

## beton voor bedrijfsvloeren

ABT staat voor voegloze bedrijfsvloeren, zonder beperkingen. In het principe van voegloos ontwerpen (zie ook de flyer 'voegloze vloeren') is het beperken van de krimp één van de belangrijkste aspecten. Vanuit de optiek om de krimp in beton te beperken wordt al langere tijd onderzoek verricht, en in de loop der jaren is veel ervaring opgedaan met het afstemmen van betonmengsels op specifieke gevallen. Het betonmengsel dat in een bedrijfsvloer wordt verwerkt bepaalt in sterke mate de uiteindelijke kwaliteit van de vloer.

Vloerenbeton wordt door ABT daarom als een integraal onderdeel van het vloerontwerp gezien. Tijdens de uitvoering worden de belangrijkste eigenschappen gecontroleerd door het meten van specifieke parameters. Op basis van deze bevindingen streeft ABT ernaar het toe te passen betonmengsel voortdurend te optimaliseren.

Bij monolithisch af te werken bedrijfsvloeren worden er hoge eisen gesteld aan het toe te passen betonmengsel. Dit leidt ertoe dat voor vloerenbeton de grenzen van de heersende normering opgezocht moeten worden. In deze flyer worden de belangrijkste uitgangspunten omschreven en uiteindelijk wordt een 'standaard' mengselomschrijving geformuleerd.

Bij het vaststellen van de betonsamenstelling dient met de volgende aspecten rekening te worden gehouden:

- gewenste verwerkbaarheid van het beton tijdens het storten
- stabiliteit van het betonmengsel
- opstijf- en bindingsgedrag op korte termijn in verband met het afwerken van de vloer
- warmteontwikkeling ten gevolge van hydratatie, en de daarna optredende afkoeling
- sterkteontwikkeling op de lange termijn in verband met de draagkracht van de vloer
- krimpgevoeligheid van het betonmengsel; risico op scheuren

Specifieke eisen die aan vloerenbeton kunnen worden gesteld zijn:

- vloeistofdichtheid
- vorst- en dooizoutbestendigheid
- hoge slijtvastheid

### verwerkbaarheid

In de meeste gevallen is een verwerkbaarheid volgens consistentiegebied F4 of F5 gewenst. Vaak wordt door middel van een zetmaat de gewenste consistentieklasse aangeduid. In de consistentieklasse 4 en 5 (waar vloerenbeton over het algemeen in valt) is, volgens de NEN-EN 206-1 de schudmaat maatgevend bij metingen. Het is van groot belang vooraf vast te leggen waar welke consistentie gewenst is. Een schudmaat van 600 mm bij aankomst op het werk is heel wat anders dan dezelfde schudmaat aan het einde van de leiding bij een leidinglengte van 80 meter. Zaken als leidinglengte, maaswijdte en eventueel afschot zijn bepalend bij het vaststellen van de juiste consistentie. De bovengrens van de consistentie (de stabiliteit) van het mengsel dient door de centrale te worden bewaakt.



figuur 1: beton storten met een betonpomp

### stabiliteit

Om de stabiliteit van een betonmengsel te waarborgen dient het toeslagmateriaal uit de juiste gradering te bestaan. Een instabiel mengsel kan tot bleeding of, in extreme gevallen, tot ontmenging leiden. Wanneer bleeding optreedt, is dit schadelijk voor de kwaliteit van met name de toplaag van de vloer. Een 'te stabiel' mengsel kan echter tot een afname van de verwerkbaarheid leiden terwijl de schudmaat toch hoog is. Tevens verhoogt dit de kans op plastische krimp.

# beton voor bedrijfspvloeren

## sterkteontwikkeling

Om na het storten tijdig aan te kunnen vangen met het zogenoemde vlinderproces, waarbij de toplaag van de vloer glad en dicht afgewerkt wordt, moet in het beton al na enkele uren binding optreden. Dit afwerkproces moet na circa 12 uur na het storten worden afgerond. Bij een te snelle binding is de vloer niet af te werken, bij een trage sterkteontwikkeling wordt de toplaag van de vloer onvoldoende hard.

De hydratatie start na circa 2 uur na storten (afhankelijk van diverse factoren) en gaat lange tijd door. De 1<sup>e</sup> nacht na de stort is de hydratatie in volle gang, hierna zal deze langzaam teruglopen. Het verloop van de hydratatie kan door aanpassing van de cementtypen en –hoeveelheden gestuurd worden. Dit is afhankelijk van de specie- en buitentemperatuur, vloerdikte, en omstandigheden (open lucht of in betonnen hal).

Na circa 7 tot 10 dagen moet de vloer belastbaar zijn om de voortgang van de bouwwerkzaamheden niet te belemmeren. Een gemiddelde druksterkte van 25 N/mm<sup>2</sup> is dan in het werk gewenst. De eindsterkte na 90 dagen moet ten minste voldoen aan de sterkteklasse C28/35 ten behoeve van de draagkracht van de vloer. Een veel hogere sterkte is ongewenst, omdat hiervoor veel hogere wapeningspercentages noodzakelijk zijn om de scheurwijdte in een vloer te beperken.

## krimpgevoeligheid

Als gevolg van de chemische reactie, uitdroging en afkoeling krimpt beton. Als gevolg van het krimpen van beton zal scheurvorming en craquelé in een vloer optreden, die als ongewenst kan worden ervaren. Krimpvrij beton is niet te realiseren, binnen de overige randvoorwaarden moet het betonmengsel echter zo krimparm mogelijk worden ontworpen.

Zo wordt bewust gekozen voor een granulaat werkvloer onder de betonvloer, o.a. om de krimp te beperken. In de flyer 'granulaat werkvloer voor bedrijfspvloeren' wordt hier dieper op ingegaan.

## vloeistofdichtheid

Bedrijfspvloeren kunnen 'vloeistofdicht' worden uitgevoerd. Onder de term vloeistofdicht wordt verstaan dat de vloeistof aan de bovenzijde de onderzijde van de vloer niet kan bereiken. Zo moet in elk geval aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

- minimale sterkteklasse C20/25
- maximale indringdiepte van de vloeistof bedraagt 50 mm
- dichtheid beton dient voldoende te zijn
- detaillering vloer dient afgestemd te worden

Meer informatie over dit onderwerp is te vinden in CUR 65 (ontwerp) en CUR 44 (toetsing).

## vorst- en dooizout bestendigheid

Bij vloeren in een buitentoepassing en waarbij dooizouten worden gebruikt is het risico van verwerking groot. Door het beton extra dicht en sterk te maken kan een hoge weerstand worden geboden aan de slijtage-effecten.

Normtechnisch moet het beton met een watercement factor van 0,45 worden samengesteld. ABT wijkt hier bewust vanaf, omdat als strikt de norm wordt gevolgd het cementgehalte verhoogd dient te worden. Daarmee wordt echter ook de krimp en daarmee de scheurvorming verhoogd. CEM III/B, wat als basis wordt gebruikt in de ABT-betonmengsels, is zeer goed bestand tegen indringing van chloriden. Daarbij rekent ABT vliegas uit het oogpunt van duurzaamheid mee voor de water bindmiddelfactor, waarmee een wbf nabij 0,45 benaderd wordt.

Het toepassen van luchtbellen conflicteert met het monolithisch afwerken. ABT hanteert derhalve meestal het nader omschreven basismengsel.

## mengselopbouw

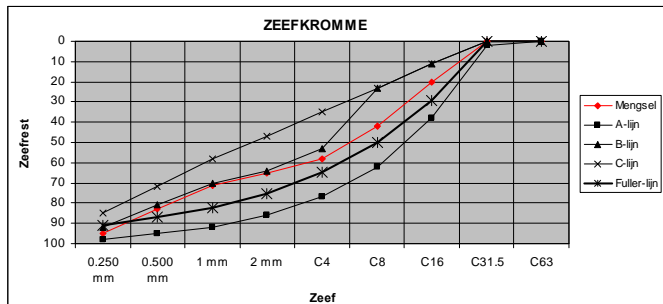
De genoemde uitgangspunten moeten worden gezien als het programma van eisen van de betonmengselsamenstelling. Bij het vaststellen van een mengsel kan vervolgens met de onderstaande ingrediënten gevarieerd worden:

- korrelgradering toeslagmateriaal
- gehalte fijne delen
- water dosering
- cementgehalte
- cementsoort
- bindmiddel
- vulstoffen
- soort en dosering superplastificeerder
- staalvezeldosering

## korrelgradering toeslagmateriaal

In de meeste gevallen wordt een gradering van 0-32 mm toegepast. Bij dunne (overlagings)vloeren met een dikte van 50 – 80 mm kan het noodzakelijk zijn deels of geheel grind 4-16 mm toe te voegen, zogenoemd spramex beton. Bij zeer dunne (overlagings)vloeren met een dikte van 30 – 50 mm kan als korrelgradering zelfs grind 2-8 mm worden toegepast, zogeheten microbeton. Bij een hoge dosering staalvezels van meer dan 30 kg/m<sup>3</sup> wordt vrijwel standaard een deel fijn grind aan het beton toegevoegd. Het is toegestaan de korrelgradering te 'optimaliseren' met maximaal 20% grind 4-16 mm. De gradering van het toeslagmateriaal moet voldoen aan de begrensde gebieden van de A-B lijn volgens de VBT omwille van stabiliteit, lage waterbehoefte en verwerkbaarheid.

# beton voor bedrijfspvloeren



figuur 2: korrelgradering

Het is toegestaan de korrelgradering te 'optimaliseren' met maximaal 20% grind 4-16 mm.

De gradering van het toeslagmateriaal moet voldoen aan de begrensde gebieden van de A-B lijn volgens de VBT omwille van stabiliteit, lage waterbehoefte en verwerkbaarheid.

De 70% zeeffrest bij 1 mm is prijstechnisch weliswaar gunstig, maar een te sterke 'ligstoel' met een plat vlak geeft meer waterbehoefte, en dus meer krimp. Door behalve grof (0-4) zand ook fijn (0-2) zand te doseren kan dit probleem veelal verholpen worden.

## fijne delen

Om beton verpompbaar, verwerkbaar en voldoende stabiel te krijgen moeten er voldoende fijne delen kleiner dan 0,250 mm aanwezig zijn. Voor normaal vloerenbeton is dit ten minste 140 liter, bij staalvezelbeton is dit ten minste 145 liter. Spramex beton vergt weer 5 liter extra (totaal 150 l.) fijne delen en microbeton 10 liter extra (totaal 155 l.).



figuur 3: de schudmaat wordt ook op het werk gemeten

## waterdosering

Slechts een deel van het aanwezige water in beton is benodigd voor de hydratatie van het cement. Het overige deel is benodigd voor het verwerken van het beton. Aangezien het overschot aan water direct meer krimp en dus meer scheurvorming oplevert, dient dit maximaal beperkt te worden. Aan het mengsel wordt dus zoveel water toegevoegd als strikt noodzakelijk is (de minimale waterbehoefte van 165 l bij grind 4-32 mm). De verhoging van de consistentie vindt verder plaats met behulp van superplastificeerder.

De waarden die betoncentrales rekenen voor geabsorbeerd water, verschillen onderling sterk.

Geabsorbeerd water is water, dat op het tijdstip begin binding niet aan het hydratatieproces deelneemt.

Ondanks dat het normtechnisch niet meegerekend hoeft te worden, is ABT van mening dat het op lange termijn wel degelijk uit het beton zal verdampen, en dus krimp zal veroorzaken. Hierdoor wordt de keuze voor cementgehalte en -soort, en eventueel het bindmiddelgehalte, bepaald.

## cementgehalte

Normtechnisch, en ten behoeve van de sterkteontwikkeling, kan veelal met 280 kg cement worden volstaan. Omdat hierbij zeer veel water niet gebonden wordt is dit uit oogpunt van uitdrogingskrimp en scheurgevoeligheid echter niet wenselijk. Om dit vrije water te binden dient het totaal gehalte aan bindmiddel 360 kg te bedragen. Afhankelijk van uitvoeringsomstandigheden en milieuklasse zal een cementgehalte variërend van 280 kg cement tot 340 kg toegepast worden, gecombineerd met respectievelijk 80 tot 20 kg vliegias of Hoogovenslak.

Zo zal bij een watergehalte van 165 liter en een bindmiddelgehalte van 360 kg (ABT rekent  $k=1$  voor vliegias, omdat de waarde na 90 dagen wordt gezien) een theoretische wcf van 0,46 bestaan. Als echter ook geabsorbeerd water wordt meegerekend (doorgaans 10 tot 15 liter) bedraagt de wcf circa 0,50.

De verhouding cement - toegevoegd bindmiddel zal afhankelijk van de milieuklasse, uitvoeringsomstandigheden en in overleg met de partijen worden vastgesteld. Het voordeel van dit mengsel is, dat gestuurd kan worden op hydratatiewarmte. In specifieke gevallen (laadkuil, vloeistofdicht) dient het mengsel met 340 kg cement en 20 kg vliegias toegepast te worden.

# beton voor bedrijfsvloeren



figuur 4: overzicht betonstort

## cementsoort

Als basis wordt Hoogovencement toegepast (CEM III/B 42,5 LHHS). Dit cement heeft bij aanvang een relatief trage sterkteontwikkeling en geeft een hoge dichtheid aan het beton, waardoor de krimpgevoeligheid afneemt. Bij lage temperaturen kan, omwille van het afwerken van de vloer, een gedeelte van het cement vervangen worden door sneller reagerend Portlandcement (CEM I). Vanuit de krimpoptiek dient hier terughoudend mee om te worden gegaan.

## bindmiddel

Aan beton kunnen materialen worden toegevoegd die niet direct, zoals cement, verharden maar toch een verhoging van de druksterkte van beton bewerkstelligen. Het meest bekend is de toepassing van vliegias, maar ook gemalen Hoogovenslak wordt vaak toegepast, alleen dan weliswaar in combinatie met Portlandcement. Bij hogere temperaturen kan normtechnisch tot maximaal een derde deel cement vervangen worden door een alternatief bindmiddel. Deze fungeert ook als interne vochtbinder zodat de uitdrogingskrimp vermindert en door de hogere relaxatiemaat de scheurgevoeligheid afneemt. Silica Fume wordt in vloerenbeton niet toegepast.

## vulstoffen

Om het gehalte fijne delen in beton te verhogen kunnen vulstoffen worden toegepast. In tegenstelling tot bindmiddelen verhogen deze de sterkteontwikkeling niet of nauwelijks, waardoor deze ook niet als vervanger voor cement kunnen dienen. Het bekendste voorbeeld van een vulstof is kalksteenmeel. ABT past echter bij voorkeur vliegias toe.

## plastificeerder

Om de verwerkbaarheid van beton op het benodigde peil te brengen wordt superplastificeerder toegepast. De dosering wordt door de betontechnoloog bepaald. Uitgangspunt is dat bij een zo laag mogelijk watergehalte de juiste consistentie wordt bereikt met behulp van superplastificeerder.

De zogenaamde 3<sup>e</sup> generatie superplastificeerder wordt steeds vaker toegepast. ABT raadt in principe het gebruik hiervan af, omdat veel schadegevallen bekend zijn waarbij geen duidelijke schadeoorzaak aanwijsbaar is.



figuur 5: meting luchtgehalte

## staalvezels

Bij constructieve staalvezelvloeren past ABT staalvezels toe met uiteindenverankering, omdat de effectiviteit van deze vezels het hoogst is. De vezels worden bij voorkeur op de centrale gedoseerd, maar mengen op het werk is ook mogelijk. Staalvezelbeton wordt bij voorkeur mechanisch verwerkt en middels dumpers op het werk getransporteerd.

## basismengsel voor vloeren op puingranulaat

Op basis van de bovenstaande aspecten hanteert ABT het volgende krimparme vloerenbetonmengsel als basis:

- korrelgradering 4-32 mm binnen A-B lijnen VBT (eventueel optimaliseren met een deel 4-16 mm)
- cementgehalte defaultwaarde 300 kg cement en 60 kg vliegias, afhankelijk van omstandigheden wijzigen in tussen de 280 kg en 340 kg cement, aangevuld met respectievelijk 80 tot 20 kg vliegias of gemalen Hoogovenslak, te bepalen in overleg met ABT
- watergehalte 165 liter water
- fijne delen minimaal 140 liter
- superplastificeerder 2<sup>e</sup> generatie

# beton voor bedrijfsvloeren

Bij de inkoop van het betonmengsel kan ABT adviseren over de verhouding cement – vliegias, en de toe te passen cementsoorten. Enkele dagen voor de stort ontvangt ABT graag een mengselberekening, op basis waarvan eventuele laatste aanpassingen gedaan kunnen worden.

## temperatuur

Beton in bedrijfsvloeren verwerken is sterk afhankelijk van temperatuur, omdat het een relatief dunne plaat is met een doorgaans zeer groot oppervlak dat blootstaat aan de omgevingstemperatuur. De volgende tabel kan als richtlijn aangehouden worden.

temperatuur	actie
>25°C	niet storten of beton koelen
15°C-25°C	hoogovencement met vliegias
5°C-15°C	portlandcement, hoogovencement en vliegias
<5°C	niet storten of beton verwarmen

tabel 1: mengsel afhankelijk van specietemperatuur

## uitvoeringstoezicht

Tijdens de uitvoering kan middels een mobiel 'laboratorium' het volumegegewicht, de zet- en schudmaat, luchtgehalte, watergehalte en daarmee de waterbindmiddelfactor gecontroleerd worden. Tevens kunnen monsters vervaardigd worden ten behoeve van de beproeving van de druksterkte, slijttreksterkte, buigtreksterkte en krimpmaat van het beton. Het bijwonen van de aanvang van de stort, en de afstemming van het betonmengsel (indien nodig) heeft tot doel de praktijk zo goed mogelijk aan te laten sluiten op het ontwerpprincipie.



figuur 6: bepalen watergehalte op het werk

## bestekstekst

Als bestekstekst voor een ABT-betonmengsel kan de volgende tekst worden opgenomen: Beton C28/35 op samenstelling volgens opgave ABT, in overeenstemming met de flyer 'Beton voor bedrijfsvloeren'.

- milieuklasse XC2
- fijn toeslagmateriaal: zand
- grof toeslagmateriaal: grind
- vulstof: poederkoolvliegias, hoeveelheid in overleg met de directie
- cementgehalte: maximaal 340 kg/m<sup>3</sup>
- hulpstof: superplastificeerder, ter goedkeuring door de directie. Hoeveelheid: circa 1% van het cementvolume.

De volgende gegevens dienen door de leverancier verstrekt te worden:

- samenstelling van de mortel
- het consistentiegebied
- soort en klasse van het cement
- aard van de toeslagmaterialen
- het merk van het cement met een bewijs van oorsprong
- het cementgehalte
- de zeefanalyse van de toeslagmaterialen
- de gewichtsverhouding van de toeslagmaterialen
- de grootste korrel
- watercementfactor
- de zetmaat
- de hulpstoffen

## resumé

ABT streeft ernaar de afstemming van het betonmengsel een onderdeel te maken van het ontwerp van een bedrijfsvloer. Door tijdens de uitvoering overleg aangaande het betonmengsel te voeren en de eigenschappen in het werk te controleren, en zonodig hierin bij te sturen, wordt de algehele kwaliteit van een vloer sterk verbeterd.

Het betonmengsel past in het streven van ABT naar het ontwerpen van een 'duurzaam' gebouwde omgeving door het beperken van het gebruik van primaire grondstoffen, en het beperken van de uitstoot van broeikasgassen door het toepassen van restproducten.

# beton voor bedrijfsvloeren



*figuur 7: stellingenmagazijn in gebruik*

Artikelen mogen met bronvermelding worden overgenomen, na toestemming van ABT.

Meer informatie? Neem dan contact op met adviesgroep civiele techniek  
telefoon +31 (0)26 368 35 00  
e-mail [m.grob@abt.eu](mailto:m.grob@abt.eu)  
internet [www.vloerenadvies.eu](http://www.vloerenadvies.eu)

ABT bv  
Arnhemsestraatweg 358, Velp  
postbus 82, 6800 AB Arnhem  
telefoon +31 (0)26 368 31 11

Delftechpark 12, Delft  
postbus 458, 2600 AL Delft  
telefoon +31 (0)15 270 36 11

Kammenstraat 18  
2000 Antwerpen  
telefoon +32 (0)3 205 37 11

internet  
[www.abt.eu](http://www.abt.eu)