

# BUSBANEN IN BETON

IR. LUC RENS

Febelcem

## *Samenvatting*

*In het mobiliteitsbeleid wordt er al sedert vele jaren gefocust op het openbaar vervoer. Om dit optimaal te laten functioneren is een aangepaste infrastructuur noodzakelijk. Voor het busverkeer denken we dan hoofdzakelijk aan vrijliggende busbanen. Beton is een geschikt materiaal voor de aanleg van busbanen omdat het weerstaat aan de bijzondere belastingen en omdat het voldoet aan de eisen van gebruikszekerheid, kostefficiëntie, veiligheid, comfort en desgevallend esthetiek. Deze bijdrage geeft een standaardontwerp op vlak van structuur en betonsamenstelling en schetst de voornaamste uitvoeringsaspecten. Door te kiezen voor beton wordt een duurzame manier van transport gekoppeld aan een vorm van duurzaam bouwen.*

## *Résumé*

*Les moyens de transport publics sont depuis plusieurs années une priorité en matière de mobilité. Afin que ceux-ci puissent fonctionner de manière efficace, une infrastructure adaptée est nécessaire. Ainsi, pour la circulation d'autobus, des voies de bus indépendantes sont appropriées. Le béton est un matériau de construction approprié pour la construction de ces voies de bus parce qu'il résiste très bien aux sollicitations importantes. De plus, il permet d'obtenir une voirie économique offrant sécurité et confort d'utilisation et le cas échéant un bon aspect esthétique. Cet article présente des solutions en terme de structure de la voirie et en terme de composition de béton. Des aspects particuliers d'exécution sont présentés.*

*En optant pour une voirie en béton, on allie une forme de mobilité durable au concept de construction durable.*

## 1. Inleiding

Wereldwijd worden de grote steden geconfronteerd met problemen van dichtslibbend verkeer, zowel in de centra en de stedelijke agglomeratie als op de toegangswegen. In dicht bevolkte landen zoals België is dit fenomeen niet alleen stedelijk maar ook interstedelijk. De nadelen van de files zijn door iedereen gekend : tijdverlies, economisch en maatschappelijke kosten, luchtvervuiling,...Voor vele weggebruikers en zeker ook voor de inwoners van de steden is deze situatie niet langer houdbaar. Daarboven komt nog het groeiend bewustzijn voor milieu en in het bijzonder voor de klimaatproblematiek. Voor de stedelijke leefomgeving zijn onder andere de uitlaatgassen (NO<sub>x</sub>,...) en de fijne roetdeeltjes erg nefast. Voor de algemene opwarming van de aarde is de CO<sub>2</sub> uitstoot bepalend.

De beleidsmakers kiezen daarom algemeen voor een duurzame mobiliteitspolitiek door de terugdringing van het autoverkeer in en rond de steden. Voor korte verplaatsingen is er aandacht voor de zachte weggebruikers door bij voorbeeld de inrichting van autovrije zones en van fietsroutes. Voor de verdere verplaatsingen binnen en buiten de stad wordt vooral de kaart van het openbaar vervoer gespeeld door nieuwe of verhoogde capaciteiten te voorzien van bus-, tram- en treinverbindingen. Om deze vervoersmodi te optimaliseren is aangepaste infrastructuur nodig, met name vrijliggende banen die een vlotte doorgang van bus en/of tram mogelijk maken.

## 2. Eisen en materiaalkeuze

Een busbaan moet weerstaan aan een uitzonderlijke combinatie van sollicitaties. Bussen vallen onder de categorie zwaar verkeer met hun specifieke aslasten, eigen aan het type van bus (openbaar vervoer, toerisme, dubbeldek, harmonika,...). Op busbanen en zeker nabij busstations kan de frequentie oplopen tot meerdere passages per minuut en de dagelijkse verkeersbelasting tot meer dan 500 bussen per dag.

In de stad verloopt het busverkeer meestal aan relatief lage snelheid en gekanaliseerd, d.w.z. dat de banden steeds in hetzelfde spoor rijden. Deze omstandigheden zijn zeer nadelig voor spoorvorming in soepele wegdekken. Ook de rem- en wringkrachten op het wegdek vormen een extra belasting met rafeling, onthechting of ribbelforming als mogelijke schadelijke gevolgen.

De criteria waar een weg in het algemeen en een busbaan in het bijzonder dienen aan te voldoen zijn de volgende :

### 2.1. Gebruiks zekerheid

Een vervoersmaatschappij wenst een infrastructuur, in casu een busbaan, waarvan het gebruik in de best mogelijke omstandigheden gegarandeerd kan worden gedurende de voorziene dienstperiodes. Dit heeft immers een rechtstreekse invloed op de betrouwbaarheid en de stiptheid van het openbaar vervoersysteem en bijgevolg op de tevredenheid van de reizigers.

In de eerste plaats dient de baan vrij te blijven van schade zodat herstellingen, meestal met bijhorende verkeersonderbrekingen, niet aan de orde zijn. In de tweede plaats betekent een

weg waar nauwelijks of geen onderhoud aan nodig is, een belangrijke troef voor de beheerder. Tenslotte is het van belang dat de weg lang meegaat en belangrijke renovaties of structureel onderhoud kunnen vermeden worden.

## **2.2. Kosten**

De beperktheid van de budgetten, waarmee de meeste wegenbesturen en vervoersmaatschappijen geconfronteerd worden, noopt hen tot een economisch-rendabele investering. Een verstandige beheerder zal hierbij niet alleen rekening houden met de initiële kosten – eventuele onteigening, aanleg van de volledige structuur - maar met de kosten over de volledige levensduur, inclusief alle onderhoud, herstellingen, structurele verbeteringen en opbraak bij het einde van de levensduur.

Van betonverhardingen is geweten dat ze een erg lange levensduur kunnen bereiken met een minimum aan onderhoud. Een hogere investeringskost wordt daarom gemakkelijk gecompenseerd gedurende de gebruiksfase.

## **2.3. Veiligheid**

Op het vlak van veiligheid zijn bij een wegdek de stroefheid en de dwarse vlakheid van groot belang. De stroefheid bepaalt in welke mate een voertuig grip heeft op het wegdek en staat in direct verband met de remafstand. Door een goede keuze van harde en niet polijstbare granulaten aan het oppervlak kunnen duurzaam stroeve wegdekken bekomen worden. In België wordt meestal gebruik gemaakt van hier beschikbare gesteenten : porfier, zandsteen of gebroken grind. Aan de hand van het BENOR-certificaat kan worden nagegaan of ze voldoen aan de karakteristieken vereist volgens de typebestekken.

Bij de dwarse vlakheid denken we vooral aan de spoorvorming, die voor busbanen een belangrijke factor is. Spoorvorming is een probleem voor de stabiele wegligging van het voertuig en in geval van regen is het de oorzaak van aquaplaning.

Een goed ontworpen betonnen wegdek biedt vanaf dag één een zeer goede stroefheid die gedurende tientallen jaren behouden blijft. Spoorvorming is volledig uitgesloten voor betonnen busbanen.

## **2.4. Comfort**

De meest relevante factor voor een comfortabel wegdek is de langse vlakheid. Golvingen, ribbels, uitgerafelde oppervlakken of bruuske trappen zijn immers zeer goed voelbaar door de weggebruiker en in het bijzonder door reizigers in een autobus. Voor een betonbaan komt het erop aan om door een vakkundige uitvoering van bij de aanleg een vlak oppervlak te bekomen dat dan onveranderd zal blijven gedurende de hele levensduur. Ter hoogte van de voegen moet trapvorming vermeden worden door de nodige maatregelen te voorzien in het ontwerp (gebonden fundering, tussenlaag in asfalt, gedeuvelde krimpvoegen).

Waar nodig dient ook rekening te worden gehouden met het rolgeluid dat ontstaat door het contact band-wegdek. Voor busbanen is dat vooral van toepassing op interstedelijke verbindingen aangezien in de drukke stadsomgeving het motorgeluid meestal bepalend is, zeker tijdens het afremmen en versnellen. De techniek van het geluidsarm uitgewassen beton biedt hiervoor een adequate oplossing zonder afbreuk te doen aan andere duurzaamheidseisen.

## 2.5. Esthetiek

Voor in stedelijke omgeving is het vaak gewenst om de verharding op esthetische wijze te integreren in het stadsbeeld. Gekleurde of gefigureerde oppervlakken bieden hier heel wat mogelijkheden. Een andere reden om voor een gekleurd oppervlak te kiezen kan ook de herkenbaarheid van de baan zijn. In dat geval wordt voor een opvallende, contrasterende kleur gekozen. Dikwijls is de natuurlijke lichte grijze kleur van beton al een opvallend gegeven tussen andere verhardingen in asfalt en kleinschalige elementen.

## 3. Standaardontwerp voor een busbaan in beton

Omwille van de specifieke belasting door de autobussen is niet om het even welke verharding geschikt voor een busbaan. Meestal volstaat het dan ook niet om eenvoudigweg een nieuwe markering aan te brengen om een busbaan te creëren. Een busbaan in beton is de enige ernstige oplossing die weerstaat aan spoorvorming en voldoet aan de eisen van gebruikszekerheid, economische rentabiliteit, veiligheid en comfort.

Voor lange ononderbroken busbanen, op interstedelijke verbindingen of op autosnelwegen, kan gekozen worden voor een ontwerp in doorgaand gewapend beton. Door de afwezigheid van dwarsvoegen biedt dit immers een comfortabel wegdek met bijzonder lange levensduur.

Een dergelijk ontwerp vereist wel de nodige kennis terzake, o.a. over het gehalte en schikking der wapeningen, de ligging der langsvvoegen en de verankeringslandhoofden.

Omdat doorlopende ononderbroken lengtes meestal beperkt blijven voor busbanen is een oplossing in doorgaand gewapend beton echter zelden aangewezen. Als typeoplossing kiezen we daarom voor een verharding in platenbeton. De platen hebben een aanbevolen lengte van 4,5 m en worden gescheiden door gedeuvelde krimpvoegen. De deuvels zijn gladde gecoate staven die de krimp en buiging van de platen toelaten ter hoogte van de voeg maar die tegelijkertijd zorgen voor een lastoverdracht van de ene plaat naar de andere. Op die manier voorkomen ze trapvorming ter hoogte van de voegen en spelen ze dus een cruciale rol in het comfort van de busbaan. De breedte van een busbaan bedraagt meestal 3,5 m. In geval van traag rijdende of van geleide bussen kan de breedte beperkt worden tot 3 m. Indien het een tweerichtingsbusbaan is, moet vanaf een breedte groter dan 4,5 m een langse buigvoeg gezaagd worden, uitgerust met ankerstaven.

De dimensionering van de structuur is de bepaling van de aard en de dikte van de verschillende samenstellende lagen (wegdek, fundering, onderfundering) in functie van het verwachte verkeer, van de ondergrond en van de klimatologische omstandigheden. Voor vrijliggende busbanen is het verkeer vrij uniform hoewel er toch grote variaties bestaan in de types van autobussen. De stadsbussen voor het openbaar vervoer zijn erg verschillend van de touringcars op vlak van toegelaten massa, aslasten en gewichtsverdeling. Ook gearticuleerde en dubbeldekbussen hebben andere kenmerken dan de normale enkelvoudige bussen.

Uit de voorschriften voor standaard wegstructuren van de Vlaamse Overheid en uit berekeningsprogramma's zoals DimMET of VENCON blijkt dat een dikte van 20 cm platenbeton quasi steeds voldoet voor klassieke busbanen, zelfs tot 300 bussen per dag en

een ontwerplevensduur van minstens 30 jaar. In sommige gevallen is het toch aangewezen om de dikte te verhogen (21, 22 of 23 cm) : als de breedte beperkt wordt tot 3 m en de baan dus meer belast wordt aan de randen, met hogere spanningen tot gevolg of ook wanneer ander zwaar verkeer kan gebruik maken van de busbaan.

In hogervermelde berekening werd steeds uitgegaan van een structuur bestaande uit een betonnen wegdek, een tussenlaag in asfalt en een cementgebonden fundering. De tussenlaag in asfalt (5 cm) is een absolute noodzaak voor busbanen omdat die verhindert dat er erosie optreedt onder de voegen en dus dat er trapjes kunnen ontstaan. Samen met de deuvels is dit dus de garantie op een blijvend stabiel en comfortabel wegdek. Als fundering worden volgende standaardoplossingen voorgesteld :

- 25 cm cementgebonden steenslagmengsel (steenslag met toevoegsel type Ia of IIa volgens standaardbestek 250);
- 20 cm schraal beton;
- 15 cm walsbeton.

Een hydraulisch gebonden fundering draagt bij tot de lastoverdracht tussen de platen en is bestand tegen water en vorst.

In alle omstandigheden is een goede oppervlakafwatering te voorzien door een verkanting van minimum 1,5 %. In bepaalde gevallen is ook een langse drainage aanbevolen. Zeker in het geval van een inlay, waar de betonnen busbaan in een bestaande verharding wordt ingewerkt, is het nodig om een ondergrondse waterafvoer te voorzien ter hoogte van de langsvoegen.

De voegen worden uitgevoerd als gezaagde krimpbuigvoegen met sponning en afgeschuinde randen, zoals beschreven in de Belgische typebestekken. De verschillende types voegvulling (warm gegoten, koud aangebracht of vorgevormde profielen) zijn mogelijk.



Figuur 1 : krimpbuigvoeg

Als oppervlakafwerking worden het dwars bezemen en het chemisch uitwassen als standaardoplossingen voorgesteld. Beide texturen voldoen aan eisen van stroefheid. Met uitgewassen beton kan door een aangepaste betonsamenstelling een geluidsarm oppervlak bekomen worden.

Soms wordt er om esthetische redenen gekozen voor gefigureerd beton of "printbeton" waarbij een bepaald motief – kasseien, straatstenen, natuursteen,... – met mallen in het verse beton wordt gedrukt. Dit gaat dan wel ten nadele van andere eisen zoals van comfort en geluid.

Op vlak van betonsamenstelling dient te worden voldaan aan de eisen in tabel 1. Er wordt hier niet verder ingegaan op bijzondere eisen qua samenstelling voor gekleurd uitgewassen beton, voor tweelaags beton met eventuele recyclage in de onderlaag of andere bijzondere toepassingen.

Tabel 1 : eisen betonsamenstelling

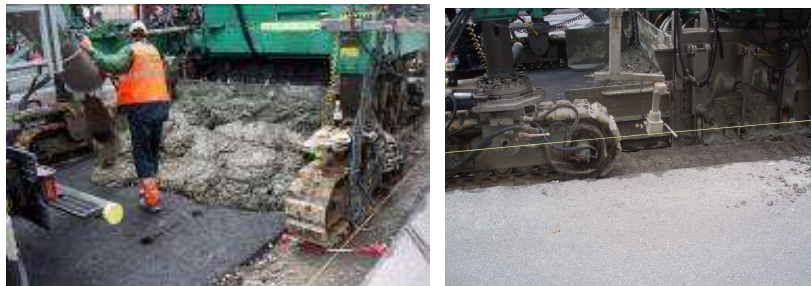
<b><u>Dwars gebezemd oppervlak</u></b>	<b><u>Chemisch uitgewassen oppervlak</u></b>
Water-cementfactor $W/C \leq 0,45$	Water-cementfactor $W/C \leq 0,45$
Minimum cementgehalte $\geq 400 \text{ kg/m}^3$	Minimum cementgehalte $\geq 400 \text{ kg/m}^3$
Steenslag voor cementbetonverhardingen volgens SB250 III (eisen voor vlakheidscoëfficiënt, Los Angeles, Polishing Stone Value,...)	Steenslag voor cementbetonverhardingen volgens SB250 III (eisen voor vlakheidscoëfficiënt, Los Angeles, Polishing Stone Value,...)
Verwerking met glijbekistingsmachine : Maximum nominale diameter van de granulaten = 32 mm. Er wordt gebruik gemaakt van minstens drie gescheiden fracties (vb. 4/14 – 14/20 – 20/32).  Manuele verwerking (trilbalk,...): Maximum nominale diameter van de granulaten = 20 mm. Er wordt gebruik gemaakt van minstens drie gescheiden fracties (vb. 4/6,3 – 6,3/14 – 14/20).	Maximum nominale diameter van de granulaten = 20 mm. Er wordt gebruik gemaakt van drie gescheiden fracties (4/6,3 – 6,3/14 – 14/20). Het gehalte aan steenslag 4/6,3 bedraagt minstens 20 % van de massa van het mengsel van steenslag en zand. Opm. : met het oog op een beperking van het rolgeluid kan de maximum nominale diameter van de granulaten nog verder beperkt worden tot 14 mm of zelfs 10mm of 6 mm in het geval van een toplaag van tweelaags beton.
Het gebruik van een luchtbelvormer is niet verplicht voor het beton 0/32 verwerkt met de glijbekistingsmachine maar wel voor het beton 0/20 dat manueel verwerkt wordt.	Het gebruik van een <u>luchtbelvormer</u> is <u>verplicht</u> . Het verse beton heeft op de werf een luchtgehalte van minstens 3 %.

#### 4. Uitvoeringsaspecten

Qua uitvoering zijn er geen bijzondere verschillen ten opzichte van de aanleg van een klassieke rijweg in platenbeton. De voorkeur wordt steeds gegeven aan een verwerking met de glijbekistingsmachine die het beton krachtig verdicht en vlak afwerkt, o.a. met een lange afstrijkbalk (supersmoother). Voor korte stukken en ter hoogte van kruispunten kan er manueel tussen vaste bekistingen gewerkt worden. In dat geval is het gebruik van een trilbalk en aanvullende trilnaalden langsheen de randen de goede oplossing. De verschillende uitvoeringsfasen worden in de volgende foto's afgebeeld. (Foto's uitvoering Liège rue des Guillemins).



Figuur 2 : Het beton wordt met kipwagens of truckmixers aangevoerd en gelijkmatig verdeeld vóór de glijbekistingsmachine



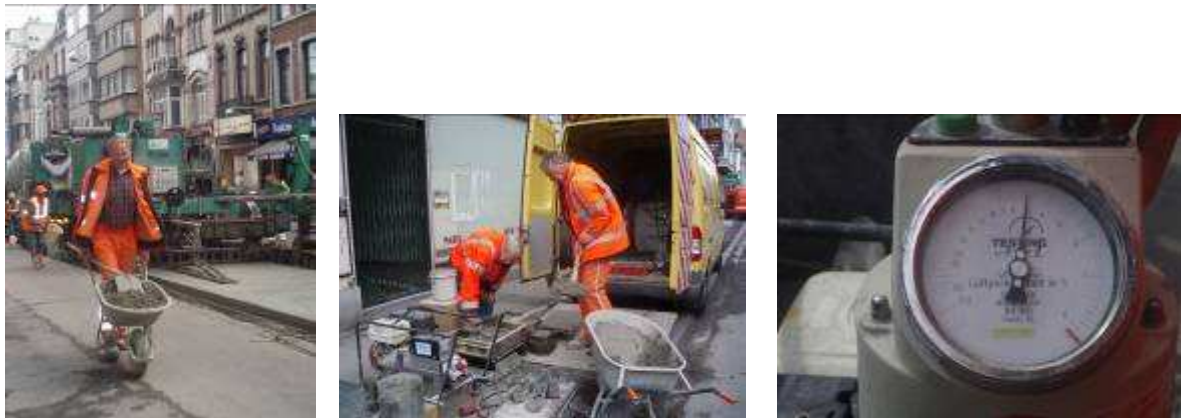
Figuur 3 en 4 : De glijbekistingsmachine of “slipform paver” is voorzien van een reeks trilnaalden die het beton optimaal verdichten. De hoogte van de machine wordt gestuurd via geleidedraden. De rupsbanden dienen een stabiel en effen pad te volgen. Deze sturing kan ook d.m.v. laser en totaalstations gebeuren.



Figuur 5 en 6 : De deuvels worden hetzij vooraf op stoelen geplaatst, hetzij – zoals hier op de foto te zien is – rechtstreeks door de machine in het verse beton getrild. Een duidelijk merkteken duidt aan waar later de zaagsnede dient aangebracht te worden.



Figuur 7, 8 en 9 : Achter de machine wordt het betonoppervlak afgestreaken en gebeuren de laatste manuele afwerkingen ter hoogte van eventuele inspectieputten.



Figuur 10, 11 en 12 : Ondertussen worden monsters genomen om zowel het verse als verharde beton te kunnen beproeven. Van het verse beton worden onder andere de consistentie en het luchtgehalte bepaald. Het verharde beton zal later getest worden op druksterkte en wateropslorping.



Figuur 13 en 14 : Onmiddellijk na het betonneren wordt een bindingsvertrager verstoven op het betonoppervlak. Die verhindert de uitharding van de cementmelk aan het oppervlak.





Figuur 15 : Het oppervlak wordt vervolgens afgedicht met een plasticfolie. Die verhindert de verdamping van de bindingsvertrager maar biedt bovendien een perfecte bescherming tegen uitdroging door wind en zonneshijn.



Figuur 16 : Vanaf 6 tot 24 uur na het betonneren, afhankelijk van de temperatuur en dus de uithardingsnelheid, worden voegen gezaagd tot 1/3 van de betondikte. Het beton zal dan in de loop van de volgende dagen verder scheuren onder die zaagsnede zodat de verharding verdeeld wordt in platen tot 4,5 m lengte.



Figuur 17, 18 en 19 : Na het zagen wordt de cementmelk van het betonoppervlak met water weggeborsteld. Zo ontstaat een uitgewassen oppervlak met heel goede eigenschappen van stroefheid en rolgeluid.

## 5. Conclusies

Door te investeren in openbaar vervoer kiezen de overheden voor een vorm van duurzaam verkeer met het oog op het verhogen van de mobiliteit in en rond de steden en het verbeteren van de leefbaarheid. Om tot een hoogwaardige oplossing te komen dient alles erop gericht te zijn om te voldoen aan eisen van efficiëntie, betrouwbaarheid en klantgerichtheid. Naast een aangepast vervoerssysteem (frequentie, snelheid, stiptheid, opstapplaatsen, comfort, prijs,...) dient een adequate infrastructuur (vrijliggende tram- en busbanen, haltes en opstapplaatsen) te worden voorzien.

Door te kiezen voor beton als verhardingsmateriaal wordt een duurzame manier van transport gekoppeld aan een vorm van duurzaam bouwen. Door zijn samenstelling uit natuurlijke bestanddelen, zijn volledige recycleerbaarheid, zijn onschadelijk karakter voor het milieu, zijn beschikbaarheid in de nabijheid van het werk en vooral door zijn excellente functionele prestaties over een uitzonderlijk lange levensduur scoort een betonnen wegdek immers uitstekend in studies van zowel LCA (life cycle assessment – milieutechnische studie) als LCCA (life cycle cost analysis – economische analyse).

## Referenties

1. HOV in de versnelling – Hoofdrol voor beton in Hoogwaardig Openbaar Vervoer ENCI, 's Hertogenbosch, 2001
2. Beton in de buurt – Betonverhardingen in stedelijke gebieden ENCI, 's Hertogenbosch, 2002
3. Chaussées bus – Choix des matériaux et dimensionnement structurel CERTU (Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques), Lyon, 2006
4. Wegstructuren – Dimensionering en keuze van de verharding Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 1997
5. Merkblatt für den Bau von Busverkherflächen Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkherwesen, Köln, 2000