wordt in een mal gegleden en vervolgens ontkist (gewoonlijk gedaan door machines om bakstenen te vormen). De stenen worden vervolgens «technisch» gedroogd in droogkamers met recuperatiewarmte tot 80°C.

Deze Léémstenen kunnen worden gemetseld met 3 verschillende mortelsoorten om als dus als metselwerk ingezet te worden: Léém Mortel, Léém Lijmmortel of een bastaardmortel met Léém Additief.

Soms worden aan leemstenen extra ingrediënten toegevoegd om bepaalde eigenschappen en prestaties te verkrijgen. Als deze extra ingrediënten niet significant bijdragen aan de waterbestendigheid van leemstenen, worden ze additieven genoemd. Als ze wel aanzienlijk bijdragen aan de waterbestendigheid van leemstenen, worden ze stabilisatoren genoemd.

Momenteel biedt BC Materials de Léém Vormsteen aan, een ruwe leemsteen zonder additieven of stabilisatoren, evenals de Léém Perssteen, een leemsteen dewelke gestabiliseerd is met 3,85% (gewicht) cement.



Léém Perssteen



Léém Vormsteen

1.2 Het productieproces van een Léémsteen

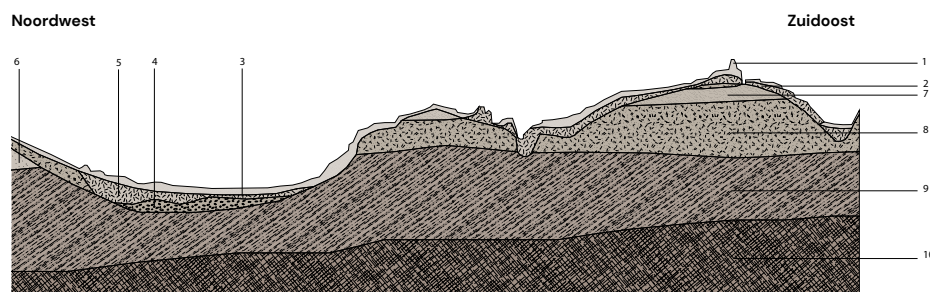
1.2.1 Secundaire en primaire grondstoffen

Secundaire grondstoffen zoals uitgegraven aarde en/of minerale reststromen zijn afkomstig van bouwvervals en tijdelijke opslagplaatsen. Deze grondstoffen zijn vrij van vervuiling volgens de wettelijk vereiste drempels van OVAM Vlaanderen en Brussel Leefmilieu, en volgens extra vervuilingssparameters van BC Materials. In totaal worden meer dan 40 parameters gecontroleerd. Dit garandeert dat de grondstoffen van Léém vrij zijn van PCB, PFC, asbest, lood, zware metalen, vlamvertragers, ftalaten en isocyanaten.

Voor sommige bouwtechnieken worden gedolven primaire grondstoffen toegevoegd in de minimaal noodzakelijke hoeveelheden, zoals specifieke klei en zand.

Quatenaire

1. Oppervlakkige formaties
2. Helling slib
3. Alluviale klei
4. Alluviale zanden en grind
5. Alluviale slib Tertiair
6. Asschlen (klei en zand)
7. Lediaan (zand en zandstenen)
8. Bruxellien (ontkalkte zanden en kalk- en zandstenen)
9. Ypresiaan (kleiige zanden en klei)
10. Landenien (zand, slib en klei)



Geologische doorsnede van Brussel

1.2.2 Voorbereiding van grondstoffen

BC Materials droogt, zeft en mengt grondstoffen volgens gecontroleerde recepten, en oefent kwaliteitscontrole uit. Deze gemengde hoeveelheden worden vervolgens als Léém voormengel (premix) aan partners geleverd.



Voormengsels



Léém voormengel laden



Voormengel bij productiepartner



Installatie van mal



Controle van de Léém Steen



Léém Perssteen na vibrocompactie

1.2.3 Vormen of persen van stenen

Deze Léém voormengsels komen bij de productiepartners terecht via een proces van «industriële coworking»: ze worden door elektrische machines in hun rechthoekige vorm gegoten als Léém Vormsteen (bij Vande Moortel Oudenaarde) of geperst als Léém Perssteen (bij Claesen Beton, Lummen).



De stenen worden verplaatst naar de droogkamer



Droogkamer in atmosferische condities

1.2.4 Droogproces

Léém Vormstenen worden 3 dagen aan de lucht gedroogd met behulp van gerecupereerde warmte van steenovens. Léém Persstenen worden gedurende 10 dagen uitgehard in onverwarmde, niet-geventileerde kamers.



Palletiseren



Verpakking



Naar opslag

1.2.5 verpakking en transport

De Léémstenen zijn gepalletiseerd, verpakt en gelabeld in recycleerbaar plastic en klaar om naar de bouwplaats te vertrekken.



Opslag



Laden voor transport



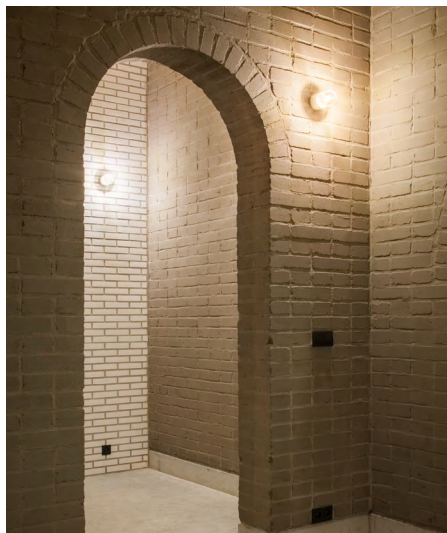
Vastzetten van pallets voor transport

1.3 Ongebakken : Zijn Léémstenen stevig genoeg ?

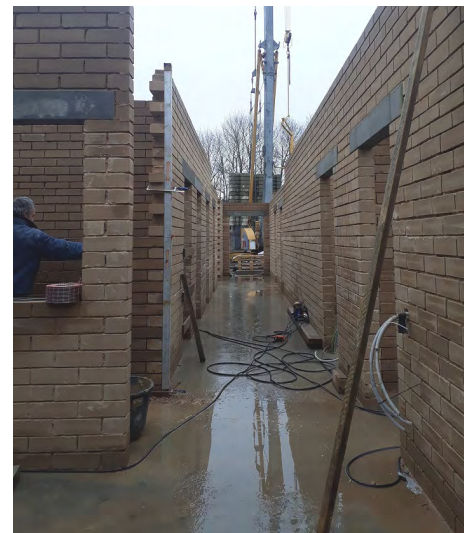
[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse
en terre crue

De Léém Vormsteen gebruikt uitsluitend klei om silt, zand en grind te binden. De droge druksterkte is minimaal 4MPa. Omdat klei het enige bindmiddel is, zijn deze stenen gevoelig voor sterkteverlies wanneer het watergehalte van de stenen toeneemt. Bovendien zijn de bindende krachten van de klei omkeerbaar, wat betekent dat ze ongedaan kunnen worden door water; de Léém Vormsteen wordt weer aarde. In een ontwerp waarbij rekening wordt gehouden met deze eigenschappen, kunnen Léém Vormstenen gebruikt worden voor dragend binnenmetselwerk van 13 meter hoog [8] (p.5) . Dus ja, Léémstenen zijn stevig.

De Léém Perssteen heeft een andere productietechniek en een extra ingrediënt - 3,85% (gewicht) cement - om deze waterbestendiger en nog sterker te maken: minimaal 9 MPa. Aangezien deze gestabiliseerde stenen sterker zijn, kunnen ze worden gebruikt voor dragend metselwerk van minstens 13 m hoog, of hoger na constructieberekeningen door een gekwalificeerd ingenieur.



Dragend metselwerk met Léém Persstenen



Waterbestendigheid van Léém Perssteen

1.4 Zijn Léémstenen waterbestendig ?

Het metselwerk met Léém Vormstenen en Persstenen kan worden gebruikt voor alle bestaande binnenmuren (inclusief binnenspouwblad), zowel in droge als in natte ruimtes (zoals badkamers, keukens, ...). Als principe worden de metselwerkwallen van Léém door een goed ontwerp en een goed beheer van de bouwplaats beschermd tegen rechtstreeks contact met water, zoals condensatie, regen, opstijgend vocht, spatwater, lekken, enz.

Het metselwerk met Léém Persstenen is ook geschikt voor een bijkomende toepassing, omdat het over het algemeen beter bestand is tegen water:

- Buitengebruik beschermd tegen regen
- Binnengebruik met af en toe spatwater (zoals plinten met schoonmaakwater)

1.5 Waarom 2 types stenen en 3 types mortel ?

De combinatie van 2 soorten stenen en 3 soorten mortels in het gamma van Léém maakt het mogelijk om alle typologieën van binnenmetselwerk te ontwerpen en uit te voeren (zie punt 1.4.1) en koolstofintensieve alternatieven die momenteel op de markt zijn te vervangen (zie punt 1.4.2).

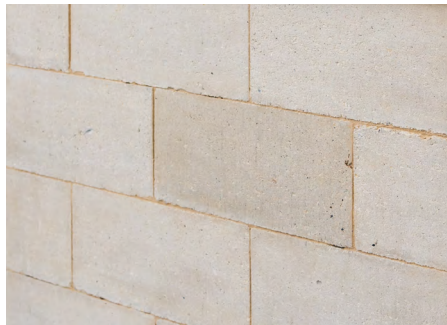
De Léém Vormstenen bevatten geen additieven of stabilisatoren en bestaan voornamelijk uit uitgegraven aarde van bouwplaatsen. Het is ons meest ecologische en circulaire gamma van stenen, terwijl het ook een ambachtelijke uitstraling biedt door zijn textuur en kleur.

De Léém Persstenen gebruiken 3,85% (gewicht) cement als stabilisator en is waterbestendiger, akoestischer, brandbestendiger en sterker. De uitstraling is meer industrieel en strak door zijn aspect en kleur.

Léém Mortel wordt gebruikt voor het metselen van zowel Léém Vormstenen als Persstenen met voegen van 10 mm.

Léém Lijmmortel wordt gebruikt voor het metselen zowel Léém Vormstenen als Persstenen met voegen van 1–3 mm.

Een bastaardmortel (op basis van kalk en cement) met Léém Additief kan worden gebruikt voor het metselen van de Léém Persstenen met 10 mm voegen in uitzonderlijk veeleisende omstandigheden.



Léém Perssteen metselwerk



Léém Vormsteen metselwerk

1.5.1 Muurtypologieën

In de tabel hieronder categoriseren we de muurtypologieën om duidelijk te definiëren waar metselwerk met Léém Vormstenen en Léém Persstenen kan worden gebruikt. Hier volgen enkele algemene principes:

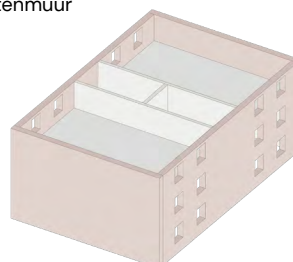
- Zowel Léém Vormstenen als Persstenen zijn bedoeld voor metselwerk dat beschermd is tegen weersinvloeden en capillair opstijgend water; buitengevels en ondergrondse muren zijn dus niet mogelijk.
- Zowel Léém Vormstenen als Persstenen kunnen worden gebruikt voor zowel dragende als niet-dragende toepassingen, zowel in de gebouwschil als in het interieurplan.
- Léém Persstenen in dragend metselwerk vereisen een bastaardmortel met Léém Additief of een Léém lijmmortel.
- Léém Vormstenen kunnen alleen worden gemetseld met Léém Mortel of Léém Lijmmortel (en dus niet met bastaardmortel).

Muurtypes met Léémstenen

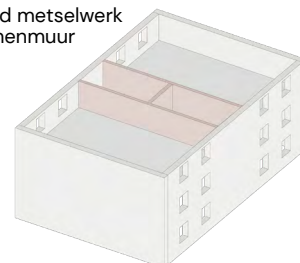
	DRAGEND	
	Dragend metselwerk	
	Buitenmuur	Binnenmuur
Kenmerken		
zichtbaar	✓	✓
ziet zichtbaar	✓	✓
Beschermd van weersomstandigheden	✓ (Geïsoleerde buitenmuur en binnenspouwblad)	✓
Blootgesteld aan weersomstandigheden		
ondergronds		
bovengronds	✓	✓
invulling		
onafhankelijk	✓	✓
dubbel		
verdubbeld	✓	✓
brandweerstand	✓	✓
akoestische prestatie	✓	✓
Welk systeem van metselwerk ?		
Léém Mortel (10 mm)	Léém Vormsteen	
Léém Lijmmortel (1-3 mm)		
Bastaardmortel met Additief van Léém (10mm)		

* : alleen voor Léém Perssteen met bastaardmortel met Léém Additief, en te e

Dragend metselwerk als buitenmuur



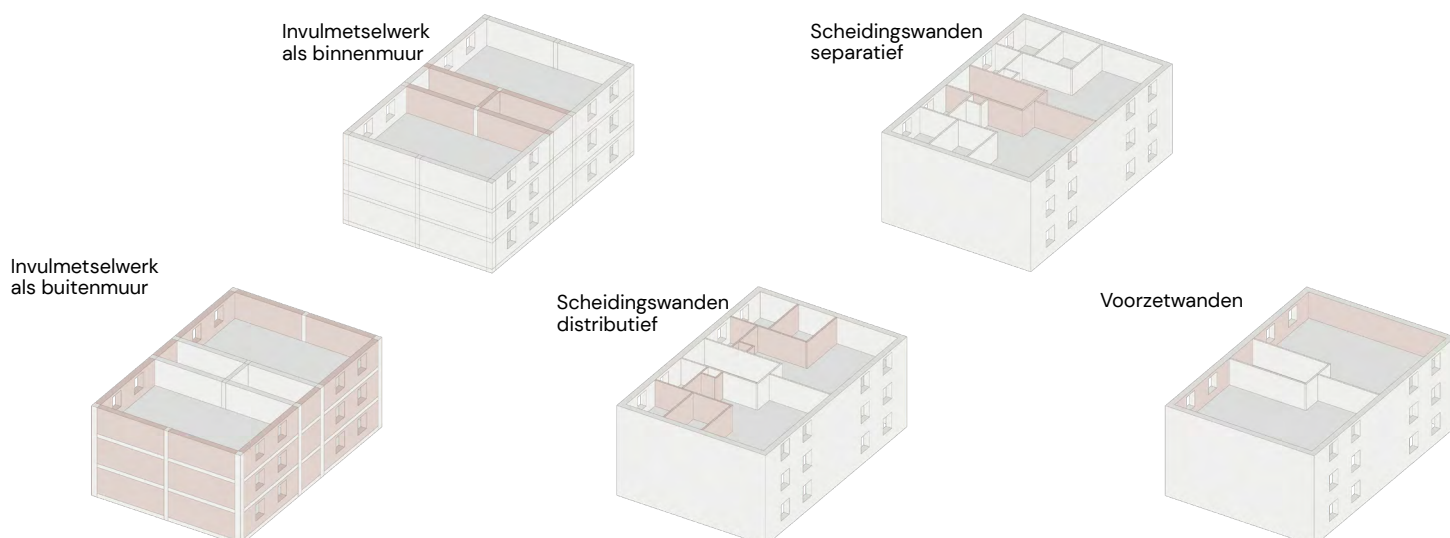
Dragend metselwerk als binnenmuur



NIET-DRAGEND					
Invulmetselwerk binnen een (niet-)dragend kader		Scheidingswanden		Voorzetwanden	
Buitenmuur	Binnenmuur	Distributief	Separatief		
✓	✓	✓	✓		✓
✓	✓	✓	✓		✓
✓ (binnenspouwblad)	✓ (Invulmetselwerk)	✓	✓		✓
✓	✓	✓	✓		✓
✓	✓	✓	✓		
		✓	✓		
✓	✓		✓		
✓	✓		✓		
✓	✓		✓		
			Brandmuur		
		✓	Woningscheid. wand		

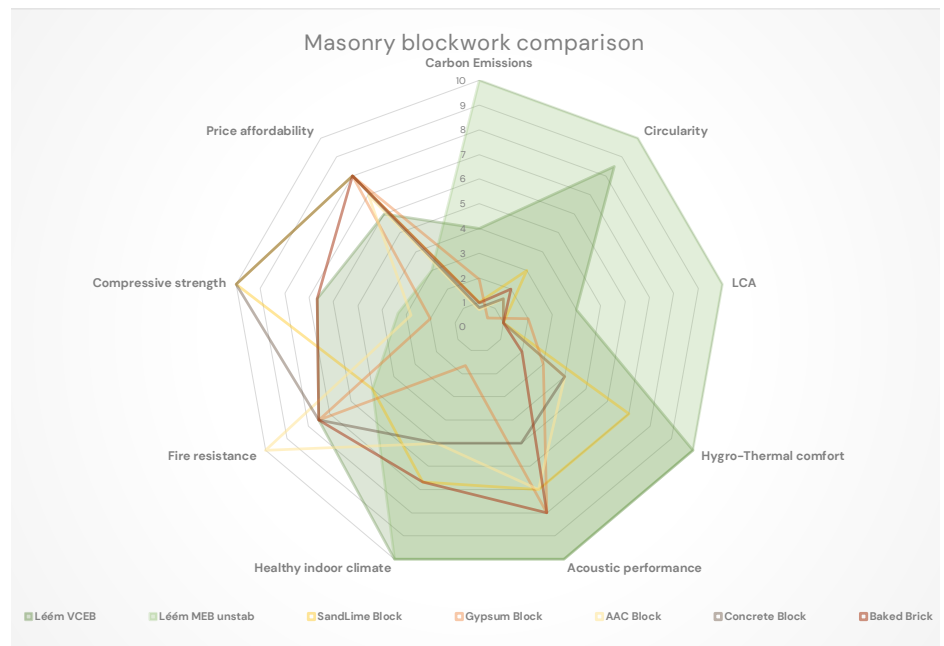
Léém Perssteen
Léém Vormsteen en Perssteen
Léém Perssteen

evalueren per project



1.5.2 De juiste steen op de juiste plaats : wat met Léémstenen en hun alternatieven op de markt vandaag ?

Bij het ontwerpen en bouwen van gebouwen volgt BC Materials het motto «het juiste materiaal op de juiste plaats». Ons voorstel voor het Léém gamma komt voort uit de overtuiging dat veel koolstofintensieve bouwmaterialen kunnen worden vervangen door niet-gebakken leembouwmaterialen met goede technische prestaties en economische voordelen, terwijl ze ongeëvenaarde voordelen bieden voor milieu-impact en een gezond binnenklimaat. Laten we de Léém Vormstenen en Léém Persstenen vergelijken met de huidige koolstofintensieve alternatieven op de standaardmarkt.



Vergelijking van Léémstenen met huidige marktalternatieven (per m2 metselwerk)

Alle gegevens zijn gebaseerd op kwantitatieve gegevens van derden, proportioneel omgezet in een schaal tussen 0 en 10 – behalve voor circulariteit en gezondheid, dewelke een kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling is op basis van End-Of-Life scenario's en binnenklimaatonderzoek.

Het radardiagram laat zien dat Léém Vormstenen en Léém Persstenen buitengewoon goed presteren op het gebied van circulariteit, milieu-impact, koolstofemissies, hygrothermisch comfort, akoestiek en brandwerendheid, terwijl ze middelmatig presteren op het gebied van druksterkte en betaalbaarheid. Er moet worden vermeld dat de betaalbaarheid in de toekomst zal veranderen zodra de kosten in verband met koolstofemissies, afvalbeheer en milieu-impact worden geïntegreerd in de te betalen economische prijzen.

1.5.3 De juiste Léémsteen op de juiste plaats: hoe kiezen ?

Met zijn 2 soorten stenen en 3 soorten mortel biedt het Léém gamma 5 metselwerksystemen aan. Om hiervan een te kiezen, zijn overwegingen zoals materiaal- en plaatsingskosten, opbouwsnelheid, werfbeheer, ... nodig. Hieronder volgt een samenvatting die kan helpen om te kiezen welk metselwerkstelsysteem waar moet worden gebruikt.

Hier volgen enkele algemene principes:

- Léém Vormstenen zijn ecologisch en duurder en vereisen meer werfbeheer (met betrekking tot water op de werf en transportbreuk).
- Léém Persstenen zijn performanter en goedkoper en vereisen minder werfbeheer.

Vergelijking van Léémstenen metselwerk

	Léém Vormstenen		Léém Persstenen		
	Léémmortel 10mm	Léém Lijmmortel 1-3mm	Léémmortel 10mm	Léém Lijmmortel 1-3mm	Bastaardmortel met Léém additief 10mm
Kenmerken					
Stabilisatie (wt.)	-	-	3,85% van de stenen	3,85% van de stenen	3,85% + bastaardmortel
Gemaakt van lokale grondstoffen	+++	+++	++	++	+
Gemaakt van secundaire grondstoffen	+++	+++	++	++	+
Vochtregulatie	+++	+++	++	++	++
Thermische inertie	++	++	+++	+++	+++
Akoestisch	++	++	+++	+++	+++
Brandweerstand	++	++	+++	+++	+++
Esthetische mogelijkheden	+++	+++	+++	+++	++
Milieu-impact	+++	+++	++	++	++
Koolstofemissies	+++	+++	++	++	++
Ontwerp					
stenen/m2	59 - 79	67 - 94	24	26	24
Mortel% van metselwerk (volume)	16,7 - 22,5%	5,7% - 8%	16,7 - 22,5%	3,0%	9,12%
Prijs / m2 materiaal	65-113 €	74 - 142 €	58 - 60 €	49 - 63 €	51-54 € *
Prijs / m2 transport	4-7 €	4-6 €	6 - 10 €	6 - 8 €	5 - 8 € *
Prijs / m2 uitvoering	60 - 80 €	50 - 70 €	40 - 60 €	30 - 45 €	40 - 60 €
Prijs / m2 totaal	129 - 200 €	128 - 218 €	104 - 130 €	85 - 116 €	96 - 122 €
dragend	(ja)	(ja)	(ja)	ja	ja
*excl. bastaardmortel					
uitvoering					
Verwachte transportbreuk	< 5%	< 5%	< 2%	< 2%	< 2%
Verwacht steenverlies / mortelverlies	4% / 10%	4% / 10%	4% / 10%	4% / 4%	4% / 10%
Opbouwsnelheid in m2 / h / persoon		-20%		-40%	
Maximaal metsellagen per dag	12	12	12-15	12-15	12-15
Droogtijd voor verder metselwerk	7 dagen	3 dagen	7 dagen	3 dagen	1 dagen
Gemak van demontage	+++	++	+++	++	+
Gemak van afvalbeheer	+++	++	++	++	+
Werkbeheer	Bescherming tegen water aan bovenkant muur, -voet en -wand	Bescherming tegen water aan bovenkant muur, -voet en -wand	Bescherming tegen water aan bovenkant muur en muurwand	Bescherming tegen water aan bovenkant muur	Bescherming tegen water aan bovenkant muur

1.6 Hoe zit het met de impact op het milieu?

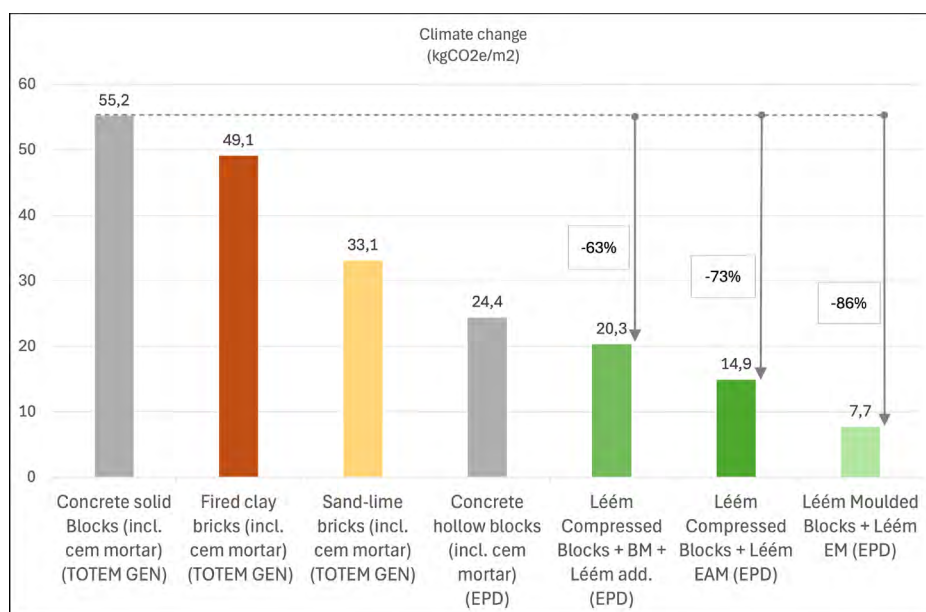
[27] TOTEM v2025.2.4

Léém streeft ernaar minimaal bewerkte materialen aan te bieden van geologische oorsprong, die gerecycleerd en bovendien recycleerbaar zijn (zie paragraaf 1.2). Dit om (onder andere) hun impact op het milieu zo laag mogelijk te houden. Zo geldt dus ook voor onze metselstenen.

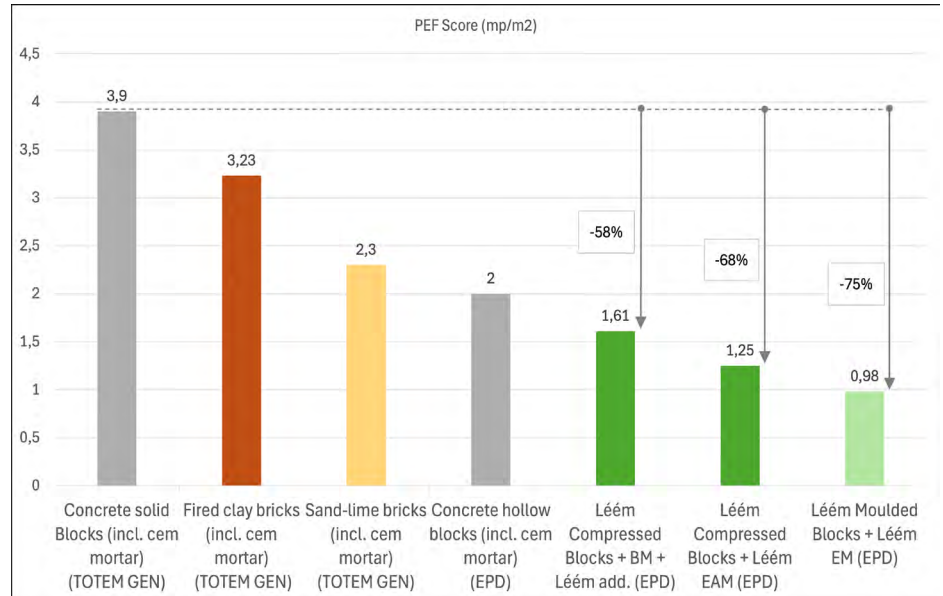
Om zo transparant mogelijk te zijn, en zoals beschreven in de Algemene Gids van Léém (paragraaf 2) hebben we een levenscyclusanalyse conform EN 15804 van onze metselwerk-producten uitgevoerd. Deze gestandaardiseerde wetenschappelijke aanpak maakt het mogelijk om greenwashing te voorkomen en zo feitelijk mogelijke informatie te verstrekken.

In de bouwsector is de belangrijkste indicator voor de milieu-impact het aardopwarmingsvermogen (GWP). Léémsteen metselwerk stoot **tussen 5,3 en 27,6 kg CO₂eq per m²** uit. Dit is een groot reikwijdte, maar hangt ook af van een heleboel factoren zoals de densiteit van de blokken, op welke wijze ze geproduceerd zijn (gevormd of geperst), de dikte, en vooral welke mortel gebruikt is. Zo hoort de minimum CO₂-waarde bij een Léém Vormsteen van 7,7 cm dikte, gemetst met Léém Mortel. De maximumwaarde geldt dan weer voor een Léém Perssteen van 19 cm dik, gemetst met bastaardmortel en Léém Additief.

We hebben deze resultaten naast die van andere gangbare metselwerk-systemen gelegd, dewelke we hebben genomen uit de TOTEM-database [27]. Uit de resultaten blijkt dat metselwerk van Léém persstenen **tussen 20% en 86% minder broeikasgassen** uitstoot dan de gangbare alternatieven op de markt. In deze vergelijking is echter nog niet naar alle **functies van de muursystemen** gekeken. Het metselwerk van Léém heeft namelijk akoestische en thermo/hygro-regulerende eigenschappen die de alternatieven mogelijks niet hebben. Een meer diepgaand onderzoek is lopende.



Deze **verminderde milieu-impact** in vergelijking met de alternatieven op de markt wordt ook bevestigd door de Europese PEF (Product Environmental Footprint) geaggregeerde score in millipunten. Deze score geeft niet enkel de klimaatopwarming in CO₂-afdruk weer, maar ook 12 andere impacten op het milieu zoals bodemverzuring, watergebruik, ozonlaag aantasting etc... Onderstaande figuur toont zo een totale milieu-impact van Léém metselwerk, tussen 20% en 75% lager dan traditionele alternatieven.



1.7 Normenkader en kwaliteitsgarantie

[26] Agrément technique

Er zijn momenteel geen Europese geharmoniseerde normen (EN) voor leemstenen, leemsteenmetselwerk noch leemmortel. Er zijn echter wel normen voor leemstenen in Duitsland en Frankrijk (DIN18945 en AFNOR XP P13-901) en er is een norm voor leemmortel in Duitsland (DIN18946). BC Materials verklaart de prestaties van de Léém Vormsteen, Léém Perssteen en Léém (Lijm)mortel op zijn technische fiches volgens deze DIN- en AFNOR-normen.

Voor de berekening van dragend leemsteenmetselwerk is in Duitsland een norm uitgegeven (DIN18940) die in wezen leemsteenmetselwerk berekent volgens de Eurocode 6-norm (EN1996-1-1 Ontwerp van metselwerkconstructies) met enkele materiaalspecifieke uitzonderingen.

Naast deze bestaande Duitse en Franse normen zal BC Materials een door een derde partij gecertificeerde ATG aanvragen voor (niet-)dragend binnenmetselwerk van Léém.

Kwaliteitscontrole van de productie van Léémstenen en Léém Mortels gebeurt volgens DIN18945, DIN18946 en de mogelijke extra specificaties die in een ATG worden vermeld.

Deze normen, de certificering door derden en het gestandaardiseerde protocol voor kwaliteitscontrole bieden de (ver)zek(er)heid van het bouwen met de metselwerksystemen van Léém voor al uw projecten.

2. Eigenschappen & designaties

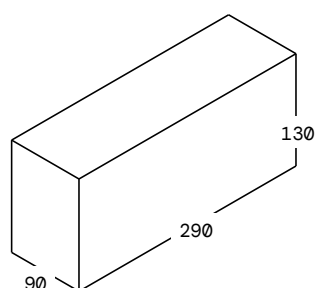


2.1 Designatie van Léémstenen

Voor volledige informatie over de fysische eigenschappen van Léémstenen verwijzen wij naar de Technische Fiches te downloaden op www.leem.works. In dit gedeelte presenteren we het algemene classificatiesysteem voor Léémstenen zoals voorgesteld door de Franse norm XP P13-901 en de Duitse norm DIN18945. Deze classificatie op basis van fysische eigenschappen wordt uitgedrukt door één regel tekst: de designatie. Hier is die voor alle Léémstenen:

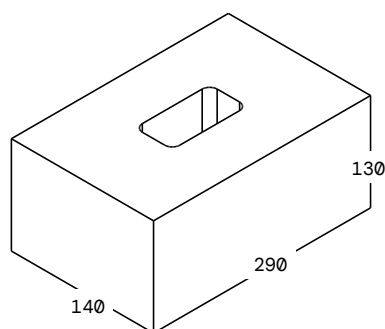
Perssteen CEB_90 :

BTC- CL1 – RC 7 – Mv 2,0 – 90 × 290 × 130 – S 3,85% CEM III 42,5 – XP P 13-901



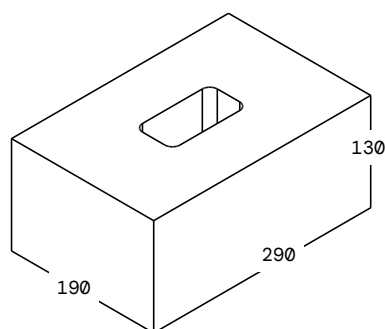
Perssteen CEB_140 :

BTC- CL1 – RC 7 – Mv 1,8 – 140 × 290 × 130 – S 3,85% CEM III 42,5 – XP P 13-901



Perssteen CEB_190 :

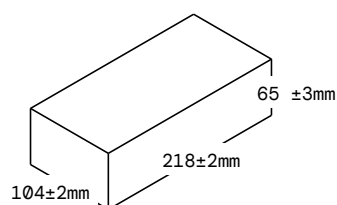
BTC- CL1 – RC 7 – Mv 1,8 – 190 × 290 × 130 – S 3,85% CEM III 42,5 – XP P 13-901



Vormsteen MEB_b :

BTM – CL3 – RC 2 – Mv 1,8 – 6,5x10,5x21,8 – XP P 13-901

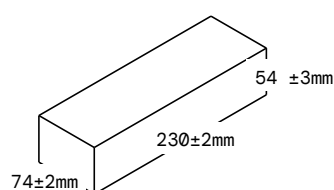
Lehmstein (LS) – tragend – DIN 18945 – f 2 – II – 1,8 – 6,5x10,5x21,8



Vormsteen MEB_o :

BTM – CL3 – RC 1 – Mv 1,8 – 5,7x7,8x23,8 – XP P 13-901

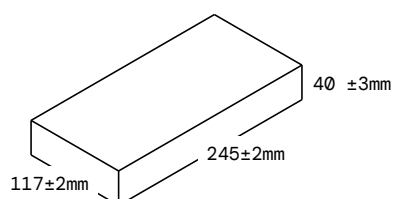
Lehmstein (LS) – nichttragend – DIN 18945 – f 1 – II – 1,8 – 5,7x7,8x23,80



Vormsteen MEB_c :

BTM – CL3 – RC 1 – Mv 1,8 – 3,8x12,0x25,0 – XP P 13-901

Lehmstein (LS) – nichttragend – DIN 18945 – f 1 – II – 1,8 – 3,8x12,0x25,0



De designatie volgens de Franse en Duitse normen omvat de volgende informatie:

Productiemethode: dit geeft informatie over hoe het blok aarde is gevormd

- Gevormd (BTM – Bloc de Terre Moulée = f – Formgeschlagen Lehmstein)
- Geperst (BTC – Bloc de Terre Compressée = p – Formgepresste Lehmstein)
- Geëxtrudeerd (BTE – Bloc de Terre Extrudée = s – Stranggepresste Lehmstein)

Toepassingsklasse: dit geeft de omstandigheden aan waarbij een leemsteen kan worden gebruikt, gebaseerd op een aantal vocht- en vorsttesten. Terwijl de Franse norm onbeschermd buitenmetselwerk (CL1) toestaat, staat de Duitse norm maximaal alleen beschermd buitenmetselwerk toe (AK Ia). Dit komt overeen met het feit dat de Franse norm stabilisatie toestaat, terwijl de Duitse norm dat niet doet.

De codes voor de toepassingsklassen worden hieronder samengevat:

- CL1: Niet-beschermd buitenmetselwerk onderhevig aan weersinvloeden. Deze klasse bestaat niet in de Duitse normen.
- CL2 = AK Ia + AK Ib: Beschermd buitenmetselwerk onderhevig aan weersinvloeden. (De Duitse toepassingsklasse AK Ia is meer gedetailleerd: Gepleisterd gevelmetselwerk in een houtskelet).
- CL3 = AK II: Beschermd geïsoleerd buitenmetselwerk, en binnenmetselwerk.
- CL4 = AK III: Droge binnentoepassingen, zonder mortel (zoals vloervulling, of drooggestapelde invulwanden, enz.)

Sterkteklasse: geeft een indicatie van de druksterkte van de leemsteen. De Franse norm is eenvoudiger omdat de sterkteklassen rechtstreeks de gemiddelde waarde van de druksterkte (MPa) van de stenen aangeven. De Duitse norm is minder eenvoudig omdat deze hogere drempels stelt voor de gemiddelde druksterkte (bijv. 3,8 MPa voor «Drukfestigheidsklasse 3»), wat resulteert in een niet-intuïtieve overeenkomst van sterkteklassen tussen de Franse en Duitse normen.

- RCO/1/2/3/4/5/6: blokken met een gemiddelde sterkte van 0/1/2/3/4/5/6 MPa.
- Druckfestigheidsklasse 2/3/4/5/6: blokken met een minimale sterkte van 2/3/4/5/6 MPa en een gemiddelde sterkte van 2,5/3,8/5,0/6,3/7,5 MPa.

Dichtheidsklasse: deze klasse geeft een indicatie van de bruto dichtheid van het steen. De Franse norm rondt naar beneden af, terwijl de Duitse norm naar boven afrondt, wat resulteert in een niet-intuïtieve overeenkomst van dichtheidsklassen tussen de Franse en Duitse normen.

- Mv1.4 – Mv2.1: dichtheid tussen 1400 kg/m³ en 2199 kg/m³, naar beneden afgerond op de dichtstbijzijnde honderd kg/m³.
- Rohdichteklasse 0.5 – 2.2: een dichtheid tussen 501 kg/m³ en 2200 kg/m³, naar boven afgerond op het dichtstbijzijnde (twee)honderd kg/m³.

Afmetingen: deze geven de afmetingen van de leemsteen in cm aan.

Stabilisatiemethode: de Franse norm voorziet in aangegeven stabilisatie, terwijl de Duitse norm stabilisatie niet toelaat. In de Franse norm wordt het gewichtsperscentage stabilisatie in een totale mix van 100% aangegeven, evenals het type stabilisator.

Dragend of niet-dragend: Alleen de Duitse norm geeft aan of een steen kan worden gebruikt in (niet)dragende toepassingen. De vereiste klassen zijn AK Ib of II, minimaal Rohdichteklasse 1.4, minimaal Druckfestigheidsklasse 2

Standaardreferenties: XP P13–901 in Frankrijk en DIN 18945 in Duitsland.

De tabel hiernaast geeft een overzicht van het classificatiesysteem voor de Franse en Duitse normen.

Vergelijking tussen Franse en Duitse benamingssystemen voor aardblokken: XP P13-901 en DIN18945

Bereidingswijze		Toepassingsklasse		Weerstandsklasse		Dichtheidsklasse		Afmetingen (cm)		Stabilisatiemethode		Vervoerder of niet		Normatieve referentie	
Mode de Fabrication	Herstellingsverfaren	Classe d'application	Anwendungsklassen	Catégorie de résistance à la compression	Druckfestigkeitsklasse	Catégorie de masse volumique	Rohdichteklasse	Dimensions (cm)	Abmessungen (cm)	Stabilisation (% de la masse sèche)	Stabilisierung	Pas de designation	tragend nichttragend	Référence normative	Normreferenz
BTC	p	CL1	/	RC 0		/	0,5	h x l x L	h x l x L	% de stab- ilisateur	Norm nicht gültig			XP P13-901	DIN18945
BTE	s	CL2	Ia	RC 1	2		0,6								
BTM	f		Ib	RC 2	3		0,7								
		CL3	II	RC 3			0,8								
		CL4	III	RC 4			0,9								
				RC 5	4		1								
				RC 6	5		1,2								
							1,4								
						Mv 1,4									
						Mv 1,5	1,6								
						Mv 1,6									
						Mv 1,7	1,8								
						Mv 1,8									
						Mv 1,9	2								
						Mv 2,0									
						Mv 2,1	2,2								

2.2 Designatie of fysische eigenschappen van Léém (Lijm)mortel

Léém biedt 3 soorten metselmortel:

- Léém Mortel (productcode EB-EM): standaard leemmortel voor voegen van 10 mm
- Léém Lijmmortel (productcode EB-EAM): leemmortel voor voegen van 2–3 mm met hogere hechtsterkte.
- Léém Additief voor bastaardmortel (productcode EB-EA): leemadditief toe te voegen aan een M10 bastaardmortel voor voegen van 10mm in waterbestendig leemsteen metselwerk.

Voor de volledige fysische eigenschappen van Léém Mortel, Léém Lijmmortel en Léém Additief voor bastaardmortel verwijzen we naar de Technische Fiches te downloaden op www.leem.works.

In dit gedeelte presenteren we het algemene classificatiesysteem voor leemmortels zoals voorgesteld door de Duitse norm DIN18946. Deze algemene classificatie op basis van fysische eigenschappen wordt uitgedrukt in één regel tekst: de designatie. Alleen Léém Mortel heeft een benaming op basis van DIN18946. Léém Lijmmortel en Léém Additief voor bastaardmortel hebben geen designatie, omdat ze niet binnen het toepassingsgebied van de DIN18946-markering vallen.

Hier volgt de aanduiding van Léém aardmortel (productcode EB-EM) volgens DIN 18946:

Lehmmauermörtel (LMM) – DIN 18946 –O/2 (f) – M2,5 – 2,0

De volgende informatie is opgenomen:

Type product : LMM = Lehmmauermörtel = aardmortel

Referentienorm: DIN 18946.

Korrelgroottegroep: De korrelgroottegroep «O/2mm» bevat tussen 85 en 99% korrels met een grootte ≤ 2 mm, terwijl tussen 95% en 100% een grootte ≤ 4 mm heeft. De eventuele toevoeging van de letter «f» duidt op de aanwezigheid van vezels in het leemmortelrecept.

Sterkteklasse: dit geeft een indicatie van de druksterkte van de mortel, getest volgens DIN18946. De letter M geeft aan dat het een (leem)mortel betreft.

Dichtheidsklasse: geeft een indicatie van de dichtheid van de leemmortel.
— Rohdichteklasse O,9 – 2,2: De metselmortels die onder deze norm vallen, hebben een dichtheid tussen 901 kg/m³ en 2200 kg/m³, naar boven afgerond op (twee) honderd kg/m³.

Léém Lijmmortel (productcode EB-EAM) en Léém Additief voor bastaardmortel (productcode EB-EA) worden gekarakteriseerd volgens de norm EN1015. Ze hebben geen designatie, en hun fysische eigenschappen kunnen rechtstreeks worden afgelezen op hun respectieve Technische Fiches te downloaden op leem.works.

2.3 Fysische eigenschappen van Léém metselwerk

In sectie 1.4 worden verschillende Léém metselwerksystemen voorgesteld ; deze worden in de tabel hieronder hernomen, in verschillende combinaties van Léémstenen met Léém mortels, met enkele fysische eigenschappen.

2.3.1 Metselwerk met Léém Vormstenen

Fysische eigenschappen van metselwerk

Mogelijke mortels:	Léémmortel (10mm)	Léém Lijmmortel (2-3mm)
Specifieke warmtecapaciteit	1000 J/kgK	1000 J/kgK
Thermische Effusiviteit	13,86 m ² /s	13,86 m ² /s
Thermische Diffusiviteit	0,23 Wh ^{0,5} /(m ² K)	0,23 Wh ^{0,5} /(m ² K)

2.3.1 Metselwerk met Léém Persstenen

Druksterkte ($f_{k,95\%}$)	4,6 N/mm ²	5,9 N/mm ²	6,2 N/mm ²	EN1052-1
Statische E-modulus (gemiddeld)	3600 N/mm ²	4500 N/mm ²	7900 N/mm ²	EN1052-1
Buigsterkte ($f_{k1,2}$)	⊥ 0,20 N/mm ² 0,03 N/mm ²	⊥ 0,30 N/mm ² 0,15 N/mm ²	⊥ 0,31 N/mm ² 0,14 N/mm ²	EN1052-2
Initiele schuifsterkte	0,02 N/mm ²	0,12 N/mm ²	0,22 N/mm ²	EN1052-3
Hechtsterkte door buiging	0,02 N/mm ²	0,10 N/mm ²	0,08 N/mm ²	EN1052-5
Isolatie tegen luchtgeluid (14cm dikte, onbepleisterd)	54,3(-1,6; -4,9)dB			EN ISO 717-1
Brandweerstand (14cm dikte, onbepleisterd)	(R)EI 180			NBN EN 1363-1
Specifieke warmtecapaciteit	1000 J/kgK	1000 J/kgK	1000 J/kgK	
Thermische Effusiviteit	15,79 m ² /s	15,79 m ² /s	15,79 m ² /s	
Thermische Diffusiviteit	0,25 Wh ^{0,5} /(m ² K)	0,25 Wh ^{0,5} /(m ² K)	0,25 Wh ^{0,5} /(m ² K)	
Thermisch amplitudedemping	TBC Q4 2025			
Faseverschuiving	TBC Q4 2025			

2.3.3 Extra: Lineaire thermische uitzettingscoëfficiënt

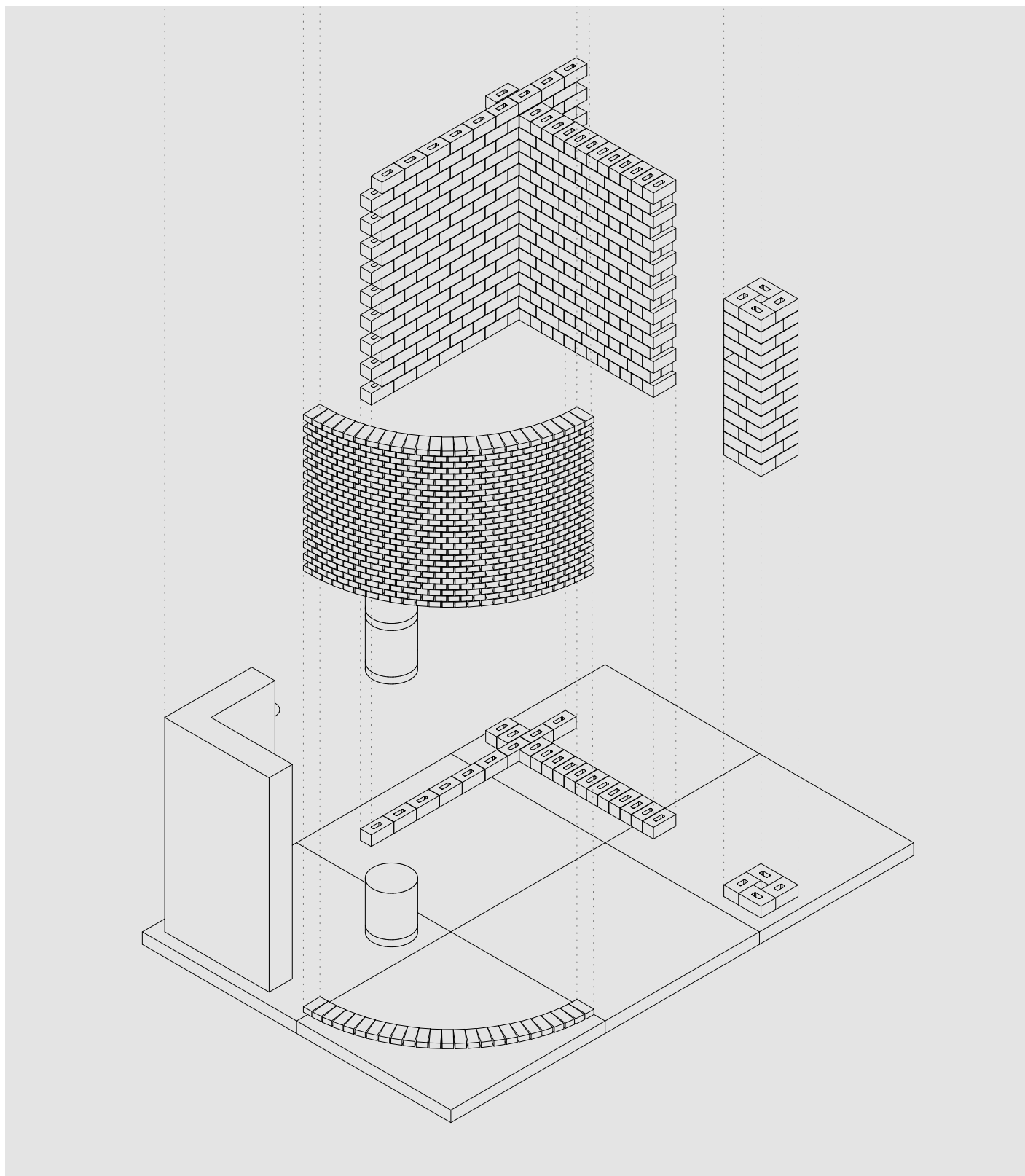
De lineaire thermische uitzettingscoëfficiënt is een materiaaleigenschap die aangeeft in welke mate een materiaal uitzet bij verwarming. Deze kan worden gebruikt om de thermische rek of krimp te berekenen.

De lineaire thermische uitzettingscoëfficiënt van Léém metselwerk is ongeveer 0,006 mm/mK (ter vergelijking: voor beton is dit 0,01 mm/mK) [8] (p.72)



3.

Ontwerprichtlijnen

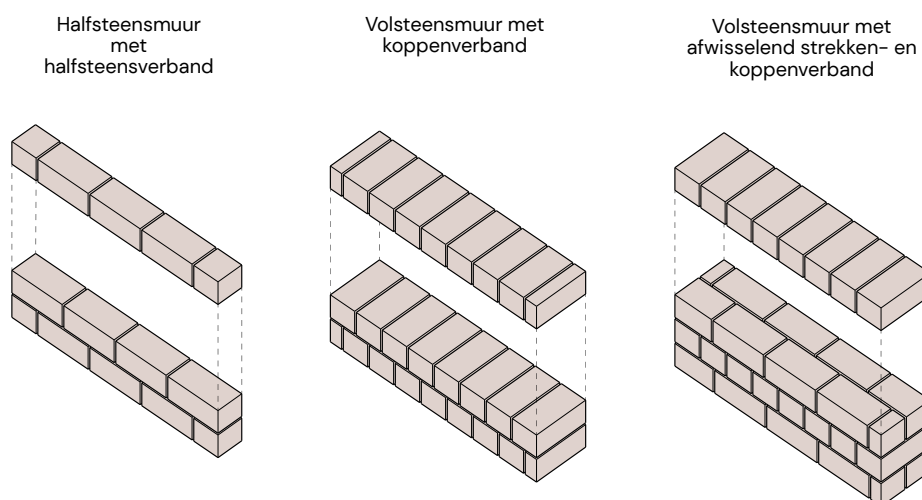


3.1 Algemene principes

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[7] Cycle Terre, Guide

Voorafgaand aan de uitvoeringsfase moet men zich tijdens de ontwerpfase bewust zijn van de unieke eigenschappen van Léém metselwerk. Hieronder geven we de belangrijkste principes:

- Bescherming tegen overtollig en langdurig vocht is nodig.
- Léémstenen hebben een goede druksterkte maar een slechte treksterkte; het is noodzakelijk om treklasten in de constructie te vermijden.
- Het is essentieel om de lasten op een muur goed te verdelen en dus puntlasten of excentrische belastingen te vermijden.
- Constructieve complexiteiten kunnen gemakkelijk bronnen van latere pathologieën zijn. De soberheid van het plan, de volumetrie, de gevels, de samenstellingen van de muren, de openingen en de technische details maakt het mogelijk om de kosten (economisch en ecologisch) te drukken en tegelijkertijd de risico's van degradatie te verminderen. [7] (p.78)



Drie voorbeelden van legpatronen voor Léémstenen [2] (p.10)

3.2 Toepassingsgebied

3.2.1 Toepassingsklassen

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[3] ATEx A 2991 Parement intérieur
[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
[6] NIT 271 - Exécution des maçonneries
[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue
[18] DIN 18945 Earth Blocks
[24] AFNOR XP P13-901 Blocs de Terre crue

De muurtypologieën waarin Léém metselwerk kan worden gebruikt, worden gegeven in sectie 1.5. Hieronder worden de toepassingsgebieden gegeven. Deze toepassingsgebieden verschillen voor Léém Vormstenen – dewelke niet gestabiliseerd zijn – en Léém Persstenen – dewelke gestabiliseerd zijn met 3,85% (gewicht) cement. Als het beoogde gebruik van Léém metselwerk binnen het onderstaande toepassingsgebied valt, kunnen alle richtlijnen in deze publicatie rechtstreeks worden toegepast.

Als het beoogde gebruik van Léém metselwerk daarentegen buiten het onderstaande toepassingsgebied valt, kan BC materials helpen met de details en berekeningen op maat te bestuderen en te valideren.

	Vormsteen Metselwerk (EB-MEB + EB-EM)	Perssteen Metwelwerk (EB-CEB + EB-EA(M))	Referentie
Samenvatting van meest uitdagende toepassing	Niet blootgesteld in lichtvochtige geventileerde ruimtes	Blootgesteld, vochtige omgeving met lichte vriesdooi cycli	
Blootstellingsklasse	MX1	MX2.1 (MX3.1*)	[18] [24]
Binnenklimaatklasse	I of II	I of II of III	[6] (p.44), [2] (p.16/90), [3] (p.31)
Seismische zone (voor niet/draagmuren)	alle / 0 of 1	alle / 0, 1, (2**)	[8] (p.14), [2] (p.16/90), en [6] (p.44)
Max. hoogste vloerniveau	R+3 of 13m met voorwaarden	calculatie	[8] (p.5).
Ontwerpnorm draagmuur	DIN18940	Eurocode 6	
Uitgesloten van toepassingsgebied	Ingegraven en half ingegraven constructies, gevels blootgesteld aan zeeklimaat of in een bergklimaat (hoogte > 900m)		

* MX3.1 als interpretatie vanuit toepassingsklasse CL1 in XP P13-901 (blootgesteld aan vriesdooi)

** zone 2 alleen als het gebouw een laag of zeer laag risico op seismische belasting heeft

Ter info: Courante gebouwen (*) en hun overeenkomstige binnenklimaatklassen [6] p.44

	Binnenklimaatklassen en betrokken gebouwtypes	Gebouwvoorbeelden
Klasse I	Gebouwen met weinig tot geen permanente vochtproductie	Stapelplaatsen voor droge goederen, kerken, toonzalen, garages, werkplaatsen
Klasse II	Gebouwen met beperkte vochtproductie per m³ en een goede ventilatie	Geventileerde woningen, scholen, winkels, niet-geklimatiseerde kantoren, sportzalen en polyvalente hallen
Klasse III	Gebouwen met een belangrijke vochtproductie per m³ en een matige ventilatie	Niet-geventileerde woningen, ziekenhuizen, verzorgingstehuizen, verbruikszalen, restaurants, feestzalen, theaters, laaggeklimatiseerde gebouwen (RV ≤ 60 %)
Klasse IV	Gebouwen met een hoge vochtproductie	Hooggeklimatiseerde gebouwen (RV > 60 %), hydrotherapieruimten, overdekte zwembaden, vochtige industriële ruimten zoals wasserijen, drukkerijen, brouwerijen, papierfabrieken ...
(*) Voor gebouwen in overdruk of met een sterk wisselend vochtgehalte (bv. discotheken) is er een bijzondere hygrothermische studie vereist.		

Ter info: Relevante microblootstellingsklassen volgens Eurocode 6 EN 1996-2 [6] p.51

Klasse	Microvoorwaarde van het metselwerk	Voorbeelden
MX1	Droge omgeving	Interieur van gebouwen voor normale bewoning of van kantoorgebouwen, met inbegrip van het binnenspouwblad van spouwmuren waar vochtindringing onwaarschijnlijk is. Bepleisterd buitenmetselwerk zonder blootstelling aan matige of hevige slagregen en afgeschermd van vocht uit de aangrenzende materialen of het aangrenzende metselwerk.
MX2	Blootstelling aan vocht of bevochtiging	Binnenmetselwerk, blootgesteld aan aanzienlijke hoeveelheden waterdamp (bv. in een wasserij).
MX2.1	Blootstelling aan vocht, maar niet aan vorst-dooicycli, noch aan externe bronnen van sulfaten of agressieve chemische producten.	Buitenmuren uit metselwerk, overdekt met een dakoversteek of een muurkap, zonder blootstelling aan regen. Metselwerk in een vorstvrije zone in een niet-agressieve en goed gedraineerde bodem.
MX2.2	Blootstelling aan sterke bevochtiging, maar niet aan vorst-dooicycli, noch aan externe bronnen van sulfaten of agressieve chemische producten.	Metselwerk zonder blootstelling aan vorst, noch aan agressieve chemische producten (bv. metselwerk ingegraven op een diepte van meer dan 80 cm).
MX3	Blootstelling aan vocht en aan vorst-dooicycli	Metselwerk van de klasse MX2.1, blootgesteld aan vorst-dooicycli. Onvoldoende beschermde gevelmuur, maar zonder blootstelling aan slagregen, opgaande muur met luchtspouw, opgaande muur zonder luchtspouw met een toereikende bescherming.
MX3.1	Blootstelling aan vocht of aan bevochtiging en aan vorst-dooicycli, maar niet aan belangrijke externe bronnen van sulfaten of agressieve chemische producten.	

3.2.2 Toepasbare dimensioneringsnorm voor draagmuren

Voor dragend metselwerk met Léém Vormstenen stellen we DIN18940 voor als berekeningsnorm; deze norm volgt de principes van Eurocode 6 met enkele extra overwegingen gezien de specifieke aard van metselwerk in ongebakken aarde. [8] (p.14)

Voor dragend metselwerk van Léém samengeperste blokken kan Eurocode 6 worden gebruikt, rekening houdend met het volgende:

- De technische fiches vermelden alle nodige metselwerkproeven (EN1052-1/2/3/5)
- Léém Persstenen maken deel uit van stenen in Groep 1, Categorie 2 en parameters van Kalkzandstenen of betonstenen kunnen worden gebruikt.
- Om γ_m te definiëren, kiest men de factoren Code B, Klasse S.
- Conditioneringsfactor δ_c is 1.

BC Materials staat ingenieurs bij in het toepassen van deze normen.

3.3 Vochthuishouding

- [1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[7] Cycle Terre, Guide

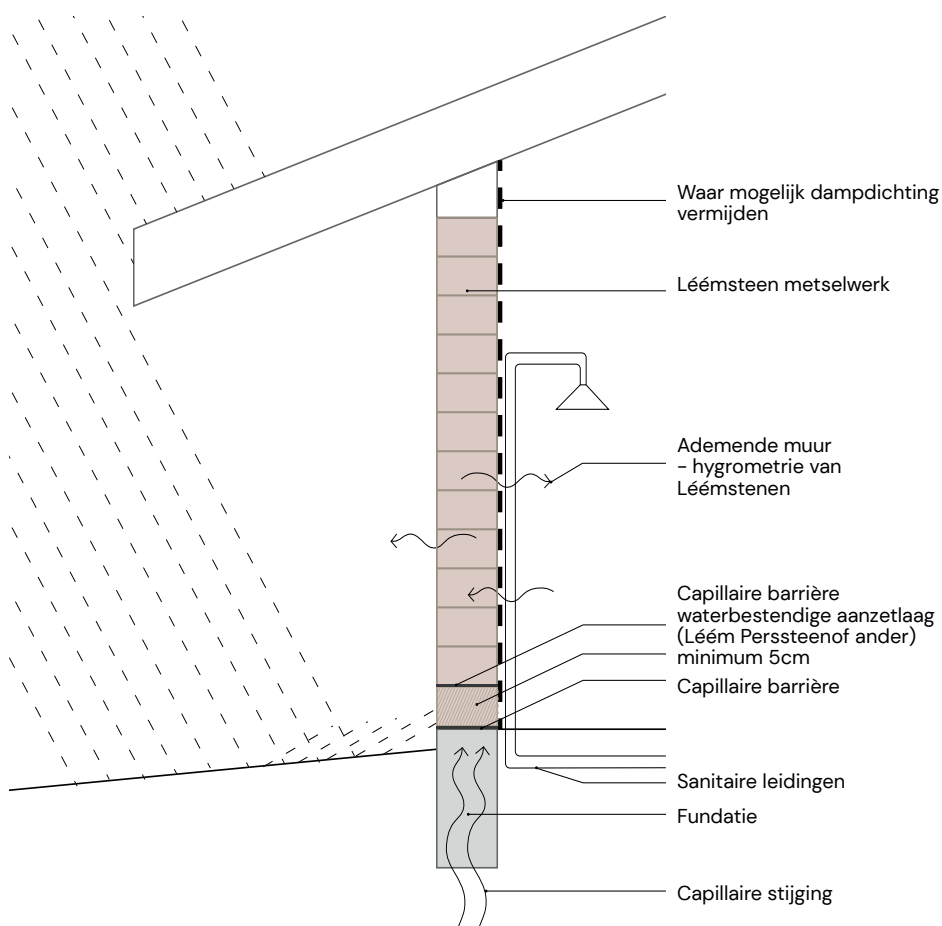
Sectie 3.1 gaf de algemene principes van Léémsteen metselwerk, waaronder een grote aandacht voor vochtbeheersing. In sectie 3.2 werd gesteld dat Léémsteen metselwerk bestemd is voor wanden met blootstellingsklasse MX1 of MX2.1 of MX3.1, dus bovengrondse binnenwanden in een droge of vochtige omgeving. In deze sectie worden deze principes van vochtbeheersing verder behandeld.

3.3.1 Bescherming tegen water in het lopende deel van de muur

Het is essentieel om «watertoevoer te minimaliseren en waterverdamping te maximaliseren» om erosie aan het muuroppervlak en waterophoping binnenin de muur te voorkomen, aangezien deze de mechanische eigenschappen van Léémsteen metselwerk kan aantasten. In deze context zijn volgende aspecten belangrijk : —

- De aansluiting van een horizontaal (of hellend) oppervlak aan een Léémsteen muur (bv. vloer, keukenblad, balkon, dakvlakken) zal waarschijnlijk een waterafvoer en/of stagnatie genereren. [1] (p.34) Het water op dit oppervlak (regenwater, kuiswater,...) kan in contact komen met de muur, waardoor het muuroppervlak kan eroderen en de muur kan verzwakken. Om dit risico te voorkomen, wordt aanbevolen om muren te beschermen. De hoogte van de beschermingen moet worden aangepast aan de specifieke context, maar kan niet minder zijn dan 5 cm. [1] (p.34)
- Léémsteen metselwerk mag alleen worden gebruikt boven het niveau van verwachte overstromingen.
- Léémsteen metselwerk moet worden beschermd tegen de elementen, tenminste door de juiste detaillering van dakoversteken die een blootgestelde gevel beschermen tegen (slag)regen.
- Dampdichting (bepaalde regenschermen en waterkerende lagen) moeten vermeden worden: deze blokkeren een mogelijke verdamping (droogpotentieel) van vocht in de muur via de muuroppervlakte en verhogen zo het risico op interne condensatie [1] (p.18) Daarentegen is lokale dampdichtheid soms onvermijdelijk: zie sectie 3.3.3 voor meer informatie over het waterdicht maken van badkamer muren.
- Afvoerleidingen en andere sanitaire leidingen kunnen omwille van de mogelijke

- lekken alleen worden verwerkt in niet-dragend Léémsteen metselwerk. Neem de nodige voorzorgsmaatregelen om eventuele lekken zichtbaar en herstelbaar te maken en om schade aan de muur te beperken [9] (p.87)
- Vermijd regelmatig en overvloedig spatwater, zoals van douches. Houd rekening met het erosie-effect van sprinklersystemen op dragend of brandwerend Léémsteen metselwerk.
 - Zorg voor een waterkering aan de kop van de muur [7] (p.77) tegen insijpelend water en aan de voet van de muur indien deze in contact staat met de grond, tegen opstijgend vocht zie ook sectie 3.3.2



Bescherming tegen water van Léémsteen metselwerk

3.3.2 Vochtbeheersing aan de muurvoet

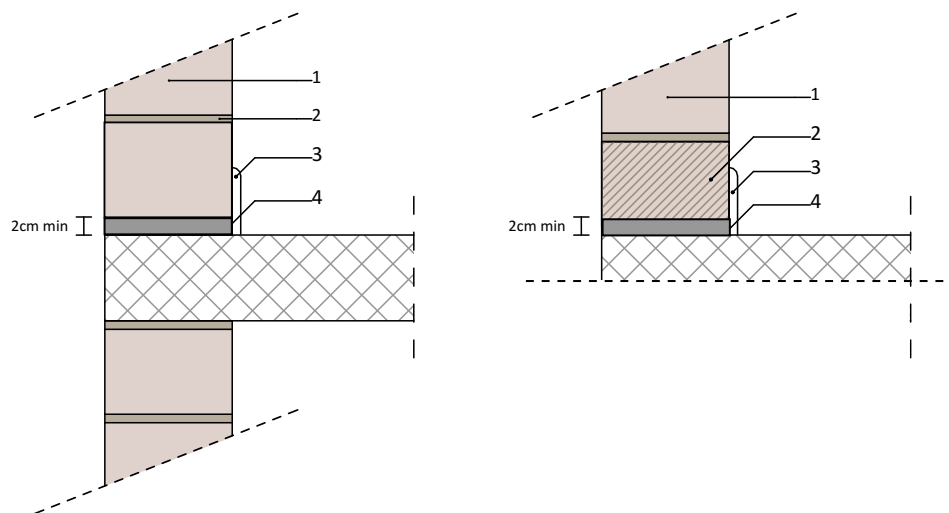
- [3] ATEx A 2991 Parement intérieur
[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

In deze sectie bekijken we hoe opstijgend vocht kan beheerst worden bij een muurvoet op volle grond of op een tussenverdiep. In beide situaties is het nodig om "goede laarzen" ("good boots") te voorzien.

Een muurvoet in Léém Vormstenen in contact met volle grond, moet van waterbestendig materiaal zijn gemaakt tot minstens 5 cm boven het afgewerkte niveau van de aangrenzende vloer en minstens 20 cm boven het afgewerkte niveau van de buitenbodem. Een muurvoet in Léém Vormstenen op bovengronds niveau moet van waterbestendig materiaal zijn gemaakt tot minstens 2 cm boven het afgewerkte niveau van de aangrenzende vloer. Deze eerste laag waterbestendig materiaal kan bestaan uit een cementmortelbedding en laag Léém Persstenen. In beide gevallen moet bovenop deze waterbestendige laag een anticapillair membraan of een waterdichte mortel worden aangebracht. (zie sectie 5)

Een muurvoet in Léém Persstenen in contact met volle grond, of op bovengronds niveau, kan direct worden uitgevoerd op een cementmortelbedding. [4] (p.27)

Zowel metselwerk met Léém Vormstenen als metselwerk met Léém Persstenen moeten boven het voorziene overstromingsniveau aangezet worden. Daarenboven moeten deze tijdens de bouw worden beschermd tegen bouwvocht, met name bij gietvloeren en dekvloeren, door een waterdichte laag van ten minste 2 cm boven het afgewerkte niveau van de vloer aan te brengen. [4] (p.28) et [3] (p.16)



Muuraanzet op tussenverdiep

1. Léémsteen metselwerk
2. Léém Mortel
3. Plint
4. Capillaire bescherming – waterbestendige mortel

Muuraanzet op gelijkvloers

1. Gemetselde muur in Léém Vormstenen of Persstenen
2. Waterbestendige aanzetlaag (Léém Perssteen of ander)
3. Plint
4. Capillaire bescherming met waterbestendige mortel



Anti-capillair membraanaanbrengen

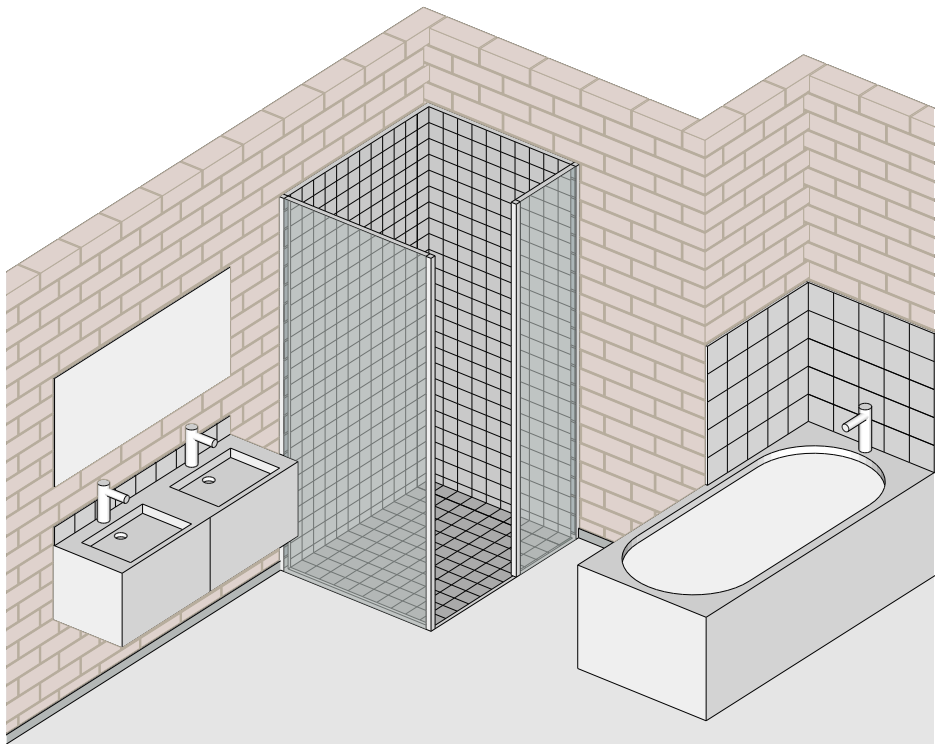


Anti-capillair membraam tussen betonmetselwerk en geperste Léém-blokken

3.3.3 Bescherming in vochtige ruimtes

Léémsteen muren kunnen niet worden blootgesteld aan regelmatig spatwater, zoals bij douche- en wasbakzones. Ze kunnen hier echter plaatselijk worden afgedekt met waterkerende lagen. (zie sectie 5.1) Echter, tegelijkertijd moeten Léémsteen muren kunnen "ademen", dat wil zeggen hun mogelijke vochtophoping in de muur kunnen laten verdampen via hun muuroppervlakte. Er zijn twee strategieën mogelijk om dit evenwicht tussen waterkeringsoppervlaktes en verdampingsoppervlaktes in een vochtige ruimte te concipiëren: de waterkerende zone in kwestie wordt onderworpen aan een dynamische hygrothermische 2D-studie zoals voor koudebruggen, of er wordt cumulatief voldaan aan de volgende 4 bepalingen:

- Zoals hieronder weergegeven, worden de Léémstenen beschermd tegen directe blootstelling aan water, met name ter hoogte van waterpunten (zoals douchewand, badkuip, wastafel, ...) door de toepassing van een traditionele waterkering zoals Kerdi en andere (zie bijv. NIT 277).



Bescherming van Léémsteen metselwerk tegen direct spatwater

- Om te profiteren van de hygrometrische regulerende eigenschappen van de aarde, moet minimaal 20% van het oppervlak van het Léémsteenmetselwerk niet dampdicht bekleed zijn.
- Als een Léémsteen muur zich op de scheiding tussen twee doucheruimtes bevindt, moet ook aan elke kant minstens 20% van het muuroppervlak niet dampdicht zijn.
- In alle gevallen moet Léémsteen muur niet waterdicht gemaakt worden aan de kant waar de waterdamp naar buiten komt (de kant van de wand die blootgesteld is aan de minst vochtige omgeving), om de migratie van waterdamp toe te laten.

[2] (p.29/90)

Voor het waterdicht maken van Léémsteen muren voor douche en bad kan een kalkteggelijm met een net worden gebruikt om het oppervlak uit te vlakken, zodat er een traditioneel waterdichtingssysteem op kan worden aangebracht (zoals Kerdi, Webersys, ...), waarop standaard badkamertegels kunnen worden aangebracht. Het wordt aangeraden om de Léém Persstenen te gebruiken voor badkamer muren, omdat de stabilisatie ervan de waterbestendigheid verhoogt in vergelijking met de niet-gestabiliseerde Léém Vormstenen.

3.3.4 Hygrothermisch ontwerp voor buitenmuren

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[10] Sustainable Building with Earth

Bij het metselen van leemstenen in (geïsoleerde) buitenmuren moet rekening worden gehouden met mogelijke condensatie in de muur.

Uit praktische ervaringen met woongebouwen onder normale gebruiksomstandigheden is gebleken dat droge leembouwmaterialen voldoende capillariteit bezitten, waardoor condensvorming op de oppervlakken van de leembouwelementen door capillaire werking goed wordt verdeeld. Het binnendringen van vocht kan daarom worden voorkomen zolang aan de minimale eisen voor thermische isolatie wordt voldaan. Dit elimineert de omstandigheden die nodig zijn voor schimmelvorming. Onder ongunstige omstandigheden (meestal in de winter) kan de verzadigingsdruk van waterdamp ook aan de binnenkant van het leembouwelement worden bereikt, waardoor de damp overgaat in de vloeibare fase. Hier hebben praktische ervaringen in de leembouw ook aangetoond dat het berekende vochtcondens (bijvoorbeeld bepaald met de Glaser-methode) via capillaire werking kan worden verdeeld zonder schade aan het leembouwelement.

[10] (p. 407)

Om de ontwikkeling van vochtcondens in het leembouwelement te voorkomen, moeten de lagen van het leembouwelement over het algemeen als volgt zijn:

- De warmteoverdrachtsweerstand R moet van binnen naar buiten toenemen
- De waterdampdiffusieweerstandsfactoren μ moeten afnemen van binnen naar buiten [10] (p. 407).

Meer specifiek heeft Buildwise onderstaand detail gevalideerd voor Léémsteen metselwerk in binnenspouwbladen en in geïsoleerde buitenmuren, dewelke ook de bovenstaande regels volgt van toenemende warmteweerstand en afnemende waterdampdiffusieweerstand.

Dampdoorlatende isolatie wordt aanbevolen om te profiteren van de hygrothermische voordelen van Léémsteen metselwerk. Hieronder vallen vullingen van riet, stro, hennep, vlas, kalkhennep, houtwol, gras, steenwol,...

Condensatie van waterdamp op of binnen oppervlakken van bouwelementen treedt op wanneer de temperatuur van de binnenlucht of het bouw materiaal onder het dauwpunt daalt. Het dauwpunt is de luchttemperatuur bij 100% waterdampverzadiging. Bij conventionele bouwmethoden kunnen dauwpunten worden bereikt bij het gebruik van dampschermen omdat deze moeilijk volledig waterdicht kunnen worden geïnstalleerd. Daarom is er een groot risico op hoge

condensatie in gebieden waar het dampscherm niet correct is geïnstalleerd. In tegenstelling tot de traditionele richtlijn in de bouwsector is het gevaarlijk om waterdamp tegen te houden met een dampscherm indien Léémsteen metselwerk gebruikt wordt, omdat dit de mogelijke afvoer van vochtcondens in de muren beperkt.



Prototype van hygrothermisch ontwerp voor een geïsoleerde buitenmuur

3.4 Zettingen en krimp

3.4.1 Verticale en differentiele zettingen, horizontale krimp

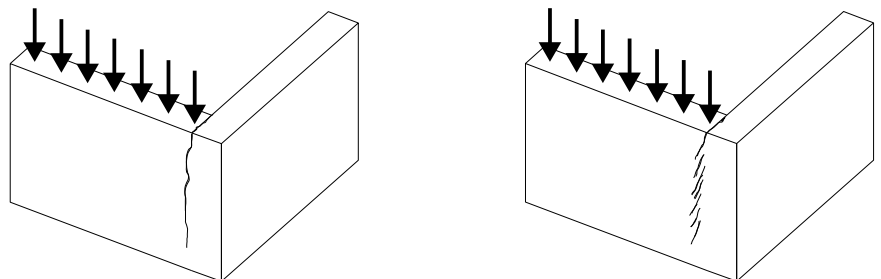
- [2] ATEx A 2957 Murs porteurs
- [3] ATEx A 2991 Parement intérieur
- [7] Cycle Terre, Guide
- [9] Earth Masonry : Design and Construction Guidelines
- [10] Sustainable Building with Earth

De verticale zetting van Léémsteen metselwerk tijdens het drogen is ongeveer 3 mm/m (waarden na 2-3 weken drogen) bij gebruik van 10 mm mortelvoegen. Als mortelvoegen van 2 tot 3 mm worden gebruikt, is de verticale zetting minstens 3 keer zo klein. Voor niet-uniforme belastingen op het metselwerk moeten zettingsvoegen worden aangebracht. In beide gevallen wordt de verticale zetting verminderd als de mortel droogt tijdens de constructie van de muur. [9] (p.72), [7] (p.126)

De horizontale krimp van Léémsteen metselwerk is ongeveer 0,6 mm/m bij gebruik van 10 mm verticale mortelvoegen. Opnieuw, als 2-3 mm verticale mortelvoegen worden gebruikt, zal de verticale zetting minstens 3 keer minder zijn. [3] (p.16)

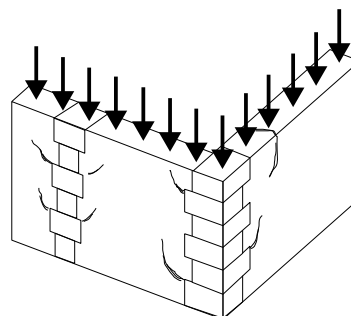
Differentiële zettingen, als gevolg van differentiële belastingen op de muur of in de muur of onder de muur, moeten worden vermeden. [10] (p.313)

Hieronder zie je een voorbeeld van differentiële zettingen als gevolg van differentiële lasten of momenten aan de bovenkant van de muur [2] (p.33)



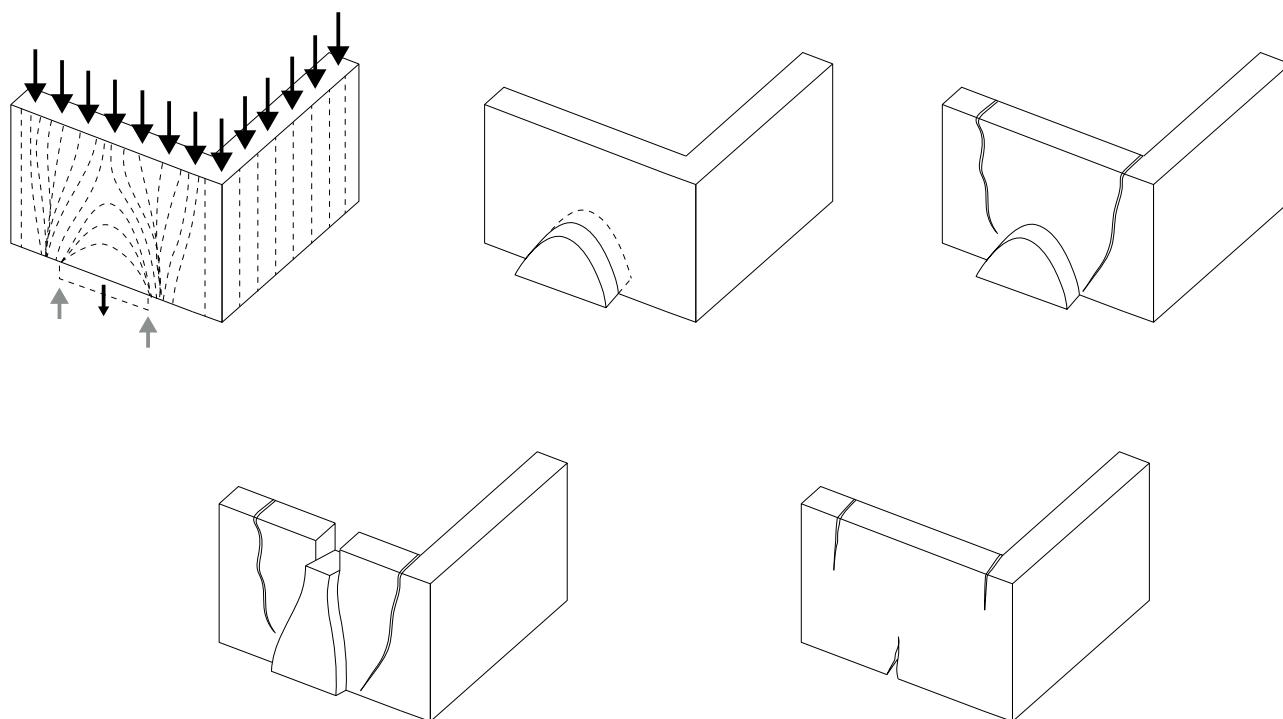
Differentiële zetting door differentiële belasting [2] p.33

Hieronder zie je een voorbeeld van differentiële zetting door het verschil in sterkte in de muur: Léémsteen metselwerk en metselwerk van baksteen, natuursteen of andere materialen. Dit fenomeen kan worden voorkomen door continu één materiaal per horizontale laag te gebruiken. Verticale dragende kolommen naast dragende Léémsteen muren moeten daarom worden vermeden, omdat deze eersten veel stijver zijn. [2] (p.32)



Differentiële zetting door verschillen in drukweerstand [2] p.32

Hieronder staat een voorbeeld van differentiële belasting door niet-homogene funderingen. [2] (p.34)



Differentiële zetting door niet-homogene funderingen [2] p.34

3.4.2 Structurele voegen

a. Krimp- en uitzettingsvoegen

Krimp- en uitzettingsvoegen worden gebruikt in Léémsteen metselwerk wanneer de maximale wandlengte is bereikt. [4] (p.27) De afstand tussen de uitzettingsvoegen is afhankelijk van:

- De horizontale krimp tijdens de droogperiode van het metselwerk (zie sectie 3.4.1)
- De thermische lineaire uitzetting (zie sectie 2.3.1)
- De hygrometrische lineaire uitzetting (zie sectie 2.3.1)

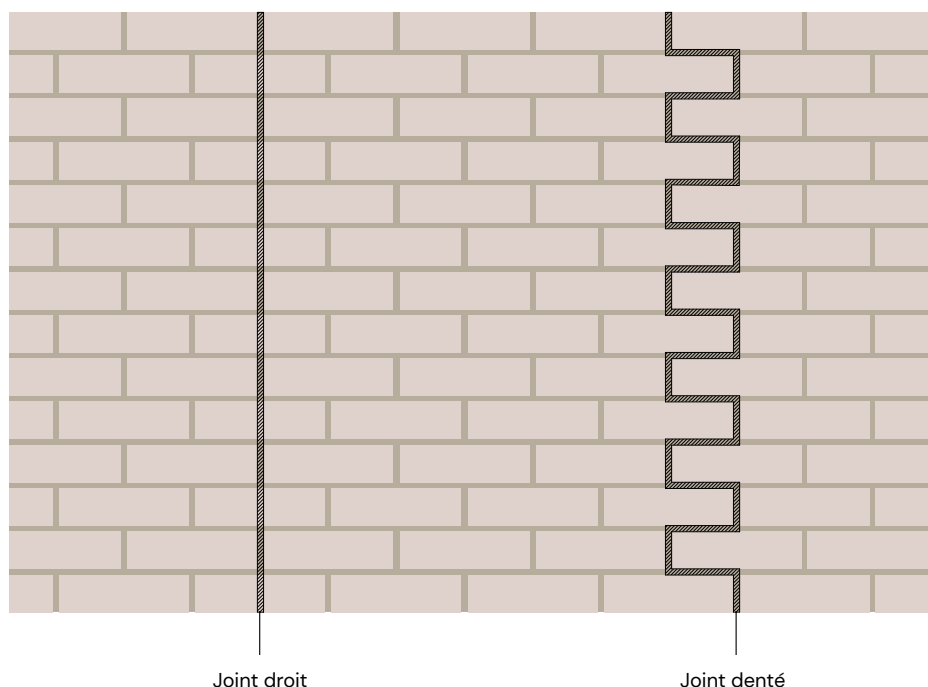
Vanwege de waarden van deze parameters zoals genoemd in sectie 2.3 kan de maximale afstand tussen uitzettingsvoegen hetzelfde zijn als voor niet-dragend baksteen metselwerk, namelijk 12m. [6] (p.106) (Overwegingen met betrekking tot de slankheid volgens sectie 3.5 zullen echter ook van invloed zijn op de mogelijke lengte van een wand).

De breedte van de uitzettingsvoeg moet ten minste gelijk zijn aan die van het metselwerk, maar niet minder dan 2 cm. De voeg kan leeg worden gelaten of worden gevuld met een minerale wol met een dichtheid van minder dan 30 kg/m³ of een elastomere elastische kit. [7] (p.137)

Deze uitzettingsvoeg kan recht of getand zijn. De voeg kan worden gedicht met een geschikt afdichtingsmiddel. Het is mogelijk om latexgebaseerde of

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
 [3] ATEx A 2991 Parement intérieur
 [4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
 [6] NIT 271 - Exécution des maçonneries
 [7] Cycle Terre, Guide

siliconengebaseerde afdichtingsmaterialen te gebruiken die zijn aangepast aan conventionele metselmortels. [3] (p.24-25) (zie sectie 5.1)



Rechte of getande dilatatievoeg [3] p.24

Aan beide zijden van de uitzettingsvoegen kunnen speciale ankers in de mortelbedding worden aangebracht, die langzijdige horizontale beweging mogelijk maken, maar dwarse horizontale beweging voorkomen.(zie sectie 3.10.4)

b. Zettingsvoegen

Zettingsvoegen zijn ruimtes die opzettelijk zijn gelaten tussen twee aangrenzende delen van een bouwelement om beweging door zetting mogelijk te maken. We bespreken de volgende locaties voor zettingsvoegen:

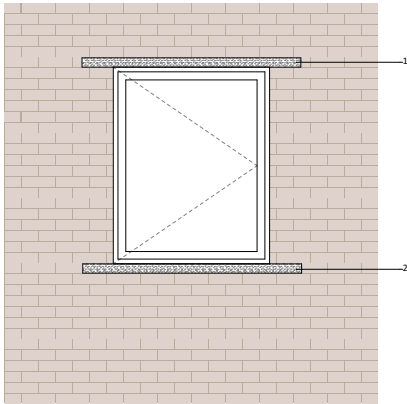
Aan de raamdorpel:

- Ofwel steekt de raamdorpel aan beide zijden van de dagopening minstens 20 cm uit. In dit geval kan de verbinding gemaakt worden door in te werken in het verband.
- Ofwel steekt de raamdorpel niet uit. Om afschuifkrachten op de dorpel te voorkomen, kan men De zettingsvoeg wordt op dezelfde manier behandeld als de dilatatievoeg

Aan de latei:

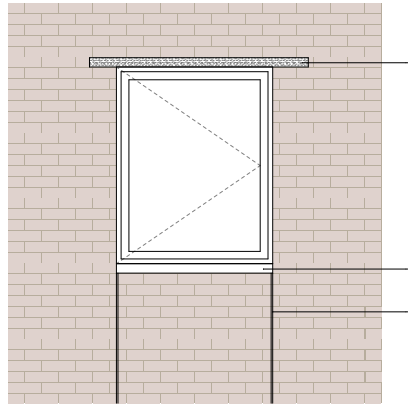
- Ofwel steekt de latei minstens 20 cm uit aan weerszijden van de opening. In dit geval kan de verbinding worden gemaakt door in te werken in het verband.
- Ofwel wordt de latei gemaakt door een metalen steunconsole. In dit geval moeten maatregelen worden genomen om te voorkomen dat er scheuren ontstaan in de bovenste hoeken van de steunconsole door uitzettingsvoegen, inbrengen van metalen wapening zoals Murfor van Plaka of gelijkwaardig in het metselwerk boven de console. [3] (p.27)

Muuropeningen met verlenging van dorpels en lateien [3] p.27



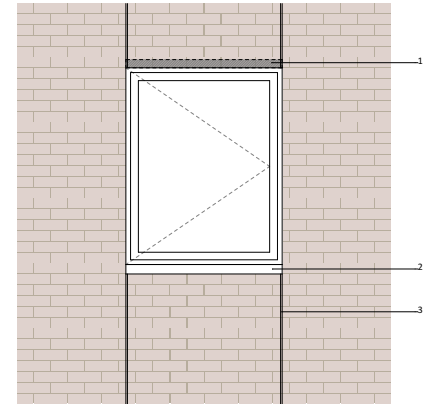
1. Latei met een minimale opleg van 20 cm aan weerszijden van de opening.
2. Dorpel met een minimale dorpellengte van 20 cm aan weerszijden van de opening

Muuropeningen met lateiverlenging en scheidingsvoegen [3] p.27



1. Latei met een minimale opleg van 20 cm aan weerszijden van de opening.
2. Dorpel zonder verlenging van de dorpellengte
3. Scheidingsvoegen

Muuropeningen met doorlopende scheidingsvoegen [3] p.27



1. Latei met console
2. Dorpel zonder verlenging van de dorpellengte
3. Scheidingsvoegen

3.4.3 Richtlijnen voor structurele vervormingen

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

Bij het gebruik van Léémsteen metselwerk als invulwanden in een dragende beton- of houtconstructie moet rekening worden gehouden met de horizontale en verticale vervormingen van die draagstructuur. Afwijkingen van deze richtlijnen zijn mogelijk als de bouwkundig ingenieur van het project speciale ontwerpvoorschriften opstelt. De aanwijzingen hieronder gelden voor alle niet-dragende wanden (invulwanden, scheidingswanden, ...).

Horizontale doorbuiging van de ligger: De compatibiliteit van de verticale vervormingen van liggers met het gebruik van de Léémsteen metselwerk wanden als invulling wordt verzekerd door de doorbuiging van de structurele balken te beperken tot $1/500e$ van hun overspanning, binnen de grens van 10 mm. Een of meer veerkrachtige strips worden geïntegreerd op het raakvlak tussen de ligger en het metselwerk, aan de kop en/of voet van de muur, voor een totale dikte van 10 mm.

Vervorming van de kolom in het vlak van de wand: Deze wordt beperkt tot $H/300$ bij de uiterste grenstoestand (ULS), met H de verdiepingshoogte, binnen de limiet van 5 mm. Verankeringen tussen de Léémsteen invulwand en dragende kolom moeten verticale beweging toelaten. [4] (p.65)

Vervorming van de kolom uit het vlak van de wand: Deze wordt beperkt tot $H/500$ bij de uiterste grenstoestand (ULS), waarbij H de verdiepingshoogte is. [4] (p.65)

3.4.4 Vervorming van vloeren en lintels

De vervorming bij vloeropleg en latei-opleg kan leiden tot lokale scheurvorming Léémsteen metselwerk, zichtbaar in de mortelvoegen, aan de rand van de Léémsteen of in de uiteindelijke pleisterlaag. De volgende oplossingen zijn gericht op:

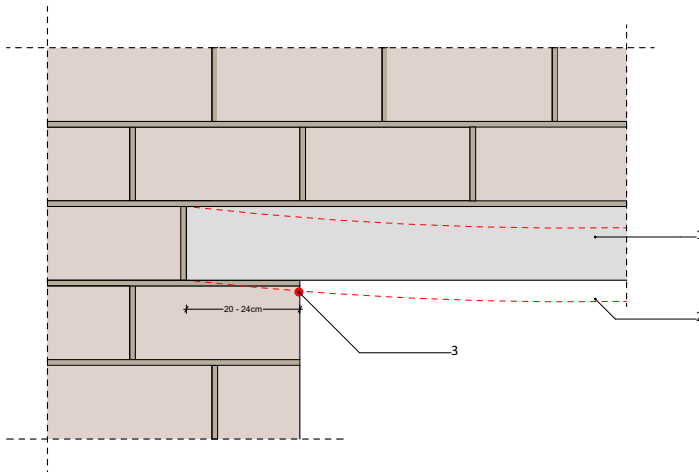
[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue

Ofwel de oorzaken van de vervormingstendens verminderen, bijvoorbeeld: de massa van de bovenmuur vergroten dewelke rust op de vloer- of latei-opleg, de overspanning verkleinen, ...

Ofwel de gevolgen van de vervorming verminderen, bijvoorbeeld:

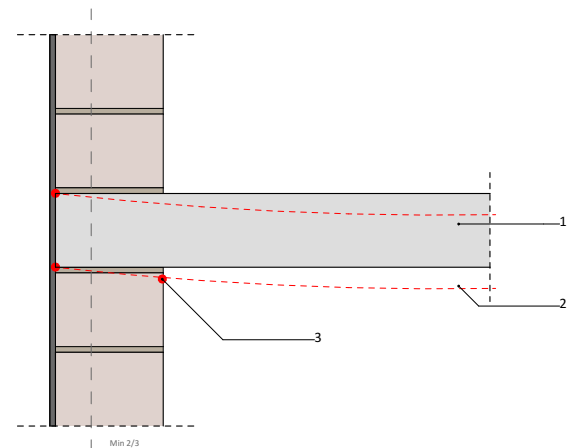
- een 15 tot 20 mm dikke laag mortel op kalkbasis ter ondersteuning van de vloerplaat (zie sectie 5.4)
- Wanneer de overspanning van de vloerplaat $l \geq 6,0$ m, beperk dan de buigmomenten van de vloerplaat door structurele maatregelen, bijv. centreerstrips. Bij tweeassige overspanningen moet de kortste van de twee ondersteuningsoverspanningen gebruikt worden voor l . [8] (p.14)
- Voor een vloer: minimaal oplegvlak van 14 cm in de wand en minimaal $\frac{1}{3}$ van de wanddikte.
- Voor lateien (zie sectie 3.8), een vervorming van minder dan $1/500$ van de overspanning

Vervorming van een latei



1. Houten, betonnen of gemetselde latei van Léemstenen met metalen consoles
2. Vervorming $L < l/500$
3. Rotatie aan de opleg als gevolg van vervorming met mogelijke afbrokkeling

Vervorming van een vloerplaat



1. Houten of betonnen plaat
2. Vervorming $L < l/500$
3. Rotatie aan de opleg als gevolg van vervorming met mogelijke scheuren in de afwerkpleister.

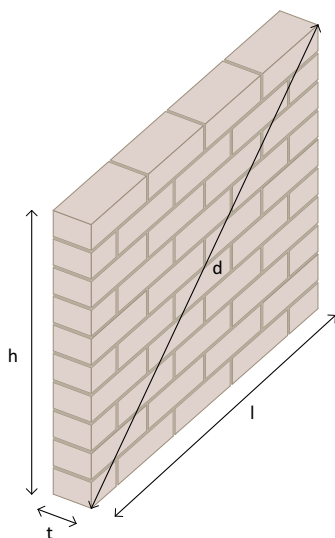
3.5 Slankheid

[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

De slankheid van een muur is de verhouding tussen hoogte en dikte (verticale slankheid), lengte en dikte (horizontale slankheid) of diagonaal en dikte (diagonale slankheid).

Voor dragend Léem Vormsteen metselwerk kunnen maximale slankheidsverhoudingen worden berekend volgens DIN18940. [8] (p.14+19) of door de ingenieur. Voor dragend metselwerk van Léem Perssteen kan Eurocode 6 worden gebruikt in combinatie met de resultaten van metselwerkproeven zoals vermeld in de technische fiches die kunnen worden gedownload op www.leem.works.



Voor niet-dragend Léémsteen metselwerk gaan we ervan uit dat deze muren aan de kop en zijkanten worden vastgehouden door middel van verband, ankers of steunberen. In dit geval volgt de maximaal toegestane slankheidsverhouding deze vuistregels: [4] (p.25)

	MEB 105mm	MEB 230mm	CEB
vertical	$h/t < 27$	$h/t < 20$	$h/t < 30$
horizontal	$l < 26(t+1,5)+1,5$ $l < 8m$	$l < 26(t+1,5)+1,5$ $l < 8m$	$l/t < 60$
diagonal	$d/t < 40$	$d/t < 40$	$d/t < 70$

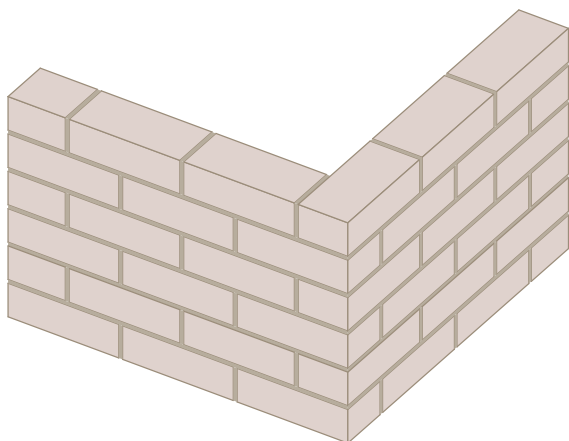
Dit zijn conservatieve slankheidsverhoudingen en er is veel meer mogelijk. Neem contact met ons op voor uw specifieke project.

3.6 Verstijving

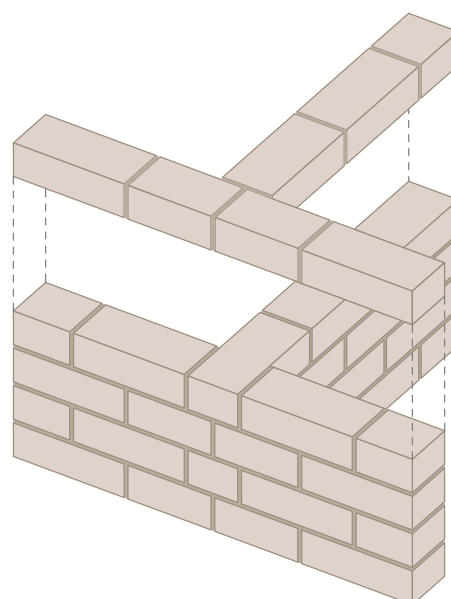
- [5] ATEx A 2911 Cloisons
[9] Earth Masonry : Design and Construction Guidelines

Net als bij constructies met andere bouwmaterialen hebben dragende Léémsteen muren verstijvende bouwelementen (dwarsmuren en/of vloerschijven) nodig om horizontale belastingen (wind, aardbevingen) te kunnen absorberen en overbrengen. Deze verstijvingselementen moeten tegelijkertijd met de dragende buitenmuren worden gebouwd. [...] Als de verstijvingselementen met een andere techniek of op een later tijdstip moeten worden gebouwd, moet een geschikte structurele verbinding worden gegarandeerd (zoals bijvoorbeeld ankers met de dwarsmuren). In Léémsteen metselwerk kan een hoekverband worden gebruikt om dwarsmuren te verbinden, zolang dezelfde soort Léémstenen worden gebruikt. [9] (p.310)

Bij het gebruik van een betonnen of houten draagstructuur wordt de verstijving van Léémsteen invulmetselwerk gegarandeerd door de juiste verankering in structurele elementen. (zie sectie 3.10.4)



L-vormig hoekaansluitingsprincipe [5] p.19



T-hoekaansluitingsprincipe [5] p.19



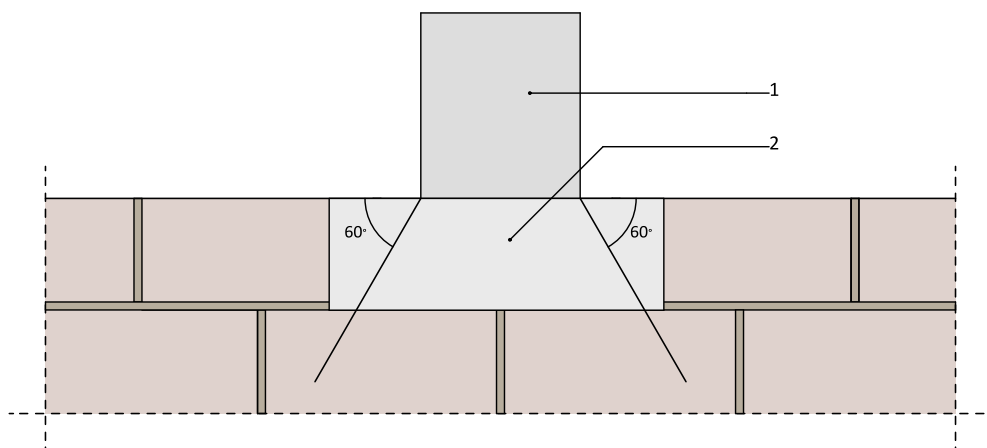
3.7 Lastenafdraging

- [1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse
en terre crue

In het geval van puntlasten op Léémsteen muren, moet het draagvlak een minimale lengte van 9 cm hebben [8] (p.10). De strategie om scheuren in het metselwerk op en rond het punt van de geconcentreerde belasting te voorkomen is:

- L Beperk de lasten op de oplegpunten tot 0,6 MPa. Een ingenieur kan hiervan door berekening afwijken.
- L Houd de resultante van de uitgeoefende belasting binnen het centrale derde deel van de muur (om te voorkomen dat er trekkrachten in de muur ontstaan).
- L Gebruik indien nodig verdeelelementen om de spanning op de oplegpunten te verminderen [1] (p.37)

Voor dit laatste punt is het mogelijk om een verdeelelement in beton of hout te gebruiken om de puntbelasting op de muur steunt beter te verdelen. De breedte van dit verdeelelement komt overeen met de minimale breedte van het draagvlak, plus een extra lengte aan elke zijde berekend op basis van een afstand van 60° tot de onderkant van het verdeelelement.



1. Draagbalk
2. Betonslof (verdeelbalk)

Minimumafmeting van een verdeelbalk onder gecentreerde belasting [6] p.87

3.8 Lateien

- [1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[7] Cycle Terre, Guide
[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse
en terre crue
[9] Earth Masonry : Design and
Construction Guidelines
[10] Sustainable Building with Earth

Lateien boven deuren en ramen moeten worden ondersteund door draagvlakken met een minimale lengte van 24 cm [8] (p.10), [10] (p.310) voor niet-dragend metselwerk en 20 cm voor dragend metselwerk. Om de grootte van de draagvlakken te bepalen, met inbegrip van lateien, is het een goede benadering om rekening te houden met alle belastingen binnen de driehoek onder een hoek van 60° boven de opening. De druk die ze uitoefenen mag de sterkte van de blokken niet overschrijden. [1] (p.40)

Waar berekeningen langere draagvlakken vereisen, moet de doorbuiging van de latei beperkt worden tot 1/500 (lengte van de overspanning gedeeld door 500). [10] (p.310) zie ook sectie 3.4.4

Elementen die goed buigkrachten opnemen, zoals houten, metalen of gewapend

betonnen balken, zijn geschikt voor latei. [7] (p.78) Echter, gezien de thermische en hygrometrische lineaire uitzetting, bestaan lateien bij voorkeur uit hout, prefab en ter plaatse gestort beton. Bij het gebruik van houten lateien is het belangrijk dat ze het juiste vochtgehalte hebben. [9] (p.90)

Gegalvaniseerde of inox metalen consoles zoals Korbo kunnen worden gebruikt voor lateien, mits correct gebruik van ankers en wapening in de mortel.

Pas op voor structurele zettingsvoegen rond sommige latei-ontwerpen zoals getoond in Sectie 3.4.2. en Sectie 3.4.4.

3.9 Ringbalk voor dragend metselwerk

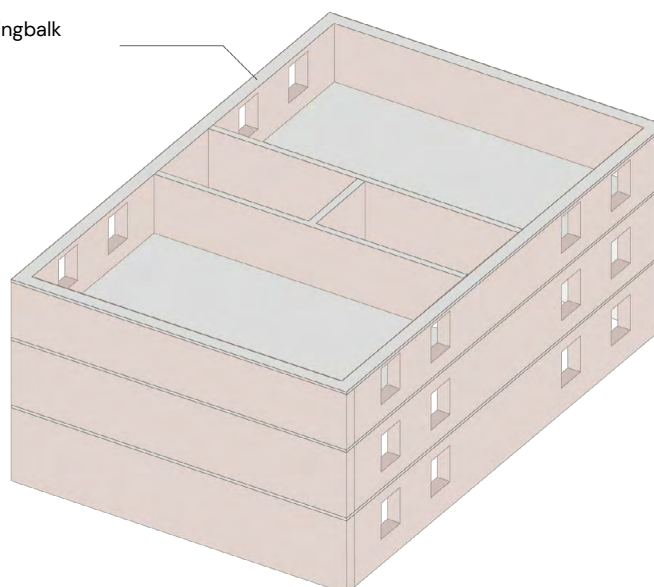
[2] ATEx A 2957 Murs porteurs

[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue

Dragende Léémsteen muren worden altijd horizontaal op een doorlopende en gesloten manier aan elkaar geketend of geringd [2] (p.52) op elke verdieping. Deze ringbalken kunnen worden gemaakt van hout of van geprefabriceerde U-vormige elementen die ter plaatse worden gevuld met beton. Een vloerplaat in CLT-hout of in beton kan ook fungeren als een ringbalk, op voorwaarde dat deze voor minstens $\frac{2}{3}$ van de wanddikte op de muur wordt geplaatst. Omwille van zijn bouwvocht, kan stortbeton alleen worden gebruikt als ringbalk bovenop Léém Persstenen. Tussen het gestorte beton en de Léém Persstenen moet een waterdicht membraan worden aangebracht om vochtschade in de blokken te voorkomen.

Wapeningsankers moeten minstens twee wapeningsstaven bevatten met een totale doorsnede van minstens 140 mm². De verbindingen moeten worden gemaakt volgens EN 1992-1-1 en indien mogelijk "verspringend". Naast alle functies van een anker, moeten de ringbalken bestand zijn tegen buiging loodrecht op de muuras voor zover nodig. Voor ringbalken van gewapend beton moeten minimaal vier wapeningsstaven en bijbehorende dwarswapening worden aangebracht. [8] (p.10) Verdere ontwerprichtlijnen voor ringbalken op dragend Léémsteen metselwerk kunnen worden geraadpleegd in DIN18940.

Doorlopende ringbalk



Doorlopende ringbalk op dragend Léémsteen metselwerk

Herinnering: dragende kolommen naast dragend Léémsteen metselwerk zijn niet toegestaan vanwege de resulterende differentiële zettingen! [8] (p.10) Zie ook sectie 3.4.1

Technische detaillering : zie Section 5.4

3.10 Verbindingen

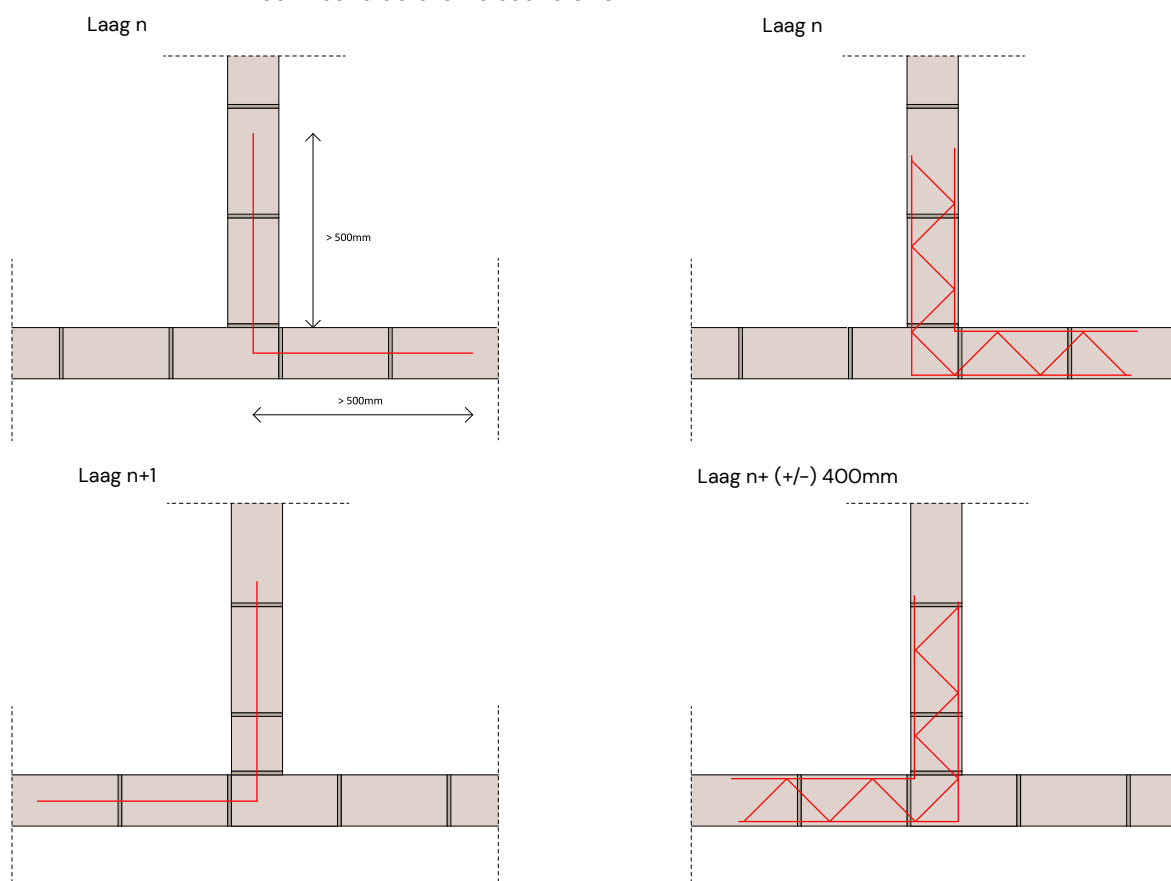
[6] NIT 271 - Exécution des
maçonneries
[10] Sustainable Building with Earth
[23] Traité de construction en terre

3.10.1 Verbindingen tussen dragende muren

Verstijvende muren moeten voldoende verankerd zijn aan dragende, aangrenzende muren om horizontale lasten te kunnen weerstaan. Er zijn verschillende opties

- Bij Léémsteen muren die slechts aan één zijde verstijfd zijn, moeten trekstangen worden aangebracht op plafondhoogte en op elk derde van de wandhoogte. Deze staven moeten op een minimale diepte van 1,5 m in de dwarswanden worden aangebracht.
- Netvormige banden van gewapend plastic (zoals Bekaert) kunnen worden gebruikt als trekvaste versteviging. Zulke netten worden vaak gebruikt in de funderingstechniek, bijvoorbeeld om taluds te stabiliseren (zogenaamde geogrids).» [10] (p.311)
- Horizontale wapeningsstaven in mortelvoegen (zoals Murfor) kunnen worden gebruikt als trekvaste versteviging. Deze moeten gegalvaniseerd of inox zijn. [23] (p.260)
- Verband tussen dragende muren van Léémsteen metselwerk zorgt ook voor correcte overdracht van horizontale lasten [6] (p.89)

Technische details zie sectie 5.1.3

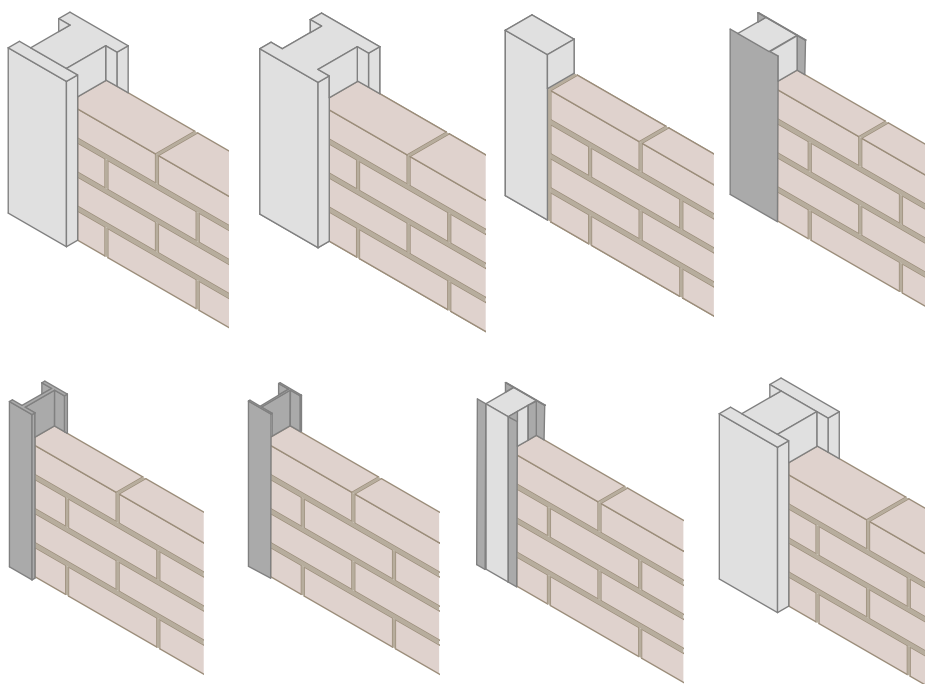


Voorbeelden van T-aansluitingen met wapeningsstaven [6]
p.90

3.10.2 verbindingen tussen niet-dragende wanden en de draagstructuur : U-vormig profiel

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
[7] Cycle Terre, Guide

De verbinding tussen niet-dragende Léémsteen wanden en de draagstructuur kan worden gemaakt met behulp van U-vormige verstijvende profielen. Deze moeten aan elk uiteinde van de wand worden geplaatst, en tevens extra op die plaatsen in het midden van de wand waar de slankheid van de muur overschreden wordt (zie sectie 3.5). Deze verstijvers hebben de functie om horizontale lasten op de muur over te dragen naar de draagstructuur.



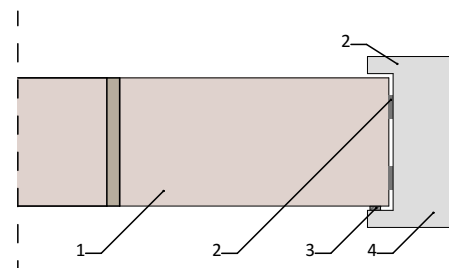
Voorbeelden van lineaire verbindingen met groef-, sponning- of voegprofielen [4] p.133

Deze U-vormige verstijving wordt aanbevolen als hoge akoestische prestaties van de Léémsteen muur wordt verwacht [4] (p.33–35). Dit U-profiel kan worden bereikt door een reeds gevormd kolomprofiel waarin gemetst wordt en/of door sponningprofielen en de daaropvolgende montage van een afsluitend profiel.

De sponning moet hierbij 15 mm diep zijn, zodat het metselwerk over een afstand van minimaal 8 mm wordt afgedekt. [7] (p.132–134)

Technische details zie sectie 5.1

1. Léém Vormsteen of Perssteen
2. Zwelband indien aan akoestische eisen moet worden voldaan
3. Elastische kitvoeg indien aan akoestische eisen wordt voldaan
4. Verstijver



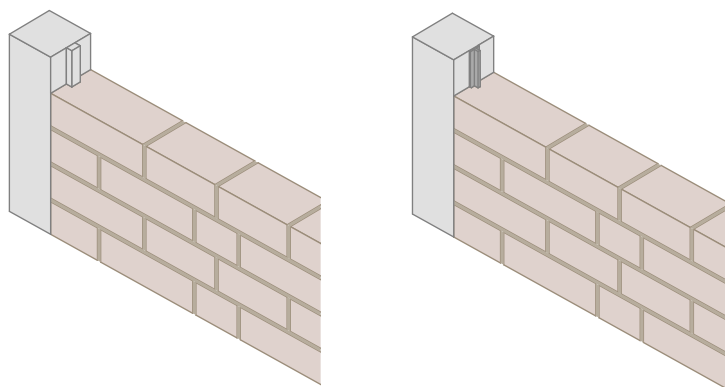
Détail de feuillure [7] p.133

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
[7] Cycle Terre, Guide

3.10.3 Verbindingen tussen niet-dragende wand en de draagstructuur : centrale rib

In het geval van niet-dragende Léémsteen wanden met een dikte groter dan of gelijk aan 13 cm, is een verbinding door middel van een centrale rib mogelijk. Een rib (breedte en diepte 25 mm) of een metalen profiel (diepte 25 mm) wordt aan de verstijving bevestigd en een groef wordt ter plaatse in de Léémsteen gesneden. [7] (p.133-134)

Technische details zie sectie 5.1



Voorbeelden van verbindingen met een centrale rib [4] p.135

3.10.4. Verbindingen tussen niet-dragende wanden en de draagstructuur : verankering

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[3] ATEx A 2991 Parement intérieur
[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
[6] NIT 271 - Exécution des maçonneries
[7] Cycle Terre, Guide

Verankeringen in niet-dragende Léémsteenwanden worden gebruikt om beweging in een bepaalde as te voorkomen en tegelijkertijd beweging in een andere as mogelijk te maken. Als zodanig helpen ze de structurele integriteit van een gebouw door te bepalen welke beweging is toegestaan (bijv. differentiële hygrothermische lineaire uitzettingen, ...) en welke beweging wordt voorkomen (bijv. knikken van muren, ...). Ankers kunnen worden gebruikt in verschillende situaties:

- Ze worden soms gebruikt om twee delen van een muur samen te voegen in het geval van een dilatatievoeg (zie Sectie 3.4.2)
- Ze worden gebruikt om een scheidingswand of een invulmuur zijdelings te verbinden met een verstijvingselement, of dit nu een kolom, een muur of een kozijn is.
- Ze worden gebruikt om een voorzetwand aan een achterliggende draagstructuur te bevestigen.

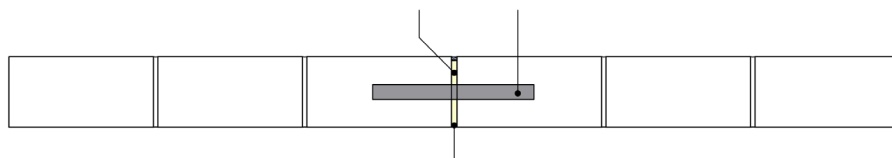
Er zijn verschillende soorten ankers voor verschillende doeleinden. Het type anker wordt bepaald door de toegestane of verhinderde bewegingen, de belastingen die moeten worden opgenomen en de kenmerken van de aangrenzende bouwelementen. Als algemene regel geldt dat ankers moeten worden gemaakt van corrosiewerend materiaal en altijd in de mortelvoegen moeten worden geplaatst, nooit rechtstreeks in Léémstenen. [2] (p.33) Hieronder worden verschillende types compatibele ankers besproken.

a. Glijankers tussen muren

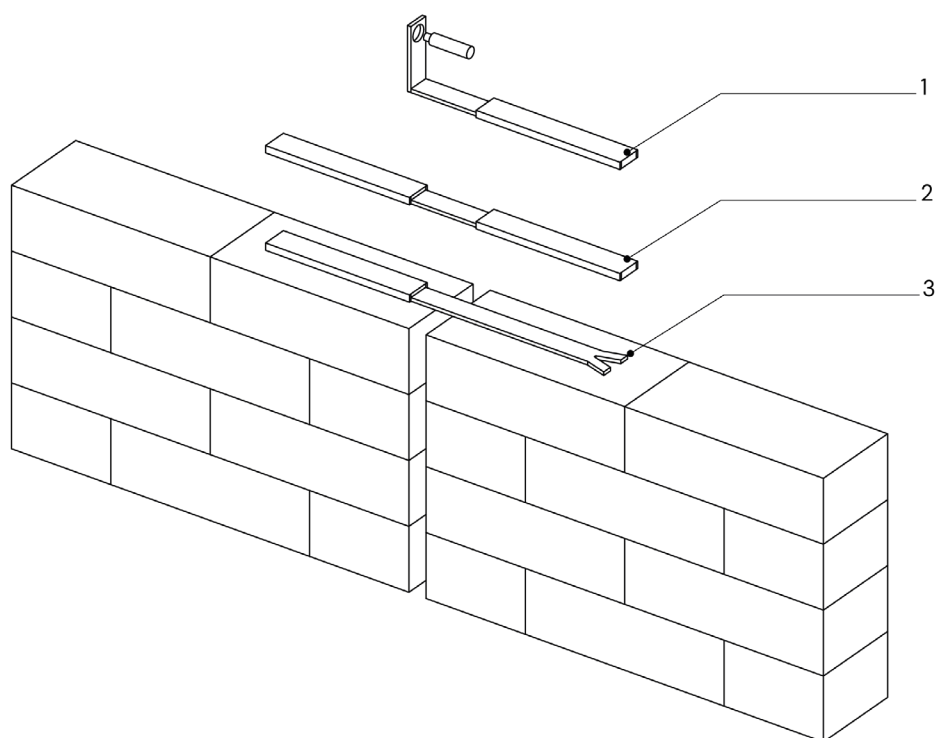
Voor uitleg over dilatatievoegen, zie paragraaf 3.4.2. glijankers worden gebruikt om zijdelingse beweging te voorkomen en beweging in lengterichting toe te staan in dilatatievoegen tussen twee niet-dragende Leém metselwerkwallen. De T-vormige versies van de glijankers kunnen worden gebruikt op T-verbindingen tussen niet-dragende metselwerkmuren.

In dragende Leém metselwerkwallen kunnen ook glijankers worden gebruikt, maar deze moeten zijdelingse en longitudinale beweging voorkomen.

(Technische details zie paragraaf 5.1)



Implementatie van een schuifanker in een dilatatievoeg dewelke geen transversale beweging toelaat [6] p.105



1. Asymmetrisch type glijanker: klem en glij
2. Symmetrisch type glijanker : glij – glij
3. Asymmetrisch type glijanker : glijrail – gesplitst uiteinde

Voorbeelden van schuifankers [6] p.26



Voorbeeld van een glijanker met veer in cellenbeton metselwerk [6] p.105

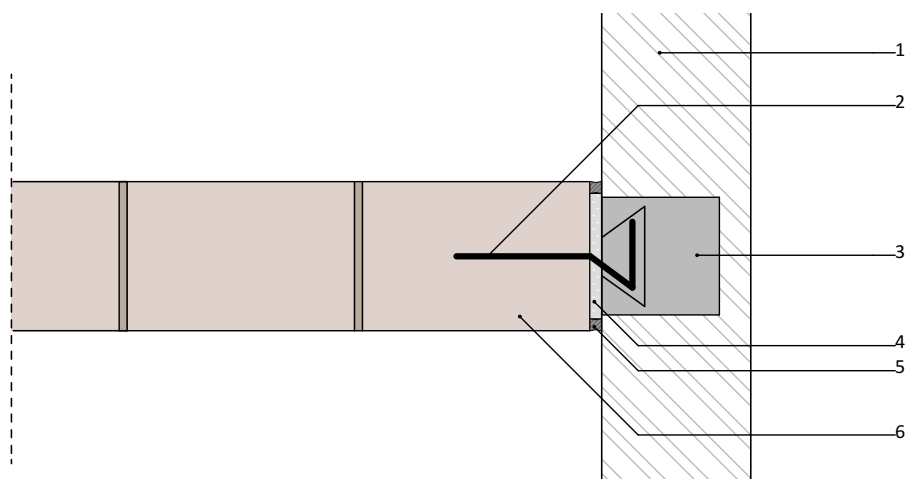
b. Mobiel dwarskrachtanker tussen niet-dragende wand en draagstructuur

In het geval van een zijdelingse bevestiging van een niet-dragende Léémsteen wand aan een verstijving of constructie:

- De gebruikte ankers zijn identiek aan de ankers die worden gebruikt in conventioneel metselwerk (zie ook NIT 271 en in overeenstemming met EN 845-1 Specificatie voor hulpstukken voor metselwerk).
- Ankers worden mechanisch bevestigd aan de verstijvers met schroeven en/of pluggen die passen bij de aard van het materiaal en de gewenste sterkte. Ze worden omhuld in de horizontale mortelvoegen van het Léémsteen metselwerk. Hun dwarskrachtcapaciteit is groter dan de berekende dwarskracht. [4] (p.13)
- Ze worden zo dicht mogelijk bij de middellijn van de Léémsteen wand geplaatst, in het middelste derde deel van de wanddikte. De ankers hebben een dikte (of diameter) die kleiner is dan of gelijk is aan de helft van de dikte van de voeg.
- Ze moeten ook de differentiële beweging tussen de verstijving en de Léémsteen wand kunnen opvangen, waarvoor ze voorzieningen moeten hebben die verticale speling mogelijk maken: langwerpige uitsparing, rail, enz. [7] (p.136)
- Er zijn verschillende soorten ankers [4] (p.13):
- Roestbestendige stalen ankers type SPB 125 of SPV 125 of SP21 of SP28 van Ancon of gelijkwaardig, aangebracht in de voeg
- Ancon PPV of PPB of PP21 type ankers met huls om beweging mogelijk te laten



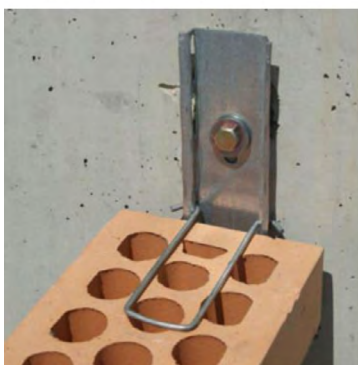
Ancon SPB en SP28 ankers [4] p.13



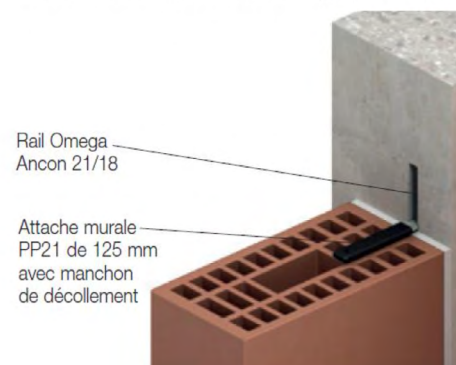
1. Metselwerk
2. bevestigingsanker verdeeld over de hoogte
3. Versteviger
4. Steenwol isolatie
5. Elastische kitverbinding
6. Léémsteen metselwerk

Verbinding tussen een Léém stenen muur en een bakstenen muur [2] p.34

Ankrobrick (Plaka) :

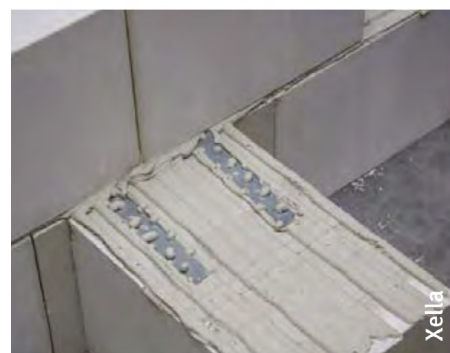
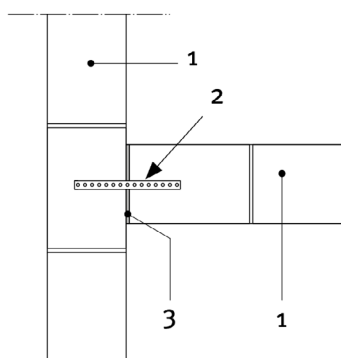


Attache PP21 avec Rail Omega (Ancon) :



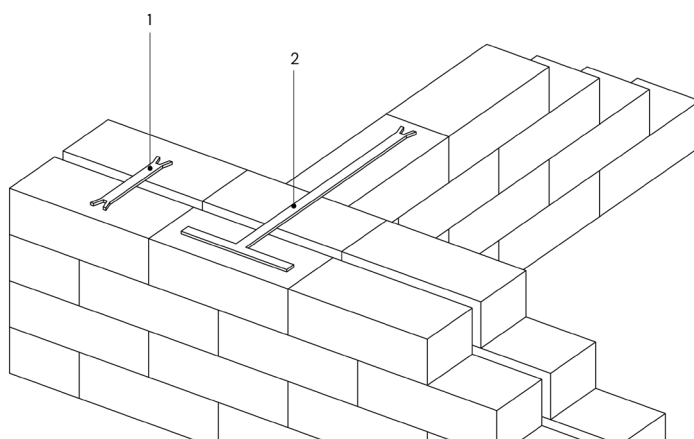
Voorbeelden van dwarskrachtanker met rail [2] p.34

c. Vast dwarskrachtanker



1. Dragend metselwerk
2. Dwarskrachtanker
3. Brandwerende afdichting voor brandvereisten (bijv. mortel, minerale wol, onbrandbaar materiaal klasse A2-S3-do of beter, smeltpunt $\geq 1000^{\circ}\text{C}$)

Voorbeelden van verbindingen met afschuifklemmen [6] p.26



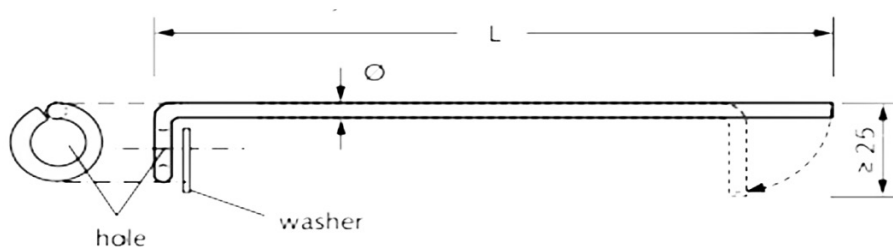
1. Symmetrisch type met gespleten punten
2. Asymmetrisch T-type

Voorbeelden van vaste dwarskrachttankers [6] p.26

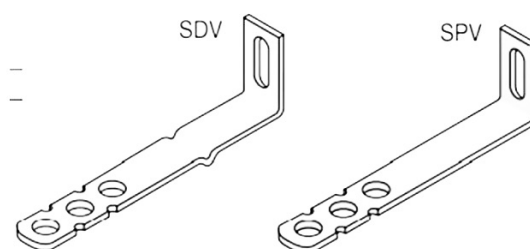
d. Spouwankers voor voorzetwanden

Spouwankers voor voorzetwanden worden geselecteerd op basis van de verwachte differentiële vervormingen en de breedte van de spouw (zie tabel [3] (p.18)). De volgende ankers voldoen aan EN845-1 en zijn getest op uittreksterkte volgens EN 846-5. Er kunnen echter gelijkwaardige ankers worden gekozen als deze gelijkwaardig zijn verklaard en getest.

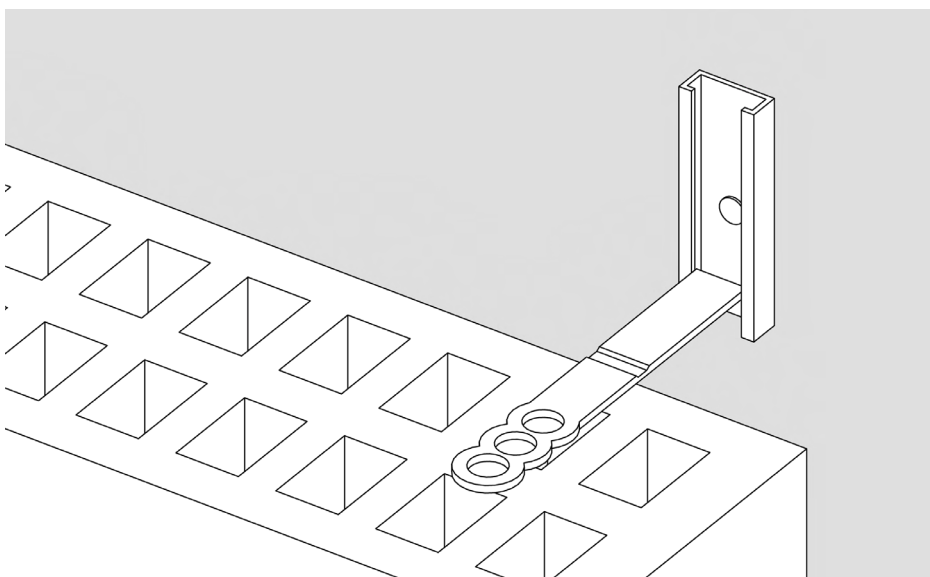
- LSA-L van Halfen
- SPV (of SDV), SP21/28 (of SD21/28), TFMT of AMR van Ancon [3] (p.9)



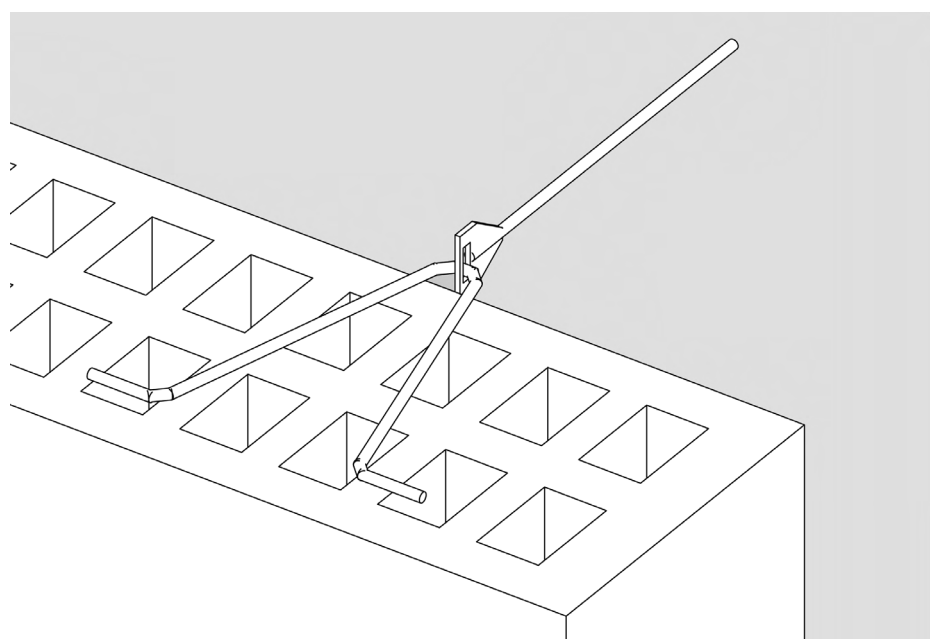
LSA-L-HALFEN spouwanker [3] p.10



Ancon SDV en SPV spouwanker[3] p.10



TFMT spouwanker op rail van Ancon [3] p.10



Attache de liaison pour maçonnerie AMR de Ancon [3] p.10

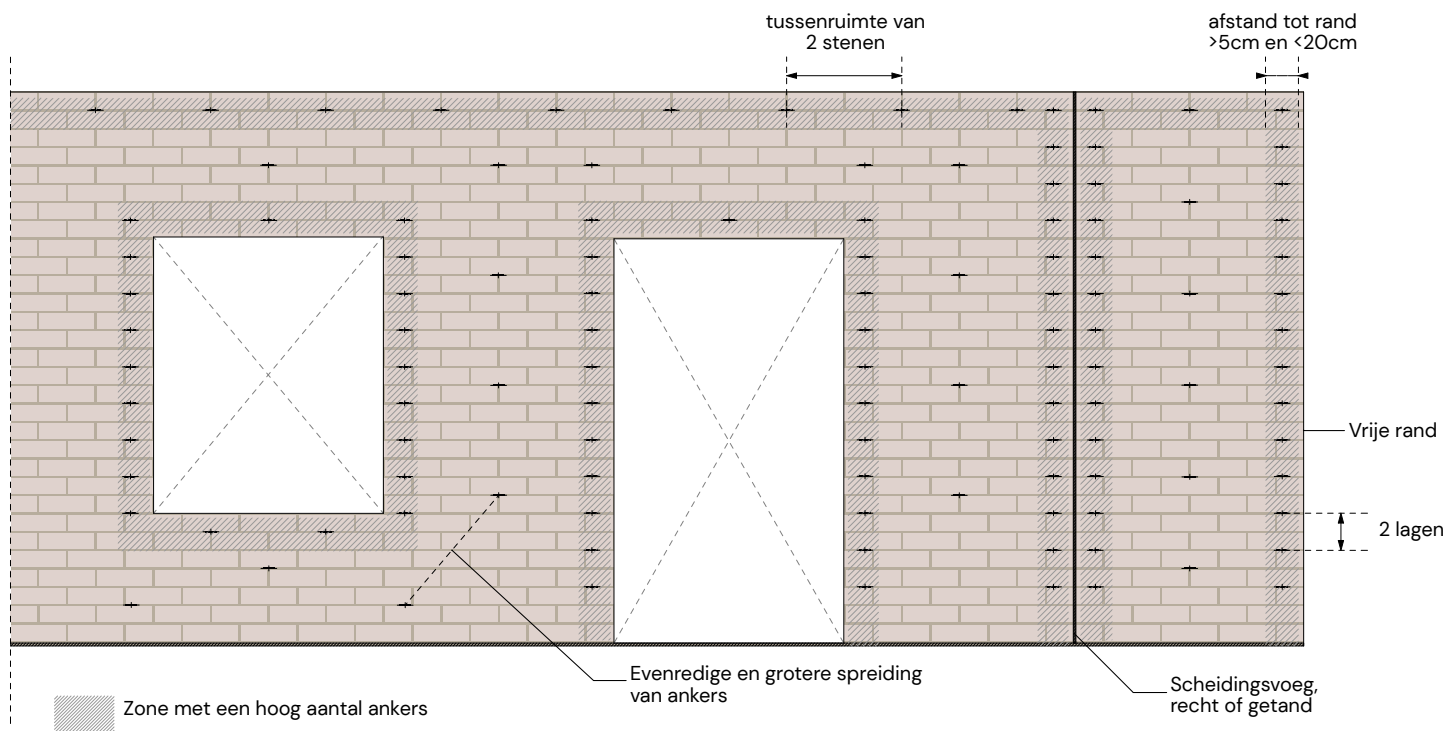
Houd rekening met de volgende aspecten:

- Het aantal benodigde ankers hangt af van de luchtvochtigheid van het binnenklimaat (2-4 bevestigingen/m², meer details in onderstaande tabel) [3] (p.18). Technische details zie sectie 5.2.2

Klimaatklasse en type gebouw	Halfen's LSA-L	Ancon's SDV ou SD28
klasse I	3	2
klasse II	4	3

Aantal ankers / m² in functie van binnenklimaatklassen [3] p.18

- Het aantal ankers is belangrijker op specifieke plaatsen (muurkop, vrije randen): één anker om de twee Léémstenen (verticaal) en één anker om de tweede Léémsteen (horizontaal). Deze ankers moeten zich op een afstand van 5 tot 20 cm van de rand van het metselwerk bevinden, en moeten gelijkmatig over het oppervlak worden verdeeld, rekening houdend met de afmetingen van de isolatieplaten indien van toepassing. [3] (p.21)



Aantal ankers in de buurt van gevoelige gebieden [3] p.21

- Afstand van het uiteinde van het anker tot de zichtbare zijde van de Léémsteen voorzetwand: Zie tabel

Anker modellen	Léém Vormstenen			Léém Persstenen		
	mm	104mm	mm	90mm	140mm	190mm
Halfen LSA-L	30mm	45mm	50mm	37mm	65mm	105mm
SD / P van Ancon	20mm	40mm	50mm	30mm	60mm	120mm

Afstand tussen het uiteinde van de bevestiging en de zichtbare zijde van de gevel [3] p.35

- Het type bevestiging moet ook worden bepaald op basis van de verwachte vervormingen van de draagmuur bij Ultimate Limite State (tabel hieronder)

Technische details zie sectie 5.2.2

3.10.5 Verbindingen met schrijnwerk

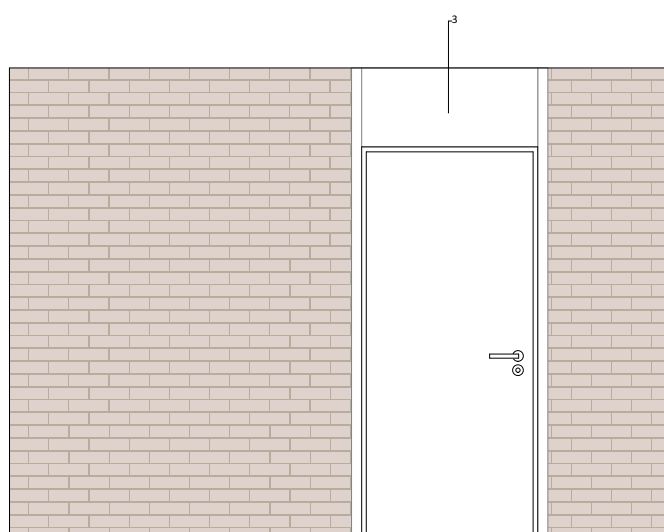
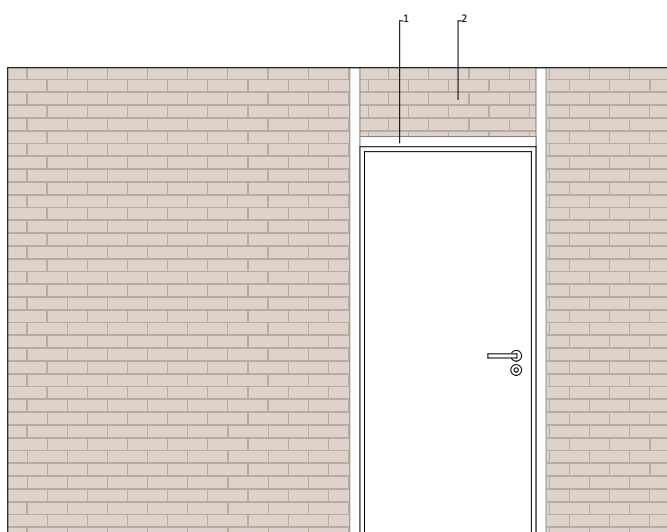
- [1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
- [2] ATEx A 2957 Murs porteurs
- [3] ATEx A 2991 Parement intérieur
- [7] Cycle Terre, Guide

Raam- of deurkozijnen worden dynamisch belast door openen en sluiten en door wind en andere horizontale belastingen. Om barsten of scheuren in Léémsteen metselwerk als gevolg van deze spanningen te voorkomen, kunnen de volgende principes worden toegepast:

- Een raam- of deurblokkader wordt integraal met de muur gemaakt door verankering, al dan niet met toevoeging van afdichting (verankering + mortel). In beide gevallen worden de bevestigingspunten in de mortel van het Léémsteen metselwerk voorzien. Dit blokkader-systeem heeft de voorkeur bij dragende muren. Het materiaal van het blokkader kan staal, hout of aluminium zijn. Bij de keuze voor afdichting van het blokkader moet deze compatibel zijn met onderhoud, reparaties en eventuele vervanging, zonder het Léémsteen metselwerk te beschadigen. [2] (p.55)
- Een doorlopende massieve raam- of deuromlijsting in een ander materiaal (natuursteen, bakstenen, ...)
- Het punctueel inbrengen van materialen die bestand zijn tegen deze belastingen (natuursteen, bakstenen, houtblokken), ingebed in de metselwerkmuur van Léém. [1] (p.42)

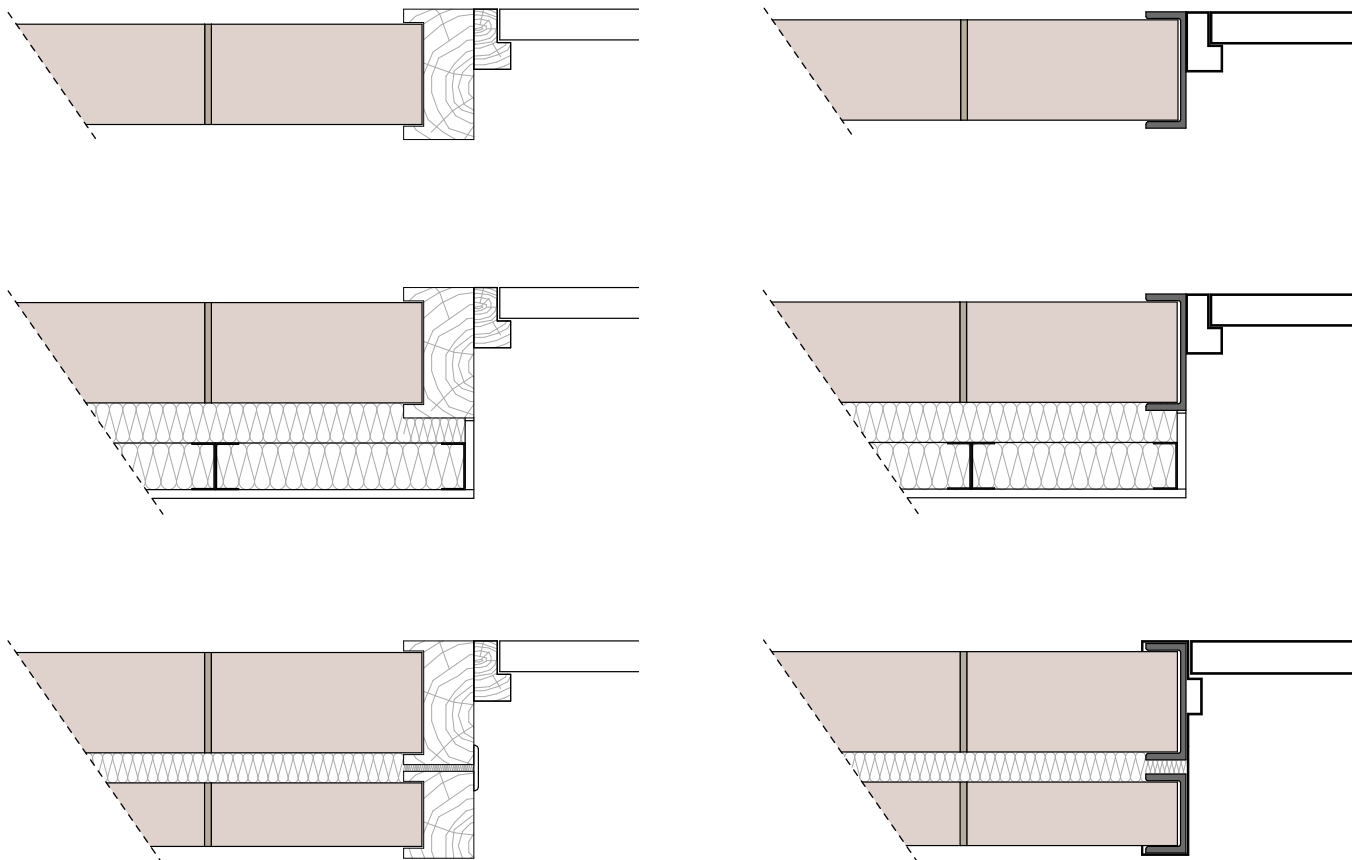
Bij het kiezen van een blokkadersysteem kan deze worden gebruikt als verstijving. Het blokkader bestaat uit 2 kolommen in de Léémsteen wand en wordt onderaan en bovenaan bevestigd. Deze kaderelementen moeten voldoen aan de criteria van een verstijver (zie sectie 3.10 en sectie 5). Hierbij zullen de dimensies van de stijlen van het blokkader structureel bepaald worden. Tevens zal een U-vormig profiel of centrale rib voorzien worden [7] (p.146) (zie sectie 3.10.2)

In het specifieke geval van niet-dragend Léémsteen invulmetselwerk in een draagstructuur kunnen de raam- of deuropeningen worden omkaderd door stijlen en lateien en moet het schrijnwerk in deze elementen worden verankerd (technische details zie punt 5.2.2).



- 1. Latei bevestigd aan verstijvers
- 2. Bovendorpel in Léémsteen metselwerk
- 3. Kozijn inbegrepen in het schrijnwerkpakket met de deur.

Voorbeelden waarbij het deurkozijn als versteviging werkt [7] p.146



Voorbeelden van verbindingen in plansnede met een deurkozijn dat als verstijver werkt [5] p.30

3.11 Hoeken

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

[5] ATEx A 2911 Cloisons

Voor Léémsteen muren in het algemeen moeten de hoeken worden gemaakt in metselverband, om de continuïteit van het verband te verzekeren. Er moet voor worden gezorgd dat de verwachte vervormingen aan weerszijden van de hoek gelijk zijn (met name de zetting van het metselwerk, afhankelijk van de hoogte en het ritme van de plaatsing) [4] (p.35)

In het geval van dubbele muren moeten de hoeken zo worden gemaakt dat de isolatie doorlopend is. (punt 3.12).

In het geval van invulmetselwerk kunnen de hoeken ook worden gemaakt door te verankeren in de verstijvende draagstructuur. (zie sectie 3.10.4).

3.12 Akoestische wanden

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

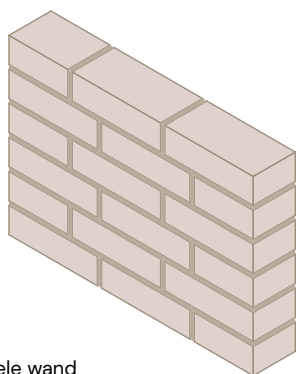
[5] ATEx A 2911 Cloisons

[6] NIT 271 - Exécution des maçonneries

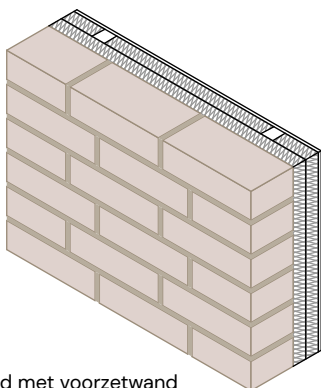
[7] Cycle Terre, Guide

3.12.1 Algemene principes

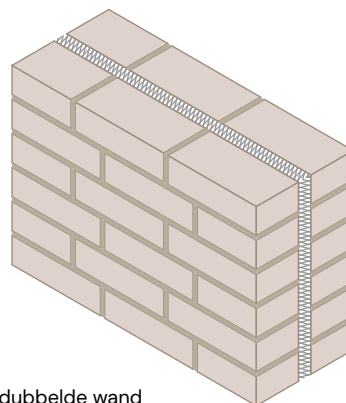
Akoestische wanden zijn bedoeld om de geluidsoverdracht van lucht- en contactgeluiden te dempen door middel van materiaalkeuzes en detaillering. De volgende algemene voorzieningen moeten worden geïntegreerd om geluidsdemping met Léemsteen wanden te bereiken:



Enkele wand

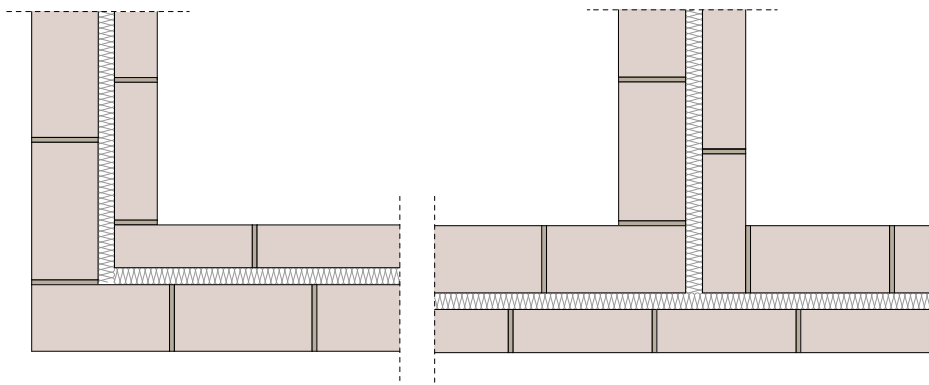


Wand met voorzetwand



Ontdubbelde wand

- Het aanbrengen van Léémpleister verbetert akoestische demping, door akoestische lekken via metselmortel te bedekken. [4] (p.27)
- Zet de akoestische onderbreking van ontkoppelde Léemsteen wanden voort ter hoogte van de platen en funderingen, plafonds, verstijvers, primaire structurele kolommen en balken, ... door het gebruik van ontkoppelingstrips, zwelband of schuimvoegen en dichtingsproducten, profielen, hoeken en andere overlappende systemen, enz. [4] (p.27), [6] (p.47-48)



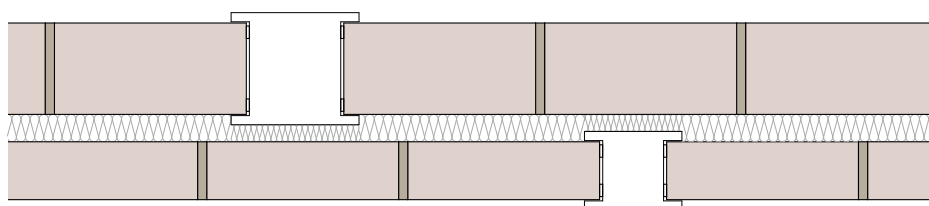
Voorbeelden in plan van L- en T-hoeken voor de conitnuïteit van isolatie in een dubbele wand [5] p. 25

Specifieke bepalingen moeten worden geïntegreerd in het geval van voorzet- of ontdubbelde scheidingswanden (technische details zie punt 5.3.3).

- Voorzetwand bestaande uit Léémsteen muur + isolatie + gipsplaat (of gelijkaardig). Het is belangrijk om aandacht te besteden aan de ont koppeling van het metalen of houten kader van de Léémsteen muur om akoestische bruggen te voorkomen (zie [5] (p.9) voor meer informatie over de bevestiging van metalen frames en gipsplaten).
- Ontdubbelde wand: Léémsteen muur (≥ 9 cm) + spouw (eventueel gevuld met isolatie) + Léémsteen muur (≥ 9 cm). Let op de continuïteit van de isolatie op de hoeken! [7] (p.84-85).

Bij ontdubbelde wand is het volgende wenselijk :

- Bij voorkeur verschillende muurdiktes gebruiken met een spouw van 4cm. Deze spouw wordt ofwel volledig opgevuld met een flexibele isolatie of gedeeltelijk met een harde isolatie (laat hierbij een leegte van min. 2 cm) [6] (p.47-48)
- Gebruik een dampdoorlatende isolatie (isolatie met een lagere S_d dan de S_d van de Léémstenen: voor een 9 cm dikke muur à $S_d = 0,9$ m; voor een 13 cm dikke muur à $S_d = 1,3$ m); minerale wol wordt vaak gebruikt [5] (p.9)
- Ontkoppel de verstijvers in een dubbele wand om akoestische prestaties te garanderen [7] (p.84-85) en [5] (p.19)



Voorbeeld van offset verstijvers voor een dubbele wand waar akoestische prestaties vereist zijn [5] p. 20

- [1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[2] ATEx A 2957 Murs porteurs

13.12.2 (Reken)waardes van akoestische isolatie van wanden

Gebaseerd op labtesten bij Buildwise en berekeningen door Buildwise met Insul Software (zie sectie 2.3.2), zijn de volgende waarden te verwachten bij gebruik van Léémstenen:

Type scheidingswand	Rw (C; Ctr) in dB		
Enkele 9cm dikke scheidingswand	50 dB		Rekenwaarde
Enkele 10,5cm dikke scheidingswand	52 dB		Rekenwaarde
Enkele 14cm dikke scheidingswand	54.3 (-1.6;-4.9) dB		getest volgens ISO 10140-2
Enkele 14cm dikke scheidingswand bepleisterd	54.4(-1.8;-4.9) dB		getest volgens ISO 10140-2
Enkele 19cm dikke scheidingswand	57.7 dB		Rekenwaarde
Enkele 23cm dikke scheidingswand	60.2 dB		Rekenwaarde
Enkele 29cm dikke scheidingswand	63.2 dB		Rekenwaarde
Dubbele scheidingswand 9 - 2cm wol - 9 structureel ontkoppeld met en zonder spouwankers (niet-akoestisch)	61 dB	73dB	Rekenwaarde
Dubbele scheidingswand 14 - 2cm wol - 9 structureel ontkoppeld met en zonder spouwankers (niet-akoestisch)	64 dB	76 dB	Rekenwaarde

Voor andere wandopbouwen, kan de ontwerper gebruik maken van Insul software om de luchtgeluidsisolatie in te schatten volgens EN ISO 12354-1, waarbij de dichtheid en E-modulus gegeven zijn (zie technische fiches).

Voor ruwere schattingen van rekenwaardes zonder software is het aangewezen om de muur steeds bepleisterd voor te schrijven, dit maakt het mogelijk om de «massawet» toe te passen zonder akoestische lekken in de mortel door uitvoering. [2] (p.43) De «massawet» is een rekenwet waarbij de geluidsisolatiewaarde van een muur een functie is van zijn oppervlaktemassa: de doorgelaten energie is omgekeerd evenredig met het kwadraat van de massa. Uit deze wet, ook bekend als de wet van Berger, volgt dat de bruto akoestische isolatie-index van een muur met 6 dB toeneemt bij verdubbeling van de massa of, voor een homogeen materiaal, bij verdubbeling van de dikte [1] (p.52)

13.12.3 Akoestische isolatie tussen woningen

Gebruik makend van TVN 281 «Akoestische isolatie van woningen» kunnen we de contactgeluidsisolatie (gebaseerd op de oppervlaktemassa) en luchtgeluidsisolatie (gebaseerd op akoestische testen) van Léém Persstenen afzetten tegen die van kalkzandstenen, snelbouwbakstenen, gietbeton en betonstenen. Hieruit blijkt dat in elk bouwconcept van akoestische scheiding (enkele wand met isolatie, dubbele wand, enkele wand met voorzetwand) leemstenen beter isoleren dan kalkzandstenen, snelbouwstenen gietbeton en betonstenen.

Wil je leemstenen akoestisch toepassen als woningscheidende wand in rijwoning, appartement of kolomwoning, en wil je weten of dit voldoet volgens de gevalideerde bouwconcepten in TVN 281, contacteer ons dan om onze nota met gevalideerde bouwconcepten met leemstenen te verkrijgen.

3.13 Luchtdichtheid

- [2] ATEx A 2957 Murs porteurs
- [7] Cycle Terre, Guide
- [10] Sustainable Building with Earth
- [22] NIT 284 Les enduits intérieurs
- [25] NIT 255 Etanchéité à l'air

Luchtdichtheid bij Léémsteen wanden kan worden verzekerd door de volgende bepalingen:

- Een Lééempleister van minimaal 10 mm, zoals geadviseerd door Buildwise in NIT 284, garandeert de luchtdichtheid van Léémsteen wandvlakken en hoeken [22] (p.53), [10] (p.415–416), [7] (p.79). Luchtlekken door mortelvoegen worden immers afgedekt door de pleister. Deze pleister kan zowel aan de blootgestelde zijde van Léémsteen wand worden aangebracht (als pleisterafwerking), als aan de niet-blootgestelde zijde van een Léémsteen wand (bv. tussen Léémsteen binnenspouwblad en isolatie).
- Dilatatievoegen tussen Léémsteen wanden onderling of met andere materialen

3.14 Binnenspouwbladopbouw

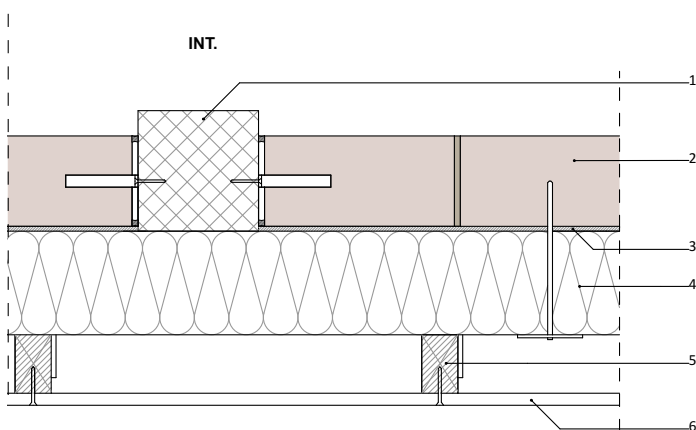
[3] ATEx A 2991 Parement intérieur

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

Er zijn verschillende soorten wandopbouwen mogelijk. We geven ze hier weer in verschillende gevallen enkel als principe. Een volledige lijst van bouwdetails kan worden gevonden in sectie 5.3.1.

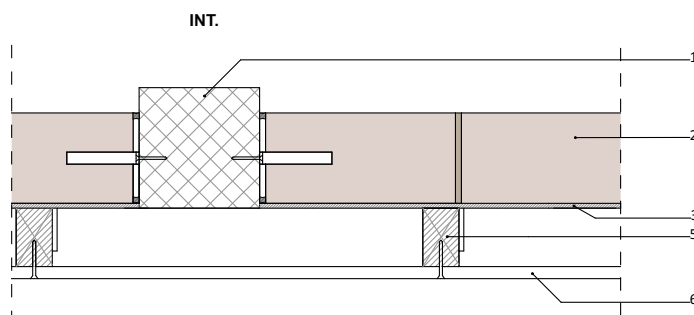
3.4.1 Case A: Binnenspouwblad-invulmetselwerk binnen een draagstructuur.

Case A behelst invulmetselwerk binnen een draagstructuur. Vervolgens volgt een eventuele pleisterlaag, een eventuele isolatielaag, secundaire structuur, een geventileerde luchtspouw en de gevelbekleding. De secundaire (gevel)structuur bestaat uit houten spanten of metalen balken die aan de draagstructuur zijn bevestigd. [4] (p.5+14) De minimale dikte van de Léémsteen muur is 13 cm. De Léém Vormstenen kunnen in deze Case A enkel gebruikt worden als ze geïsoleerd zijn (zie linkerdetail).



Plansnede - Case A met pleisterlaag en isolatie aan de buitenzijde [4] p.6

1. Kolom van gewapend beton of houtskeletbouw
2. Invulmetselwerk in Léém Vormsteen of Léém Perssteen
3. Bepleistering met Léém Pleister
4. Isolatie
5. Secundaire structuur van buitengevel + geventileerde spouw
6. Gevelbekleding

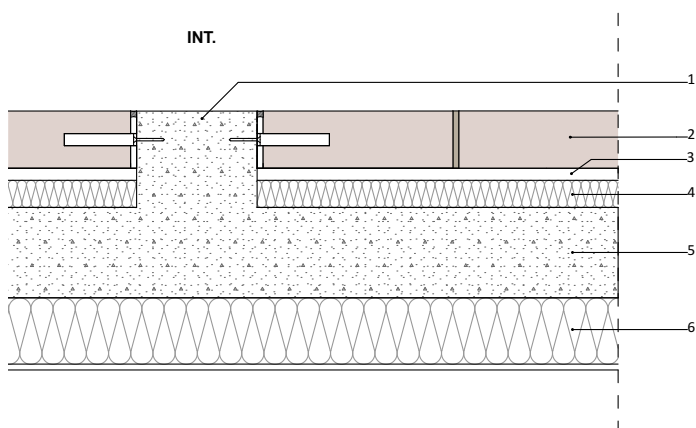


Plansnede - Case A met pleisterlaag zonder isolatie aan de buitenzijde [4] p.6

1. Kolom van gewapend beton of houtskeletbouw
2. Invulmetselwerk in Léém Vormsteen of Léém Perssteen
3. Bepleistering met Léém Pleister
5. Secundaire structuur van buitenbekleding + geventileerde spouw
6. Gevelbekleding

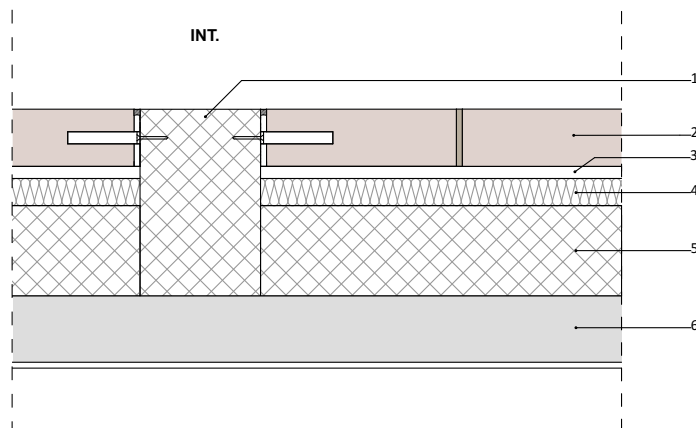
3.14.2 Case B: Invulmetselwerk als voorzetwand van een dragend buitengevelsysteem.

In een Case B is er een dragende buitengevel die volledig van beton, houtskelet of metselwerk kan zijn, ofwel een hybride wand van beton en houtskelet. Léémsteen metselwerk verschijnt hier als invulmetselwerk en voorzetwand van de dragende buitengevelmuur. Tussen de Léémsteen muur en de buitenmuur van de gevel moet een spouw van minstens 1 cm zitten, en deze mag geventileerd worden. [4] (p.5+14) , [3] (p.5+ p.23). De minimale dikte van de Léémsteen muur is 7 cm. Deze voorzetwand moet verankerd worden (zie sectie 3.10.4.d)



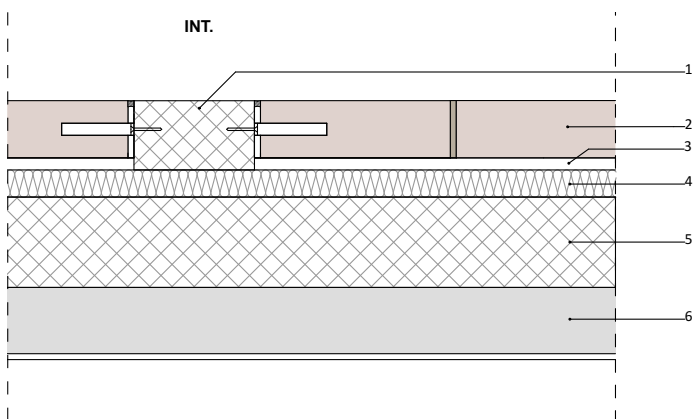
plansnede – Case B : Invulmetselwerk als voorzetwand voor betonnen draagstructuur met bepleisterde isolatiepaneel [4] p.7

1. Kolom van gewapend beton of houtskelet
2. Invulmetselwerk met Léém Vormstenen of Léém Persstenen
3. spouw (al dan niet geventileerd)
4. Isolatie (indien nodig)
5. Wand van gewapend beton
6. Isolatie + bepleistering aangepast aan de ondergrond



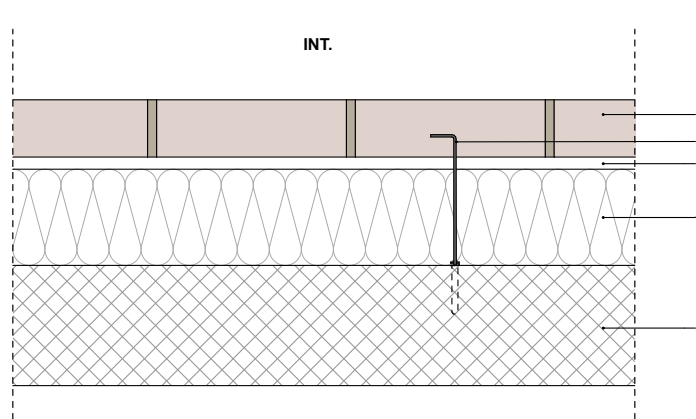
plansnede – Case B : Invulmetselwerk als voorzetwand voor draagstructuur in houtskelet of metselwerk[4] p.7

1. Kolom van gewapend beton of houtskeletbouw
2. Invulmetselwerk met Léém Vormstenen of Léém Persstenen
3. spouw (al dan niet geventileerd)
4. Isolatie (indien nodig)
5. Invulmetselwerk of houtskelet, ondersteunt de gevelbekleding
6. Buitengevel



Plansnede – Case B : Invulmetselwerk als voorzetwand verbonden met onafhankelijke kolom [4] p.7

1. Kolom van beton of houtskeletbouw gescheiden van de gevelmuur
2. Invulmetselwerk met Léém Vormstenen of Léém Persstenen
3. Geventileerde of niet-geventileerde luchtruimte
4. Isolatie indien nodig
5. Metselwerk of houten omhullende muur – ondersteuning voor buitenbekleding
6. Buitengevel

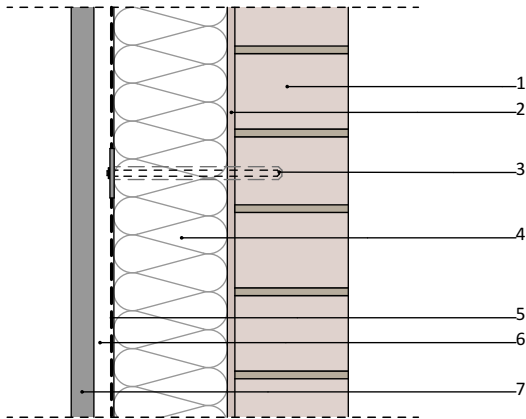


Plansnede – Voorzetwand voor betonwand met tussenisolatie

1. Voorzetwand met Léém Vormstenen of Léém Persstenen
2. Spouwankers (Zie sectie 10.4)
3. Luchtsponw (al dan niet geventileerd)
4. Interne thermische isolatie
5. Betonnen draagmuur

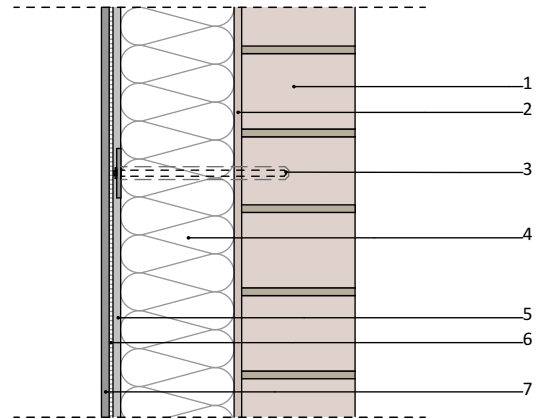
3.14.3 Case C: Dragend geïsoleerd binnenspouwblad

Het Léémsteen metselwerk fungeert als dragend, geïsoleerd binnenspouwblad, al dan niet met spouw. De minimale dikte van de Leemmetselwerkwand is 13 cm.



Snede – Leem metselwerk muur hygrometrisch gevalideerd door Buildwise

1. Gemetselde muur in gegoten of samengeperste Léém-blokken (14 tot 29 cm)
2. Gips van Terre de Léém of mortellijm voor winddichtheid
3. Drevel met rozet voor bevestiging isolatie
4. Isolatie compatibel met buitenpleister (15cm)
5. Waterdicht, damp-open regenscherm
6. Luchtruimte
7. Externe bekleding



Snede – Leem metselwerk muur hygrometrisch gevalideerd door Buildwise in een ETICS bouwsysteem

1. Mur de maçonnerie en blocs de Léém coulés ou compressés (14 à 29 cm)
2. Terre de Léém plâtre ou mortier-colle pour l'étanchéité au vent
3. Cheville avec rosace pour fixation de l'isolant
4. Isolant compatible avec l'enduit extérieur (15cm)
5. Mortier de renforcement
6. Armature
7. Primaire, enduit de finition et peinture de finition

3.14.4 Hygrometrische validatie van deze cases

Over het algemeen geeft sectie 3.3.4 informatie over het hygrometrisch ontwerp van deze Cases. Het volstaat hier te herhalen dat BC Materials en Buildwise op dit moment de geïsoleerde versie van Case A evenals Case C hebben gevalideerd door middel van hygrometrische berekeningen. Deze berekeningen bevestigen de meer algemene regel dat van binnen naar buiten de warmteoverdrachtsweerstandswaarden R van de bouwlagen moeten toenemen en de waterdampdiffusieweerstandsfactoren μ moeten afnemen.

3.14.5 Dimensionering van de luchtspouw in deze cases

De dimensionering van de luchtspouw (voor onderstaande omgevingsfactoren) moet als volgt worden beschouwd:

- Normale omgeving: minimale dikte van de luchtspouw = 1cm. Deze luchtspouw kan worden geventileerd om het uitwisselingsoppervlak tussen de omgevingslucht en het Léémsteen metselwerk te vergroten. Dit verbetert de traagheid en de vochtigheidsregeling van de ruimte. De ventilatie van de luchtspleet is echter ongunstig vanuit akoestisch oogpunt
- Ruimte met een hogere luchtvochtigheid (MX2.1) en muur en/of dampschermwand met $S_d > 20$ m: minimale dikte van de luchtspleet = 2 cm + aanbevolen ventilatie van de luchtspleet [3] (p.19)

(Technische details zie sectie 5.3.1)

3.15 Bevestigen van zware lasten

[3] ATEX A 2991 Parement intérieur

[4] ATEX A 2990 Maçonnerie de remplissage

Hier volgen enkele richtlijnen voor het bevestigen van lasten in een muur van Léém metselwerk:

- De bevestiging van voorwerpen met een massa van minder dan 30 kg is toegestaan met plastic of rubberen expansiepluggen.
- De bevestiging van voorwerpen met een gewicht tussen 30 en 100 kg is toegestaan met HUS3-schroeven van Hilti of gelijkwaardig, of met HIT-V draadstangen met chemische afdichting met HY 170 hars van Hilti of gelijkwaardig, met een minimum van 4 schroeven of stangen.
- De bevestiging van structurele elementen in het metselwerk is niet toegestaan. [4] (p.47) en [3] (p.31)

Voor specifieke toepassingen, zoals bijvoorbeeld ophanging van gevelsystemen aan Léém Metselwerk, gelieve BC materials te contacteren. We hebben proefrapporten beschikbaar dewelke veel grotere lasten toelaten dan de vuistregels hierboven.

3.16 Bescherming tegen abrasie

[4] ATEX A 2990 Maçonnerie de remplissage

In de meeste gevallen is er geen speciale bescherming nodig voor het Léémsteen metselwerk, omdat het over het algemeen niet abrasief is noch gevoelig is voor schokken. In gebieden waar het risico op abrasie bijzonder hoog is, kan bescherming of het aanbrengen van een oppervlakteafwerking op het metselwerk of een deel ervan de weerstand van de muur versterken. [4] (p.23) Raadpleeg sectie 4.4 voor de verschillende soorten oppervlakteafwerkingen.

3.17 Gaten en nissen in de muur

[7] Cycle Terre, Guide

Openingen en doorvoeren in muren zijn toegestaan als er geen brandwerendheidseisen zijn en zolang hun oppervlakte beperkt blijft tot 200 cm² en hun breedte tot 10 cm. De totale breedte van de openingen en doorvoeringen moet minder zijn dan een tiende van de lengte van de muur. [7] (p.150-151)

4.

Uitvoeringsrichtlijnen



4.1 Voorbereiding en werfcondities

Weersomstandigheden: Bij het metselen moet voorzichtig te werk worden gegaan, vooral bij koud, warm en winderig weer. Als er kans is op vorst, mogen er geen metselwerkzaamheden worden uitgevoerd. Zodra de temperatuur permanent boven de 30°C is, verdient het bij het gebruik van bastaardmortel met Léém Additief de voorkeur om kleine hoeveelheden mortel te bereiden die in minder dan 30 minuten wordt gebruikt. Wanneer u Léém (Lijm)mortel gebruikt, aarzel dan niet om het mengsel regelmatig opnieuw te bevochtigen om de oorspronkelijke morteltextuur te behouden.

Als het metselwerk te snel uitdroogt, kunnen er scheuren ontstaan door sterke krimp. Er kunnen enkele eenvoudige voorzorgsmaatregelen worden genomen: bouw tijdens de minst warme uren, bescherm de mortel en het metselwerk tegen uitdrogen (licht besproeien, dekzeil, enz.).

Opslag van stenen en mortel: Léémbouwmaterialen moeten worden beschermd tegen regen en vocht tijdens alle bewerkings- en opslagfasen vóór het plaatsen. Léémstenen moeten bij voorkeur beschermd van water worden bewaard, en de verpakkingsfolie moet, enkele dagen voor het plaatsen van de stenen, van de pallets worden gehaald, zodat eventuele condensatie kan opdrogen.

Het werk beschermen tijdens de bouw: Het metselwerk moet zo geplaatst worden dat de stabiliteit tijdens de bouw gegarandeerd is. Tijdens de bouwwerkzaamheden en tot aan de voltooiing ervan moeten de muuroppervlakken, en vooral de uitstekende hoeken, worden beschermd tegen schokken die ze zouden kunnen beschadigen. Deze schade wordt meestal veroorzaakt door het hanteren van zware elementen tijdens de bouw (bekistingen, steigers, diverse gereedschappen) of door het manoeuvreren van machines en voertuigen op de bouwplaats. Léém Vormstenen moeten worden beschermd tegen regen, lekken of stagnerend water aan muurkop, muurvoet en laterale wand (zie tabel in sectie 1.5.3 evenals sectie 4.2).

Valideren van textuur en prototype: In het geval van zichtbaar Léémsteen metselwerk kan de kwaliteit van de afwerking (textuur, kleur, voegwerk en afwerking) worden gevalideerd door aan het begin van de werf een of meer prototypewanden te maken om het gewenste resultaat en de acceptatiecriteria te bepalen. De prototypes worden gemaakt met materialen en plaatsingsvoorschriften die specifiek zijn voor het geplande contract en met afmetingen die worden bepaald door de projectbeheerder/architect. De prototypes worden ter plaatse gemaakt en bewaard voor de duur van het project. Het uitzicht wordt ter plaatse gecontroleerd en bij oplevering aanvaard door vergelijking met de prototypewanden, in overeenstemming met de vooraf bepaalde toleranties.

Vorbereiding van de mortel: Zie onderstaande tabel.

Bereiding van de verschillende mortels van Léém

	Léém mortel 10 mm	Léém Lijmmortel 1-3 mm	Bastaardmortel met Léém Additief 10mm
Dosering	Meng de mortel met water in de verhoudingen aangegeven op de Technische Fiche of tot je een gladde, homogene pasta verkrijgt die aangenaam is om mee te werken.	Meng de mortel met water in de verhoudingen zoals aangegeven in de Technische Fiche..	Meng het droge additief met bastaardmortel M10, en nadien water, volgens verhouding vermeld in Technische Fiche.
Mengen	Mengen kan met alle soorten betonmixers, verticale of horizontale schroefmixers of planetaire mixers. Voor kleine hoeveelheden kunnen schildersmixers of een op een boormachine gemonteerd menghulpstuk worden gebruikt. Mengen met de hand (troffel of schop) is ook mogelijk. Meng tot een homogene pasta. Het is aan te raden om het mengsel 30 minuten te laten staan en vervolgens te hermengen.	Het mengen kan worden uitgevoerd met mengers die speciaal bedoeld zijn voor Lijmmortel. Voor kleine hoeveelheden kunnen schildersmengers of een op een boormachine gemonteerd menghulpstuk worden gebruikt. Mengen met de hand (troffel of schop) is ook mogelijk. Meng tot een homogene pasta. Het is raadzaam om het mengsel 30 minuten te laten staan en vervolgens te hermengen.	Mengen kan met alle soorten betonmixers, verticale of horizontale schroefmixers of planetaire mixers. Voor kleine hoeveelheden kunnen schildersmixers of een op een boormachine gemonteerd menghulpstuk worden gebruikt. Mengen met de hand (troffel of schop) is ook mogelijk. Meng tot een homogene pasta is verkregen. Het mengsel moet onmiddellijk na het mengen worden gebruikt.
Gebruiksduur	Eenmaal gemengd kan de mortel onbepaald worden gebruikt als hij vochtig blijft, aangezien er geen hydraulische uitharding van de mortel is en er geen plantaardig materiaal is dat door water kan worden afgebroken. Er moet echter wel rekening worden gehouden met het corrosieve effect op machines en apparatuur. Wanneer vezels aan de mortel worden toegevoegd, blijft de	Na het mengen en rusten moet de mortel worden aangebracht.	Eenmaal gemengd, moet de mortel snel worden gebruikt. Vooral bij warm weer is het aan te raden om de mortel minder dan 30 minuten na het aanmaken te gebruiken.



Dosering van mortel en water om te mengen



Mortel mengen



Aanbrengen van Léem Lijmmortel



Aanbrengen van Léem Mortel



Stockage van Léém Persstenen op de bouwplaats

4.2 Plaatsingsrichtlijnen

[3] ATEx A 2991 Parement intérieur

Zoals uitgelegd in sectie 1.4, heeft het Léém gamma 2 soorten stenen (Léém Vormsteen en Léém Perssteen) en 3 soorten mortel (Léém Mortel, Léém Lijmmortel en een bastaardmortel met Léém Additief). Het metselwerk met deze types stenen en mortels lijkt erg op conventioneel metselwerk. Een ervaren metser kan er dus goed mee uit de voeten. Er zijn echter enkele aandachtspunten die specifiek zijn voor het Léém gamma waar de metser rekening mee moet houden, voornamelijk met betrekking tot de beheersing van vocht in het metselwerk en de plaatsing van het steen in de mortel. Deze aandachtspunten worden hieronder opgesomd:

- Vóór het leggen moet een Léémsteen nat gemaakt worden om een goede hechting met de mortel te garanderen. Een Léém Perssteen wordt ondergedompeld in water en onmiddellijk verwijderd. Een Léém Vormsteen daarentegen wordt echter licht bevochtigd aan de mortelzijden met een spons of een brede borstel, zoals een kaleiborstel. Het legvlak moet op dezelfde manier licht bevochtigd worden.
- De metser kan met een rubberen hamer licht op de Léémsteen slaan. (Een voorhamer, een hamer of zelfs het handvat van een troffel moet worden vermeden, omdat dit kan leiden tot splinters in de bekleding en randen, of zelfs tot het scheuren van de blokken of het destabiliseren van het eerder gelegde metselwerk).
- Het snijden van blokken gebeurt droog en met stofafzuiging. Léém Persstenen kunnen worden gesneden met een nat snijsysteem, waarbij de watertoevoeging kan worden geregeld.
- Zodra de Léémsteen is geplaatst, kan deze niet meer worden opgetild om extra mortel onder te schuiven. In dit geval is het beter om de Léémsteen op te tillen, de oude mortel weg te halen, nieuwe mortel aan te brengen en de Léémsteen opnieuw te plaatsen.
- Verticale voegmortel moet vóór het leggen op de Léémsteen worden gebracht.
- Het is verboden om Léémsteenstukken van minder dan $\frac{1}{4}$ steenmaat te gebruiken.
- De opeenstapeling van verticale voegen is verboden, behalve in uitzonderlijke gevallen en op maximaal 3 opeenvolgende lagen.
- Het is aanbevolen om een metselverband vooraf op te stellen.
- Het plaatsen van de Léémstenen bij vorst wordt afgeraden.
- Dek de muren altijd af tijdens het bouwproces. Voor metselwerk met Léém Persstenen moet de kop van de muur beschermd worden. Voor metselwerk met Léém Vormstenen moet de kop en voet van de muur en de wandoppervlaktes beschermd worden.
- Om de hechting van Léém Pleister op Léémsteen muren te verbeteren, is het ook aan te raden de voegen tot 1 cm uit te krabben. [10] (p. 326)
- Het is absoluut niet toegestaan om mortelolie, zeep of andere toevoegingen aan Léém (Lijm)mortel toe te voegen.

4.2.1 10mm voegen met Léém Mortel

[1] Guide des bonnes pratiques:

Briques de terre

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs

[7] Cycle Terre, Guide

[10] Sustainable Building with Earth

Léém Mortel bevat geen additieven of stabilisatie, en is bedoeld voor voegen van 10 mm. Hoe minder vocht in de mortel, hoe lager de krimp in de mortelvoeg, maar hoe groter het risico op verzwakking van de hechting met de Léémstenen door te snelle droging.

Voegen kunnen op verschillende manieren worden aangebracht: [1] (p.15–17)

- Zonder opnieuw te voegen: de stenen worden in een overvloeiende mortelbed gelegd, waarbij er afgeschraapt wordt met volle voegen als resultaat
- Meegaand voegen: overlopende mortel wordt afgeschraapt; de voegen worden direct glad- en dichtgestreken met een voegspijker. Deze techniek is alleen mogelijk bij Léém Persstenen.
- Achteraf voegen na droging: de voegen worden uitgekrabt juist na de metselwerken; vervolgens, nadat de mortel voldoende is uitgehard of volledig

droog is, worden de voegen opgevuld met mortel; het glad- en dichtstrijken wordt uitgevoerd met een voegspijker.

Bij het opnieuw voegen kan gebruik worden gemaakt van halfronde voegen, driehoeksvoegen, gladde voegen en, voor binnenmetselwerk, holle voegen.

4.2.2 10mm voegen met bastaardmortel en Léém Additief

Een bastaardmortel M10 (bv. Diamur 265B M10) wordt ter plaatse gemengd met 25% Léém Additief. Deze gemodificeerde bastaardmortel wordt gebruikt op bouwplaatsen waar hoge eisen worden gesteld aan de watervastheid of waar sprake is van uitzonderlijke lasten of specifieke drogingsbehoeften. Voegen gemaakt met deze bastaardmortel zullen sneller uitharden dan voegen gemaakt met Léém Mortel zullen uitharden.

Sectie 4.2.1 is integraal van toepassing.

4.2.3 1-3mm dunvoegen met Léém Lijmmortel

Léém Lijmmortel wordt gebruikt om Léém Persstenen te «lijmen» in voegen van 1-3 mm. Gebruik het juiste gereedschap, zoals de lijmmortelverspreider verkrijgbaar in het Léém metselwerk assortiment als accessoire.

Deze mortel wordt alleen gebruikt met Léém Persstenen en op bouwplaatsen waar hoge eisen worden gesteld aan de snelheid van uitvoering en de sterkte van het metselwerk.

4.2.4 Snelheid van opbouw en van droging

Bij het gebruik van Léém (Lijm)mortel is het belangrijk op te merken dat het meer tijd nodig heeft om uit te harden dan kalk- of cementmortel. Hier volgen enkele indicaties over de montagesnelheid en droogtijd in functie van de belasting [2] (p.37/90):

- De droogtijd hangt af van de klimatologische omstandigheden, het type Léémsteen en de gekozen Léém Mortel.
- Vers metselwerk van Léém mag pas door een vloer of een muur worden belast wanneer het voldoende sterk is om de belasting zonder beschadiging te dragen (wij gaan ervan uit dat de «conventionele» weerstand, die overeenkomt met 80% van de maximale weerstand, in normale omstandigheden van 18-25°C en 40%-60% relatieve luchtvochtigheid na 28 dagen wordt bereikt voor metselwerk van Léém Vormstenen en na 14 dagen voor metselwerk van Léém Persstenen).
- Vers metselwerk van Léém mag niet worden bepleisterd voordat de droogkrimp is opgetreden. Als algemeen principe geldt dat er bij normale hygrothermische omstandigheden 3 weken moet worden gerekend voordat er zetting optreedt om scheuren in het pleisterwerk te voorkomen.
- Een opgaande muur van Léémstenen moet worden gebouwd door een maximum aantal opeengestapelde lagen per dag te leggen, om elk risico op ontkoppeling van de onderste lagen te vermijden: 12 lagen/dag voor kleine blokken; maximaal 10 x de dikte van de muur (over het algemeen tussen 95 en 150 cm/dag).
- Wanneer de hoogte van de muur meer dan 4,5 m bedraagt, wordt aanbevolen om de metselwerkwanden in twee fasen te voltooien met een tussenperiode van twee weken. Bij warm, droog weer kan deze periode worden teruggebracht tot één week. Deze voorzorgsmaatregel is bedoeld om het fenomeen van zettingen aan het bovensse deel tijdens het droogproces te beperken. [3] (p.34)

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[3] ATEx A 2991 Parement intérieur



Léem Perssteen wordt bevochtigd voor betere hechting met mortel



Aanbrengen van Léem Lijmmortel



Aanbrengen van Léem Lijmmortel



Leggen van een Léem Perssteen op met Léem Lijmmortel

Vergelijking van Léemstenen metselwerk

	Léem Vormstenen				Léem Persstenen	
	Léemmortel 10mm	Léem Lijmmortel 1-3mm	Léemmortel 10mm	Léem Lijmmortel 1-3mm	Bastaardmortel met Léem additief 10mm	
Vaanputten						excl. bastaardmortel
uitvoering						

Verwachte transportbreuk	< 5%	< 5%	< 2%	< 2%	< 2%	< 2%
Verwacht steenverlies / mortelverlies	4% / 10%	4% / 10%	4% / 10%	4% / 4%	4% / 10%	4% / 10%
Opbouwsnelheid in m2 / h / persoon		-20%		-40%		
Maximaal metsellagen per dag	12	12	12-15	12-15	12-15	12-15
Droogtijd voor verder metselwerk	7 dagen	3 dagen	7 dagen	3 dagen	1 dagen	1 dagen
Gemak van demontage	+++	++	+++	++	+	+
Gemak van afvalbeheer	+++	++	++	++	+	+
Werfbeheer	Bescherming tegen water aan bovenkant muur, -voet en -wand	Bescherming tegen water aan bovenkant muur, -voet en -wand	Bescherming tegen water aan bovenkant muur en muurwand	Bescherming tegen water aan bovenkant muur	Bescherming tegen water aan bovenkant muur	Bescherming tegen water aan bovenkant muur

4.3 Uitvoeringstoleranties

[5] ATEx A 2911 Cloisons
[6] NIT 271 – Exécution des
maçonneries

De maattoleranties van Léémsteen metselwerk, afwijkingen van verticale uitlijning, loodrechte uitlijning, vlakheid rechtheid en dikte zijn die welke worden toegepast op kleine gemetselde muurpanelen. [5] (p.36) Ze zijn samengevat in de tabel uit de TVN 271 in [6] p.116.

4.4 Afwerkingen en behandelingen

[1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[9] Earth Masonry : Design and
Construction Guidelines

Wat betreft hun afwerking, kan men metselwerk als volgt indelen:

- Gewoon metselwerk: de muur is bedoeld om gepleisterd of bekleed te worden
- Zichtbaar metselwerk: de muur moet zichtbaar blijven, waarbij de zichtbaarheid van Léémsteen metselwerk in vier hoofdaspecten kan worden beoordeeld: kleur, textuur, mortelvoegen en aangebrachte behandelingen.» [9] (p.61)

Om het esthetische aspect te beheersen, moet aandacht worden besteed aan de volgende punten:

- Het metselverband, met bijzondere aandacht voor de regelmatige verdeling van voegen en blokken, 1/2 blok (half blok) of 3/4 blok
- De afwerking van de voegen [1] (p.16-17)
- De te plaatsen Léémstenen moeten gemengd worden uit minstens 10 verschillende paletten, om kleur- en aspectverschillen tussen verschillende delen van de muur te vermijden.

Léém Vormsteen metselwerk kan worden gesponsd, dit zorgt voor eenheid in kleur en textuur tussen stenen en mortel gelijkaardig aan kalei-afwerking. Het metselwerk van Léém Perssteen metselwerk kan ook worden gesponsd, maar dan wordt het metselwerk enkel gereinigd.

Oliën of waxen (zoals beschikbaar in het Léém gamma bij pleisterafwerkingen) kunnen als behandeling op de muur worden aangebracht. Hun effecten op het Léémsteen metselwerk kunnen als volgt worden beschreven:

- Verhoging van de hardheid en dus de duurzaamheid van het muuroppervlak
- Verhoging van de waterbestendigheid
- Accentuering van de natuurlijke kleur van mineralen
- Vermindering van de waterdoorlatendheid van het oppervlak en dus van het waterregulerend vermogen. [9] (p.65) Het beste is om dit desgevallend plaatselijk aan te brengen om de vochtregulerende capaciteiten van de muur niet volledige teniet te doen.

Het aanbrengen van een fixatief of een Léém Verf op Léémsteen metselwerk kan voorkomen dat stof of fijne korrels van de muur komen. Er moeten niet-filmvormende en dampdoorlatende oplossingen worden gebruikt [3] (p.36), zoals Léémverf, Léém Fixatief, of andere oplossingen op basis van sodiumsilicaat, ...

Voor gewoon metselwerk is het ook mogelijk om een dampdoorlatende pleister aan te brengen, bij voorkeur Léém Pleister, maar dampdoorlatende kalkpleisters zijn ook mogelijk.



Opvoegen van metselwerk

5.

Bouwdetails

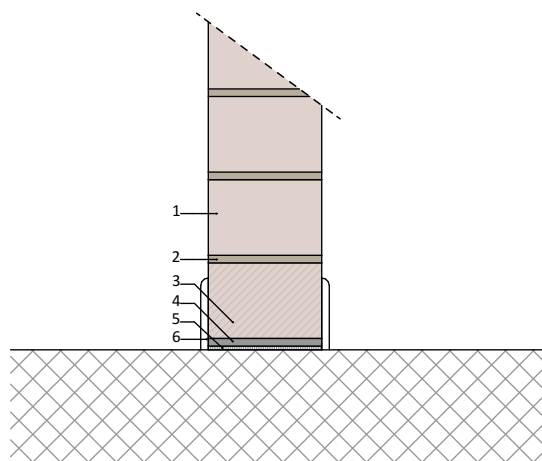


Alle bouwdetails in deze sectie worden gegroepeerd volgens de muurtypologieën zoals geïntroduceerd in sectie 1.5.1:

- Dragend: buitenmuur of binnenmuur
- Niet-dragend: invulmetselwerk als buitenmuur, invulmetselwerk als binnenmuur, binnenwand distributief, binnenwand separatief, voorzetwand.

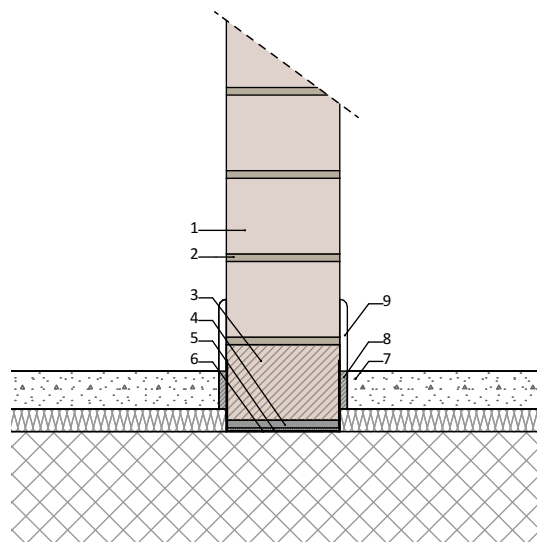
5.1 Algemene bouwdetails voor alle muurtypes

5.1.1 Bescherming van de muurvoet



Snede van de verbinding met een vloerplaat
- 1/10e [5] p. 27

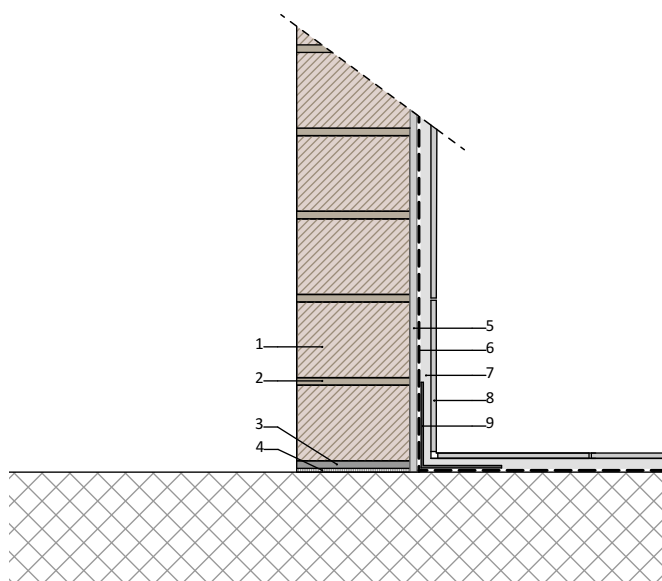
1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Léem (Lijm)mortel
3. Waterbestendig blok (Léem Perssteen, Kalkzandsteen, ...)
4. Cementmortel (min. 2 cm)
5. Optionele ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)
6. Plint



Snede van de verbinding met een dekvloer
- 1/10e [5] p.28

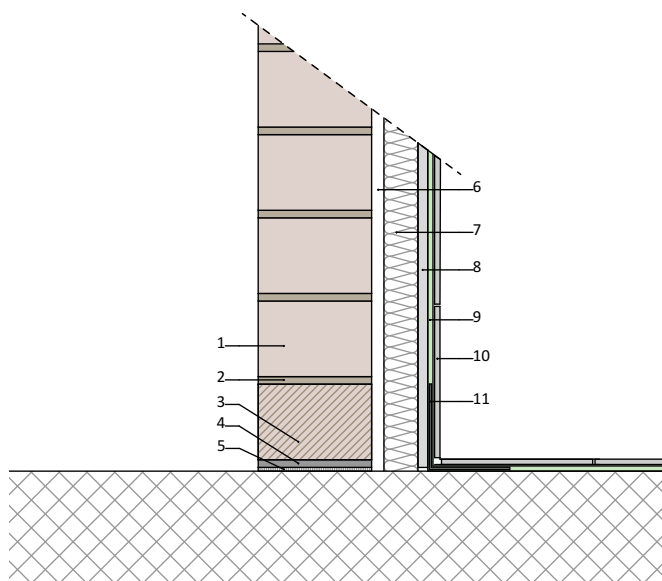
1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Léem (Lijm)mortel
3. Waterbestendig blok (Léem Perssteen, Kalkzandsteen, ...)
4. Cementmortel (min. 2 cm)
5. Optionele ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)
6. Waterbestendige barrière groter dan min 2cm boven afgewerkte vloer
7. (Zwevende) dekvloer
8. Randisolatie
9. Plint

5.1.2 Bescherming van muren in vochtige ruimtes



Doorsnede van muurvoet in natte ruimtes - 1/10e

1. Léem Perssteen (waterbestendig)
2. Bastaardmortel met Léem Additief
3. Cement- of Kalkmortel (min. 2cm dik)
4. Optionele ontkoppelingsstrook (5-10 mm dik)
5. Traskalkpleister
6. Kerdi-doek gelijmd op het pleisterwerk
7. Tegellijm
8. Tegels
9. Waterdichte verstevigingsstrip



Doorsnede van muurvoet met voorzetwand in natte ruimtes - 1/10e [5] p.31

1. Léem Perssteen of Léem Vormsteen
2. Léem Mortel, Léem Lijmmortel, of bastaardmortel met Léem Additief
3. Waterbestendige metsellaag (Léem Perssteen, kalkzandsteenblok, enz.)
4. Cement- of Kalkmortel (min. 2cm dik)
5. Optionele ontkoppelingsstrip (5-10mm dik)
6. Spouw
7. Voorzetwandstructuur gescheiden van het metselwerk, met isolatie indien nodig.
8. Watervaste gipsplaatbekleding
9. Twee lagen primer en waterdichting volgens voorschriften fabrikant
10. Tegellijm en tegels
11. Waterdichte verstevigingsstrip

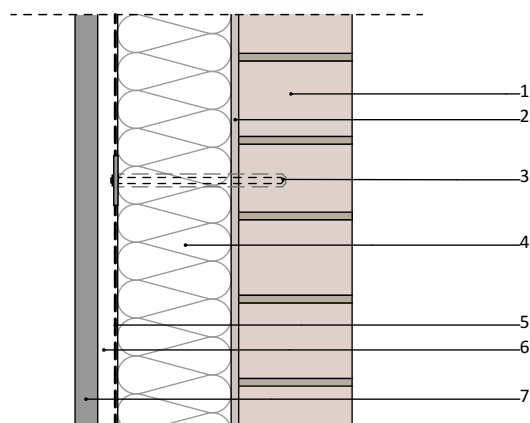
5.2 Bouwdetails voor dragende muren

5.2.1 Buitenmuur

a. Principiële opbouw van de muur, hygrometrisch gevalideerd door Buildwise

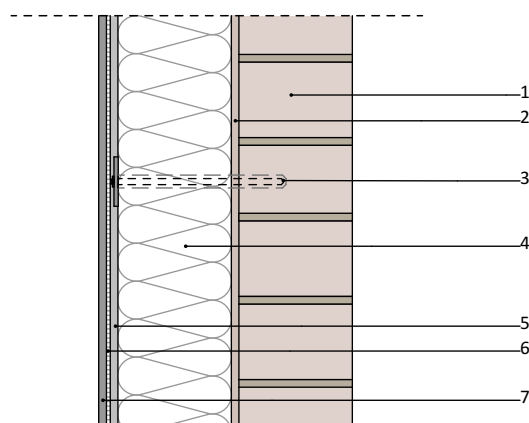
Details ter illustratie van de principiële opbouw van een buitenmuur als invulmetselwerk. Deze bouwdetails zijn hygrometrisch gevalideerd door Buildwise, zie sectie 3.3.4

Dragend binnenspouwblad



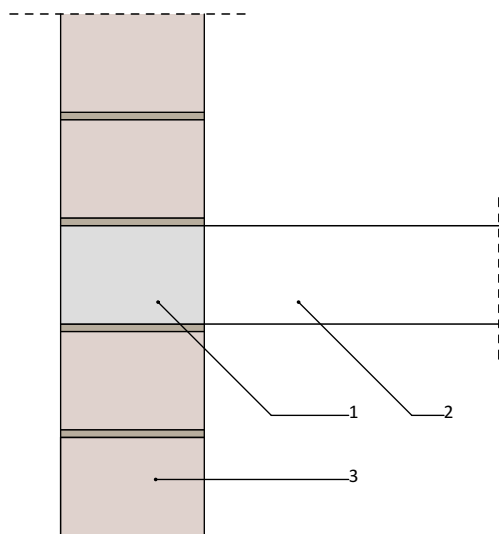
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen (dikte 14 tot 29 cm)
2. Léém Pleister of Léém (Lijm)mortel voor winddichting
3. Geïsoleerde bevestigingsplug met rozet
4. Isolatie compatibel met buitenpleister (zie sectie 3.3.4)
5. Damp-open regenscherm
6. Verluchte spouw
7. Gevelbekleding

Dragende geïsoleerde buitenmuur in een ETICS opbouw

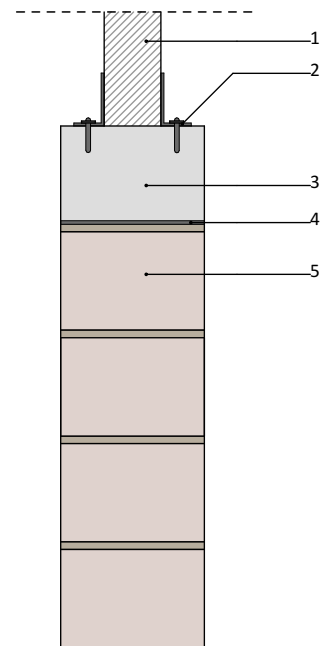


1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen (dikte 14 tot 29 cm)
2. Léém Pleister of Léém (Lijm)mortel voor winddichting
3. Geïsoleerde bevestigingsplug met rozet
4. Isolatie compatibel met buitenpleister (zie sectie 3.3.4)
5. Versterkte buitenpleister
6. Versterking
7. Primer, afwerkingspleister en afwerkingsverf

Ringbalk met bevestiging van vloeren en daken [2] p.52



1. Horizontale ketting
2. Hout of betonplaat
3. Léém gegoten of gecompriëerd blok



1. Houten balk
2. L-vormige metalen sluiting
3. Horizontale ketting
4. Waterdicht membraan indien ter plaatse gestort beton
5. Léém gegoten of gecompriëerd blok

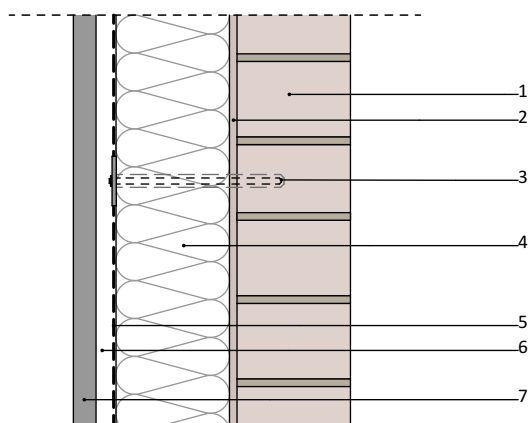
5.3 Bouwdetails voor niet-dragende muren

5.3.1 Buitenmuur als invulmetselwerk

a. Principiële opbouw van de muur, hygrometrisch gevalideerd door Buildwise

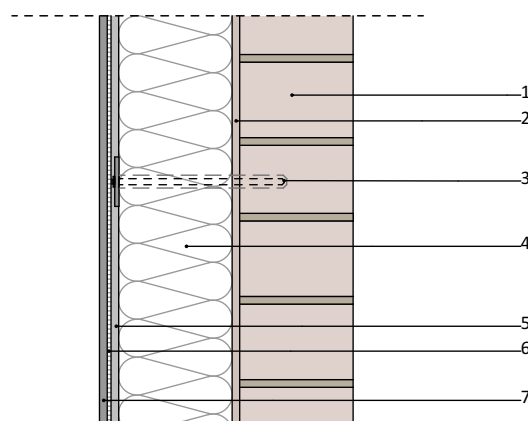
Details ter illustratie van de principiële opbouw van een buitenmuur als invulmetselwerk. Deze bouwdetails zijn hygrometrisch gevalideerd door Buildwise, zie sectie 3.3.4

Niet-dragend binnenspouwblad



1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen (dikte 14 tot 29 cm)
2. Léém Pleister of Léém (Lijm)mortel voor winddichting
3. Geïsoleerde bevestigingsplug met rozet
4. Isolatie compatibel met buitenpleister (zie sectie 3.3.4)
5. Damp-open regenscherm
6. Verluchte spouw
7. Gevelbekleding

Niet-dragende geïsoleerde buitenmuur in een ETICS opbouw



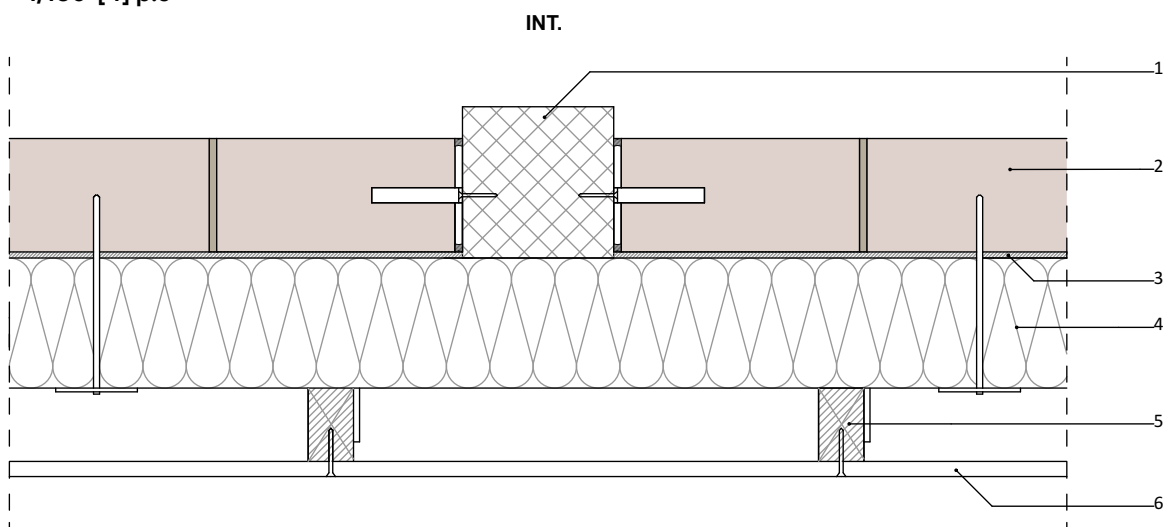
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen (dikte 14 tot 29 cm)
2. Léém Pleister of Léém (Lijm)mortel voor winddichting
3. Geïsoleerde bevestigingsplug met rozet
4. Isolatie compatibel met buitenpleister (zie sectie 3.3.4)
5. Versterkte buitenpleister
6. Versterking
7. Primer, afwerkingspleister en afwerkingsverf

b. Specifieke opties van opbouw

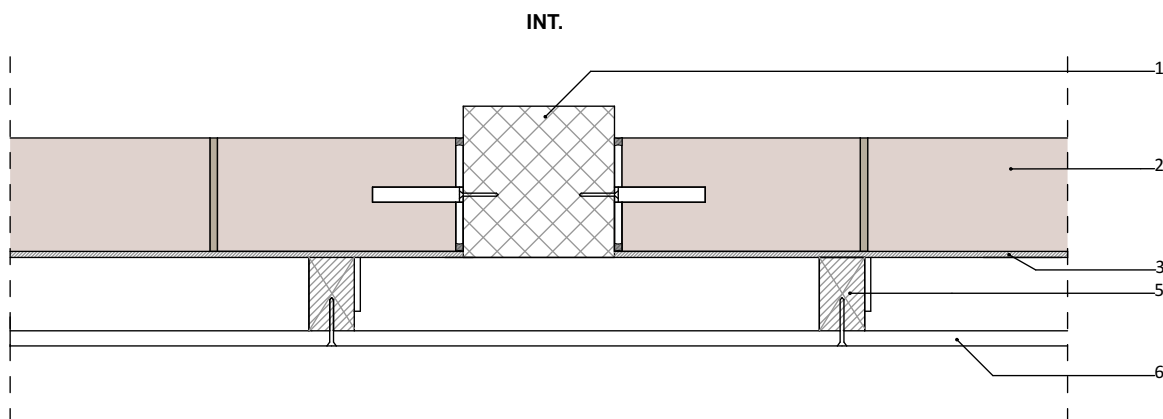
Er zijn 2 cases voor binnenspouwblad als invulmetselwerk:

- Case A: Binnenspouwblad als invulmetselwerk binnen een dragende structuur
- Case B: Binnenspouwblad als invulmetselwerk voor een dragend buitengevelsysteem

Case A : Plansnede met buitenisolatie en bepleistering aan de buitenkant van het metselwerk - 1/10e [4] p.6

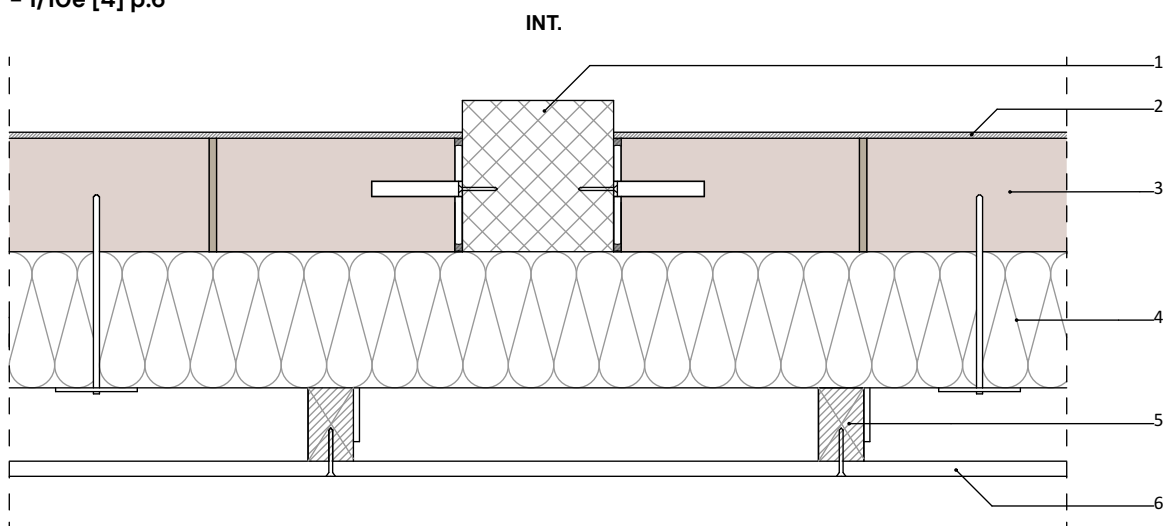


Case A : Plansnede zonder buitenisolatie met bepleistering aan de buitenkant van het metselwerk - 1/10e [4] p.6



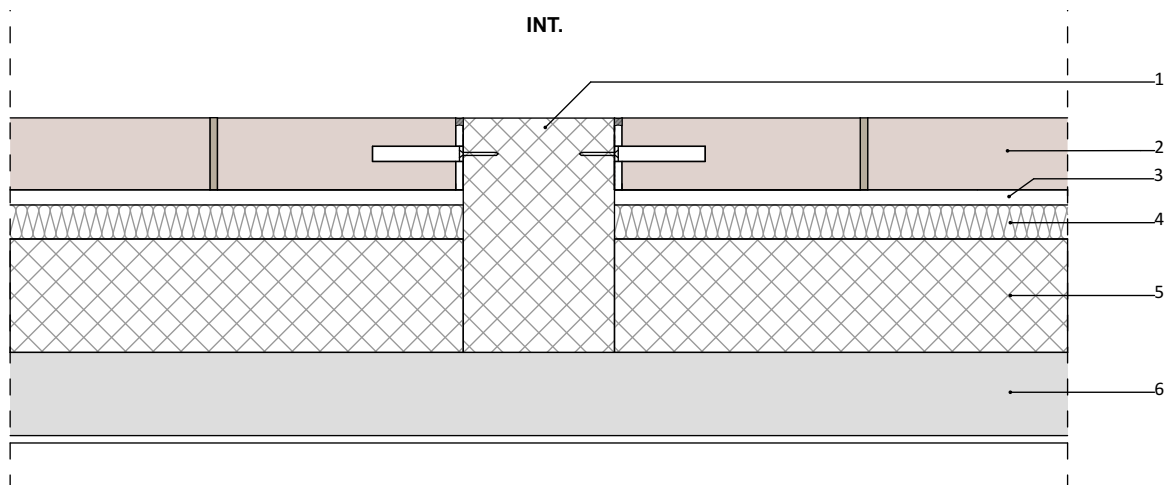
1. Kolom van gewapend beton of houtskeletbouw
2. Invulmetselwerk in Léem Vormsteen of Léem Perssteen
3. Léem Pleister
5. Secundaire buitengevelstructuur met geventileerde spouw
6. Gevelbekleding

Case A: Plansnede met buitenisolatie en bepleistering op de binnenzijde
- 1/10e [4] p.6



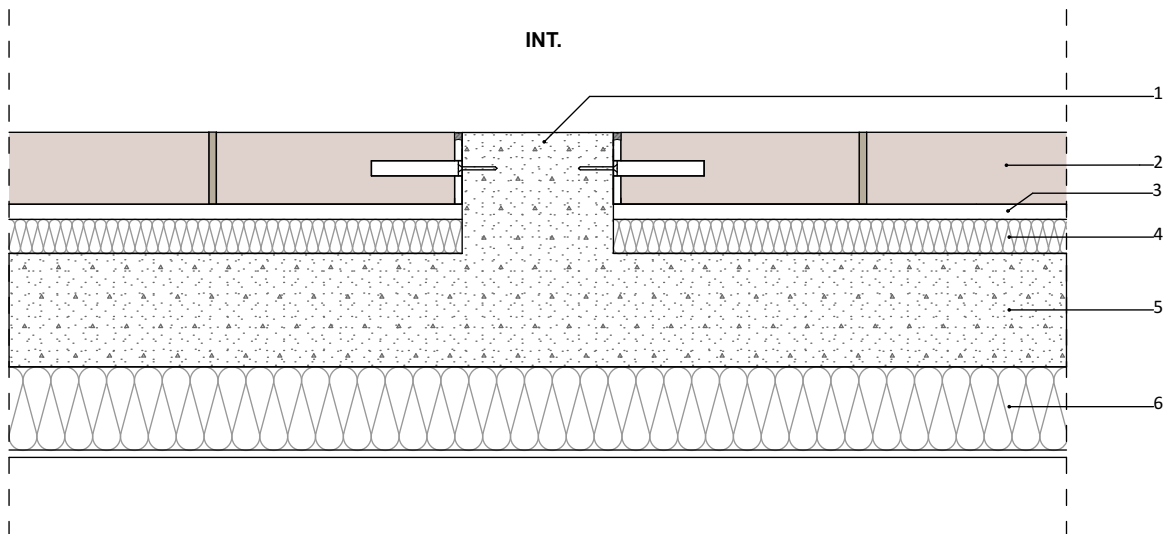
1. Kolom van gewapend beton of houtskeletbouw
2. Léém Pleister
3. Invalmetselwerk in Léém Vormsteen of Léém Perssteen
4. Isolatie
5. Secundaire buitengevelstructuur met geventileerde spouw
6. Gevelbekleding

Case B: Plansnede met dragend buitengevelsysteem – 1/10e [4] p.7



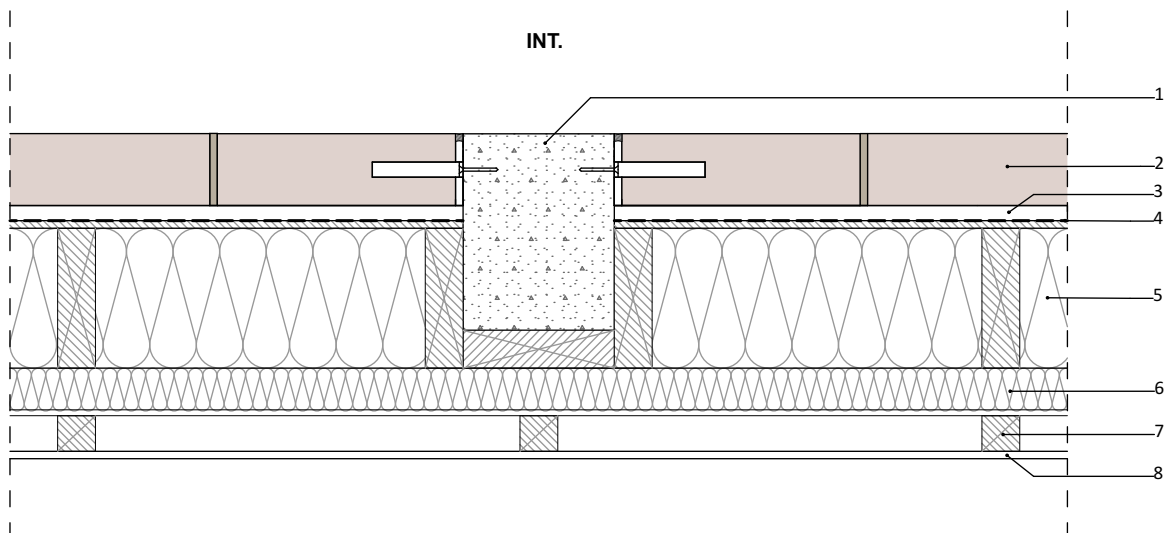
1. Kolom van gewapend beton of houtskeletbouw
2. Invalmetselwerk in Léem Vormsteen of Léem Perssteen
3. Geventileerde of niet-geventileerde spouw
4. Isolatie indien nodig
5. Invalmetselwerk of houtskelet invulling – ondersteuning voor externe bekleding
6. Gevelsysteem

Case B: Plansnede met dragend buitengevelsysteem en buitenisolatie – 1/10e [4] p.7



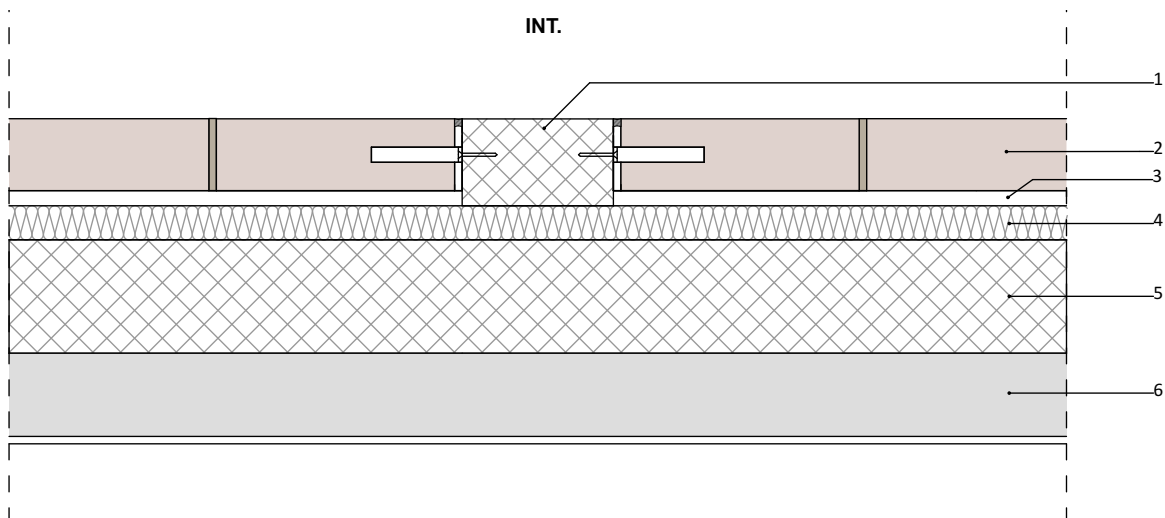
1. Kolom van gewapend beton of houtskeletbouw
2. Invulmetselwerk in Léém Vormsteen of Léém Perssteen
3. Spouw
4. Isolatie
5. Wand van gewapend beton
6. Isolatie + pleister aangepast aan de ondergrond

Case B: Plansnede met dragend buitengevelsysteem in betonskelet en houtcassettes – 1/10e [4] p.7



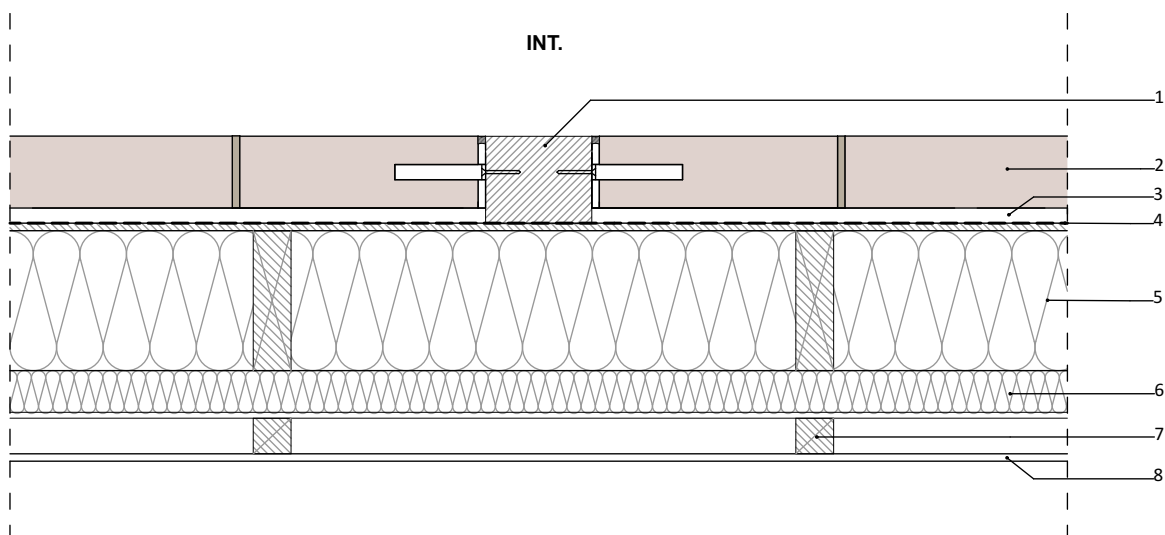
1. Kolom van gewapend beton of houtskeletbouw
2. Invulmetselwerk in Léém Vormsteen of Léém Perssteen
3. Spouw
4. Dampscherm
5. Houtskeletgevel
6. Extra isolatie + regenscherm
7. Secundaire buitengevelstructuur met geventileerde spouw
8. Afwerking gevelbekleding aangepast aan de ondergrond

Case B: Plansnede met dragend buitengevelsysteem en secundaire dragende betonskelet
-1/10e [4] p.7



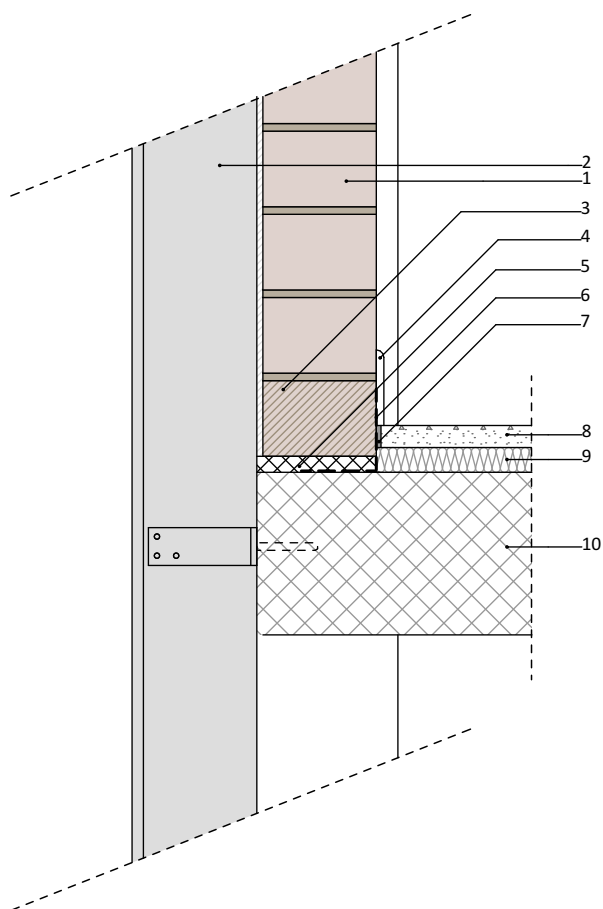
1. Secundaire kolom van gewapend beton of hout gescheiden van de buitenwandwand
2. Invulmetselwerk in Léém Vormsteen of Léém Perssteen
3. Geventileerde of niet-geventileerde spouw
4. Isolatie indien nodig
5. Metselwerk of houtskeletgevel - ondersteuning voor buitengevel
6. Buitengevel

Case B: Plansnede met buitengevelsysteem in houtskelet en secundaire draagkolommen
- 1/10e [4] p.7



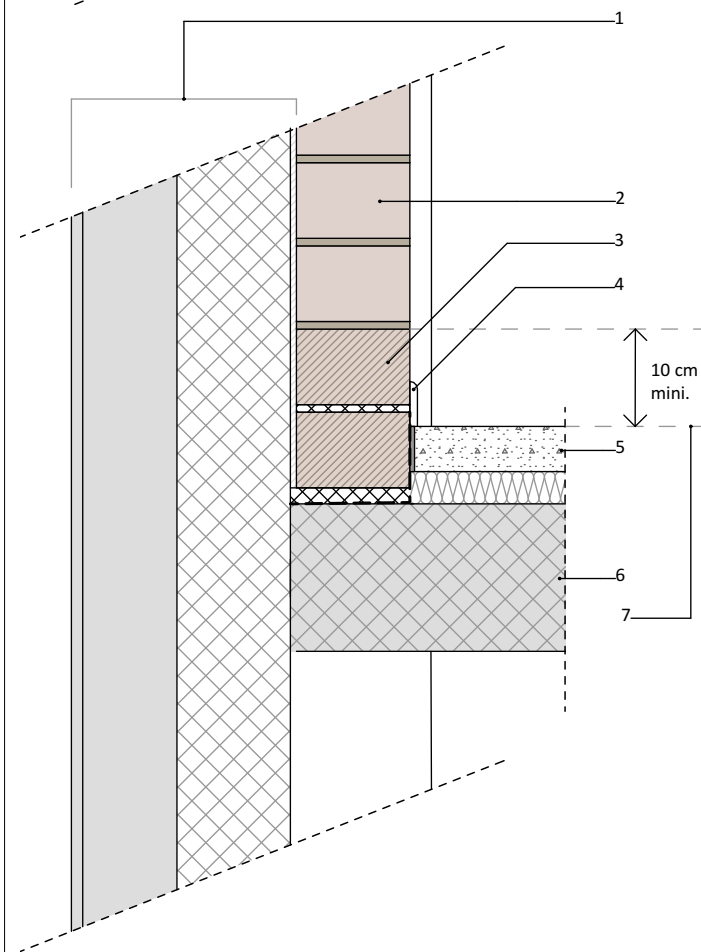
1. Secundaire houten draagkolom
2. Invulmetselwerk in Léém Vormsteen of Léém Perssteen
3. Spouw
4. Dampscherm
5. Houtskeletgevel
6. Extra isolatie + regenscherm
7. Secundaire buitengevelstructuur met geventileerde spouw
8. Afwerking gevelbekleding aangepast aan de ondergrond

c. Muurvoet - verbinding met vloerplaat



Snede van verbinding op vloerniveau met (zwevende) dekvloer - 1/10e [4] p.28

1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Buitengevelsysteem
3. Waterbestendige steen (Léem Perssteen, kalkzandsteen, enz.)
4. Plint
5. Cementmortel (min. 2 cm)
6. Waterdichte laag ten minste 2 cm boven de afgewerkte vloer.
7. Optionele ontkoppelingsstrook
8. (Zwevende) dekvloer op isolatie
9. Isolatie
10. Vloerplaat van gewapend beton of hout

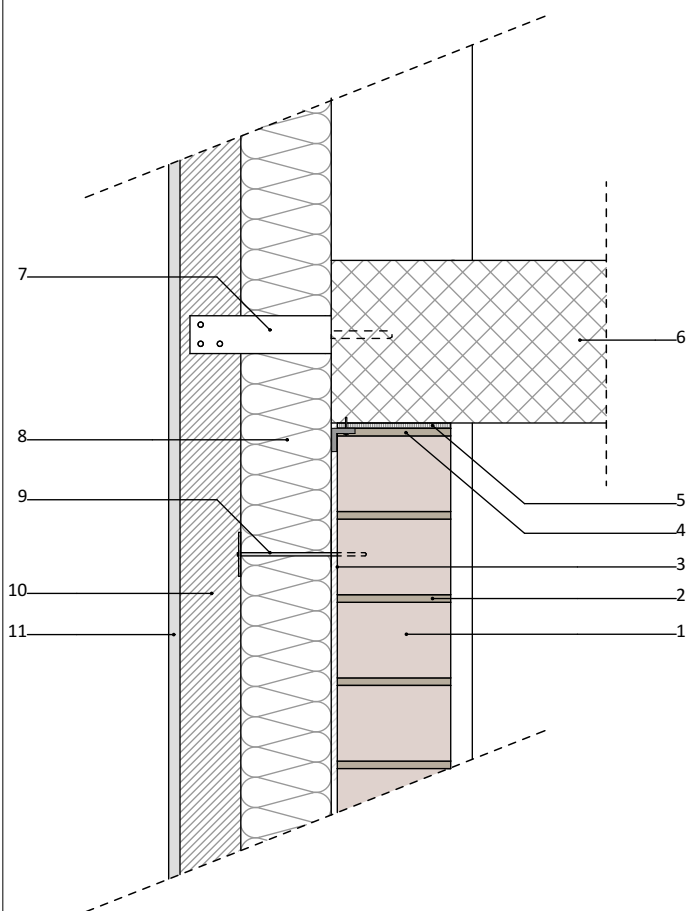


Snede van muurvoet in een vochtige ruimte met een (zwevende) dekvloer - 1/10e [4] p.28

1. Buitengevelsysteem
2. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
3. Waterbestendige steen (Léem Perssteen, kalkzandsteen, enz.)
4. Plint
5. (Zwevende) dekvloer
6. Vloerplaat van gewapend beton of hout
7. Afgewerkt vloerniveau

d. Muurkop – verbinding met plafond

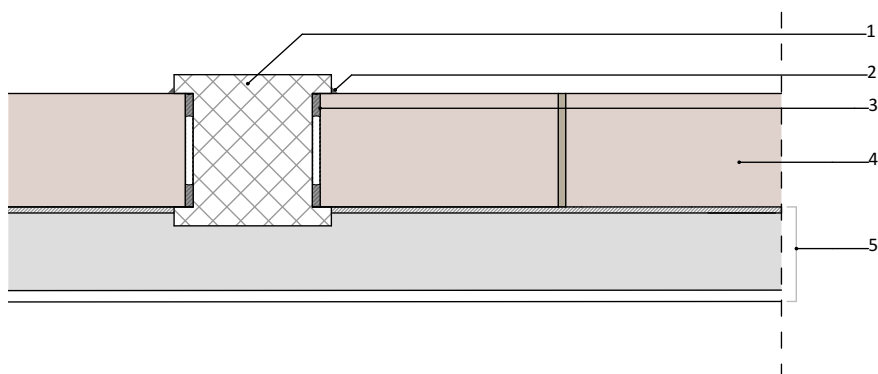
Snede met plafondaansluiting met akoestische verbetering door hoekijzer (Case A) – 1/10e [4] p.28



1. Léém Perssteen of Léém Vormsteen
2. Léém Mortel, Léém Lijmmortel, of bastaardmortel met Léém Additief
3. Léém Pleister of Léém Lijmmortel ter luchtdichting
4. Akoestische verbeteringshoek
5. Optionele ontkoppelsstrip
6. Vloerplaat van gewapend beton of hout
7. Bevestigingslip voor secundair raamwerk
8. Isolatie
9. Geïsoleerde isolatieplug
10. Secundair frame
11. Buitenbekleding

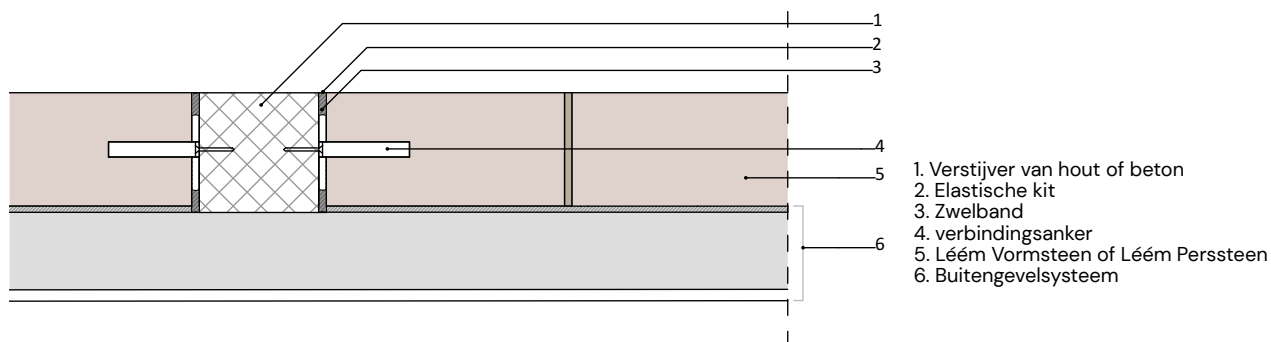
e. Verbinding tussen invulmetselwerk en dragend kader

Plansnede van de verbinding tussen metselwerk en de draagkolom met elastische kit – 1/10e [4] p.34



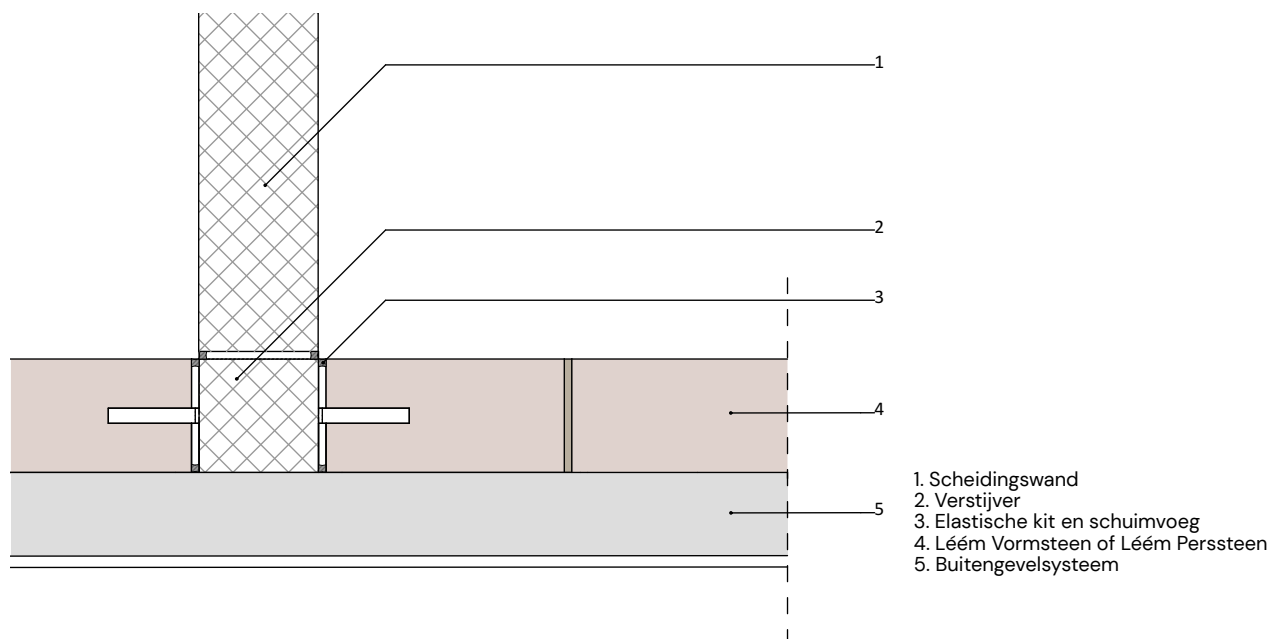
1. Verstijvers (dragende of secundaire structuur)
2. Elastische kit
3. Zwelband
4. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
5. Buitengevelsysteem

Plansnede van de verbinding tussen metselwerk en verstijver met ankers - 1/10e [4] p.34

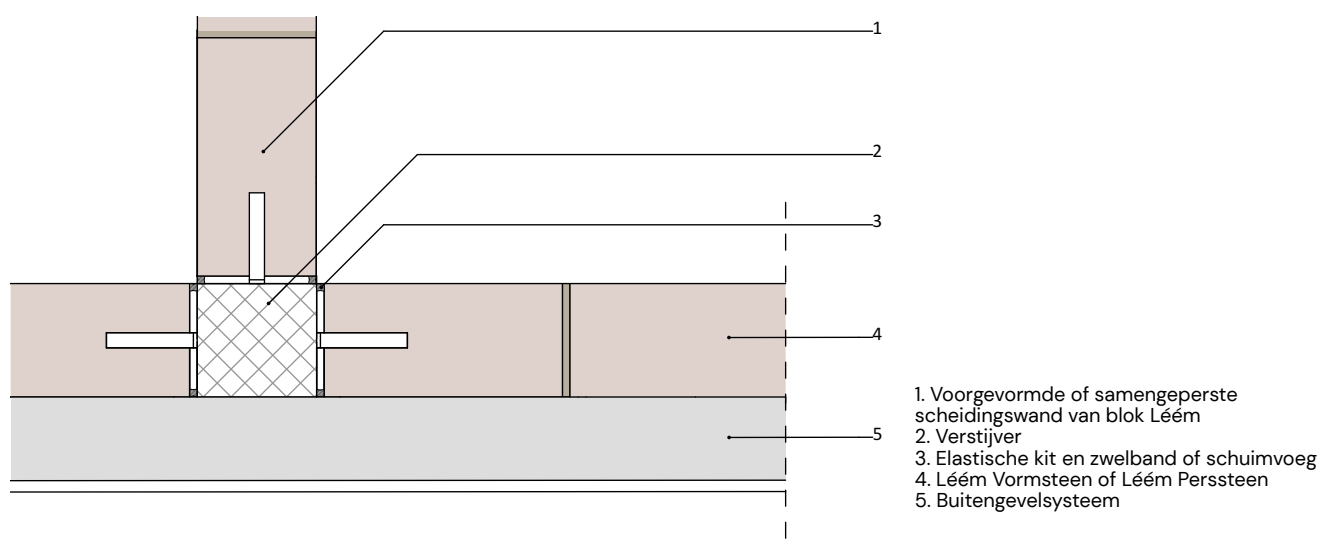


f. Verbinding met een muur van een ander type

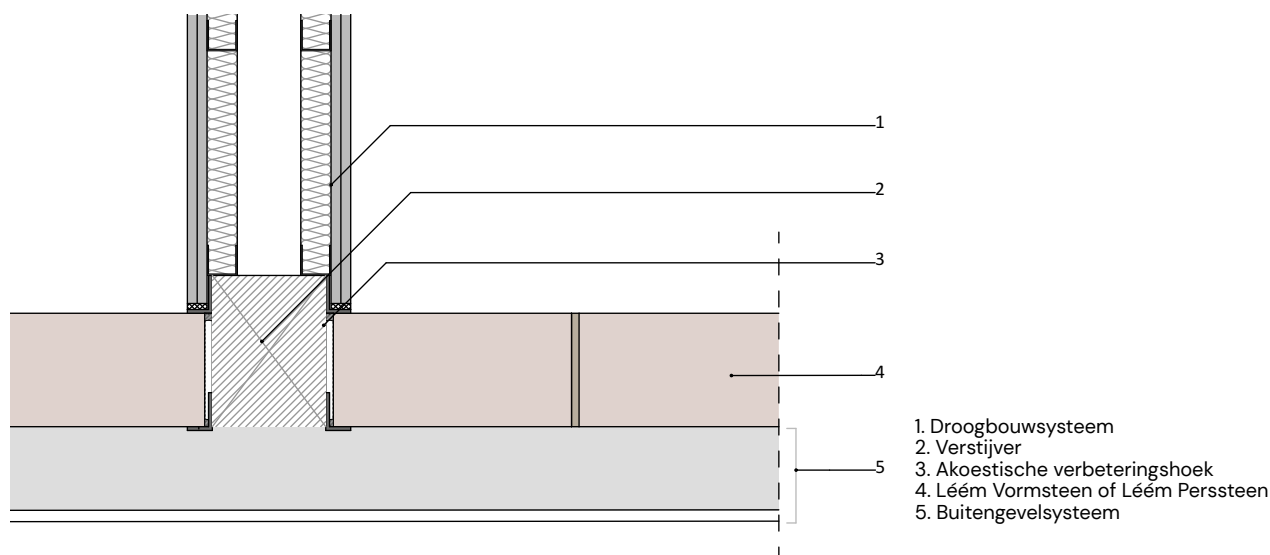
Plansnede van de verbinding van metselwerk met een scheidingswand - 1/10e [4] p.36



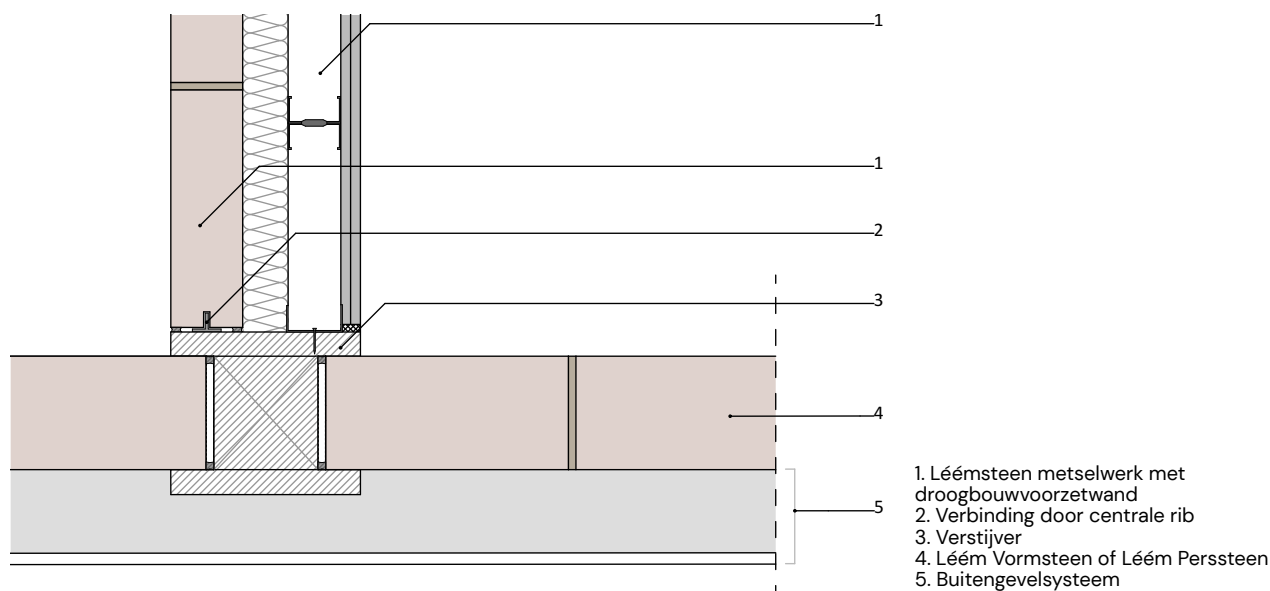
Plansnede van de verbinding met een scheidingswand en draagkolom – 1/10e [4] p.36



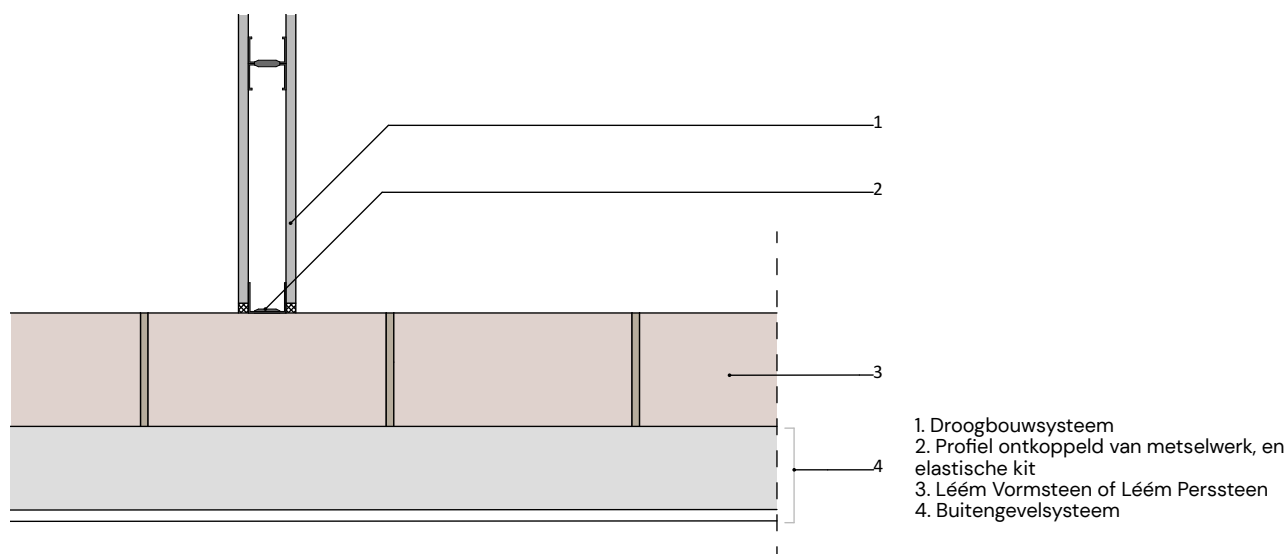
Plansnede van de verbinding met een scheidingswand in een droogbouwsysteem en draagkolom – 1/10e [4] p.37



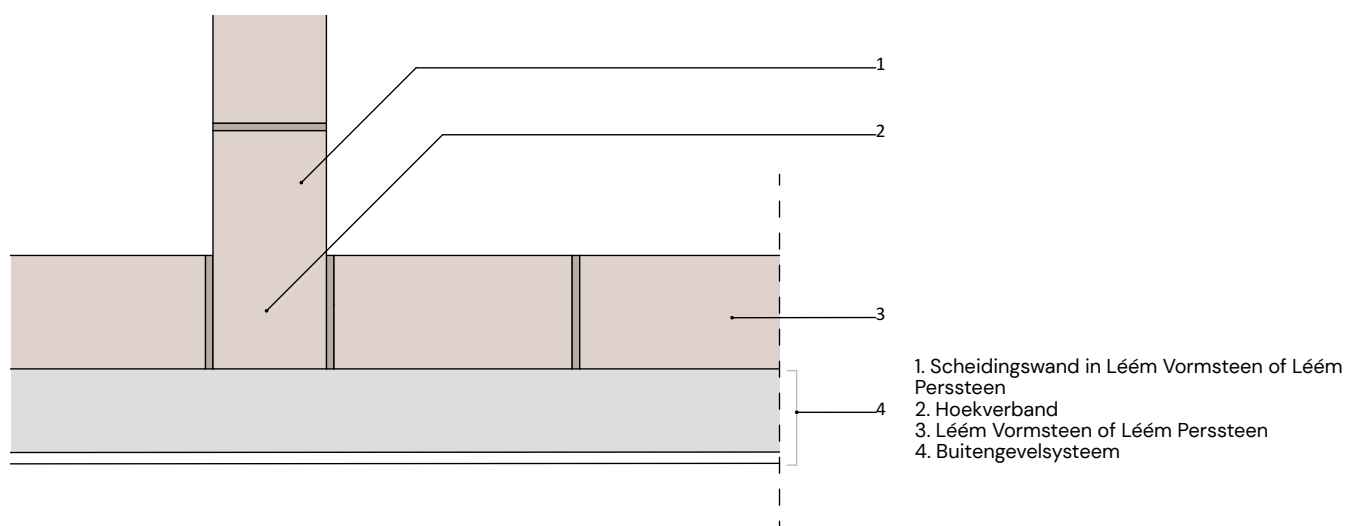
Plansnede van de verbinding met een gemengde scheidingswand in Léémsteen-droogbouwsysteem – 1/10e [4] p.36



Plansnede van de verbinding met een droogbouwsysteem - 1/10e [4] p.37

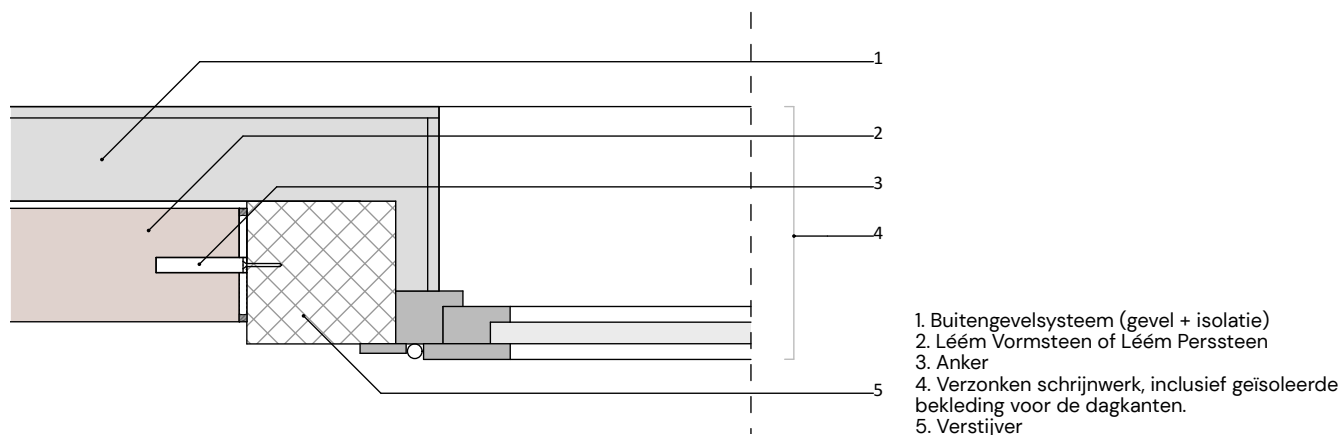


Plansnede van de verbinding met Léemsteen scheidingswand door hoekverband - 1/10e [4] p.36

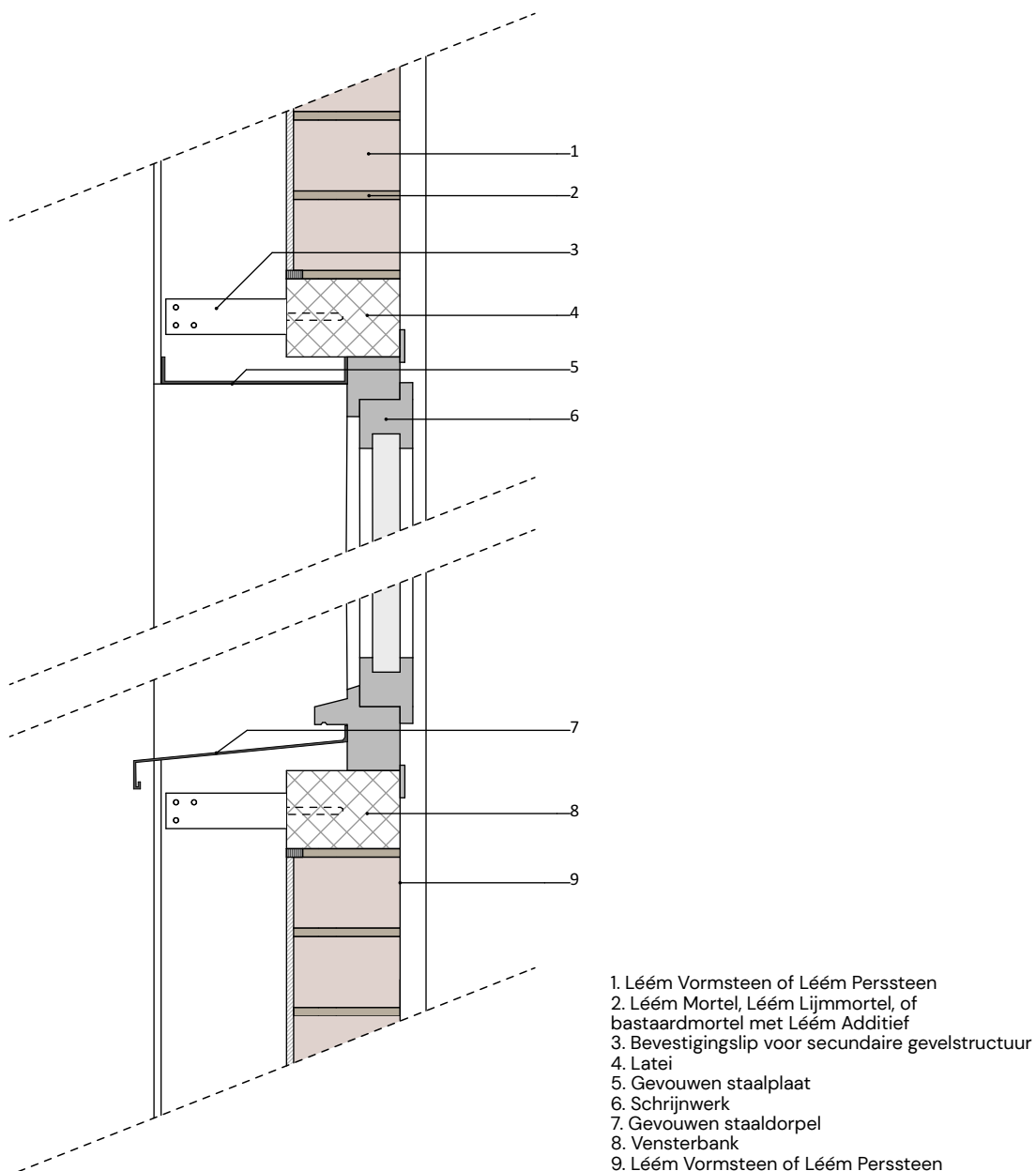


g. Verbinding met schrijnwerk

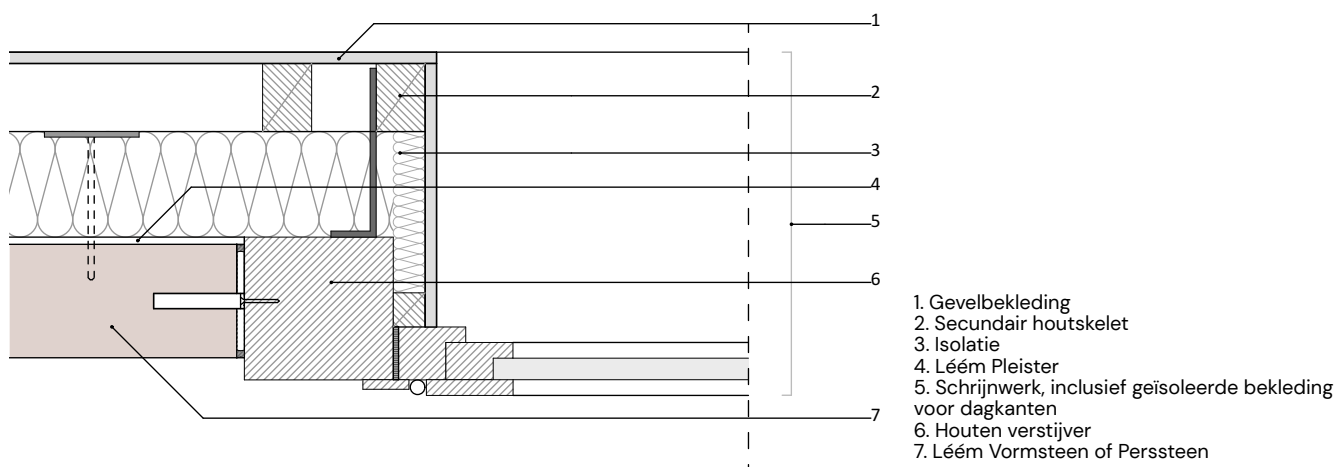
Plansnede van de principiële integratie van schrijnwerk (case A) - 1/10e [4] p.39



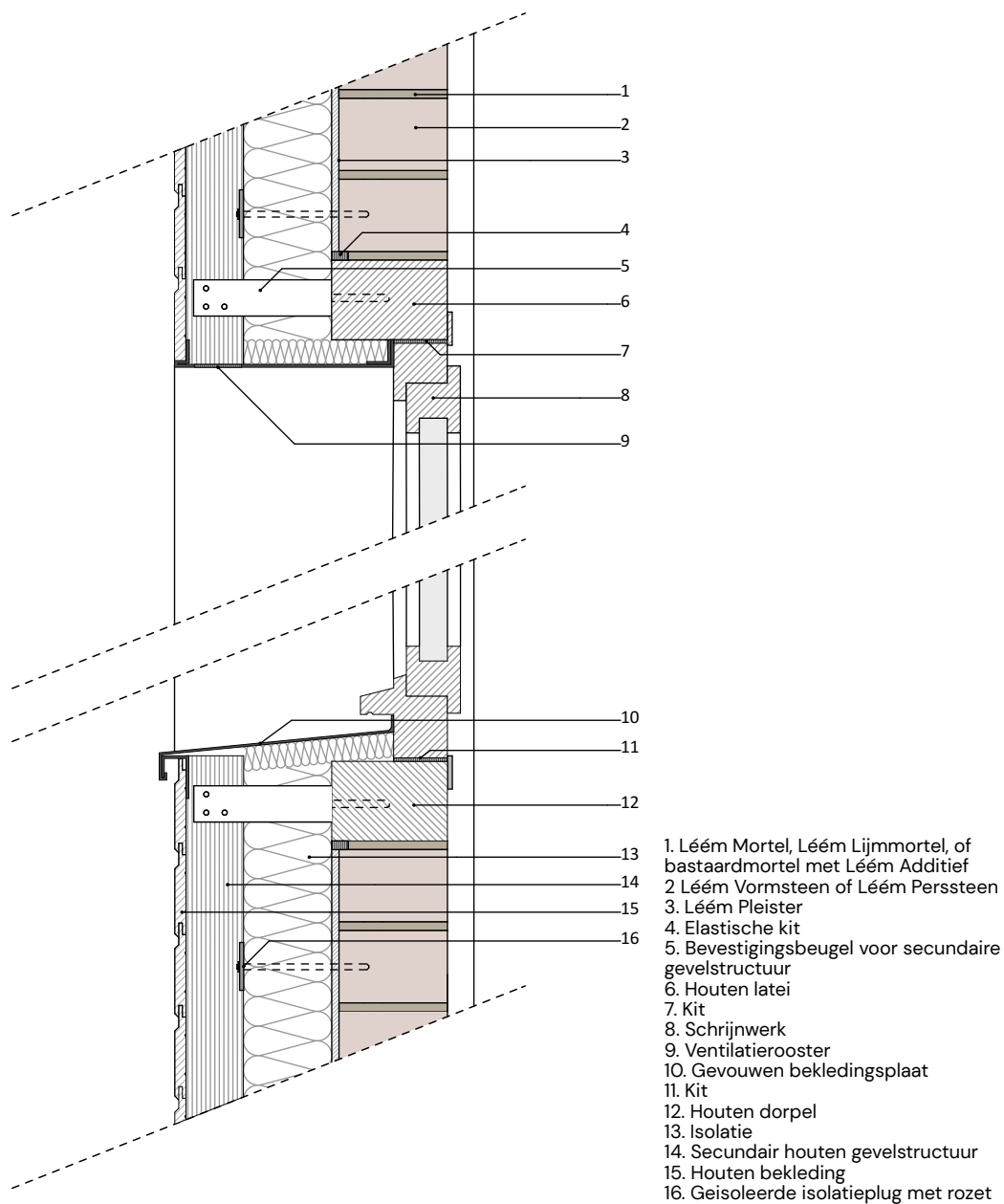
Snedecor van de principiële integratie van schrijfwerk (case A) – 1/10e [4] p.41



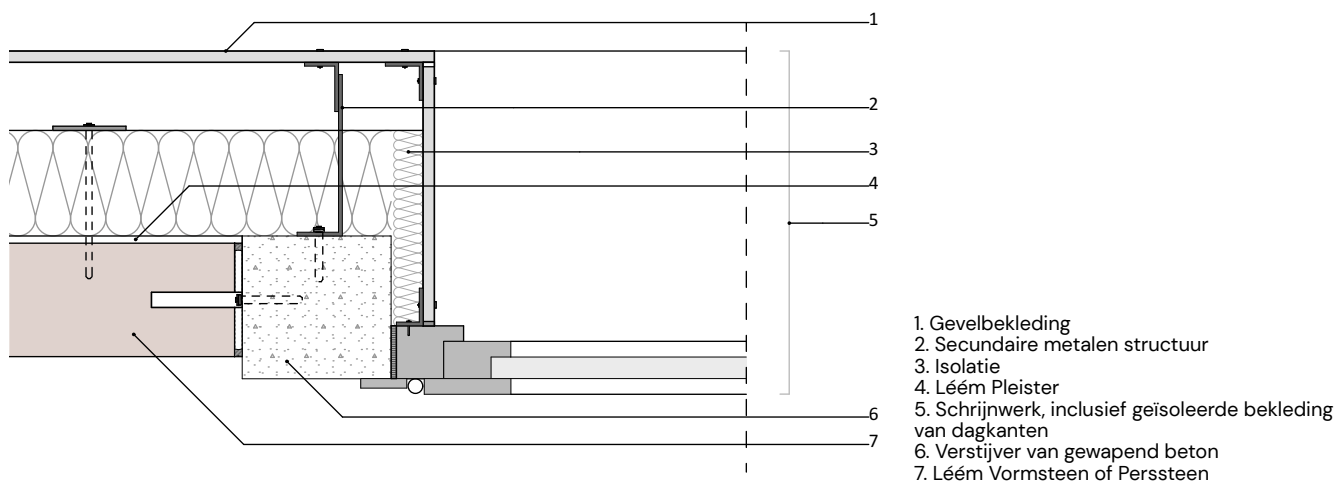
Plansnede van de principiële integratie van schrijnwerk in houtskeletbouw (case A) – 1/10e [4] p.39



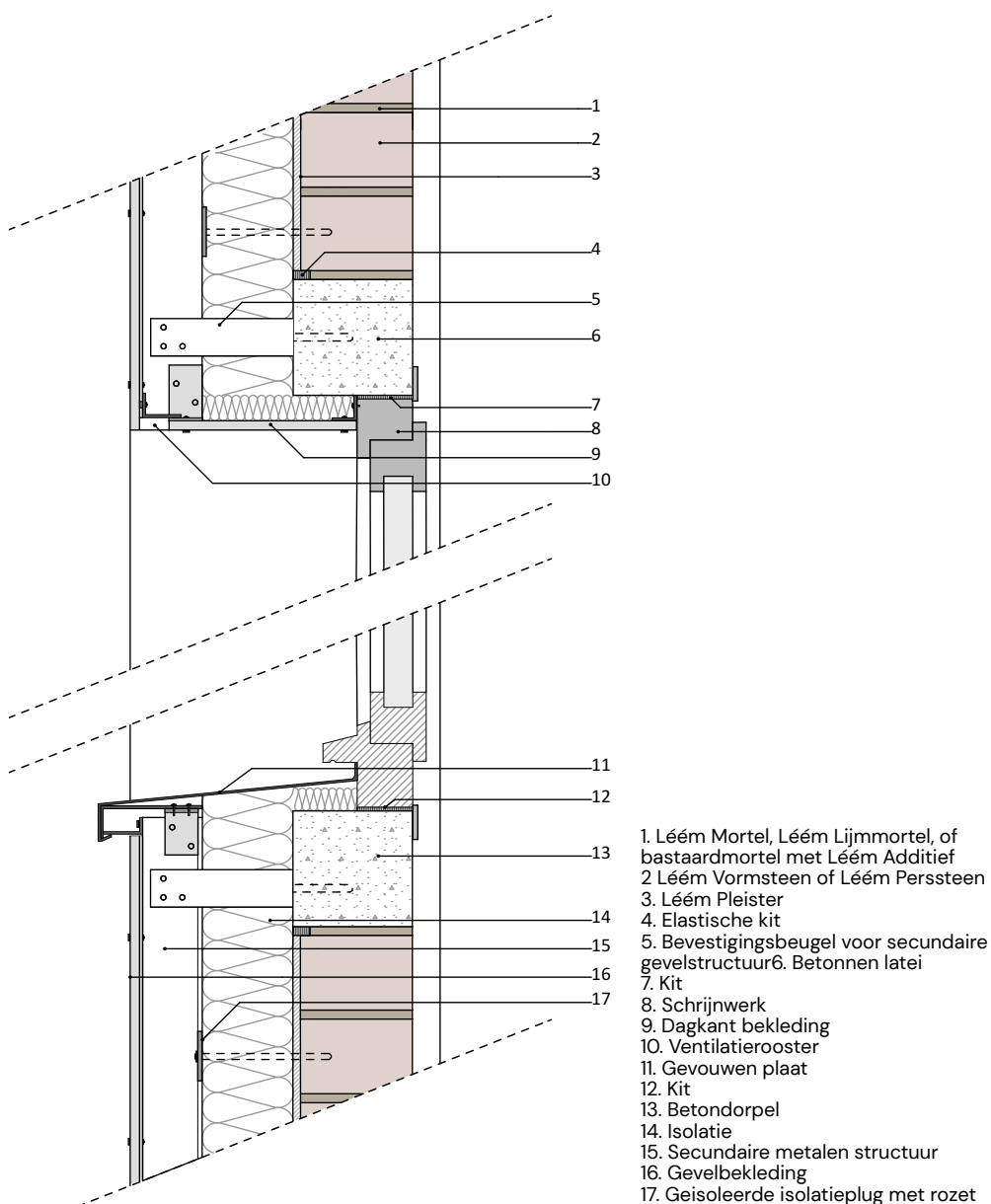
Snede van de principiële integratie van schrijnwerk in houtskeletbouw (case A) – 1/10e [4] p.41



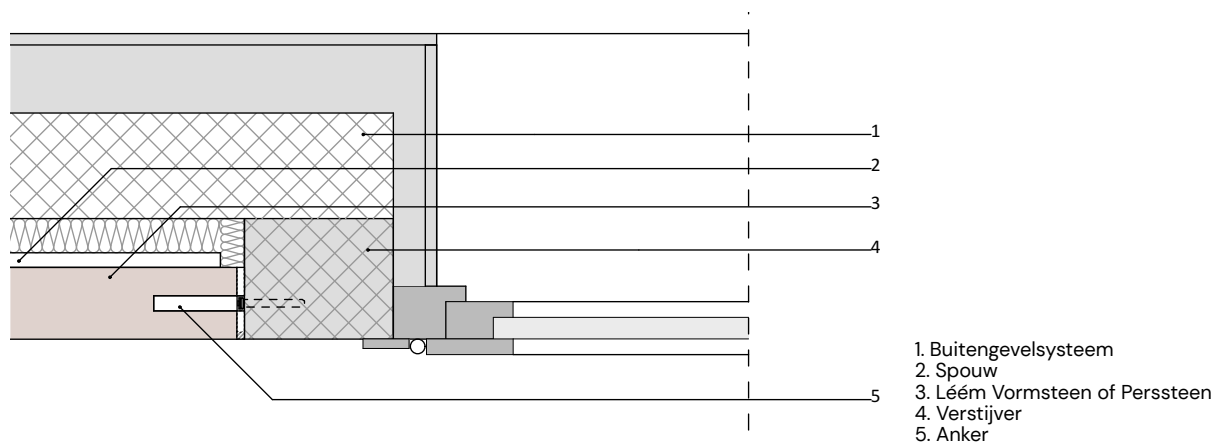
Plansnede van de principiële integratie van schrijnwerk in betonskelet (case A) – 1/10e [4] p.40



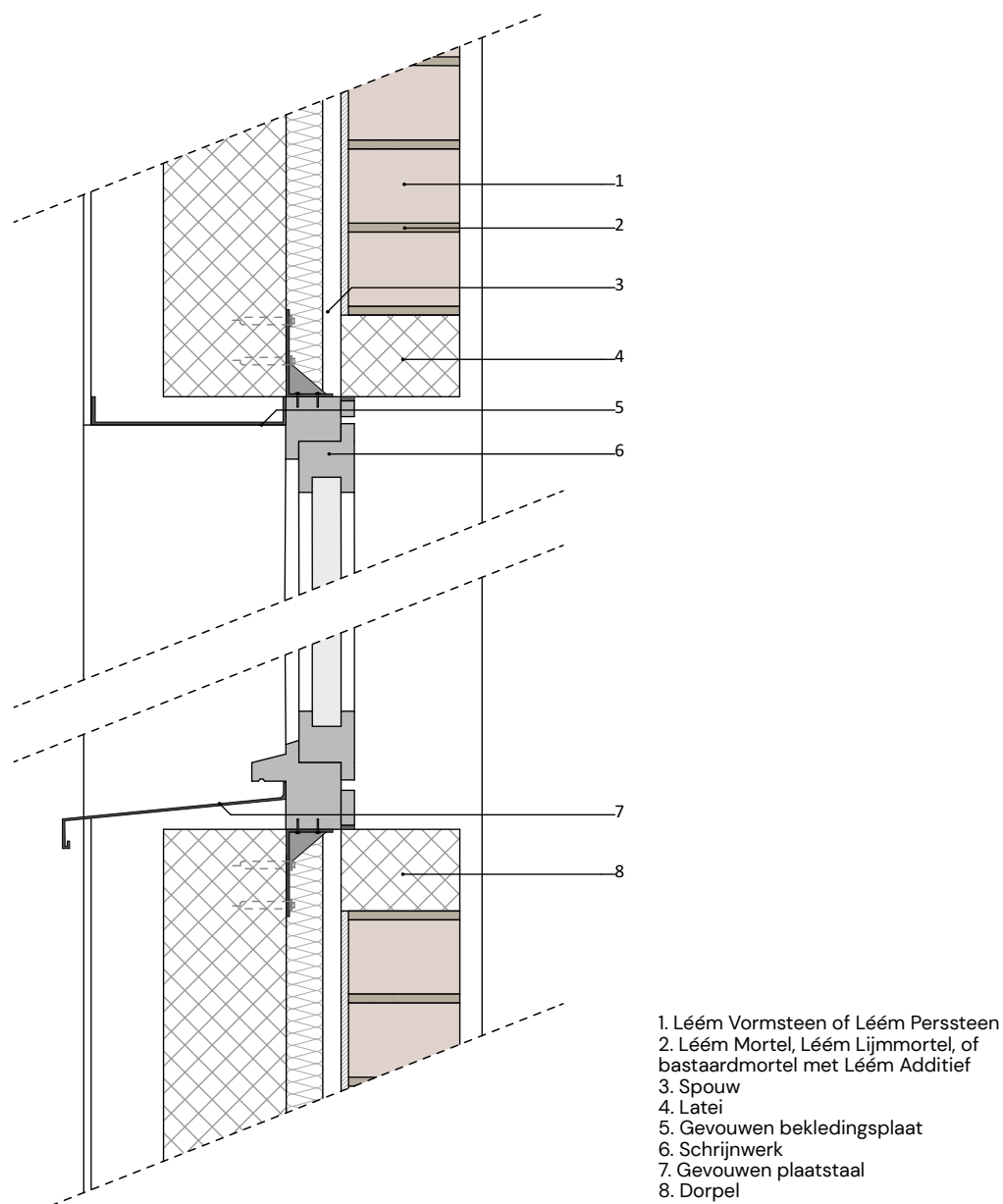
Snede van de principiële integratie van schrijnwerk in betonskelet (case A) – 1/10e [4] p.42



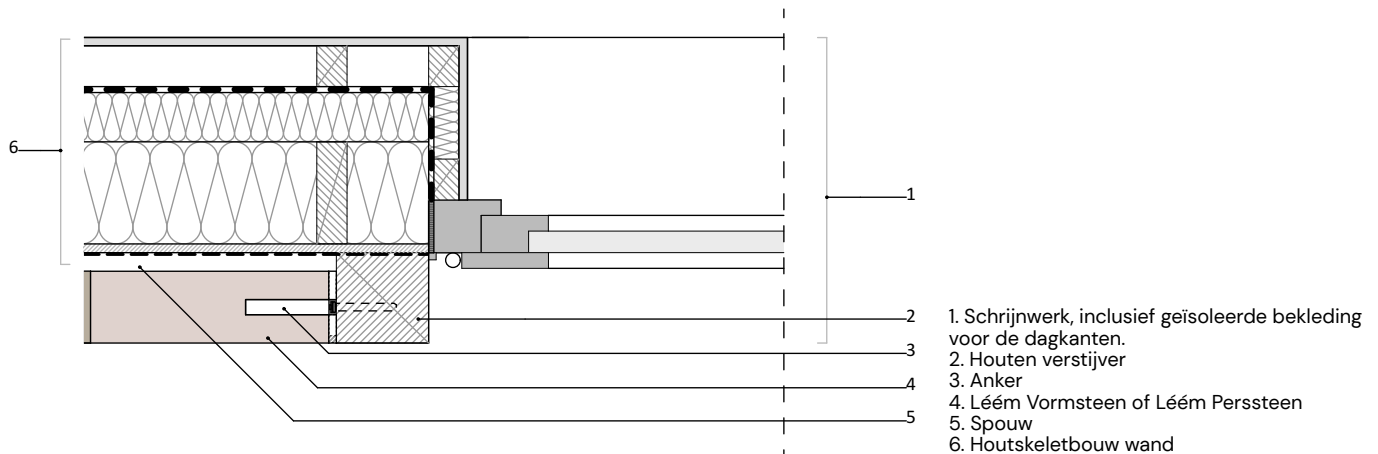
Plansnede van de principiële integratie van schrijnwerk (case B) - 1/10e [4] p.40



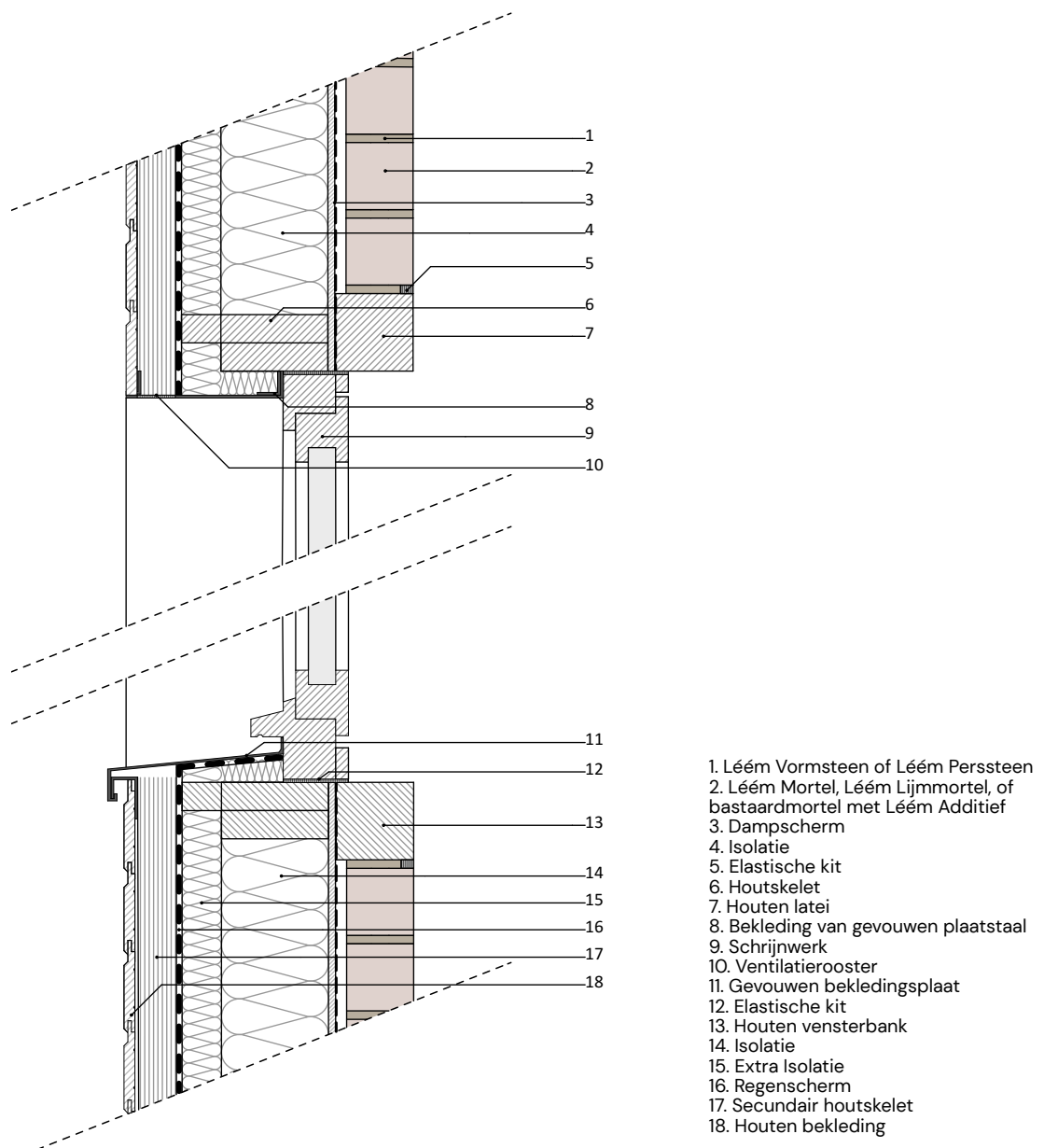
Snede van de principiële integratie van schrijnwerk (case B) - 1/10e [4] p.42



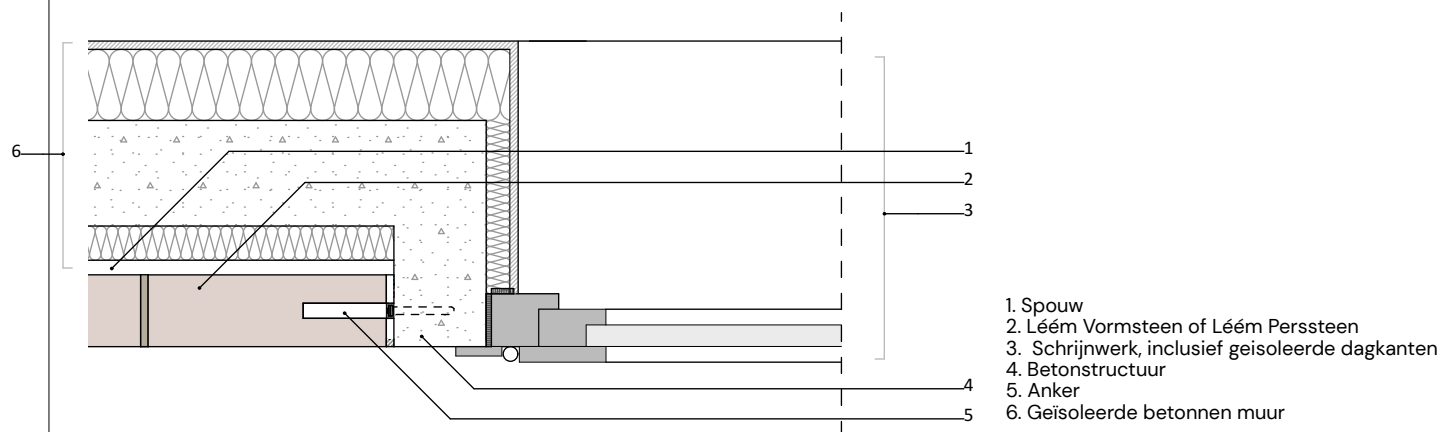
Plansnede van de principiële integratie van schrijnwerk in houtskeletbouw (case B) – 1/10e [4] p.40



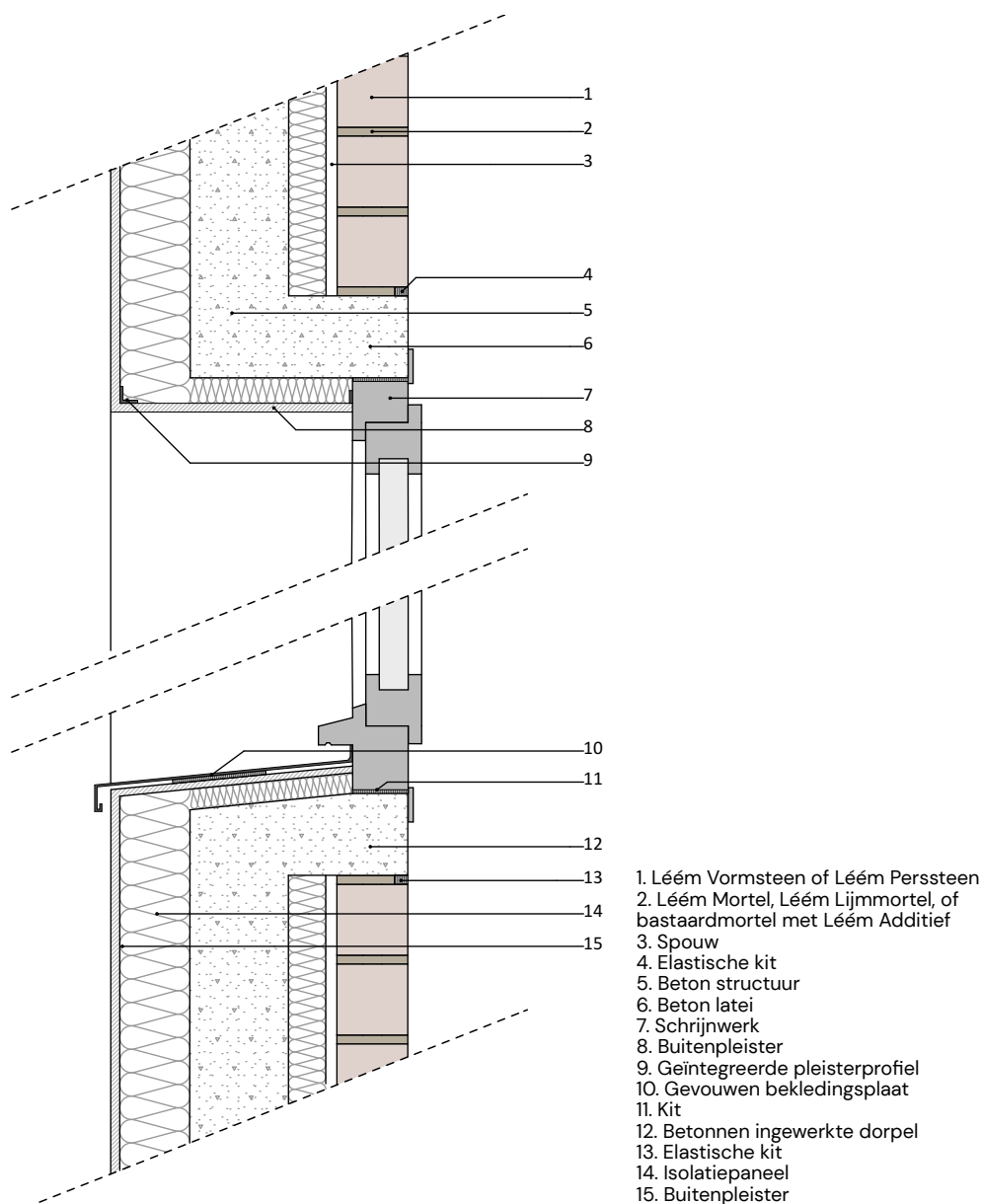
Snede van de principiële integratie van schrijnwerk in houtskeletbouw (case B) – 1/10e [4] p.43



Plansnede van de principiële integratie van schrijnwerk in betonskelet (case B) – 1/10e [4] p.40

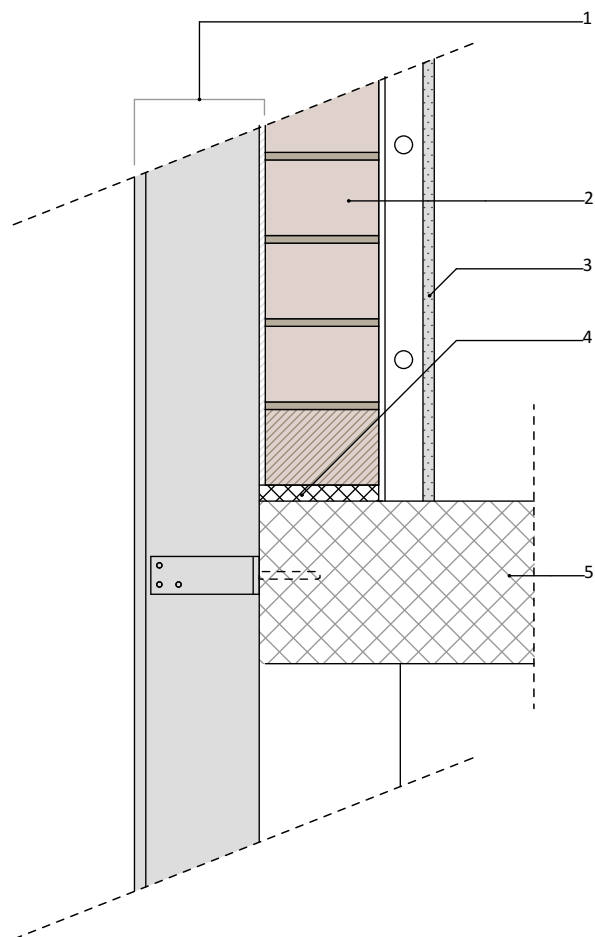


Snedes van de principiële integratie van schrijnwerk in betonskelet (case B) – 1 / 10e [4] p.40



h. Léémsteen muur met voorzetwand

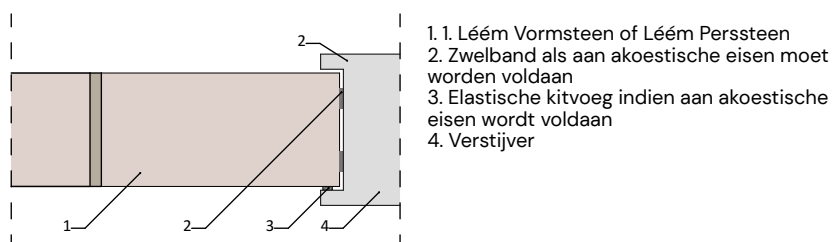
Snede van Léémsteen metselwerk met voorzetwand – 1 / 10e [4] p.46



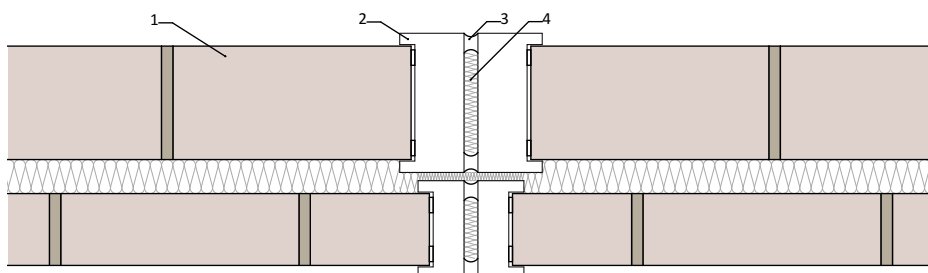
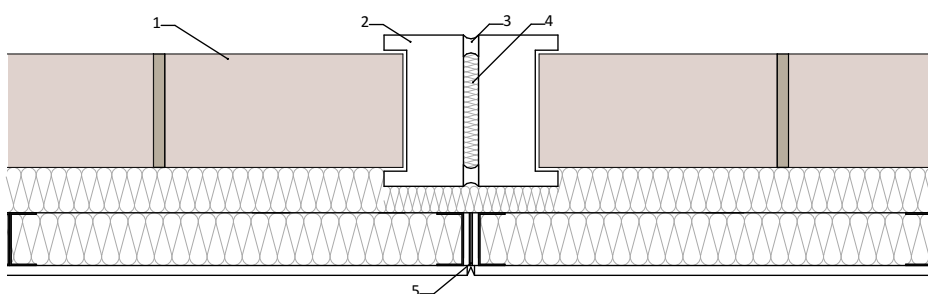
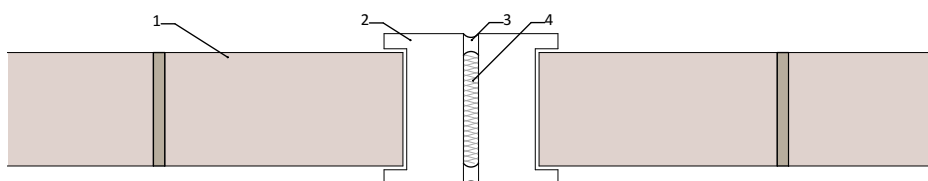
- 1. Buitengevelstructuur
- 2. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
- 3. Droogbouwsysteem
- 4. Cementmortel (2cm min)
- 5. Beton- of houten vloerplaat

5.3.2 Invulmetselwerk als binnenmuur

Verbinding van muut met verstijver in geval van akoestische eisen - 1/10e [7] p.133



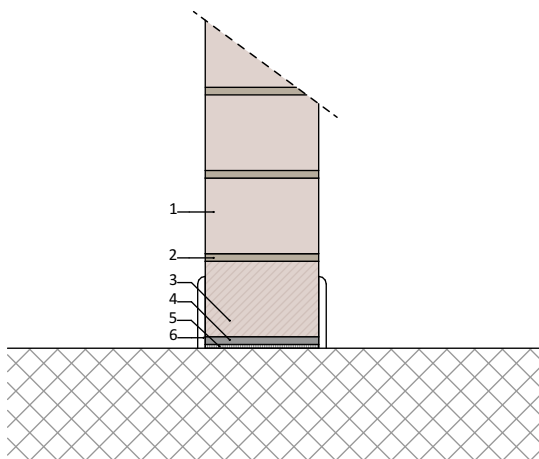
Plan van een krimp- of expansieverbinding - enkele wand/ dubbele wand / wand met voorzetwand - 1 / 10e [5] p.24



- 1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
- Verstijver
- 3. Elastische kit
- 4. Minerale wol
- 5. Profiel moet hier opgesplitst worden

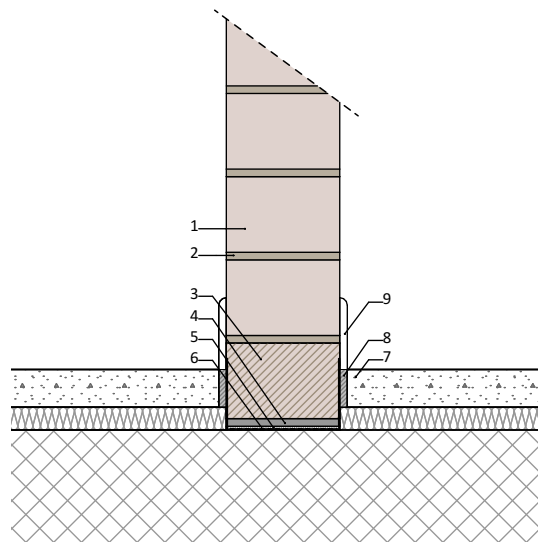
5.3.3 Scheidingswand: distributief

a. Muurvoet – verbinding met vloer en fundering



Snede van de verbinding met afgewerkte vloer – enkele / dubbele scheidingswand – 1/10e [5] p. 27

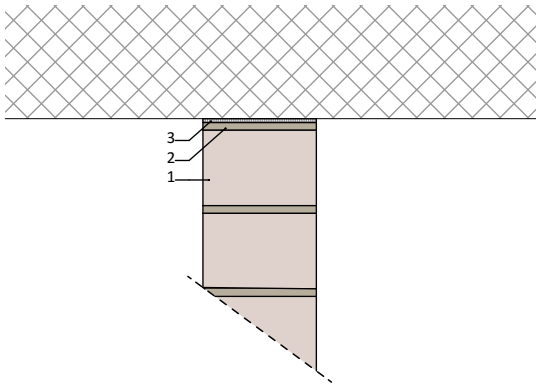
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Waterbestendig blok (Léém Perssteen, Kalkzandsteen, ...)
4. Cementmortel (min. 2 cm)
5. Optionele ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)
6. Plint



Snede van de verbinding met zwevende dekvloer – enkele / dubbele scheidingswand – 1/10e [5] p.28

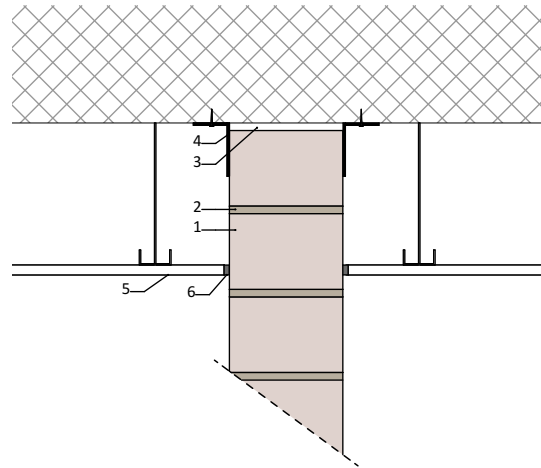
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Waterbestendig blok (Léém Perssteen, Kalkzandsteen, ...)
4. Cementmortel (min. 2 cm)
5. Optionele ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)
6. Waterbestendige barrière groter dan min 2cm boven afgewerkte vloer
7. (Zwevende) dekvloer
8. Randisolatie
9. Plint

b. Muurkop – aansluiting met bovenverdieping



Snede van verbinding met het plafond – 1 / 10e [5] p. 25

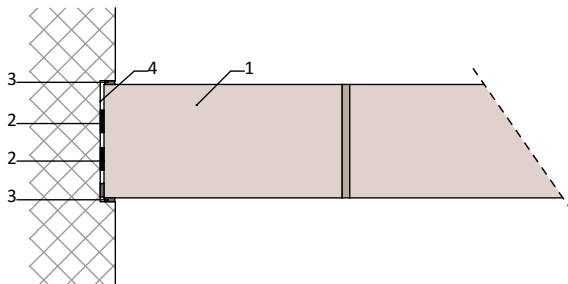
1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Léem (Lijm)mortel
3. Optionele ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)



Snede van verbinding met vals plafond – 1 / 10e [5] p.26

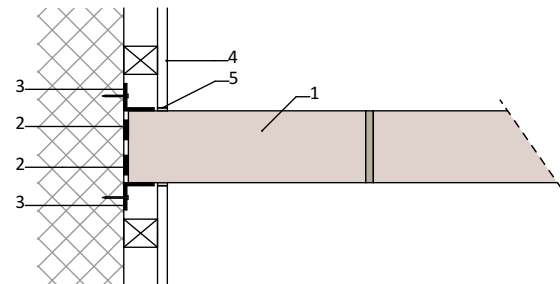
1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Léem (Lijm)mortel
3. Spouw of houtwol- of Léemmortelopvulling optioneel met een ontkoppelingsstrip als akoestische prestaties gewenst zijn
4. Stalen hoek of houten lat bevestigd aan het plafond
5. Vals plafond
6. Elastische kit

c. Verbinding met een muur van ander type



Plansnede van verbinding met een muur van verschillende aard – 1 / 10e [5] p. 28

1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Zwellband of minerale wol als akoestische en / of brandprestaties gewenst zijn
3. Elastische kit indien akoestisch en / of brandgedrag gewenst is
4. Uitsparing in betonnen muur

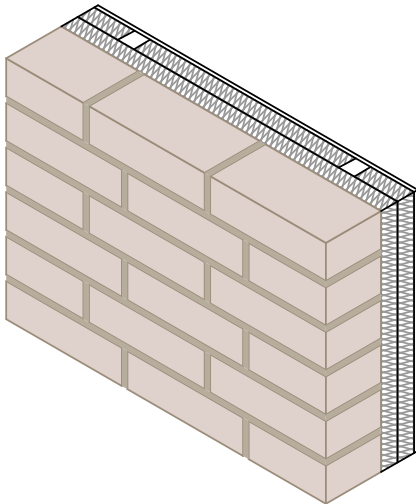


Plansnede van de verbinding met een muur van verschillende aard – 1 / 10e [5] p. 28

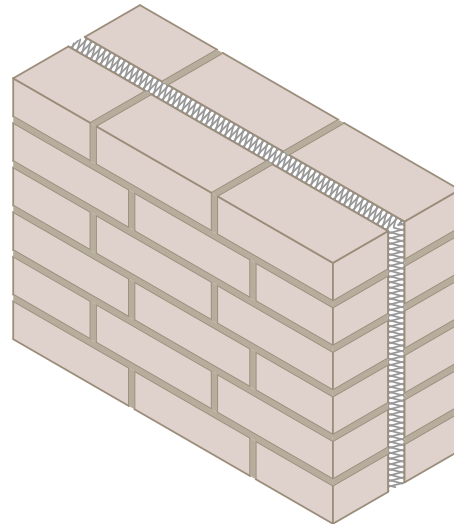
1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Zwellband of minerale wol als akoestische en / of brandprestaties gewenst zijn
3. Hoekprofielen vrbonden aan structuur, eventueel met kit voor akoestische scheiding
4. Voorzetwand in droogbouwsysteem
5. Elastische kit

5.3.4 Scheidingswand : separatief

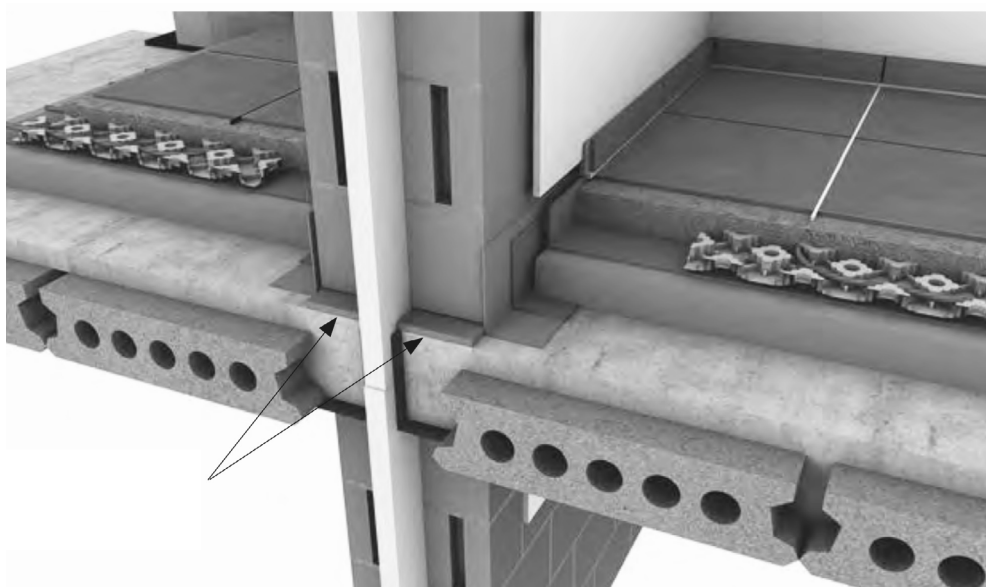
a. Wandcompositie



Voorbeeld van een beklede wand [5]
p. 5



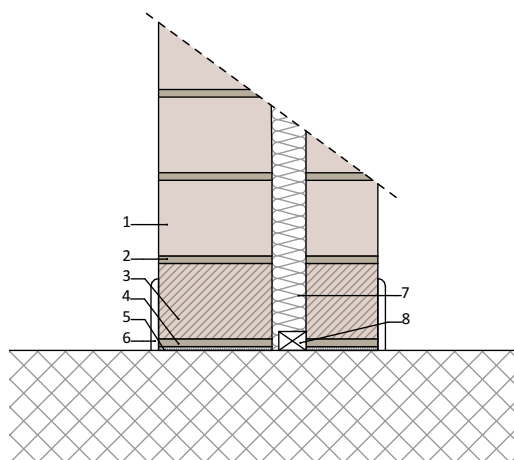
Voorbeeld van dubbele wand [5] p. 5



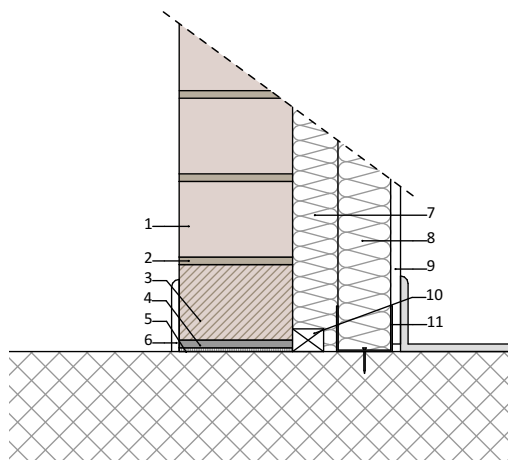
3D-Detail van een dubbele wand met akoestische ontkoppelingsstrips [6] p. 47

b. Muurvoet – verbinding met vloer en fundering

Snede van akoestische muur met afgewerkte vloerplaat – 1/10 [5] p. 27

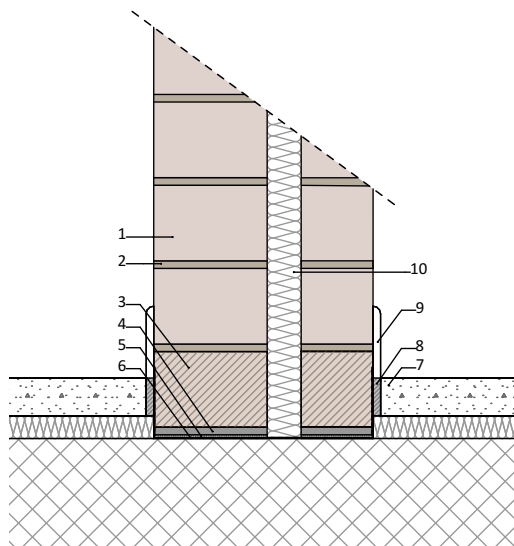


1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Waterbestendig blok (Léém Perssteen, Kalkzandsteen, ...)
4. Cementmortel (min. 2 cm)
5. Optionele ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)
6. Plint
7. Isolatie
8. Houten profiel bevestigd aan vloerplaat

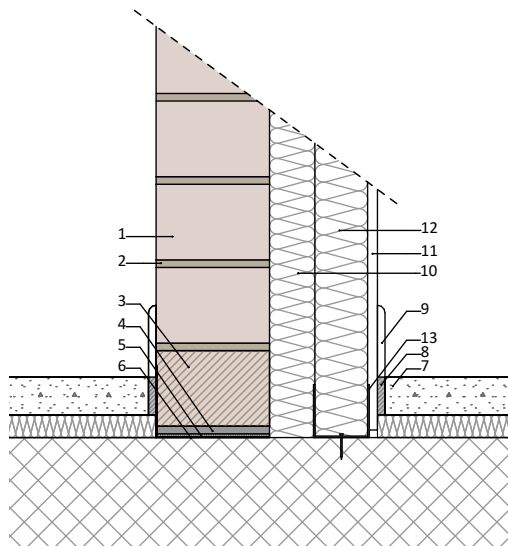


1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Waterbestendig blok (Léém Perssteen, Kalkzandsteen, ...)
4. Cementmortel (min. 2 cm)
5. Optionele ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)
6. Plint
7. Isolatie
8. stijlen ingeschoven in vloerrail
9. Gips(vezel)plaat
10. Houten profiel bevestigd aan vloerplaat
11. Vloerrail

Snede van de verbinding met (zwevende) dekvloer – dubbele wand / beklede wand – 1/10e [5] p. 28



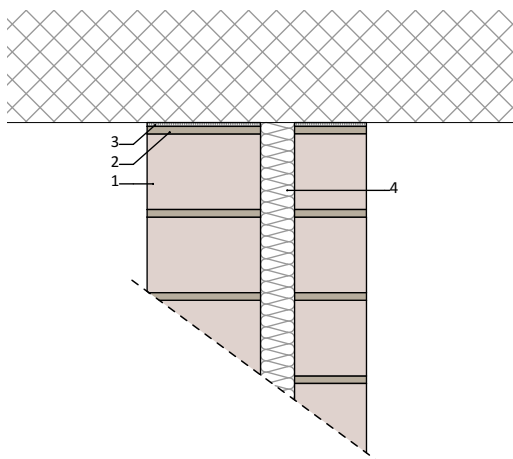
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Waterbestendig blok (Léém Perssteen, Kalkzandsteen, ...)
4. Cementmortel (min. 2 cm)
5. Optionele ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)
6. Waterbestendige barrière groter dan min 2cm boven afgewerkte vloer
7. (Zwevende) dekvloer
8. Randisolatie
9. Plint
10. Isolatie



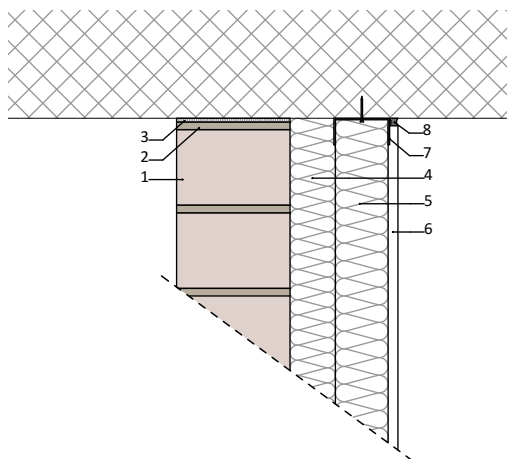
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Waterbestendig blok (Léém Perssteen, Kalkzandsteen, ...)
4. Cementmortel (min. 2 cm)
5. Optionele ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)
6. Waterbestendige barrière groter dan min 2cm boven afgewerkte vloer
7. (Zwevende) dekvloer
8. Randisolatie
9. Plint
10. Isolatie
11. Gips(vezel)plaat
12. Vloerrail

c. Muurkop - aansluiting met plafond

Snede van de verbinding met het plafond - dubbele wand / beklede wand - 1 / 10e [5] p. 25

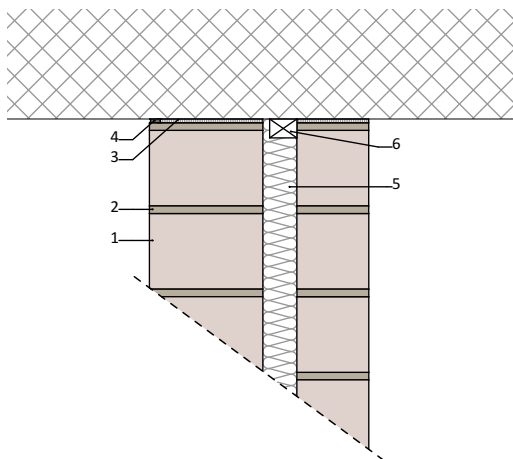


1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Mogelijke ontkoppelingsstrip (ep. 5 mm)
4. Isolatie

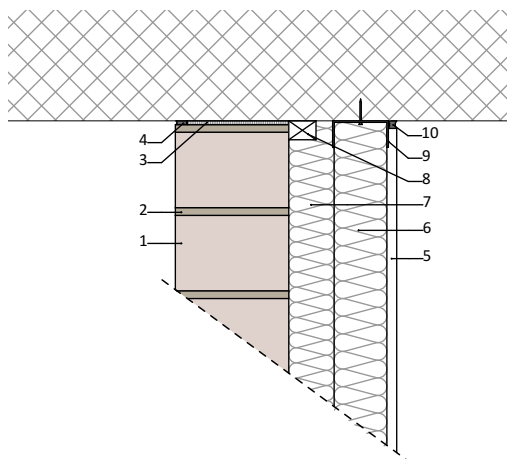


1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Mogelijke ontkoppelingsstrip (ep. 5 mm)
4. Isolatie
5. stijlen ingeschoven in plafondrail
6. Gips(vezel)plaat
7. Plafondrail
8. Elastische kit

Snede van de verbinding met het plafond voor een akoestische muur - dubbele wand / beklede wand - 1/10e [5] p. 25

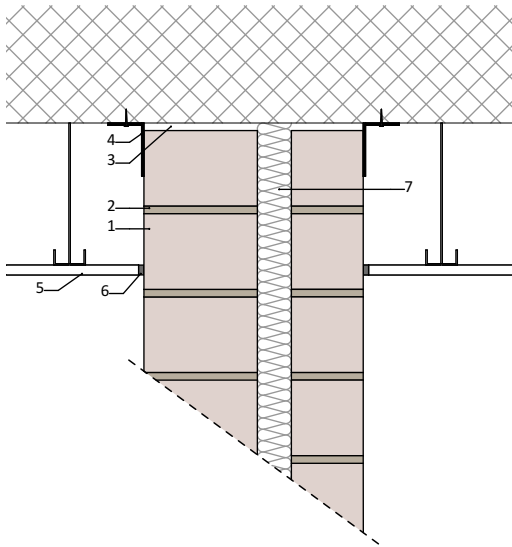


1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Mogelijke ontkoppelingsstrip (ep. 5 mm)
4. Elastische kit
5. Isolatie
6. Houten profiel bevestigd aan plafond

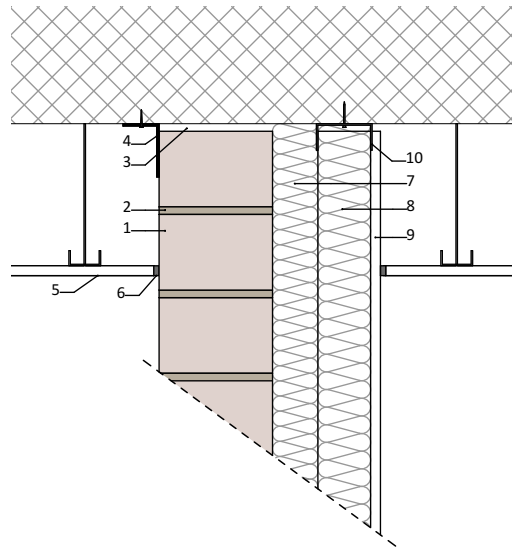


1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Mogelijke ontkoppelingsstrip (ep. 5 mm)
4. Elastische kit
5. Gips(vezel)plaat
6. Stijlen ingeschoven in plafondrail
7. Isolatie
8. Houten profiel bevestigd aan plafond
9. Plafondrail
10. Elastische kit

Snede van de verbinding met vals plafond – dubbele wand / beklede wand – 1 / 10e [5] p. 26



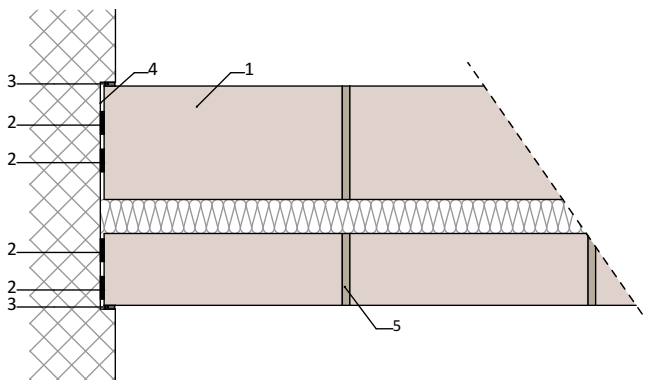
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Spouw of houtwol- of Léémmortelopvulling optioneel met een ont koppelingsstrip als akoestische prestaties gewenst zijn
4. Stalen hoek of houten lat bevestigd aan het plafond
5. Vals plafond
6. Elastische kit
7. Isolatie



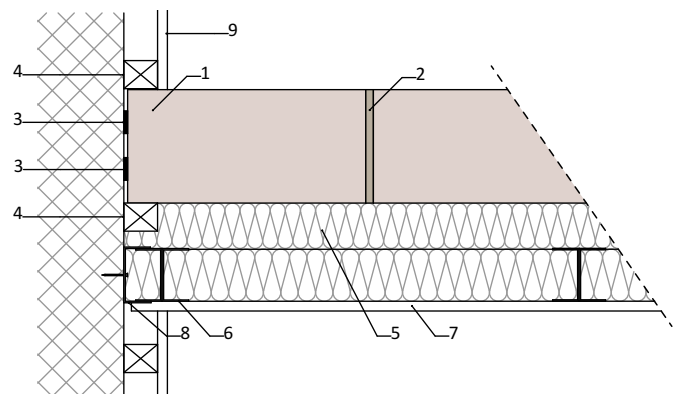
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Léém (Lijm)mortel
3. Spouw of houtwol- of Léémmortelopvulling optioneel met een ont koppelingsstrip als akoestische prestaties gewenst zijn
4. Stalen hoek of houten lat bevestigd aan het plafond
5. Vals plafond
6. Elastische kit
7. Isolatie
8. Stijlen ingeschoven in plafondrail
9. Gipsplaat gemonteerd op stijlen maar niet op plafondrail
10. Plafondrail

d. Verbinding met een muur van ander type

Plansnede van de verbinding met een muur van verschillende aard – dubbele wand / beklede wand – 1/10 [5] p. 29



1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. zwelband of minerale wol als akoestische en / of brandprestaties gewenst zijn
3. Elastische kit indien akoestisch en / of brandgedrag gewenst is
4. Uitsparing in betonnen muur

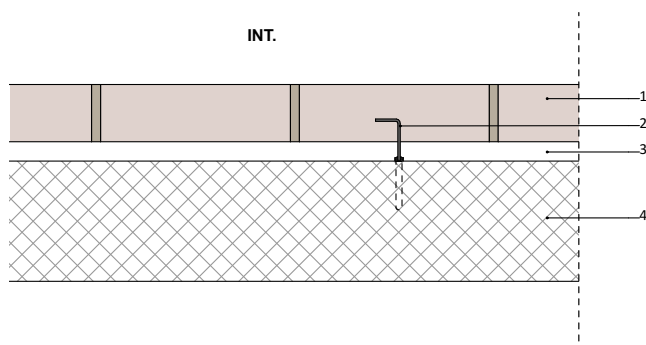


1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. zwelband of minerale wol als akoestische en / of brandprestaties gewenst zijn
3. Elastische kit indien akoestisch en / of brandgedrag gewenst is
4. Houtprofiel bevestigd aan structuur
5. Isolatie
6. Stijlen ingeschoven in in wandmontage rail
7. Gips(vezel)plaat
8. wandrail
9. bekleding

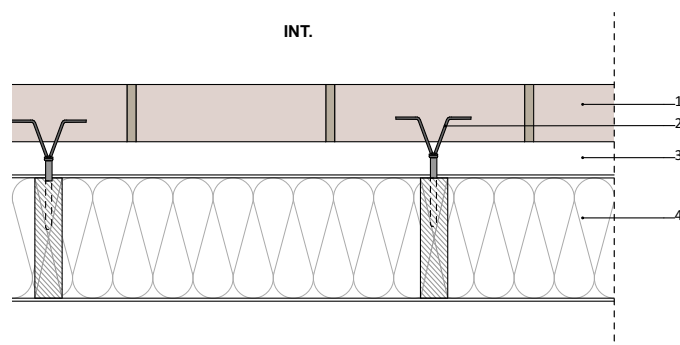
5.3.5 Muur als voorzetwand

a. Wandcompositie

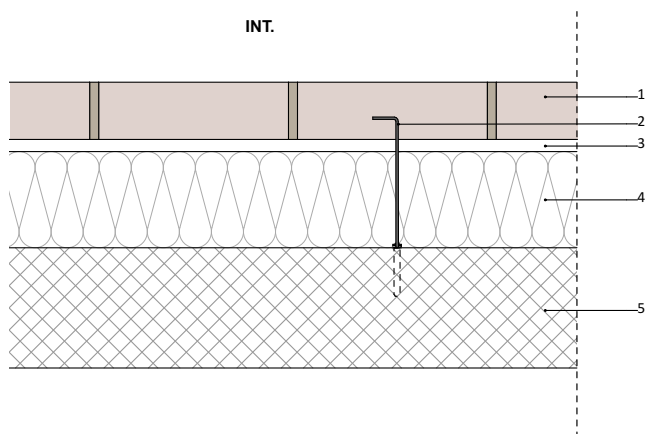
Plansneden van principiële opbouwen [3] p.5



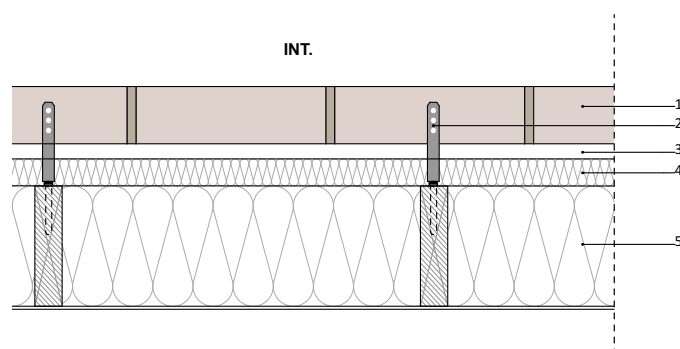
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Spouwanker
3. Spouw
4. Structuur, eventueel bekleed met externe thermische isolatie



1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Spouwanker
3. Spouw
4. Houtskeletstructuur met isolatie

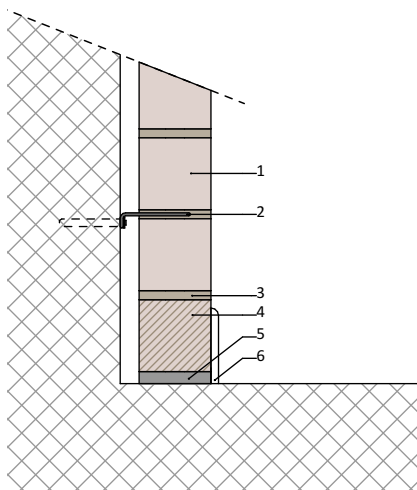


1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Spouwanker
3. Spouw
4. Binnenisolatie
5. Structuur, eventueel bekleed met externe thermische isolatie



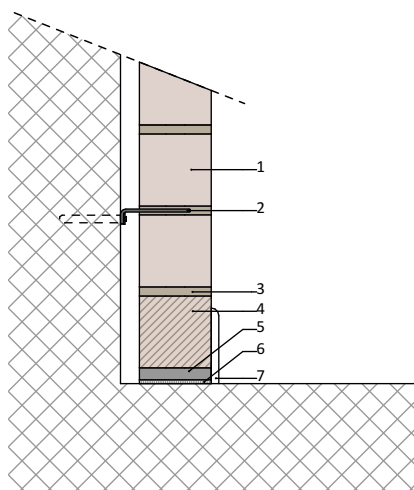
1. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
2. Spouwanker
3. Spouw
4. Binnenisolatie
5. Houtskeletstructuur met isolatie

b. Muurvoet - verbinding met de vloer



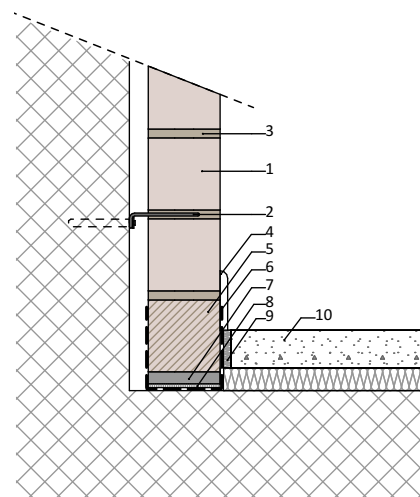
Snede van de verbinding met afgewerkte vloer - 1 / 10e [3] p.22

1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Spouwanker
3. Léem (Lijm)mortel
4. Waterbestendige steen (Léem Perssteen, Kalkzandsteen ...)
5. Hydraulische mortel
6. Plint



Snede van de verbinding met afgewerkte vloer (met ontkoppelingsstrip) - 1/10e [3] p.22

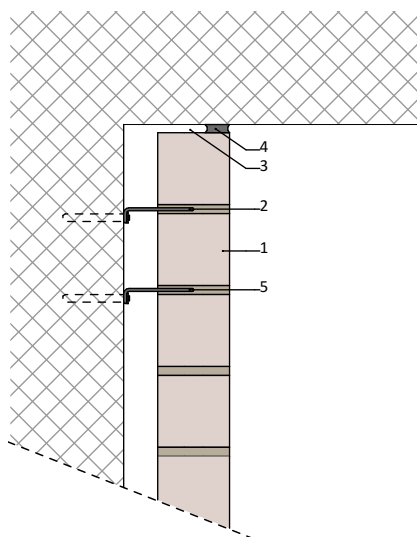
1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Spouwanker
3. Léem (Lijm)mortel
4. Waterbestendige steen (Léem Perssteen, Kalkzandsteen ...)
5. Hydraulische mortel
6. Plint
7. Ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)



Snede van de verbinding met (zwevende) dekvloer - 1 / 10e [3] p.22

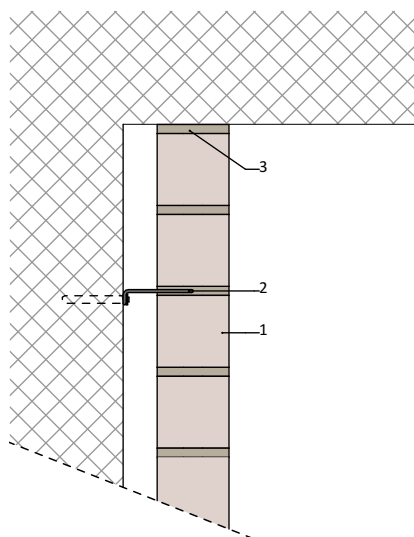
1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Spouwanker
3. Léem (Lijm)mortel
4. Plint
5. Waterbestendige steen (Léem Perssteen, Kalkzandsteen ...)
6. Hydraulische mortel
7. Ontkoppelingsstrip (Ep 5-10mm)
8. Waterkerende barriere hoger dan min 2 cm boven afgewerkte vloer
9. Randisolatie
10. Zevende dekvloer

c. Muurkop - verbinding met plafond



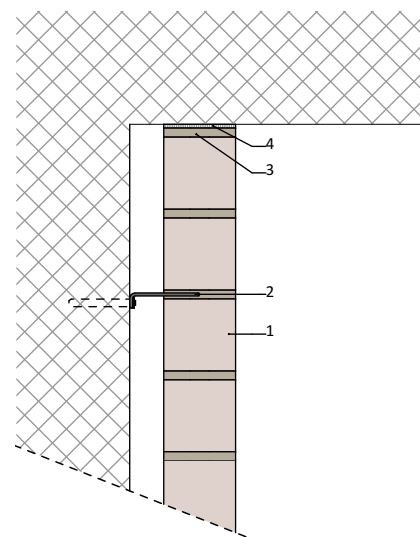
Snede van de verbinding met muurkop: vide - 1 / 10e [3] p.23

1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Spouwanker
3. vide
4. Elastische kit



Snede van de verbinding met muurkop: Léemmortel - 1 / 10e [3] p.23

1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Spouwanker
3. Léemmortel

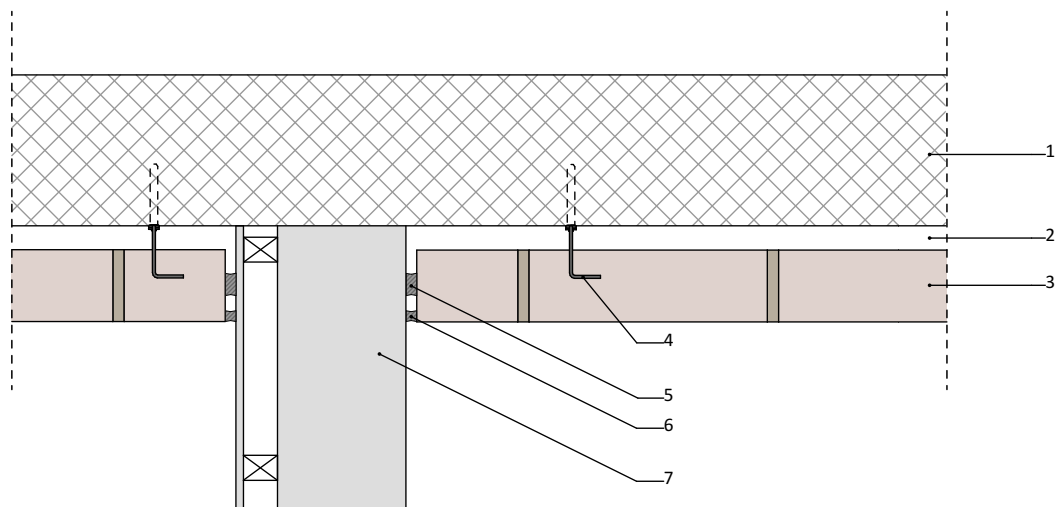


Snede van de verbinding met muurkop: Ontkoppelingsstrip - 1 / 10e [3] p.24

1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Spouwanker
3. Léem (Lijm)mortel
4. Ontkoppelingsstrip

d. Verbinding tussen voorzetwand en muur van ander type

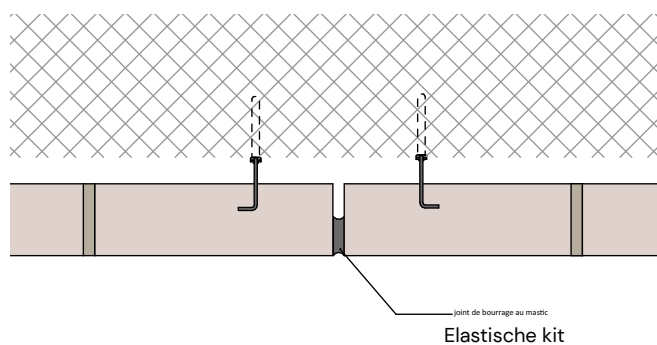
Plansnede van de ontkoppelde verbinding met een wand van verschillende aard – 1 / 10e [3] p.24



- 1. Structuur
- 2. Spouw
- 3. Léém Vormsteen of Léém Perssteen
- 4. Spouwanker
- 5. Zwelband
- 6. Elastische kit
- 7. Wand van verschillende aard

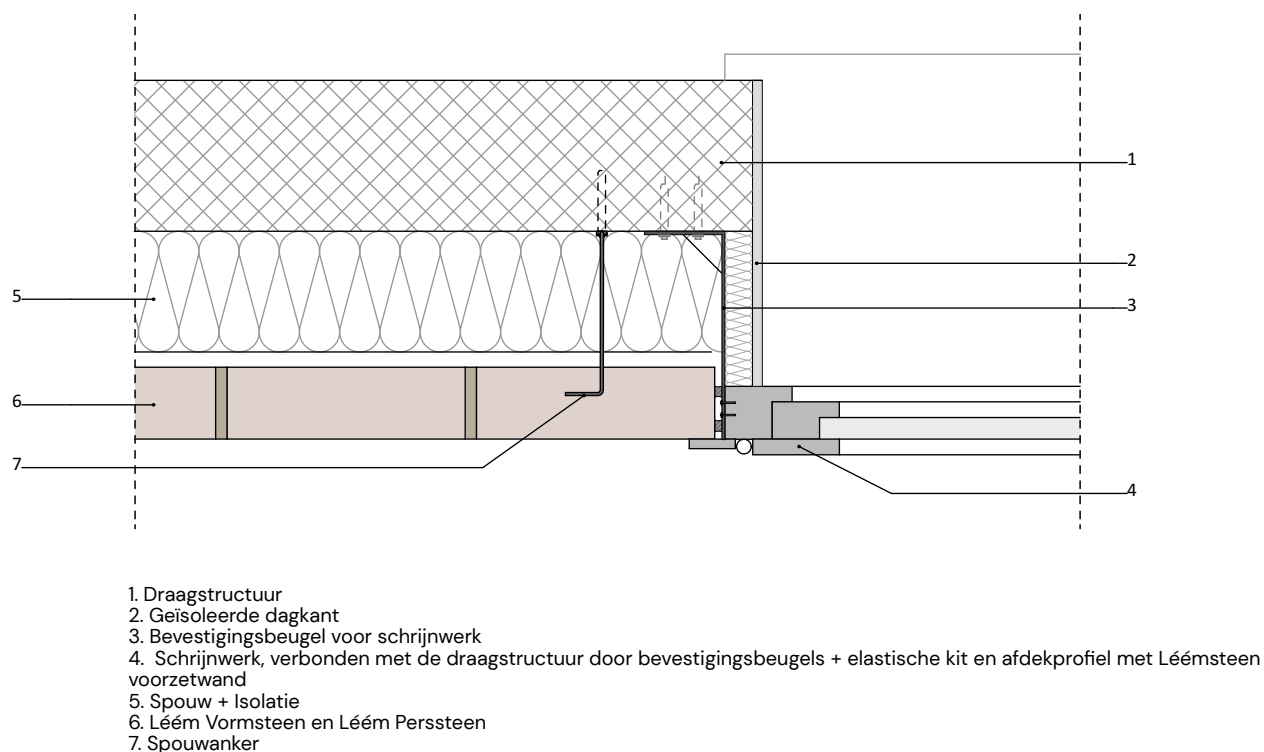
e. Verbinding tussen 2 voorzetwanden

Plansnede van een dilatatievoeg – 1/10e [3] p.24

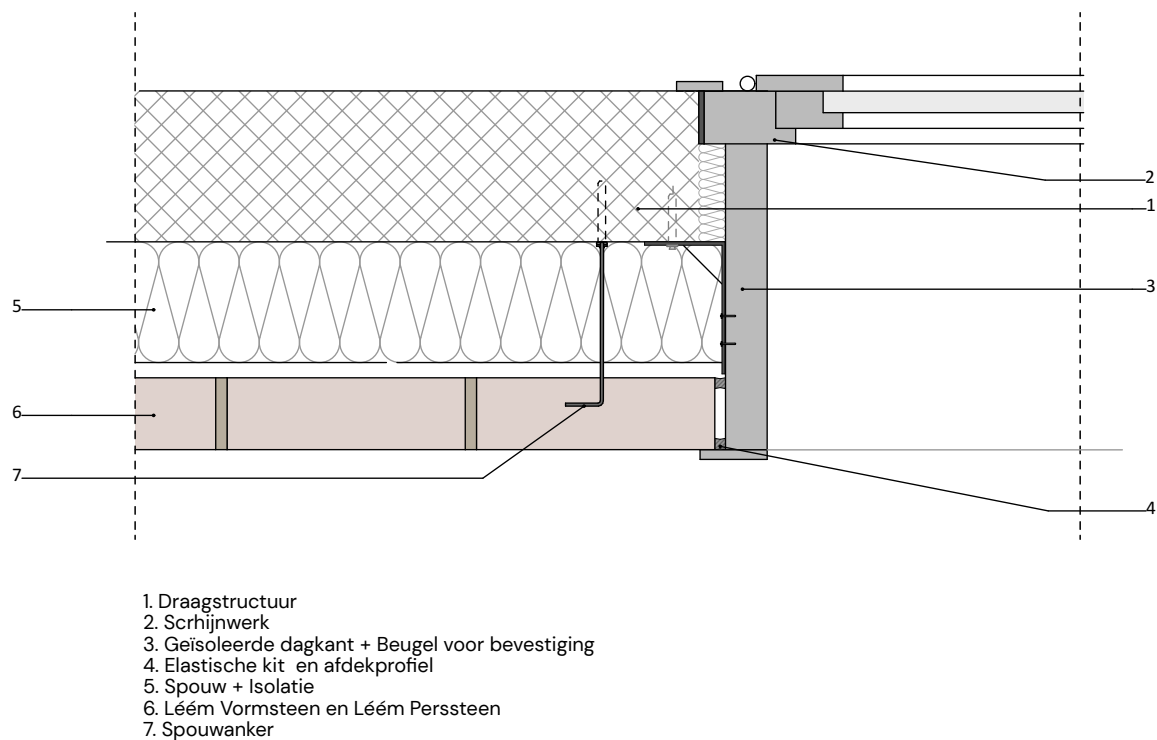


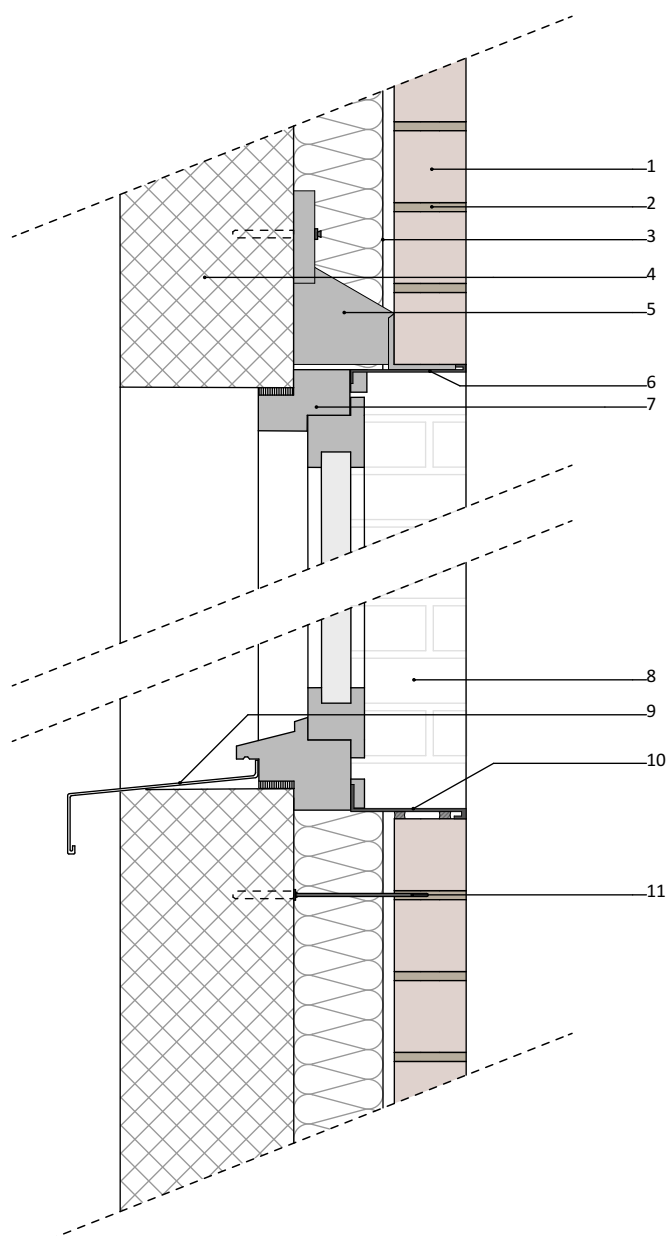
f. Verbinding met schrijnwerk

Snede van de integratie van schrijnwerk aan de binnenkant, bevestigd aan de buitendraagstructuur - 1 / 10e [3] p.29



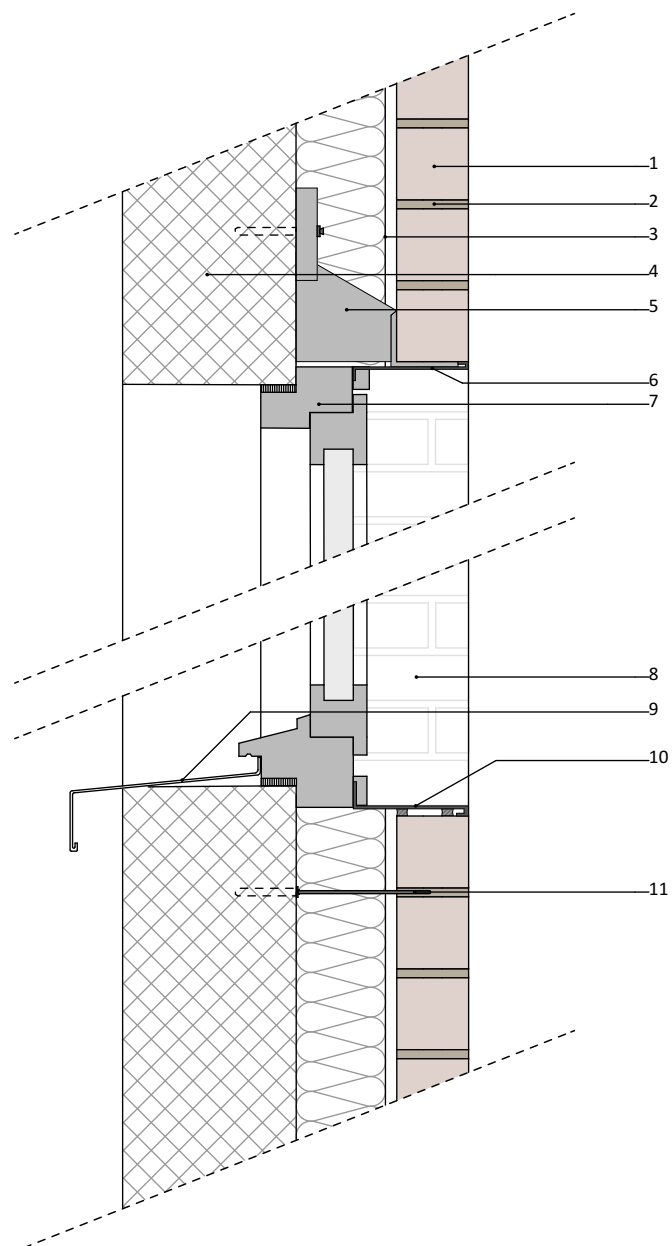
Snede van de integratie van het schrijnwerk aan de buitenkant, bevestigd aan de draagstructuur - 1 / 10e [3] p.29





Snede van draagstructuur met binnenisolatie waarbij het schrijnwerk afgelijnd staat met de voorzetwand - 1 / 10e [3] p.28

1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Léem (Lijm)mortel
3. Isolatie + luchtspleet
4. Beton- of houten latei + zachte afdichtmiddel onder het gezicht en deksels
5. Console
6. Bekleding van de console
7. Buitenschrijnwerk
8. Aanzicht metselwerk
10. Gevouwen dorpel + Elastische kit



Snede van draagstructuur met binnenisolatie waarbij het schrijnwerk niet afgelijnd staat met de voorzetwand - 1 / 10e [3] p.28

1. Léem Vormsteen of Léem Perssteen
2. Léem (Lijm)mortel
3. Isolatie + luchtspleet
4. Steunmuur spouw
5. Console
6. Bekleding van de console
7. Buitenschrijnwerk
8. Aanzicht metselwerk
9. Gevouwen stalplaat
10. Gevouwen dorpel + Elastische kit
11. Spouwanker

6.

Bibliografie

- [1] Confédération de la construction en terre crue, *Guide des bonnes pratiques: Briques de terre*, Octobre 2020.
- [2] CSTB, and Briques Technic Concept, *ATEx A 2957 Murs porteurs*, Octobre 2021
- [3] CSTB, and SCIC Cycle Terre, *ATEx A 2991 Parement intérieur*, Février 2022
- [4] CSTB, and SCIC Cycle Terre, *ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage*, Mai 2022
- [5] CSTB, and SCIC Cycle Terre, *ATEx A 2911 Cloisons*, Mai 2021
- [6] CSTC, *NIT 271 – Exécution des maçonneries*, Février 2020
- [7] Cycle Terre, *Guide de conception et de construction*, Mai 2021
- [8] Institut allemand de normalisation, *DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue*, Octobre 2022
- [9] Morton Tom, *Earth Masonry : Design and Construction Guidelines*, Février 2008
- [10] Schroeder Horst, *Sustainable Building with Earth*, Octobre 2015
- [11] Wienerberger, *Rouge. La force*, Août 2018
- [12] Klinge Andrea, *The Relevance of Earthen Plasters for Eco Innovative, Cost-Efficient and Healthy Construction*, Janvier 2019
- [13] Klinge Andrea, *Naturally ventilated earth timber constructions*, Juin 2016
- [14] SIPIZ Laboratoire d'incendie, et Terrabloc, *Rapport d'essai Nr. PB 128 001 2022 (Blocs)*, Octobre 2022
- [15] SIPIZ Laboratoire d'incendie, et Terrabloc, *Rapport de test Nr. PB 128 001 2021 (Plaques)*, Juillet 2021
- [16] Empa et Terrabloc, *Rapport d'essai n° 5214027285 (Terraploc)*, Juillet 2021
- [17] Dachverband Lehm, *V. Lehmbauregeln. 3. Auflage*, Vieweg + Teubner, Octobre 2008
- [18] Institut allemand de normalisation, *DIN 18945: Blocs de terre – Exigences, essai et étiquetage*, Décembre 2018
- [19] Institut allemand de normalisation, *DIN 18946: Mortier de terre pour maçonner – Exigences, essai et étiquetage*, Décembre 2018
- [20] Graham, C.W, *Movement coefficients of compressed earth masonry units*, Juin 2005
- [21] Sutton Andy, *Unfired clay masonry*, Octobre 2011
- [22] CSTC, *NIT 284 Les enduits intérieurs*, Novembre 2022
- [23] Guillaud Hubert, *Traité de construction en terre*, Janvier 2006
- [24] Institut allemand de normalisation, *DIN 18947: Mortier de terre pour enduit – Exigences, essai et étiquetage*, Décembre 2018
- [25] CSTC, *NIT 255 Etanchéité à l'air*, Décembre 2015
- [26] UBAtc, *Agrément technique*, <https://butgb-ubatc.be/fr/deliverables/national-technical-approval-atg/>, consulté en Août 2023

7. Erkenningen en credits

Zoals vermeld in sectie 1, is deze Léémsteen Gids een compilatie door BC Materials van de meest recente onderzoekspublicaties, technische goedkeuringen en normen in Duitsland en Frankrijk, aangevuld met specifiek extra onderzoek en ervaring door BC Materials en Buildwise met betrekking tot een Benelux-context. Het zou niet mogelijk geweest zijn zonder de specifieke inbreng van volgende mensen. Met dank aan

In België, Lou Ricome en Lori Reding voor het waardevolle werk aan de gids, Buildwise voor de toestemming om de schema's en tabellen uit de TVN voor metselwerk te reproduceren.

In Frankrijk, Elodie Wallers, Teddy Dusaussaye en Paul-Emmanuel Loiret van Cycle-Terre voor hun waardevolle uitwisselingen en toestemming om veel schema's en details met betrekking tot leemsteen metselwerk te gebruiken, Eugénie Crété en Dr. Mathilde Chamodot en Arnaud Misse van CRAterre en Sophie Bioul van AMACO voor het faciliteren van het werk aan deze diagrammen en details en voor het delen van hun ervaring bij het maken van de Cycle-Terre gidsen.

In Zwitserland, Rodrigo Fernandez en Laurent de Wurstemberger van Terrabloc voor hun waardevolle bijdrage aan de vibrocompactie van Léém Perssteen.

In Duitsland, Dr. Christoph Ziegert en Dr. Horst Schröder voor hun waardevolle bijdrage aan DIN-normen en het EPD-kader, en Ing. Stephan Jörchel van Dachverband Lehmnbau voor zijn facilitering.

Deze gids werd gefinancierd door het EU – EU NextGeneration Fund.



**Gefinancierd door
de Europese Unie**
NextGenerationEU

We hebben ons best gedaan om alle verwijzingen naar tekst en afbeeldingen in deze gids duidelijk te maken. Als er geen verwijzing wordt gevonden, kan BC materials worden beschouwd als de auteur. Neem contact met ons op via info@bcmaterials.org als u tekst of afbeeldingen ontdekt waarnaar niet of verkeerd wordt verwezen.

Alle afbeeldingen van de bibliografische referenties [2,3,4,5,7] zijn vriendelijk verstrekt door Cycle-Terre en CRAterre en bewerkt door BC materials.

Alle inhoud in deze gids die is gemaakt door BC materials valt onder een Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License. Neem eerst contact met ons op als u deze inhoud voor commerciële doeleinden wilt gebruiken.