

# VERHARDINGEN IN GEKLEURD UITGEWASSEN BETON

INFRASTRUCTUUR | DECEMBER 2010

(94) | Ef2 | (G5)

BBSfB

- ONTWERP EN UITVOERING
- BETONSAMENSTELLINGEN
- VOORBEELDEN





(coverfoto's:  
'Stadsplein Genk')

België is een land waar beton een prominente plaats heeft verworven in het domein van de wegenbouw. Hierbij denken we dan in de eerste plaats aan de autosnelwegen en de primaire wegen, beheerd op gewestelijk vlak, maar ook aan een deel van de gemeentewegen en vooral de landbouwwegen. Een lange levensduur gekoppeld aan zo goed als geen onderhoud zijn meestal de redenen waarom beton wordt gekozen. En in de meeste gevallen heeft de ervaring geleerd dat dit een terechte keuze is.

In stedelijke en bebouwde omgeving vinden we echter heel wat minder verhardingen in ter plaatse gestort beton. Voor de rijwegen worden veelal asfaltverhardingen gekozen. Voor de wandelzones, de straten en pleinen wordt meestal gebruik gemaakt van elementenverhardingen uit beton of natuursteen. In dat kader heeft de markt van de betonstraatstenen zich altijd verder ontwikkeld. Alle mogelijke vormen, maten, kleuren en oppervlakafwerkingen zijn nu verkrijgbaar en bieden aan de ontwerpers de nodige creatieve mogelijkheden.

Het uitgewassen beton, al dan niet gekleurd, biedt aan architecten en ontwerpers een zeer interessant alternatief om de klassieke voordelen van beton (duurzaam, slijtvast, onderhoudsvrij) te combineren met een esthetisch uitzicht. Het is duidelijk dat op deze manier het klassieke beeld van beton als rijwegverharding evolueert naar een moderner imago van beton als materiaal voor hoogwaardige publieke ruimten.

Uitgewassen beton wordt gekenmerkt door een specifieke oppervlakbehandeling. Onmiddellijk na het plaatsen van de betonverharding wordt een oppervlakbindingsvertrager gesproeid over het verse beton. Deze verhindert dat het cement aan het oppervlak gaat hydrateren en dus dat de mortel gaat binden. Ongeveer 12 à 24 uur later wordt het ongebonden mortellaagje aan het oppervlak weggewassen met bijvoorbeeld een hogedrukreiniger. Zo worden de steengranulaten aan het oppervlak blootgelegd en kunnen de vormen en kleuren ervan tot hun recht komen. Een oordeelkundige keuze van het type granulaten is in deze techniek bijgevolg van groot belang.

Bovendien kunnen de natuurlijke kleuren van de granulaten geaccentueerd worden door een kleurstof toe te voegen in de massa van het beton. In dat geval spreken we over gekleurd uitgewassen beton. Hoewel deze publicatie handelt over ter plaatse gestorte betonverhardingen, wordt de techniek van gekleurd uitgewassen beton ook veelvuldig toegepast voor geprefabriceerde producten, zowel voor bestratingen als voor gevelementen.

Een verharding in gekleurd uitgewassen beton heeft naast een structurele dus ook een belangrijke esthetische functie. Dit betekent dat de klassieke besteksvoorschriften voor de wegenbouw niet toereikend zijn en dat aanvullende specificaties nodig zijn in de bijzondere bestekken (\*). De ontwerper dient hierin op duidelijke wijze zijn visie van het beoogde resultaat weer te geven alsook de betontechnologische aspecten die dit resultaat mee zullen bepalen. Ook vanwege de aannemer wordt een andere instelling verwacht. Hij dient tijdens de uitvoering er ten alle tijde rekening mee te houden dat het beoogde uitzicht van het betonoppervlak wordt bereikt.

(\*) Een WORD-bestand met de aanvullende voorschriften voor de lastenboeken van de drie Gewesten kan worden gedownload op de website van FEBELCEM : [www.febelcem.be](http://www.febelcem.be) > PUBLICATIES > Dossier Cement 2008-... > 13

## TOEPASSINGSGEBIEDEN

Het (gekleurd) uitgewassen beton kan, net zoals de klassiek afgewerkte verhardingen in platenbeton, toegepast worden voor alle mogelijke doeleinden, van de licht belaste voetgangerszones tot de zwaarst belaste snelwegen.

Gemakshalve hanteren we een vereenvoudigde indeling (zie tabel).

Deze indeling zullen we o.a. gebruiken bij de bespreking van de opbouw van de wegverharding, van de betonsamenstelling en van de uitvoering.

Toepassingsgebied	Beschrijving	Toepassingen
'Zwaar verkeer'	Vanaf 50 vrachtwagens > 3,5 ton per dag per rijrichting	Snelwegen, gewestwegen, doortochten, busbanen, ...
'Matig verkeer'	Occasioneel tot matig vrachtwagenverkeer, minder dan 50 vrachtwagens > 3,5 ton per dag per rijrichting	Straten, wijken, marktpleinen, parkings, ...
'Licht verkeer'	Occasioneel tot matig licht verkeer (personenwagens)	Voetpaden, wandelwegen, vrijliggende fietspaden, ...

## OPBOUW VAN DE WEGSTRUCTUUR

In deze publicatie wordt de dimensionering van de wegstructuur – dit is de bepaling van de dikte van de betonverharding en de aard en dikte van de onderliggende lagen (tussenlaag, fundering, onderfundering) in functie van de ondergrond en van de verkeersbelasting – niet in detail besproken.

Zeker voor het toepassingsgebied van zwaar verkeer is het raadzaam om het advies van een deskundige in te roepen voor de opbouw van de structuur.

Onderstaande tabel geeft typestructuren in functie van het toepassingsgebied :

Toepassingsgebied	Structuur	Commentaar			
'Zwaar verkeer'	<table border="1"> <tr> <td>Platenbeton</td> </tr> <tr> <td>Asfalt</td> </tr> <tr> <td>Fundering</td> </tr> </table>	Platenbeton	Asfalt	Fundering	<p>Dikte beton : 20 à 25 cm                      Maximum plaatlengte: 5 m                      Dikte asfaltaag : 4 à 6 cm                      Fundering :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 cm gestabiliseerde steenslag</li> <li>• 20 cm schraal beton</li> <li>• 15 cm walsbeton</li> </ul> <p>Onderfundering : in functie vorstvrije diepte                      Deuvels verplicht in de dwarse krimpvoegen en tussenlaag in asfalt om een goede lastoverdracht tussen de platen te verkrijgen en trapvorming in de voegen te vermijden</p>
Platenbeton					
Asfalt					
Fundering					
'Matig verkeer'	<table border="1"> <tr> <td>Platenbeton</td> </tr> <tr> <td>Fundering</td> </tr> </table>	Platenbeton	Fundering	<p>Dikte beton : 16 à 20 cm                      Maximum plaatlengte : 4 à 5 m                      Fundering :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 cm steenslag</li> <li>• 20 à 25 cm gestabiliseerde steenslag</li> <li>• 15 à 20 cm schraal beton</li> </ul> <p>Onderfundering : in functie vorstvrije diepte                      Deuvels of tussenlaag in asfalt zijn te overwegen</p>	
Platenbeton					
Fundering					
'Licht verkeer'	<table border="1"> <tr> <td>Platenbeton</td> </tr> <tr> <td>Fundering</td> </tr> </table>	Platenbeton	Fundering	<p>Dikte beton : 12 à 16 cm                      Maximum plaatlengte : 3 à 4 m                      Fundering :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 cm steenslag</li> <li>• 15 à 20 cm gestabiliseerde steenslag of schraal beton</li> </ul> <p>Deuvels overbodig</p>	
Platenbeton					
Fundering					

## EISEN AAN DE BETONSAMENSTELLING



© Rob Geerinckx

Omdat er naast de sterkte en duurzaamheid van het beton nu ook een bepaald uitzicht wordt verwacht, zullen aanvullende voorschriften nodig zijn voor de betonsamenstelling om tot dat gewenst globaal resultaat te komen. Alle samenstellende bestanddelen hebben immers in mindere of meerdere mate een invloed op het uiterlijk aspect van de verharding.

Eerst zullen een aantal eisen op vlak van sterkte en duurzaamheid besproken worden en aansluitend de elementen die een invloed hebben op het uitzicht.

### OP VLAK VAN STERKTE EN DUURZAAMHEID

In functie van het toepassingsgebied wordt het beton samengesteld om de nodige sterkte te bereiken die nodig is voor het weerstaan aan de vermoeiing door de wisselende verkeers- en

temperatuursbelastingen. Maar meer nog dan de sterkte is de beoogde duurzaamheid maatgevend voor de betonsamenstelling. Om die reden zullen voor het toepassingsgebied 'Licht verkeer' dezelfde algemene voorschriften gelden als voor 'Matig verkeer'.

Rekening houdend met het niet te vermijden gebruik van dooizouten in de winterperiode en het risico op afschilfering van het oppervlak dat hiermee verbonden is, is het gebruik van een luchtbelvormer altijd een must. Deze zorgt immers voor een verhoogde weerstand tegen de afschilfering door vorst-dooicycli wat toch een vereiste is voor een oppervlak dat op esthetische basis ontworpen werd. Dit leidt tot volgende algemene voorschriften voor de samenstelling, rekening houdend met de typebestekken van de Gewesten (zie tabel).

Toepassingsgebied	Voorschriften betonsamenstelling (uitvoering in één laag)	Eisen vers en verhard beton
'Zwaar verkeer'	Min. 400 kg cement/m <sup>3</sup> W/C-factor ≤ 0,45	<ul style="list-style-type: none"><li>• Min. luchtgehalte vers beton gemeten op de werf = 3 %</li><li>• Min. gemiddelde druksterkte op boorkernen na 90 dagen = 62,5 MPa</li><li>• Max. gemiddelde wateropsorping door onderdompeling op de bovenste schijf van 5 cm na 60 dagen = 6,3 %</li><li>• Max. individuele wateropsorping door onderdompeling op de bovenste schijf van 5 cm na 60 dagen = 6,8 %</li></ul>
'Matig verkeer'	Min. 375 kg cement/m <sup>3</sup> W/C-factor ≤ 0,50	<ul style="list-style-type: none"><li>• Min. luchtgehalte vers beton gemeten op de werf = 3 %</li><li>• Min. gemiddelde druksterkte op boorkernen na 90 dagen = 52,5 MPa</li><li>• Max. gemiddelde wateropsorping door onderdompeling op schijfjes bovenste 5 cm na 60 dagen = 6,3 %</li><li>• Max. individuele wateropsorping door onderdompeling op schijfjes bovenste 5 cm na 60 dagen = 6,8 %</li></ul>
'Licht verkeer'	Idem als 'Matig verkeer'	Idem als 'Matig verkeer'

Ook de samenstellingen voor snelhardend beton, dat al na 72 of 36 u in dienst kan worden genomen, kunnen voor gekleurd uitgewassen beton toegepast worden.

Daarboven gelden nog volgende bijkomende eisen voor de bestanddelen :

Bestanddeel	Eisen of aanbevelingen	Normen
Water	Zuiver leidingwater of gecontroleerd water van andere oorsprong (waterwegen, putwater, gerecycleerd water,...)	NBN EN 1008
Cement	Portlandcement CEM I of hoogovencement CEM III/A van de sterkteklasse 42,5, N(ormal) of R(apid), en steeds LA (met beperkt alkaligehalte) teneinde het schadefenomeen van de alkali-silicareactie te vermijden: CEM I 42,5 R LA, CEM III/A 42,5 N LA Voor toepassingen van snelhardend beton : CEM I 52,5 LA	NBN EN 197-1 NBN B12-109
Zand	Voorkeur voor grof rivierzand of zeezand 0/2 of 0/4 Eisen volgens typebestekken voor : <ul style="list-style-type: none"> <li>• gehalte aan fijne deeltjes (<math>&lt; 0,063</math> mm) <math>\leq 3</math> %</li> <li>• gehalte aan halegoniden (chlorionen) <math>\leq 0,06</math> %</li> <li>• gehalte aan kalkachtige deeltjes voor zeezand <math>\leq 20</math> %</li> <li>• opgelegde bundel voor de korrelverdeling tussen 0 en 2 mm (volgens SB250).</li> </ul> Laag zandgehalte om de waterbehoefte te beperken en zo de duurzaamheid te verhogen	NBN EN 12620
Stenen	Maximum korrelafmeting : 31,5 mm Eisen volgens typebestekken voor : <ul style="list-style-type: none"> <li>• gehalte aan fijne deeltjes,</li> <li>• weerstand tegen verbrijzeling (Los Angeles coëfficiënt of LA),</li> <li>• weerstand tegen afschuring (Micro Deval coëfficiënt in aanwezigheid van water of MDW),</li> <li>• weerstand tegen polijsting (Polished Stone Value of PSV),</li> <li>• afplattingscoëfficiënt (Flatness Index of FI),</li> <li>• gehalte aan chloorionen,</li> <li>• gehalte aan schelpdelen,</li> <li>• vorstdooiweerstand</li> </ul>	NBN EN 12620
Hulpstoffen	Plastificeerders en eventueel superplastificeerders te doseren in functie van de gewenste verwerkbaarheid. Luchtbelvormers te doseren in functie van beoogde luchtbelgehalte van minimaal 3 % van het vers beton op de werf. De compatibiliteit van verschillende hulpstoffen dient te worden nagegaan in de betonstudie.	NBN EN 934-2
Kleurstoffen	Minerale (of anorganische) kleurstoffen, 2 tot maximaal 5 % van de cementmassa om de extra waterbehoefte door het fijne poeder te beperken	NBN EN 12878
Kunststofvezels	Kunnen toegepast worden als extra bescherming tegen plastische krimp. Ze vervangen echter niet de nabehandeling.	

Soms kan er afgeweken worden van de eisen die in de typebestekken van de drie gewesten vermeld staan. Deze zijn immers specifiek opgesteld voor de “standaard-uitvoering” van gewestwegen. Een goed voorbeeld is de weerstand tegen polijsting

PSV die overeenkomstig de typebestekken groter of gelijk moet zijn aan 50. Dit heeft als doel een stroef, veilig oppervlak te behouden gedurende tientallen jaren.  
Op plaatsen met weinig belastend verkeer (wijken, parkings) of plaatsen waar de snelheid

laag ligt (zones 30) en de remafstand minder belangrijk is, kan de bouwheer overwegen om een zachter, meer polijstbaar granulaat te gebruiken zoals kalksteen. Op die manier kan het accent verschoven worden naar het esthetische aspect zoals de kleur van de stenen.

### OP VLAK VAN ESTHETISCH ASPECT

Bij gekleurd uitgewassen beton wordt het uitzicht bepaald door enerzijds de stenen die blootgelegd worden aan het oppervlak

en anderzijds de mortel tussen die stenen. De verhouding tussen stenen en mortel aan het oppervlak is functie van de betonsamenstelling en van de uitwasdiepte. De mortel is samengesteld uit zand, water, cement en eventuele kleurstof, en op die manier zijn alle bestanddelen in min of meerdere mate van belang voor het uitzicht.

Volgende tabel bespreekt de invloed van de verschillende bestanddelen. Er mag echter niet vergeten worden dat aan veel van deze keuzes ook een prijskaartje vasthangt. Voor dit aspect verwijzen we naar de paragraaf over de economische beschouwingen.

Bestanddeel	Bespreking invloed
Water	Een lager watergehalte leidt tot een donkerdere kleur van de mortel, een hoger watergehalte tot een lichtere kleur. Bij kleine verschillen is deze invloed echter klein en daarom mag van de duurzaamheidseisen niet afgeweken worden.
Grijs cement	De kleur van hoogovencement (CEM III/A) is lichter dan die van portlandcement (CEM I) en levert ook een lichter gekleurde mortel op. Ook wanneer kleurstoffen gebruikt worden zal de tint intenser zijn met hoogovencement dan met portlandcement.
Wit cement	Wit cement levert niet alleen een wit gekleurd beton op maar verhoogt ook in hoge mate de intensiteit van een gekleurd beton. Zo zal zelfs een zwart beton een diepere kleur hebben met wit cement dan met grijs cement. Bovendien wordt de zichtbaarheid en daarmee ook de veiligheid door gebruik van wit cement in sterke mate positief beïnvloed omwille van de verhoogde lichtreflectie
Zand	Wanneer een kleurstof gebruikt wordt, zal de invloed van het zand verkleinen en is het aangewezen om de duurzaamheidseisen strikt te volgen. Zonder kleurstoffen heeft het zand wel een belangrijkere invloed op de mortelkleur en dienen desgevallende de eisen aangepast te worden. Een lichtbruin zand, bijvoorbeeld een Maaszand, zal een beigere tint van mortel opleveren. Voor donker gekleurde oppervlakken kan een beperkt aandeel kalkbreekzand gebruikt worden. Ook breekzand van gekleurde gesteenten kan gebruikt worden om de homogeniteit met de stenen zelf na te streven. Het gebruik van breekzand is echter af te raden om duurzaamheidsredenen (grotere waterbehoefte). De fractie tussen 2 en 4 mm van een grof rivierzand kan soms storend werken bij het uitzicht van een gekleurd beton, zeker als er ondiep wordt uitgewassen zodat de mortelfractie een relatief grote invloed heeft ten opzichte van de stenen.
Stenen	Afhankelijk van het feit of men veel of weinig, grote of kleine stenen aan het oppervlak wil zien verschijnen, zal de invloed ervan groter of kleiner zijn. Dit wordt onder andere bepaald door de verhouding S/Z (stenen ten opzichte van zand) of S/S+Z (stenen ten opzichte van zandsteenslagmengsel). Ook de maximale korrelafmeting van de granulaten $D_{max}$ kan aangepast worden in functie van de gewenste textuur. Dit wordt verder besproken in de paragraaf over de typebetonsamenstellingen. Men kan opteren voor de "lokale" Belgische stenen : kalksteen (PSV < 50 !), porfier, gebroken grind, rolgrind of zandsteen (grès). Deze worden echter niet geselecteerd op basis van kleurschakeringen. Het is dus niet mogelijk om een uniforme tint te verkrijgen op basis van grind; de kleuren zullen variëren van wit over geel, oker, bruin, grijs,... tot zwart. Voor meer uniform gekleurde stenen moet meestal beroep worden gedaan op geïmporteerde stenen. Voorbeelden hiervan zijn :

- witte of witgele kwarts
- roodbruin graniet
- rood tot roodbruin porfier
- geel graniet
- zwart basalt
- ...

Er dient steeds te worden nagegaan of deze stenen voldoen aan de eisen gesteld in de typebestekken en of desgevallend de eisen mogen aangepast worden aan de stenen, dit wanneer het esthetisch aspect voorrang krijgt op andere doelstellingen.

Hulpstoffen

Deze hebben geen rechtstreekse invloed op het uitzicht van het gekleurd uitgewassen beton.

Kleurstoffen

Het kleuren van de mortel door toevoeging van een kleurstof is de eenvoudigste manier om de grijze betonkleur te breken (2 à 3 %) of zelfs door een heldere tint te vervangen (4 à 5 %). Om erg uitgesproken kleuren te verkrijgen, bijvoorbeeld zwart, kan het nodig zijn om nog hogere percentages toe te passen (6 à 8 %). Het beton vraagt dan echter meer water, wat de duurzaamheid niet ten goede komt. De vermelde percentages zijn de hoeveelheid droge vaste kleurstof ten opzichte van het bindmiddel (cement) in de betonsamenstelling.

Kleurstoffen komen voor onder verschillende vormen :

- poedervorm
  - voordeel : meest voorkomende en goedkoopste vorm, veel beschikbare kleuren
  - nadeel : stofontwikkeling
- vloeibare vorm
  - voordeel : veel beschikbare kleuren, goed doseerbaar, vergemakkelijkt het mengen en ook mengen in de truckmixer is mogelijk
  - nadeel : pomp met doseerinstallatie noodzakelijk
  - 1% poeder = 0,6 % vloeibare kleurstof. Als gedoseerd wordt onder vloeibare vorm moet dus daarom 2 à 3 % meer gedoseerd worden dan de voorgeschreven hoeveelheid onder poedervorm.
- in water oplosbare zakjes 'Cold Water Soluble Bags'
  - voordeel : arbeidsvriendelijk, mengen in de truckmixer is mogelijk
  - nadeel : minder kleuren beschikbaar
  - nadeel : de hoeveelheid van de zakjes stemt niet altijd overeen met het cementgehalte in het beton

Kleurstoffen kunnen van organische of van minerale (synthetisch of natuurlijk) oorsprong zijn. Met organische kleurstoffen moet zeer omzichtig worden omgesprongen. De kleuring is minder stabiel dan met anorganische kleurstoffen en zij kunnen zelfs bij het zeer lage gebruikspercentage dat wordt aanbevolen (maximaal 1 %) tot aanzienlijk verlies van vorstbestendigheid van het beton leiden. De minerale kleurstoffen van natuurlijke oorsprong zijn dan weer minder kleurkrachtig. Daarom wordt aanbevolen uitsluitend met minerale (of anorganische) synthetische pigmenten te werken.

De meest gekende minerale synthetische kleurstoffen zijn :

- grijs tot zwart : ijzeroxide  $Fe_3O_4$  – magnetiet
- rood : ijzeroxide  $Fe_2O_3$  – hematiet
- wit : titaandioxide  $TiO_2$
- geel tot bruin : gehydrateerd ijzeroxide  $FeO(OH)$
- groen : chroomoxide ( $Cr_2O_3$ )
- blauw : oxide op kobaltbasis



Lanaken





Lanaken: middengoot

## PLAATSING IN ÉÉN OF TWEE LAGEN

Specifiek aan de uitvoering van gekleurd uitgewassen beton is de plaatsing in twee lagen. Omwille van de relatief hoge kostprijs van de edele gekleurde steentjes alsook van de nodige kleurstof worden deze enkel voorzien in een toplaag van 4 à 7 cm dikte. De onderlaag van 10 à 20 cm dikte wordt in een normaal grijs en dus goedkoper wegebeton aangelegd. Om een goede hechting tussen de twee lagen te verzekeren moeten ze nat in nat worden aangelegd, dit betekent dat de toplaag zo snel

mogelijk – dit is binnen de 30 minuten - na de onderlaag wordt geplaatst. Bij de verdichting van de toplaag dient de aannemer omzichtig te werk te gaan opdat het grijze beton van de onderlaag niet opstijgt en zich vermengt met de toplaag. Daarom wordt de onderlaag best met trilnaalden in de massa verdicht en de toplaag met een trilbalk aan het oppervlak. De voor- en nadelen van een eenlaags en tweelaags systeem zijn hierna uiteengezet.

### Voor- en nadelen van eenlaags en tweelaags concept

	 b.v. 20 cm		 b.v. 5 cm deklaag 15 cm onderlaag
+	1 betonsamenstelling	+	duurdere materialen alleen in dunnere deklaag = economie
+	1 verwerking	+	eventueel gebruik van hoogwaardig gerecycleerd betonpuin in onderlaag = economie + milieuvriendelijk
+	eenvoud uitvoering	+	homogener, mooier uitzicht deklaag na uitwassen
-	duurdere materialen over volledige dikte (kleurstof, wit cement, gekleurde steentjes)	-	2 betonsamenstellingen
		-	2 maal verwerken
		-	delicatere uitvoering 'nat in nat'

De moeilijkere uitvoering van een tweelaags beton, vooral omwille van de productie, aanvoer en verwerking van twee betontypes op bouwplaatsen van vaak beperkte omvang, maken deze oplossing niet altijd praktisch mogelijk.

Daarom is gezocht naar een waardig alternatief door middel van een eenlaagse uitvoering met een betonsamenstelling die een overmaat aan kleine stenen bevat (dit wordt verder behandeld).



## PLAATSING TUSSEN VASTE BEKISTINGEN OF MET DE GLIJBEKISTINGMACHINE

Wat de uitvoering in het algemeen betreft, is er geen wezenlijk verschil met de voorschriften en de regels van goede praktijk voor een klassieke betonverharding. Zowel aanleg met de glijbekistingmachine voor grote oppervlakten als manuele verwerking zijn mogelijk.

Bij verwerkingen tussen vaste bekistingen levert verdichting met de trilbalk meestal een homogener resultaat op dan met trilnaalden. Plaatselijke verdichtingen met een trilnaald kunnen na uitwassen een zichtbaar verschil opleveren in uitzicht.

Voor het toepassingsdomein van de zware verkeersbelastingen dient het gebruik van de glijbekistingmachine opgelegd te worden behoudens kleinere lengtes en vakken van onregelmatige vorm zoals ter hoogte van aansluitingen en kruispunten waar er kan gewerkt worden met een dubbele trilbalk en trilnaalden. Ook voor de verhardingen voor de matige en lichte verkeersbelasting biedt de glijbekistingmachine dikwijls de meest kwalitatieve en rendabele oplossing. Voor het werken met een glijbekistingmachine is een continue betonsamenstelling nodig die niet zal ontmengen tijdens de verwerking en die mooie rechtopstaande boorden van de betonplaat oplevert. De gewenste textuur vergt echter soms een uitgesproken discontinue samenstelling met een overmaat aan kleine of grote stenen. In dat geval kan er alleen manueel tussen vaste bekistingen gewerkt worden. Dit komt verder aan bod in de types betonsamenstellingen.

Voor pleinen en wandelzones zijn mooie realisaties mogelijk door de combinatie met andere materialen. Hiervoor gebruiken de Fransen het woord 'calepinage'. Dit staat voor een concept waarbij verschillende kleinere betonvlakken worden afgeboord en onderling gescheiden door stroken van een ander materiaal. We denken dan aan kleinschalige elementen zoals betonstraatstenen, gebakken klinkers of kasseien, aan lineaire elementen uit beton of natuursteen en ook aan houten balken als afboording. Dit rijke gamma aan combinaties van materialen maakt het mogelijk om de contrasten tussen verschillende oppervlakten te versterken en de eentonigheid te breken van te grote vlakken in een zelfde materiaal. Bovendien kunnen deze lineaire stroken de gevellijnen van gebouwen verlengen en kunnen ze vlakken van verschillende textuur of kleur verbinden. Op technisch vlak kunnen de krimp- en dilatatieverschijnselen van de betonvlakken erdoor worden opgenomen.

De calepinage wordt meestal eerst geplaatst, hetzij in een bed van rijke mortel of beton, hetzij op andere wijze stevig verankerd in de ondergrond, zodat deze materialen kunnen dienst doen als bekisting voor het ter plaatse storten van de betonspecie. Het is van belang om een constante betondikte te bewaren tot tegen de bekistingselementen, dit om scheurvorming te voorkomen. Om de bekistingselementen zuiver te houden, dienen ze vóór het betonneren te worden behandeld met een beschermingsproduct of moeten ze worden afgedekt met plastic folie.



1



2



3



4



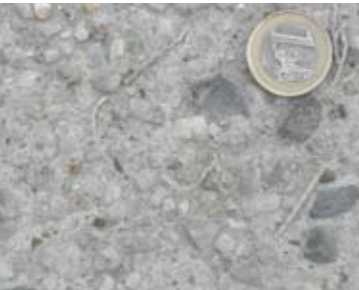
5

1. Aanbrengen onderlaag van tweelaags beton
2. Aanbrengen toplaag van tweelaags beton
3. Verwerking tussen vaste bekistingen met trilbalk
4. Verwerking met de glijbekistingmachine
5. Houten balken als afboording en bekisting (Etretat, FR)

## WAPENING



Deuvelstoelen  
© Rob Geerinckx



Kunststofvezels ter  
vervanging van  
stalen wapening

Ook op het vlak van wapening is er geen verschil met de klassieke toepassingen van platenbeton. De voornaamste principes worden hierna kort uiteengezet.

### DEUVELS, ANKERSTAVEN

Deuvels zijn gladde ronde staven (diam. 25 mm, lengte 600 mm) die in de dwarse krimpbuigvoegen worden aangebracht om een lastoverdracht te verzekeren tussen de verschillende platen. Ze vermijden ook de trapvorming ter hoogte van de voegen. Voor de verhardingen met zware verkeersbelasting is het gebruik van deuvels absoluut noodzakelijk. Ze kunnen aangebracht worden op deuvelstoelen of rechtstreeks ingetrild worden in het verse beton indien de glijbekistingmachine is uitgerust met een installatie voor het inbrengen van deuvels.

Ankerstaven zijn geribde stalen wapeningsstaven (diameter 12 of 16 mm, lengte 750 of 800 mm) die in een langse buigvoeg of langse werkvoeg worden aangebracht om het wegglijden van de betonplaten ten opzichte van elkaar te verhinderen.

### NETWAPENING

Voor de normale toepassingen van platenbeton, waar een goede fundering en een correcte plaatdikte voorzien worden, is bijkomende staalwapening overbodig om de buigtrekspanningen op te nemen. Netten kunnen wel aangebracht worden als krimpwapening wanneer er platen van

onregelmatige vorm voorkomen zoals ter hoogte van kruispunten. De wapening, bij voorbeeld  $\otimes 10 \text{ mm} \times \otimes 10 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ , wordt dan bovenaan geplaatst met een betondekking van 40 mm. Het net dient mee doorgezaagd te worden in de krimpbuigvoegen om de voegwerking toe te laten.

### STAALVEZELS

Staalvezelwapening wordt regelmatig toegepast in industriële vloeren en buitenverhardingen maar slechts zelden in de wegenbouw. Voor esthetische toepassingen ligt dit nog gevoeliger omwille van de, zij het slechts enkele, vezels die aan het oppervlak verschijnen en daar aan roestvorming onderhevig zijn. Voor een uitgewassen oppervlak zijn staalvezels helemaal ongeschikt.

### KUNSTSTOFVEZELS

Naast de fijne polypropyleenvezeltjes die dienen om de plastische krimp te verminderen, zijn er ook grotere kunststofvezels met een structureel versterkende functie. Die kunnen nuttig zijn wanneer staalnetten niet toegelaten zijn omwille van hun storende invloed op sturings- of detectiesystemen. Ook deze kunststofvezels zullen deels aan het oppervlak zichtbaar zijn en kunnen dus mogelijk hinderlijk zijn voor het gewenste uitzicht.



Werkvoeg in cortenstaal



Situering van voegen



PVC-profiel in krimpvoeg (Abbeville, FR)

Op functioneel vlak verschillen de eisen voor dwarse voegen (krimpbuigvoegen, werkvoegen, uitzettingsvoegen) en langse voegen (buigvoegen, werkvoegen) niet van wat er in de typebestekken voorzien wordt. Op esthetisch vlak kunnen er wel andere verwachtingen zijn naar de voegen of het voegenpatroon toe.

Zo moet er op gelet worden dat de fijne betonspecie die gevormd wordt tijdens het zagen, onmiddellijk van het oppervlak verwijderd wordt om vervuiling te vermijden. Andere aspecten m.b.t. de voegen worden samengevat in volgende tabel :

Gewenst uitzicht van de voegen en/of het voegenpatroon	Mogelijke oplossing
Minder voegen dan functioneel nodig	De voegafstand vergroten geeft risico op ongewenste scheurvorming. Een oplossing is het voorzien van wapening met netten of ter plaatse gebonden staven. Met een wapeningspercentage van 0,60 % in beide richtingen kunnen vakken tot 20 x 20 m <sup>2</sup> gerealiseerd worden. Voor nog grotere oppervlakken dient dit wapeningsgehalte nog opgedreven te worden tot 0,80% of meer om een doorgaand gewapend beton te realiseren waarbij de mogelijke scheuren fijn en niet of nauwelijks zichtbaar zullen zijn. Het ontwerp van een dergelijke verharding vraagt de bijstand van een deskundige.
Meer voegen dan functioneel nodig	Extra dwarse krimpbuigvoegen kunnen het gedrag van de verharding nadelig beïnvloeden. Daarom is het beter om tussen de functioneel noodzakelijk voegen extra 'schijnvoegen' aan te brengen. Die worden dan niet tot op 1/3 van de betondikte gezaagd maar slechts 1 à 2 cm diep zodat ze niet als scheuraanzet zullen werken.
Scherpe hoeken	In principe dienen scherpe hoeken in het voegenpatroon absoluut vermeden te worden. Wanneer men deze om esthetische redenen toch wil, zijn volgende maatregelen mogelijk : <ul style="list-style-type: none"> <li>• plaats ze indien mogelijk in onbelaste zones;</li> <li>• plaats krimpwapening bovenaan in de betonverharding (betondekking 40 mm), minimaal 0,25 % of diam. 10 mm alle 150 mm;</li> <li>• maak een 'schijnvoeg' in het laatste gedeelte van de voeg.</li> </ul>
Positie	Wanneer de ligging van de voegen om esthetische redenen belangrijk is, dient dit expliciet op het voegenplan vermeld te worden met een duidelijke plaatsaanduiding. Deze eisen moeten verenigbaar zijn met het functionele voegenplan.
Rechthoekigheid	Wanneer de rechthoekigheid van de voegen een belangrijke esthetische rol speelt, dient het bijzonder bestek de maximaal toegelaten afwijkingen te vermelden alsook de maatregelen die de bouwheer zal nemen indien er van afgeweken wordt (boete, opbraak aanliggende delen).
Breedte	Er kan gekozen worden voor hetzij smalle, discrete voegen hetzij brede en opvallende voegen. De minimale oplossing bestaat uit een enkele zaagsnede van 3 mm breedte zonder verdere sponning. Meestal worden die niet gevuld. Dit kan eventueel discreet met een kleurloze polyurethaankit. Voor de brede oplossing kan de zaagsnede verbreed worden met een sponning tot de normale 8 à 10 mm of tot 25 mm. Bredere sponningen maken het moeilijk om de voegvullingsmassa op haar plaats te houden.
Kleur	De klassieke voegvullingsproducten – warme, koude of voorgevormde profielen – zijn zwart van kleur. Indien een kleur gewenst wordt die aansluit bij de verharding (geel, bruin, rood,... of eventueel kleurloos) dient beroep te worden gedaan op elastische afdichtingskits, meestal op basis van polyurethaan (PU).
Materiaal	Zoals in de paragraaf over de bekisting al werd uiteengezet, is het mogelijk om de voegen uit te voeren met behulp van diverse materialen, gebruikt als verloren bekisting. Dit kan op markante wijze met straatstenen, kasseien, staalprofielen, houten balken enz. maar het kan ook op discrete wijze met bij voorbeeld PVC profielstukjes die in de voegen gepositioneerd worden en slechts een fijne voeg vertonen aan het oppervlak.

## UITWASSEN VAN HET OPPERVLAK

De techniek van het chemisch uitwassen – het gebruik van een bindingsvertrager om nadien het mortellaagje aan het oppervlak te verwijderen – is een in België ontwikkelde techniek. Dit procédé wordt in ons land systematisch toegepast als oppervlakbehandeling op autosnelwegen en andere belangrijke wegen, met als doel een vlak, stroef en geluidsarm betonnen wegdek te realiseren en zo comfort en veiligheid te bieden aan de weggebruikers. Het uitwassen of uitborstelen van het oppervlak gebeurt met een borstelwagen uitgerust met een watersproei-installatie en roterende borstel. Dit is zeker de meest rendabele methode voor grote oppervlakken. Bij het borstelen wordt er echter vaak een deel van de cementpap terug tussen de steentjes geveegd. Daarom is het een must voor esthetische verhardingen om gebruik te maken van een hogedrukreiniger waarbij de volledige loszittende cementmortel en -pasta degelijk kan worden verwijderd. Een combinatie van borstelwagen en hogedrukreiniger is ook mogelijk om rendement en resultaat te verzoenen.

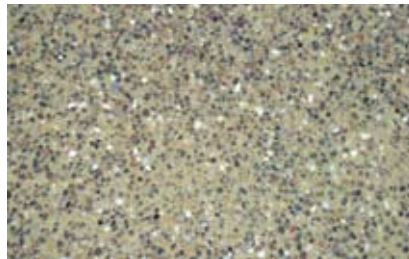
Op de markt zijn verschillende types bindingsvertragers beschikbaar die per producent meestal worden onderverdeeld in functie van de uitwasdiepte of van de korrelmaat van het beton. Met deze gegevens moet evenwel omzichtig omgegaan worden. De opgegeven uitwasdiepte is meestal minder dan de uiteindelijk bereikte textuurdiepte. Als de korrelmaat wordt vermeld, zijn het de stenen aan het oppervlak die hiervoor bepalend zijn. Hoe dan ook dienen er altijd proefplaten en/of proefvakken te worden voorzien. De uitwasdiepte wordt niet zozeer bepaald door de hoeveelheid product die wordt aangebracht, maar eerder door het type vertrager, de buitentemperatuur, het moment van aanbrengen en het ogenblik van uitwassen. De omgevingstemperatuur is doorslaggevend in de bepaling van het ogenblik van uitwassen. Het aanbevolen verbruik bedraagt 200 à 250 g/m<sup>2</sup>. Hoewel de meeste uitwasproducten onschadelijk zijn voor het milieu, is het aangewezen om de cementpap op te vangen en alleszins ervoor te zorgen dat hij niet in de rioolkolken terecht komt.



1



2



3



4



5



6

1. Verstuiven van bindingsvertrager
- 2, 3, 4. Uitwassen met hogedrukreiniger
- © Rob Geerinckx
5. Verschillende uitwasdieptes door gebruik van verschillende bindingsvertragers
6. Uitwassen, opvangen cementpap en reinigen van naastliggend wegdek

## BESCHERMEN VAN HET OPPERVLAK TEGEN UITDROGING (NABEHANDELING)

Om de nadelige gevolgen van uitdroging en krimp – krimpscheuren of windbarsten, sterkteverlies, verminderde duurzaamheid – te vermijden, is het noodzakelijk om het beton te beschermen tijdens de hydratatie en in de plastische fase. In normale omgevingsomstandigheden dient de bescherming gedurende 72 uur (3 dagen) te worden aangehouden. Bij uitgewassen beton gebeurt de bescherming tegen uitdroging door het afdekken met een plastic folie, onmiddellijk na het verstuiwen van de oppervlakbindingsvertrager. Dit is een bijzonder efficiënte manier van nabehandelen. De folie wordt meestal doorgezaagd voor het maken van de voegen. Over de zaagsnede wordt dan idealiter een nieuwe kleine strook geplaatst en geballast. Na het uitwassen dient het oppervlak nog extra beschermd te worden door het verstuiwen van een nabehandelsproduct (curing compound). Om het uitzicht niet te verstoren dient gewerkt te worden met een pigmentvrij, transparant product. Er bestaan ook oppervlakbindingsvertragers met een geïntegreerde werking als nabehandelsproduct. De doeltreffendheid van dergelijke producten dient echter bewezen te worden. Het gebruik ervan wordt best beperkt tot de strikt noodzakelijke gevallen waar het plaatsen van een plastic folie echt niet mogelijk is.

## BESCHERMING VAN HET OPPERVLAK TEGEN VERVUILING EN/OF AFSCHILFERING

Wanneer aan het einde van een werk een mooi resultaat wordt behaald, is het de wens van de bouwheer om dit zo lang als mogelijk in stand te houden. Door de invloeden van natuur, weer en verkeer is het onvermijdelijk dat het oppervlak zal vervuilen. Uiteraard zijn vooral de licht gekleurde oppervlakken hier gevoelig voor. Een ander probleem is de mogelijke afschilfering van het oppervlak en het verlies aan steentjes door de inwerking van vorst in combinatie met dooizouten. Dit kan te wijten zijn aan fouten in de betonsamenstelling of in de verwerking ervan en doet zich vooral voor bij oppervlakken die met de hand werden aangelegd.

Een doeltreffende bescherming tegen vervuiling en/of afschilfering door dooizouten is het aanbrengen van een impregneermiddel. Het product is in feite een hydrofobeermiddel, meestal op basis van silanen, siloxanen of silikaten, dat de indringing van water en dooizouten verhindert. Het zijn meestal producten die na uitdroging kleurloos worden. Een proef op een klein oppervlak wordt aangeraden. Op een nieuw aangelegd betonoppervlak wordt deze impregnering toegepast na minstens een viertal weken en na borstelen van het oppervlak opdat de film van de curing compound verwijderd zou zijn. Er worden kort na elkaar twee lagen verneveld. Indien men na het uitwassen de nabehandeling voortzet met een plastic folie in plaats van met een curing compound, kan het product al drie dagen na aanleg van het beton aangebracht worden. De werkingsduur van een dergelijke behandeling wordt geschat op 5 jaar.

Ook voor een beton dat al licht is aangetast, kan deze behandeling toegepast worden om verdere afschilfering te voorkomen. Aangezien het beton meestal slechts gevoelig is aan het oppervlak kan, in geval van zware aantasting, eerst de oppervlaktextuur hersteld worden (b.v. fijnfrezes). In het slechtste geval dienen de aangetaste platen vervangen te worden. Het voorzien van een impregnatie biedt een bijkomende bescherming aan het oppervlak, maar mag nooit een voorwendsel zijn om een minderwaardig beton toe te passen.

## TYPES BETONSAMENSTELLINGEN

### Continue betonsamenstelling 0/20 of 0/14 met overmaat kleinere stenen voor zwaar verkeer

Dit beton wordt heden ten dage voorgeschreven als geluidsarm beton voor autosnelwegen en gewestwegen. De maximum korrelafmeting wordt beperkt tot 20 of 14 mm en er wordt een overmaat voorzien in de korrels tussen 4 en 6,3 mm (of 8 mm of 10 mm). Door het trillen zakken de grotere stenen en blijven de in overtal aanwezige kleine steentjes aan het oppervlak waar ze na het uitwassen te voorschijn komen. Deze eigenschap komt ook bijzonder goed van pas voor het realiseren van een eenlaags gekleurd uitgewassen beton met fijne gekleurde steentjes en grote klassieke stenen, wat een economisch gunstig alternatief is voor een tweelaags beton. Dit beton kan zowel met de machine als manueel geplaatst worden.

Basisvoorschriften betonsamenstelling :

- Cementgehalte  $\geq 400 \text{ kg/m}^3$  (hogere cementgehaltenes bij kleinere  $D_{\text{max}}$ )
- Water-cementfactor  $\leq 0,45$
- $D_{\text{max}} = 20 \text{ mm}$  of  $14 \text{ mm}$
- De fractie 4/6,3 bedraagt minimaal 20% van het zandsteenslagmengsel OF de fractie 4/8 bedraagt minimaal 25% van het zandsteenslagmengsel
- Vermijden of minimaliseren van de fractie 2/4
- Luchtbelvormer verplicht

### Continue betonsamenstelling 0/20 of 0/14 met overmaat kleinere stenen voor matig en licht verkeer

Dit beton is zeer vergelijkbaar met het vorige maar is eerder toepasbaar op secundaire en lokale wegen, straten, pleinen, enz.

Basisvoorschriften betonsamenstelling :

- Cementgehalte  $\geq 375 \text{ kg/m}^3$
- Water-cementfactor  $\leq 0,50$
- $D_{\text{max}} = 20 \text{ mm}$  of  $14 \text{ mm}$
- De fractie 4/6,3 bedraagt minimaal 20% van het zandsteenslagmengsel OF de fractie 4/8 bedraagt minimaal 25% van het zandsteenslagmengsel
- Vermijden of minimaliseren van de fractie 2/4
- Luchtbelvormer verplicht

### Continue betonsamenstelling 0/31,5 voor een onderlaag voor tweelaags beton

Wanneer in twee lagen gewerkt wordt, zal de onderlaag uit een grijs beton bestaan met eigenschappen die aanleunen bij dat van de topklaag om uiteindelijk een solidair geheel te verkrijgen. Daarom wordt ook in de onderlaag een luchtbelvormer voorzien. Omdat dit beton niet aan het oppervlak verschijnt, is stroefheid niet aan de orde en kunnen er goedkopere stenen gebruikt worden. Dit kan zelfs hoogwaardig gerecycleerd betonpuin zijn waardoor dit type verharding als milieuvriendelijk kan worden bestempeld en past in het kader van duurzaam bouwen. De verwerking gebeurt bij voorkeur machinaal. In geval van manuele plaatsing of wanneer de uvels ingetrild worden met de machine, wordt beter een  $D_{\text{max}}$  van 20 mm voorzien.

Basisvoorschriften betonsamenstelling :

- Cementgehalte  $\geq 375 \text{ kg/m}^3$
- Water-cementfactor  $\leq 0,45$
- $D_{\text{max}} = 31,5 \text{ mm}$  of  $20 \text{ mm}$
- Het gebruik van kalksteen (polijstbaar granulaat) is toegelaten
- Voor de steenfractie tussen 6,3 en 31,5 mm is het gebruik van hoogwaardig gerecycleerd betonpuin (bij voorkeur afkomstig van selectieve opbraak van betonverhardingen) toegelaten
- Luchtbelvormer verplicht

### Continue betonsamenstelling 0/6,3 (of 0/8 of 0/10) voor een toplaag voor tweelaags beton

Door te werken in twee lagen kunnen de nobele granulaten worden voorbehouden voor de toplaag. Doorgaans is de vlakheid van de verharding beter, omdat minder betonmassa dient verwerkt te worden in de toplaag.

De verwerking is zowel machinaal als manueel mogelijk. Bij het plaatsen dient er op gelet te worden dat de onderlaag niet opstijgt in de toplaag.

Basisvoorschriften betonsamenstelling :

- Cementgehalte  $\geq 425 \text{ kg/m}^3$
- Water-cementfactor  $\leq 0,42$
- $D_{\text{max}} = 6,3 \text{ mm}$  (of 8 mm of 10 mm)
- Luchtbelvormer verplicht (minimaal luchtbelgehalte van 5% gemeten op het vers beton op de werf)

### Discontinue betonsamenstelling met overmaat kleine stenen

Dit beton is vergelijkbaar met de continue betonsamenstelling 0/20 met een overmaat aan kleine stenen, maar in dit geval wordt een fractie stenen, bij voorbeeld die tussen 8 en 14 mm, weggelaten. Door deze discontinuïteit kan dit beton niet met de glijbekistingmachine geplaatst worden maar eerder manueel en verdicht met de trilnaald. Dit vraagt een gemakkelijk verwerkbaar 'plastisch' beton dat verkregen wordt door het gebruik van een plasticerder.

Basisvoorschriften betonsamenstelling :

- Cementgehalte  $\geq 400 \text{ kg/m}^3$
- Water-cementfactor  $\leq 0,45$
- $D_{\text{max}} = 20 \text{ mm}$
- De fractie 4/6,3 bedraagt minimaal 20% van het zandsteenslagmengsel OF de fractie 4/8 bedraagt minimal 25% van het zandsteenslagmengsel
- De fractie 6,3/14 (of 8/14) wordt weggelaten in het beton
- Luchtbelvormer verdicht

### Discontinue betonsamenstelling met overmaat grote stenen voor matig en licht verkeer

Wanneer het de bedoeling is een uitzicht te realiseren met een maximum aan grote stenen – aan het oppervlak mooi dicht op elkaar gepakt – moet een discontinu mengsel aangewend worden waarin uitsluitend het grote kaliber van stenen voorkomt. Dit discontinu mengsel moet manueel verwerkt worden tussen vaste bekistingen. Bovendien mag het slechts minimaal verdicht worden om te vermijden dat de stenen in de diepte wegzakken. Daarom wordt dit beton niet getrild maar glad afgestreeken met een vlakke rei of balk zonder extra verdichtingsmiddelen.

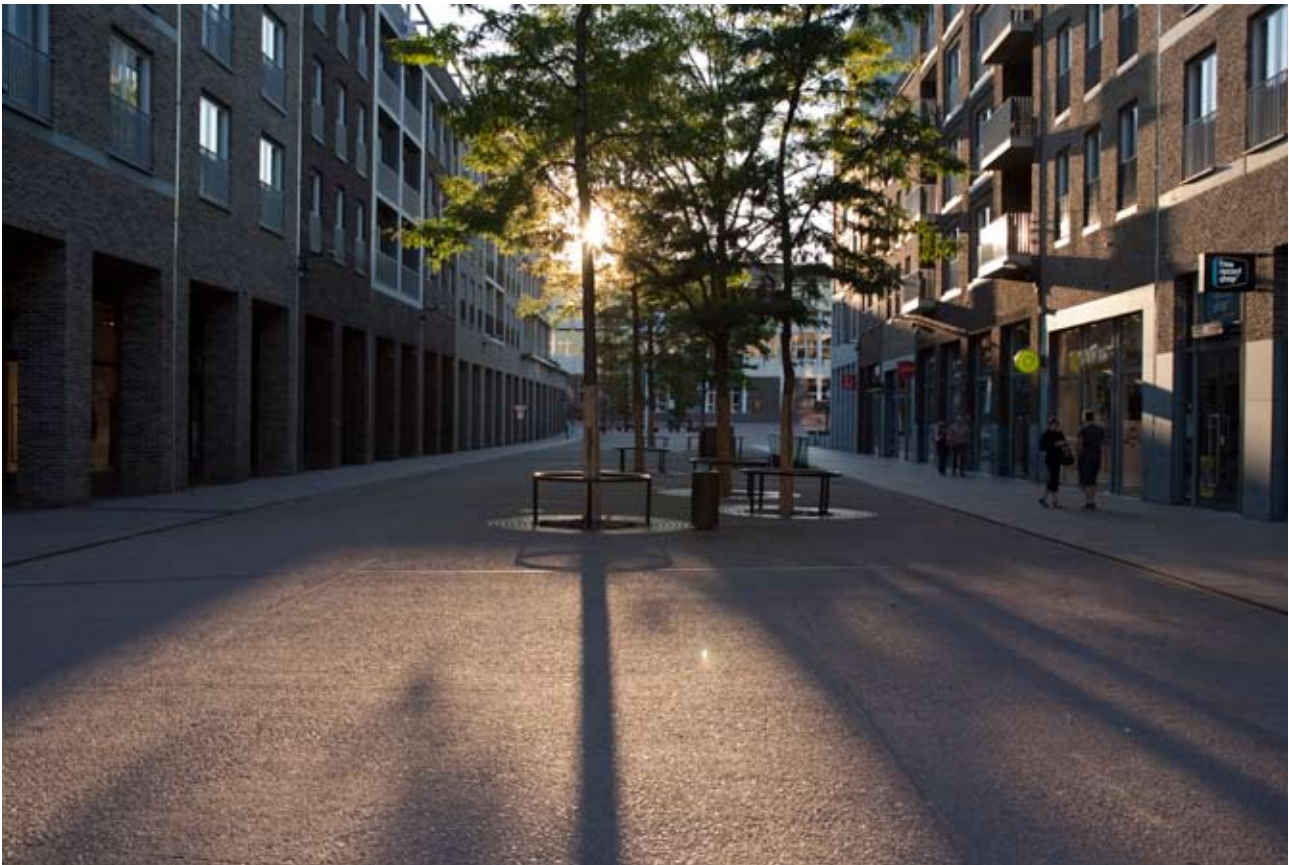
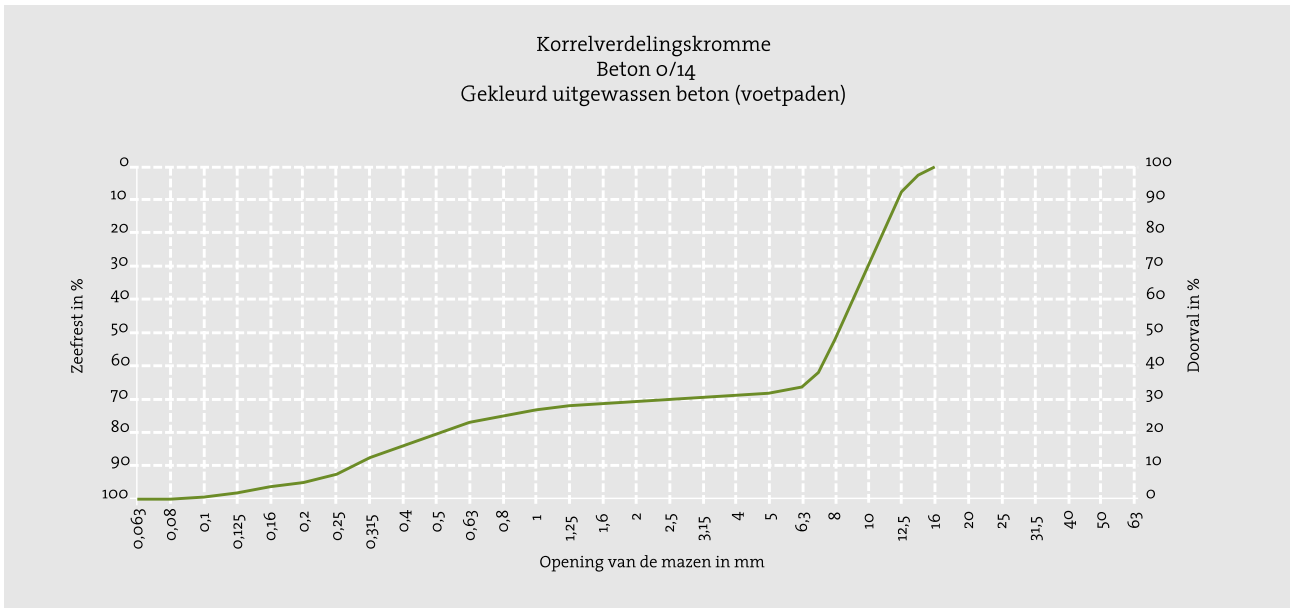
Aangezien het verwerkte beton niet extra verdicht wordt, dienen de controleproeven op verhard beton (druksterkte, wateropsorping, eventueel vorst-dooiweerstand) te gebeuren op boorkernen die ontnomen worden uit een plaat met afmetingen ca. 0,30 x 0,40 x 0,15 m. Deze betonplaat wordt vervaardigd met beton afkomstig van de bouwplaats en verdicht op een triltafel.

Basisvoorschriften betonsamenstelling :

- Cementgehalte  $\geq 375 \text{ kg/m}^3$
- Water-cementfactor  $\leq 0,50$
- $D_{\text{max}} = 16 \text{ mm}$  (of 14 mm of 12 mm)
- Het steenslagskelet bestaat uit een enkele fractie, bij voorbeeld 8/16 mm
- Luchtbelvormer verplicht

Onderstaande figuur geeft de korrelverdeling weer van het inerte skelet (stenen + zand) van een discontinu beton o/14. De fractie tussen

2 en 6 mm is quasi onbestaande terwijl een overmaat (60 %) aan grotere stenen 6,3/14 aanwezig is.





## VOORBEELDEN VAN BETONSAMENSTELLINGEN

### CONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/20 VOOR GRIJS BETON OP BASIS VAN PORFIER VOOR ZWARE VERKEERSBELASTING


Toegepast op de E40/A10 in Ternat in 2002 (alsook op diverse andere autosnelwegen en gewestwegen)

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Porfier 14/20	270
Porfier 6,3/14	590
Porfier 4/6,3	345
Rivierzand 0/4	440
Rivierzand 0/1	150
CEM III/A 42,5 N LA	405
Water	175
Plastificeerder en luchtbelvormer	

### DISCONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/20 MET OVERMAAT KLEINE STENEN VOOR GRIJS BETON OP BASIS VAN PORFIER EN WITTE STEENTJES

Toegepast op de trambusbaan op de Korenmarkt te Gent

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Porfier 14/20	660
Wit gebroken kwarts 5/8	260
Wit gebroken kwarts 2/5	260
Rivierzand 0/2	560
CEM III/A 42,5 N LA	400
Water	180
Plastificeerder en luchtbelvormer	




Korenmarkt, Gent

### CONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/20 VOOR GRIJS BETON OP BASIS VAN PORFIER VOOR MATIGE EN LICHT VERKEERSBELASTING


Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Porfier 14/20	250
Porfier 6,3/14	550
Porfier 4/6,3	370
Rivierzand 0/2	645
CEM III/A 42,5 N LA	375
Water	185
Plastificeerder en luchtbelvormer	

**CONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/20 MET OVERMAAT KLEINE STENEN  
VOOR GRIJS BETON OP BASIS VAN PORFIER EN KLEIN AANDEEL WITTE STEENTJES**  
Samenstelling voor project "Basilieklaan" te Scherpenheuvel in 2010

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )	
Porfier 14/20	330	
Porfier 6,3/14	570	
Porfier 4/6,3	100	
Wit gebroken kwarts 5/8	260	
Rivierzand 0/2	550	
CEM III/A 42,5 N LA	400	
Water	180	
Plastificeerder en luchtbelvormer		


Basilieklaan, Scherpenheuvel: proefplaat met uitgewassen en fijngegroefd oppervlak

**CONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/20 VOOR ANTHRACIET BETON  
OP BASIS VAN PORFIER EN ZWARTE STEENTJES**  
Proefplaat voor het project 'IGLO' te Antwerpen

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )	
Porfier 14/20	325	
Porfier 6,3/14	540	
Basalt 5/8	405	
Rivierzand 0/2	580	
CEM III/A 42,5 N LA	375	
Zwarte kleurstof 5%	18,75	
Water	180	
Plastificeerder en luchtbelvormer		

Continu 0/20, anthraciet



**CONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/20 VOOR ANTHRACIET BETON  
OP BASIS VAN PORFIER EN WITTE EN ZWARTE STEENTJES**  
Proefplaat voor het project 'Busstation', Ieper in 2010

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )	
Porfier 14/20	330	
Porfier 6,3/14	570	
Wit gebroken kwarts 5/8	180	
Zwart basalt 5/8	180	
Rivierzand 0/2	550	
CEM III/A 42,5 N LA	400	
Pigment zwart (2%)	8	
Water	180	
Plastificeerder en luchtbelvormer		

Porfier en wit+zwart


### CONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/16 VOOR BETON OP BASIS VAN ZEEGRIND

Proefplaat voor het project 'Schermplantenstraat', Mariakerke/Oostende" in 2009

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )	
Zeegrind 4/16	600	 <p>Proefplaat Mariakerke/ Oostende</p>  <p>Mariakerke/Oostende: gerealiseerde verharding</p>
Zeegrind 4/8	600	
Zeezand 0/2	525	
CEM III/A 42,5 N LA	425	
Water	186	
Plastificeerder en luchtbelvormer		

### CONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/20 VOOR GEEL EN ZWART GEKLEURD BETON OP BASIS VAN GEBROKEN GRIND

Proefplaat voor het project 'Stationstraat' te Tessenderlo in 2007

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )	
Gebroken grind 14/20	310	 <p>Continu 0/20, geel + zwart</p>
Gebroken grind 10/14	225	
Gebroken grind 6/10	225	
Gebroken grind 4/6	345	
Rivierzand 0/4	520	
Scheldezand 0/1	105	
CEM III/A 42,5 N LA	400	
Zwarte/Gele kleurstof 2%	8	
Water	180	
Plastificeerder en luchtbelvormer		

### CONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/14 VOOR OKERKLEURIG BETON OP BASIS VAN GEROLD GRIND


Proefplaat voor project 'Crematorium Hofheide' te Holsbeek in 2010

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Maasgrind 4/14	995
Maaszand 0/4	755
CEM III/A 42,5 N LA	375
Oker kleurstof 3 %	11,25
Water	185
Plastificeerder en luchtbelvormer	

**CONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/20 VOOR GRIJS OF ROOD GEKLEURD BETON  
OP BASIS VAN SCHOTS GRANIET**

Proefplaat voor project 'Stadsplein' te Genk in 2007

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )	
	Grijs – zware belasting	Rood – lichte belasting
Schots graniet 2/20	1215	1245
Ros zand 0/4	320	380
Wit zand 0/1	200	175
CEM III/A 42,5 N LA	400	360
Roodbruine kleurstof	2	18
Water	180	165
Plastificeerder en luchtbelvormer		




Continu 0/20, rood

**DISCONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/14 VOOR BRUIN GEKLEURD BETON  
OP BASIS VAN KALKSTEEN**

Proefplaten voor project 'Stadsplein' te Genk in 2007

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Gebroken kalksteen 10/14	578
Gebroken kalksteen 8/10	578
Zand 0/1	570
CEM III/A 42,5 N LA	400
Zwarte kleurstof 2%	8
Roodbruine kleurstof 3 %	12
Water	165
Plastificeerder en luchtbelvormer	




Discontinu 0/20, bordeaux kleurstof

**DISCONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/16 MET OVERMAAT GROTE STENEN  
VOOR BETON OP BASIS VAN WITTE STENEN, VOOR LICHT VERKEERSBELASTING**

Proefplaat voor het project 'Buitenverharding AZ Sint-Lucas' te Gent in 2010.


Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Wit gebroken kwarts 8/16	1265
Rivierzand 0/2 (afgezeefd maaszand)	540
CEM III/A 42,5 N LA	375
Water	185
Plastificeerder en luchtbelvormer	



Discontinu 0/16, wit

DISCONTINUE BETONSAMENSTELLING 0/12 MET OVERMAAT GROTE STENEN  
VOOR ROOD BETON OP BASIS VAN ROLGRIND, VOOR LICHTE VERKEERSBELASTING

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Rolgrind 6/12	1240
Rivierzand 0/2 (afgezeefd maaszand)	585
CEM III/A 42,5 N LA	350
Bruine kleurstof 3%	10,5
Water	190
Plastificeerder	



Discontinu 0/12 met rolgrind

GRIJS BETON 0/6,3 VOOR TOPLAAG

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Porfier 2/6,3	1015
Zeezand 0/4	470
Zeezand 0/1	200
CEM III/A 42,5 N LA	425
Water	190
Plastificeerder en luchtbelvormer	



Grijs beton

GROEN BETON VOOR TOPLAAG

Toegepast op de stervormige rotonde te Scherpenheuvel in 1998

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Mengsel grijs profier 4/7 en groen porfier 5/8 (50% - 50%)	980
Rivierzand 0/4	720
CEM III/A 42,5 N LA	425
Water	190
Groene kleurstof, plastificeerder en luchtbelvormer ( poedermengsel)	25

BRUIN BETON VOOR TOPLAAG

Proefplaat voor het project 'Havenlaan', Brussel

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Mengsel gebroken grind en zandsteen 4/6	1060
Rivierzand 0/2	625
CEM III/A 42,5 N LA	425
Bruin pigment 4%	17
Water	200
Plastificeerder en luchtbelvormer	



Bruin beton

### WIT BETON VOOR TOPLAAG

Toegepast op het voorplein van het casino te Dinant in 2001

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Witgeel gebroken Lamonrville 4/7	1045
Rivierzand 0/3	520
Wit cement CEM II/A-LL 42,5 N	425
Wit pigment titaandioxide 1%	4,25
Water	217
Plastificeerder en luchtbelvormer	

### WIT EN ZWART BETON VOOR TOPLAAG

Toegepast op de trambaan in de Voskenslaan te Gent in 2004

Bestanddeel	Aandeel (kg/m <sup>3</sup> )
Witte stenen Noors Wit 3/8	500
Zwarte stenen Basalt 5/8	200
Zwarte glimmende stenen Glanskies 3/5	200
Witte stenen (Flint) Grenette 3/8	100
Rivierzand 0/4	700
CEM III/A 42,5 N LA	425
Water	178
Plastificeerder en luchtbelvormer	



Voskenslaan, Gent



Korenmarkt, Gent

## FINANCIËLE BESCHOUWINGEN

Zoals uit voorgaande tekst kan worden afgeleid, is er heel wat mogelijk met gekleurd uitgewassen beton en dienen er in de ontwerpfase heel wat beslissingen genomen te worden (samenstelling: cement, zand, stenen, kleurstoffen – uitwasdiepte – afwerking voegen en voegenpatroon - ...). Elke keuze heeft uiteraard een impact op de eenheidsprijs van de afgewerkte verharding. Soms is die impact beperkt, maar in bepaalde gevallen kan die de prijs ernstig doen oplopen en de financiële haalbaarheid van het project in het gedrang brengen.

Hieronder worden een aantal keuzes commentariseerd op vlak van prijs. Als referentieverharding hanteren we hiervoor een plaatdikte van 20 cm. Het gaat uiteraard om geraamde gemiddelde prijzen die soms sterk kunnen verschillen in functie van de omvang van het werk en van de uitvoeringsomstandigheden.

Ontwerpkeuze	Beoordeling van de financiële impact	Prijsimpact per m <sup>2</sup>
Portlandcement Hoogovencement	Hoewel er een substantieel prijsverschil is tussen de twee types grijs cement, is dit niet bepalend gezien de beperkte relatieve impact op het geheel. In principe wordt altijd het lichter gekleurde en goedkopere hoogovencement gebruikt tenzij men uitdrukkelijk naar een ongekleurd donkergrijs beton streeft.	
Grijs cement Wit cement	Wit cement is bijna 2 x duurder dan grijs cement en het prijsverschil tussen een beton met grijs en wit cement loopt bijgevolg aanzienlijk op zodat een uitvoering in twee lagen zich opdringt.	$400 \text{ kg/m}^3 \times 0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ $\times 0,08 \text{ euro/kg} = 6,4 \text{ euro/m}^2$
Cementgehalte	Het prijsverschil tussen een beton met 375 en 400 kg/m <sup>3</sup> is eerder beperkt.	$25 \text{ kg/m}^3 \times 0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ $\times 0,09 \text{ euro/kg} = 0,55 \text{ euro/m}^2$
Klassieke stenen Gekleurde stenen	De prijs van gekleurde stenen kan oplopen tot 50 à 70 euro/ton, ook afhankelijk van het kaliber waarbij de fijne steentjes doorgaans duurder zijn. Dit is een aanzienlijk verschil met de klassieke Belgische granulaten met een prijs van ca. 15 à 20 euro/ton. De impact op de kostprijs van het beton kan snel oplopen omwille van de grote hoeveelheid stenen in beton. De prijsimpact wordt hier berekend voor twee gevallen: voor het vervangen van alle stenen in de samenstelling en voor het vervangen van alleen de fijne steentjes door gekleurde.	Alle stenen: $1,2 \text{ ton/m}^3 \times 0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ $\times 35 \text{ euro/ton} = 8,40 \text{ euro/m}^2$  Fijne steentjes: $0,35 \text{ ton/m}^3 \times 0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ $\times 35 \text{ euro/ton} = 2,45 \text{ euro/m}^2$
Kleurstoffen	Kleurstoffen zijn redelijk duur en kunnen in sommige gevallen een tweelaagse uitvoering rechtvaardigen. De courante kleurstoffen in poedervorm (ijzeroxiden) kosten ongeveer 1000 euro/ton. De vloeibare kosten ongeveer 600 euro/ton maar er moeten hogere percentages gedoseerd worden zodat de prijsimpact gelijk blijft.	2 à 5 % $\times 400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ euro/kg}$ $\times 0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 1,6 \text{ à } 4 \text{ euro/m}^2$
Hydrofobermiddel	De extra handelingen die na afloop van het werk moeten gebeuren maken het relatief duur. Het is duidelijk goedkoper om een kwalitatief hoogwaardiger beton te voorzien. Niettemin is het een aan te bevelen techniek voor delen die manueel werden aangelegd.	3 à 4 euro/m <sup>2</sup>

## BESTEKSVOORSCHRIFTEN - DE STAP VAN ONTWERP TOT UITVOERING

Belangrijk in een project waarbij een esthetisch resultaat moet bereikt worden, is de communicatie tussen ontwerper/bouwheer en aannemer/uitvoerder. De ontwerper dient in de eerste plaats goed te weten welk uitzicht hij wenst te bereiken. Vaak wordt dit geïnspireerd door de natuurlijke omgeving of aanliggende bouwelementen. Zo kan de kleur van de aanliggende betonstraatstenen of keien in natuursteen richtinggevend zijn voor het gekleurd uitgewassen beton in een stedelijke omgeving. Soms wil men een natuurlijke kleur nastreven zoals die van de natuurlijke ondergrond in de omgeving, van een strand, van een dolomietverharding,... Hierbij mag men nooit de bedoeling hebben om een kleur of textuur perfect na te bootsen. Zo kan bij voorbeeld het oppervlak van in de werkplaats gefabriceerde betonstraatstenen niet exact nagemaakt worden met een ter plaatse gestort uitgewassen beton. Wel is het mogelijk om kleuren, schakeringen en texturen te vinden die bij elkaar passen en zo een harmonieus geheel vormen.

Om te weten wat haalbaar is, is het aangeraden om in de ontwerpfase al proefplaten aan te maken in labo. Daarbij kan al de invloed worden nagegaan van de keuze van zand en steentjes, van de dosering van de kleurstoffen, van de uitwasdiepte van de verschillende bindingsvertragers enz. Zodra een bevredigend resultaat is bereikt, kan aan de hand van die samenstelling het betreffende technische

luik van het bestek worden opgesteld. In de technische bepalingen dienen de verschillende punten hernomen te worden die bepalend zullen zijn voor het uitzicht, zonder daarom de betonsamenstelling volledig op te leggen. De eindverantwoordelijkheid hiervan ligt immers bij de aannemer. Wel kunnen een foto van de proefplaat en een voorbeeld van samenstelling als richtinggevende elementen worden opgenomen in de contractuele bepalingen.

Omdat proefplaten aangemaakt in een labo niet altijd hetzelfde resultaat opleveren als de te realiseren verharding, dient het bestek ook te voorzien in de aanmaak van proefplaten van ca. 1 m<sup>2</sup> door de aannemer, dit na de goedkeuring van zijn betonstudie en voorafgaand aan de uitvoering van het betongedeelte van het werk. Hierbij dienen om evidente redenen dezelfde materialen te worden gebruikt als bij de latere uitvoering. Ook de manier van verwerking op de werf dient maximaal te worden benaderd. De proefplaten kunnen als referentie dienen voor de beoordeling van het echte werk.

Voor een groot project kan men nog verder gaan door een proefvak te laten aanleggen op reële schaal en met dezelfde middelen (glijbekistingmachine, trilbalk, borstelwagen en hogedrukreiniger,...). Best worden voor de proefplaten en het proefvak afzonderlijke posten voorzien in de opmetingsstaat.



## BEORDELING VAN HET WERK

Er zijn geen vaste regels voor het esthetisch beoordelen van een oppervlak in gekleurd uitgewassen beton. Men kan het geleverde werk vergelijken met de proefplaten of het proefvak, maar ook daar blijft men aangewezen op subjectieve beoordelingen, wat tot moeilijke situaties kan leiden wanneer bouwheer en aannemer er een verschillende visie op nahouden.

Een mogelijke methode is het uitvoeren van de zandvlekproef op beide oppervlakken en de resultaten vergelijken. De zandvlekproef geeft als resultaat de textuurdiepte. Vooraf dient dan wel bepaald te worden welke toleranties toegelaten zijn, bij voorbeeld  $1,2 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ .

Het vastleggen van deze toleranties vraagt nog verder onderzoek, vooral omdat bij de zandvlekproef het resultaat erg afhankelijk is van de operator.

Een andere werkwijze is het tellen van het aantal steentjes binnen een referentiekader, bij voorbeeld een vierkant van 20 cm x 20 cm, en ook dat resultaat vergelijken tussen de proefvakken en het werk. Met deze laatste beoordelingsmethode is in België tot dusver nog geen ervaring. Het loont echter de moeite ze verder te ontwikkelen om te komen tot objectief meetbare beoordelingsmethodes voor het uitwassen.



Proefplaten op de werf



Uitvoeren van de zandvlekproef op de bouwplaats



Uitvoeren van de zandvlekproef op een proefplaat

## BESLUIT

Het gebruik van gekleurd en/of uitgewassen beton voor de aanleg van stedelijke verhardingen kent een groeiende belangstelling in ons land, o.a. door de vrijheid die geboden wordt in de keuze van kleur, granulaten en textuur, wat de creativiteit van de ontwerper ten goede komt. Belangrijk blijft echter dat geen afbreuk wordt gedaan aan de traditionele kenmerken van een betonverharding en in het bijzonder de duurzaamheid.

Een evenwichtige inbreng van landschapsarchitect, ingenieur en betontechnoloog en een vakkundige, gemotiveerde aanpak vanwege de aannemer zijn noodzakelijk om tot een succesvol resultaat te komen. Nieuwe Belgische toepassingen liggen al in het verschiet en kondigen de voortzetting aan van het succes van gekleurd uitgewassen beton.

### HET FRANSE VOORBEELD

Op het vlak van uitgewassen beton in stedelijke omgeving is Frankrijk het toonaangevende land. Waar het Franse aandeel van beton op het auto-wegennet eerder beperkt is, wordt in de centra, voor publieke ruimten, wandelwegen, straten, fietspaden zeer frequent geopteerd voor uitgewassen beton en dit in alle mogelijke departementen. De keuze ervan is gebaseerd op het kwalitatief aspect en op de meerwaarde die deze verhardingen bieden in het concept van ruimtelijke planning dat rekening houdt met het esthetische, met de harmonie van de wegbekleding met de omgeving en met de gebruiksgeschiktheid van de verharding.

De talrijke Franse realisaties getuigen van de enorme vrijheid die aan de ontwerper wordt geboden door in te spelen op het type van granulaten, de maximum korrelmaat, de uitwasdiepte en de kleurschakeringen. Bij voorkeur wordt gebruik gemaakt van lokaal beschikbare granulaten. Dit laat gemakkelijk toe om in een traditionele oude woonkern de verharding harmonieus te laten opnemen in het geheel. Dit betekent echter niet dat deze techniek niet kan toegepast worden in modernere, hedendaagse omgevingen.

Wat bij de Franse projecten in het bijzonder opvalt, is de combinatie met andere materialen om een opdeling in vakken te realiseren.



© Revue Routes



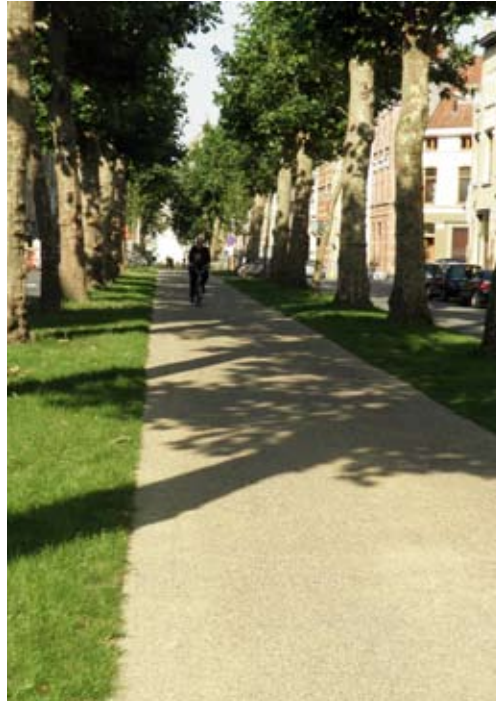
Nîmes



Saint-Lunaire



© Revue Routes



1	2
3	4
5	6

1. Gent, Korenmarkt
2. Gent, Kunstlaan
3. Beervelde
4. Grivegnée
5. Oostende/ Mariakerke, Schermpflanzenstraat
6. Bevingen



I-3

Dit bulletin is een publicatie van :  
**FEBELCEM**

Federatie van de Belgische Cementnijverheid  
Vorstlaan 68 - 1170 Brussel  
tel. 02 645 52 11 - fax 02 640 06 70  
[www.febelcem.be](http://www.febelcem.be)  
[info@febelcem.be](mailto:info@febelcem.be)

Auteur :  
ir. L. Rens

Coverfoto's , p. 2, p. 16 :  
André Nullens

Wettelijk depot :  
D/2010/0280/14

V. u. : A. Jasienski

[infobeton.be](http://infobeton.be)

#### BIBLIOGRAFIE

- [1] JASIENSKI A., Uitgewassen beton voor de herinrichting van publieke ruimtes, Dossier Cement, bulletin nr. 20 - FEBELCEM, 1999
- [2] GEERINCKX R., Esthetische betonverhardingen in de openbare ruimte, Masterproef XIOS Hogeschool Limburg, 2010
- [3] PLOYAERT C., Naar een optimale samenstelling van wegenbeton, FEBELCEM, 2010

