

WTCB | Contact

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

Shutterstock

2019/5



**Gerecycleerde
betongranulaten**

p4-5

**Draadloze
connectiviteit**

p14-17

***Extended reality
in de bouw***

p18-19



Inhoud

2019/5

Evenementen bij de vleet in november	3
 Beton in de circulaire economie: het gebruik van gerecycleerde granulaten	4
 Het belang van trillingsisolatoren in technische installaties.....	6
 De thermische prestaties van de gebouwschil meten? Weldra kan het!	8
 Capillair actieve isolatiesystemen: een innovatieve oplossing voor binnenisolatie?	10
 Draadloze connectiviteit in en rond gebouwen: wifi, toch?	14
 <i>Extended reality</i> in de bouwsector: een andere kijk op bouwprojecten	18
 <i>Lean</i> bouwen: wel klantwaarde, geen verspillingen.....	20
In de kijker.....	22



Evenementen bij de vleet in november

In de laatste week van november zijn er tal van evenementen gepland. Zo zijn we volop bezig met de voorbereidingen van drie grote sectorale salons: **Install Day**, de **Dag van de Afwerking** en **Belgian Roof Day**. Naar goede gewoonte organiseert de Confederatie Bouw deze salons in de ruime hallen van Brussels Kart Expo in Groot-Bijgaarden. U zal er, verspreid over 9.300 m², tal van nieuwe producten kunnen ontdekken.

Deze salons vormen voor ons een unieke gelegenheid om een groot aantal bedrijven uit de **sector van de technische installaties**, de **afwerkingssector** en de **daksector** te ontmoeten. Zo kwamen er vorig jaar op deze beurzen maar liefst 10.000 bezoekers opdagen.

Ook onze medewerkers zullen hier in groten getale aanwezig zijn om uw vragen te beantwoorden en zowel onze diensten als onze laatste publicaties ter zake voor te stellen. U zal er niet alleen de nieuwe **TV's 269** en **270** in verband met parketvloeren en hemelwaterafvoer kunnen ontdekken, maar ook de **TV 266** over metalen dakbedekkingen en gevelbekledingen met staande naden en de **TV 265** over de afvoer van afvalwater.

Noteer alvast de volgende data in uw agenda: **22 november** voor Install Day, **26 november** voor de Dag van de Afwerking en **29 november** voor Belgian Roof Day. De deelname en de catering zijn volledig gratis, maar u moet zich wel op voorhand online inschrijven. Voor meer informatie kunt u terecht in de rubriek Agenda op www.wtcb.be.

Hopelijk tot binnenkort!

Beton in de circulaire economie: het gebruik van gerecycleerde granulaten

De circulaire economie, waarbij producten en materialen zo lang mogelijk hun waarde behouden, schept ook voor beton nieuwe mogelijkheden. Zo kan men granulaten die afkomstig zijn van bouw- en sloopafval recycleren en hergebruiken in beton. De laatste jaren werden er hieromtrent verschillende prenormatieve studies en onderzoeksprojecten uitgevoerd.

B. Dooms, ir., adjunct-laboratoriumhoofd, laboratorium Betontechnologie, WTCB

J. Vrijders, ir., laboratoriumhoofd, laboratorium Duurzame en circulaire oplossingen, WTCB

L. Kupers, ir., projectleider, laboratorium Betontechnologie, WTCB



WTCB

Gerecycleerde betongranulaten

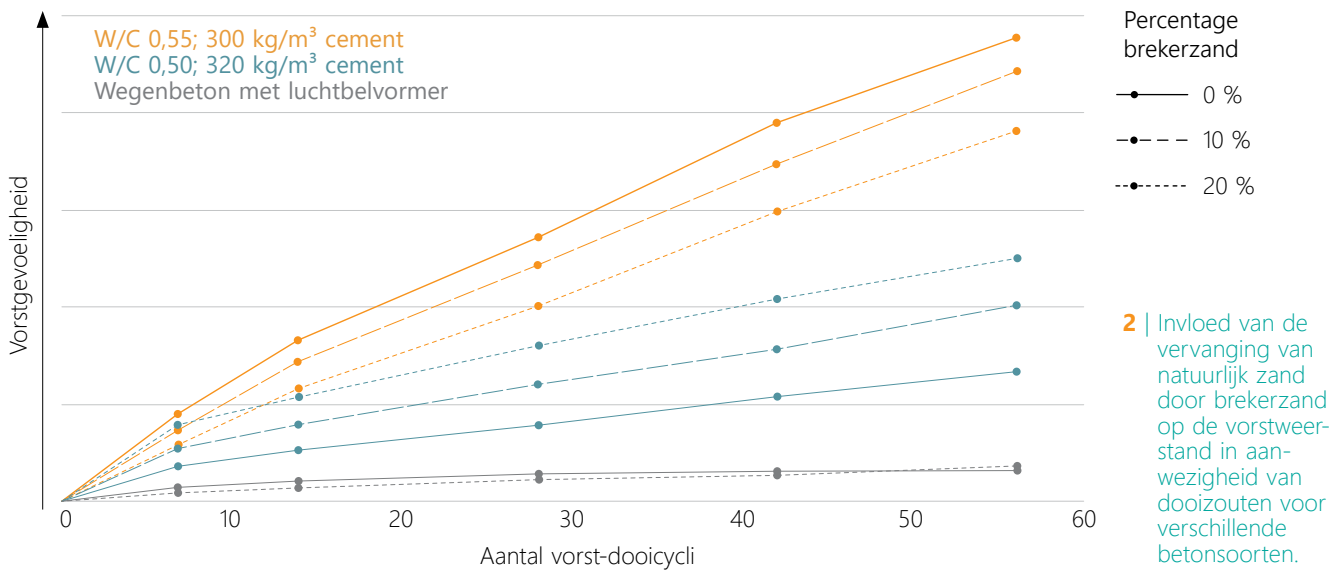
Gerecycleerde betongranulaten zijn samengesteld uit natuurlijke granulaten en een aangehechte cementpasta (zie afbeelding 1). Deze pasta zorgt voor een grotere waterabsorptie dan bij gebruik van natuurlijke granulaten. Om deze waterabsorptie te compenseren, wordt er aan de betonmengsels extra water toegevoegd. Als de werkelijke waterabsorptie echter onder- of overschat wordt, bekomt men respectievelijk een tekort of een overmaat aan 'vrij' water in het beton. Aangezien dit water een rechtstreekse invloed heeft op de water-cementfactor van het beton, die op zijn beurt in grote mate bepalend is voor de consistentie, de mechanische sterkte en de duurzaamheid van het materiaal, is het van groot belang om de waterhuishouding zo goed mogelijk in de hand te hebben.

Het WTCB, het CRIC-OCCN en het OCV hebben een prenormatieve studie uitgevoerd omtrent het gebruik van gerecycleerde granulaten in beton. Tijdens deze studie, die de naam RecyBeton kreeg, werden verschillende types betongranulaten gekarakteriseerd en werd de variabiliteit van hun eigenschappen onderzocht. Er kon geconcludeerd worden dat de granulaten die afkomstig zijn van de Belgische recyclagecircuits, over het algemeen van goede kwaliteit zijn en in de meeste gevallen voldoen aan de eisen uit de Belgische betonnorm NBN B 15-001.

Er werd tevens nagegaan in hoeverre de **consistentie van de betonspecie** wijzigt als men 30 % van de natuurlijke kalksteengranulaten vervangt door gerecycleerde betongranulaten. Hierbij kon men vaststellen dat het gebruik van gerecycleerde betongranulaten en het vochtgehalte ervan geen significante impact hebben op het behoud van de consistentie in de tijd. Het gebruikte type superplastificeerder bleek daarentegen wel een grote invloed te hebben.

Hoewel het gebruik van gerecycleerde granulaten over het algemeen leidt tot een verlaging van de druksterkte

1 | Gerecycleerde betongranulaten.



van het aldus aangemaakte beton, zal dit in de regel toch ruimschoots aan de sterkte-eisen voldoen. De aanwezigheid van deze granulaten blijkt geen weerslag te hebben op de krimp en kruip van het beton.

Wat de **duurzaamheid** van het beton betreft, stelt men vast dat het aangewende cementtype een veel grotere invloed heeft dan het gebruik van gerecycleerde betongranulaten.

Dankzij de resultaten van deze prenormatieve studie kon het toepassingsgebied van gerecycleerde granulaten in beton uitgebreid worden en kon de Belgische norm NBN B 15-001 van 2018 aangepast worden (zie de [WTCB-Dossiers 2017/3.15](#)). Over dit thema werd er recentelijk ook een WTCB-monografie gepubliceerd (zie [Monografie nr. 32](#)).

Gerecycleerde menggranulaten

Gerecycleerde menggranulaten bevatten naast betonpuin ook baksteenpuin. Het risico op de aanwezigheid van verontreinigingen zoals hout, plastic en pleister is bovendien groter dan bij betongranulaten. Het gebruik van deze granulaten werd eveneens onderzocht in de prenormatieve studie RecyBeton.

Deze studie toonde aan dat een vervangingspercentage tot 50 % geen significante invloed heeft op het **behoud van de consistentie** van de betonspecie in de tijd. Naargelang van het vervangingspercentage leidt het gebruik van menggranulaten doorgaans wel tot een verlaging van de **druksterkte** en de **buigtreksterkte**. Wat de **weerstand tegen carbonatatie** van beton betreft, heeft het gebruik van menggranulaten slechts een beperkte invloed.

Gerecycleerde fijne granulaten

Hoewel het gebruik van gerecycleerde fijne granulaten of brekerzand in beton volgens de Belgische referentiedo-

cumenten voornamelijk niet toegelaten is, werd er in het Sand2Sand-project wel al onderzoek gevoerd naar de toepassing ervan. Hierbij dient er opgemerkt te worden dat de betonmengsels bij de betrokken producenten zelf met hun eigen grondstoffen aangemaakt werden, dat het vervangingspercentage beperkt bleef tot 30 % en dat er slechts een gering aantal proeven uitgevoerd werd.

Uit dit project bleek dat het gebruik van brekerzand geen duidelijke invloed heeft op de **druksterkte** en de **weerstand tegen carbonatatie** van het beton en dat de vorstweerstand soms verhoogt en soms verlaagt (zie afbeelding 2). Over het algemeen kan men stellen dat de betonsamenstelling zelf (water-cementfactor, cementgehalte, aanwezigheid van luchtbelvormer) zwaarder doorweegt dan het gebruik van brekerzand.

Toekomstperspectieven

De resultaten van de verschillende projecten geven alvast een aanzet om het toepassingskader van gerecycleerde granulaten verder uit te breiden.

Daarnaast zijn er nog andere technologieën in opmars om de milieu-impact van beton te verlagen en/of de betonkringloop te optimaliseren, zoals alternatieve bindmiddelen (bv. geopolymere), 'zelfhelend' beton en het hergebruik van betonnen elementen. Het WTCB volgt deze innovaties op in het kader van het Circular.Concrete-project en begeleidt geïnteresseerde partijen bij de toepassing ervan in de praktijk. Voor meer informatie over dit project verwijzen we naar de website www.circular-concrete.be.

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de projecten Circular.Concrete en Sand2Sand, met de financiële steun van het VLAIO, en van de Normen-Antenne Beton-mortelgranulaten, met de financiële steun van de FOD Economie.



Het belang van trillingsisolatoren in technische installaties

Doordat technische installaties de gebouwstructuur aan het trillen brengen, kunnen ze geluidshinder veroorzaken. Dit probleem kan verholpen worden door doeltreffende trillingsisolatoren te voorzien. Ontdek hier alles over in dit artikel.

L. De Geetere, dr. ir., afdelingshoofd, afdeling Akoestiek, gevels en schrijnwerk, WTCB

Lawaai van technische installaties

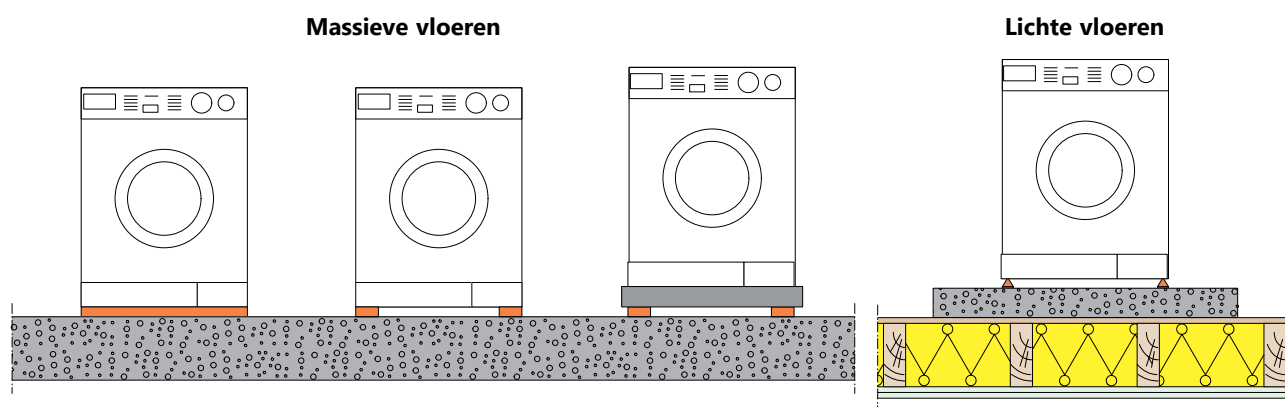
Technische installaties in gebouwen veroorzaken geluidshinder doordat ze geluid afstralen naar de ruimte waarin ze opgesteld staan. Deze hinder kan teruggedrongen worden door de **technische ruimte voldoende te isoleren** en eventueel een **bijkomende omkasting te voorzien** rond de installatie.

Daarnaast geven deze installaties via hun bevestigings- of steunpunten ook trillingen door aan de bouwelementen. Deze vaak sterkere trillingen planten zich op hun beurt voort door de gebouwstructuur en kunnen naar verder gelegen lokalen afgestraald worden, waar ze als storend ervaren kunnen worden.

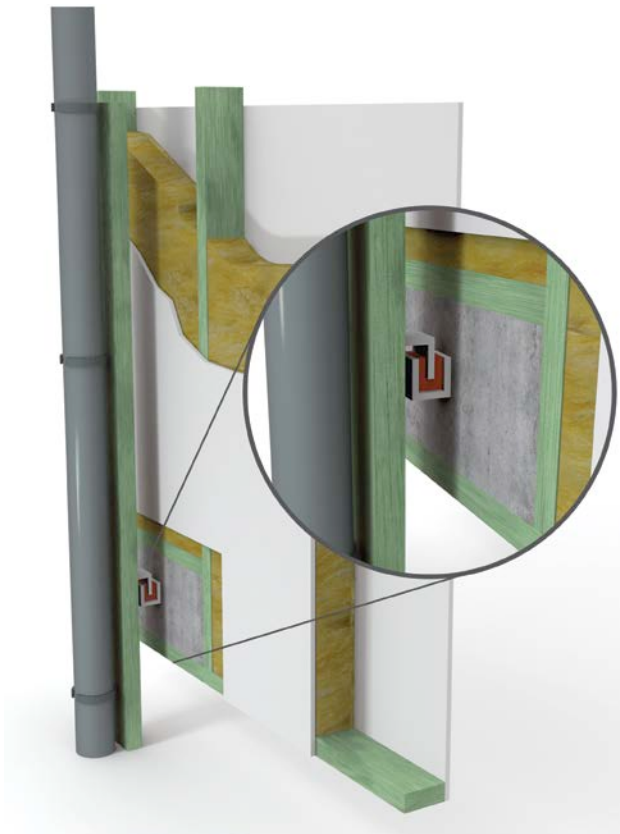
Trillingsontkoppeling op vloeren

Relatief zware installaties (bv. warmtepompen, centrale verwarmingsinstallaties, koelinstallaties, ventilatiegroepen, wasmachines en droogkasten) worden vaak opgesteld in technische ruimten of bergingen. Deze installaties moeten op een zo zwaar mogelijke vloerconstructie geplaatst worden (bij voorkeur minstens 400 kg/m² voor individuele installaties en verhoudingsgewijs meer voor zwaardere collectieve installaties).

Om de aan de vloerconstructie doorgegeven trillingen te beperken, moet men trillingsisolatoren aanwenden. Deze bestaan doorgaans uit **matten of pads uit elastische materialen** zoals (kunst)rubber. Het gebruik van kurk of



1 | Verschillende wijzen van trillingsisolatie voor massieve vloeren in stijgende lijn van efficiëntie en voor lichte vloeren.



2 | Elastische ont koppeling van een sanitaire afvoerleiding die bevestigd is op een houtskeletwand met een lokale betonnen verzwaring.

vezelachtige materialen is doorgaans minder geschikt omdat dergelijke materialen te stijf zijn. Men kan ook gebruikmaken van **klokvormige isolatoren**, die opgebouwd zijn uit aan staal vastgehecht rubber. Voor zwaardere installaties opteert men vaak voor **stalen veren of zelfs luchtveren**.

Een bijkomende isolatieoplossing bestaat erin om de installatie op een **verzwarende sokkel** te plaatsen (bij voorkeur minstens drie keer de massa van de installatie). Bij lichte vloeren is dit zelfs noodzakelijk (zie afbeelding 1 op de vorige pagina).

De **werkingsfrequentie** van een installatie met een draaiend onderdeel (bv. motor, pomp, compressor of trommel)

bedraagt $1/60^e$ van het toerental (in toeren/min). De trillingen die aan de vloerconstructie doorgegeven zullen worden en die geluidshinder kunnen veroorzaken, zullen hoofdzakelijk aan deze frequentie (en veelvouden daarvan) beantwoorden.

De doorgegeven trillingen zullen afnemen naarmate de **resonantiefrequentie** van het installatie-isolator-vloersysteem lager is dan de werkingsfrequentie van de installatie. Dit kan men bekomen door:

- gebruik te maken van meer soepele isolatoren
- de dikte van de isolatoren te vergroten
- de contactoppervlakte tussen de isolator en de vloerconstructie te verkleinen
- de massa van de vloerconstructie, de sokkel en/of de installatie te verhogen.

In de regel dient de resonantiefrequentie minstens drie keer kleiner te zijn dan de werkingsfrequentie (zie rekenvoorbeeld in onderstaand kader).

Men moet eveneens vermijden dat het geluid nog versterkt wordt door de interactie tussen het installatie-isolator-vloersysteem en de vloerconstructie. Hiertoe moet deze laatste voldoende buigstijf zijn. Dit is het geval wanneer haar **eigenfrequenties** minstens gelijk zijn aan het drievoud van de resonantiefrequentie van het systeem.

De keuze van de trillingsisolator is voornamelijk bij lichte bouwdelen (bv. houten vloeren) en/of lage toerentallen bijzonder kritiek. In dergelijke gevallen dient men een nauwkeurige berekening te laten uitvoeren door een gespecialiseerd studie bureau.

Trillingsontkoppelde ophanging

Lichtere installaties (bv. watertoevoer- en afvoerleidingen, sanitaire toestellen, automatische garagepoorten en liftgeleiders) worden vaak aan de bouwstructuur opgehangen. Ook hier geldt dat deze best zo soepel mogelijk bevestigd worden aan een zo zwaar mogelijke draagwand (minstens 200 kg/m^2). Bij lichte bouwsystemen is het noodzakelijk om de draagwand lokaal te verzwaren (zie afbeelding 2). ◆

Dit artikel werd opgesteld in het kader van C-Tech, gesubsidieerd door Innoviris.

Rekenvoorbeeld

We gaan uit van een wasmachine met een massa (m) van 70 kg die aan 1.500 toeren/min draait (werkingsfrequentie = $1.500/60 = 25 \text{ Hz}$). Deze machine staat op een betonnen vloer die bedekt is met een elastische mat met een oppervlakte (S) van $60 \times 60 \text{ cm}^2$, een dikte (d) van 4 cm en een (dynamische) elasticiteitsmodulus (E) van 2 MN/m^2 . In dit geval bedraagt de resonantiefrequentie **81 Hz** ($f_{\text{res}} = 1/2 \pi \sqrt{ES/dm}$). Indien men opteert voor vier pads met een oppervlakte van $5 \times 5 \text{ cm}^2$, wordt dit **13 Hz**. Als men dan nog een bijkomende sokkel van 120 kg voorziet, bekomt men **8 Hz** ($< 1/3^e$ van de werkingsfrequentie). Bij een houten vloer kan men dezelfde resonantiefrequentie bekomen door gebruik te maken van een sokkel van 120 kg en vier klokvormige isolatoren met een stijfheid (k) van 30 kN/m ($f_{\text{res}} = 1/2 \pi \sqrt{4k(1/m + 1/m_{\text{sokkel}})}$).



De thermische prestaties van de gebouwschil meten? Weldra kan het!

Door de thermische prestaties van de gebouwschil te meten, zou men de werkelijke impact van bepaalde ontwerp- of uitvoeringskeuzes beter kunnen beoordelen en de aandachtspunten kunnen bepalen die de werkelijke thermische prestaties van gebouwen zouden kunnen verbeteren. Gelet op de vele toepassingsmogelijkheden wordt er momenteel onderzoek gevoerd om een betrouwbare meetmethode te ontwikkelen die op grote schaal toegepast zou kunnen worden.

J. Deltour, ir., projectleider, laboratorium Energiekarakteristieken, WTCB

Waarom deze meting uitvoeren?

Op basis van de tijdens de ontwerpfase beoordeelde energieprestaties kan men een zogenaamd theoretisch verbruik berekenen. Wanneer het gebouw opgeleverd en in gebruik genomen is, wordt dit **theoretische verbruik** vaak vergeleken met het **gemeten verbruik**. Deze vergelijking kan echter door verschillende factoren vertekend worden, meer bepaald:

- het werkelijke gebruik van het gebouw en het klimaat (wanneer ze afwijken van de voor de berekeningen gebruikte hypothesen)
- de kwaliteit van de uitvoering
- de afstelling en het onderhoud van de systemen.

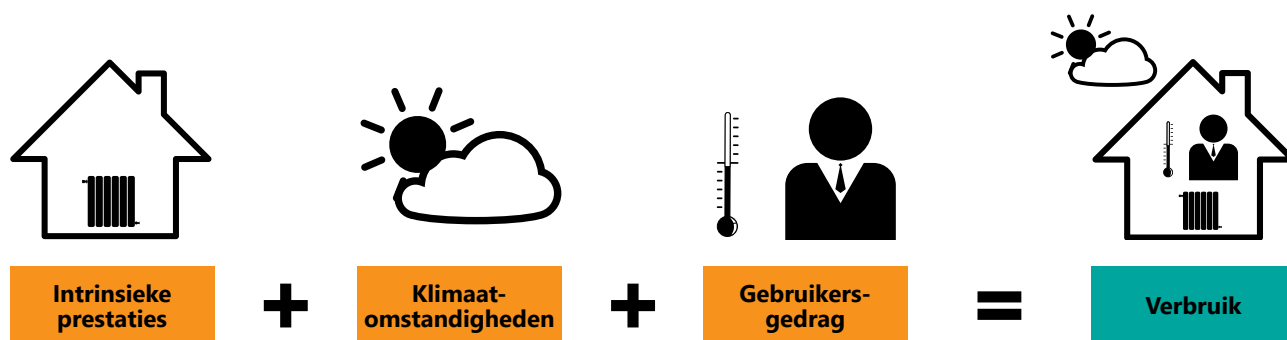
Vermits het de bedoeling is om niet alleen het theoretische verbruik, maar vooral ook het werkelijke energieverbruik te verlagen, kan het nuttig zijn om de intrinsieke prestaties van

het gebouw te meten (gebouwschil, al dan niet in combinatie met de systemen), dat wil zeggen om de prestaties te meten los van het klimaat en van het gebruik van het gebouw.

De **warmteverliescoëfficiënt** is de indicator die voortkomt uit de meting van de thermische prestaties van de gebouwschil. Deze coëfficiënt houdt rekening met de warmteverliezen door transmissie (via de wanden) en infiltratie (via luchtlekken).

Deze meting biedt tal van voordelen. Zo kan ze:

- de bouwprofessionelen helpen om de impact van bepaalde keuzes (ontwerp en uitvoering) beter in te schatten
- een indicatie geven van de kwaliteit van het uitgevoerde werk, wat het vertrouwen tussen de bouwheren en de bouwbedrijven kan doen toenemen
- op langere termijn de prestaties garanderen, los van het gedrag van de gebruikers.





In beeld



Door deze QR-code te scannen met behulp van het fototoestel van uw smartphone of een specifieke applicatie, ontdekt u een kort filmpje over de *co-heating*proef. Dit filmpje werd opgenomen in het kader van het CoDyNi-project, gesubsidieerd door de FOD Economie en het NBN.

Welk proefprotocol moet er gevolgd worden?

Vandaag de dag kan men de warmteverliescoëfficiënt bepalen door het protocol van de **klassieke co-heatingproef** toe te passen. Deze proef bestaat erin om de binnentemperatuur van het gebouw op ongeveer 25 °C te houden met behulp van een elektrisch verwarmingssysteem dat eigen is aan de proef en om een verschil van minstens 10 °C ten opzichte van de buitentemperatuur te handhaven.

Om een betrouwbaar en reproduceerbaar resultaat te garanderen, moet de proef in een leegstaand gebouw uitgevoerd worden gedurende een periode van een vijftiental dagen van het stookseizoen, dat wil zeggen wanneer er weinig zon is. De basisprincipes van de *co-heating*proef worden beschreven in een kort filmpje dat u kunt ontdekken door de QR-code in bovenstaand kader te scannen.

Om deze meetmethode op termijn te kunnen normaliseren, is er een ontwerpnorm in de maak. Uit een eerste studie blijkt dat de onzekerheid met betrekking tot het resultaat ongeveer 15 % bedraagt als het volledige protocol gevolgd wordt.

Wat zijn de bestaande verbeteringspistes?

Om het toepassingsgebied van deze meetmethode zo ruim mogelijk te maken, worden er momenteel verschillende verbeteringspistes onderzocht:

- de verkorting van de proefduur (dynamische *co-heating*)
- het gebruik van het verwarmingssysteem van het gebouw zelf (geïntegreerde *co-heating*; zie voormeld filmpje)
- het gebruik van geconnecteerde en draadloze meettoestellen
- de uitvoering van metingen, ongeacht het seizoen.

Welke aspecten worden er momenteel onderzocht?

Er wordt veel onderzoek gevoerd om aan deze uitdagingen te kunnen beantwoorden. Zo bestuderen het WTCB en de KU Leuven in het kader van het CoDyNi-project de mogelijkheden om de proefduur in te korten (dynamische *co-heating*). Er zijn momenteel twee mogelijke pistes:

- de meetomstandigheden doen variëren door het verwarmingssysteem aan- en uitcycli te laten doorlopen (in plaats van de binnentemperatuur vast te leggen op 25 °C)
- geavanceerde data-analysemethoden toepassen.

Vooral de combinatie van deze twee pistes blijkt zeer interessant te zijn, vermits deze toelaat om de **proefduur in te korten tot 4 dagen** (in plaats van 15 voor een klassieke *co-heating*proef).

Hoewel de eerste resultaten veelbelovend lijken, zijn de dynamische *co-heating*proeven nog niet genormaliseerd. Bovendien hangt de reproduceerbaarheid van de resultaten nog sterk af van de gegevensanalyse. Deze vereist echter een hoge graad van deskundigheid van de 'operatoren'.

Ongeacht de bestudeerde verbeteringspistes, liggen de doelstellingen van ons onderzoek erin om:

- de verschillende meetprotocollen voor alle types van *co-heating* (klassiek, dynamisch, geïntegreerd ...) vast te leggen enerzijds
- het vereiste deskundigheidsniveau van de toekomstige operatoren zo veel mogelijk te verlagen, zonder de betrouwbaarheid van het resultaat in het gedrang te brengen anderzijds.

Besluit

Om de *co-heating*proeven op grote schaal toepasbaar te maken, moet men het **juiste midden vinden tussen de kostprijs van de proef, de duur ervan en de betrouwbaarheid van het resultaat**.

Aangezien deze metingen momenteel nog niet volledig op punt staan, is het niet wenselijk om ze in hun huidige vorm te veralgemenen. De uitvoering van dergelijke metingen op een groot aantal gebouwen, kan echter wel een terugkoppeling van ervaring opleveren.

Het zal zeker mogelijk zijn om hier lessen uit te trekken, niet alleen met betrekking tot de toepasbaarheid van de meting, maar vooral ook tot het gebruik van de resultaten ter verbetering van de rekenmethoden of ter identificatie van de belangrijke aandachtspunten tijdens de uitvoering.

Bent u geïnteresseerd in een dergelijke meting en wenst u een steentje bij te dragen aan ons onderzoek hieromtrent? Aarzel dan niet om contact met ons op te nemen om eventueel één van deze proefprotocollen in de praktijk te brengen. ♦

Dit artikel werd opgesteld in het kader van het CoDyNi-project, gesubsidieerd door de FOD Economie en het NBN.



Capillair actieve isolatiesystemen: een innovatieve oplossing voor binnenisolatie?

De laatste tijd wordt er alsmaar vaker gebruikgemaakt van capillair actieve systemen om de muren langs de binnenzijde te isoleren. Maar hoe werken deze systemen precies? En welke voordelen bieden ze ten opzichte van de traditionele binnenisolatiesystemen?

T. De Mets, ir., projectleider, laboratorium Hygrothermie, WTCB

A. Tilmans, ir., laboratoriumhoofd, laboratorium Hygrothermie, WTCB

E. Vereecken, afdeling Bouwfysica, KU Leuven

S. Roels, afdeling Bouwfysica, KU Leuven

Alvorens een bestaande muur langs de binnenzijde te isoleren, moet men een grondige diagnose stellen (zie de [WTCB-Dossiers 2012/4.16](#)) en een geschikt systeem kiezen en dimensioneren (zie de [WTCB-Dossiers 2013/2.4](#)). Hierbij moet er bijzondere aandacht besteed worden aan de uitvoering en met name aan de detaillering, met als doel om koudebruggen te vermijden of te beperken (zie de [WTCB-Dossiers 2017/3.12](#)). Daar waar voormelde artikels enkel de traditionele dampremmende isolatiesystemen behandelden, gaat dit artikel dieper in op de zogenoemde capillair actieve isolatiesystemen.

Wat zijn capillair actieve isolatiesystemen?

Om inwendige condensatie te vermijden, wordt er bij traditionele binnenisolatiesystemen een **dampremmende laag** voorzien (zie afbeelding 1 op de volgende pagina). Deze bestaat ofwel uit het isolatiemateriaal zelf, ofwel uit een dampscherm dat aan de warme zijde van de isolatie

geplaatst wordt. Deze verhoogde dampdichtheid heeft echter wel tot gevolg dat een vochtige muur (bv. door regen) trager zal drogen.

Capillair actieve systemen zijn daarentegen **dampopen** en houden de condensatie niet tegen, maar bufferen het vocht en herverdelen het naar de warme zijde van de isolatie dankzij de capillaire werking van het materiaal (zie afbeelding 1 op de volgende pagina). Bijgevolg hoeft er geen continue dampdichte laag aanwezig te zijn (dit neemt echter niet weg dat er wel steeds toegezien moet worden op de luchtdichtheid van deze systemen). Capillair actieve systemen bieden het voordeel dat ze de droging van vochtige muren vergemakkelijken door de damp naar de binnenzijde van de ruimten te laten migreren. Daar staat tegenover dat hun isolerende waarde doorgaans minder gunstig is (warmtegeleidingscoëfficiënt λ gelegen tussen 0,043 en 0,065 W/mK) dan die van de traditionele systemen (λ -waarde doorgaans lager dan 0,04 W/mK). Bijgevolg moet er voor eenzelfde warmteweerstand een dikkere isolatie geplaatst worden.

Capillair actieve isolatiesystemen bufferen het vocht en herverdelen het naar de warme zijde van de isolatie dankzij de capillaire werking van het materiaal.



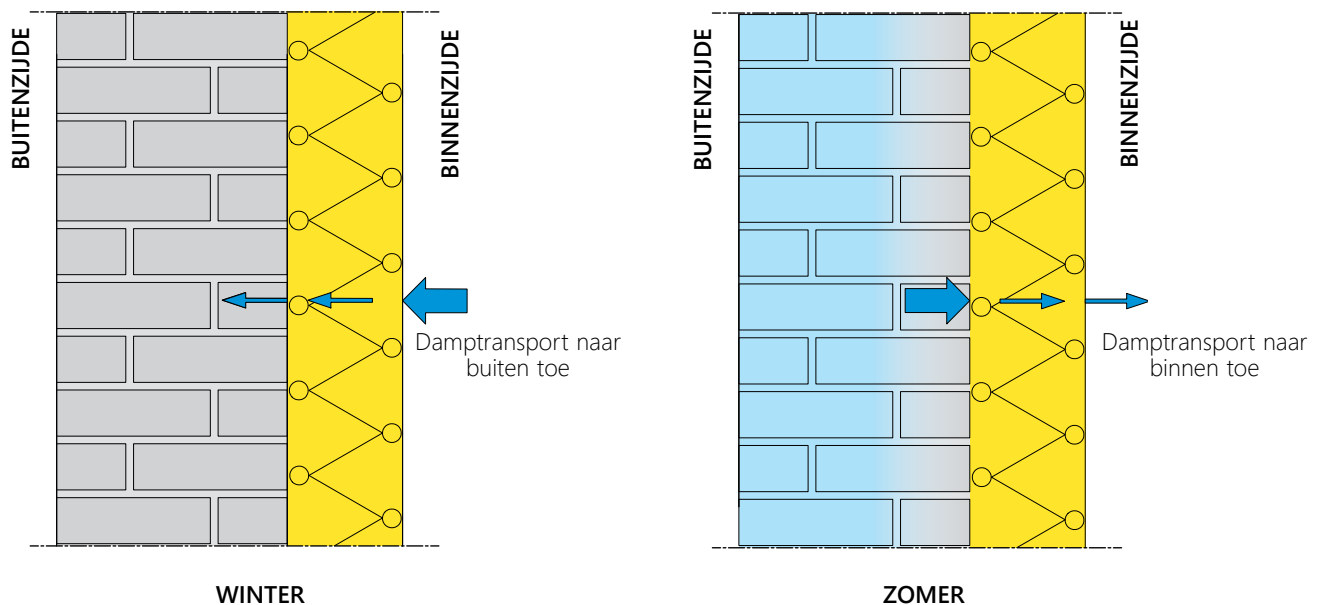
Welke materialen zijn capillair actief?

Er bestaan heel wat verschillende types capillair actieve isolatiematerialen, zoals:

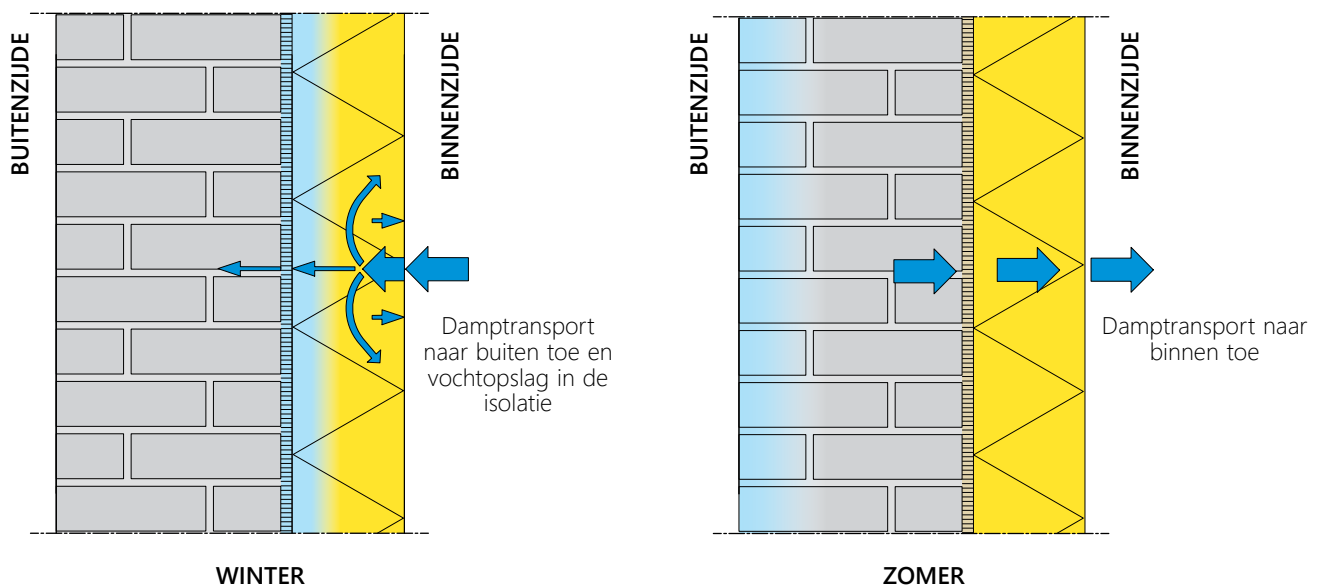
- minerale platen op basis van cellenbeton (zie afbeelding 2 op de volgende pagina) of perliet
- calciumsilicaat
- houtvezelisolatie.

Er bestaan echter ook materialen die door de fabrikant als capillair actief voorgesteld worden, maar dit niet zijn. Zo zijn sommige van deze materialen eerder dampremmend dan dampopen en vertonen andere slechts een zeer beperkte capillaire werking. Men dient dus steeds aan de hand van de productfiches na te gaan of het materiaal in kwestie wel degelijk een droging toelaat en vochtaccumulatie vermijdt.

Traditioneel dampremmend binnenisolatiesysteem



Capillair actief binnenisolatiesysteem



1 | Vergelijking tussen een traditioneel dampremmend binnenisolatiesysteem en een capillair actief binnenisolatiesysteem (links: wintersituatie met dampdiffusie van binnen naar buiten, rechts: zomersituatie met dampdiffusie van buiten naar binnen).



Zijn er speciale eisen voor de uitvoering?

Capillair actieve materialen moeten steeds met een geschikte mortel (die doorgaans bij dezelfde fabrikant te verkrijgen is) volvlakig tegen de muur gekleefd worden. Dit houdt in dat dergelijke systemen enkel uitgevoerd mogen worden als de ondergrond over een toereikende mechanische weerstand beschikt en voldoende vlak is.

Aangezien het dampopen materialen betreft, moet ook de nieuwe binnenafwerking dampopen zijn (bv. een maximale

dampdichtheidsklasse V1 voor verven). Een dampremmende afwerking kan immers aanleiding geven tot aanzienlijk hogere vochtgehalten in het metselwerk en de isolatie.

Hoe gedraagt een capillair actief systeem zich?

Een muur met binnenisolatie zal meer vocht bevatten dan een muur zonder isolatie. Dit blijft bij de capillair actieve systemen evenwel beperkter dan bij de traditionele systemen. Zo zal een muur met capillair actieve binnenisolatie

2 | Capillair actief isolatiesysteem op basis van cellenbeton.



Capillair actieve isolatiesystemen bieden het voordeel dat ze de droging van vochtige muren naar binnen toe toelaten.



in geval van blootstelling aan hevige slagregen gemiddeld 18 % meer vocht bevatten dan een niet-geïsoleerde muur. Bij traditionele systemen kan dit zelfs oplopen tot 62 % (zie afbeelding 3). Hierdoor bestaat er een hoger risico op vorstschade en op de aantasting van de in de muur ingewerkte houten vloerbalken. Deze verschillen verkleinen echter aanzienlijk als de muur minder regen opvangt.

Doordat capillair actieve materialen het vocht bufferen, verminderen hun thermische prestaties. Zo daalt de totale isolatiewaarde van de wand zo'n 10 % in normale omstandigheden (relatieve vochtigheid van 50 %). Bij de traditionele systemen heeft de aanwezigheid van vocht daarentegen (nagenoeg) geen impact op de thermische prestaties.

In het geval van vochtinfiltraties doorheen de wand (bv. ten gevolge van regendoorslag), is het in het algemeen afgeraden om binnenisolatie toe te passen, omdat het vochtgehalte in de muur nog zou kunnen toenemen en er bij

capillair actieve isolatiesystemen zelfs vocht naar binnen toe getransporteerd zou kunnen worden.

Een goede oplossing?

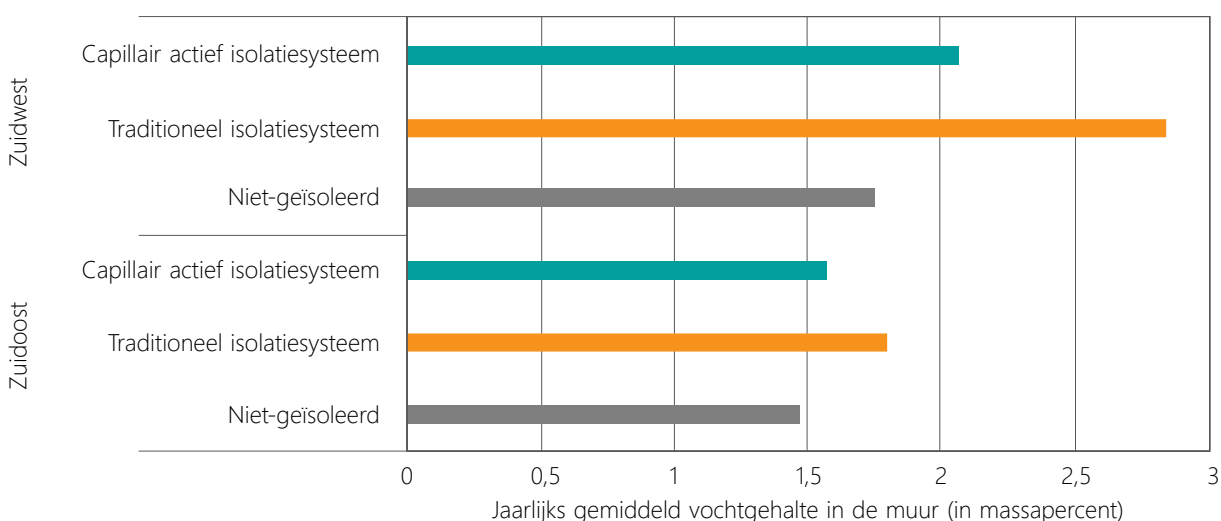
Capillair actieve isolatiesystemen bieden het voordeel dat ze zonder dampscherm geplaatst kunnen worden en dat ze de droging van vochtige muren naar binnen toe toelaten. Hun thermische prestaties zijn daarentegen iets minder gunstig dan deze van de traditionele systemen. Bovendien is het afgeraden om deze te voorzien van een dampremmende binnenafwerking en om ze uit te voeren als er vochtinfiltraties kunnen optreden. ■

Dit artikel werd opgesteld in het kader van C-Tech, gesubsidieerd door Innoviris en van het project IN2EuroBuild, gesubsidieerd door de Service Public de Wallonie.

Vergelijking van het vochtgehalte

Om het hygrothermische gedrag van de isolatiesystemen te bestuderen, hebben we het vochtgehalte van drie verschillende wanden vergeleken. Hierbij werd er uitgegaan van drie 40 cm dikke metselwerkwanden waarvan de eerste niet-geïsoleerd was, de tweede langs de binnenzijde geïsoleerd was met een traditioneel systeem uit XPS en de derde langs de binnenzijde geïsoleerd was met een capillair actief systeem uit calciumsilicaat. Beide isolatiesystemen hebben een warmteweerstand van 2 m²K/W.

Bovendien werd er zowel een wand met zuidoostelijke als zuidwestelijke oriëntatie in beschouwing genomen om de invloed van de regen te onderzoeken. Doordat de wind in onze streken hoofdzakelijk uit het zuidwesten komt, staan wanden met een dergelijke oriëntatie meer bloot aan hevige slagregen. Een wand met zuidoostelijke oriëntatie zal ongeveer de helft minder regen opvangen.



3 | Vergelijking van het vochtgehalte van drie verschillende wanden.



Draadloze connectiviteit in en rond gebouwen: wifi, toch?

Draadloze connectiviteit, dat wil zeggen het draadloos verbinden van objecten, speelt een belangrijke rol in de digitalisering van gebouwen. Zo kunnen draadloze toepassingen niet alleen van pas komen tijdens de gebruiksfase van een gebouw, maar ook reeds tijdens de bouwphase ervan. Dit artikel heeft tot doel om meer inzicht te verschaffen in de wereld van de draadloze connectiviteit en hoe deze het gebouw en de aannemer ten goede kan komen.

R. Delvaeye, ing., projectleider, laboratorium Duurzame en circulaire oplossingen, WTCB

1 Is draadloos een volwaardig alternatief?

Hoewel er vaak nog enige terughoudendheid bestaat in verband met het gebruik van draadloze technologieën in de bouw, bieden ze toch een aantal belangrijke voordelen ten opzichte van bedrade systemen. Zo zijn draadloze oplossingen veel **mobieler**: het object kan eenvoudig geplaatst en – voor zover het bereik toelaat – verplaatst worden. Daarnaast is een draadloos netwerk doorgaans **makkelijker uit te breiden**. Hiervoor hoeven er immers geen datakabels verlegd te worden of extra kabels getrokken te worden. Ook kap- en slijpwerk kan hierdoor vermeden worden. Hoewel enige voeling met informaticasystemen zoals computers en smartphones wel vereist is, volstaat een beperkt inzicht in de basisprincipes vaak al om de nodige aanpassingen te kunnen doorvoeren. Een ander belangrijk voordeel van draadloze technologieën is dat de gebruiker zijn **systemen makkelijk rechtstreeks kan opvolgen** en/of met behulp van een mobiel toestel (bv. smartphone) kan aansturen.

2 Veelheid aan draadloze standaarden

Een heel bekende standaard voor draadloze connectiviteit is de **wifistandaard**. Hiermee worden de dagelijks gebruikte toestellen in een gebouw (bv. smartphones, laptops en printers) draadloos met elkaar verbonden in een lokaal netwerk (WLAN of *Wireless Local Area Network*). Ook enkele bekende *smart home*-toepassingen, zoals geconnecteerde videodeurbellen en beveiligingscamera's, werken vaak via de wifistandaard.

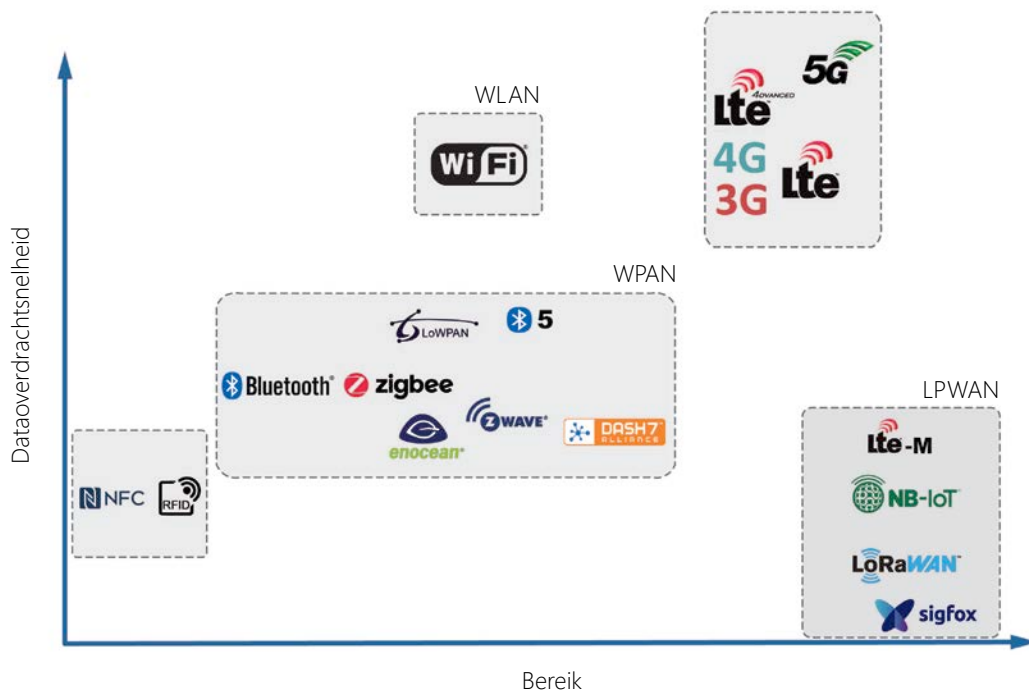
Naast wifi bestaan er nog tientallen, zo niet honderden, andere standaarden voor draadloze communicatie, zoals **Bluetooth, LoRaWAN, Zigbee, Sigfox, EnOcean en 4G**.

De veelheid aan standaarden voor draadloze connectiviteit kan verklaard worden door het feit dat elke standaard zijn eigenheden met bijhorende voor- en nadelen heeft. Niettemin kunnen ze in een aantal categorieën ingedeeld worden. De grafiek in afbeelding 1 op de volgende pagina geeft weer welke clusters van gelijkaardige standaarden er bestaan en hoe enkele draadloze standaarden zich tot elkaar verhouden voor wat betreft het bereik (horizontale as) en de snelheid waaraan data verzonden kunnen worden (verticale as). Hierbij willen we er echter wel op wijzen dat de verschillende standaarden in de grafiek slechts bij benadering gepositioneerd worden. Zo kunnen bepaalde standaarden uit eenzelfde cluster meer overlappen en kunnen de verschillende clusters verder uit elkaar liggen.

3 Keuze van de geschikte standaard

3.1 Grote datahoeveelheden

Om grote datastromen draadloos over te brengen, kan men gebruikmaken van lokale wifinetwerken in gebouwen (bereik is beperkt tot een bepaald gebied) of van mobiele netwerken die tegen betaling aangeboden worden door de operatoren en over grotere afstanden (meerdere kilometers) werken, zoals **3G** en **4G**. Dergelijke grote datastromen kunnen bijvoorbeeld



1 | Figuratieve voorstelling van hoe verschillende draadloze standaarden zich ten opzichte van elkaar verhouden voor wat betreft de dataoverdrachtsnelheid en het bereik.

nodig zijn om camerabeelden door te sturen, online video's te bekijken en internettoepassingen te gebruiken.

Ook een mobiel netwerk van de 5^e generatie, **5G**, is in aantocht. Hoewel deze standaard in België vandaag de dag nog geen wijdverspreide toepassingen kent, zal hij het in de toekomst mogelijk maken dat veel meer geconnecteerde toestellen ogenblikkelijk en aan heel hoge snelheden grote datahoeveelheden draadloos uitwisselen.

3.2 Kleine datahoeveelheden voor smart buildings

Vele draadloos geconnecteerde toepassingen in gebouwen behoeven echter geen grote datastromen, waardoor het mogelijk is om veel minder energie te verbruiken. Standaarden voor grote datastromen, zoals wifi en 4G, zijn zeer energieverblindend. Dit is vooral ongunstig bij gebruik van batterijgevoede systemen. Zo moeten smartphones, die vaak gebruikmaken van deze standaarden, dagelijks opgeladen worden.

Er bestaat ook enige terughoudendheid om alle *smart home*- en *smart building*-toepassingen op het bestaande, aan het internet gekoppelde IT-netwerk aan te sluiten, vooral bij de IT-beheerder (bv. hoe goed is de beveiliging van de geconnecteerde thermostaat? Ben ik er als IT'er verantwoordelijk voor dat het licht blijft branden als het IT-netwerk onderhouden en geüpgraded moet worden?).

Bovendien moeten vele *smart*-toepassingen enkel beschikbaar zijn binnen een plaatselijk opgezet netwerk.

Omwillen van deze redenen zijn de zogenoemde **WPAN-technologieën** (*Wireless Personal Area Network*) interessant voor *smart*-toepassingen in gebouwen. Bovendien laten vele van deze technologieën (bv. Bluetooth 5 en Zigbee) toe om in een *mesh network*-topologie (d.i. een vermaasd netwerk) te werken (zie afbeelding 2 op de volgende pagina). Hierbij fungeert elke schakel in het netwerk, ook wel 'node' genoemd, als een onafhankelijk tussenstation tussen twee andere nodes. Hoewel het bereik van een node slechts een tiental meter bedraagt, kan het totale bereik van een netwerk oplopen tot meer dan 100 meter doordat de nodes in het netwerk onderling verbonden zijn en met elkaar kunnen communiceren. Een ander belangrijk voordeel van de *mesh network*-topologie is dat een defect aan één bepaalde node in het netwerk nooit zal leiden tot het falen van het volledige netwerk. Dit staat in tegenstelling tot een sternetwerk, waarbij het falen van de centrale node het volledige netwerk doet uitvallen.

Er bestaan tal van bouwkundige toepassingen waarin de WPAN-technologieën gebruikt worden. Denken we hierbij maar even aan verlichtingstoestellen die draadloos aangestuurd kunnen worden (bv. via een draadloze drukknop of via de smartphone) en ook zelf kunnen communiceren. Een ander voorbeeld zijn in warmwater- en verwarmingsinstallaties gebruikte pompen die via een draadloze connectie ingesteld, uitgelezen en bediend kunnen worden.

Ook sensoren (bv. temperatuur- of CO₂-sensoren) kunnen onderling geconnecteerd worden om de gemonitorde data draadloos door te sturen.

WPAN-technologieën worden ook alsmaar meer toegepast in werfstoestellen. Zo kan een via Bluetooth geconnecteerde laserafstandsmeter aan een smartphone of tablet gekoppeld worden om de gedetailleerde meetwaarden rechtstreeks aan foto's toe te voegen of om ze aan een grondplan op het mobiele toestel te linken.

3.3 Kleine datahoeveelheden, zeer klein bereik

Draadloze technologieën die kleine datahoeveelheden overbrengen over een zeer klein bereik, zijn **RFID** (*Radio Frequency Identification*) en **NFC** (*Near Field Communication*). NFC kan bijvoorbeeld gebruikt worden bij de toegangscontrole in gebouwen, het aan- en uitzetten van alarmen en het toegang verlenen aan externen tot het lokale wifinetwerk.

3.4 Zeer kleine datahoeveelheden, groot bereik

Tot slot bestaan er ook verschillende technologieën die bedoeld zijn om slechts enkele keren per dag zeer kleine datahoeveelheden over te brengen (ter beperking van het energieverbruik) en die een bereik van meerdere kilometers hebben (bv. LoRaWAN en Sigfox). Deze worden **LPWAN-technologieën** (*Low Power Wide Area Network*) genoemd.

Dankzij hun grote bereik zijn deze oplossingen zeer mobiel en kunnen ze zowel binnen als buiten het gebouw verbinding blijven maken. Net zoals bij de mobiele 3G- of 4G-netwerken loont het dus de moeite om op de landkaart te kijken in welke mate de technologieën in een bepaald gebied al dan niet beschikbaar zijn. Het bijzonder lage energieverbruik van dergelijke standaarden zorgt er op zijn beurt voor dat de geïntegreerde batterij meerdere jaren kan meegaan.

4 Verder kijken dan data en bereik

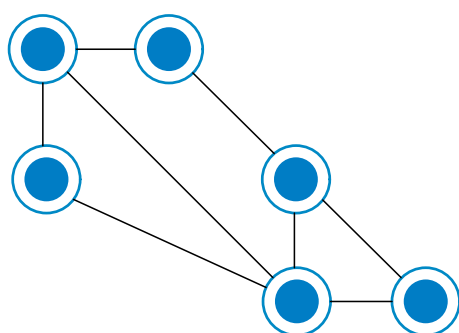
Behalve de dataoverdrachtsnelheid, het bereik en het energieverbruik zijn er nog verschillende andere parameters die een invloed hebben op de geschiktheid van een standaard voor de beoogde toepassing. Zo is het voor bepaalde toepassingen cruciaal om de **latentietijd** (d.i. de tijd die verloopt tussen een actie en de hierop volgende reactie) erg kort te houden (bv. bij het scannen van een badge bij een toegangscontrole). Een andere parameter die zeker in acht genomen moet worden, is het eventuele **risico op interferentie** met andere draadloze netwerken in de nabijheid. Ook het feit of men het systeem al dan niet volledig **onafhankelijk van het elektriciteitsnetwerk** wil kunnen laten werken (bv. met het oog op bedrijfszekerheid of mobiliteit), speelt een rol bij de keuze voor bepaalde (types) standaarden.

Om te bepalen welke de meest geschikte oplossing is, vertrekt men best vanuit de concrete toepassing. Het is immers niet zo dat er zoiets bestaat als 'die ene geschikte standaard'. Het is door de voor- en nadelen van de verschillende standaarden ten opzichte van elkaar af te wegen, dat men de meest geschikte keuze kan maken. Indien men bovendien meerdere toepassingen (die al dan niet gebruikmaken van dezelfde standaard) wil laten interageren, dan moet er bijzondere aandacht besteed worden aan de interoperabiliteit.

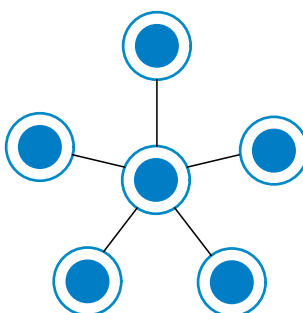
5 De moeite waard

Hoewel het dus zeker enige inspanning vergt om wegwijs te worden in de wereld van de draadloze connectiviteit, loont het toch de moeite om zich hierin te verdiepen. Er bestaan immers tal van draadloze toepassingen die zowel tijdens de bouwphase als tijdens de gebruiksfase van een gebouw een meerwaarde kunnen bieden aan het project. ■

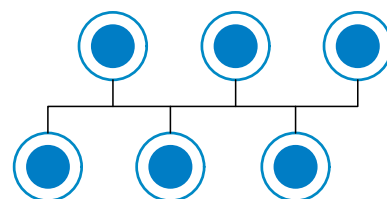
Dit artikel werd opgesteld in samenwerking met de onderzoeksgroep DraMCo van de KU Leuven.



Mesh



Ster



Bus

2 | Voorbeelden van netwerktopologieën.



Samenvattende tabel van de eigenschappen van enkele standaarden voor draadloze connectiviteit. De grijze arcering duidt aan dat de parameter niet (of slechts in beperkte mate) medebepalend is bij de keuze van de standaard.

Standaard	Frequentie (België)	Datahoeveelheid en frequentie van datatransfer	Dataoverdrachtsnelheid	Typisch bereik	Energieverbruik	Voorbeelden van bouwkundige toepassingen
Wifi	2,4 GHz / 5 GHz (meest voorkomend)	Quasi onbeperkt (van kleine datahoeveelheden tot multimedia) en continu	Typisch meerdere Mbit/s tot meer dan 1 Gbit/s	15 à 30 m, maar heel variabel (uitbreidbaar m.b.v. <i>wifirepeaters</i>)	Eerder hoog	- Draadloos connecteren van computers op een netwerk - Geconnecteerde videodeurbellen en beveiligingscamera's - Bediening van <i>smart</i>-toepassingen via de smartphone
3G	900 MHz / 2100 MHz	Quasi onbeperkt (van kleine datahoeveelheden tot multimedia) en continu	Typisch 5 à 10 Mbit/s	Meerdere kilometers	Eerder hoog	Internetconnectie op de werf voor laptops, smartphones en videobewaking en dergelijke
4G	800 MHz / 1800 MHz / 2600 MHz (/ 2100 MHz)		Typisch 30 Mbit/s en meer		Hoog	
NFC	13,56 MHz	Zeer kleine tot kleine datahoeveelheden (bv. toegangscode)	106 kbit/s - 424 kbit/s	Minder dan 10 cm	Laag	- Toegangscontrole in gebouwen - Verlenen van toegang tot het lokale wifinetwerk
Blue-tooth 5	2,4 GHz	Van kleine datahoeveelheden (bv. commando's voor apparaten en communicatie tussen toestellen) tot beperkte multimedia (vnl. geluidsoverdracht)	Typisch 1 à 2 Mbit/s	20 à 40 m van node tot node, uitbreidbaar tot meer dan 100 m via een <i>mesh network</i>	Laag	Heel brede waaier aan draadloze <i>smart home</i> - en <i>smart building</i> -toepassingen, zoals verlichting, HVAC en <i>smartspeakers</i>
IEEE 802.15.4 - Zigbee	2,4 GHz (/ 868 MHz)	Kleine datahoeveelheden (bv. commando's voor apparaten en communicatie tussen toestellen)	250 kbit/s voor 2,4 GHz 20 kbit/s voor 868 MHz	15 à 25 m van node tot node, uitbreidbaar tot meer dan 100 m via een <i>mesh network</i>	Laag	
Z-Wave	868,4 MHz	Kleine datahoeveelheden (bv. commando's voor apparaten en communicatie tussen toestellen)	Tot 100 kbit/s	20 à 40 m van node tot node, uitbreidbaar tot meer dan 100 m via een <i>mesh network</i>	Laag	
Sigfox	868 MHz	Zeer kleine datahoeveelheden en beperkt aantal berichten per dag	100 bit/s - 600 bit/s	Meerdere kilometers	Heel laag	Draadloze dataoverdracht bij onder meer: - monitoring van het droogproces van beton op de werf - uitlezing van gas- en watertellers - opvolging op afstand van het werfmateriaal
LoRaWAN	868 MHz		0,25 - 5,5 - 50 kbit/s		Heel laag	
NB-IOT	900 MHz		20 kbit/s - 250 kbit/s		Laag tot heel laag	



Extended reality in de bouwsector: een andere kijk op bouwprojecten

De bouwsector kent de laatste jaren een ware digitale revolutie. De vele toepassingen die vandaag de dag het licht zien, openen een wereld van mogelijkheden voor de bouwprofessionelen. Zo ook *extended reality* ...

H. Leen, ing., hoofdadviseur, afdeling Digitale bouw, WTCB
F. Denis, ir.-arch., adviseur, afdeling Digitale bouw, WTCB

Wat is *extended reality*?

Extended reality is de verzamelnaam voor *virtual*, *augmented* en *mixed reality*.

Virtual reality stelt de gebruiker in staat om door middel van een *virtualreality*bril een digitaal 3D-model van een gebouw op ware grootte vanuit alle mogelijke richtingen te bekijken en er vrij in rond te bewegen. Doordat de gebruiker door deze bril de fysische wereld om zich heen niet meer ziet en volledig ondergedompeld wordt in het digitale model, spreekt men bij *virtual reality* van volledige immersie. Dankzij *virtual reality* krijgen de projectpartners een beter beeld van het betreffende gebouw en kunnen eventuele problemen al aan het licht komen nog voordat de eigenlijke werken van start gegaan zijn. Dit kan uiteraard een aanzienlijke tijds winst opleveren.

In tegenstelling tot bij *virtual reality* blijft de werkelijke wereld bij **augmented reality** zichtbaar, maar krijgt men door een bril, een tablet of een smartphone extra informatie die al dan niet aan de overeenkomstige locaties in de fysische wereld gekoppeld

is. Het gaat hier doorgaans wel om relatief eenvoudige informatie, zoals getallen, teksten, symbolen, 2D-tekeningen, schema's of foto's. Hierbij is er verder geen driedimensionale interactie met de fysische wereld. De toegevoegde informatie wordt als een extra laag op de fysische wereld gelegd.

Bij **mixed reality** wordt de fysische wereld aangevuld met virtuele 3D-modellen die via een bril of een smartphone zichtbaar worden. Deze modellen worden op hun exacte locatie en op schaal weergegeven en het virtuele model en de werkelijke wereld interageren met elkaar (bv. delen van het virtuele model kunnen verborgen zijn achter fysische objecten).

Afbeelding 1 illustreert het verschil tussen *virtual*, *augmented* en *mixed reality* en rangschikt ze van realiteit naar virtualiteit.

In welke toepassingsgebieden zou *extended reality* ingezet kunnen worden?

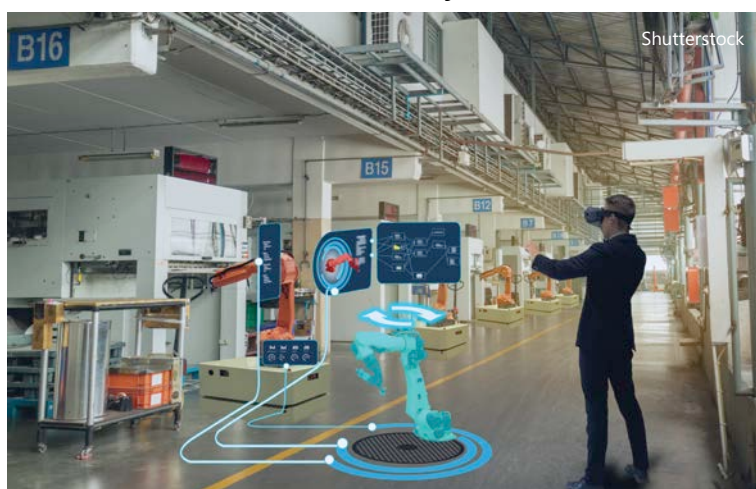
Virtual reality biedt vooral een meerwaarde tijdens de **ontwerpfase**. Zo kunnen er reeds in een vroeg stadium

1 | Vergelijking tussen *augmented*, *mixed* en *virtual reality*.

Augmented reality



Mixed reality





beslissingen genomen worden in verband met de gewenste afwerking en kunnen eventuele conflictsituaties op voorhand opgelost worden. *Virtualreality* simulaties kunnen bijvoorbeeld snel duidelijk maken of de draairichting van een deur aangepast moet worden.

Daarnaast kan *virtual reality* ook ingezet worden voor **opleiding en training** (bv. veiligheids- en montageprocedures).

Op de **bouwplaats** zelf kan men dankzij *mixed reality* snel toegang krijgen tot de 3D-modellen van het gebouw door met behulp van een smartphone of een bril een QR-code te scannen die op de constructie aangebracht is (zie afbeelding 2). Dit laat toe om delicate bouwdetails (bv. een balk-kolomverbinding) op ware grootte in 3D te bekijken.

Welke hard- en software bestaat er?

We kunnen twee categorieën van *augmented*- en *mixed-reality* weergave onderscheiden:

- **see-through-modellen** (bv. HoloLens en Magic Leap One)

waarbij de gebruiker de fysische wereld rechtstreeks kan zien door de transparante beeldschermen

- **videogebaseerde weergave** (bv. een tablet of een smartphone) waarbij de gebruiker de fysische wereld onrechtstreeks ziet door de camera en er extra informatie bovenop de camerabeelden geplaatst wordt.

Hoewel *see-through*-modellen een hogere kostprijs hebben, bieden ze meer mogelijkheden. Zo laten ze onder meer toe om de informatie handsfree te raadplegen.

Bovendien zijn de *extendedreality* softwarepakketten compatibel met de informaticatools die in de bouwsector gebruikt worden en kunnen ze redelijk gemakkelijk in een BIM-proces ingezet worden.

Extended reality is evenwel nog niet op grote schaal geïmplementeerd omdat er nog nood is aan technische verbetering (bv. kostprijs, precieze lokalisatie). Er zijn wel ontwikkelingen aan de gang om deze technologieën aan te passen aan het gebruik op de werf (bv. 5G, miniaturisatie). ■

Virtual reality

Shutterstock



Demonstraties

Het WTCB zal begin 2020, in samenwerking met Howest en Sirris en in het kader van het VLAIO-project ConstructionSiteVision, tal van demonstraties en workshops op poten zetten om de mogelijkheden van *extended reality* in de bouwsector te illustreren.

Lean bouwen: wel klantwaarde, geen verspillingen

In een eerste artikel, dat verschenen is in [WTCB-Contact 2019/3](#), werden de principes van het *lean* bouwen uit de doeken gedaan. Dit artikel bouwt hierop voort door de aandacht te vestigen op het menselijke aspect van deze managementfilosofie en door dieper in te gaan op de eerste twee *lean*-principes: het vooropstellen van klantwaarde en het elimineren van verspillingen.

T. Vissers, ing., adjunct-afdelingshoofd, afdeling Beheer en kwaliteit, WTCB

1 Lean bouwen met respect voor het menselijke aspect

Doordat men met de *lean*-filosofie slimmer en vaak sneller kan bouwen, kan hetzelfde werk met minder mensen en/of in een kortere tijdspanne uitgevoerd worden. Dit betekent echter geenszins dat men mensen moet laten afvloeien (zie afbeelding 1). De vrijgekomen tijd kan immers ook benut worden om met hetzelfde team meer projecten uit te voeren, extra tijd te spenderen aan verdere verbeteringen of nieuwe activiteiten te ontwikkelen.

De *lean*-filosofie kan echter slechts succesvol ingezet worden als het talent van alle medewerkers ten volle benut wordt. Men gaat dus uit van het principe dat naarmate de medewerkers gelukkiger en meer gepassioneerd zijn, ze ook productiever zullen zijn.

1 | Het succesvol inzetten van de *lean*-filosofie mag nooit impliceren dat er mensen ontslaan worden, maar wel dat de gewonnen tijd benut wordt om met hetzelfde team de onderneming te verbeteren.

2 Eerste *lean*-principe: klantwaarde vooropstellen

Dit eerste principe bestaat erin om op zoek te gaan naar datgene waaraan de klanten waarde hechten. Hiertoe moet men zich de volgende vragen stellen:

- wat vinden de klanten belangrijk? Wat zijn met andere woorden hun **verwachtingen**?
- in hoeverre worden de verwachtingen van de klanten ingelost? Zijn ze **tevreden**?

Door de dienstverlening van zijn onderneming af te toetsen aan de verwachtingen en tevredenheid van de klanten, kan de aannemer waardevolle informatie vergaren. We kunnen hierin drie factoren onderscheiden:

- **basisfactoren** worden door de klant als vanzelfsprekend beschouwd: zelfs als ze perfect uitgevoerd worden, zal de klant niet extra blij worden. Zo verwacht een klant dat een woning zonder lekken opgetrokken wordt en dat de deuren niet klemmen
- **wow-factoren** maken het grote verschil in klanttevredenheid. Er worden dan namelijk dingen aangeboden waarvan de klant misschien zelfs niet beseft dat hij er behoefte aan had, bijvoorbeeld wanneer de leverancier de ramen zes maanden na de plaatsing komt schoonmaken
- in het geval van **prestatiefactoren** zal de klanttevredenheid in sterke mate afhangen van hoe goed ze uitgevoerd zijn. Gebeurt de oplevering op tijd? Wordt het budget gerespecteerd? Ligt de bouwplaats er proper bij?

Diensten en producten met een wow-factor kunnen echter in snel tempo naar een basisfactor evolueren. Zo behoorde de aanwezigheid van wifinetwerken enkele jaren geleden nog tot de wow-factoren (lage verwachtingen, hoge tevredenheid), terwijl men tegenwoordig ontgoocheld is als er geen wifi beschikbaar is (hoge verwachtingen, lage tevredenheid).



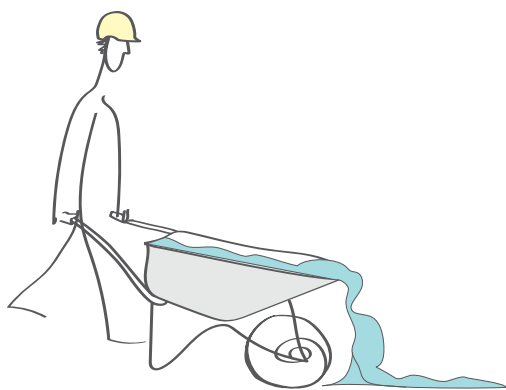
3 Tweede lean-principe: verspillingen elimineren

De *lean*-filosofie focust op het wegwerken van verspillingen, zodat men enkel datgene overhoudt wat waardevol is.

De autoproducent Toyota maakt in zijn **3M-model** een onderscheid tussen drie categorieën van boosdoeners die ervoor zorgen dat het uit te voeren werk meer tijd in beslag neemt dan normaal: *muda*, *mura* en *muri*.

3.1 Muda: verspilling

Muda omvat alle types verspillingen waarmee onze organisaties te kampen hebben (zie de [WTCB-Dossiers 2019/3.7](#)). Bedrijven die de *lean*-filosofie toepassen, leiden hun medewerkers op om deze verspillingen te herkennen en de oorzaken ervan te achterhalen. De medewerkers mogen op hun beurt oplossingen bedenken en ontplooiën om deze verspillingen weg te werken. Op deze manier vormt elke verspilling een opportuniteit om te blijven verbeteren.



2 | *Muda*: verspilling.

3.2 Mura: variatie en onbalans

Mura staat voor variatie en onbalans. Dit omvat met andere woorden alles wat afwijkt van het normale, voorspelbare verloop en zodoende de flow onderbreekt. Enkele voorbeelden van onregelmatigheden of variaties zijn:

- wisselende bouwpartners (bv. ontwerpers, uitvoerders en klanten)
- variaties in de omstandigheden (bv. bereikbaarheid van de locatie en weersomstandigheden)
- variaties in de kennis of vaardigheden van het personeel
- variaties in de communicatie en de informatieverspreiding.

Om deze onregelmatigheden weg te werken, moet men de dagelijkse gang van zaken voorspelbaarder maken door stabiele en betrouwbare processen aan te wenden. Hiervoor zullen er afspraken gemaakt moeten worden over wat de beste manier van werken is. Deze werkmethode moet dan door iedereen toegepast worden, maar

mag ook weer in twijfel getrokken worden om continu te blijven verbeteren.



3 | *Mura*: variatie en onbalans.

3.3 Muri: overbelasting en complexiteit

Muri staat in de eerste plaats voor de overbelasting van zowel mensen als machines. Wanneer mensen overbelast zijn, kunnen ze veel stress ondervinden en zullen ze steeds meer moeite hebben om hun taken af te ronden. In het slechtste geval kan deze overbelasting leiden tot een burn-out. Bij machines kan overbelasting dan weer aanleiding geven tot een uitval of panne.

De tweede betekenis van *muri* is complexiteit. Dat wil zeggen dat het uit te voeren werk te ingewikkeld is. De *lean*-technieken hebben tot doel om de werkmethoden eenvoudiger en transparant te maken. Dankzij visueel management kan men met behulp van visuele middelen aan iedereen duidelijk maken hoe er gewerkt moet worden of wat de verwachtingen zijn. 



4 | *Muri*: overbelasting en complexiteit.

Wilt u meer weten over *lean* bouwen? De afdeling Beheer en kwaliteit zal uw vragen met plezier beantwoorden via gebe@bbri.be.

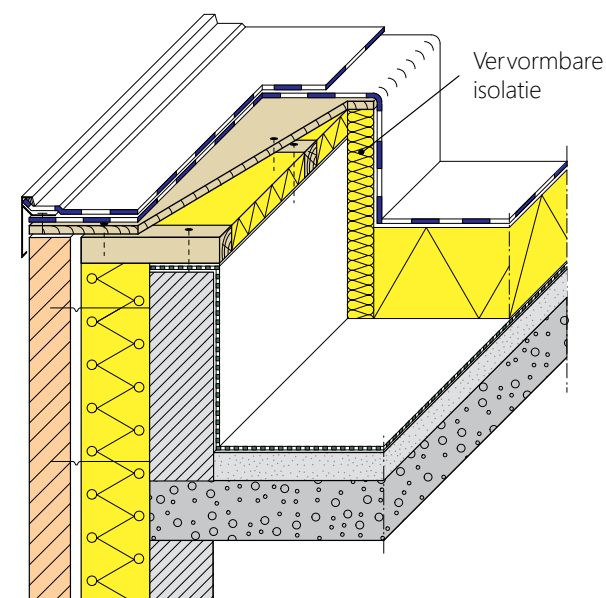
In de kijker

Schade aan de randen van platte daken

De laatste tijd worden bepaalde bedrijven geconfronteerd met schade ter hoogte van de randen van platte daken. Door meerdere van deze gevallen te onderzoeken, konden we tot de volgende vaststellingen komen:

- de schade manifesteert zich door een beweging van de dakopstand, wat scheuren veroorzaakt in het gevelmetselwerk of in het pleistersysteem op isolatie
- in alle onderzochte gevallen is de warmte-isolatie van het platte dak opgebouwd uit polyurethaanplaten (PU)
- er is geen ruimte zichtbaar tussen de PU-platen van het dak en het metselwerk van de verschoven dakopstand
- het verschijnsel beperkt zich niet tot een bepaald merk of type PU-platen, noch tot een bepaalde dakconfiguratie.

We hebben een onderzoeksproject op poten gezet om de precieze oorzaken van dit schadefenomeen te achterhalen. In afwachting van de resultaten raden wij aan om bij het gebruik van PU-platen de detaillering uit te voeren zoals hiernaast afgebeeld wordt. In dit geval moet er tussen de dakopstand en de PU-platen een vervormbare isolatie van



enkele centimeters dik aangebracht worden. Een andere oplossing bestaat erin om het metselwerk van de dakopstand te verankeren in de draagstructuur van het dak.

Nieuwe norm voor isolerende beglazing



De Normen-Antenne 'Toleranties en uitzicht' heeft onlangs een aankondiging gepubliceerd met betrekking tot de nieuwe norm NBN EN 1279-1, die het mogelijk maakt om de visuele kwaliteit van een isolerende beglazing te beoordelen. Deze norm definieert duidelijk in welke omstandigheden deze beoordeling moet gebeuren:

- de beglazing moet in doorzicht onderzocht worden en niet in reflectie
- de gebreken mogen niet op de beglazing gemarkeerd worden (bv. met zelfklevers)
- de beglazing moet vanop een afstand van 3 meter en onder een zo loodrecht mogelijke waarnemingshoek beoordeeld worden
- de waarnemingsduur mag maximaal 1 min/m² bedragen
- de beoordeling moet uitgevoerd worden bij diffuus daglicht en zonder direct zonlicht of kunstlicht.

Indien u meer informatie wenst hieromtrent of indien u de norm wilt downloaden, kunt u terecht op www.wtcb.be.

WTCB-publicaties

WTCB-Dossiers

2018/3.11 Warmtegeleidbaarheid en markering van isolatiematerialen

2019/4.12 Brandveiligheidseisen van rookkanalen in technische kokers

Monografieën

Nr. 32 Het gebruik van gerecycleerde betongranulaten in beton

Nr. 33 Drones ten dienste van de bouwsector. Technologieën, uitdagingen en vooruitzichten

Nr. 34 Geprefabriceerde multifunctionele gevelsystemen. Een innovatieve techniek voor renovaties

WTCB-Digest

Nr. 16 Afvalwater afvoeren

Technische Voorlichtingen

TV 270 Installaties voor hemelwaterafvoer onder vrij verval voor gebouwen. Ontwerp en dimensionering



Publicaties

De WTCB-publicaties zijn beschikbaar:

- op onze website:
 - gratis voor aannemers die lid zijn van het WTCB
 - via abonnement voor andere bouwprofessionelen (registratie op www.wtcb.be)
- in gedrukte vorm en op usb-stick.

Voor bijkomende inlichtingen kan u ons telefonisch bereiken op het nummer 02/529.81.00 (van 8u30 tot 12u00) of kan u steeds bij ons terecht per mail (publ@bbri.be).

Opleidingen

- Voor meer informatie met betrekking tot de opleidingen kan u zowel per telefoon (02/716.42.11) als per e-mail (info@bbri.be) contact opnemen met T. Vangheel.
- Nuttige link: www.wtcb.be (rubriek 'Agenda').



Publicatie 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.

www.wtcb.be



Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Het WTCB vormt al meer dan 55 jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met de bijdragen van 95.000 aangesloten Belgische bouwbedrijven. Dankzij deze heterogene ledengroep zijn bijna alle bouwberoepen vertegenwoordigd en kan het WTCB bijdragen tot de kwaliteits- en productverbetering.

Onderzoek en innovatie

Een industrietak zonder innovatie is als cement zonder water. Het WTCB heeft er daarom voor gekozen om zijn onderzoeksactiviteiten zo nauw mogelijk te laten aansluiten bij de noden van de sector. De Technische Comités die de WTCB-onderzoeken sturen, zijn samengesteld uit bouwprofessionelen (aannemers en experts) die dagelijks op het terrein staan.

Met de hulp van verschillende officiële instanties stimuleert het WTCB bedrijven om steeds verder te innoveren. De begeleiding die we aanbieden, is afgestemd op de actuele maatschappelijke uitdagingen en van toepassing op diverse domeinen.

Ontwikkeling, normalisatie, certificering en goedkeuring

Op vraag van overheden of privébedrijven werkt het WTCB ook mee aan diverse ontwikkelingsprojecten (contractresearch). Zo is het Centrum niet alleen nauw betrokken bij de activiteiten van de nationale (NBN), Europese (CEN) en internationale (ISO) normalisatie-instituten, maar ook bij instanties zoals de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUtgb). Al deze projecten geven ons meer inzicht in de bouwsector, waardoor we sneller kunnen inspelen op de noden van de verschillende bouwberoepen.

Informatieverspreiding en steun aan bedrijven

Om de kennis en ervaring die op deze manier vergaard wordt op een efficiënte manier te delen met de bedrijven uit de sector, kiest het Centrum resoluut voor de weg van de informatica. Onze website is zo opgesteld dat elke bouwprofessioneel met slechts enkele muisklikken de gewenste WTCB-publicatiereeksen of bouwnormen terugvindt.

Goede informatieverspreiding kan echter niet enkel elektronisch. Een persoonlijk contact is vaak nog steeds de beste aanpak. Jaarlijks organiseert het Centrum ongeveer 750 informatiesessies en themadagen voor bouwprofessionelen. Ook de aanvragen voor onze afdeling Technisch advies blijven binnenstromen, met meer dan 18.000 verstrekte adviezen per jaar.

Maatschappelijke zetel

Lombardstraat 42, B-1000 Brussel
tel. 02/502 66 90
fax 02/502 81 80
e-mail: info@bbri.be
website: 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 Lef  vreststraat 17, B-1020 Brussel
tel. 02/233 81 00