

## CEMENTGEBONDEN BEDRIJFSVLOEREN (2)

### *Uitvoering*

*Bulletin nr. 23 "Cementgebonden bedrijfsvloeren (1) – Ontwerp en dimensionering" toont aan dat bedrijfsvloeren slechts zullen voldoen wanneer de nodige aandacht besteed is aan:*

- *aard, grootte en frequentie van de belasting;*
- *het draagvermogen van de ondergrond;*
- *de keuze van een typedoorsnede en bepaling van de diktes van de samenstellende lagen;*
- *de keuze van gewapend of ongewapend beton;*
- *de voegen en situering ervan.*

*Het doel van voorliggend bulletin is het verstrekken van informatie over aspecten die van belang zijn voor een correcte en verzorgde uitvoering, meer bepaald:*

- *de kwaliteit en de verwerking van het beton;*
- *een doeltreffende bescherming van het beton tegen uitdroging;*
- *geschikte voegtypes;*
- *de ingebruikneming, die overigens enkel is toegestaan wanneer de sterkte van het beton toereikend is.*





## ONDERBOUW

De onderbouw van een bedrijfsvloer omvat de lagen tussen de betonverharding en de bestaande natuurlijke bodem (fig.1):



Fig. 1: Opeenvolgende lagen waaruit een bedrijfsvloer is opgebouwd

### • Glijfolie (zie ook kader 1)

De glijfolie is een soepele polyethyleenfolie met een dikte van minstens 1/10 mm, en is bedoeld om:

- te voorkomen dat de fundering het water uit de verse betonspecie opzuigt, wat schadelijk is voor de hydratatie van het jonge beton en de verharding. De glijfolie fungeert dus als waterkering.
- de hechting tussen het jonge beton en zijn drager te beperken en zo de wrijving verminderen. Waar het beton in de onderliggende laag dringt of eraan "vastkleeft", ontstaan immers hechtpunten, die bij krimp de trekspanningen kunnen doen oplopen.

### • Nivelleer- of afstrijklaag

Dit is een laagje zand, 2 tot 5 cm dik, verdicht of met cement gestabiliseerd, dat wordt aangebracht om:

- te voorkomen dat de glijfolie doorboord wordt door stenen uit de bodem of de fundering;
- een effen en gemakkelijk af te strijken oppervlak te bieden, waardoor alle onregelmatigheden van de onderlaag die hechtpunten zou kunnen vormen, verdwijnen.

Deze laag is niet vereist indien de fundering zelf geëgaliseerd kan worden (verdicht zand, met cement gestabiliseerd zand,...).

### • Fundering

De fundering heeft als taak de last over de ondergrond te spreiden. De drukverdeling is des te beter naarmate de funderingslaag dikker en de interne wrijving groter is.

Gewone bedrijfsvloeren (belastingsklassen I en II – zie bulletin nr. 23, tabel 2) worden meestal aangelegd op een goed verdichte laag van al dan niet gestabiliseerd zand of steenslag. Is de bedrijfsvloer onderworpen aan zware belastingen (belastingsklasse III), dan bestaat de fundering uit:

- hetzij een laag cementgebonden materiaal, zoals mager beton, met cement gestabiliseerd steenslag of een mengsel van zand en cement,
- hetzij een laag steenslag met continue korrelverdeling (bv. 0/20 of 0/32).

Bij een sterk variërend watergehalte van de ondergrond dringt de keuze voor een cementgebonden fundering zich op. Lokale verschillen worden hierdoor zoveel mogelijk gecompenseerd.

Een drainerende fundering, bestaande uit grind of steenslag (bv. 0/32 of 0/63) met een dikte van minstens 15 cm, kan eveneens dienst doen als waterkerende laag. Deze is vereist bij:

- een hoge grondwaterstand;
- vloeren voorzien van een afwerkingslaag die de vochtoverdracht sterk afremt;
- opslag van vochtgevoelige producten;
- vloeren van koelruimten.

Steenslag 0/20 met toevoeging van 3 tot 4 % cement (in massa uitgedrukt) of een zand-cementmengsel biedt een geschikte samenstelling voor verschillende soorten ophogingen. De toepassing van dit soort mengsel is vooral aangewezen bij rioleringen, inspectieputten, straatkolken en rondom gebouwen.

De fundering moet vlak zijn en zich op de geplande diepte bevinden, zodat de bedrijfsvloer kan aangelegd worden met de voorgeschreven dikte en tot op het vereiste niveau.

In kader 2 zijn ter informatie een aantal karakteristieken van cementgebonden funderingen samengevat.

### • Onderfundering

In het specifieke geval van een verdeelde zware belasting ( $P_{nom} > 30k N/m^2$ ), moet aandacht worden besteed aan de samendrukbaarheid van de bodem, omdat deze volledig het gedrag van de verharding zal bepalen. Er mag immers niet uit het oog worden verloren dat een plaatbelastingsproef slechts uitsluitend geeft over de drukweerstand van de bovenste en niet van de dieper gelegen lagen:

- Als de bovenlagen te sterk samendrukbaar zijn, moeten deze verdicht worden, voor zover hun aard en vochtigheid dit tenminste toelaten. De op die manier behandelde bodem moet bedekt worden met een onderfundering bestaande uit 10 tot 15 cm steenslag of gestabiliseerd zand. Hierop komt de fundering, die bij voorkeur wordt uitgevoerd in mager beton.
- Als ook de diepere lagen samendrukbaar blijken, zijn complexere oplossingen noodzakelijk. Deze vallen evenwel buiten het bestek van dit bulletin.

Het bodemoppervlak kan ook verstevigd worden door middel van een geonot of een geotextiel. Met dit laatste wordt bovendien voorkomen dat ongewenste fijne deeltjes omhoog migreren tot in de onderfundering. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de geotextiel-banen elkaar minstens 50 cm moeten overlappen. Om beschadiging te voorkomen mogen ze niet worden betreden vooraleer de onderfundering is aangebracht.

Over het nut van een glijfolie (of glijvlies) lopen de meningen uiteen. Een glijfolie beperkt inderdaad de vochtuitwisseling met de onderlaag en voorkomt dat het beton plaatselijk vermengd raakt met de ondergrond/fundering. Anderzijds, doordat de vochtoverdracht aan de onderzijde wordt beperkt, verhoogt de kans op differentiële krimp over de hoogte van de verharding. De specifieke verkorting door krimp wordt aan de bovenzijde van de betonplaat ongeveer 1,5 keer groter geraamd dan aan de onderzijde, wat kan leiden tot opbuiging ("schoteling" – in het Engels "curling")



Op een open steenslagfundering wordt evenwel afgeraden om de polyethyleenfolie achterwege te laten. Wordt geen folie gelegd, dan moet de fundering vooraf worden natgemaakt om waterverlies uit de betonverharding tegen te gaan.



Meestal wordt een net van  $\varnothing$  8–150 mm gebruikt. Het gebruik van een dergelijk net onderin de betonplaat kan niet alle krimpspanningen opvangen, maar heeft wel een gunstig effect op de overdracht van de belasting ter hoogte van de voegen. Krimpscheuren blijven beperkt wanneer het wapeningsnet zich 30 tot 50 mm onder de oppervlakte bevindt, maar doorgaans is dit niet het geval.

Sommige vloeren zijn uitgerust met twee wapeningsnetten: één bovenaan, dat ter hoogte van de voeg doorgezaagd is, en één onderaan. Deze oplossing is interessant omdat buigmomenten veroorzaakt door zware belastingen zeer sterk gereduceerd worden.

Ook de voorspantetechniek kan worden toegepast. In vergelijking met een vloer in gewoon gewapend beton wordt minder staal gebruikt, maar de uitvoering is echter een bijzonder delicate operatie waarvoor veel vakkennis vereist is. Bovendien mag in een dergelijke vloer nadien niet worden gezaagd of geboord.

#### Toevoeging van vezels

Staalvezels worden aan het beton toegevoegd om de taaierheid (ductiliteit) van de vloer te verhogen. Hierdoor is het beton in verharde toestand beter in staat om energie te absorberen en blijft de scheurwijdte beperkt. De staalvezels vervullen hun taak evenwel pas bij een voldoende stevige verankering, d.w.z. wanneer de betonmassa voldoende verhard is. Ze hebben vrijwel geen uitwerking tijdens de plastische fase.

De toepassing van staalvezelbeton maakt het mogelijk grote vloerooppervlakken uit te voeren op volle grond en zonder klassieke wapening. Tegelijk blijft het werkoppervlak vrij zodat voertuigen en verdichtingsmachines ongehinderd kunnen manoeuvreren.

De betonsamenstelling moet worden aangepast om een homogene verdeling van de vezels mogelijk te maken. Dit houdt in dat het zandgehalte lichtjes wordt verhoogd en de hoeveelheid grof granulaat beperkt. Om toch een goede verwerkbaarheid en duurzaamheid te handhaven is meer water en een hoger cementgehalte nodig. Met behulp perslucht kunnen volledig gescheiden vezels in grote hoeveelheden in het verse beton worden geblazen (in de betonmixer) of reeds tijdens de bereiding ervan (in de menger van de betoncentrale). De vezels worden met grote snelheid en over een grote afstand voort gestuwd, waardoor zij zich vlot vermengen met de hele betonmassa. Een dosering van 25 kg vezels per  $m^3$  beton betekent dat er, afhankelijk van het vezeltype, tussen 60 000 en 120 000 vezels ingebracht moeten worden!

Vezels worden soms ook in het beton vermengd met behulp van oplosbare zakken.

Overigens moet worden aangestipt dat het toevoegen van vezels voor gevolg heeft dat het beton niet meer gedekt is door het BENOR-label.



Wapeningsnet rustend op "kammen"

Foto B. De Blauere



Een schud- en inblaasmachine projecteert de vezels in de mixer

Tabel 1 – Minimale dikte van de bovenste betondekking in functie van de blootstellingsklasse (NBN B15-002, 1999)

	Milieuklasse									
	1	2a	2b	3	3S	4a	4b	5a	5b	5c
Gewapend beton	15	20	25	40	40	40	40	25	30	40
Voorgeopannen beton	25	30	35	50	50	50	50	35	40	50



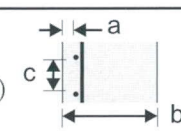
## HOE BETON VOORSCHRIJVEN VOOR BEDRIJFSVLOEREN ?

BASISGEGEVEN A : STERKTEKLASSE									
Klasse	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$f_{ckcyl}$	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ckcube}$	15	20	25	30	37	45	50	55	60
$f_{ckcyl}$ : cilindervormige proefstukken $f_{ckcube}$ : kubusvormige proefstukken									
C20/25	Vloeren onderworpen aan relatief kleine belastingen, of dikke vloeren die een hoog risico vertonen op thermische scheuren door hydratatie-warmte. Geen slijtlaag met hoog cementgehalte.								
C25/30	Vloeren onderworpen aan matige belastingen (belastingsklasse I), of vloeren met een dikte vanaf 130 mm en niet onderworpen aan uitzonderlijke lasten. Om een oppervlak te bekomen met voldoende weerstand, wordt voor dit soort vloeren aangeraden een mengsel in te strooien verrijkt met cement. In deze sterkteklasse is de kans op krimpscheuren gewoonlijk goed te beheersen.								
C30/37	Vloeren onderworpen aan zwaardere lasten (belastingsklassen II en III) en/of dunnere verhardingen. Deze sterkteklasse is doorgaans aangewezen voor vloeren die niet worden afgewerkt met een specifieke slijtlaag. De duurzaamheid van het oppervlak en de slijtweerstand moeten immers geboden worden door het beton zelf. Staalvezelbeton.								

BASISGEGEVEN B1 : 'GEBRUIKSDOMEIN'	
BN	ongewapend beton
BA	gewapend beton
BP	voorgespannen beton

BASISGEGEVEN B2 : BLOOTSTELLINGS- OF MILIEUKLASSE		
Klasse	Omschrijving	Toepassingsdomein
1	Droge omgeving zonder risico op corrosie of aantasting	Klasse 1 heeft betrekking op vloeren die nooit nat worden. Zijn deze meestal nat, dan is klasse 2a van toepassing. Als de ruimte zodanig open is dat het buitenklimaat er overheerst, dan wordt de vloer gerangschikt onder klasse 2b. Vloeren blootgesteld aan vorst-dooicycli en aan dooizouten behoren tot klasse 3. De norm legt hier een minimaal luchtgehalte op, dat kan gerealiseerd worden met een luchtbelvormer. Het gebruik van een dergelijke hulpstof in combinatie met een instrooilaag moet vermeden worden. Het gevaar voor een verminderde hechtsterkte door luchtbelvorming onder de afgestreeken toplaag is immers reëel. Om toch een voldoende sterkte te verkrijgen, moet het cementgehalte worden opgedreven. Zijn de vloeren bestemd voor voertuigen die van buiten komen en dus dooizouten kunnen meevoeren, dan is het eveneens raadzaam ze in klasse 3 onder te brengen. In een zeer agressieve omgeving (klasse 5c) kan het noodzakelijk zijn de betonvloer te beschermen met een aangepaste bekleding.
2a	Vochtige omgeving zonder vorst	
2b	Vochtige omgeving met vorst	
3	Vochtige omgeving met sterke blootstelling aan water, vorst en dooizouten	
3S	Vochtige omgeving met matige blootstelling aan water, vorst en dooizouten	
4a	Zee-omgeving zonder vorst	
4b	Zee-omgeving met vorst	
5a	Zwak chemisch agressief milieu	
5b	Matig chemisch agressief milieu	
5c	Sterk chemisch agressief milieu	

BASISGEGEVEN C: CONSISTENTIEKLASSE				
Klasse	Zetmaat in mm (Slump)	Klasse	Uitspreiding (Flow)	Toepassingsdomein
S1	10 – 45	F1	1,20 – 1,49	Gemechaniseerde uitvoering met behulp van krachtige trilsystemen (zware trilbalken, e.d.). Pompbeton. Manueel gestort beton (vooral wanneer bovendien gewapend), eventueel getrild met behulp van lichte verdichtingsapparaten (trilnaald, lichte trilbalk). Bij betonwerken met laserscreed (rijdende trilmachine) wordt consistentieklasse S3 toegepast.
S2	50 – 95	F2	1,50 – 1,79	
S3	100 – 150	F3	1,80 – 2,10	
S4	> 150	F4	> 2,10	

BASISGEGEVEN D : MAXIMUM KORRELGROOTTE (Dmax)							
Dmax moet aan de volgende voorwaarden beantwoorden::							
$D_{max} \leq 1,3$ maal de betondekking (a) $D_{max} \leq 1/4$ van de kleinste afmeting van het te betonneren element (b) $D_{max} \leq$ vrije afstand tussen de wapening – 5 mm (c)							
							
Kies Dmax uit de volgende reeks :	7	10	14	20	28	32	40
Dikte van de betonplaat (mm)	50	70	100	200			
← Staalvezelbeton →							



## STABILITEIT VAN DE BETONSPECIE

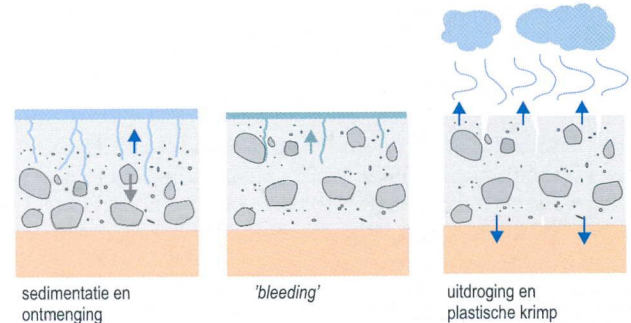
In vloeibaar vers beton waarvan de samenstelling niet optimaal is, kunnen ontmenging en bleeding optreden.

*Ontmenging* doet zich voor in beton dat enerzijds teveel zand en andere fijne deeltjes bevat, en anderzijds teveel grof granulaat. De grove korrels zakken onder invloed van de zwaartekracht, terwijl de fijnere deeltjes zich aan de oppervlakte concentreren. Dit leidt tot een heterogene spreiding van de betonbestanddelen, met een bovenlaag die rijk is aan water en cement, en gekenmerkt door een geringe mechanische weerstand en duurzaamheid. Omdat deze zwakkere oppervlaktelaag bovendien meer samentrekt, ontstaat differentiële krimp.

*Bleeding* is het fenomeen waarbij aan het oppervlak overtollig aanmaakwater verschijnt waarin cementdeeltjes zijn meegevoerd. In het beton ontstaan kleine kanaaltjes die naderhand scheuraanzetten kunnen vormen.

Ontmenging en bleeding treden vaak samen op. Beide fenomenen kunnen vermeden worden door een oordeelkundige betonsamenstelling, d.w.z. die de stabiliteit van het mengsel verbetert:

- continue korrelverdeling;
- voldoende fijne deeltjes ( $\leq 0,250$  mm, cement inbegrepen) :
  - 525 kg/m<sup>3</sup> als  $D_{max} = 7$  mm;
  - 450 kg/m<sup>3</sup> als  $D_{max} = 14$  mm;
  - 425 kg/m<sup>3</sup> als  $D_{max} = 20$  mm;
  - 400 kg/m<sup>3</sup> als  $D_{max} = 32$  mm;
- beperkte hoeveelheid water in combinatie met geschikte hulpstoffen.



## WATER-CEMENTFACTOR

Het gebruik van een hoge W/C-factor ( $> 0,60$ ) wordt afgeraden om redenen van duurzaamheid, voor de stabiliteit van het mengsel en om bleeding te beheersen. In de meeste gevallen is daarom het gebruik van superplastificeerders aangewezen. Een lage W/C-factor ( $\leq 0,45$ ) in combinatie met een hoge dosis superplastificeerder is enkel toepasbaar in beton dat machinaal wordt aangebracht. Een dergelijk beton moet van meet af aan tegen uitdrogen beschermd worden, dit om het verhoogde gevaar voor plastische krimp tegen te gaan. Voor beton dat manueel wordt aangebracht (consistentieclassen S3 en S4) geeft men de voorkeur aan een W/C-factor begrepen tussen 0,50 en 0,55 en een normale dosis superplastificeerder.

## CEMENTGEHALTE EN -TYPE

Cementgehalten worden vaak voorgeschreven uitgaande van typebetonsamenstellingen. Ze liggen over het algemeen hoger dan de minima die de norm opgeeft in functie van de blootstellingsklasse en in combinatie met een maximale W/C-factor. Het ongunstige voorschrijven van een minimaal cementgehalte is niet zonder gevaar, omdat onrechtstreeks onverenigbaarheid dreigt met de overige eisen die aan het beton worden gesteld.

Bij het voorschrijven van limietwaarden voor het cementgehalte moet rekening worden gehouden met betontechnologische overwegingen. Doorslaggevende factoren zijn hier onder meer:

- het mortelgehalte van het beton, dat op zijn beurt afhankelijk is van de maximum diameter van de granulaten, van de korrelvorm en van de korrelverdeling;
- het gehalte aan inerte fijne stoffen die door het cement moeten gebonden worden;
- de naleving van de maximum W/C-factor bij de gewenste vloeibaarheid;
- het gebruik van puzzolaanachtige toevoegsels die, voor zover de norm het toelaat, gedeeltelijk mogen aanzien worden als vervangstoffen voor cement;
- het toenemende krimprisico bij overdreven hoge cementgehalten,...

De keuze van een cementtype wordt niet zozeer bepaald door de uiteindelijke gewenste sterkte, dan wel door de weersomstandigheden tijdens de uitvoering, de geometrie van het te betonneren oppervlak, de wijze van uitvoering en de afwerkingstechniek. Met de meeste cementtypes is een bevredigend resultaat haalbaar, op voorwaarde dat het globaal ontwerp, de afwerking en vooral de nabehandeling correct zijn uitgevoerd.

De keuze van de sterkteklasse van het cement gebeurt in functie van de omgevingstemperatuur. Bij gemiddelde temperaturen (10 tot 20 °C) is cement van klasse 42,5 aan te raden. Deze cementtypes binden en verharden vrij snel, en laten een afwerking toe binnen een aanvaardbaar tijdsbestek. Om bij hoge temperaturen het scheurrisico veroorzaakt door de hydratatie-warmte te beperken, of voor grote oppervlakken, kan eventueel een langzamer hardend cement gebruikt worden, t.t.z. van klasse 32,5.

Bij droge weersomstandigheden en wanneer geen droog slijtlaagmengsel wordt aangebracht, dient het beton beter en langduriger te worden beschermd tegen vroegtijdige uitdroging. Wordt het beton afgewerkt met een droog slijtlaagmengsel, dan dient hiervoor een sneller cement (bij voorkeur CEM I 42,5) aangewend te worden om te snelle uitdroging te voorkomen.

Bij een lage omgevingstemperatuur kan in principe cement van klasse 52,5 gebruikt worden. In die omstandigheden is het omwille van het risico op vorstschade echter aangewezen om de aanleg van de vloer uit te stellen. Snellere cementtypes maken bovendien de afwerking meer gecompliceerd.

Het voorschrijven van een verplicht cementtype is slechts in specifieke omstandigheden verantwoord. Bijvoorbeeld, bij gevaar voor sulfaataantasting dient HSR cement gebruikt te worden. Voor vloeren die permanent nat blijven, wordt cement met een laag alkaligehalte (LA) aanbevolen.



## • Storten en verdichten van het beton

De bevoorrading van het beton gebeurt in het algemeen door middel van een mixer en een stortgoot of een betonpomp. Is het mengsel bestemd voor een ongewapende vloer, dan kan het ook worden gestort met behulp van kipwagens (*dumpers*), op voorwaarde dat de fundering voldoende stabiel is.

Het beton dient op een continue wijze te worden gestort. Iedere langdurige onderbreking veroorzaakt immers ongewenste hernemingsvoegen in de vloerplaat.

Nadat het beton is aangebracht, wordt het manueel of mechanisch opengespreid, op peil gebracht en met een rij afgestroken. Het peil wordt doorgaans gecontroleerd door middel van een optisch laserinstrument of een trilbalk (*laserscreed*).

De verdichtingsenergie nodig voor het verwerken van het beton vermindert naargelang de vloeibaarheid verhoogt. Gewapend en ongewapend beton wordt verdicht door middel van trillen, zonder evenwel ontmenging te veroorzaken. Verdichting door trillen wordt afgeraden voor staalvezelbeton uit de consistentieclassen S3 en S4. Beton waaraan een superplastificeerder is toegevoegd, moet slechts in beperkte mate verdicht worden.

Indien er geen passende voorzorgsmaatregelen worden genomen, is betonneren bij vriesweer af te raden. Nadat de werken zijn voltooid, wordt de toegang tot de lokalen afgesloten tot het beton een voldoende rijpheid heeft. Schade te wijten aan vroegtijdig betreden van de vloer wordt zodoende vermeden.



a



b



c



d



Storten van beton met behulp van een dumper

Verwerking van het beton en afwerking van het oppervlak:

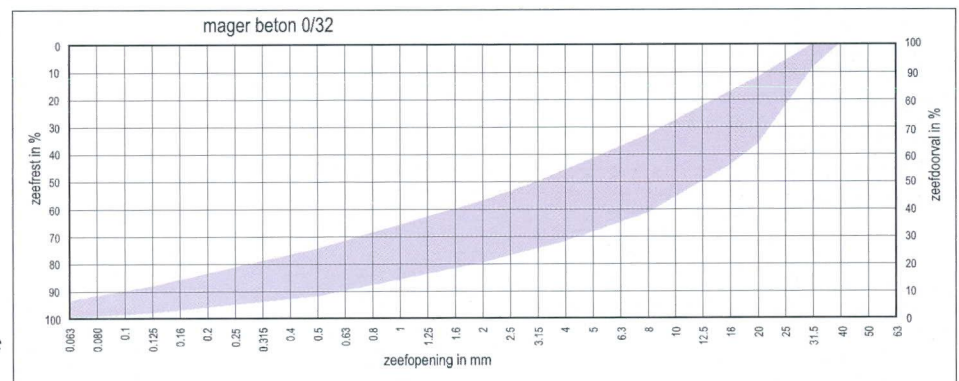
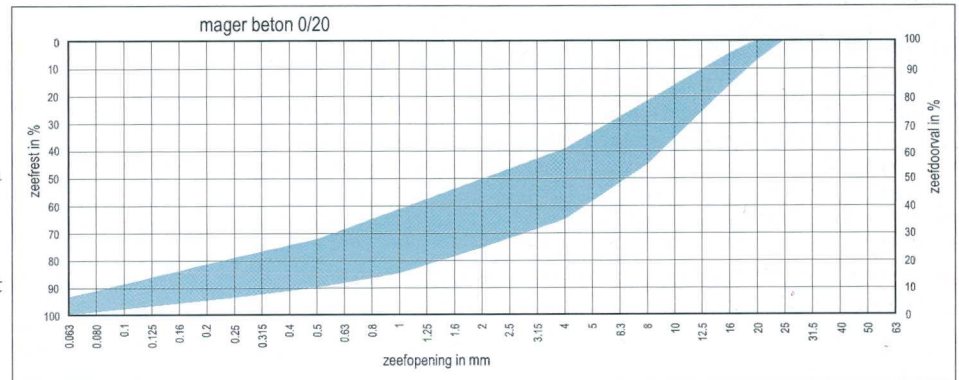
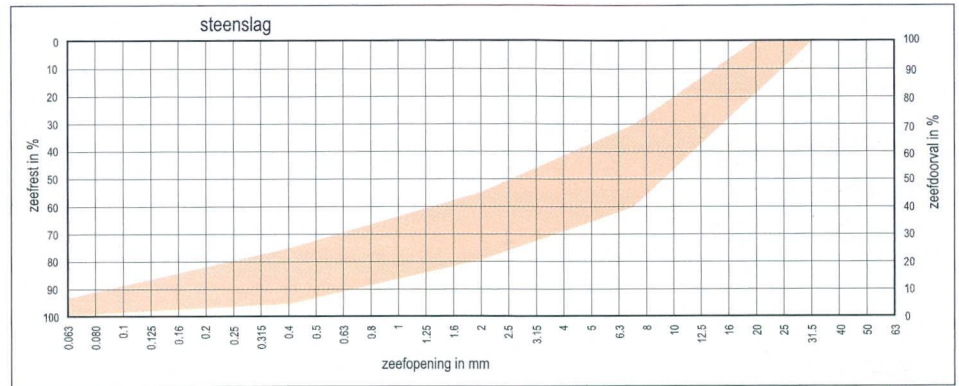
- het beton wordt machinaal opengespreid met een "laserscreed" (a) en afgestroken met een rij (b)
- verder gladstrijken en polijsten gebeurt met trilbalk en "helikopter" (c)
- instrooien van droog slijtlaagmengsel (d)



# KARAKTERISTIEKEN VAN CEMENTGEBONDEN FUNDERINGEN

## Cementgebonden steenslag

- Cementgehalte:
  - in % van de massa inerte materialen : 2,5 tot 4 %
  - in  $\text{kg}/\text{m}^3$  van het verdicht mengsel : 50 tot  $90 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Totale waterhoeveelheid (vochtgehalte van de toeslagstoffen en het zand inbegrepen): ongeveer 5 % van de massa van de bestanddelen, d.w.z. ongeveer  $100 \text{ l}/\text{m}^3$ .
- Voorgescreven granulaatvorm:
  - vormindex:  $\geq 0,275$  voor kalibers met  $D \leq 20 \text{ mm}$
  - vormindex:  $\geq 0,350$  voor kalibers met  $D > 20 \text{ mm}$
  - percentage ronde stenen:  $\leq 7 \%$
  - percentage platte stenen:  $\leq 10 \%$  voor kalibers met  $D > 7 \text{ mm}$
- Het gehalte aan fijne deeltjes ( $\leq 0,063 \text{ mm}$ ) van zand is beperkt tot 12 %. Een gehalte aan fijne deeltjes  $\leq 15 \%$  is toegestaan als de permeabiliteit  $k \geq 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  bij gewijzigd Proctoroptimum, en als de kwaliteit van de fijne deeltjes (type a volgens PTV 401 van het CRIC) zodanig is dat :
  - zandequivalent  $ZE \geq 60$
  - blauwwaarde  $B < 1,0$
- Volumieke massa in droge toestand :  $\geq 2200 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Drukweerstand op 90 dagen (cilinder-vormige proefstukken) : 5 tot  $10 \text{ N}/\text{mm}^2$



## Mager beton

- Cementgehalte :
  - in % van de massa van de inerte materialen: 4 tot 6 %
  - in  $\text{kg}/\text{m}^3$  van het verdicht mengsel:  $\geq 100 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Totale waterhoeveelheid (vochtigheid van de toeslagstoffen en van het zand inbegrepen):  $\leq 8 \%$  van het droog mengsel
- Het gehalte aan fijne deeltjes ( $\leq 0,063 \text{ mm}$ ) van het zand is beperkt tot 10 %
- Volumieke massa in droge toestand: 2100 tot  $2200 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Drukweerstand op 90 dagen (cilindrische proefstukken): 10 tot  $20 \text{ N}/\text{mm}^2$

## Zand cement

- Cementgehalte :
  - in % van de massa inerte materialen: 6 tot 10 %
  - in  $\text{kg}/\text{m}^3$  van het verdicht mengsel: 90 tot  $180 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Totale waterhoeveelheid (vochtgehalte van het zand inbegrepen) tussen 6 en 11 % van de droge massa
- Hoeveelheid fijne deeltjes ( $\leq 0,063 \text{ mm}$ ):  $\leq 20 \%$
- Volumieke massa in droge toestand: 1700 tot  $2000 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Drukweerstand op 90 dagen (cilindervormige proefstukken):
  - fijn grovezand met een beperkte hoeveelheid fijne deeltjes ( $\leq 3 \%$ ): 3 tot  $7 \text{ N}/\text{mm}^2$
  - breeksand met een hoeveelheid fijne deeltjes van ongeveer 15 %: 10 tot  $20 \text{ N}/\text{mm}^2$



## VERHARDING

### • Beton

De betonsamenstelling wordt bepaald in functie van een reeks factoren die betrekking hebben, enerzijds op de eisen die aan het verharde beton gesteld worden, en anderzijds op de verwerkingsvoorwaarden.

Het aanbrengen van een topklaag (slijtlaag) maakt het mogelijk de prestaties van de verharding te verdelen over de betonmassa en de topklaag. De kwaliteit van de bedrijfsvloer is in dat geval het resultaat van een harmonieus samengaan van een basislaag en een afwerkingslaag, in de wetenschap dat de basislaag aan iets minder strenge criteria mag beantwoorden. Is er geen specifieke afwerkingstechniek voorzien, dan zijn de kwaliteitseisen die aan het basislaag worden gesteld aanzienlijk strenger.

De eisen met betrekking tot de verwerkbaarheid van het beton zijn veel strikter voor bedrijfsvloeren dan voor gewone bouwwerken. De aanleg van grote betonoppervlakken vergt een aangepaste verwerkbaarheid, die vaak relatief hoog is en zo constant mogelijk moet zijn. Na het storten moet de betonplaat snel vormvast en toegankelijk zijn, zodat ze kan afgewerkt worden.

Met het oog op een totale kwaliteitszorg wordt aanbevolen beton te gebruiken dat BENOR gecertificeerd is. Dergelijk beton wordt voorgeschreven ("gespecificeerd") door de gewenste prestaties op te geven volgens de Belgische norm NBN B15-001 "*Beton - Prestaties, productie, verwerking en conformiteitscriteria*".

De basisgegevens voor de specificatie van beton zijn:

A: de druksterkte, aangeduid door de sterkteklasse,

B1: het "gebruiksdomein":

ongewapend, gewapend of voorgespannen beton,

B2: de duurzaamheid, aangeduid door de milieuklasse,

C: de verwerkbaarheid, aangeduid door een consistentieklasse,

D: de nominale maximum korrelgrootte van de granulaten.

Voor de meest courante toepassingen kan de geschiktheid van het beton doorgaans door middel van deze basisspecificaties worden gewaarborgd. Als de eigenschappen van het beton echter nauwkeuriger gepreciseerd moeten worden, zoals voor bedrijfsvloeren het geval kan zijn, dan kunnen een reeks bijkomende vereisten geformuleerd worden. Deze mogen uiteraard niet in tegenspraak zijn met de basisspecificaties.

Achtergrondinformatie over het voorschrijven van beton "met gespecificeerde eigenschappen" volgens de norm NBN B15-001 is te vinden in *bulletin nr. 19*. Hoe beton voor bedrijfsvloeren kan worden voorgeschreven staat in hiernavolgend *kader 3*. Bij het vastleggen van de prestatie-eisen is uitgegaan van een goede samenwerking tussen basislaag en afwerkingslaag.

Aanvullende bepalingen, specifiek met betrekking tot beton voor bedrijfsvloeren, hebben vooral te maken met de bijzonder strenge criteria inzake verwerkbaarheid en afwerking. Hoge vloeibaarheid, pompbaarheid en stabiliteit van het mengsel, in combinatie met een gecontroleerde verhardingstijd, stellen specifieke eisen aan de betonsamenstelling. Omdat de basisspecificaties hiertoe doorgaans ontoereikend zijn, worden deze eisen contractueel vastgelegd in de aanbestedingsdocumenten.

De belangrijkste aanvullende eisen en aanbevelingen zijn (zie *kader 4*):

- i.v.m. de eigenschappen van het vers beton :
  - een nauwkeuriger begrenzing van het korrelverdelingsgebied en van het gehalte aan deeltjes (cement, vliegas,...) teneinde de stabiliteit van de betonspecie te verzekeren;
  - een striktere beperking van de W/C-factor;
  - een precieze bepaling van het type en de dosering van plastificeerders of superplastificeerders, luchtbelvormers, bindingsvertragers, bindingsversnellers;
  - aanduiding van een speciale cementsoort in geval van bijzondere omgevingsvoorwaarden;
- i.v.m. de verwerking van het beton:
  - plaatsingsmethode (pompbeton, dumper, rechtstreeks uit de mixer...);
  - verdichtingswijze ;
  - leveringsritme;
  - speciale afwerkingstechniek van het betonoppervlak;
  - bijkomende bescherming van het oppervlak tegen uitdroging.

### • Gewapend beton en staalvezelbeton

Een bedrijfsvloer kan worden uitgevoerd in beton voorzien van wapeningsstaven of een wapeningsnet, in voorgespannen beton of in beton gewapend met staalvezels. Hierbij dient aangestipt dat beton doorgaans als ongewapend wordt aanzien wanneer de wapening een doorsnede heeft van minder dan 0,15 % van de betonsectie, of wanneer geen maatregelen zijn getroffen om de wapening op de voorziene plaats te houden.

#### Wapening

Bij een bedrijfsvloer in gewapend beton wordt de wapening aangebracht vooraleer het betonneren plaatsvindt. Ze wordt op haar plaats gehouden door middel van geschikte toebehoren (afstandhouders, wapeningssteunen e.d.). De afstand tussen de wapeningssteunen mag niet groter zijn dan 80 maal de nominale diameter van de hoofdwapening.

In een bedrijfsvloer van gewapend beton moet de hoofdwapening (in één enkele richting) overeenstemmen met minstens 0,15 % van de betondoorsnede. Om de breedte van de krimpseuren te beperken, is doorgaans een krimpwapening noodzakelijk van 0,3 tot 0,4 % van de betondoorsnede.

De dikte van de verdeelwapening moet minstens 20 % bedragen van de hoofdwapening. In geen enkel geval mag de afstand tussen de hoofdwapeningsstaven de kleinste van de volgende waarden overschrijden: 1,5 maal de effectieve hoogte van het beton of 350 mm.

De wapeningsnetten moeten elkaar voldoende overlappen. Om superpositie van te grote hoeveelheden wapening in de overlappingszones te vermijden verdient het aanbeveling de netten op "kammen" te laten rusten.

De betondekking van de onderste wapening mag niet dunner zijn dan 40 mm. De minimale dikte van de betondekking voor de bovenste wapening hangt af van de blootstellingsklasse van het beton. Zij wordt aangegeven in *tabel 1*, die deel uitmaakt van de norm NBN B15-002 van oktober 1999. Hierbij moet worden genoteerd dat de betondekking dikker moet zijn ( $\geq 50$  mm) bij vloeren bestemd voor transportvoertuigen met inductiebesturing, teneinde elke vorm van interactie te voorkomen.



Er wordt een onderscheid gemaakt tussen drie soorten voegen:

- structuurvoegen (zettingsvoegen en dilatatie- of uitzetvoegen);
- verdeelvoegen (scheidingsvoegen en krimp-buigvoegen);
- constructievoegen (hernemingsvoegen of stortnaden).

*Structuurvoegen*

Structuurvoegen zijn verticale snedes die de betonverharding opdelen in los van elkaar staande delen. De vloerplaten aan beide kanten van een voeg kunnen zodoende weerstand bieden aan de differentiële zettingen (zettingsvoegen) of aan de thermische bewegingen (uitzetvoegen).

Indien verticale bewegingen van de afzonderlijke betonplaten moeten worden vermeden, dienen de voegen uitgerust te worden met stalen profielen of deuvels, of een combinatie van beide.

Een voegdichting zorgt voor een waterkering en/of een oppervlakteaafwerking.

Structuurvoegen kunnen ook voorzien zijn van speciale dubbele stalen profielen met pen en gat, welke gemonteerd worden door middel van bouten in kunststof. In dat geval worden geen deuvels gebruikt.

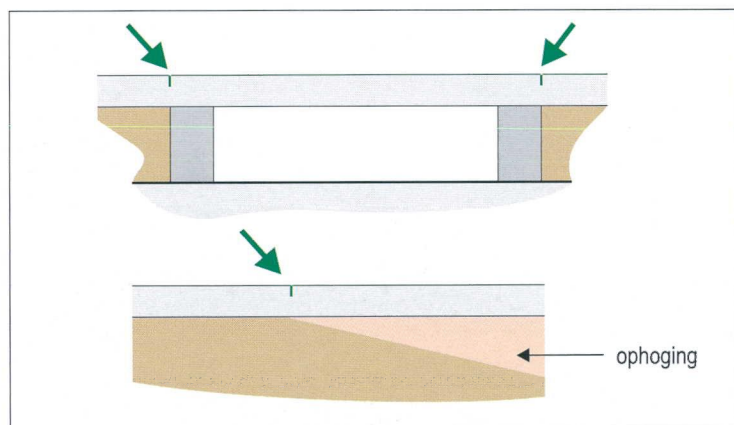


Fig. 4: Situering van structuurvoegen

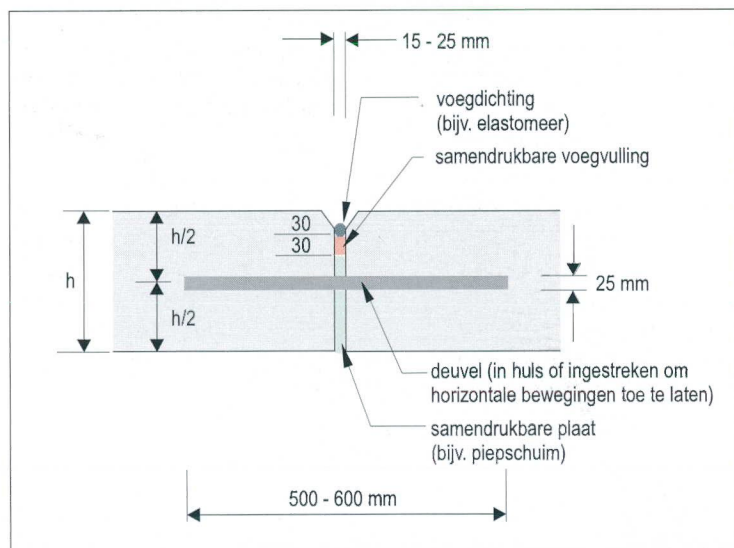


Fig. 5: Voorbeeld van structuurvoeg : zettingsvoeg met deugel

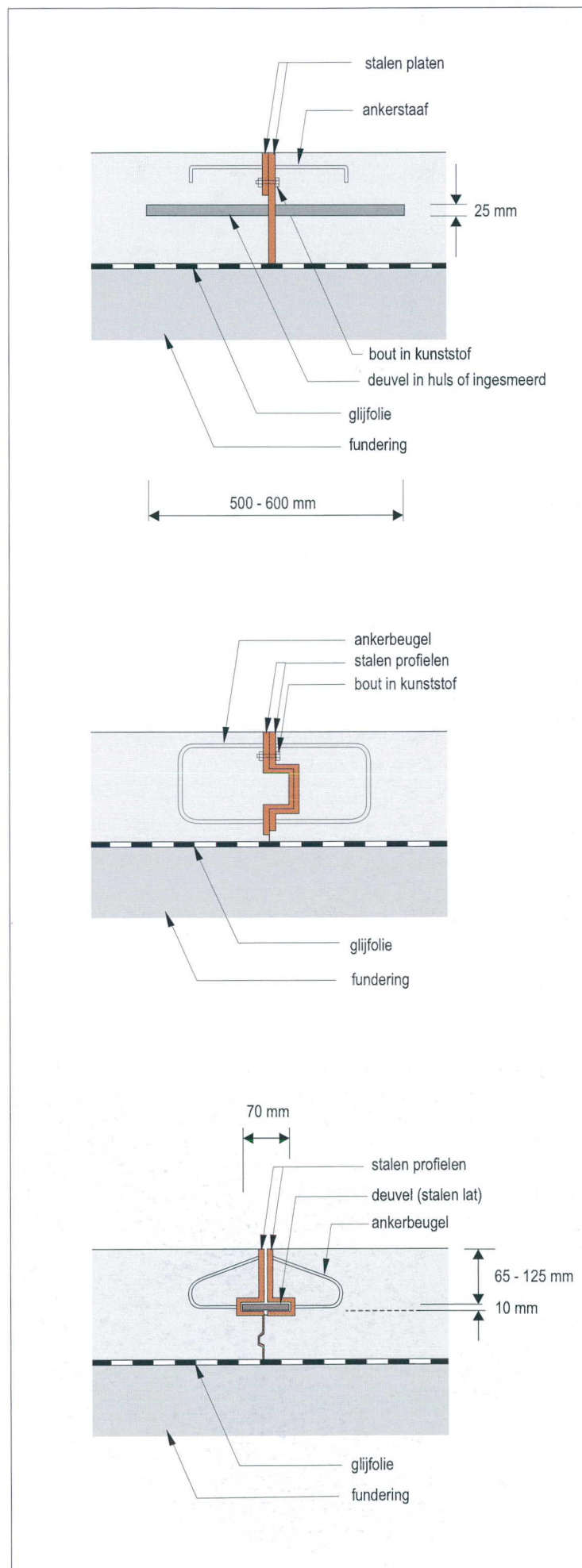


Fig. 6: Voorbeelden van structuurvoegen met stalen voegprofielen



## Verdeelvoegen

Verdeelvoegen dienen om de vloerplaat te scheiden van aanpalende bouwwerken (scheidingsvoegen), en/of grote oppervlakken op te delen in kleinere compartimenten (krimp-buigvoeg).

Door scheidingsvoegen te voorzien wordt de vloerplaat losgemaakt van alle dragende elementen van het bouwwerk (muren, balken, kolommen) en van alle elementen van het bouwwerk (muren, balken, kolommen) en van alle elementen met een eigen fundering (bv. sokkels onder machines). De voegen werken volledig onafhankelijk en laten zowel bewegingen van de vloerplaten als differentiële zettingen toe. Eventuele kleine niveauverschillen ter hoogte van dergelijke voegen hebben in principe geen belang, aangezien zij zich bevinden op plaatsen zonder verkeer.

De voegen lopen door over de volledige dikte van de betonplaat. Aan de rand van de bedekking, waar de verharding hoe dan ook loskomt door krimp, zijn zij smal ( $\leq 2$  mm). Rond kolommen en sokkels in gebouwen, waar de vloerplaatbewegingen qua amplitude en richting minder controleerbaar zijn, moeten de voegen echter breed zijn ( $\geq 10$  mm) en voorzien van een samendrukbare elastische vulling.

Krimp-buigvoegen delen de verharding op in platen waarvan de grootte in verhouding staat tot de dikte (cfr. bulletin nr. 23, tabel 3). Hierdoor blijven de spanningen ten gevolge van krimp en temperatuurgradiënten beperkt, terwijl de structurele continuïteit van de vloer zo min mogelijk wordt verbroken. Dergelijke voegen worden gewoonlijk gezaagd met een diamantzaag tot op een diepte gelijk aan  $\frac{1}{4}$  of  $\frac{1}{3}$  van de plaatdikte. Het zaagwerk in het verhard beton geschiedt uiterlijk 1 dag na het betonneren. De eventuele bovenwapening wordt eveneens doorgezaagd. De voegen zijn 3 tot 4 mm breed. De aldus aangebrachte snedes vormen lokale zwakkere zones en dienen als scheuraanzetten, zodat bij krimp onregelmatige scheurvorming vermeden wordt.

In bijzondere gevallen, zoals vloeren met strenge eisen inzake vlakheid, zones met een druk heftruckverkeer, of vloerplaten op een ondergrond met minder mechanische weerstand, kan het noodzakelijk zijn verticale bewegingen ter hoogte van de voegen te beperken. In dat geval is het aangewezen deuvels in te bouwen op plaatsen waar naderhand krimpvoegen zullen worden gezaagd.

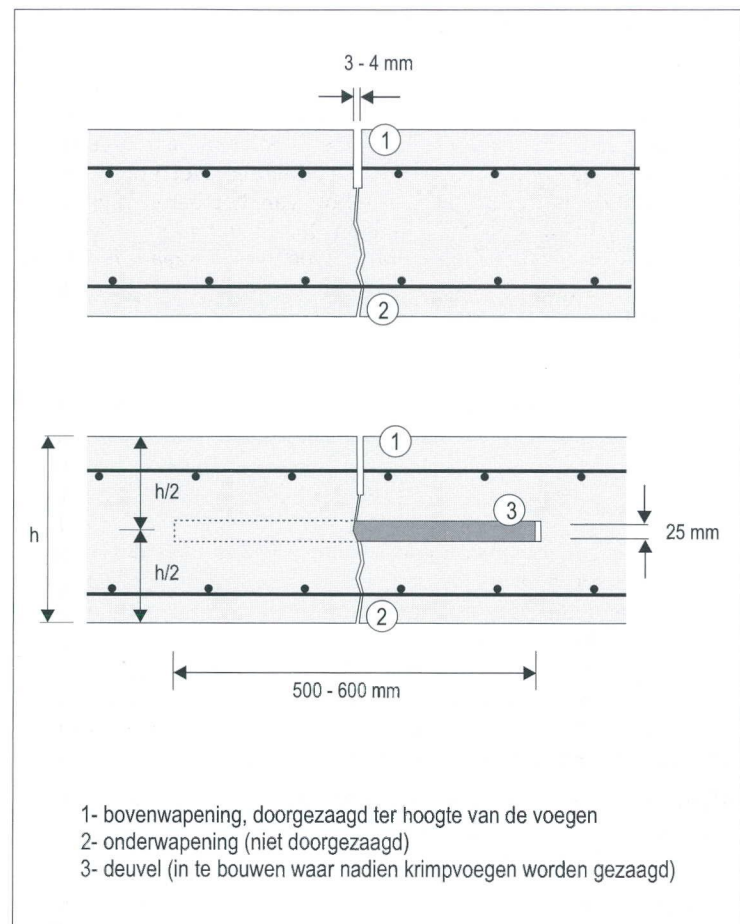
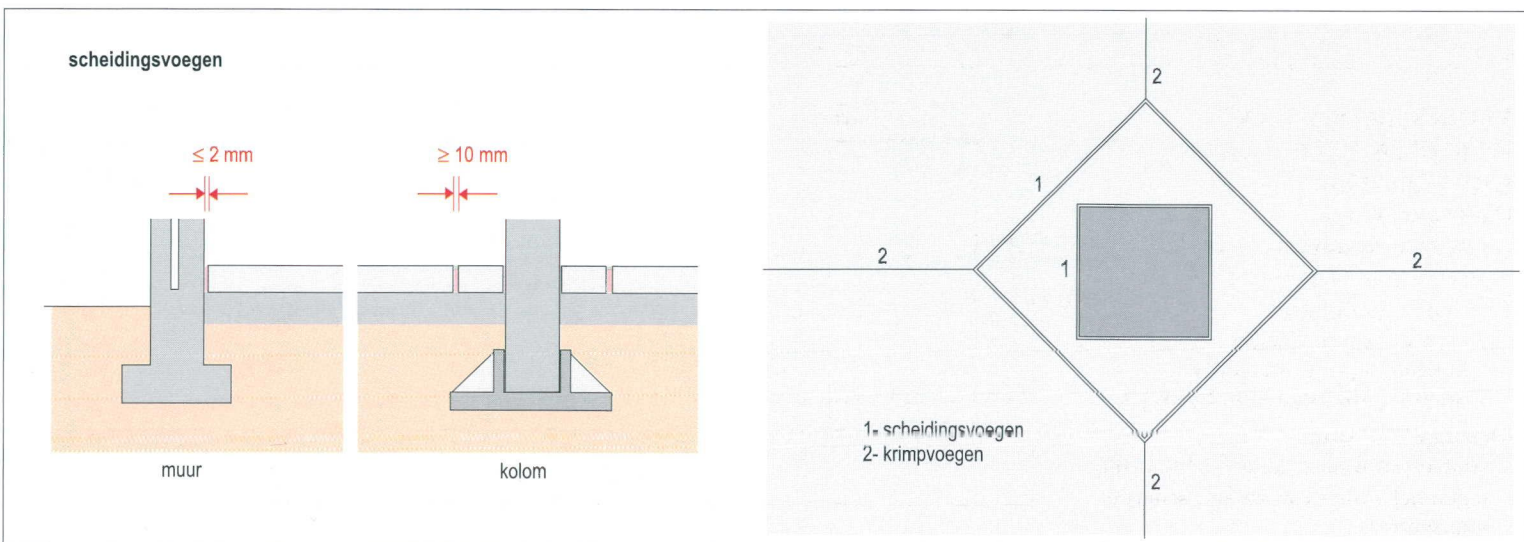


Fig. 8: Krimp - buigvoegen

In het geval van krimp-buigvoegen en bij afwezigheid van deuvels, wordt de last overgedragen door het in elkaar haken van de scheurwanden of als schuifspanning opgenomen door een eventuele doorgaande wapening. De doorsnede van deze laatste moet worden bepaald in functie van de trekweerstand van de volle betonsnede. De door de wapening ontwikkelde trekweerstand mag immers, na scheurvorming ter hoogte van de zaagsnede, niet groter zijn dan deze van de volle betondoorsnede, dit om te vermijden dat de vloer scheurt zoals een verharding in doorgaand gewapend beton. Om die reden moet, in het geval van een dubbel wapeningsnet, de bovenwapening worden doorgezaagd ter hoogte van de voeg.

Fig. 7: Situering van scheidingsvoegen





## • Afwerking van het oppervlak

### Bezemen

Bezemen is eerder typisch voor buitenvloeren. Het moet zo snel mogelijk gebeuren na het aanbrengen van het beton en wordt onmiddellijk gevolgd door de nabehandeling. Het voordeel van deze methode is dat de samenstelling van het beton niet wordt beïnvloed door de afwerkingslaag en dat de slijtlaag niet loskomt. Daartegenover staat dat het beton voldoende duurzaam moet zijn, wat automatisch een hoger cementgehalte en een goede verdichting veronderstelt.

### Afstrijken en polijsten

Het afstrijken begint zodra het beton zodanig verhard is dat het zonder overdreven vervorming kan betreden worden. Door de eerste afstrijkbeweging wordt een hoeveelheid cementpasta naar het oppervlak gedrukt. Bij het uitstrijken van deze pasta worden alle gaatjes in het oppervlak gedicht. Vervolgens wordt het afstrijken met tussenpozen voortgezet tot het oppervlak effen is en indien nodig de gewenste glans is bekomen (de term polijsten is in dit geval meer op zijn plaats). Hoe langer gewacht wordt met de aanvang van deze bewerkingen, hoe meer het verhardingsproces wordt verstoord. In elk geval wordt afgeraden om water aan het oppervlak toe te voegen teneinde het afstrijken te vergemakkelijken. De vlakheid zal er weliswaar minder onder te lijden hebben, maar de kwaliteit van het beton daalt en de kans op afschilfering vergroot.

Afstrijken levert een sterk verdicht oppervlak op. Wegens het verhoogde risico bij vriesweer is de techniek echter minder geschikt voor toepassing in open lucht.

De aanwezigheid van overtollig water (*bleeding*) is nadelig voor de kwaliteit van de bovenste laag. Indien er teveel water aanwezig is, moet het worden afgetrokken vooraleer de afwerking aan te vatten.

### Instrooien van een droog slijtlaagmengsel

Deze afwerkingswijze is gelijkaardig aan de vorige voor wat de bewerkingen betreft, met dat verschil dat er tijdens het afstrijken een bepaalde hoeveelheid droog mengsel wordt toegevoegd. Dit mengsel dient om de oppervlaktelaag te versterken en bestaat gewoonlijk uit één deel cement (CEM I 42,5) en twee delen slijtvast materiaal met een zorgvuldig bestudeerde korrelverdeling (kwarts, carborundum,...) (zie kader 5). Soms worden pigmenten toegevoegd (maximaal 10 % van de cementmassa). Andere mengsels bevatten

metaalkorrels die de schokbestendigheid van het oppervlak verhogen. De mengsels worden ofwel industrieel bereid en voorgedoseerd geleverd, ofwel op de bouwplaats vervaardigd.

Het overtollige water in de afgestreken mortelspecie dient als aanmaakwater voor het instrooimengsel. Het resultaat is een goed hechtende bovenlaag met een lage W/C-factor. Hoe eerder het instrooien wordt aangevat, hoe gemakkelijker het mengsel zich met het beton verenigt. Wel moet de vlakheid van de bovenlaag zorgvuldig in het oog gehouden worden.

Met een goed gekozen uitvoeringsmethode kan voor de slijtlaag tot 6 kg mineraal mengsel per m<sup>2</sup> verwerkt worden. Nochtans is een dosering van 4,5 kg/m<sup>2</sup> meer gebruikelijk en verzekert reeds een voldoende weerstand tegen slijtage. Indien problemen rijzen, wordt aanbevolen om een mengsel van (minimum) 3 kg correct te verwerken, liever dan te proberen een minder hechtende laag van 4,5 kg te realiseren door water toe te voegen. Met instrooimateriaal op basis van metaalkorrels zijn doseringen tot 8 kg mogelijk.

### Topping

Een alternatief bestaat erin om 'nat in nat' een visceuze laag (0,5 tot 1,0 cm dik) aan te brengen. Deze oplossing is duurder en wordt voorbehouden voor toepassingen waar het esthetisch aspect belangrijk is (toevoeging van licht gekleurde pigmenten) of waar een hogere chemische weerstand beoogd wordt. Deze mengsels voldoen aan een heel precieze korrelverdeling, hebben een hoog cementgehalte en bevatten eventueel speciale hulpstoffen (polymeren,...). De afwerking gebeurt eveneens door polijsten. Soms wordt als slijtlaag ook een droog mengsel aangebracht door middel van afstrijken. Een goede hechting is essentieel bij deze oplossing. De stabiliteit van het betonmengsel moet onberispelijk zijn, zoniet vormt zich een laag die onvoldoende hecht als gevolg van *bleeding* of ontmenging.

### Kader 5

#### VOORBEELDEN VAN HARDE EN ZEER HARDE GRANULATEN

Harde granulaten:

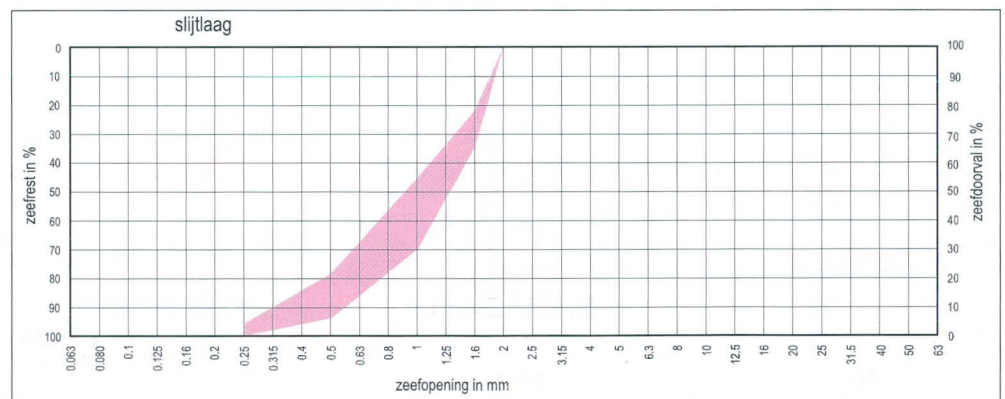
gebroken, gewassen en gekalibreerd kwarts, graniet, porfier, silex, basalt,...

Zeer harde granulaten:

- carborundum: siliciumcarbide
- korund: aluminiumoxyde
- amaryl: aluminium- en ijzeroxyde

Metaalgranulaten:

voor vloeren die bestand moeten zijn tegen het vallen van zware/scherpe voorwerpen





• **Vlakheid en horizontaliteit**

De vlakheid van het oppervlak is belangrijk, immers:

- op lange hellingen kunnen laad- en lostoestellen door inertie-effecten overbelast raken;
- korte niveaoverschillen veroorzaken schokken.

De eerstgenoemde zijn enkel schadelijk voor de verharding. De laatstgenoemde zijn schadelijk zowel voor de verharding als voor de vervoerde goederen.

Het optimaal en efficiënt gebruik van geavanceerde stockagesystemen, gecombineerd met opslag in de hoogte, vereist zeer strenge toleranties. Als voorbeeld toont tabel 2 de afwijkingen met betrekking tot de vlakheid die de Duitse norm DIN 15 185 toestaat. Figuur 2 illustreert de methode om die vlakheid te controleren. Op te merken valt dat heel strenge toleranties inzake de vlakheid van de betonverharding samengaan met even strenge criteria met betrekking tot de slijtvastheid. Laad- en lostoestellen komen inderdaad altijd op dezelfde plaats voorbij in de gangen en kunnen bijgevolg aanleiding geven tot ernstige slijtage van het vloeroppervlak. Voor de slijtlaag dienen dus zeer hoge prestaties voorgeschreven te worden. Zo mag de afslijting volgens de Amslerproef na 3000 m slijtweg hoogstens 1,5 mm bedragen (cfr. Belgische norm NBN B15-223).

• **Ingebruikname**

In principe mag de verharding in gebruik worden genomen zodra het beton een voldoende mechanische weerstand heeft bereikt. Er moet echter worden opgemerkt dat ook nadat het beton deze

weerstand heeft bereikt, nog een deel van de krimp plaatsvindt. In geval van stockage van zware goederen zal deze krimp niet kunnen opgevangen worden door de voegen tussen de vloerplaten. Dit fenomeen van verhinderde krimp vormt voor een verharding die door zware vaste lasten reeds aan grote buigmomenten is blootgesteld, een belangrijke bijkomende belasting.

Redelijkerwijs mag de betonverharding bijgevolg pas 7 dagen na de uitvoering in gebruik worden genomen. Een bedrijfsvloer die minder dan 7 dagen oud is, mag worden opengesteld indien de aannemer kan aantonen dat de sterkte van het beton 75 % bedraagt van de voorgeschreven waarde.



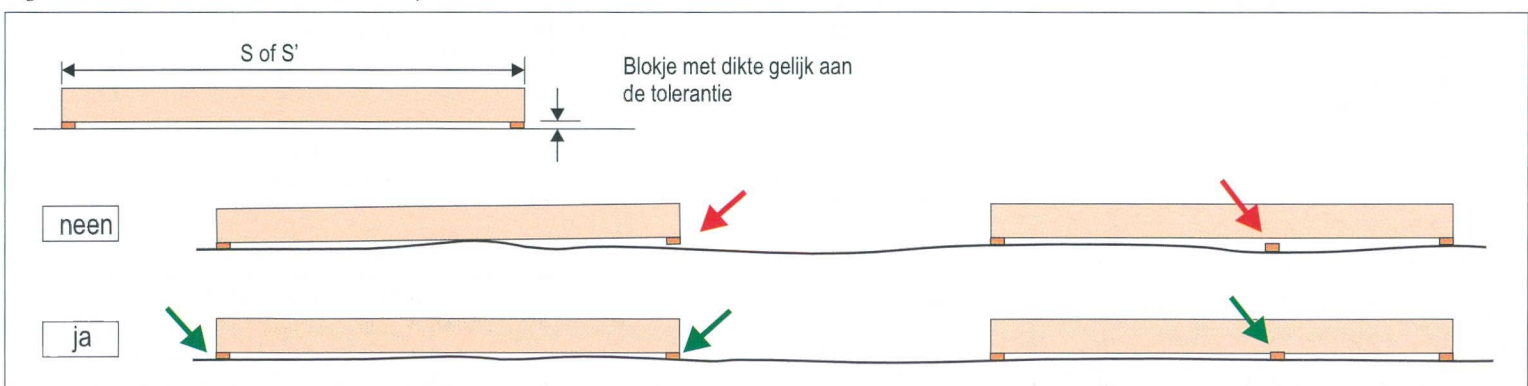
Tabel 2: Toegelaten afwijkingen ten aanzien van de vlakheid, volgens de Duitse norm DIN 15 185

	Toegelaten niveaoverschil in dwarsrichting (in gangen)			
	Afstand S tussen de 2 voorwielen van heftrucks			
	S = 1,0 m	1,0 m < S ≤ 1,5 m	1,5 m < S ≤ 2,0 m	2,0 m < S ≤ 2,5 m
Stockagehoogte ≤ 6,0 m	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm	3,5 mm
Stockagehoogte > 6,0 m	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm

Vlakheidstoleranties in langsrichting (in gangen)			
Afstand S' tussen 2 punten gelegen op een wieltraject			
S ≤ 1,0 m	S' = 2,0 m	S' = 3,0 m	S' = 4,0 m
2,0 mm	3,0 mm	4,0 mm	5,0 mm

Fig. 2: Controle van de vlakheid met behulp van een lat





## BEHEERSING VAN SCHEURVORMING EN OPBUIGING

### • Oorzaken van scheuren en opbuiging

Krimp, thermische bewegingen en vervormingen (zettingen, doorbuiging) kunnen aanleiding geven tot scheurvorming en/of opbuiging ("schoteling" of "curling") van de betonvloer.

#### Krimp

Krimp is het gevolg van de verdamping van aanmaakwater uit het beton, zowel tijdens de plastische fase (plastische krimp) als in de verharde toestand (hydraulische krimp of uitdrogingskrimp). Het verschijnsel hangt af van de samenstelling van het beton, de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de lucht, de afmetingen van het betonelement en de eventuele uitwisseling van vocht met de ondergrond.

Aan de bovenkant is plastische krimp het gevolg van het snel uitdrogen van het mengsel in plastische fase onder invloed van wind en/of bezonning. Onderaan kan vocht uit het beton weggezogen worden door een droge onderliggende laag. Dergelijke uitdroging leidt tot een aanzienlijke volumevermindering, die tot 10 maal groter kan zijn dan de krimp van het beton in de verharde fase.

Aanvankelijk wordt deze volumeverandering gecompenseerd door de vervormbaarheid van het verse beton. Tijdens de binding verhardt het beton geleidelijk. Zolang het oppervlak vochtig blijft, komen geen capillaire spanningen of scheurvorming voor. *Bleeding* op zich is dan ook niet de oorzaak van kripscheuren in de plastische fase, en zal zelfs een beschermende uitwerking hebben.

Wanneer het oppervlak volledig uitdroogt, zullen geleidelijk capillaire spanningen ontstaan, met als gevolg een zeer verspreide en onregelmatige scheurvorming, die het beton het uitzicht verleent van een verdorde kleibodem.

Beton met weinig aanmaakwater en waarvan het oppervlak snel droogt, zal dus in een vroeger stadium plastische scheurvorming vertonen. De beste oplossing om dit te vermijden bestaat erin het beton te beschermen door het in stand houden van een vochtige omgeving.

Overigens moet onderstreept worden dat in situ afgewerkte bedrijfsvloeren niet mogen worden behandeld tegen uitdroging (bv. door het aanbrengen van een *curing compound*), zolang de afwerking niet volledig voltooid is. Er blijft dus een zeer lange periode over tijdens dewelke het gevaar voor scheurvorming niet kan worden vermeden. Scheurtjes worden bij de afwerking weliswaar dicht gestreken, maar het gebeurt niet zelden dat zij achteraf aanleiding geven tot scheurvorming door uitdrogingskrimp. Het waterverlies van het beton tijdens de verharding – de periode waarin de mechanische weerstand zich

ontwikkelt – leidt immers tot een bijkomende volumevermindering van het beton, en dus tot (uitdrogings)krimp.

Wanneer de uitdroging aan het oppervlak snel geschiedt, stijgt de kans op scheurvorming door differentiële krimp tussen enerzijds de oppervlaktelaag en anderzijds het inwendige van het beton (door het verschil in watergehalte). Differentiële krimp veroorzaakt spanningen die op hun beurt aanleiding kunnen geven tot craquelé-vorming in het betonoppervlak en opbuiging van de randen van de betonplaat (*curling*). Ofschoon esthetisch storend is craquelé-vorming doorgaans een onschuldige fenomeen.

De gevolgen van krimp kunnen worden beperkt:

- door een gepaste nabehandeling zodra de staat van het oppervlak dit toelaat;
- door de verharding pas aan te leggen nadat het gebouw gesloten is (gesloten ruimte, beschermd tegen tocht en bezonning!);
- door geen beton te verwerken bij een omgevingstemperatuur van meer dan 30° C.

#### Thermische bewegingen

Het betreft bewegingen veroorzaakt door temperatuurverschillen. Ze kunnen aanleiding geven tot uitzetting of krimp van de betonverharding. Wanneer deze vervormingen worden verhinderd, veroorzaken zij spanningen in de vloerplaat, die op hun beurt tot scheurvorming kunnen leiden.

#### Vervormingen van de ondergrond

Zettingen en vervormingen in de bodem kunnen vanzelfsprekend ook leiden tot scheurvorming. De vervorming van de vloerplaat wordt sterk beïnvloed door haar stijfheid – in het bijzonder door haar dikte, die aangepast moet zijn aan de uitgeoefende belasting – haar elasticiteitsmodulus en haar intrinsieke trekweerstand.

### • De nabehandeling

Om de nadelige gevolgen van uitdroging en krimp te beperken, moet de betonverharding zo goed mogelijk beschermd worden, niet alleen in de plastische fase, maar ook tijdens de hydratatie.

Tabel 3 geeft een overzicht van de mogelijke beschermingsmethodes en hun beperkingen. Het is overigens raadzaam de lokalen te sluiten om tocht te vermijden en zodoende een hoge relatieve vochtigheid te handhaven.

De nabehandeling moet lang genoeg worden volgehouden, rekening houdend met de samenstelling van het beton, de omgevingsfactoren en de gewenste kwaliteit. Meer hierover in *bulletin nr. 22*, met o.a. een tabel overgenomen uit de norm NBN B15-001.

Bij zeer lage ( $\leq 5^\circ\text{C}$ ) of zeer hoge ( $\geq 30^\circ\text{C}$ ) omgevingstemperaturen dienen bijkomende maatregelen te worden genomen voor de bescherming tegen respectievelijk vorstschade en thermische scheurtjes. Beter is nochtans geen beton te verwerken bij dergelijke temperaturen.

Tabel 3: Beschermingsmethodes

	PLASTISCHE FASE	VERHARDINGSFASE	OPMERKINGEN
Afdekken met plastic folie	eventueel	ja	Laat sporen na op vers beton
Besproeien met water	neen	ja	Kan sporen nalaten Niet bij koud weer Niet op hellingen
Afdekken met een laag vochtig zand	neen	ja	Kan sporen nalaten Niet bij zeer koud weer
Nabehandlungsproduct verstuiven (curing compound)	ja	ja	Beton eerst afwerken Aandacht voor de doeltreffendheid van het product



## • Voegen

In bedrijfsvloeren moeten, zoals in andere betonnen verhardingen, voegen worden voorzien om de scheurvorming te beheersen. Bij het uittekenen van het voegpatroon, moet de ontwerper de volgende richtlijnen in acht nemen (fig. 3):

- het oppervlak zoveel mogelijk indelen in vierkante velden of velden met een verhouding lengte/breedte van maximum 1,5;
- vloerplaten vermijden met scherpe hoeken ( $< 90^\circ$ );
- inspringende hoeken vermijden, bijvoorbeeld rond kolommen. In dergelijke hoeken treden spanningsconcentraties op die aanleiding kunnen geven tot ongecontroleerde scheurvorming;
- om differentiële zettingen te vermijden, geen voegen voorzien nabij punten met geconcentreerde belastingen (bijvoorbeeld stijlen van rekken). Is dit niet mogelijk, dan moeten de krimpvoegen met speciale voegprofielen of deuvels worden uitgerust (kader 6), zettings- en dilatatievoegen met wapening. Het gebruik van speciale profielen of deuvels is trouwens raadzaam vanaf een geconcentreerde belasting nabij de voegen groter dan 60 kN.
- in de mate van het mogelijke voegen vermijden op plaatsen met druk verkeer, zoniet moeten ook daar speciale voegprofielen of deuvels geplaatst worden;
- horizontaal verspringende voegen vermijden.

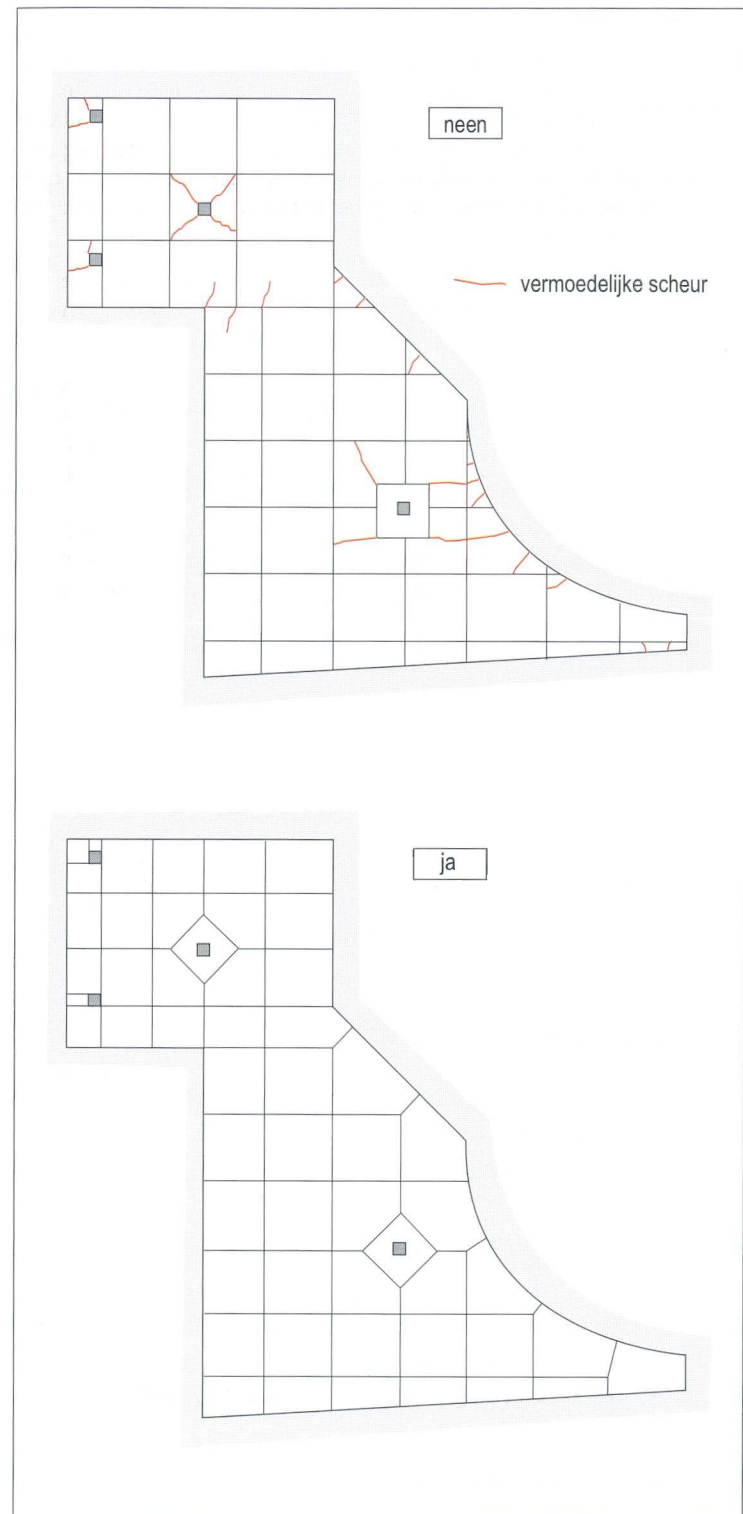
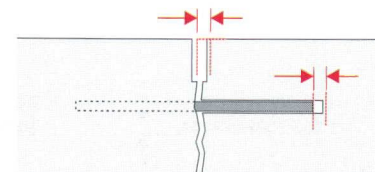
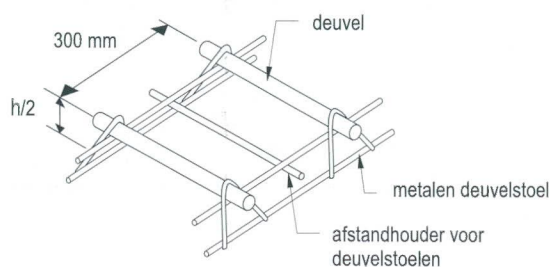


Fig. 3: Correcte en foutieve situering van voegen

### Kader 6

Deuvels zijn gladde wapeningsstaven, die over de helft van de lengte ingesmeerd of omhuld zijn, zodat dit uiteinde vrij kan glijden in het beton na scheurvorming ter hoogte van de zaagsnede. De doeltreffendheid van deuvels hangt af van de correcte plaatsing, namelijk volkomen evenwijdig met de bewegingsrichting. Ze worden enkel aangewend bij verhardingen met een dikte van minstens 15 cm.





## Constructievoegen

Constructie- of hernemingsvoegen zijn inherent aan de gebruikte uitvoeringsmethode. Het betreft ofwel voegen die apart aangelegde betonstroken van elkaar scheiden, ofwel voegen die aan het einde van een werkdag worden gerealiseerd (dagvoegen). Hernemingsvoegen zijn ook nodig wanneer meer dan twee uur verlopen tussen het tijdstip waarop het beton wordt aangemaakt en het einde van de verwerking ervan.

Indien zij zich bevinden in verkeerszones, dienen deze voegen voorzien te zijn van een doeltreffend systeem voor het overbrengen van lasten:

- Voor de voegen tussen betonstroken, kan de lastoverdracht verzekerd worden door een aangepast bekistingsprofiel ("hol en dol", fig. 9). Na verwijdering van de bekisting moet de zijkant van de betonverharding gecoat worden om aanhechting met de aangrenzende baan te vermijden.
- Hernemingsvoegen uitgevoerd op het einde van de werkdag zijn doorgaans vrij breed en moeten in ieder geval uitgerust worden met een systeem van lastoverdracht, bv. deuvels. De voegwanden moeten bovendien vlak zijn en loodrecht staan op het verhardingsoppervlak (fig. 10).



Scheidingsvoeg rond kolons:  
samendrukbare strook en wapeningsnet



Structuurvoeg met stalen profiel

Foto's E. De Blaere

Fig.10: Uitvoering van een dagvoeg met deuvel

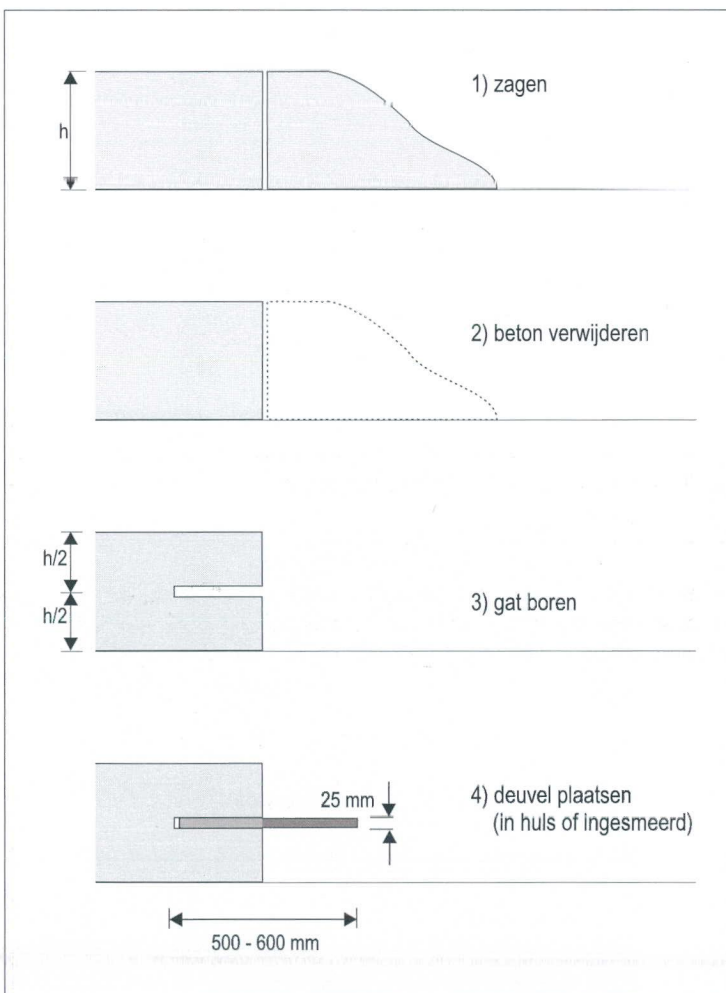
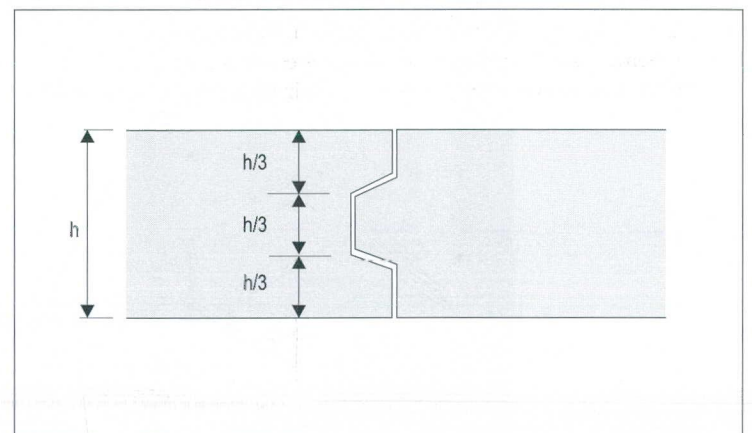


Fig. 9: Constructievoeg met "hol en dol" - profiel







*dit bulletin is een publicatie van:*  
FEBELCEM - Federatie van de  
Belgische Cementnijverheid  
Voltastraat, 8 - 1050 Brussel  
tel. (02) 645 52 11  
fax (02) 640 06 70  
<http://www.febelcem.be>  
e-mail: [info@felbelcem.be](mailto:info@felbelcem.be)

*auteur:*  
Ir C.Ployaert

*foto's:*  
A.Nullens  
(tenzij anders vermeld)

*verantw. uitgever:*  
J.P. Jacobs

*wettelijk depot:*  
D/2000/0280/09

## BIBLIOGRAFIE

*Cementgebonden bedrijfsvloeren*  
*Technische voorlichting nr. 204*  
Brussel : WTCB, juni 1997.

RIGO J.M. (red.)  
*Séminaire 'Sols industriels en béton: conception, dimensionnement, réalisation et pathologie'*  
Luik : CERES, januari 1999

HENDRIKX L.  
*Bedrijfsverhardingen van beton*  
Brussel : Verbond der Cementnijverheid (FEBELCEM), 1990

BOUQUET G. Chr. ; FRENEY F.W.  
*Betonnen bedrijfsvloeren en bedrijfsverhardingen*  
's Hertogenbosch : VNC, oktober 1998

*Concrete Floors on Ground (second edition)*  
Illinois : PCA, 1990

DE BLAERE B.  
*Beton voor cementgebonden bedrijfsvloeren*  
Brussel : november 1997  
(Studiedag KVIV 'Bedrijfsvloeren')

NBN B15-001 – *Beton, productie, uitvoering en conformiteits-criteria – 2e uitgave*  
Brussel : IBN, maart 1992

NBN B15-002 – *Eurocode 2 : Berekening van de betonnen draagsystemen – Deel 1-1 : Algemene regels en regels voor gebouwen – 2e uitgave*  
Brussel : IBN, oktober 1999

DIN 15 185, Teil 1 : *Lagersysteme mit leitliniengeführten Flurförderzugen, Anforderungen an Boden, Regal und sonstige Anforderungen*  
Berlin : DIN, augustus 1991

*Voorbeeld van bedrijfsvloer in renovatieproject:*

*a - Bemerkt de wapeningsnetten boven leidingkokers, de samendrukbare voegstroken rond de kolommen, en de plastic folie dat het metselwerk tegen mortelspatten moet beschermen*

*b - Uitzicht van de vloer na het zagen van de voegen.*

