

Contact

Thematische
editie

**Stabiliteit
tijdens de
bouwfase**



jan-feb
2022

P11. Onderschoeien van funderingen

P17. Beoordeling van de stabiliteit van de ruwbouw

P21. Uitvoering van openingen in metselwerk

Inhoud

WTCB-Contact januari-februari 2022



04

Welke belastingen in aanmerking nemen bij renovaties?



06

Zorg voor een veilige bouwplaats



08

Graven? Ja, maar op een veilige manier!



11

Bestaande funderingen onderschoeien door de techniek van het ondermetselen



13

Funderingen en ondergrondse bouwdelen: voorzorgsmaatregelen



15

Montage van dragend metselwerk: stabiliteit voorop!



17

Beoordeling van de stabiliteit van de bestaande ruwbouw



21

Hoe openingen uitvoeren in bestaand metselwerk?



26

Een vloer doorboren en verstevigen: wat zijn de aandachtspunten?



29

Technologie die levens kan redden ...

Stabiliteit in de bouwfase: voorkom onaangename verrassingen



De stabiliteit is één van de basisvereisten van een bouwwerk. Deze thematische WTCB-Contact staat volledig in het teken van dit onderwerp. Niet zozeer de berekening van constructies komt aan bod, maar wel de **maatregelen die de aannemer moet nemen om de stabiliteit van een gebouw te garanderen, zowel tijdens de werken als op langere termijn**. Hoewel het voor alle werken die een invloed hebben op de stabiliteit van het bouwwerk (bv. bepaalde renovatiewerken) verplicht is om een beroep te doen op een architect of studiebureau, vallen de maatregelen voor de uitvoering vaak onder de verantwoordelijkheid van de aannemer. Hij moet namelijk niet alleen de tijdelijke stabiliteit van onder andere het metselwerk en de vloeren garanderen, maar ook van de tijdelijke constructies zoals de stutten.

In deze editie spitsen we ons toe op kleine en middelgrote gebouwen en op nieuwbouw en renovatie. Zelfs wanneer renovatiewerken geen rechtstreekse invloed hebben op de stabiliteit van het bouwwerk, brengen bepaalde ingrepen immers nieuwe belastingen met zich mee waarmee rekening gehouden moet worden. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de **uitvoering van nieuwe afwerkingen of de vervanging van een dakbedekking**.

De **in aanmerking te nemen belastingen** worden beschreven in de norm NBN EN 1991-1-6 'Belastingen op constructies. Belastingen tijdens uitvoering'. Deze belastingen kunnen tijdens de werken soms groter zijn dan erna, doordat de bouwelementen hun uiteindelijke sterkte nog niet bereikt hebben. Bovendien kan de stabiliteit van bepaalde elementen afhankelijk zijn van andere elementen die niet altijd aanwezig zijn tijdens de uitvoering. Zo zijn de vloeren bijvoorbeeld onmisbare steunpunten voor gevelmetselwerk. Dit onderwerp komt aan bod in het artikel op pagina 4.

Op pagina 8 tot 14 zijn enkele praktische aanbevelingen voor de uitvoering van **funderingswerken** terug te vinden. In deze artikels worden onder meer bouwputten en ondermetselingen besproken, maar ook de stabiliteit van kelderwanden tijdens de aanvalwerken.

De aannemer moet uiteraard ook bijzondere aandacht besteden aan de **stabiliteit van het metselwerk**, niet alleen om overmatige vervormingen te voorkomen, maar ook om de veiligheid van de arbeiders te garanderen. Dit onderwerp wordt aangehaald op pagina 15. De **tijdelijke elementen**, zoals stutten, worden behandeld op pagina 6.

We spitsen ons toe op kleine en middelgrote gebouwen, zowel nieuwbouw als renovatie.

We gaan ook dieper in op renovatiewerken, te beginnen met het **onderzoek van de bestaande elementen**. In het artikel op pagina 17 worden enkele praktische aanwijzingen en richtlijnen gegeven om te bepalen of een constructie verstevigd moet worden of niet. De huidige tendens is om de architecturale lijnen te verfijnen en de ruimten te vergroten door **muren te verwijderen of grote openingen te maken**. Naast een rechtstreekse invloed op de betrokken wand kan deze ingreep schadelijke gevolgen hebben voor de totale stabiliteit van het gebouw. In het artikel op pagina 21 ligt de focus op de specificiteit van deze werken. De aandachtspunten met betrekking tot de **vloeren** (bv. het creëren van openingen en uitsparingen) worden besproken op pagina 26.

We hopen dat jullie deze thematische editie, die we met enthousiasme en toewijding voorbereid hebben, met veel belangstelling zullen ontdekken.

Noël Huybrechts,
hoofd van de afdeling 'Geotechniek, structuren en beton'

Welke belastingen in aanmerking nemen bij renovaties?

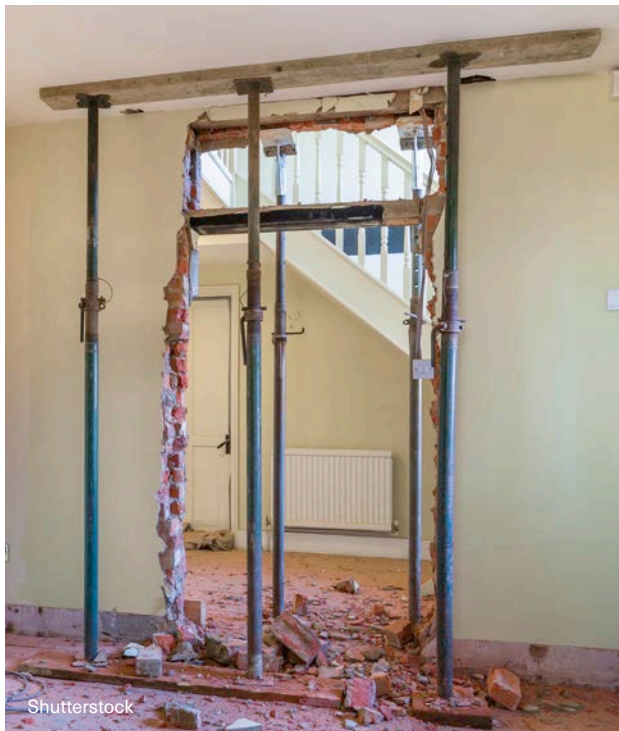
De structurele renovatie van kleine en middelgrote gebouwen brengt verschillende belastingen met zich mee, zowel tijdens de sloop, tijdens de werkzaamheden zelf als tijdens het gebruik van het gerenoveerde gebouw. Om welke belastingen gaat het hier en welke voorzorgsmaatregelen moeten in deze context genomen worden?

N. Depauw, ing., onderzoeker, laboratoria 'Geotechniek en monitoring' en 'Structuren en bouwsystemen', WTCB
A. Skowron, ir., laboratoriumhoofd, laboratorium 'Structuren en bouwsystemen', WTCB

Alvorens van start te gaan met werkzaamheden die een impact hebben op de draagstructuur van het gebouw, is het belangrijk om:

- de samenstelling van het gebouw te kennen (bv. materialen, doorsnede van de dragende elementen en overspanning van de vloeren)
- na te gaan dat het gebouw in staat is om de belastingen op te nemen.

Als hieromtrent geen enkel document voorhanden is (plannen of rekennota's), zal de architect ter plaatse een opmeting moeten uitvoeren.



Shutterstock

1

Plaatsen van stutten voor het maken van een deuropening.

De renovatiewerken kunnen in drie fases opgedeeld worden:

- de **sloopfase**
- de **uitvoeringsfase** van de werkzaamheden
- de **gebruiksfase** van het gebouw.

Bij elke fase moet het studiebureau toezien op de stabiliteit van de dragende elementen.

De fasering van de werkzaamheden is bepalend voor de planning van de verschillende uit te voeren taken (bv. het plaatsen van stutten, zie afbeelding 1). Tijdens de verschillende fases moet er rekening gehouden worden met verscheidene soorten belastingen om de stabiliteit van de dragende elementen te verzekeren en de vervorming ervan te beperken.

Permanente belastingen

Onder 'permanente belastingen' verstaan we het **eigen-gewicht** van de dragende en niet-dragende elementen (bv. afwerkingen, lichte vaste wanden en verlaagde plafonds) en van de vaste uitrustingen (bv. stookketels). Als er tijdens de renovatie nieuwe afwerkingen aangebracht worden, moet de draagstructuur gecontroleerd worden rekening houdend met deze nieuwe belastingen. Indien de leien van een hellend dak bijvoorbeeld vervangen worden door dakpannen, zou de permanente belasting door deze nieuwe afwerking kunnen verdubbelen.

Gebruiksbelastingen

De gebruiksbelastingen zijn afhankelijk van het **toekomstige gebruik** van de vloer of het dak na de renovatie. De Eurocode 1 vermeldt de belastingswaarden in functie van de gebruikscategorie van elk element. Opgelet: het eigen-gewicht van verplaatsbare wanden wordt beschouwd als een gebruiksbelasting op het oppervlak.

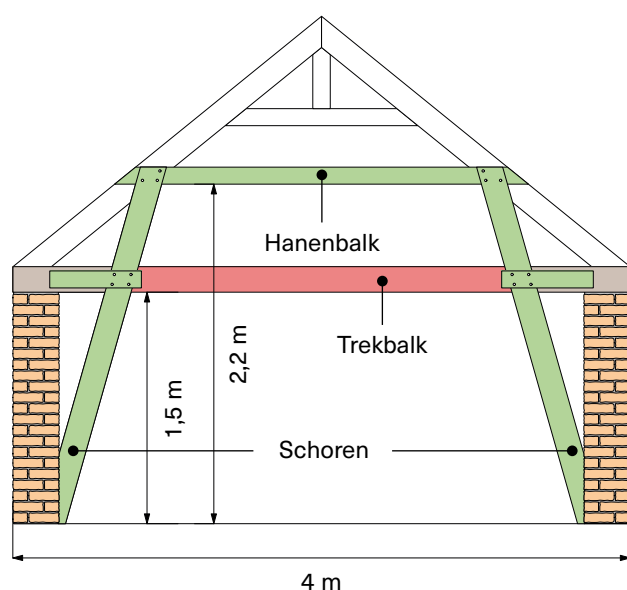


2 Sneeuwophoping aan de voet van een dakkapel.

Soms verandert de bestemming van een gebouw na de renovatie ervan. Zo kan een woongebouw omgevormd worden tot een kantoorgebouw. In dat geval vermeerderd de waarde van de gebruiksbelastingen met 50 %.

Belastingen tijdens de uitvoering

Tijdens de werkzaamheden worden de arbeiders, het gereedschap, de zware machines en het afval beschouwd als variabele belastingen (vergelijkbaar met de gebruiksbelastingen). In sommige gevallen kunnen deze **groter zijn dan de belastingen tijdens de gebruiksfase van het gebouw**. Ze mogen dus niet over het hoofd gezien worden, zeker wanneer de architect en/of aannemer twijfels heeft bij de stabiliteit van het gebouw of van een dragend element. Tijdens deze fase is het aangeraden om de zware machines en het eventuele afval (bv. steen- en bouwpuin en gipsplaten) zo dicht mogelijk bij de steunpunten op te slaan om de vervorming van de vloer te beperken. Als de



vloer niet in staat is om de belastingen op te nemen, moet hij gestut worden.

Wind- en sneeuwbelastingen

Sneeuwbelastingen zijn verticale belastingen die een directe impact hebben op de dimensionering van het dak. In het specifieke geval van een uitbreiding van een bestaand gebouw moet er bij de dimensionering van de dakelementen rekening gehouden worden met een grotere sneeuwophoping op het laagste gedeelte van het dak. Wanneer sneeuw zich aan de voet van dakkapellen onderaan een dak accumuleert (zie afbeelding 2 hiernaast), kan de belasting op deze plaats minstens tweemaal zo groot zijn als op de rest van het dak.

Windbelastingen zijn horizontale belastingen die inwerken op de gevel enerzijds en op het daktimmerwerk en de vloeren anderzijds.

Bij een structurele wijziging van het daktimmerwerk moet erop gelet worden dat de gewijzigde overdracht van de belastingen (d.w.z. de manier waarop de belastingen over een constructie verdeeld worden), niet leidt tot de overbelasting van bepaalde dragende elementen die hier oorspronkelijk niet voor gedimensioneerd zijn. Wanneer een zolder bijvoorbeeld ingericht wordt als een woonruimte, zou men geneigd kunnen zijn om de oorspronkelijke trekbalen van de dakspanten weg te halen (zie afbeelding 3 hieronder). In dat geval moet men erop toezien dat er een ringbalk aanwezig is die in staat is om de horizontale spatkrachten op te nemen. Indien dit niet zo is, moet men ervoor zorgen dat de belastingen via nieuwe dragende elementen overgedragen worden, zoals hanenbalen en/of schoren.

Dezelfde aanpak moet gevolgd worden voor de muren. Zo moet men nagaan dat het verwijderen van een muurgedeelte of het maken van een opening in een muur geen aanleiding geeft tot instabiliteit ten aanzien van de windbelastingen. Het wegnemen van een verstijwingsmuur vereist bijzondere aandacht. Over het algemeen moet men vermijden om een verstijwingsmuur te verwijderen die een muurvlak van meer dan 8 m lang steunt dat te flexibel is om op zijn eentje de loodrecht op dit vlak inwerkende windkrachten op te nemen. ■

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne 'Constructieve Eurocodes'. Een nieuwe versie van de Eurocodes is momenteel in voorbereiding. De definitieve versies van alle Eurocodes zullen in 2027 gepubliceerd worden. De huidige versies zullen in 2028 verwijderd worden.

3 Verwijderen van een trekbal van een dakspant en versterking door de toevoeging van een hanenbalk en schoren.

Zorg voor een veilige bouwplaats

Om de veiligheid van de werknemers op de bouwplaats te verzekeren, vooral tijdens verbouwings- of renovatiewerkzaamheden, is het vaak noodzakelijk om tijdelijke stabiliteitsvoorzieningen (schoring, algemene stabilisatie) en beschermingselementen (borstweringen, steigers) aan te brengen. In dit artikel worden enkele verplichtingen uit de geldende normen belicht en worden een aantal praktische adviezen gegeven voor de toepassing ervan.

J.-F. Rondeaux, dr. ir.-arch., projectleider, laboratorium 'Structuren en bouwsystemen', WTCB

Plaatselijke schoring is meestal nodig om:

- vloeren of andere dragende elementen tijdelijk te ontlasten en overmatige vervorming (doorbuiging) te voorkomen
- zware belastingen te dragen die voortvloeien uit de uitvoering van de werken of de tijdelijke opslag van materialen
- plaatselijke sloopwerkzaamheden mogelijk te maken die de overdracht van de belastingen in bestaand metselwerk en bestaande draagconstructies wijzigen (zie het artikel op pagina 21).

Bij eenvoudige constructies (*) moet een schoring aangebracht worden die afgestemd is op de te dragen belastingen (zie het artikel op pagina 4). Doorgaans gaat het om een geheel van **regelbare telescopische stalen schoren**, waarvan het individuele draagvermogen bepaald wordt door hun maximale uitschuiflengte (zie norm NBN EN 1065). Voor een betonplaat van 20 cm dik die ter plaatse gestort wordt, kunnen bijvoorbeeld rijen schoren van klasse A40 gebruikt worden. De rijen moeten ongeveer 1,5 m uit elkaar staan en de afstand tussen de schoren binnen elke rij moet 1 m bedragen.

Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de **stabiliteit van de ondersteuning van de schoren**. Als de ondersteuning bestaat uit elkaar overlappende stukken hout, moeten deze immers steeds breder worden van boven naar onderen. Ze moeten onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn, zodat ze een stabiele constructie vormen.

Het is ook van essentieel belang dat de door de schoren gedragen belastingen **correct overgebracht worden op de voorziene steunen** (specifieke onderconstructie, niet-vervormbare vloer, funderingen ...). De schoren moeten dus van verdieping tot verdieping boven elkaar geplaatst

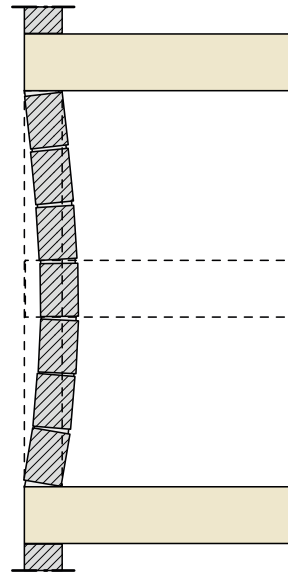
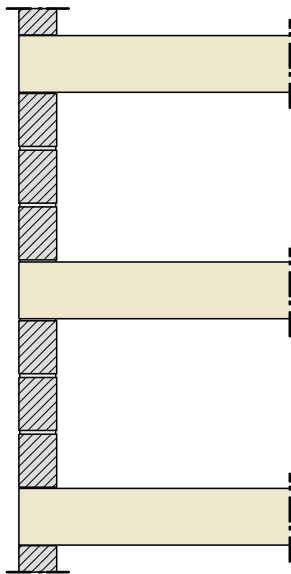
worden, om te voorkomen dat tussenliggende vloeren of vloerplaten belast zouden worden. Indien een rij schoren verschoven wordt of het aantal schoren per rij verminderd wordt, kunnen herverdelingsbalken gebruikt worden. Deze moeten voldoende onbuigzaam zijn (bv. stalen profielen) om geen doorponsen van de vloer te veroorzaken.

De schoring wordt volledig aangebracht, op alle verdiepingen en afgesteld vóór het begin van de stabilisatie-, vervangings- of bouwwerkzaamheden. Wanneer de werken voltooid zijn en het draagvermogen van de constructie verzekerd is, worden de schoren van boven naar beneden verwijderd.

Voor de stabilisatie van grotere bouwwerken zal een gespecialiseerd studiebureau een volledige constructieberekening uitvoeren.

Bij sloop- of verbouwingswerkzaamheden is een **algemene afstemming van de te behouden constructies** – meestal het metselwerk – vaak noodzakelijk om ervoor te zorgen dat het volledige gebouw tijdens de werkzaamheden in stand gehouden kan worden. Na de afbraak van bepaalde delen van het gebouw kunnen de (eventueel geklasseerde) gevels of de gemene muren van het gebouw afgezonderd komen te staan, waardoor ze mogelijk instabiel zijn als gevolg van het tijdelijk ontbreken van de scheidingselementen. Als bijvoorbeeld een tussenverdieping gesloopt wordt, verdubbelt de vrije hoogte (hoogte tussen twee opeenvolgende verdiepingen) van de gevel of de puntgevel (zie afbeelding 1 op de volgende pagina). De muur is dan ongeveer vier keer gevoeliger voor knikken en pakweg zestien keer meer vervormbaar bij windbelasting. Het is dan ook nodig om deze muren te stutten met **metalen profielen** (U-balken, pennen;

(*) Gebouwen die bestaan uit volle vloerplaten van minder dan 30 cm dik en balken met een doorsnede van minder dan 0,5 x 1 m, die minder dan 6 m overspannen en zich op minder dan 3,5 m hoogte bevinden.



1 Mogelijke instabiliteit van een gevel bij het verwijderen van een scheidingsvloer.



2 Stabilisatie van een gemene muur met metalen profielen die verankerd zijn in de aangrenzende gevels.

zie afbeelding 2) die verankerd zijn in dwarswanden of bestaande vloeren, op voorwaarde dat ze voldoende hard zijn. Wanneer deze niet aanwezig zijn of niet als dragende elementen kunnen dienen, zijn er andere specifieke oplossingen mogelijk (externe driehoeksconstructie, eventueel voorzien van ballast, metalen driepoten, torensteigers ...). Omwille van de materiële en menselijke risico's is het raadzaam om voor grootschalige werkzaamheden een beroep te doen op een studie bureau of een gespecialiseerd bedrijf.

De veiligheid van de werknemers op de bouwplaats wordt ook verzekerd door **de correcte installatie en het correcte gebruik van tijdelijke steigers en borstweringen**. Deze voorzieningen zijn verplicht volgens het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming wanneer de werkzaamheden op meer dan 2 m hoogte plaatsvinden. Het gebruik van arbeidsmiddelen voor tijdelijke werkzaamheden op hoogte is geregeld bij het Koninklijk Besluit van 31 augustus 2005.

Uit recent onderzoek van het WTCB is gebleken dat de ankers waarmee de gevel uit baksteen aan het dragende metselwerk bevestigd werd, bijzonder gevoelig waren voor knikken. De gevel kan bijgevolg instabiel worden wanneer deze door steigers of borstweringen belast wordt. Dergelijke voorzieningen worden dan ook bij voorkeur rechtstreeks in de draagmuren of betonnen elementen verankerd. Ook de aanbevelingen van de fabrikant moeten in acht genomen worden, in het bijzonder wat betreft de lengte van de verankering in het metselwerk. Tot slot hebben de verhardingsomstandigheden van de mortel (temperatuur, vochtigheid, duur) een belangrijke invloed op de stabiliteit van het metselwerk. ◆

Graven? Ja, maar op een veilige manier!

De uitvoering van tijdelijke bouwputten en sleuven wordt bij woningbouwprojecten vaak ten onrechte als een minder belangrijke taak beschouwd. Het gaat hier echter om zeer courante werkzaamheden die aanleiding kunnen geven tot instortingen en ernstige schade en/of ongevallen met zware financiële gevolgen.

N. Denies, dr. ir., adjunct-laboratoriumhoofd, laboratorium 'Geotechniek en monitoring', WTCB
N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek, structuren en beton', WTCB

De uitvoering van bouwputten bestaat erin om grond uit te graven voor de realisatie van funderingen, kelders, garages en ondergrondse parkings of voor de plaatsing van ingegraven leidingen. In functie van de uitgravingsdiepte en de onmiddellijke omgeving van de bouwplaats zal men opteren voor:

- ofwel **open bouwputten door een uitgraving onder talud**
- ofwel een **verticale beschoeiingswand**.

In beide gevallen moeten de grondwaterstanden gecontroleerd en zo nodig verlaagd worden. Via de website van het KLIM (<https://klim-cicc.be>) moet eveneens nagekeken

worden dat er in de uitgravingszone geen ondergrondse leidingen of kabels aanwezig zijn.

Minimale hellingen van de taluds

Wanneer er voldoende ruimte is, wordt er voor de uitgraving vaak gekozen voor een open bouwput (zie afbeelding 1). In dat geval moet men zich baseren op de principes voor de uitvoering van bouwputten (zie [WTCB-Dossier 2006/3.1](#)), meer bepaald wat betreft de minimale hellingen van de taluds die in functie van de grondkarakteristieken voorzien moeten worden. Dit Dossier beschrijft **twee manieren om de helling van taluds zonder beschoeiing te bepalen**:

- bij de eerste maakt men gebruik van verschillende empirische regels die steunen op het grondtype, de diepte van de bouwput en de duur van de uitgraving om de toelaatbare helling rechtstreeks af te leiden (zie bijvoorbeeld tabel A op de volgende pagina)
- de tweede houdt een stabiliteitsberekening van het talud volgens de Eurocode 7 in.

De eerste aanpak wordt voornamelijk toegepast bij kleine bouwputten die zich niet langs bestaande funderingen, (tuin)muren of in de invloedszone gelegen gebouwen bevinden. Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de **veiligheid van de personen die in de bouwput werken** door gevaarlijke situaties te vermijden.

Preventieve maatregelen

Bij een open bouwput moeten er enkele preventieve maatregelen getroffen worden. Zo moet men:

- er zowel bij de aanvang als in de loop van de graafwerken op toezien dat de aard van de aanwezige grond overeenkomt met de verwachtingen
- de taluds beschermen tegen de weersomstandigheden, bijvoorbeeld door middel van kunststoffen dekzeilen (zie afbeelding 1). Regen is immers de grootste vijand van taluds, omdat water hun stabiliteit vermindert



1

Open bouwput: het afdekken van een talud om het te beschermen tegen de weersomstandigheden.

A Minimale hellingen van de taluds naargelang van de grondkarakteristieken (empirische regels geldig voor sleuven met een diepte van minder dan 4 m) (tabel afkomstig uit [WTCB-Dossier 2006/3.1](#)).

Grondtype	Karakteristieken	Minimale hellingen	
		Ongeroerde grond, uitgraving met geringe diepte en voor een korte periode	Lichtgeroerde grond, uitgraving met grotere diepte en voor een langere periode
Zand	• Droogt snel op in de handpalm. • Wanneer zand tussen de vingers gewreven wordt, voelt het ruw aan en zijn de afzonderlijke korrels duidelijk te onderscheiden. • Samengekitte zandeeltjes kunnen moeiteloos verbrokkeld worden en lossen onmiddellijk op bij onderdompeling in water.	Bij afwezigheid van een beschoeiing: helling 3/4 (≈ 55° ten opzichte van de horizontale as)	Bij afwezigheid van een beschoeiing: helling 4/4 (≈ 45° ten opzichte van de horizontale as)
		Bij verticale wanden: ononderbroken en goed ondersteunde beschoeiing.	
Leem	• Wordt zeer traag vochtig en droogt zeer traag op in de handpalm. • Wanneer leem tussen de vingers gewreven wordt, voelt het minder ruw aan en worden slechts enkele korrels onderscheiden. • Samengekitte leemdeeltjes kunnen tussen de vingers verbrokkeld worden en lossen langzaam op bij onderdompeling in water.	Bij afwezigheid van een beschoeiing: helling 3/4 (≈ 55° ten opzichte van de horizontale as)	Bij afwezigheid van een beschoeiing: helling 4/4 (≈ 45° ten opzichte van de horizontale as)
		Bij verticale wanden: de beschoeiing mag onderbroken worden.	
Dichtgepakte klei	• Wordt niet vochtig en droogt slechts zeer langzaam op. • Wanneer klei tussen de vingers gewreven wordt, voelt deze zacht en vet aan en kan men geen afzonderlijke korrels onderscheiden. • Samengekitte kleideeltjes zijn hard, kunnen versneden worden zonder te verbrokkelen en lossen bijna niet op bij onderdompeling in water.	Bij afwezigheid van een beschoeiing: helling 2/4 (≈ 65° ten opzichte van de horizontale as)	Bij afwezigheid van een beschoeiing: helling 3/4 (≈ 55° ten opzichte van de horizontale as)
		Men kan gebruikmaken van een verticale beschoeiing met bepaalde tussenafstanden.	

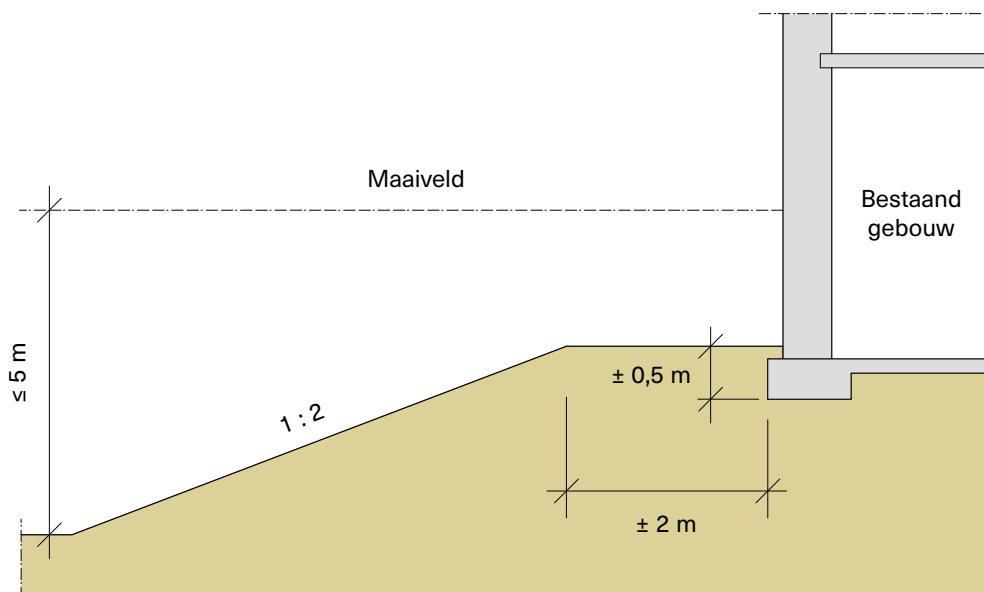
- De gegeven waarden zijn geldig voor ongeroerde of lichtgeroerde gronden, waarbij de bouwput zich in één grondtype situeert. Bij aanwezigheid van water, van bovenbelastingen aan de randen van de bouwput of indien de sleuven dieper zijn dan 4 m, dient men een bijkomende studie uit te voeren.
- De schijnbare cohesie in zand wordt in rekening gebracht voor hellingen van 4/4 of steiler. Dit geldt enkel voor tijdelijke taluds.
- Voor steilere hellingen dient men een minimale bouwputbreedte te respecteren om de veiligheid van de personen die er werken te waarborgen.

- de ophoping van water aan de voet van de hellingen vermijden, eventueel door een drainagesysteem aan te leggen dat indien nodig uitgerust is met een pompsysteem
- belastingen ten gevolge van de aanwezigheid van voertuigen, materieel, materialen of uitgegraven grond bovenaan het talud en aan de rand van de uitgraving vermijden
- de passage van zware voertuigen in de nabijheid van de bouwput voorkomen (overbelasting, trillingen ...)
- de duur van de uitgraving beperken.

In het algemeen moet men steeds de nodige beschermende maatregelen nemen tegen de toevoer van water (inclusief grondwater).

Invloed van de graafwerken op de bestaande gebouwen

Ook de invloed van de graafwerken op de onmiddellijke omgeving van de bouwplaats moet nagekeken worden. Zo vermindert het uitgraven van grond langs bestaande ondiepe funderingen hun draagvermogen aanzienlijk en veroorzaakt het zettingen. Voor gebouwen met maximum drie verdiepingen die beantwoorden aan de huidige veiligheidseisen mag men ervan uitgaan dat de grond naast een bestaande fundering tijdelijk uitgegraven mag worden, op voorwaarde dat er **boven de aanzet van deze fundering**



- 2 De beige zone komt overeen met de zone waarin voor de uitvoering van graafwerken een geotechnische studie uitgevoerd moet worden om zeker te zijn van de stabiliteit van de bestaande ondiepe fundering.

steeds 50 cm grond overblijft (zie afbeelding 2). Uitgravingen in de beige zone zijn alleen toegestaan wanneer uit stabiliteitsberekeningen blijkt dat het draagvermogen van de bestaande funderingen gewaarborgd is volgens de normale veiligheidseis.

Verticale beschoeiingswand

In bepaalde gevallen voorziet men een verticale beschoeiingswand:

- als er te weinig ruimte is om taluds aan te brengen
- om de hoeveelheid uitgegraven en verplaatste grond te beperken
- om de invloed van de verlaging van de grondwaterstand te verminderen
- om de grond langs bestaande gebouwen uit te graven.

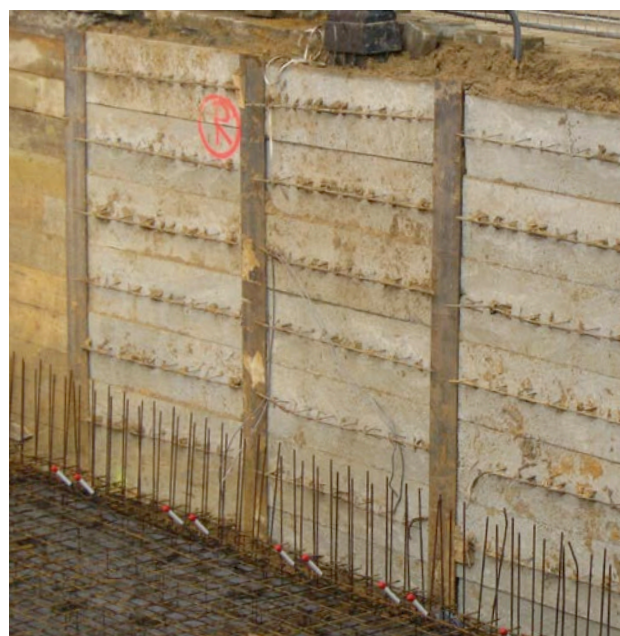
Soms wordt de beschoeiingswand ook gebruikt als buitenbekisting voor een kelderwand (zie afbeelding 3).

Keuze van de techniek

Om een keuze te maken uit de talrijke uitvoeringstechnieken (bv. Berlijnse wanden, damwanden ...), baseert men zich op **economische en technische overwegingen** (bv. aanwezigheid van grondwater, afdichtingsfunctie van de wand, te bereiken uitgravingsdiepte, vereiste draagvermogen, werken langs bestaande funderingen en werken in de buurt van gebouwen die gevoelig zijn voor trillingen). Zo is de techniek van de Berlijnse wanden bijvoorbeeld niet toepasbaar in de nabijheid van de ondiepe funderingen van een bestaand gebouw.

Wanneer men het principe van de verticaal uitgegraven sleuven toepast, moet men vanaf een put- of sleufdiepte van meer dan 1,2 m een stempeling, een beschoeiing of een damwand gebruiken.

Bij graafwerken in de nabijheid van een bestaand gebouw zal het vaak nodig zijn om de funderingen te verstevigen door middel van een onderschoeiing (zie artikel op de volgende pagina). 



- 3 Berlijnse wanden worden regelmatig gebruikt als buitenbekisting voor een kelderwand.

Bestaande funderingen onderschoeien door de techniek van het ondermetselen

De techniek van het ondermetselen is een eenvoudige en betaalbare methode om bestaande funderingen te verdiepen. Helaas wordt er meestal weinig aandacht besteed aan de dimensionering van de ondermetseling, wat heel wat risico's inhoudt voor de stabiliteit van de bestaande constructie en de veiligheid van de arbeiders.

N. Denies, dr. ir., adjunct-laboratoriumhoofd, laboratorium 'Geotechniek en monitoring', WTCB
N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek, structuren en beton', WTCB

Bestaande funderingen verdiepen kan in verschillende situaties noodzakelijk zijn:

- **indien er naast de bestaande fundering een ondergrondse constructie opgetrokken wordt**, waarbij de onderschoeiing de stabiliteit van de fundering op tijdelijke en/of permanente basis moet garanderen, maar ook dienst moet doen als beschoeiing van de grond onder de bestaande funderingen tijdens de uitvoering van de naastliggende ondergrondse bouwwerken
- bij een renovatieproject, **wanneer het gebouw kritieke scheurvorming vertoont** ten gevolge van problemen met bodembewegingen (zetting of zwelling)
- bij een uitbreiding, **wanneer aan het bestaande gebouw boven- of ondergrondse verdiepingen toegevoegd worden** (bv. om nieuwe kelders te creëren of om bestaande kelders te verdiepen) en het draagvermogen van de bestaande fundering bijgevolg vergroot dient te worden.

Onderschoeiingstechnieken

Er worden doorgaans twee klassieke onderschoeiingstechnieken onderscheiden, namelijk:

- ondermetselen
- gebruikmaken van beschoeide sleuven.

De eisen met betrekking tot deze technieken worden beschreven in respectievelijk de [Infofiches 72.1](#) en [72.2](#). Het ondermetselen wordt toegepast wanneer de uitgravingstentie beperkt is tot 1,2 m onder het aanzetpeil van de fundering. Dit wordt doorgaans gerealiseerd met metselwerk uit gewone betonblokken. Wanneer de uitgravingstentie groter is dan 1,2 m, worden beschoeide sleuven van gewapend beton gebruikt. Er bestaan ook nog andere technieken: versteviging door middel van harsinjecties (bv. van het type PU), geprefabriceerde stalen schroefpalen, micropalen en *jet grouting*.

Aan al deze oplossingen zijn voor- en nadelen verbonden, die **vooraf samen met een specialist op dit gebied geanalyseerd moeten worden**. Bij de keuze van de onderschoeiingsmethode moet er in het bijzonder rekening gehouden worden met de bestaande bodem. Dit gebeurt in eerste instantie door het analyseren van de sonderingsresultaten, maar ook het graven van een (kleine) observatieput kan bijkomende praktische informatie opleveren over de aard van de bodem. Afhankelijk van het feit of het gaat om klei- of zandgrond, kunnen bepaalde technieken gekozen



- 1 Bestaande funderingen onderschoeien door de techniek van het ondermetselen.

of uitgesloten worden. Om te kunnen ondermetselen, moet de grond bijvoorbeeld een **minimale tijdelijke cohesie** hebben, zodat uitgraven mogelijk is zonder dat de grond ontspant of instort over de uitgegraven hoogte. Wanneer de grond niet samenhangend is, is het dus absoluut noodzakelijk om een beschoeiing aan te brengen. Bij de keuze van de onderschoeiingswijze wordt er rekening gehouden met de bestaande situatie (aard, diepte en staat van de bestaande fundering, aanwezigheid van vensters of grote openingen in de te funderen muur ...).

Dimensionering van de ondermetseling en aandachtspunten

Bij het versterken van de funderingen van huizen, vereist het ondermetselen ervan – ondanks hun geringe diepte – meestal een geotechnische dimensionering. Het draagvermogen van nieuwe funderingen wordt gecontroleerd door middel van statische sonderingen (CPT). Indien de uitvoering van CPT's omwille van de toegankelijkheid niet mogelijk is, kan men een beroep doen op eerder kwalitatieve, lichte dynamische sonderingen (bv. van het type PANDA).

Bovendien moet het mogelijk zijn om de **belastingen** in de fundering en de muren van de woning tijdens het onderschoeien te **herverdelen**.

Verder moet het niveau van het **grondwaterpeil** bepaald worden (of meerdere indien van toepassing). De techniek van het ondermetselen kan immers niet uitgevoerd worden onder het grondwaterpeil. Deze kan enkel toegepast worden als het grondwaterpeil zich, eventueel na bemaling, minstens 50 cm onder het te realiseren uitgravingspeil bevindt. Het binnendringen van water in de sleuf zou dramatische

gevolgen hebben, zowel voor de veiligheid van de arbeiders (die bij elke fase van de werken gegarandeerd moet zijn) als voor de stabiliteit van de bestaande funderingen.

Via de website van het KLIM (<https://klim-cicc.be>) moet eveneens nagekeken worden dat er **geen nutsleidingen** (ondergrondse leidingen of kabels) **aanwezig** zijn.

De stabiliteit van het bestaande gebouw moet zowel tijdens als na de werkzaamheden gewaarborgd zijn. Zoals uitgelegd wordt in **Infofiche 72.1** gebeurt het ondermetselen volgens een welbepaalde fasering, dat wil zeggen in stroken met een beperkte breedte en niet in één enkele keer.

De ondermetseling van een **gemene muur** vergt bijzondere aandacht en roept een aantal vragen op:

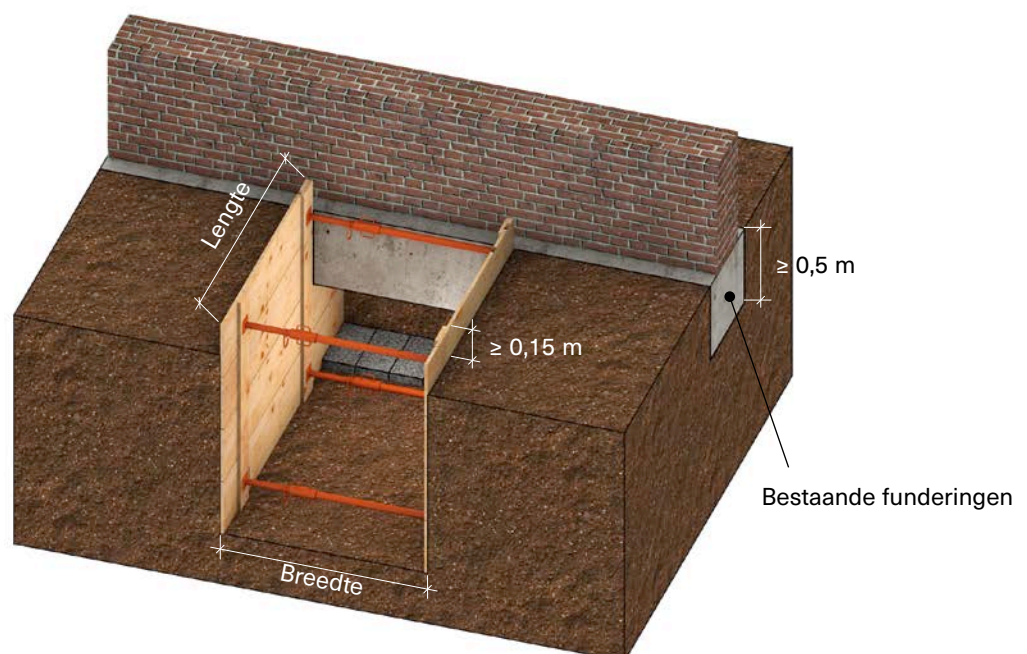
- in welke staat bevindt de muur zich?
- dient er rekening gehouden te worden met bepaalde puntbelastingen op de muur?

Bij twijfel zal het dikwijls nodig zijn om verankeringen of schoren te gebruiken om de bestaande muur te stabiliseren. Vaak is dit het geval indien er zich vensters of grote openingen in de muur bevinden.

De risico's van ondermetseling zijn nog groter wanneer er naast de bestaande fundering een ondergrondse constructie opgetrokken wordt (risico op schade aan derden). In dat geval moet niet alleen het draagvermogen van de muur en de herverdeling van de lasten gecontroleerd worden, maar moet ook het evenwicht van de horizontale krachten nagegaan worden en de minimumdiepte van de steek van de ondermetselde wand ten opzichte van de toekomstige uitgravingsdiepte berekend worden. Hiervoor kan men een beroep doen op een studie bureau, een stabiliteitsingenieur of een geotechnicus. ■

2

Uitvoering van een ondermetseling: uitgraving van een strook.



Funderingen en ondergrondse bouwdelen: voorzorgsmaatregelen

Bij de realisatie van funderingen en ondergrondse bouwdelen, zoals kelderconstructies, mogen een aantal aandachtspunten niet uit het oog verloren worden. Zo moet erop gelet worden dat de onbeschermde funderingen niet opvriezen, dat de aanvulling van de uitgegraven zone rond de ondergrondse bouwdelen met de nodige zorg uitgevoerd wordt en dat het eventuele bemalingssysteem niet te vroeg uitgeschakeld wordt. Voor de aandachtspunten bij de stabiliteit van de uitgraving zelf verwijzen we naar het artikel over bouwputten op pagina 8.

N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek, structuren en beton', WTCB

Opgelet voor het opvriezen van onbeschermde funderingen

In België gaat men er over het algemeen van uit dat funderingen op een diepte van 70 à 80 cm in de vorstvrije zone aangezet zijn. Zolang de uitgegraven strook rond de kelderconstructie niet aangevuld is en de welfsels van het gelijkvloers niet geplaatst zijn, wordt de grond ter hoogte van de aanzet van de funderingen echter meer beïnvloed door temperatuurschommelingen. Hierdoor kunnen de funderingen tijdens vorstperiodes opvriezen, zelfs als ze zich op een diepte van meer dan 70 à 80 cm onder het oorspronkelijke maaiveld bevinden.

Afbeelding 1 illustreert een geval van funderingen op doorlopende zolen, aangezet op 1,20 m onder het maaiveld, die gedurende een vorstperiode van een tiental dagen zo'n 1 à 4 cm opvroren, met schade aan het dragende metselwerk en de ongewapende betonvloer van de kruipkelder tot gevolg.

Wanneer er zich langere vorstperiodes aandienen, neemt men dus best de nodige voorzorgen om te vermijden dat de funderingen opvriezen. Dit kan bijvoorbeeld door de **planning aan te passen** (voor zover dit praktisch mogelijk is). Zo had het schadegeval uit afbeelding 1 wellicht voorkomen kunnen worden door de welfsels van de gelijkvloerse verdieping vóór of in het begin van de vorstperiode te plaatsen.

Zorgvuldig aanvullen en verdichten van de bouwput

Bij de aanvulling van de bouwput rondom de kelderconstructie is het belangrijk dat er **goed verdichtbaar mate-**



- 1 Schade aan dragend metselwerk ten gevolge van het opvriezen van funderingen tijdens een vorstperiode in de bouwfase.

riaal (bv. zand) aangewend wordt en dat de aanvulling **laagsgewijs** uitgevoerd en verdicht wordt. Hierdoor zullen latere verzakkingen van terrasverhardingen en/of inritten rond de woning vermeden kunnen worden.

Als er slecht verdichtbare aanvulgrond (bv. leem of klei) gebruikt wordt, kunnen er in de jaren nadien nog belangrijke zettingen optreden, zelfs als de aanvulling laagsgewijs uitgevoerd en verdicht werd. Hoewel men dan een zekere wachttijd (meerdere jaren) kan inlassen alvorens de terrasverhardingen aan te brengen, is het nooit uitgesloten dat er alsnog zettingen optreden.

Bij de aanvuulwerkzaamheden dient men er zich bovendien van bewust te zijn dat er door het gewicht van de aange-

vulde grond en door de verdichtingswerkzaamheden zelf (bv. gebruik van zware machines) **aanzienlijke horizontale krachten** uitgeoefend worden op de kelderwanden, waardoor deze op buiging belast worden. Indien de buigsterkte van deze wanden overschreden wordt, kan er belangrijke schade ontstaan, zoals scheurvorming in de kelderwand (met waterdichtheidsproblemen tot gevolg) of – in het ergste geval – het bezwijken van de keldermuur.

Alvorens de aanvulwerkzaamheden aan te vatten, moet men er dus op toezien dat de kelderwanden over een **volgende grote buigsterkte** beschikken. Naast het feit dat de buigsterkte van gewapend beton groter is dan die van ongewapend metselwerk, is het belangrijk om te weten dat de buigsterkte toeneemt naarmate het gewicht van de erop steunende constructie groter wordt. Keldermuren hebben doorgaans een toereikende buigsterkte als ze belast worden door een traditionele constructie (gewicht van de bovengrondse verdiepingen en vloeren), maar dat is niet noodzakelijk het geval bij houten constructies.

De **aanwezigheid van dwarsmuren** in de kelder heeft eveneens een belangrijk stabiliserend effect.

Bij het verdichten van de grond wordt er best vermeden om met een zware graafmachine intensief heen en weer te rijden over de aanvulgrond vlak tegen de constructie.

Niet te vroeg uitschakelen van het bemalingssysteem

Als er voor de realisatie van een ondergrondse verdieping een grondwaterverlaging uitgevoerd werd, dient men erop te letten dat het bemalingssysteem niet te vroeg uitgeschakeld wordt. Het gewicht van de constructie moet namelijk

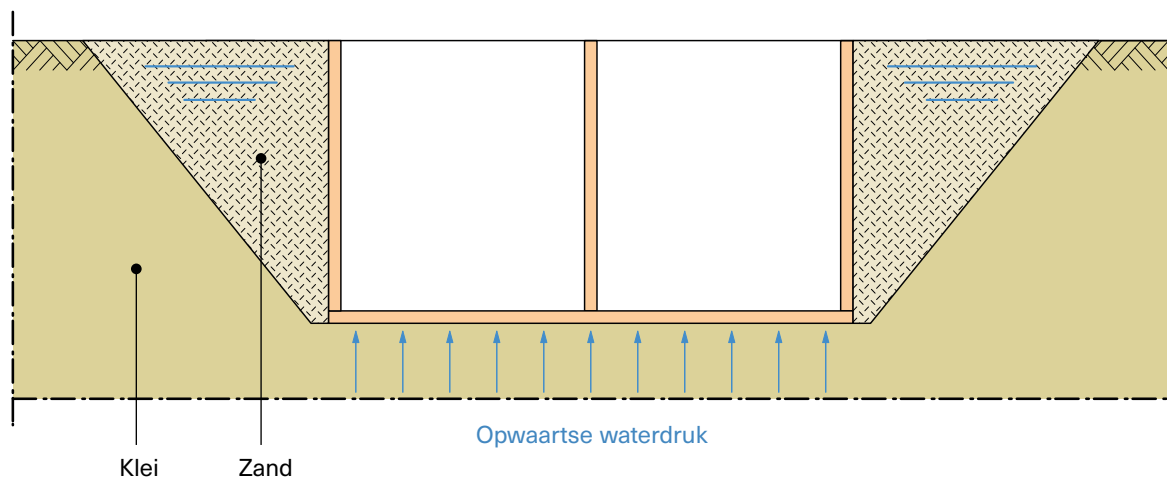
groot genoeg zijn ten opzichte van de opwaartse kracht die door het water uitgeoefend wordt op het onder het grondwaterpeil gelegen deel van de bouwkuip. Dit wordt de **Archimedeskracht** genoemd.

Een kelder waarvan een gedeelte zich bijvoorbeeld 1 m onder het grondwaterpeil bevindt, zal een opwaartse Archimedeskracht van zo'n 10 kN/m² (1 ton/m²) ondergaan. In het geval van een oppervlakte van 10 x 10 m² komt dit neer op een absolute opwaartse kracht van zo'n 1.000 kN (100 ton). Indien het gewicht van de constructie op dat ogenblik kleiner is, zal de bouwkuip gaan **opdrijven**, wat in de meeste gevallen tot zeer ernstige en quasi onherstelbare schade leidt.

Om deze problemen te vermijden, moet de Archimedeskracht gecontroleerd worden alvorens het bemalingssysteem uit te schakelen. Als er geen betrouwbare gegevens met betrekking tot het grondwaterpeil beschikbaar zijn, wordt dit bij deze controle best gelijk genomen met het maaiveld.

Ook wanneer er geen bemalingssysteem aanwezig of noodzakelijk is (bv. bij bouwkuipen in slecht waterdoorlatende gronden zoals klei), dient men erop te letten dat er zich rond het gebouw geen water ophoopt. Vooral in het geval van intense neerslag kan er zich in de aanvulzone rond de bouwkuip water gaan accumuleren, waardoor de ondergrondse constructie onderworpen kan worden aan een opwaartse Archimedeskracht (zie afbeelding 2).

Bij geprefabriceerde kelders onder gebouwdelen die achteraf niet of onvoldoende belast worden door de bovenstructuur, kan het opdrijven van de bouwkuip eveneens aanleiding geven tot belangrijke schade en dit, niet alleen in de bouwphase, maar ook in de gebruiksfase. Zo kan dit verschijnsel ook vele jaren na de bouw plaatsvinden doordat water zeer langzaam naar de aanvulling toestroomt. ■



2

Accumulatie van infiltrerend oppervlaktewater in de goed doorlatende aanvulgrond rond de kelder waardoor er een opwaartse waterdruk uitgeoefend wordt op de bouwkuip.

Montage van dragend metselwerk: stabiliteit voorop!

Opdat het dragende metselwerk en het gebouw aan de gewenste sterkte en stabiliteit zouden beantwoorden, moet de aannemer erop toezien dat bepaalde punten zowel vóór, tijdens als na de werken nageleefd worden.

Y. Grégoire, ir.-arch., verantwoordelijke sectorale publicaties, afdeling 'Publicaties en documentatie', WTCB

Dragend metselwerk moet ontworpen en uitgevoerd worden volgens de **Eurocode 6**. Het tweede deel van deze Eurocode is meer specifiek gewijd aan de uitvoeringsregels, opdat het metselwerk zou beantwoorden aan de hypothesen van de dimensionering die in de andere delen van de Eurocode vermeld worden. De **TV 271** fungeert op haar beurt als leidraad voor de goede praktijk voor de uitvoering van metselwerk.



Naleving van de voorschriften

De aannemer van de metselwerken moet zich steeds **aan de voorschriften van de ontwerper houden**, ongeacht of het

dragende metselwerk het voorwerp uitgemaakt heeft van een rekennota ⁽¹⁾ of dat het impliciet gedimensioneerd is in de contractuele documenten (bestekken, plannen, meetstaten) via de specificatie van de aard en de sterkte van de materialen, de dikte van de muur of de uitvoeringstechniek. Deze parameters hebben immers een invloed op de stabiliteit van het dragende metselwerk en dus op die van het gebouw. De aannemer mag steeds een alternatief voorstellen, maar dit moet ter goedkeuring aan de ontwerper voorgelegd worden.

Het is sterk aangeraden om te opteren voor producten die beschikken over één van de **vrijwillige kwaliteitsmerken** (bv. BENOR en ATG). Deze zijn in de metselwerksector immers al goed ontwikkeld. Zo staan deze labels niet alleen garant voor de kwaliteit van de producten, maar bieden ze ook gunstigere veiligheidscoëfficiënten.

Montage

De eerste laag metselstenen moet op een **2 cm dikke egaliserende mortellaag** aangebracht worden om de oneffenheden in de ondergrond op te vangen. Dit geldt in het bijzonder bij dunne lintvoegen (0,5 tot 3 mm), omdat de metselstenen optimaal uitgelijnd moeten zijn.

Bij lintvoegen met een nominale dikte van minder dan 6 mm moet een strengere uitvoeringstolerantie op de voegdikte in acht genomen worden (2 mm in plaats van 4 mm) en moet er bijzondere aandacht besteed worden aan de uitvoering ervan.

Er moet ook rekening gehouden worden met het feit dat een hybride metselwerk ⁽²⁾ zwakkere mechanische prestaties heeft.

⁽¹⁾ De ontwerper moet in de contractuele documenten duidelijk aangeven dat – als de aannemer van de metselwerken zelf een beroep moet doen op een studiebureau – de dimensionering of de stabiliteitsstudie ten laste valt van de aannemer.

⁽²⁾ Een hybride metselwerk is een heterogeen metselwerk waarin specifieke materialen geplaatst worden, zoals isolerende bouwblokken aan muurvoeten of akoestische stroken.

- A** Toelaatbare geometrische afwijkingen voor de stabiliteit van metselwerk (te combineren met de afwijkingen op de metselstenen).

Te controleren eigenschap		Maximaal toelaatbare afwijking
Loodrechtheid/verticaliteit	op elke verdieping	± 8 mm/verdieping
	over de hoogte van het gebouw	± 50 mm
Verticale uitlijning		± 20 mm
Vlakheid over 2 m		± 8 mm/2 m
Wanddikte		± 5 mm of ± 5 % van de dikte (naargelang van de grootste waarde)

Ter hoogte van de gevelopeningen komt de oplegglengte van de lateien (≥ 10 cm voor lateien die voldoen aan de norm NBN EN 845-2) voort uit de voorschriften die gebaseerd zijn op stabiliteitsberekeningen en/of op informatie van de fabrikant. Deze **geprefabriceerde lateien** moeten op een mortellaag geplaatst worden (gelijkmatige verdeling van de belastingen en creëren van een toereikende wrijving) waarin er soms een profiel uit bijvoorbeeld neopreen voorzien wordt om de wrijving te doen toenemen. In functie van de omvang van deze belastingen en de aard van het metselwerk kan het nodig zijn om aangepaste betonsloffen (kleine balken uit gewapend beton die onder de oplegging van een balk geplaatst worden) aan te brengen.

Beperking van de dagelijkse bouwhoogte

De dagelijkse bouwhoogte moet afgestemd worden op de bindingssnelheid van de mortel en op het gewicht van de metselstenen. De gebruikelijke hoogte bedraagt 1,2 m, behalve voor grote stenen en gelijmd metselwerk, waarbij de hoogte overeenstemt met die van een verdieping.

Uitvoeringstoleranties

Om te kunnen beantwoorden aan de hypothesen van de stabiliteitsberekening, moeten er een aantal maximale geometrische afwijkingen nageleefd worden (zie tabel A).

- B** Minimaal aantal te voorziene schoren voor metselwerk tot 3 m hoog.

Muurlengte	Minimaal aantal schoren
≤ 2 m	1
≤ 5 m	2
Per extra 2 m lengte	+ 1

Schoren

Een doordachte keuze van **verstijwingsmuren** (d.w.z. muren die dienen ter ondersteuning van een muur waarvan de stabiliteit verzekerd moet worden) in de ontwerpfase kan het risico op instorting door de windwerking tijdens de bouwphase verminderen en het eventuele gebruik van schoren vermijden.

In afwezigheid van verstijwingsmuren moeten vrijstaande muren, zoals puntgevels, op een geschikte manier geschoord worden. De huidige aanbevelingen hieromtrent worden vermeld in tabel B.

De schoren moeten in staat zijn om **zowel trek- als drukkrachten** op te nemen. Zo niet, moeten de muren aan beide zijden geschoord worden. De schoren worden gewoonlijk onder een hoek van 45° à 60° ten opzichte van de horizontale as geplaatst, met een aangrijpingspunt op ongeveer 2/3 van de muurhoogte (voor muren tot 3 m hoog). Er moeten bovendien ook verdeelbalken voorzien worden.

Sleuven en uitsparingen

Het inwerken van de leidingen en de uitvoering van de uitsparingen mogen de stabiliteit van de muur of de andere prestaties ervan (in het bijzonder de brandweerstand) niet in het gedrang brengen. Het is over het algemeen niet toegestaan om sleuven of uitsparingen uit te voeren doorheen lateien of andere dragende elementen. Indien het om gewapend metselwerk gaat, moet het studie bureau geconsulteerd worden.

Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de sleuven en uitsparingen die na de uitvoering van het metselwerk aangebracht worden. De maximale diepte van verticale sleuven en uitsparingen (toelaatbaar zonder voorafgaandelijke berekening) bedraagt 30 mm. De maximaal toelaatbare breedte is op haar beurt afhankelijk van de dikte van het dragende metselwerk. De uitvoering van horizontale of hellende sleuven en uitsparingen is daarentegen niet toegestaan zonder een stabiliteitsberekening. 

Beoordeling van de stabiliteit van de bestaande ruwbouw

Alvorens aan een renovatie te beginnen, moet de huidige staat van het bouwwerk onderzocht worden. Vaak zijn de vervorming van de bouwelementen en de aanwezigheid van scheuren goede indicatoren voor de beoordeling van de stabiliteit van kleine en middelgrote gebouwen. De eventuele stabiliteitswerken zouden altijd uitgevoerd moeten worden onder leiding van een architect en/of studiebureau.

L. Lassoie, ing., redactiecoördinator en adjunct-coördinator van de Technische Comités, WTCB

Hoewel vochtproblemen gevolgen kunnen hebben voor de stabiliteit van de bouwelementen, komen ze in dit artikel niet aan bod. Het spreekt echter voor zich dat deze problemen opgelost moeten worden alvorens de werken aan te vatten. Voor meer informatie hierover verwijzen we naar [WTCB-Dossier 2021/6.1](#) en [TV 252](#).

De beoordeling van de stabiliteit begint altijd met een visueel onderzoek en de raadpleging van de geschiedenis van het gebouw.

Tijdens het **visuele onderzoek** moet er bijzondere aandacht besteed worden aan de parameters die een invloed kunnen

hebben op de stabiliteit van het bouwwerk, zoals:

- de geometrie van de draagstructuur
- de dikte en, in de mate van het mogelijke, de opbouw van de dragende elementen
- de uitvoeringskenmerken en de staat van de aansluitingen tussen de elementen
- de aard en de staat van de gebruikte materialen en de overblijvende nuttige doorsnede van de beschadigde elementen
- de lengte, opening en oriëntatie van de doorlopende scheuren
- de aanzienlijke vervormingen (bv. doorbuiging, uitzakking en scheefstand)
- de zettingen en verzakkingen.

De **geschiedenis van het te renoveren bouwwerk** zou dan weer een beter beeld moeten geven van de aanwezige materialen, de gebruikte technieken en de evolutie van bepaalde verschijnselen. Zo moet er in het bijzonder gelet worden op:

- het evolutieve karakter van de vervormingen (bv. scheefstand en scheuren)
- de aanwezigheid van een rotte geur
- de aanwezigheid van boormeel op de vloeren
- de eventuele eerdere herstellingen.

Stabiliteit van houten vloer- en dakconstructies

Bij houten vloer- en dakconstructies bestaat de eerste stap van de beoordeling van de stabiliteit in het controleren van de staat van het hout, vooral ter hoogte van de opleggingen en verbindingen.

Aangezien de aanwezigheid van schimmels of zwamdraden (zie afbeelding 1) erop wijst dat deze nog actief zijn, moet er v  r de aanvang van de werken altijd een grondige



1 Aanwezigheid van zwamdraden en houtrot.



2 Aantasting van het hout door insecten.

diagnose uitgevoerd worden door een specialist en moet er een geschikte en snelle behandeling toegepast worden (zie TV 180).

Als het houtoppervlak **verrot** is, betekent dit vaak dat het aangetast is door zwammen. In dat geval moet de omvang van de aantasting nagegaan worden door met een puntig voorwerp in het hout te steken. Indien het voorwerp niet meer dan 1 à 1,5 cm (balk 7/18 cm of 8/23 cm) diep in het hout doordringt, kan het element behouden worden zonder versteviging.

Kleine ronde of ovale gaatjes in het houtoppervlak (zie afbeelding 2) zijn zeer vaak te wijten aan een al dan niet actieve aantasting door insecten. Wanneer de diameter van de gaten kleiner is dan 3 mm, volstaat het om met een borstel een curatief product op het hout aan te brengen of om het product rechtstreeks op het te behandelen oppervlak te spuiten. Indien de gaten groter zijn, moet er een nauwkeurige diagnose uitgevoerd worden om hun invloed op de mechanische sterkte van de elementen te evalueren.

Wanneer de staat van het hout als voldoende kwalitatief bevonden wordt, zal men overgaan tot de beoordeling van de stabiliteit van de elementen. Een eerste schatting kan gemaakt worden op basis van hun werkelijke vervorming. Als deze groter is dan 1/100 van de overspanning (ook wel genoteerd als 'L/100'), moet de stabiliteit in vraag gesteld worden.

Voor deze schatting kan men gebruikmaken van **predimensioneringstabellen** (zie [WTCB-Dossiers 2013/1.7](#) en [2011/4.6](#)). Als men de gebruikelijke vervormings- (L/350) en/of trillingscriteria (bij vloeren) beschouwt, stelt men vaak vast dat de constructies ondergedimensioneerd zijn.

In de context van renovatiewerken is het gebruikelijk om een minder mooi uitzicht (vervormingen groter dan L/350) en/of een verminderd comfort van de vloeren (trillingen door voetstappen) te aanvaarden. Het is echter van essentieel belang om de stabiliteit te controleren. De tabellen A, B en C geven een overzicht van de maximale overspanningen (in meter) van de vloeren van een huis (maximale oppervlakte-

A Maximale overspanningen van de vloeren van een huis.

Hart-op-hart-afstand	Balk 63 x 175 mm ²			Balk 75 x 225 mm ²		
	L/350	Trillings-criterium	Stabiliteit	L/350	Trillings-criterium	Stabiliteit
0,3 m	3,9 m	3,5 m	5,0 m	5,3 m	5,3 m	6,9 m
0,4 m	3,5 m	2,9 m	4,4 m	4,8 m	4,8 m	6,2 m
0,5 m	3,3 m	2,7 m	4,0 m	4,5 m	4,5 m	5,5 m
0,6 m	3,1 m	2,5 m	3,6 m	4,2 m	4,0 m	5,0 m

B Maximale overspanningen tussen de opleggingen van de gordingen van een hellend dak (40°).

Hart-op-hartafstand	Gording 63 x 175 mm ²		Gording 75 x 225 mm ²	
	L/350	Stabiliteit	L/350	Stabiliteit
1,0 m	3,9 m	5,0 m	5,3 m	7,0 m
1,2 m	3,7 m	4,6 m	5,0 m	6,4 m
1,4 m	3,5 m	4,2 m	4,8 m	5,9 m
1,6 m	3,3 m	4,0 m	4,6 m	5,5 m

C Maximale overspanningen tussen de opleggingen van de vloerbalken van een ontoegankelijk plat dak.

Hart-op-hartafstand	Vloerbalk 63 x 150 mm ²		Vloerbalk 63 x 175 mm ²	
	L/350	Stabiliteit	L/350	Stabiliteit
0,3 m	5,4 m	6,4 m	6,3 m	7,5 m
0,4 m	4,9 m	5,6 m	5,7 m	6,5 m
0,5 m	4,5 m	5,0 m	5,3 m	5,8 m
0,6 m	4,3 m	4,6 m	5,0 m	5,3 m

massa van de afwerkingen: 70 kg/m²) en van de maximale overspanningen tussen de opleggingen bij hellende en platte daken.

Stabiliteit van het metselwerk

Aangezien de in afbeeldingen 3 en 4 geïllustreerde schadegevallen de stabiliteit van het metselwerk in het gedrang kunnen brengen, moeten ze als eerste behandeld worden.

Laten we aannemen dat de staat van de samenstellende materialen van het metselwerk (bakstenen, blokken, mor-

tel ...) als voldoende kwalitatief beschouwd wordt. In dat geval zijn de belangrijkste elementen die gecontroleerd moeten worden met betrekking tot de stabiliteit van het metselwerk:

- de aanzienlijke vervormingen wat betreft de **vlakheid** (scheefstand, uitzakking ...)
- de diepte, de opening en het evolutieve karakter van de eventuele **scheuren**.

De criteria uit het artikel op pagina 15 kunnen gebruikt worden om de loodrechtheid en de vlakheid te beoordelen. Grotere afwijkingen dan de hierin vermelde grenswaarden kunnen de stabiliteit van het metselwerk in het gedrang brengen.



3 Aanzienlijke vorstschade aan de plaatsingsmortel.



4 Vorstschade aan bakstenen.



5

Scheurvorming met verspringing.

Scheuren kunnen verschillende oorzaken hebben die niet altijd verband houden met de stabiliteit van de bouwwerken (bv. thermische scheuren). Om te bepalen of een scheur de stabiliteit van een metselwerk in het gedrang zou kunnen brengen, is het van essentieel belang om zich bepaalde vragen te stellen.

Loopt de scheur door?

Enkel de scheuren die van de ene kant van de wand naar de andere doorlopen, moeten als potentieel gevaarlijk beschouwd worden.

Hoe groot is de opening van de scheur?

In het algemeen vormen scheuren met een beperkte opening (< 3 mm) geen risico, voor zover hun opening stabiel

blijft en er geen aanzienlijke verspringingen vastgesteld worden (zie afbeelding 5). Vanaf 3 mm is het aangeraden om de evolutie van de scheur gedurende minstens drie maanden (in het ideale geval gedurende één jaar) met een scheurwijdtemeter op te volgen, behalve wanneer de oorzaak van de scheurvorming gekend is en de verzamelde informatie wijst op een stabilisatie van de opening. Stabiele scheuren kunnen hersteld worden met de gebruikelijke herstelproducten. Er moet echter wel rekening gehouden worden met het feit dat lichte bewegingen (voornamelijk van thermische oorsprong) aanleiding kunnen geven tot microscheurtjes ter hoogte van de herstellingen.

Bij onstabiele scheuren moet de oorzaak van de scheurvorming (bv. differentiële zetting van de funderingen) onderzocht en behandeld worden alvorens andere ingrepen uit te voeren.

Stabiliteit van betonconstructies

Bij bestaande betonconstructies is het moeilijker om de stabiliteit te beoordelen. Dit komt doordat de nodige gegevens, zoals de mechanische eigenschappen, de diameter en de plaatsing van de wapening, meestal ontbreken. Hoewel ter plaatse bepaalde controles (bv. met een pachometer) uitgevoerd kunnen worden en de mechanische sterkte *in situ* gemeten kan worden (zie [WTCB-Dossier 2021/3.1](#)), gebeurt dit bij kleinere bouwwerken slechts zelden.

Wij raden echter aan om de volgende vragen te beantwoorden.

Is er schade (bv. barsten of scheuren) door de corrosie van de wapening?

Als dit het geval is en als deze schade binnenstructuren treft, moet deze hersteld worden door middel van speciaal ontworpen systemen. Hierbij wordt de gecorrodeerde wapening vrijgemaakt, zoals beschreven in [TV 231](#), en wordt er een herstelmortel aangebracht, eventueel na de wapening van een corrosiewerende bekleding voorzien te hebben. Bij gecarbonateerde constructies met een dekking van minder dan 10 mm moet er, na de toepassing van de herstelmortel, een beschermende bekleding op het beton aangebracht worden. Bij buitenstructuren moet er doorgaans een grondigere diagnose uitgevoerd worden om de precieze oorzaken van het verschijnsel te bepalen alvorens de werken aan te vatten. De schade kan immers ook te wijten zijn aan andere oorzaken (bv. alkali-silicareactie of vorst).

Blijft de vervorming van het element binnen de perken?

Net zoals bij hout is de vervorming van betonelementen (plaat of balk) een goede indicator voor hun stabiliteit. Bij vervormingen groter dan $L/250$ (waarbij 'L' staat voor de afstand tussen twee opleggingen) zou de stabiliteit van de elementen grondiger onderzocht moeten worden. Dit geldt ook wanneer de doorbuiging van de kolommen of muren de grootste $h/300$ -waarde (waarbij 'h' staat voor de hoogte van het element) overschrijdt of groter is dan 15 mm. De normen NBN EN 13670 en NBN B 15-400 kunnen dienen als basis voor de controle van de toleranties van betonconstructies. ■

Hoe openingen uitvoeren in bestaand metselwerk?

Om grotere ruimten of meer lichtinval te verkrijgen, worden gemetselde muren vaak verwijderd of aangepast door er nieuwe openingen in te maken. Tijdens en na de werken moet de stabiliteit steeds gewaarborgd zijn. Daarvoor moet de aannemer bepaalde regels naleven en de voorschriften van de architect en een stabiliteitsbureau in acht nemen.

Y. Grégoire, ir.-arch., verantwoordelijke sectorale publicaties, afdeling 'Publicaties en documentatie', WTCB

In aanmerking te nemen belastingen

Zowel bij de keuze van de uitvoeringstechniek als bij de dimensionering van de toekomstige latei en van de tijdelijke ondersteuningssystemen tijdens de werken moet er rekening gehouden worden met de belastingen die op het metselwerk inwerken.

Wanneer het metselwerk boven een latei hoog genoeg is (d.w.z. hoger dan de helft van de lengte van de opening), vormt er zich in het metselwerk een **ontlastingsboog**. De boven deze boog uitgeoefende belastingen worden niet gedragen door de latei, maar door het aangrenzende metselwerk. Het oppervlak tussen de ontlastingsboog en de latei kan weergegeven worden door een driehoek (zie afbeelding 1).

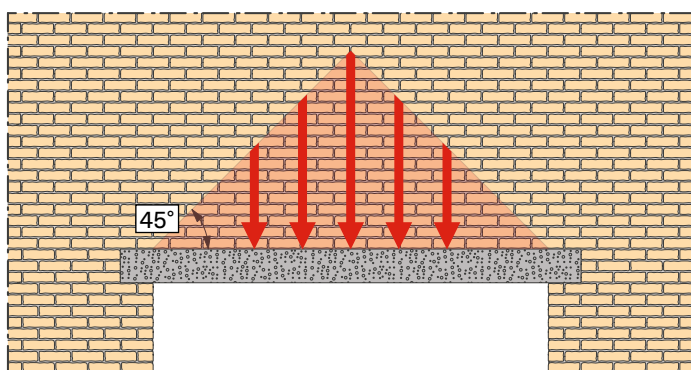
Als er onder de punt van deze driehoek geen bijkomende belastingen optreden (bv. balk of vloer), draagt de latei alleen zijn eigen gewicht en dat van de driehoek. Indien dit wel het geval is (wat zeer vaak voorkomt), moet er eveneens rekening gehouden worden met alle puntbelastingen of verdeelde belastingen.

Door de uitvoering van openingen in en de verwijdering van dragend metselwerk vermindert de **globale sterkte van het gebouw**, in het bijzonder ten aanzien van de horizontale belastingen (bv. wind en aardbevingen). Afhankelijk van de omvang van deze mogelijke belastingen zal het studie-bureau beperkingen opleggen wat betreft het aantal en de afmetingen van de openingen om ervoor te zorgen dat het gebouw zijn totale stabiliteit behoudt, of zal het plaatselijke versterkingsmaatregelen voorzien.

Technieken voor de uitvoering van openingen

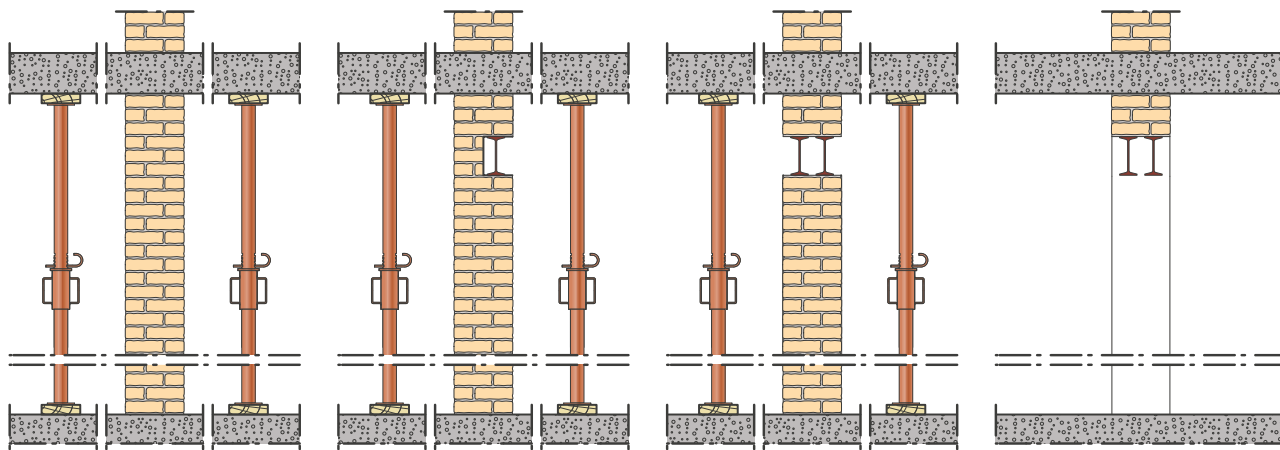
In het algemeen moeten er bij de uitvoering van openingen geen bijzondere maatregelen getroffen worden (bv. schoeren) wanneer er tegelijkertijd aan de volgende voorwaarden voldaan wordt:

- de lengte van de openingen bedraagt hoogstens 1 m (bv. deuropening)
- het metselwerk is vol en verkeert in goede staat (cohesief en scheurvrij)
- het metselwerk is hoog genoeg dat er zich een ontlastings-



1

Driehoek begrensd door de ontlastingsboog en de latei.



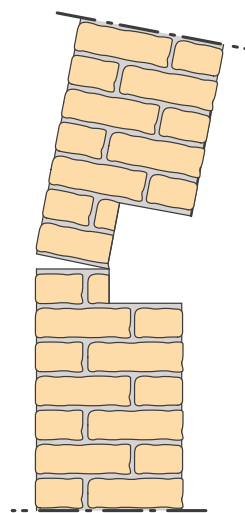
2 Methode van de twee halve lateien.

boog vormt (zie vorig hoofdstuk) zonder een bijkomende belasting onder de punt van de driehoek (zie afbeelding 1 op de vorige pagina).

De nieuwe latei zal de ontlastingsdriehoek op lange termijn op zijn plaats houden.

In de andere gevallen hebben de belangrijkste technieken voor het maken van openingen, die hieronder kort beschreven en geïllustreerd worden, met elkaar gemeen dat ze **zorgen voor een tijdelijke ondersteuning tijdens de werken en voor de permanente ondersteuning van het uiteindelijke bouwwerk**.

De meeste van deze methodes vereisen een essentiële ingreep: een **geschikte opvulling**, dat wil zeggen de optimale afdichting van de holtes (bv. tussen de nieuwe latei en het metselwerk) met behulp van een krimprijke opvulmortel. Indien nodig kan de latei bekleed worden (bv. omwille van de brandweerstand).



3 Risico op knik bij een inkeping over de helft van de muurdikte.

Methode van de twee halve lateien

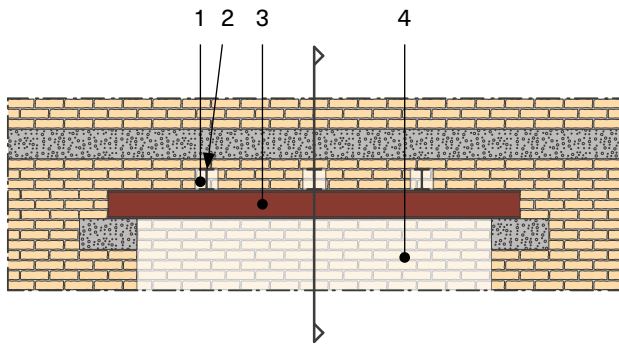
Deze methode bestaat erin om over de helft van de muurdikte een eerste horizontale inkeping te maken waarop een halve latei geplaatst wordt met opvulling (zie afbeelding 2 hierboven). Vervolgens gaat men op dezelfde manier te werk voor de andere helft van de muurdikte alvorens het metselwerk onder de halve lateien te verwijderen.

Bij de toepassing van deze methode moet men toezien op de stabiliteit van de muur ter hoogte van het verzwakte muurgedeelte, omdat er een groot risico op knik (zie afbeelding 3) en instorting bestaat. Daarom wordt deze methode best vermeden, vooral bij grote overspanningen. Een veiliger alternatief is om de inkepingen te beperken tot een derde van de muurdikte en smallere lateien te gebruiken.

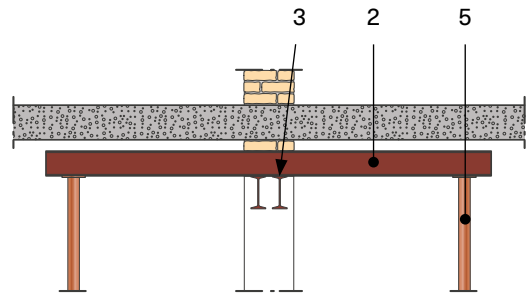
Methode van het ondersteunen en stutten

Bij dikke muren en/of vloerconstructies die aan weerszijden van het metselwerk onderbroken zijn, geniet de methode van het ondersteunen en stutten de voorkeur (zie afbeelding 4 op de volgende pagina en afbeelding 7 op pagina 24). Deze bestaat erin om:

- eerst, boven de toekomstige opening, een aantal plaatselijke doorboringen te maken met tussenafstanden van enkele tientallen centimeters (nooit meer dan 1 m)
- vervolgens, loodrecht op de muur, steunprofielen te plaatsen met opvulling. Deze zullen steunen op stutten die aan de uiteinden ervan aangebracht zijn
- daarna de opening te creëren door het onderliggende metselwerk te slopen
- tot slot de definitieve latei te plaatsen (eventueel opge-



1. Plaatselijke doorboring
2. Tijdelijke steunprofielen
3. Latei
4. Af te breken metselwerk



5. Stut

4 Methode van het ondersteunen en stutten (vooraanzicht en doorsnede).

bouwd uit meerdere elementen) met opvulling alvorens de stutten en steunprofielen te verwijderen.

de balk te betonneren waarin de krukken ingebed zijn
 • tot slot maakt men de opening zodra het beton uitgehard is.

Methode met krukken

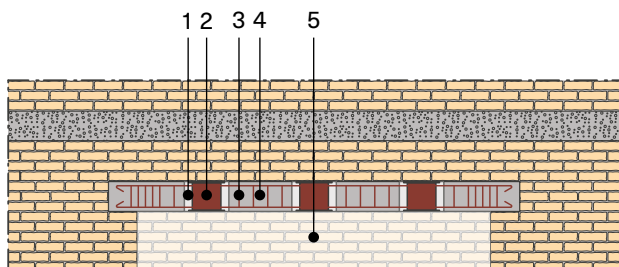
De methode met krukken (zie afbeelding 5) wordt voornamelijk gebruikt wanneer geprefabriceerde elementen moeilijk te verkrijgen zijn. Hierbij gaat men als volgt te werk:

- eerst maakt men over de hoogte van de toekomstige latei een aantal plaatselijke doorboringen met tussenafstanden van enkele tientallen centimeters (nooit meer dan 1 m)
- vervolgens plaatst men de krukken met opvulling (zie afbeelding 6) alvorens het metselwerk tussen de krukken af te breken
- daarna brengt men een geschikte wapening aan alvorens

Verstandig gebruik van stutten

De stutten en ondersteuningssystemen mogen de **toegang tot de werkzone** niet verhinderen. Daarom moeten ze zich op ongeveer 1 m van het af te breken metselwerk bevinden.

De eventuele stutten moeten de **inwerkende belastingen tijdelijk opnemen** en overdragen naar de draagstructuur. Om de goede werking van de stutten op de betreffende verdieping te garanderen, kan het nodig zijn om ook op de onderliggende verdieping stutten aan te brengen ter

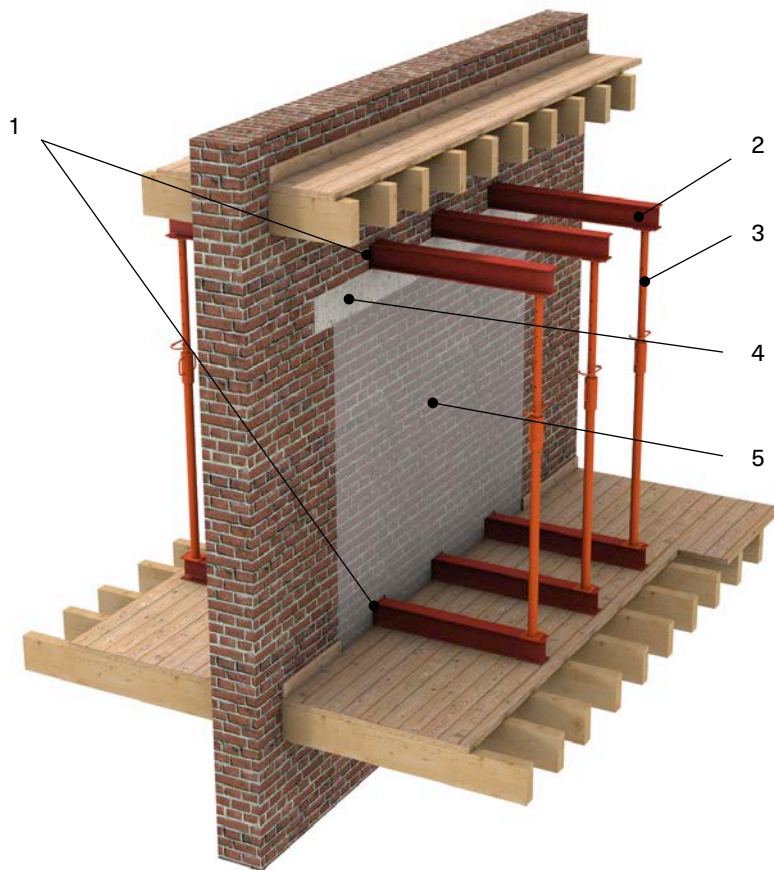


1. Plaatselijke doorboring
2. Met opvulling geplaatste kruk
3. Wapening
4. Beton
5. Af te breken metselwerk

5 Methode met krukken.



6 Voorbeelden van krukken.



1. Plaatselijke doorboringen
2. Tijdelijk steunprofiel
3. Stut
4. Latei
5. Af te breken metselwerk

7 Methode van het ondersteunen en stutten: oplegging van de stutten op tijdelijke steunprofielen die op de dragende binnenmuur rusten.

overdracht van de belastingen tot aan de funderingen, of om het onderste uiteinde van de stutten te laten steunen op balken die dwars op de dragende muur aangebracht zijn (zie afbeelding 7).

Keuze van de latei

De latei bestaat meestal uit een metalen profiel of, wat vaker voorkomt, uit meerdere profielen naast elkaar die samen een latei vormen. Er bestaan ook andere oplossingen, zoals geprefabriceerde betonelementen, ter plaatse gestort beton, houten balken of balken uit natuursteen.

Een van de keuzecriteria is het **gebruiksgemak**. Daarom wordt er vooral gekeken naar de massa van de latei en de mogelijkheden om de geprefabriceerde elementen op de bouwplaats te vervoeren.

De latei van de toekomstige opening moet **zo gedimensioneerd worden dat hij op een veilige manier de belastingen kan opnemen** en slechts beperkt vervormt (maximum 1/500 of zelfs 1/1.000 van de overspanning als er openingen in de bovenliggende wand zijn; hiervoor verwijzen we naar de norm NBN B 03-003).

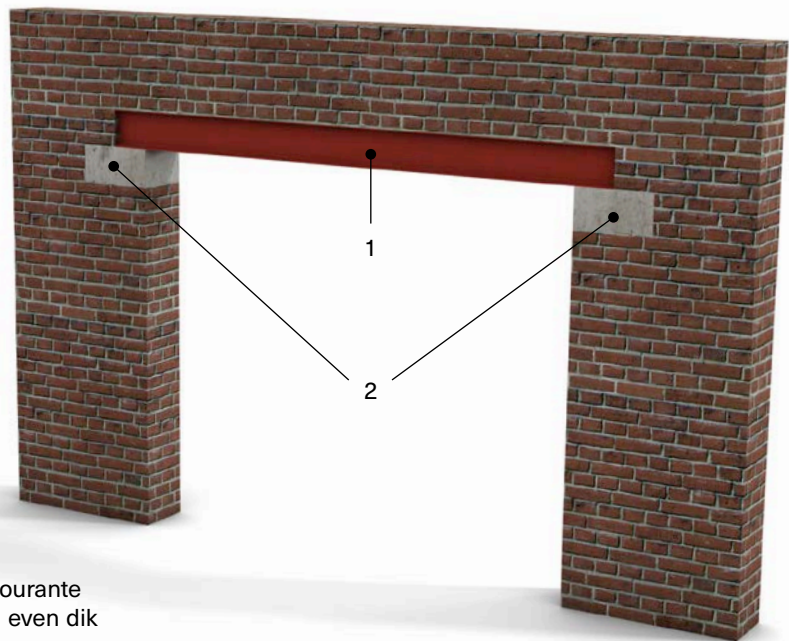
Oplegging van de toekomstige latei

De opleglengte van de lateien moet bepaald worden aan de hand van stabiliteitsberekeningen. Deze moet **bij voorkeur 20 cm of meer** bedragen en mag in geen geval kleiner zijn dan 10 cm.

In functie van de omvang van de inwerkende belastingen en de sterkte van het metselwerk kan het noodzakelijk zijn om de oplegreacties over weerszijden van de gemaakte opening te verdelen door **aangepaste sloffen uit gewapend beton** aan te brengen (zie afbeelding 8 op de volgende pagina) of door de oplegreacties via **metalen kolommen** (stijlen) naar de onderliggende structuur over te brengen (zie afbeelding 9 op de volgende pagina). Deze laatste moet bijgevolg in staat zijn om de teweeggebrachte puntbelastingen op te nemen.

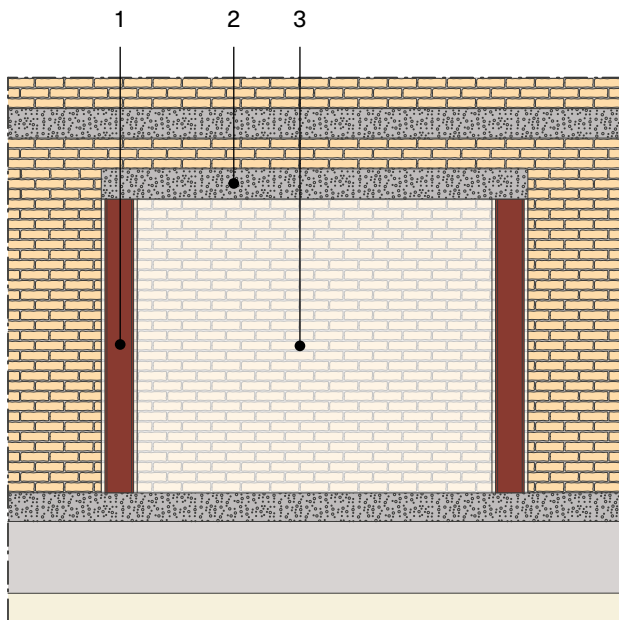
Bescherming van de bouwwerken

Tijdens de uitvoering van de werken moet de aannemer de nodige beschermende maatregelen nemen om schade aan de niet-betrokken bouwwerken te vermijden. Indien er leidingnetten aanwezig zijn (bv. elektriciteit, water, gas of verwarming), moeten deze omgeleid of buiten werking gesteld worden.



1. Latei
2. Betonsloffen

8 Tussenplaatsing van betonsloffen met courante afmetingen (40 cm lang, 20 cm hoog en even dik als het metselwerk).



1. In een verticale sleuf geplaatste metalen kolom
2. Latei
3. Af te breken metselwerk

9 Gebruik van metalen kolommen om de nieuwe latei te ondersteunen.

Beheer van het afgebroken materiaal

Het is aangeraden om één van de mogelijkheden tot **hergebruik van het afgebroken materiaal** te overwegen. Zo kunnen bepaalde volle bakstenen (wanneer er voldoende van aanwezig zijn) gerecupereerd en hergebruikt worden, in hetzelfde project of in andere projecten via materiaalhandelaars. Een andere mogelijkheid is dat de bakstenen via recyclagecentra gerecycleerd worden als granulaten. 

Waarschuwing

Zelfs als de werken uitgevoerd worden volgens de aanbevelingen uit dit artikel, leidt het maken van openingen in dragend metselwerk onvermijdelijk tot een nieuw traject voor de belastingoverdracht. Hierdoor wijzigt de structurele reactie van het metselwerk en ontstaat er een nieuwe verdeling van de spanningen en vervormingen. Dit kan aanleiding geven tot scheuren van beperkte omvang, soms zelfs op de bovenste verdiepingen, zonder evenwel de stabiliteit in gevaar te brengen.

Een vloer doorboren en verstevigen: wat zijn de aandachtspunten?

Een vloerrenovatie moet nauwkeurig voorbereid worden, zeker als er doorboringen moeten gebeuren. In dit artikel worden de voornaamste regels van goede praktijk voor elk vloertype uiteengezet. Ook de versteviging van houten vloeren komt aan bod.

A. Skowron, ir., laboratoriumhoofd, laboratorium 'Structuren en bouwsystemen', WTCB

Alvorens een vloer te renoveren of de structuur ervan te wijzigen, moet nagegaan worden in welke staat de vloer zich bevindt en of deze **de verwachte gebruiksbelastingen aankan** (zie het artikel op pagina 4). Zie ook het artikel op pagina 17 om te weten welke elementen gecontroleerd moeten worden.

Indien doorboringen de versteviging van de vloer noodzakelijk maken, zorgt de aannemer voor voldoende afstemming om **de impact ervan op de stabiliteit van de vloer**

te beperken. Voor meer informatie verwijzen we naar het artikel op pagina 6.

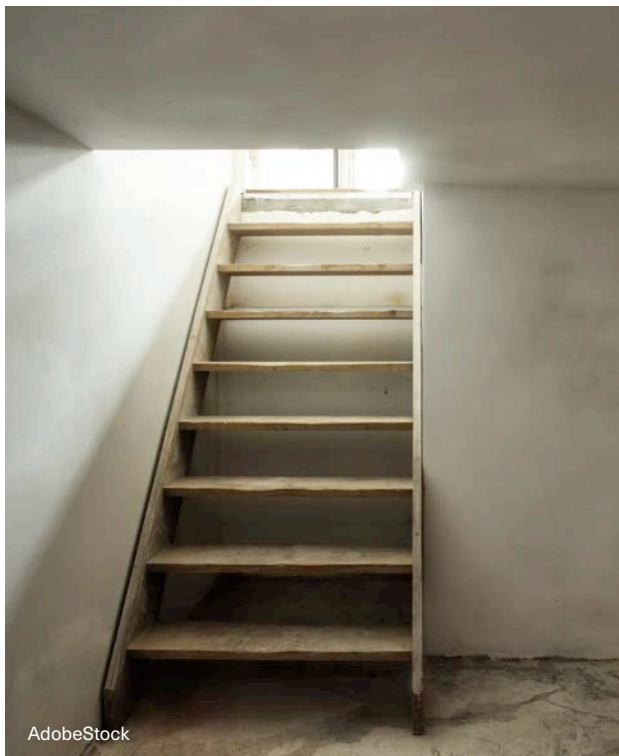
Kernboringen en doorboringen voor de doorgang van speciale technieken

Kleine verticale doorboringen en kernboringen door de vloer maken de doorgang van speciale technieken mogelijk (water, elektriciteit, ventilatie ...). De diameter van de uitsparingen varieert van enkele millimeters tot ongeveer 30 cm.

Alvorens een doorboring of kernboring uit te voeren, moet nagegaan worden of er zich in de doorgang **geen actieve circuits of leidingen** meer bevinden. Voor het lokaliseren van leidingen en wapeningen kunnen verschillende betoninspectie-instrumenten (zoals scanners) gebruikt worden (zie [WTCB-Dossier 2021/3.1](#)).

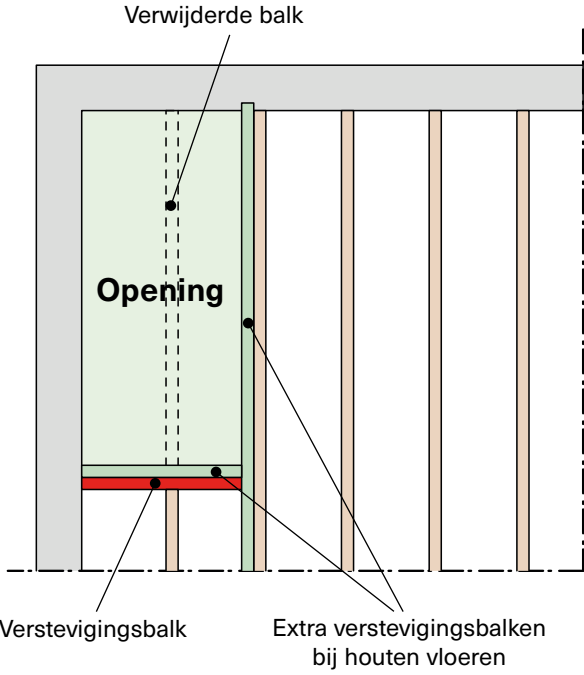
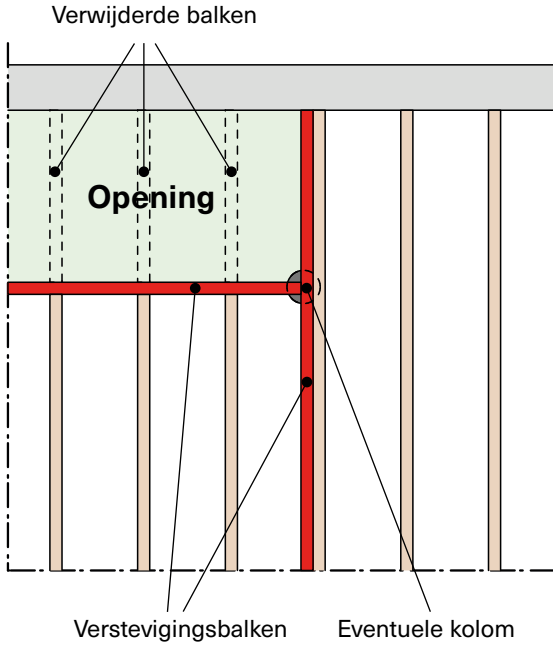
Er dient bijzondere aandacht besteed te worden aan de **luchtdichtheid** (wanneer het beschermde volume doorboord wordt) en aan de beoogde akoestische prestaties. Voor meer informatie over de luchtdichtheid van gebouwen verwijzen we naar [TV 255](#) en naar [WTCB-Dossier 2017/4.14](#) voor de akoestische aspecten.

Voor rechthoekige gaten in betonnen welfsels verstrekken sommige fabrikanten tabellen met de te respecteren maximumafmetingen van de uitsparingen. Deze zijn meestal 1 m lang en 40 cm breed. De vloer moet bovendien versterkt worden met een raveelconstructie uit staal of gewapend beton (zie verder).



- 1 Een trap die gemaakt werd door een grote uitsparing in de vloer te maken.

A Een opening parallel met of loodrecht op de vloerbalken.

Opening parallel met de balken/welfsels	Opening loodrecht op de balken
	
• De hoofdas van de opening volgt dezelfde richting als de draagrichting van de vloer. • Deze opstelling maakt het mogelijk om zonder veel moeite een stijf frame (raveelconstructie) te maken. • Als het om een houten constructie gaat, moeten de balken rond de opening verdubbeld worden (extra balken - groen op de tekening). • Als de vloer van beton is, kan de verstevigingsbalk uit staal of gewapend beton zijn.	• De hoofdas van de opening staat loodrecht op de draagrichting van de vloer. • Omwille van de oriëntatie van de opening moet er meer dan één vloerbalk doorgezaagd worden. • Om het structurele draagvermogen van de constructie te garanderen, moeten balken met een grotere doorsnede en eventueel een kolom op het snijpunt van de verstevigingsbalken aangebracht worden. Dat is het geval wanneer de bestaande vloer niet in staat is de daarop uitgeoefende belastingen op te nemen, zelfs niet indien deze verstevigd is. • In dat geval is het sterk aangeraden om een beroep te doen op een stabiliteitsingenieur die de te voorziene verstevigingsbalken nauwkeurig zal dimensioneren.

Grote uitsparingen creëren

Bij het maken van een opening in een vloer (bv. voor een trap, zie afbeelding 1 op de vorige pagina) is het aanbevolen de **bouwstempels** op de lager gelegen verdieping te plaatsen alvorens een deel van de vloerconstructie te demonteren. De stempels moeten rondom de voorziene opening vastgezet worden tussen houten balken, zo dicht mogelijk bij de rand.

Het kan gaan om verschillende vloertypes: een houtskelet of een metalen structuur, ter plaatse gestort gewapend

beton, welfsels uit gewapend of voorgespannen beton ... Een opening maken in een vloer of vloerplaat vereist observatie en inzicht in de manier waarop **de vloerconstructie** ontworpen is.

Het maken van een opening betekent in alle gevallen dat er een relatief groot deel van de draagstructuur van de vloer doorgezaagd wordt en dat de rest van de constructie verstevigd wordt. Het soort versteviging dat aangebracht moet worden, is afhankelijk van de grootte van de opening en de plaats ervan in de vloer (zie tabel A hierboven). Indien meer dan één dragend element van de vloer doorgezaagd

wordt, dient doorgaans een stabiliteitsbureau ingeschakeld te worden voor een nauwkeurige dimensionering van de te voorziene versteviging.

Een houten vloer stijver maken en verstevigen

In vergelijking met een betonnen of stalen vloer is een houten vloer gevoelig voor vervorming en trillingen (bv. door beloping). Bij de renovatie van een houten vloer moet nagegaan worden welk **niveau van vervormbaarheid en trillingscomfort** de gebruiker aanvaardbaar vindt. Zo kan men een geschikte opbouw van de vloerconstructie kiezen. Zie het artikel op pagina 17 waarin de maximale overspanningen voor twee soorten balkdoorsneden (7/18 cm en 8/23 cm) vermeld worden, afhankelijk van

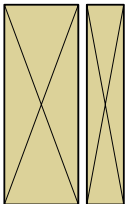
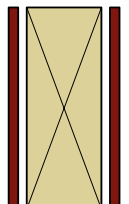
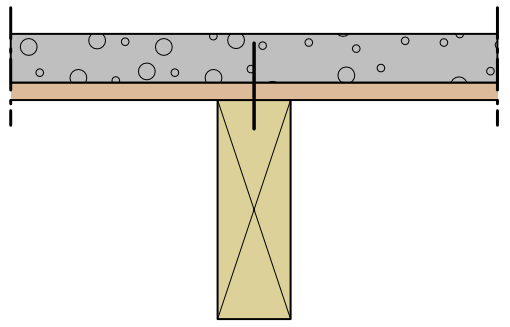
het gewenste comfortcriterium (vervorming of trillingscomfort).

Alvorens verstevigingswerken uit te voeren, moet de vloer afgestempeld worden om de stabiliteit tijdens de werkzaamheden te waarborgen en onaanvaardbare blijvende vervormingen te voorkomen. De regels van goede praktijk voor het afstempelen komen aan bod in het artikel op pagina 6.

Er zijn verschillende manieren om een houten vloer te verstevigen. Het type versteviging wordt gekozen in functie van de vereiste mechanische eigenschappen en trillings-eigenschappen en de beschikbare vrije hoogte onder het plafond. Ook andere overwegingen, zoals akoestisch comfort en brandveiligheid, kunnen de keuze beïnvloeden. Tabel B hieronder geeft drie voorbeelden van verstevigingen en hun invloed op de stijfheid van een houten vloer bestaande uit balken van 7,5/22,5 cm.

B

Voorbeelden van de versteviging van een houten vloerconstructie.

Verdubbeling van de balken door middel van houten kinderliggers met steunen aan de uiteinden	
	• Stijfheid x 1,5 (met verdubbeling van 3,5/22,5 cm) • Stijfheid x 2 (met verdubbeling van 7,5/22,5 cm)
Versteviging met metalen platen over de volledige lengte van de balk en M12-bouten om de 50 cm	
	Stijfheid x 5 (met een plaat van 180 x 8 mm dik aan elke kant van de te verstevigen kinderligger)
Aanbrengen van een hout-betonvloer (zie WTCB-Dossier 2009/4.6)	
	Stijfheid ongeveer x 8 (met een betonplaat van 50 mm die verbonden is door middel van metalen deuvels)

Technologie die levens kan redden ...

Heel wat innovaties op het vlak van digitale technologieën helpen aanzienlijk mee om de risico's in verband met de stabiliteit van kleine gebouwen te beperken of te monitoren. Niet alleen in de ontwerpfase, maar ook tijdens de uitvoering en zelfs het gebruik ervan.

B. Parmentier, ir., coördinator 'Strategie en innovatie', WTCB

N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek, structuren en beton', WTCB

De laatste jaren heeft de opkomst van digitale technologieën in de bouwsector geleid tot een **hogere productiviteit en meer kwaliteit en veiligheid**. Deze digitale revolutie is gebaseerd op efficiëntere communicatienetwerken, en computers, tablets en smartphones met een steeds grotere rekenkracht. Voor meer informatie verwijzen we naar [WTCB-Contact 2021/1](#), die volledig in het teken staat van deze nieuwe tools.

Wanneer de stabiliteit in het gedrang komt, helpen ze vooral om voorspellingen te doen, metingen en controles uit te voeren, te communiceren en (snel) beslissingen te nemen. Bepaalde instabiliteitsverschijnselen doen zich immers soms zeer plots voor en kunnen dramatische gevolgen hebben voor werklui die op de bouwplaats aanwezig zijn of voor de gebouwbewoners.

Praktijkvoorbeelden

De **beoordeling van de bestaande situatie** wordt vaak gekenmerkt door het gebruik van digitale technologieën. Op kleine werven kunnen bepaalde afmetingen bijvoorbeeld heel gemakkelijk in 2D of zelfs in 3D gemeten worden met behulp van een halfautomatische afstandsmeter (of distometer) of een smartphone met een augmentedreality-applicatie (bv. de app 'Measures' voor iOS), of zelfs met een tablet van de nieuwste generatie die uitgerust is met een LiDAR-scanner (*).

Bij *motion measuring* (zie afbeelding 1) worden er interne of eventueel externe sensoren gebruikt om de positie van het toestel te bepalen. Deze methode maakt het mogelijk om de 3D-coördinaten te bepalen en afstanden in de ruimte te meten. Ook andere aspecten, zoals hoeken en vlakheid, kunnen gecontroleerd worden.

Met fotogrammetrie is het steeds makkelijker om in een mum van tijd 3D-opmetingen uit te voeren op basis van een reeks foto's.

Al deze technologieën kunnen nuttig zijn om zeer snel een offerte op te stellen of opmetingen te doen om een factuur te maken.

De mechanische eigenschappen (sterkte en stijfheid) kunnen beoordeeld worden aan de hand van niet-destructieve methoden die rechtstreeks op de constructie of op een staal toegepast worden. Deze methoden zijn gebaseerd op radartechnologie, impact-echo, ultrasoon geluid ... Ook met scanners, pachometers en andere radars is het mogelijk om wapeningen te lokaliseren zonder in betonconstructies te hoeven boren.

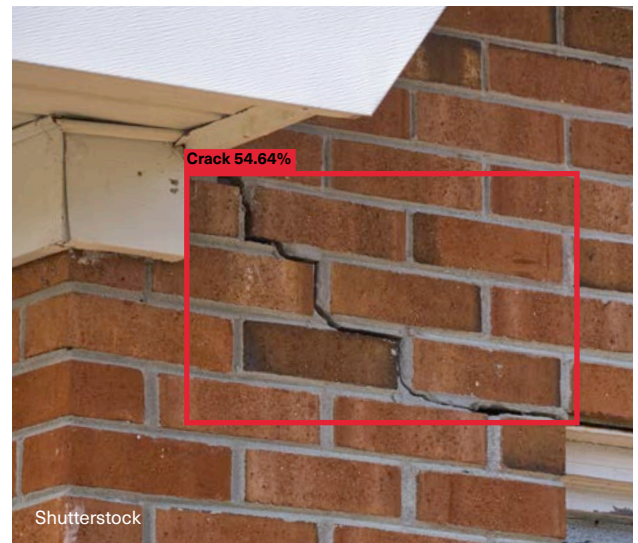
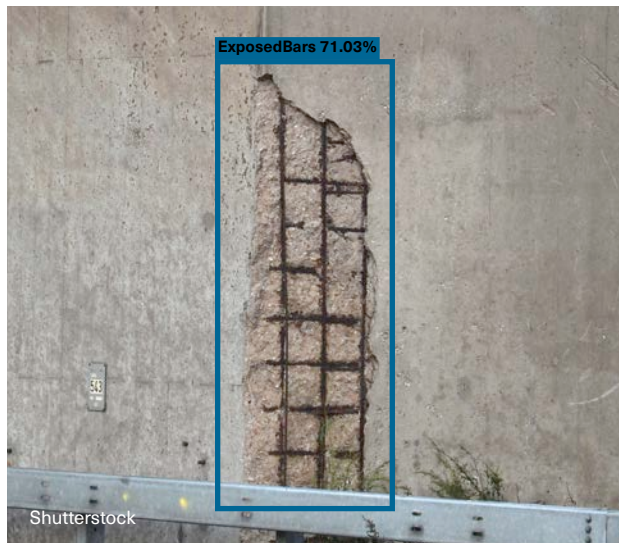
Ook in de **uitvoeringsfase** bewijzen deze technologieën hun nut. Op de bouwplaats worden momenteel dan ook heel wat nieuwe technologieën gebruikt om mogelijke stabiliteitsrisico's tijdens de werken in de gaten te houden, zodat men erop kan anticiperen. Zo worden totaalstations, inclinometers en scanners ingezet om snel te controleren of de toleranties of de positionering van bijvoorbeeld



Moasure

- 1 2D- en 3D-opmetingen gemaakt door *motion measuring* met behulp van de applicatie 'Moasure'.

(*) Acroniem dat staat voor *light detection and ranging of laser imaging, detection and ranging*.



2

Illustratie van het concept van automatische herkenning van pathologieën (afgesprongen beton en scheuren).

constructie-elementen of wapeningen gerespecteerd worden. Geotechnische werkzaamheden langs of onder een bestaand gebouw worden vaak uitgevoerd onder voortdurende monitoring van de vervormingen. Bij deze monitoring worden de verrichte metingen vergeleken met de voorspellende modellen die tijdens de ontwerpfase gebruikt werden.

In sommige gevallen, vooral wanneer er zeer grote scheuren, abnormale vervormingen of barsten aangetroffen worden, is het raadzaam om de stabiliteit van het gebouw ook tijdens de **gebruiksfase** op te volgen. Soms is zelfs continu toezicht nodig om te anticiperen op een eventueel instortingsgevaar. Hiervoor zijn er een heleboel geconnecteerde meetinstrumenten beschikbaar. Zo kunnen scheurwijdtemeters hun gegevens nu online opslaan (bv. in een cloud) en meldingen geven zodra bepaalde drempelwaarden overschreden worden. Aangezien deze systemen inmiddels zeer energiezuinig zijn, hebben ze bovendien een batterijlevensduur van meerdere jaren, op voorwaarde dat de meetfrequentie niet te hoog is. Ten slotte kunnen er sensoren in houten scheidingswanden aangebracht worden om abnormale vochtgehalten op te sporen die de constructie zouden kunnen verzwakken.

Toekomstige toepassingen

De laatste jaren is het dankzij **technologieën op het gebied van machinaal leren** (*machine learning* met behulp van artificiële intelligentie) ook mogelijk geworden om eventuele schade automatisch te herkennen aan de hand van een reeks foto's van de constructie (bv. de muren van een gebouw) (zie afbeelding 2). Ze bieden bovendien de mogelijkheid om deze gebreken te geolokaliseren, waardoor de

www.digitalconstruction.be

Om je een idee te geven van de vele nieuwe digitale technologieën en mogelijkheden die voor jou als aannemer ter beschikking staan, zijn er tal van demonstraties terug te vinden op onze website www.digitalconstruction.be.

degradatie in kaart gebracht kan worden en de evolutie ervan op te volgen is. Geautomatiseerde herkenning kan ook tijdens de uitvoering toegepast worden om de automatische controle te versnellen, problemen in een zo vroeg mogelijk stadium op te lossen en zo de kosten te beperken die daarmee gepaard gaan. Een studie die momenteel door het WTCB uitgevoerd wordt, bevestigt dit potentieel.

Besluit

Het doel dat men wil bereiken, moet duidelijk omschreven worden om te kunnen bepalen welke technologie het meest geschikt is ter controle van de stabiliteit van een gebouw. Er bestaat een uitgebreid gamma aan tools: van eenvoudige tot zeer uitgebreide. Bij de keuze van een meetsysteem moet er rekening gehouden worden met het volume van de te registreren gegevens, de kwaliteit van de metingen, de structurering van de geregistreerde gegevens, alsook met de interface om de metingen te raadplegen en de mogelijkheden van geautomatiseerde meldingen. Er bestaan momenteel veel betrouwbare en gemakkelijk te gebruiken tools voor bijvoorbeeld het uitlezen van de sensoren en visualisatie op afstand. Ten slotte maken recente en betaalbare innovaties een snelle besluitvorming mogelijk. ■



Normen-Antennes en projecten

Normen-Antennes

De Normen-Antennes zijn een initiatief van het WTCB en worden gesubsidieerd door de FOD Economie. Ze hebben als doel om de bouwsector te informeren over de normen en regelgevingen met betrekking tot specifieke domeinen. De volgende drie Normen-Antennes bevatten waardevolle informatie over bepaalde onderwerpen die in deze thematische editie aan bod komen:

- Geotechniek
- Constructieve Eurocodes
- Beton, mortel en granulaten.

Prenormatieve studies

Het WTCB heeft, in samenwerking met de FOD Economie en het Bureau voor Normalisatie, twee prenormatieve studies opgestart omtrent tijdelijke constructies: **Stepwise I en II**.

Voor meer informatie kan je ons steeds bereiken via info@bbri.be.



Maatschappelijke zetel

Lombardstraat 42 • B-1000 Brussel
tel. 02/502 66 90 • fax 02/502 81 80
e-mail: info@bbri.be
www.wtcb.be

Kantoren

Lozenberg 7 • B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
tel. 02/716 42 11 • fax 02/725 32 12

- technisch advies – publicaties
- beheer – kwaliteit – informatietechnieken
- ontwikkeling – valorisatie
- technische goedkeuringen – normalisatie

Proefstation

Avenue Pierre Holoffe 21 • B-1342 Limelette
tel. 02/655 77 11 • fax 02/653 07 29

- onderzoek en innovatie
- vorming
- bibliotheek

Brussels Greenbizz

Dieudonné Lefèvrestraat 17 • B-1020 Brussel
tel. 02/233 81 00

Colofon

WTCB-Contact is een uitgave van het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Verantwoordelijke uitgever: Olivier Vandooren, WTCB, Lombardstraat 42, B-1000 Brussel

Dit is een tijdschrift van algemeen informatieve aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de teksten van dit tijdschrift is slechts toegelaten mits schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

Taalkundige herziening: J. Beauclercq en M. Kegelaers
Vertaling: J. Beauclercq en M. Kegelaers
Lay-out: J. Beauclercq en J. D'Heygere
Illustraties: G. Depret, R. Hermans en Q. van Grieken
Foto's WTCB: M. Sohie et al.

WTCB-Contact wordt nog interessanter voor jou!

De WTCB-Contact zet het jaar 2022 in met een nieuwe vorm en een nieuwe aanpak. Zo zal je voortaan een magazine ontvangen dat uitsluitend nuttige informatie voor jouw bouwberoep bevat. Vanaf nu verschijnt de WTCB-Contact namelijk in drie verschillende edities waarvan één perfect aansluit bij jouw hoofdactiviteit.



Editie 'Gebouwschil'

Verschijnt in **april** en **oktober** en wordt exclusief verstuurd naar:

- algemene aannemers
- schrijnwerkers en glaswerkers
- ruwbouwaannemers
- aannemers in dichtings- en dakwerken

Editie 'Afwerkingen'

Verschijnt in **juni** en **december** en wordt exclusief verstuurd naar:

- parketleggers en tegelzetters
- schilders en plaatsers van soepele vloerbekledingen
- natuursteenbedrijven
- plafonneerders en stukadoors

Ook de algemene aannemers en schrijnwerkers zullen deze editie ontvangen.



Editie 'Technische installaties'

Verschijnt in **augustus** en wordt exclusief verstuurd naar:

- installateurs van verwarming, klimaatregeling en ventilatie
- installateurs van sanitair



Wil je ook de andere edities ontvangen dan die voor jouw bouwberoep? Dat kan! Scan deze QR-code en vul het onlineformulier in.

Ook inschrijven op onze digitale nieuwsbrief kan via deze QR-code.

