



Een uitgave van het Wetenschappelijk en  
Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf

## Inhoud

Afgifte : Brussel X – Erkenningsnr. : P 401011






Publicatie van het Wetenschappelijk en Technisch  
Centrum voor het Bouwbedrijf, inrichting erkend bij  
toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Verantwoordelijke uitgever : Carlo De Pauw  
WTCB - Lombardstraat 42, 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](http://www.wtcb.be)

	<b>Actualiteit – Evenementen</b>	
	ViBo : een uniek bouwsoftwareplatform	2
	TechCom : een te (her)ontdekken tool op <a href="http://www.wtcb.be">www.wtcb.be</a>	2
	<b>Projecten – Studies</b>	
	Risicomanagement in de bouw	3
	<b>Normalisering – Reglementering – Certificering</b>	
	De brandstabiliteit van houten trappen	4
	CE-markering van tegellijmen	5
	<b>Uit de praktijk</b>	
	Geluidsisolatie van gevels	6
	Corrosie in sanitaire leidingen van gegalvaniseerd staal	7
	Dichtheid van ingegraven constructies uit gewapend beton	9
	Bepaling van het systeemrendement van verwarmings- installaties	11
	Thermische isolatie van zware vloeren	13
	<b>Agenda</b>	16

**O**p 16 maart 2007 vond op de mijnsite van Heusden-Zolder, in het WTCB-gebouw waar ook het Centrum Duurzaam Bouwen gevestigd is, de officiële opening van het kenniscentrum 'Virtueel Bouwen' (ViBo) plaats. Aannemers kunnen er in een niet-commerciële omgeving gratis software- en hardwaretoepassingen voor de bouw uitproberen, en dit zowel individueel als onder begeleiding van een van onze medewerkers.

Het succes waarmee deze inhuulding gepaard ging, belooft een mooie toekomst voor de activiteiten van dit nieuwe centrum, dat alles in het werk stelt om de bouwsector beter vertrouwd te maken met de bestaande hulpmiddelen en informaticatoepassingen.

Deze technologie staat intussen goed op punt en kan oplossingen op maat aanbieden om te beantwoorden aan de noden van de aannemers. Ze opent overigens tal van perspectieven voor al wie zich bekommert om de verbetering van de organisatie van het bouwproces.

Planning van bouwplaatsen, documentenbeheer, computerondersteunde ontwerpen en

# ViBo : een uniek bouwsoftwareplatform

simulaties, mobiele toepassingen, project-portaalsites, *e-business*, ... Het is slechts een greep uit de onderwerpen die regelmatig aan bod zullen komen tijdens de themamiddagen en -avonden in het Centrum 'Virtueel Bouwen'. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar de website [virtueelbouwen.wtcb.be](http://virtueelbouwen.wtcb.be). ■



## NUTTIGE INFORMATIE

Het Centrum 'Virtueel Bouwen' werd opgericht in samenwerking met en dankzij de financiële steun van EFRO, Hermes en de provincie Limburg.



## DE NIEUWE BOUWSOFTWARE : EEN WAAIER VAN VOORDELEN VOOR DE AANNEMER ...

- Gemakkelijke planning** van de taken die opgeroepen worden binnen het bouwproces
- Minder tijdverlies** bij het opzoeken van documenten
- Eenvoudige integratie van **computergestuurde simulaties** in de dagdagelijkse activiteiten
- Localisatie van alle middelen (bv. voertuigen) **in real time**
- Opstelling en ondertekening van **werkbonnen** op de bouwplaats
- Beheer** van de planning van de taken **vanop afstand**
- Beschikbaarheid van de **laatste versie** van de werkdocumenten via **portaalsites**
- Het **Internet** : een geschikt platform voor **commerciële uitwisselingen**

**D**e online-databank TechCom biedt personen die op zoek zijn naar een bouwproduct of bouwsysteem op de Belgische markt de mogelijkheid om de nodige aanknopingspunten te vinden, en dit zowel met fabrikanten uit eigen land als met invoerders.

*P. Coosemans, ing., adviseur, dienst 'Bouwproducten', WTCB*

Dankzij de gedetailleerde relationele bouwproductendatabank TechCom, die consulterbaar is via de rubriek 'Bouwproducten' op onze website ([www.wtcb.be](http://www.wtcb.be)), kan men toegang krijgen tot de gegevens van niet minder dan 7.050 firma's en 13.900 merken, die worden ingedeeld in 5.770 productfamilies (of kortweg producten). Deze informatie wordt voorgesteld onder de vorm van 37.500 relaties tussen de firma's, merken en producten. Voor verdere technische productinformatie kunnen de geïnteresseerden vervolgens contact opnemen met de betrokken firma's.

Voornoemde onderlinge relaties, die het kloppende hart van deze databank vormen, laten samen met een trefwoordensysteem toe om met

enkele muisklikken een specifieke productfamilie te selecteren en de contactgegevens van alle firma's die deze producten aanbieden op het scherm te laten verschijnen. Door het opzoeken van een bepaalde firma of een bepaald merk, zal men overigens – dankzij de talloze onderlinge relaties – automatisch ook andere firma's terugvinden, die gelijkaardige producten in hun gamma hebben.

Het is mede door dit systeem van productfamilies, dat het mogelijk maakt om onbepaald te klikken naar gelijkaardige producten, dat de TechCom-databank zich onderscheidt van andere bouwproductendatabanken. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de consultatiestatistieken ervan exponentieel toenemen. Zo werd

de databank in 2006 maar liefst 1.200.000 keer ondervraagd.

In de TechCom-databank wordt een onderscheid gemaakt tussen producten met een Technische Goedkeuring (ATG), afgeleverd door de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUtgb), en producten zonder dergelijk kwaliteitsmerk. In eerstgenoemd geval is steeds een koppeling naar de BUtgb-website voorzien ([www.butgb.be](http://www.butgb.be)). Verder wordt deze databank alsmaar meer aangevuld met technische informatie (zoals links vanuit de WTCB-publicaties) en zullen er binnenkort ook referenties naar bouwgeoriënteerde softwaretoepassingen toegevoegd worden. ■

# TechCom : een te (her)ontdekken tool op [www.wtcb.be](http://www.wtcb.be)





# De brandstabiliteit van houten trappen

**E**vacuatietrappen zijn primordiaal in geval van brand. Ze laten immers de evacuatie van de bewoners en de interventie van de brandweerdiensten toe. De eisen inzake hun ontwerp zijn dan ook opgenomen in de huidige brandreglementeringen. Een ervan heeft betrekking op de brandstabiliteit van trappen. Dit artikel bevat aanbevelingen voor het ontwerp van houten trappen, waarmee het mogelijk is om te voldoen aan deze brandstabiliteits-eis.

*Y. Martin, ir., hoofd van het laboratorium 'Dak- en gevelelementen', WTCB*  
*A. Brüls, dr. ir., directeur, ISIB*

In België zijn de minimale brandpreventie-eisen waaraan alle gebouwen moeten voldoen, opgenomen in het KB van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen ter preventie van brand, gewijzigd door de KB van 19 december 1997 en van 4 april 2003.

Wat de interne evacuatie trappen betreft, vindt men er eisen met betrekking tot de types en de afmetingen (minimale breedte, tredelhoogte, maximale helling, ...) in terug, die gedetailleerd worden in de TV 198. Het voornoemde KB legt ook eisen op inzake de brandweerstand van de trappen :

- enerzijds voor de binnenwanden van het trapenhuis en voor de deuren die erop uitgeven
- anderzijds voor evacuatie trappen : brandstabiliteit van 30 minuten (R 30 voor lage gebouwen) of van 60 minuten (R 60 voor middelhoge en hoge gebouwen).

Na het blussen van de brand is het noodzakelijk dat de trap zijn functie kan blijven vervullen om de interventie van de brandweerdiensten en de evacuatie van de personen die vastzaten in het gebouw toe te laten. Dit is precies het doel van de brandstabiliteitseis voor trappen (R 30 of R 60) : na een blootstelling van een bepaalde duur aan een brand moet de trap nog een voldoende draagvermogen hebben voor de interventie en de evacuatie.

Aan de hand van deel 1-2 van de Eurocode 5 kan men de brandweerstand van houtconstructies berekenen. In een van de dimensioneringsmethoden bij brand die in de Eurocode opgenomen zijn, wordt gebruik gemaakt van de nuttige doorsnede. Deze kan beschouwd worden als de verminderde doorsnede waarvoor de initiële sterkte-eigenschappen van het hout (bij de omgevingstemperatuur) bewaard zijn. Ze wordt verkregen door van de volledige door het vuur aangetaste omtrek van de initiële doorsnede (op elke aan de brand blootgestelde zijde van het houten element) een laag af te trekken waarvan de dikte overeenstemt met



**Een houten trap moet ook na een brand zijn functie blijven vervullen.**

de carbonisatiediepte, eventueel vermeerderd met een bepaalde factor.

Dit deel van de Eurocode 5 bevat eveneens de carbonisatiesnelheid van de houten elementen, afhankelijk van het type en de densiteit van het toegepaste hout. Een houten trap zal gedurende een brand immers onderworpen worden aan een progressieve carbonisatie : na een blootstelling van 30 minuten kan men zich verwachten aan een verlies van zo'n 27 mm aan de blootgestelde zijden van een stuk vurenhout en van 22 mm als het gaat om eiken-

hout (zonder rekening te houden met het effect van de afrondingen).

Tabel 1 geeft een overzicht van de minimale dikte van de elementen van houten trappen waarmee het mogelijk is te voldoen aan de gevraagde brandstabiliteit (R 30 of R 60). De opgegeven waarden gelden voor een trap met een breedte van 80 cm, die aan de onderzijde beschermd is (bescherming door elk plafond met een brandweerstand van respectievelijk 30 of 60 minuten). ■



## NUTTIGE INFORMATIE

Dit artikel, waarvan de lange versie weldra zal verschijnen op onze website ([www.wtcbe.be](http://www.wtcbe.be)), kwam tot stand in het kader van de activiteiten van de Normen-Antennes 'Brandpreventie' en 'Eurocodes', die binnen het WTCB en met de steun van de FOD Economie gevoerd worden ten bate van de KMO. Voor meer informatie verwijzen we naar de website : <http://www.normen.be>.

**Tabel 1 Minimale dikte (mm) van de elementen van een houten trap, die aan de onderzijde beschermd is.**

Brandstabiliteit van 30 minuten (R 30)				
Houtsoort	Naaldhout (vuren) en beuken		Loofhout (eiken, ...)	
Te dimensioneren element	Dragend element			
	Trede	Stootbord	Trede	Stootbord
Trede	44 mm	35 mm	37 mm	35 mm
Stootbord	27 mm	38 mm	22 mm	32 mm
Trapwang met bescherming langs de buitenzijde	56 mm	56 mm	49 mm	49 mm
Trapwang zonder bescherming	87 mm	87 mm	72 mm	72 mm
Brandstabiliteit van 60 minuten (R 60)				
Houtsoort	Naaldhout (vuren) en beuken		Loofhout (eiken, ...)	
Te dimensioneren element	Dragend element			
	Trede	Stootbord	Trede	Stootbord
Trede	63 mm	50 mm	52 mm	42 mm
Stootbord	46 mm	56 mm	37 mm	47 mm
Trapwang met bescherming langs de buitenzijde	80 mm	80 mm	65 mm	65 mm
Trapwang zonder bescherming	135 mm	135 mm	105 mm	105 mm

**D**e CE-markering van tegellijmen volgens de Europese norm EN 12004 is verplicht sedert 1 april 2004. Dit artikel gaat dieper in op de specificaties waaraan dergelijke producten moeten voldoen.

De norm EN 12004 (en zijn latere aanvullende addenda) definieert de karakteristieken van tegellijmen die overeenstemmen met de normale gebruiksbelastingen. Ze geeft waarden op voor de prestatie-eisen, maar bevat geen specificaties of aanbevelingen voor het ontwerp of de plaatsing van keramische afwerkingen. De beschouwde betegelingen zijn keramische tegels, maar ook andere tegeltypen (bv. uit natuursteen, ...), voor zover de lijmen hiermee verenigbaar zijn.

De lijmen worden ingedeeld in drie grote typen, afhankelijk van de samenstelling van het bindmiddel, en worden aangeduid, rekening houdend met de klassen, opgenomen in tabel 1. De specificaties voor deze lijmtypes kunnen ingedeeld worden in fundamentele en optionele karakteristieken (zie tabel 2). Binnen deze specificaties hebben de karakteristieken die in aanmerking genomen worden in het kader van de Bouwproductenrichtlijn (BPR – mandaat 'structurele lijmen') betrekking op de 'initiële' hechting en de duurzaamheid (hechting na een veroudering door warmte, water, vorst-dooicycli, chemicaliën). De vermelde criteria gelden voor laboratoriumproeven, uitgevoerd met genormaliseerde referentiematerialen.

De fabrikant kan ook andere prestaties declareren met het oog op een betere informering van de gebruikers, zoals het bevochtigingsvermogen, bepaald volgens de EN 1347 en het feit of een mortellijm tot de klasse S1 (vervormbare mortel) of S2 (zeer vervormbare mortel) behoort, lettend op de dwarse vervorming, gemeten volgens de EN 12002. Voor reactielijmen kan de weerstand tegen chemicaliën, beproefd volgens de EN 12808-1, gedeclareerd worden, met vermelding van de aard van het chemische product en de blootstellingsvoorwaarden.

Vermits de geharmoniseerde norm geen gebruiksaanbevelingen volgens de aanduiding van de lijm bevat, zullen deze in een later artikel geformuleerd worden. ■

# CE-markering van tegellijmen

**Tabel 1** Lijmtype volgens de samenstelling van het bindmiddel en aanduiding der klassen.

Type	Samenstelling van het bindmiddel	Klasse
Mortellijm C	Mengsel van hydraulische bindmiddelen, minerale toeslagstoffen en organische toevoegsels	1 : Normale lijm 2 : Verbeterde lijm
Dispersielijm D	Mengsel van organische bindmiddelen onder de vorm van polymeren in waterige dispersie, organische toevoegsels en fijne minerale toeslagstoffen	F : Lijm met snelle verharding T : Lijm met beperkte afglijding
Reactielijm R	Mengsel van synthetische harsen, minerale toeslagstoffen en organische toevoegsels die verhard door een chemische reactie	E : Lijm met verlengde open tijd (*)

(\*) Enkel voor verbeterde mortellijmen en dispersielijmen.

**Tabel 2** Specificaties voor de verschillende lijmtypes.

		Karakteristieken	Eisen
Mortellijm (C)	1	Hechting bij een trekproef : - initiële sterkte - na veroudering door water - na veroudering door warmte - na vorst-dooicycli	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> (of NPD) (*) ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> (of NPD) (*)
		Hechting bij een trekproef – Open tijd	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≥ 20 min
	1F	Alle eisen voor C1	
		Hechting bij een trekproef na kortere termijn	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≤ 24 h
		Hechting bij een trekproef – Open tijd	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≥ 10 min
	T	Weerstand tegen verticale afglijding	≤ 0,5 mm
Dispersielijm (D)	1	Hechting bij afschuiving : - 'initiële' hechting - na veroudering door warmte	≥ 1 N/mm <sup>2</sup> ≥ 1 N/mm <sup>2</sup>
		Hechting bij een trekproef – Open tijd	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≥ 20 min
	T	Weerstand tegen verticale afglijding	≤ 0,5 mm
	2	Hechting bij afschuiving : - na veroudering door water - na blootstelling aan hoge temperatuur	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> ≥ 1 N/mm <sup>2</sup>
		E	Hechting bij een trekproef – Open tijd
Reactielijm (R)	1	Hechting bij afschuiving : - 'initiële' hechting - na veroudering door warmte	≥ 2 N/mm <sup>2</sup> ≥ 2 N/mm <sup>2</sup>
		Hechting bij een trekproef – Open tijd	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≥ 20 min
	T	Weerstand tegen verticale afglijding	≤ 0,5 mm
	2	Hechting bij afschuiving : na thermische schok	≥ 2 N/mm <sup>2</sup>

(\*) NPD : geen prestatie bepaald (*no performance determined*), in geval van binnentoepassing.  
 — : fundamentele karakteristieken      — : optionele karakteristieken

✉ Y. Grégoire, F. de Barquin en T. Vangheel, afdeling 'Materialen', WTCB

 [www.wtcb.be](http://www.wtcb.be)  
 WTCB-DOSSIERS NR. 2/2007

Dit artikel, waarvan de lange versie weldra zal verschijnen op onze website, kwam tot stand in het kader van de Normen-Antenne 'Mortel-Beton-Granulaat' ([www.normen.be](http://www.normen.be)).

**N**aar aanleiding van de nieuwe norm NBN S 01-400-1, waarvan de ontwerpversie op 15 maart 2007 gepubliceerd werd in het Belgisch Staatsblad, werd een speciale katern over de akoestische criteria voor woongebouwen toegevoegd aan het magazine WTCB-Contact nr. 13. In dit artikel gaat de aandacht specifiek uit naar de eisen die in deze nieuwe norm gesteld worden aan de geluidsisolatie van gevels.

Een goede gevelisolatie is niet alleen belangrijk om het toenemende omgevingslawaai buiten te houden, maar ook om de privacy binnen te waarborgen of om omloopgeluid via de gevels naar de buurwoningen te vermijden.

### 1 VERMIJDEN VAN AKOESTISCHE LEKKEN

Een gemiddelde woning vertoont tegenwoordig een typische gevelisolatiewaarde van 27 dB. Uit onderzoek is echter gebleken dat deze  $D_{Atr,w}$ -waarde door het afdichten van alle lekken en kieren gemakkelijk zou kunnen oplopen tot meer dan 30 dB. Akoestische lekken ontstaan gewoonlijk aan de aansluiting tussen opendraaiende schrijnwerkdelen en een vast kader, maar ook aan de aansluiting tussen de bouwelementen onderling. In bepaalde gevallen zijn ze bovendien inherent aan het bouwelement zelf.

Bij het luchtdicht maken van dergelijke akoestische lekken dient men rekening te houden met het feit dat de oppervlaktemassa van het dichtingsmateriaal hoger moet zijn naarmate het lek belangrijker is (massawet). Vermits kleine lekken vooral tot hoogfrequente geluidsisolatieverliezen leiden, kan de luchtgeluidsisolatie in dit geval reeds sterk verbeterd worden door gebruik te maken van lichte materialen. Spleten tot 6 mm kunnen met andere woorden probleemloos afgedicht worden door kitvoegen. Openingen van 6 tot 15 mm laten echter ook

middenfrequent geluid door, zodat hier een grotere oppervlaktemassa nodig is om de geluidsisolatie te waarborgen (bv. oliehoudende stopverven, ...). Indien de spleet nog breder is, is het aanbevolen over te gaan tot het aftimmeren of dichtpleisteren ervan. Tussen vaste en opendraaiende delen dient men dan weer samendrukbare voegdichtingen aan te wenden.

Naast het streven naar lekdichte constructies dient men ook de nodige luchtverversing in de ruimten te verzekeren. De toepassing van ventilatievoorzieningen kan evenwel problemen opleveren voor de geluidsisolatie van de gevel. Een doordachte keuze van het ventilatiesysteem is dan ook onontbeerlijk.

### 2 INVLOED VAN ZWARE GEVELMUREN

Gevelwanden uit metselwerk bestaan gewoonlijk uit een buitenspouwblad dat via talrijke spouwankers verbonden is met het binnenspouwblad. Het geheel werkt bijgevolg niet als een akoestische dubbele wand. De keuze van de thermische isolatie in de gevelspouw heeft dan ook geen invloed op de prestaties van dergelijke wanden. De geluidsisolatie van gevels uit massief metselwerk is echter dermate hoog op zich, dat de geluidstransmissie erdoorheen verwaarloosbaar is.

Het voorzien van voorzetwanden aan de binnenzijde van een gevelwand uit massief metselwerk ter verbetering van de geluidsisolatie is met andere woorden zinloos, vermits de geluidstransmissie voornamelijk plaatsgrijpt via de gevelopeningen (schrijnwerk en ventilatieopeningen).

# Geluidsisolatie van gevels

### 3 EEN GOED ONTWERP VEREIST EEN CORRECTE BEREKENING

Vensters, ventilatieroosters, lichte dakconstructies en lichte invulwanden kunnen de gevelisolatie negatief beïnvloeden. De akoestische prestaties van deze bouwelementen zijn immers frequentieafhankelijk en worden in het laboratorium opgemeten en gekarakteriseerd door een spectrum van geluidsverzwakingsindices  $R$ . Deze spectrale informatie kan samengebundeld worden in een zogenoemde 'gewogen' waarde  $R_w(C;C_{tr})$ .

Voor een berekening van de gevelisolatie volgens de Belgische norm NBN S 01-400-1 is de waarde  $R_w + C_{tr}$  zeer belangrijk. Dankzij de kennis van de  $R_w + C_{tr}$ -waarde van elk afzonderlijk gevelement is het immers mogelijk om de resulterende isolatiewaarde van de volledige gevel ( $D_{Atr,w}$ ) te bepalen. De ontwerper moet voor de verschillende bouwelementen dan ook de juiste keuze maken om te waarborgen dat de berekening een waarde oplevert die voldoet aan de eisen uit de nieuwe norm. ■



[www.wtcb.be](http://www.wtcb.be)  
WTCB-DOSSIERS NR. 2/2007

In de lange versie van dit artikel gaan we dieper in op de berekening van de geluidsisolatie van gevels, evenals op de mogelijke oplossingen om hieraan te voldoen.

*B. Ingelaere, M. Van Damme, L. De Geetere, C. Crispin en D. Wuyts, afdeling 'Akoestiek', WTCB*

Tabel 1 Eisen voor de gevelisolatie.

Type omgeving, afhankelijk van het buitenlawaai waaraan het geveloppervlak i is blootgesteld	Vereiste gevelisolatiewaarde (*) $D_{Atr,w,i} = D_{2m,nT,w,i} + C_{tr}$ [dB]			
	Woonkamer, keuken		Slaapkamer	
	Normaal comfort	Verhoogd comfort	Normaal comfort	Verhoogd comfort
Type 1 : $L_{A1,2m,i} \leq 60$ dB (bv. rustige landelijke wegen, verkavelingen met plaatselijk verkeer, stadsstraten met beperkt verkeer, sterk afgeschermd gevelvlakken in andere omgevingen)	$\geq 30$ dB	$\geq 30$ dB	$\geq 30$ dB	$\geq 30$ dB
Type 2 : $60$ dB $< L_{A1,2m,i} \leq 65$ dB (bv. geasfalteerde stadsstraten met normaal verkeer op één rijvak per rijrichting)	$\geq 30$ dB	$\geq 32$ dB	$\geq 32$ dB	$\geq 35$ dB
Type 3 : $65$ dB $< L_{A1,2m,i} \leq 70$ dB (bv. druk en zwaar verkeer)	$\geq 34$ dB	$\geq 36$ dB	$\geq 36$ dB	$\geq 39$ dB
Type 4 : $70$ dB $< L_{A1,2m,i}$ (bv. stadsstraten met zeer intens verkeer, wegen met een betonnen wegdek en met druk verkeer, nationale wegen, invalswegen naar grotere steden, verbindingswegen met regelmatig zwaar verkeer naar industrieterreinen)	$\geq 38$ dB	$\geq 40$ dB	$\geq 40$ dB	$\geq 42$ dB

(\*) Deze waarde moet met 2 dB verhoogd worden indien de ruimte minstens twee gevelvlakken heeft die uitgeven op een omgeving van hetzelfde type.

In sanitaire installaties worden nog regelmatig metalen leidingen toegepast. Deze worden niet zelden aangetast door corrosie, tengevolge van foutieve beslissingen met betrekking tot de opvatting van de constructie, de materiaalkeuze en het gebruik of onderhoud van de installatie. In dit artikel zullen wij trachten een overzicht te bieden van de meest voorkomende corrosiegevallen in sanitaire installaties uit gegalvaniseerd staal.

*C. Callandt, hoofdingenieursassistente, afdeling 'Technisch advies', WTCB*

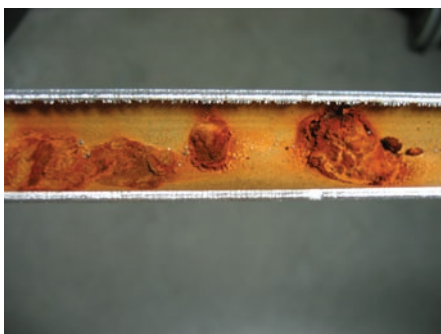
## 1 INLEIDING

Stalen leidingen kunnen enkel voor sanitaire toepassingen gebruikt worden indien deze voorzien zijn van een zinklaag. Onbeschermde staal dat in contact komt met zuurstofrijk water is immers heel snel onderhevig aan roest. Vermits zink de ideale partner is in de strijd tegen staalcorrosie, werd in de Belgische norm NBN EN 10240 in deze optiek dan ook een minimale galvanisatiedikte opgenomen.

Met het oog op de vorming van de complexe beschermende patinalaag uit zinkoxides en zinkhydroxides (pentazinkhydroxycarbonaat) op de interne buiswand, is de samenstelling van het verdeelde water van primordiaal belang.

Indien zich bij de ingebruikname van de sanitaire installatie ongunstige omstandigheden voordoen, zorgt het gevormde zinklaagje voor de kathodische bescherming van het staal. Deze opofferingsbescherming komt tot stand doordat het zink (onedel) gemakkelijker oxideerbaar is dan het staal (edel).

Aangezien dit mechanisme impliceert dat het zink gedeeltelijk opgelost wordt, is het essentieel om deze kathodische bescherming in de tijd te beperken. Zoniet zal het staal beginnen



**Afb. 1** Leiding uit verzinkt staal met corrosie onder afzetting.

# Corrosie in sanitaire leidingen van gegalvaniseerd staal

corroderen, waardoor het water rood zal kleuren.

In 2004 verscheen de Europese normenreeks EN 12502 inzake de bescherming van metalen tegen corrosie, die sinds januari 2005 de status van een Belgische norm heeft. Hierin worden de diverse corrosiefactoren (bv. de materiaaleigenschappen, de waterkwaliteit, het ontwerp, de ingebruikname, het onderhoud en de werking van de installatie), alsook de verschillende corrosievormen uit de doeken gedaan.

## 2 DE COURANTSTE VORMEN VAN CORROSIE

### 2.1 CORROSIE TENGEVOLGE VAN DE WATERSAMENSTELLING

De samenstelling van het verdeelde water moet in overeenstemming zijn met de Europese Drinkwaterrichtlijn 98/83/EEG (L330).

Wanneer het verdeelde water in de binneninstallatie van het gebouw terecht komt, ondergaat dit een aantal fysische veranderingen (druk, temperatuur, ...) met mogelijke gevolgen voor de chemische samenstelling ervan. De waterkwaliteit kan tevens wijzigen als gevolg van de eventuele behandelingen (bv. verzachting).

### 2.2 CORROSIE ONDER AFZETTING VAN VASTE DEELTJES

Het binnendringen van vaste deeltjes (zand, klei, leem, ...) in het leidingwater kan een be-

langrijke invloed hebben op het ontstaan van een bepaald type corrosie. Zo kan de hoeveelheid vaste partikels die in de installatie penetreren toenemen door werken aan de hoofdleiding. Ook door de montage en de opslag van buizen in een stofrijke omgeving, of nog, door het binnendringen van ijzervijlsel bij het versnijden ervan kunnen er vaste deeltjes in de installatie terecht komen.

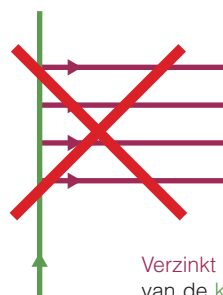
Deze vaste stoffen kunnen zich afzetten op de interne buiswand (en dan vooral op de horizontale stukken), met zogenaamde corrosie door differentiële beluchting of corrosie onder afzetting tot gevolg.

In voorkomend geval vertoont de onderste buishelft plaatselijke corrosienodules, wat kan leiden tot de doorboring van de buiswand. Het gaat hier met andere woorden niet om een algemene wanddiktevermindering, maar veeleer om een snelle, gelokaliseerde perforatie (zie afbeelding 1).

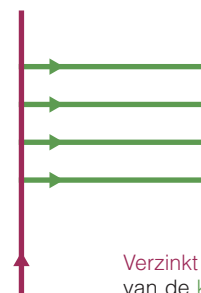
### 2.3 CORROSIE DOOR DE VORMING VAN EEN GALVANISCH KOPPEL

Er kan ook corrosie ontstaan door de aanwezigheid van koperen elementen in een installatie met verzinkte leidingen. Daarom dient men er bij de uitvoering van gemengde sanitaire installaties (uit verzinkt staal en koper) over te waken dat het koper altijd stroomafwaarts van het verzinkte staal wordt geplaatst. De kans op corrosie door de vorming van een 'galvanisch koppel' is immers enkel reëel wanneer het water vanuit een leiding uit een edel materiaal (koper) in een leiding uit een minder edel materiaal (verzinkt

**Afb. 2** Aanbevolen plaatsing bij gebruik van koperen en gegalvaniseerde leidingen in eenzelfde sanitaire installatie.



Verzinkt staal stroomafwaarts van de koperen leidingen



Verzinkt staal stroomopwaarts van de koperen leidingen



staal) terechtkomt. Dit betekent dat het gebruik van koperen leidingstukken in een gesloten circuit met een retourleiding uitgesloten is.

In deze context willen we er tevens op wijzen dat het een misvatting is te denken dat de plaatsing van een isolatiemof tussen het verzinkte staal en het koper voornoemde galvanische corrosie zou verhelpen.

Het voorzien van een dergelijk isolerend tussentstuk wordt enkel aangeraden om contactcorrosie te vermijden op de plaats waar beide metalen met elkaar in verbinding staan. In sanitaire installaties waarbij er koperen leidingen aanwezig zijn vóór de verzinkte leidingen, zal deze isolatiemof daarentegen geen enkele invloed hebben op de galvanische corrosie van het staal.

#### 2.4 ZWERFSTROOMCORROSIE

Ook stroombronnen (zoals slecht geïsoleerde elektrische installaties of zwerfstromen, afkomstig van tram-, trein- of metrolijnen, ...) kunnen aan de bron liggen van de corrosie van de nabijgelegen metalen elementen. Dit verschijnsel wordt aangeduid als 'zwerfstromencorrosie'.

Het gaat hier om een minder frequent voorkomende externe corrosievorm, die aanleiding geeft tot plaatselijke putcorrosie.

#### 2.5 CORROSIE ALS GEVOLG VAN POTENTIALVERSCHILLEN

De externe wanden van een metalen element kunnen aangetast worden door plaatselijke corrosiecellen indien er potentiaalverschillen opgewekt worden door een verschil van de zuurstofconcentratie (differentiële beluchting).

Zo kan de beschermende kleefband die rondom ingebouwde buizen aangebracht wordt (bv. in muren of in een dekvloer) tijdens de droging een bescherming bieden tegen corrosie. Dit materiaal vertoont evenwel slechts een beperkte mechanische sterkte en is zeer



**Afb. 3** Externe corrosie als gevolg van differentiële beluchting.

kwetsbaar tijdens en na de plaatsing van de leidingen.

Indien er in een later stadium nog steeds vocht aanwezig is rondom de leiding, kan er op de plaatsen waar de kleefband beschadigd werd corrosie ontstaan door differentiële beluchting. Om deze reden moeten de leidingen, zelfs indien ze voorzien werden van een bescherming, steeds bewaard worden in een droge omgeving.

#### 2.6 CORROSIE TENGEVOLGE VAN METALLURGISCHE FACTOREN

Bij de fabricage van metalen buizen worden verschillende behandelingstechnieken gebruikt die tot bepaalde onvolkomenheden leiden waardoor het corrosieproces kan bevorderd worden.

#### 2.7 CORROSIE DOOR MICRO-ORGANISMEN

Een minder gekende vorm van corrosie is deze, teweeggebracht door micro-organismen (ook aangeduid als MIC of *microbiologically influenced corrosion*).

Het water, bestemd voor het drinkwaternet, moet normaalgesproken vrij zijn van pathogene kiemen. Het aantal micro-organismen in de waterleiding kan echter toenemen door nagroei op een geschikt substraat of door infecties via lekken. Deze kiemen hechten zich vast op de wanden onder de vorm van een biofilm, waarin ze gemakkelijk kunnen overleven en aangroeien. Een dergelijke biofilm kan niet alleen verantwoordelijk zijn voor de verstopping van de leidingen en de warmtewisselaar, maar kan tevens leiden tot de corrosie ervan.

#### 3 PREVENTIEVE EN CURATIEVE MAATREGELEN

Corrosie kan in bepaalde gevallen worden voorkomen door reeds van bij het ontwerp rekening te houden met een aantal algemene aspecten (bv. de temperatuur, de materiaalkeuze, ...). Deze preventieve maatregelen zullen in detail besproken worden in de lange versie van dit artikel. Toch is het zelfs met deze maatregelen niet altijd mogelijk het risico op corrosieschade volledig uit te sluiten.

Zo zal men soms genoodzaakt zijn om over te gaan tot een chemische behandeling met inhibitoren. De fosfaatinjectie voor sanitaire toepassingen, die gebaseerd is op de vorming van een beschermende film op het metaaloppervlak, is in deze context genoegzaam bekend.

Voor andere, kleinere onderdelen van de installatie (bv. moeilijk toegankelijke buisdelen), kan het mogelijk zijn om plaatselijk een

organische coating (bv. epoxy) in de buizen aan te brengen.

#### 4 BESLUIT

Gelet op de complexiteit van de corrosieproblematiek in sanitaire leidingen van gegalvaniseerd staal en de talloze parameters die hierbij in rekening moeten gebracht worden, is het niet verwonderlijk dat elk afzonderlijk corrosiegeval een oordeelkundig onderzoek vereist, met het oog op het vergaren van de informatie die nodig is voor de opvatting, het goede gebruik en het onderhoud van de installatie.

In deze context willen we erop wijzen dat het WTCB voor zijn leden een formulier voor de aanvraag tot technisch advies ter beschikking kan stellen, evenals een typeformulier inzake corrosie in koud- en warmwaterleidingen.

Bij eventuele adviesaanvragen omtrent corrosie in sanitaire leidingen worden de aannemers ook systematisch verzocht om een stuk van de betrokken leiding (dat bij voorkeur een lek vertoont) met een lengte van om en bij de 50 cm op te sturen, met aanduiding van de stromingsrichting en de bovenste beschrijvende lijn (bovenste buishelft). ■



#### NUTTIGE DOCUMENTEN

- NBN EN 10240 Inwendige en/of uitwendige beschermende deklagen voor stalen buizen. Specificaties voor dompelverzinkte deklagen aangebracht in geautomatiseerde installaties. Brussel, BIN, 1998.
- NBN EN 12502-1 t.e.m. 5 Bescherming van metalen tegen corrosie. Richtlijn voor het beoordelen van de waarschijnlijkheid van corrosie in wateropslag- en waterverdelingssystemen. Brussel, BIN, 2005.
  - Deel 1 : Algemeen.
  - Deel 2 : Beïnvloedende factoren bij koper en koperlegeringen.
  - Deel 3 : Beïnvloedende factoren bij thermisch verzinkt ijzer en staal.
  - Deel 4 : Beïnvloedende factoren bij corrosievast staal.
  - Deel 5 : Beïnvloedende factoren bij gietijzer, ongelegeerd en laaggelegeerd ijzer en staal.



[www.wtcb.be](http://www.wtcb.be)  
WTCB-DOSSIERS NR. 2/2007

In de lange versie van dit artikel zal dieper ingegaan worden op de preventieve maatregelen die kunnen getroffen worden om de corrosie van sanitaire leidingen uit gegalvaniseerd staal te voorkomen.



In nieuwe constructies worden de ingegraven ruimten steeds vaker ingericht als garage of als kelder, evenals tot leefruimten, voorzien van een vochtgevoelige afwerking. Dit artikel geeft een overzicht van de mogelijke beschermingssystemen, en dan vooral van de dichtheid die kan geboden worden door ingegraven constructies uit gewapend beton.

✍ *P. Montariol, ing., hoofdadviseur, afdeling 'Technisch advies', WTCB*  
*W. Van de Sande, ing., departementshoofd, departement 'Technisch advies en Consultancy', WTCB*  
*B. Parmentier, ir., adjunct-afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek en Structuren', WTCB*

## 1 INLEIDING

Bij bouwwerken in contact met de grond dient men bijzondere aandacht te besteden aan de bescherming ervan tegen vocht. De bestemming en de binnenafwerking van de ingegraven ruimten moeten duidelijk gedefinieerd zijn opdat men een geschikte bescherming zou kunnen voorzien, en dit zowel tijdens het ontwerp als tijdens de uitvoering. Het ontwerp van een ingegraven garage of een traditionele kelder zal dus niet hetzelfde zijn als dat van een ingerichte ruimte (kantoor, medisch kabinet, ...), waarvan de binnenafwerking onver-

mijdelijk gevoelig zal zijn voor vocht. Tabel 1 geeft een overzicht van de mogelijke beschermingssystemen voor ingegraven constructies, afhankelijk van de situatie.

In dit artikel zullen we trachten de situatie voor de waterdichtheid van ingegraven constructies uit ter plaatse gestort gewapend beton of uit geprefabriceerde betonelementen te verduidelijken, rekening houdend met de voorschriften uit Eurocode 2 (NBN EN 1992-3).

## 2 DICHTHEIDSKLASSEN

Om de verschillende toepassingsdomeinen te bestrijken, definieert de norm NBN EN 1992-3 vier dichtheidsklassen (zie tabel 2, p. 10).

Vermits deze een belangrijke weerslag heeft op de verdere opvatting en dimensionering, dient de ontwerper steeds vooraf de dichtheidsklasse van de ingegraven constructie te bepalen.

De dichtheidsklasse 0 heeft betrekking op gewoon gewapend beton en kan slechts weerhouden worden indien het onvermijdelijk infiltrerende water geen hinder teweegbrengt of kan gekanaliseerd of afgevoerd worden. Terwijl men er voor de klasse 1 vanuit kan gaan dat de doorgaande scheuren zelfherstellend zijn (door progressief dichtslibben), zijn dergelijke scheuren in dichtheidsklasse 2 niet toegelaten, tenzij er specifieke maatregelen getroffen werden. De dichtheidsklasse 3, waarvoor geen enkele lekkage toegelaten is, wordt doorgaans bereikt door middel van voorgespannen beton.

## 3 OORZAKEN VAN VOCHTINSIJPELING DOORHEEN EEN CONSTRUCTIE UIT GEWAPEND BETON

Hoewel gewapend beton vaak gebruikt wordt als basismateriaal voor de uitvoering van vloestofdichte constructies, moet men zich er toch rekenschap van geven dat dergelijke constructies niet alleen een vloestofdicht

**Tabel 1** Mogelijke systemen ter bescherming van ingegraven constructies tegen waterinfiltraties.

Te controleren parameters				Mogelijk beschermingssysteem
Bodemonderzoek	Permeabiliteit van de bodem	Helling van het terrein rondom het gebouw	Vochtgevoelige binnenafwerking (1)	
Het niveau van het grondwater is permanent lager dan de keldervloer	Goed (zanderig over een zodanige hoogte dat elk risico op waterdruk op de wand uitgesloten is - deze situatie treft men in de praktijk zelden aan)	Van het gebouw weg	Neen (zie a)	Cementering aan de buitenzijde + bitumenemulsie (a)
			Ja (zie b)	
	Gering (kleiachtig over de volledige of gedeeltelijke hoogte van de kelder)	Horizontaal of naar het gebouw toe	Neen (zie c)	Membraan dat het vochttransport door capillariteit of diffusie tegengaat (b) (2)
			Ja (zie b)	
		Van het gebouw weg	Neen (zie c)	Cementering aan de buitenzijde + horizontaal en verticaal draineersysteem (c)
			Ja (zie e)	
Horizontaal of naar het gebouw toe	Neen (zie c)	Waterdichte bekuipeing : - ter plaatse gestorte betonconstructie, eventueel aangevuld met injecties (d) - stijve bekuipeing (2) aan de binnenzijde (d)		
	Ja (zie e)			
Het niveau van het grondwater is (tijdelijk) hoger dan de keldervloer			Neen (zie d)	Soepele bekuipeing (4) (e)
			Ja (zie e)	

(1) De letters tussen haakjes verwijzen naar de minimale bescherming die men dient te voorzien. Het spreekt voor zich dat gunstigere beschermingsklassen voor de betreffende belasting ook toegestaan zijn. Van a naar d gaan de prestaties van het systeem in stijgende lijn.

(2) Het gaat om een minimum tweelaagse bepleistering die blijvend zichtbaar is om herstellingen (tengevolge van de onvermijdelijke krimp, zettingen, ...) toe te laten. Het bindmiddel kan zowel cement- als harsgebonden zijn. De ondergrond moet zuiver zijn en een voldoende mechanische sterkte hebben.

(3) In sommige gevallen, waarbij de kelder permanent hoger ligt dan het niveau van het grondwater en er geen waterdruk is, kan het volstaan een membraan te voorzien dat het vochttransport (door capillariteit of diffusie) tegengaat. Er moeten dan wel maatregelen getroffen worden om te vermijden dat dit membraan zou beschadigd worden door de latere werkzaamheden.

(4) In dit geval dient men water- en dampdichte membranen te gebruiken (bv. met gelaste naden). Deze kunnen langs buiten aangebracht worden tegen de waterdicht te maken constructie en vervolgens beschermd tegen beschadigingen tengevolge van het anaardden. Ze kunnen eveneens langs binnen aangebracht worden, waarna de waterdicht te maken constructie wordt uitgevoerd.

**Tabel 2 Classificatie van de dichtheid van betonconstructies volgens de NBN EN 1992-3.**

Dichtheids-klasse	Eisen met betrekking tot de lekken
0	Een zeker lekdebiet, of het voorkomen van lekken zonder gevolgen, is toegelaten.
1	De lekken moeten beperkt blijven tot een kleine hoeveelheid. Enkele vlekken of vochtplekken op het oppervlak zijn toegelaten.
2	De lekken zijn miniem. Het oppervlak mag geen vlekken vertonen.
3	Lekken zijn niet toegelaten.

bouw materiaal vereisen, maar ook een globaal waterdicht ontwerp, met inbegrip van de hernemingsvoegen en eventuele scheuren.

De belangrijkste oorzaken van vochttransport doorheen een constructie uit gewapend beton zijn :

- de permeabiliteit van het beton (hoewel deze doorgaans beperkt is)
- de eventuele scheuren
- de in de constructie aanwezige voegen.

Tabel 3 geeft een vergelijkend overzicht van de grootteorde van het lekdebiet doorheen een wand uit gewapend beton, afhankelijk van de transportmethode. Hieruit blijkt dat het noodzakelijk is om op gepaste wijze tewerk te gaan bij het ontwerp en de uitvoering van de constructie, afhankelijk van de gewenste dichtheid.

Het ontstaan van scheurtjes, zelfs in constructies uit gewapend beton, is niet abnormaal. Dit verschijnsel is meestal te wijten aan onvermijdelijke verhinderde vervormingen (drogingskrimp, thermische krimp, ...) en de trekspanningen die tot stand komen in de op buiging belaste betonnen vloeren en wanden.

Deze trekspanningen kunnen beheerst worden door de betonconstructie van een afdoende wapening te voorzien, wat zal resulteren in het ontstaan van (meer) scheurtjes, met een kleinere scheurbreedte. In de praktijk moet men echter vaak vaststellen dat het wapeningspercentage in de betonwanden dermate gering is (minder dan 0,15 %) dat de term 'gewapend beton' er niet langer op van toepassing is. Beton met een dergelijke opvatting komt strikt genomen zelfs niet in aanmerking voor de dichtheidsklasse 0.

Het is dus uiterst belangrijk dat deze aspecten deel uitmaken van de studie die voorafgaat aan de uitvoering van de werken.

#### 4 BEHEERSING VAN DE DICHTHEID

Hoewel deze problematiek aan bod zal komen in een Technische Voorlichting over het ontwerp en de uitvoering van vloeistofdichte betonconstructies, lijkt het ons nuttig nu reeds een kort overzicht te geven van enkele maatregelen die getroffen kunnen worden ter be-

heersing van de dichtheid van constructies uit gewapend beton.

#### 4.1 BETONTECHNOLOGIE

Indien de dichtheid van de ingegraven constructie moet verzekerd worden door het gebruik van gewapend beton alleen, herhalen we dat men voldoende aandacht moet besteden aan het goede ontwerp en de correcte berekening van de structuur ter beperking van het aantal scheuren en hernemingsvoegen.

In het artikel 'Scheurvorming in wanden van gewapend beton : oorzaken en mogelijke remedies' (WTCB-Tijdschrift 4/1995) werd reeds uitvoerig ingegaan op de diverse parameters die aan de oorsprong liggen van de karakteristieke, min of meer verticale scheurtjes die ontstaan vanuit de kim van betonkuipen. De hieruit voortvloeiende voorzorgsmaatregelen beogen voornamelijk :

- de beperking van het krimpverschil tussen de vloerplaat en de wanden
- de reductie van de temperatuurstijging van het beton tijdens de binding van het cement.

Ter vermindering van het krimpverschil tussen de vloerplaat en de wanden dient men de tijdspanne tussen de uitvoering van beide zo kort mogelijk te houden. Tijdens deze periode moet men bovendien trachten de krimp van de eerst gestorte vloerplaat zo lang mogelijk uit te stellen (bv. door deze vochtig te houden). Na hun uitvoering kunnen de wanden op hun beurt eenzijdig afgeschermd worden (bv. door middel van een kunststoffolie of een nabehandelsproduct), zodat deze, net zoals de vloerplaat, slechts aan een zijde zouden drogen.

De keuze van een geschikte betonsamenstel-

**Tabel 3 Grootteorde van het lekdebiet doorheen een wand uit gewapend beton, afhankelijk van de transportmethode [Bomhard].**

Transportmethode	Grootteorde
Via het beton	1
Via de scheuren	10.000
Via slecht uitgevoerde voegen	10.000.000

ling, evenals een gepaste uitvoering zijn essentieel voor de vloeistofdichtheid. Zo is het raadzaam te opteren voor cementsoorten met een lage hydratatiwarmte om de temperatuur van het beton niet nodeloos te laten oplopen.

In theorie gaat men ervan uit dat een beton waterdicht is indien het een W/C-factor van 0,45-0,50 en een druksterkte van minstens C30/37 vertoont. Dankzij een hoge verwerkbaarheid, eventueel verkregen door de toevoeging van geschikte toevoegsels, en een energieke verdichting van het beton is het mogelijk de compactheid van het beton te verzekeren, wat de vloeistofdichtheid uiteraard ten goede komt.

Vermits de voegen vaak een aandachtspunt van betonconstructies vormen, dient men hun aantal tot een minimum te beperken en bij hun uitvoering geschikte materialen te gebruiken. Onafhankelijk van het voegtype of het constructietype moet men toezien op de goede werking van de voegen gedurende de volledige levensduur van het bouwwerk, en dit zelfs na de cyclische opening en sluiting van de voeg. De materialen die aangewend worden voor de uitvoering van dichtingsvoegen zijn gewoonlijk uit kunststof (PVC of SBR-rubber), metaal (bandstaal) of stoffen die zwellen bij contact met vocht (bv. bentoniet). Bij de bepaling van de voegafstand kan men rekening houden met twee principes. Bij het principe waarbij men de afstand tussen de voegen beperkt, tracht men de vrije vervorming zo veel mogelijk te bevorderen. Bij het principe van de ver van elkaar liggende voegen tracht men de scheuopening zoveel mogelijk te beperken, wat het gebruik van beton met voldoende wapening vereist.

#### 4.2 GEBRUIK VAN BIJKOMENDE BESCHERMINGSSYSTEMEN

Men kan in de aanvullende beschermingen een onderscheid maken tussen de stijve (cementering, harsbepleistering, ...) en de soepele (afdichtingsbanden en -membranen) systemen. Deze systemen, die voorgesteld worden in de TV 147, TV 190 en TV 210 van het WTCB, kunnen in bepaalde gevallen gecombineerd worden met een draineersysteem om de waterdruk op de ingegraven constructies te beperken. ■



#### NUTTIGE DOCUMENTEN

- Vloeistofdichte betonvloeren : ontwerp en uitvoering. WTCB-Dossiers, 2004/4, Katern nr. 11.
- Betonnen wanden en platen voor vloeistofdichte toepassingen. Ontwerp en uitvoering volgens Eurocode 2. WTCB-Dossiers, 2005/4, Katern nr. 8.
- Bomhard H., Concrete and environment. An introduction. Budapest, FIP-symposium, vol. 1, 1992.

**B**ij de bepaling van de energieprestatie van gebouwen dient men de energieverliezen die optreden in de verwarmingsinstallatie in aanmerking te nemen. Dit artikel verklaart wat men precies bedoelt met het systeem-, afgifte-, verdeel- en opslagrendement van de installatie en geeft aan op welke wijze deze rendementen kunnen berekend worden met behulp van de Vlaamse EPB-software.

# Bepaling van het systeemrendement van verwarmingsinstallaties

## 1 HET SYSTEEMRENDEMENT : EEN KORTE SITUERING

De werking van een verwarmingsinstallatie, geplaatst in een welbepaalde energiesector van het gebouw, gaat steeds gepaard met energieverliezen, d.w.z. verliezen die geen bijdrage leveren tot de verwarming van de betrokken sector.

De energieverliezen die beschouwd worden in het kader van de Vlaamse EPB-regelgeving zijn onderverdeeld in drie categorieën :

- verliezen tengevolge van het warmteafgifte-systeem
- verliezen veroorzaakt door het warmteverdelingssysteem
- verliezen toe te schrijven aan het warmteopslagsysteem.

Voor elk van deze categorieën kan men een deelrendement bepalen, met name het afgifterendement  $\eta_{em}$ , het verdeelrendement  $\eta_{distr}$  en het opslagrendement  $\eta_{stor}$ , waarvan het product verder in de berekeningen meegenomen wordt als een seizoengemiddelde constante term, die ook aangeduid wordt als het systeemrendement  $\eta_{sys}$  :

$$\eta_{sys} = \eta_{em} \times \eta_{distr} \times \eta_{stor}$$

## 2 BEREKENING VAN HET SYSTEEMRENDEMENT MET DE EPB-SOFTWARE

Om het systeemrendement te bepalen met behulp van de EPB-software dient de ontwerper in het daartoe bestemde scherm vier velden in te vullen, waarvan de inhoud en het rekenresultaat door de verslaggever via het EPW-formulier (EPW = energieprestatie van woningen) meegedeeld worden aan de aannemer. Deze velden worden hierna gedetailleerd beschreven.

### 2.1 AARD VAN HET VERWARMINGSSYSTEEM

In het eerste veld moet de aard van het verwar-

**Tabel 1** Rekenwaarden van het afgifterendement voor een centrale verwarming.

Regeling van de binnentemperatuur	Regeling van de vertrektemperatuur van het warmte-transporterende fluïdum	
	Constante instelwaarde	Variabele instelwaarde
Gedecentraliseerd (per ruimte)	0,87	0,89
Centraal (voor de volledige energiesector)	0,85	0,87

mingssysteem ingegeven worden. Men maakt een onderscheid tussen :

- plaatselijke (gedecentraliseerde) verwarming : hierbij wordt de warmte afgegeven in de ruimte waar ze geproduceerd wordt (bv. kachels, elektrische convectoren, ...)
- centrale verwarming : hierbij wordt de warmte centraal opgewekt (bv. stookketel) en via een warmtetransporterend fluïdum (water of lucht) naar alle ruimten binnen de energiesector vervoerd
- gemeenschappelijke verwarming : deze systemen functioneren op dezelfde manier als een centrale verwarming, maar kunnen meerdere energiesectoren tegelijkertijd bedienen (bv. collectieve verwarming in een appartementsgebouw).

Indien verschillende verwarmingssystemen gecombineerd worden, dient men het laagste rendement te beschouwen.

### 2.2 AFGIFTERENDEMENT VAN HET SYSTEEM ( $\eta_{em}$ )

Het afgifterendement kan gedefinieerd worden als de seizoengemiddelde verhouding van de nuttige warmte die door de verwarmingselementen aan de energiesector afgegeven wordt tot hun totale warmteafgifte.

Dit rendement omvat niet alleen de onnuttige warmteverliezen van deze verwarmingselementen, maar ook de verliezen tengevolge van een gebrekkige regeling, en is afhankelijk van de hierna beschreven parameters.

#### 2.2.1 Soort afgiftesysteem

In geval van plaatselijke (gedecentraliseerde) verwarming wordt de rekenwaarde voor het afgifterendement ( $\eta_{em}$ ) forfaitair bepaald, naargelang van het gekozen toestel (bv. 0,82 voor een hout- of kolenkachel, 0,87 voor een olie- of gaskachel, 0,96 voor een elektrisch stralingstoestel of een convector met elektronische regeling, ...).

Bij centrale verwarming kan de rekenwaarde van het afgifterendement op twee wijzen bepaald worden :

- ofwel forfaitair, rekening houdend met de regeling van de binnentemperatuur en van de vertrektemperatuur van het warmtetransporterende fluïdum (zie tabel 1)
- ofwel met een gedetailleerde berekening.

Voor gemeenschappelijke verwarming tenslotte wordt de rekenwaarde van het afgifterendement bepaald zoals voor centrale verwarming, maar dient men tevens het systeem van warmtekostenverdeling (zie § 2.2.4) in aanmerking te nemen.

#### 2.2.2 Rekenwaarden van het afgifterendement voor een centrale verwarming

Tabel 1 geeft een samenvatting van de rekenwaarden van het afgifterendement voor een centrale verwarming. De hierin opgenomen elementen worden verder toegelicht in het vervolg van de tekst.

*J. Schietecat, ing., laboratoriumhoofd, laboratorium 'Verwarmings- en Klimatisatietechnieken', WTCB*



□ *Regeling van de binnentemperatuur*

In aanwezigheid van een centrale verwarming (met lucht of water) moet opgegeven worden of de regeling van de binnentemperatuur centraal gebeurt (voor de volledige energiesector) of gedecentraliseerd (per ruimte).

Een gedecentraliseerde regeling betekent dat de warmteafgifte in alle ruimten van de betreffende energiesector zodanig geregeld is dat de warmtetoevoer automatisch verminderd of afgesloten wordt van zodra de instelwaarde van de binnentemperatuur bereikt is.

Een centrale regeling impliceert dat de binnentemperatuur slechts door één centraal opgestelde thermostaat (in een referentievertrek) geregeld wordt en dat in de overige ruimten geen regelmatigheid voorzien zijn.

Dit levert een minder gunstig afgifteredement op dan met een gedecentraliseerde regeling.

□ *Instelwaarde van de vertrektemperatuur*

Bij een centrale verwarming is de instelwaarde van de vertrektemperatuur in het verdeelsysteem variabel indien deze schommelt met de buitentemperatuur. Dit levert een beter afgifteredement op dan met een constante instelwaarde.

2.2.3 Opstelling van een warmteafgifte-element vóór een beglazing

Indien een warmteafgifte-element uit de energiesector geheel of gedeeltelijk vóór een beglazing opgesteld staat, dan kan een aanzienlijk deel van de warmte langs deze weg verloren gaan naar de buitenomgeving.

Dit effect wordt in de EPR-software automatisch in rekening gebracht door de in tabel 1 vermelde warmteafgifteredementen te verlagen met een vaste waarde van 0,08.

2.2.4 Warmtekostenverdeling aan de hand van een individueel gemeenten reëel verbruik

Bij een gemeenschappelijke verwarming wordt de rekenwaarde van het afgifteredement op dezelfde wijze bepaald als voor een centrale verwarming.

In dit geval wordt echter ook rekening gehouden met het gehanteerde systeem van warmtekostenverdeling (al dan niet voorzien van een individuele reële verbruiksmeting per woon-eenheid).

De forfaitaire waarden van het afgifteredement uit tabel 1 worden hiertoe verminderd,

door deze te vermenigvuldigen met :

- een factor van 0,95 indien er per wooneenheid een individuele warmtekostenverdeling gedaan wordt aan de hand van een aanvaard meetsysteem
- een factor van 0,85 indien geen dergelijke warmtekostenverdeling gebeurt.

2.3 VERDEELRENDERMENT VAN HET SYSTEEM ( $\eta_{distr}$ )

Het verdeelrendement ( $\eta_{distr}$ ) stelt de seizoensgemiddelde verhouding voor tussen de totale warmte die door de verwarmingselementen aan de energiesector afgegeven wordt en de warmte die de warmteopwekkingsinstallatie en/of het opslagvat aan het warmteverdelings-systeem overdragen. Dit verdeelrendement kan zowel forfaitair bepaald als berekend worden.

Indien alle leidingen of kanalen bij een centrale verwarming binnen de isolatielaag van het beschermde volume liggen, komen alle leidingverliezen ten goede van de beschouwde energiesector ( $\eta_{distr} = 1$ ).

Als een deel van de leidingen in de buitenomgeving of in een aangrenzende onverwarmde ruimte ligt, wordt forfaitair een rendementsverlies van 5 % voor het verdeelsysteem voorzien ( $\eta_{distr} = 0,95$ ). Dit geldt eveneens indien de verwarmingsleidingen geïntegreerd zijn in de dikte van de isolatielaag.

Bij plaatselijke verwarming is deze factor niet van toepassing, aangezien er bij dergelijke systemen geen verdeelverliezen optreden.

De forfaitaire rekenwaarden van het verdeelrendement zijn samengevat in tabel 2.

**Tabel 2 Forfaitaire rekenwaarden van het verdeelrendement.**

Soort verwarmingsinstallatie	Verdeelrendement $\eta_{distr}$
Gedecentraliseerde verwarming	1,00
Centrale verwarming en gemeenschappelijke verwarming :	
– alle leidingen liggen binnen het beschermde volume <sup>(1)</sup>	1,00
– een deel van de leidingen ligt buiten het beschermde volume <sup>(2)</sup>	0,95

(<sup>1</sup>) In dit geval liggen alle leidingen tussen de beschermde binnenomgeving en de bouwlaag met de grootste warmteweerstand uit een wand die deel uitmaakt van de gebouwschil.  
 (<sup>2</sup>) Dit geval is ook van toepassing indien de leidingen die buiten het beschermde volume liggen geïsoleerd zijn. Als alternatief kan men een gedetailleerde berekening uitvoeren om een gunstiger verdeelrendement te verkrijgen.

2.4 OPSLAGRENDERMENT VAN HET SYSTEEM ( $\eta_{stor}$ )

Indien de thermische energie tijdelijk opgeslagen wordt in een buffervat, stelt het opslagrendement de seizoensgemiddelde verhouding voor tussen de warmte die aan het verdeelsysteem afgegeven wordt en de warmte die het warmteopwekkings-systeem aan het opslagvat overdraagt.

De aanwezigheid van dergelijke buffervaten voor de opslag van warmte voor ruimteverwarming, die van de ketel losgekoppeld kunnen zijn of erin geïntegreerd, moet opgegeven worden.

Als alle buffervaten binnen het beschermde volume opgesteld staan, komen de warmteverliezen integraal ten goede van de beschouwde energiesector ( $\eta_{stor} = 1$ ).

Indien er daarentegen minstens één buffervat buiten het beschermde volume (in de buitenomgeving of in een aangrenzende onverwarmde ruimte) geplaatst is, wordt forfaitair een rendementsverlies van 3 % voor het opslagsysteem voorzien ( $\eta_{stor} = 0,97$ ).

De forfaitaire rekenwaarden van het opslagrendement zijn samengevat in tabel 3.

3 DE VLAAMSE EN WAALESE ENERGIEPORTAALSITES

Voor meer informatie omtrent de toepassing van de EPB-regelgeving in het Vlaamse Gewest en het Waalse Gewest verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar de respectievelijke energieportalsites : [www.energiesparen.be](http://www.energiesparen.be) en [energie.wallonie.be](http://energie.wallonie.be). ■

**Tabel 3 Forfaitaire rekenwaarden van het opslagrendement.**

Opslag in één of meerdere buffervaten	Opslagrendement $\eta_{stor}$
Niet van toepassing	1,00
Wel van toepassing :	
– binnen het beschermde volume	1,00
– buiten het beschermde volume	0,97

# Thermische isolatie van zware vloeren

Om te kunnen beantwoorden aan de gewestelijke reglementeringen omtrent de energieprestatie van gebouwen die reeds van toepassing zijn of dit weldra zullen worden, onderzoekt dit artikel de problematiek van de thermische isolatie van zogenoemde 'zware' vloeren.

## 1 INLEIDING

Er bestaat een grote diversiteit aan materialen waarmee het mogelijk is om zware vloeren te isoleren. Het kan hier zowel gaan om producten in de vorm van platen (bv. minerale wol, kunststofschuim, cellenglas, ...), een gespoten schuimstof (bv. polyurethaan), een licht beton (beton op basis van polystyreenkorrels of geëxpandeerd vermiculiet) als om weinig of niet-gebonden korrels (bv. geëxpandeerde klei). In al deze gevallen moet gelet worden op de droogheid van het isolatiemateriaal. De prestaties ervan zullen immers verminderen door de eventuele aanwezigheid van vocht. Dit vocht kan de warmtegeleidbaarheid van de materialen sterk beïnvloeden. Het kan afkomstig zijn uit de onderliggende lagen en door capillariteit naar de isolatielaag migreren of voortkomen uit het water dat gebruikt werd voor de aanmaak van een licht beton. In beide gevallen dient men constructieve maatregelen te treffen om de warmteweerstand van de vloeropbouw te vrijwaren. Zo is het aangewezen de vloeren op de volle grond te onderscheiden van de andere vloertypes.

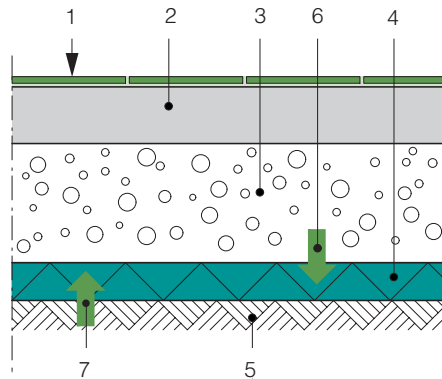
## 2 VLOEREN OP DE VOLLE GROND

Bij vloeren op de volle grond moeten waterkerende membranen geplaatst worden onder en op het isolatiemateriaal om de migratie van vocht af te remmen en het risico op rechtstreekse bevochtiging te beperken (zie afbeeldingen 1 en 2). Dit principe dient eveneens gerespecteerd te worden wanneer de isolatie rechtstreeks op de draagvloer (zwevende dekvloer) geplaatst wordt. Deze maatregelen gelden echter niet in aanwezigheid van gespoten PUR. Dit moet immers steeds hechtend aangebracht worden.

## 3 ZELFDRAGENDE VLOEREN

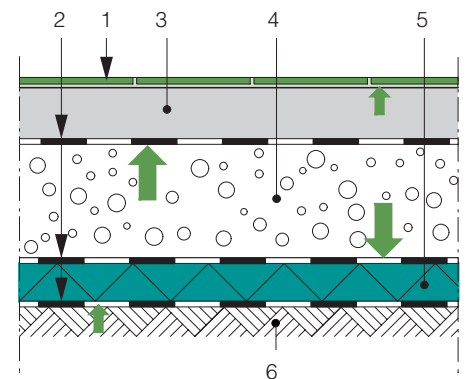
Het risico op bevochtiging is minder groot bij een dergelijke opvatting, en dan vooral indien de isolatie bestaat uit platen die verlijmd en/of mechanisch bevestigd werden aan de onderzijde van de draagvloer of de vloerplaat. In voorkomend geval dient men geen bijzondere maatregelen te treffen, vermits de droging van de bovenliggende lagen niet verhinderd wordt. De keuze om toch een waterkerend membraan

**Afb. 1** Voorbeeld van vochtmigratie, afkomstig uit de bodem of de bovenliggende lagen.



- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| 1. Vloerbedekking      | 6. Vocht afkomstig uit het beton |
| 2. Dekvloer            | 7. Vocht afkomstig uit de bodem  |
| 3. Beton (fundering)   |                                  |
| 4. Thermische isolatie |                                  |
| 5. Volle grond         |                                  |

**Afb. 2** Mogelijke positie van de waterkerende membranen om de vochtmigratie af te remmen.



- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1. Vloerbedekking      | 4. Beton (fundering)   |
| 2. Membranen           | 5. Thermische isolatie |
| 3. Dekvloer (gewapend) | 6. Volle grond         |

aan te brengen tussen de isolatie en een zwevende dekvloer komt eerder voort uit de wens om de dekvloer onafhankelijk te maken van de ondergrond, om de penetratie van cementmelk in de isolatie of de voegen tussen de platen te vermijden of om het risico op bevochtiging van de vloerbedekking (bv. parket) achteraf te

beperken. Wanneer de drogingsmogelijkheden van de onderliggende vloerplaat beperkt zijn (bv. dampdichte afwerking aan de onderzijde), of nog, indien er een hoge dampdruk heerst in de onderliggende ruimten (bv. zwembaden), kan de plaatsing van een waterkerend membraan onder de isolatie echter soms wel nodig zijn.

## OPMERKINGEN

- Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de behandeling van de aansluiting van de vloer met de verticale wanden. Afhankelijk van het gekozen bouwsysteem zal de plaatsing van een isolerend blok aan de muurvoet nodig zijn om het ontstaan van koudebruggen te vermijden.
- Hoewel licht beton in droge toestand een redelijk geringe warmtegeleidbaarheid  $\lambda$  kan vertonen, is het doorgaans ongeschikt om op zich de thermische isolatie van de vloeropbouw te verzekeren en te voldoen aan de eisen uit de reglementeringen :
  - bij een equivalente warmteweerstand (zie formule § 6) zal de dikte van het lichte beton in het beste geval 3 tot 4 keer groter zijn dan deze van een traditioneel isolatiemateriaal
  - voor de plaatsing van licht beton is vaak een aanzienlijke hoeveelheid water nodig en ook de termijn die vereist is om de gewenste droogtegraad te bereiken, is niet te onderschatten. Deze termijn is sterk afhankelijk van de dampdoorlaatbaarheid van de bovenliggende en onderliggende lagen en zal uiterst lang zijn in aanwezigheid van waterkerende membranen.
- De waterkerende membranen kunnen bestaan uit polyethyleenfolie met een minimale dikte van 0,2 mm, die geplaatst worden met een overlapping van 20 cm. Ze vormen evenwel geen afdoende barrière tegen waterdruk.
- Wanneer er belastingen aangrijpen op de isolatie (bv. zwevende dekvloer), dient men rekening te houden met de aanbevelingen uit TV 189 met betrekking tot de vervorming bij belasting en de ponsweerstand.
- Bepaalde isolatieplaten voor zwevende dekvloeren zijn van bij hun fabricage voorzien van een beschermende laag, zodat men zich kan beperken tot de behandeling van de voegen met behulp van kleefband. Als het gaat om een gespoten isolatiemateriaal kan men, naargelang van de voorschriften uit de Technische Goedkeuring (ATG), al dan niet een beschermende laag aanbrengen.

#### 4 DOOR DE VLOER TE BEREIKEN THERMISCH ISOLATIENIVEAU

In de drie Gewesten worden de eisen met betrekking tot de thermische isolatie van vloeren uitgedrukt door middel van de maximale warmtedoorgangscoefficiënt  $U$  ( $W/m^2K$ ) of door de minimale warmteweerstand  $R$  ( $m^2K/W$ ), berekend volgens de norm NBN B 62-002. De grenswaarden die opgenomen zijn in tabel 1 zijn echter niet altijd onderling vergelijkbaar. In het Vlaamse Gewest wordt de warmteweerstand van de grond (overeenkomstig de norm NBN EN 13-370 of WTCB-Rapport nr. 7) immers in aanmerking genomen in de berekening van vloeren op de volle grond, terwijl dit niet het geval is in Wallonië en Brussel. De vereiste maximale  $U$ -waarden zullen dus logischerwijze anders zijn in beide laatste Gewesten.

#### 5 KEUZES VAN DE ONTWERPER EN DE UITVOERENDE AANNEMER

De thermische reglementeringen belangen iedereen aan. Daarom is het noodzakelijk dat de informatie-uitwisseling tussen de bouwpartners optimaal verloopt. Lettend op eenieders taken, stellen wij hierna enkele richtlijnen voor :

- de ontwerper :
  - dient, afhankelijk van de situatie, een vloeropbouw voor te stellen die beantwoordt aan de minimumeisen uit de reglementering. Voor de gedetailleerde berekening van de thermische prestatie van deze opbouw en de controle van de conformiteit ervan met de eisen kan hij een beroep doen op specifieke computerprogramma's
  - moet melden aan de uitvoerende aannemer welke vloeropbouw hij weerhouden heeft en tevens de aard van de materialen en de warmteweerstand van de verschillende samenstellende lagen aangeven
  - dient na te gaan of de alternatieve vloeropbouwen, die voorgesteld werden door de aannemer of de opdrachtgever, in overeenstemming zijn met de reglementering
  - moet de kwaliteit van de uitvoering controleren en nagaan of de realisatie beantwoordt aan zijn voorschriften en/of de contractuele documenten
- de uitvoerende aannemer :
  - dient te voldoen aan de voorschriften uit

het bijzondere bestek, door materialen toe te passen die hiermee in overeenstemming zijn, en dit met de voorgeschreven dikte

- kan eventueel een alternatieve vloeropbouw voorstellen (zie § 6) waarmee het mogelijk is te beantwoorden aan de minimale thermische prestaties die voorgesteld worden door de ontwerper en zal dit alternatief aan laatstgenoemde voorleggen ter goedkeuring.

#### 6 DOOR DE AANNEMER VOORGESTELDE VARIANTE

Indien de aannemer hiertoe de mogelijkheid gekregen heeft, kan deze aan de ontwerper een alternatieve opbouw voorstellen waarvan de thermische prestatie, met name de warmtedoorgangscoefficiënt  $U$  of de warmteweerstand  $R$ , respectievelijk lager of hoger is dan deze die voorgesteld werd in het ontwerp.

Met behulp van de volgende formule is het mogelijk de totale warmteweerstand van de vloer te berekenen, aan de hand van de individuele warmteweerstand van elke afzonderlijke laag :

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

waarbij :

- $R_T$  : de totale warmteweerstand van de vloer (in  $m^2K/W$ )
- $R_{si}$  en  $R_{se}$  : de overgangswarmteweerstanden, respectievelijk aan de binnenzijde en de buitenzijde van de vloer (in  $m^2K/W$ )
- $R_1, R_2, \dots, R_n$  : de warmteweerstand van de verschillende samenstellende lagen van de vloeropbouw (in  $m^2K/W$ )
- $R_i = d/\lambda_i$  : de warmteweerstand van een homogene laag  $i$  wordt berekend door de dikte ( $d$ , uitgedrukt in  $m$ ) te delen door de warmtegeleidbaarheidswaarde ( $\lambda_i$ , in  $W/mK$ ) van het materiaal waaruit deze opgebouwd is.

De alternatieven die kunnen voorgesteld worden houden meestal een vervanging en/of wijziging van de dikte van het isolatiemateriaal of van de eventuele laag uit licht beton in, maar hebben normaalgesproken geen betrekking op het dragende element.

De aannemer kan er zich bijgevolg toe beperken te verifiëren of de warmteweerstand van

de laag die hij wenst te vervangen (berekend door de dikte  $d$  te delen door de coëfficiënt  $\lambda$ ) hoger is dan de waarde die voor dezelfde laag vooropgesteld werd door de ontwerper.

Ter informatie hebben wij in tabel 2 voor de verschillende thermische isolatiematerialen die kunnen toegepast worden in vloeren, de  $\lambda$ -waarden opgegeven, rekening houdend met het certificatie-niveau van het weerhouden materiaal.

Om de bouwprofessionelen te helpen bij het maken van hun keuze, herneemt tabel 3 de warmteweerstandswaarden voor de isolatiematerialen, afhankelijk van hun warmtegeleidbaarheid en hun dikte.

Indien de uitvoerende aannemer een alternatief voor twee of meerdere lagen uit de vloeropbouw voorstelt, moet deze erop toezien dat de som van de warmteweerstanden van deze

### OPMERKINGEN

- Als de isolatie doorboord wordt door mechanische bevestigingen uit metaal (bv. bevestiging van de isolatie aan de onderzijde van de draagvloer), dient men te berekenen welke invloed deze bevestigingen zullen hebben op de warmteweerstand van de isolatielaag. Deze berekening is niet noodzakelijk indien de mechanische bevestigingen uit kunststof bestaan.
- De warmtegeleidbaarheid ( $\lambda$ ) van een licht beton is onder meer afhankelijk van diens volumieke massa en droogtegraad. Indien een van de lagen van de vloer uit licht beton bestaat, dient men dus een zodanige opbouw te weerhouden dat de volumieke massa van het beton in overeenstemming is met de in de berekeningen beschouwde  $\lambda$ -waarde (zie Infociche).
- Het is aanbevolen een licht beton te gebruiken dat beschikt over een proefverslag waarin de te gebruiken  $\lambda$ -waarde opgegeven wordt, naargelang van het feit of het beton droog is (en dit ook zal blijven in de tijd) of vochtig (bv. beton dat rechtstreeks in contact staat met de grond of ingesloten is tussen twee ondoordringbare lagen).

Tabel 1 Grenswaarden voor de thermische isolatie van vloeren.

Vloertype	Vlaanderen	Wallonië	Brussel
Vloeren in contact met de buitenomgeving	$U_{max} = 0,6$	$U_{max} = 0,6$	$U_{max} = 0,6$
Vloeren op de volle grond	$U_{max} = 0,4$ of $R_{min} = 1,0$ (*)	$U_{max} = 1,2$	$U_{max} = 1,2$
Andere vloeren (boven een kruipruimte of boven een kelder buiten het beschermde volume, vloeren van ingegraven ruimten) : – niet beschermt tegen vorst – beschermt tegen vorst	$U_{max} = 0,4$ of $R_{min} = 1,0$ (*) $U_{max} = 0,4$ of $R_{min} = 1,0$ (*)	$U_{max} = 0,6$ $U_{max} = 0,9$	$U_{max} = 0,6$ $U_{max} = 0,9$

(\*) Bij de bepaling van  $R_{min}$  wordt geen rekening gehouden met de overgangsweerstanden  $R_{si}$  en  $R_{se}$ .  $R_{min}$  stemt dus overeen met de som van de warmteweerstanden van de verschillende samenstellende lagen van de vloeropbouw.



**Tabel 2**  $\lambda$ -waarden voor de thermische isolatie.

Isolatiemateriaal	Massawarmte	Gecertificeerd gekend product	Gecertificeerde materialen (1)	Niet-gecertificeerde materialen
	c [J/kg.K]	$\lambda_{ui}$ [W/m.K]	$\lambda_{ui}$ [W/m.K]	$\lambda_{ui}$ [W/m.K]
Kurk (ICB)	1560	Deze informatie moet opgegeven worden door de fabrikant of de leverancier.  Voor producten met een ATG is de rekenwaarde in principe gunstiger.	–	0,050
Minerale wol (MW)	1030		0,041	0,045
Geëxpandeerd polystyreen (EPS)	1450		0,040	0,045
Geëxtrudeerd polyethyleen (PEF)	1450		–	0,045
Fenolschuim (bekleed) (PF)	1400		0,025	0,045 (2)
Polyurethaan (bekleed) (PUR/PIR)	1400		0,028	0,035
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)	1450		0,034	0,040
Cellenglas (CG)	1000		0,048	0,055
Perliet (EPB)	900		0,055	0,060
Vermiculiet	1080		–	0,065
Geëxpandeerde vermiculietplaten	900		–	0,090

(1) Het gaat hier om gecertificeerde materialen waarvan enkel de aard gekend is (waarde bij ontstentenis).

(2) Voor beklede platen van fenolschuim met gesloten cellen wordt deze waarde gereduceerd tot 0,030 W/(m.K).

**Tabel 3** Warmteweerstand (in  $m^2K/W$ ) van isolatiematerialen, afhankelijk van hun warmtegeleidbaarheid  $\lambda$  en hun dikte.

$\lambda$ [W/mK]	Dikte [cm]					
	2	3	4	5	6	7
0,025	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80
0,026	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69
0,027	0,74	1,11	1,48	1,85	2,22	2,59
0,028	0,71	1,07	1,43	1,79	2,14	2,50
0,029	0,69	1,03	1,38	1,72	2,07	2,41
0,030	0,67	1,00	1,33	1,67	2,00	2,33
0,031	0,65	0,97	1,29	1,61	1,94	2,26
0,032	0,63	0,94	1,25	1,56	1,88	2,19
0,033	0,61	0,91	1,21	1,52	1,82	2,12
0,034	0,59	0,88	1,18	1,47	1,76	2,06
0,035	0,57	0,86	1,14	1,43	1,71	2,00
0,036	0,56	0,83	1,11	1,39	1,67	1,94
0,037	0,54	0,81	1,08	1,35	1,62	1,89
0,038	0,53	0,79	1,05	1,32	1,58	1,84
0,039	0,51	0,77	1,03	1,28	1,54	1,79
0,040	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
0,041	0,49	0,73	0,98	1,22	1,46	1,71
0,042	0,48	0,71	0,95	1,19	1,43	1,67
0,043	0,47	0,70	0,93	1,16	1,40	1,63
0,044	0,45	0,68	0,91	1,14	1,36	1,59
0,045	0,44	0,67	0,89	1,11	1,33	1,56
0,046	0,43	0,65	0,87	1,09	1,30	1,52
0,047	0,43	0,64	0,85	1,06	1,28	1,49
0,048	0,42	0,63	0,83	1,04	1,25	1,46
0,049	0,41	0,61	0,82	1,02	1,22	1,43
0,050	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40

lagen hoger is dan de waarde die voor het ontwerp weerhouden werd.

### 7 OPTIES DIE KUNNEN GENOMEN WORDEN DOOR DE UITVOERENDE AANNEMER

De mogelijkheden waaruit de uitvoerende aannemer zijn keuze kan maken, zijn velerlei (zie tabel 4). In alle gevallen waarbij de aannemer wijzigingen wenst aan te brengen aan de in het ontwerp voorziene opbouw, dient hij deze ter goedkeuring voor te leggen aan de ontwerper. ■

**Tabel 4** Opties die kunnen genomen worden door de uitvoerende aannemer.

	Materia- len (1)	Dikte (1)	$\lambda$ (1)
1	V	V	V
2	V	V	gunstiger of equivalent (2)
3	X	V	V
4	X	V	gunstiger of equivalent
5	V	kleiner	gunstiger (3)

(1) V : conform de voorschriften van de ontwerper; X : afwijkend van de voorschriften van de ontwerper.

(2) Kleinere  $\lambda$ -waarde.

(3) Kleinere  $\lambda$ -waarde, zodanig dat de warmteweerstand R hoger is.

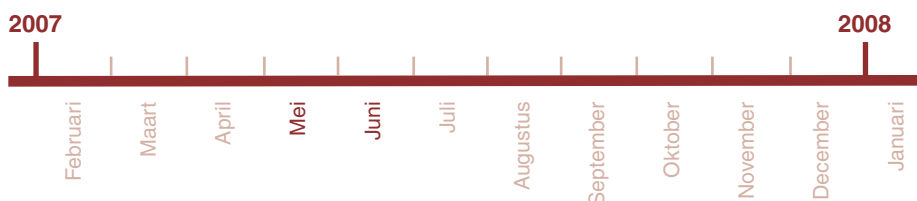
✉ M. Wagneur, ing., directeur 'Informatie', WTCB  
O. Vandooren, ing., hoofd van het departement 'Communicatie en Beheer', WTCB

[www.wtcb.be](http://www.wtcb.be)

De in dit artikel aangehaalde onderwerpen zullen in detail besproken worden in een Infofiche die weldra beschikbaar zal worden op onze website.

**H**et verspreiden van correcte informatie naar de bouwsector toe is een van de belangrijkste taken van het WTCB. Projectplanning, corrosie, virtueel bouwen, ... Het is slechts een greep uit de brede waaier van onderwerpen die in de loop van de volgende maanden aan bod zullen komen in de door het Centrum verstrekte cursussen en opleidingen.

# Bouwagenda



## Corrosie van metallieke leidingen in open en gesloten watersystemen

- *Korte beschrijving* :
  - aanbevelingen voor het vermijden van corrosie
  - casestudy's
  - proeven en testen ter ondersteuning van een corrosiegeval
  - reinigen en behandelen van installaties met corrosieproblemen
- *Doelgroep* : installateurs, ontwerpers, onderhoudsfirma's, technische diensten en beheerders van grotere en complexe installaties
- *Waar en wanneer* ?  
Syntra West Kortrijk, Doorniksesteenweg 220, 8500 Kortrijk, 31 mei 2007, van 13u30 tot 18u00.

## Het planningprogramma MS Project, module basis cursus

- *Korte beschrijving* : werking van MS Project (2000, 2002 en 2003) en praktische handleiding voor het plannen van projecten met behulp ervan
- *Doelgroep* : werfleiders, projectleiders en bedrijfsleiders die wensen te starten met de planning van hun project(en) op PC met behulp van MS Project

- *Waar en wanneer* ?  
WTCB, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, 24 en 31 mei, 7 en 14 juni 2007, van 9u00 tot 16u00.

## MS Project, module gevorderden

- *Korte beschrijving* : gebruik en toepassing van MS Project voor gevorderden, toewijzen van hulpmiddelen en kosten, *multiprojecting*, WTCB-sjabloon, digitaal uitwisselen van gegevens, ...
- *Doelgroep* : werfleiders, projectleiders en bedrijfsleiders
- *Waar en wanneer* ?  
WTCB, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, 21 en 28 juni 2007, van 9u00 tot 16u00.

## Opleidingen verstrekt door het Centrum 'Virtueel Bouwen'

- 24 mei 2007 :  
*themedag 'Ontwerp en simulaties'* : tekenen en ontwerpen op computer ... ook iets voor aannemers
- 5 juni 2007 :  
*themedag 'Documentenbeheer (beginners)'* : kennismaking met een aantal eenvoudige oplossingen voor documentenbeheer

- 14 juni 2007 :  
*themedag 'Documentenbeheer (gevorderden)'* : kennismaking met een aantal complexere oplossingen voor documentenbeheer
- 21 juni 2007 :  
*themedag 'E-business, een zaak voor iedereen'* : het wereldwijde web ten dienste van bedrijven
- 26 juni 2007 :  
*KMO-dag* : praktische informaticatoepassingen voor het efficiënte beheer van bedrijven
- *Waar* ?  
Centrum 'Virtueel Bouwen', Marktplein 7 bus 1, 3550 Heusden-Zolder. ■



## NUTTIGE INFORMATIE

### Contact

- Projectteam 'Virtueel Bouwen'  
e-mail : vibo@bbri.be  
Tel. : 011/22.50.65  
Fax : 011/81.77.27
- Andere opleidingen : J.-P. Ginsberg  
e-mail : info@bbri.be  
Tel. : 02/655.77.11  
Fax : 02/653.07.29

### Nuttige links

- [www.wtcb.be](http://www.wtcb.be) (Rubriek 'Agenda')
- <http://virtueelbouwen.wtcb.be>

BRUSSEL	ZAVENTEM	LIMELETTE
<p><b>Maatschappelijke zetel</b></p> <p> Lombardstraat 42 B-1000 Brussel e-mail : <a href="mailto:info@bbri.be">info@bbri.be</a></p> <p><b>algemene directie</b></p> <p> 02/502 66 90  02/502 81 80</p>	<p><b>Kantoren</b></p> <p> Lozenberg 7 B-1932 Sint-Stevens-Woluwe</p> <p><b>algemene nummers</b>   <b>nummers publicaties</b></p> <p> 02/716 42 11    02/529 81 00  02/725 32 12    02/529 81 10</p> <p>technisch advies communicatie - kwaliteit toegepaste informatica bouw planningstechnieken ontwikkeling &amp; valorisatie</p>	<p><b>Proefstation</b></p> <p> Avenue Pierre Holoffe 21 B-1342 Limelette</p> <p> 02/655 77 11  02/653 07 29</p> <p>onderzoek &amp; innovatie laboratoria vorming documentatie bibliotheek</p>