



PRAKTISCHE HANDLEIDING VOOR HET ONTWERP VAN OPENBARE RUIMTEN
IN DUURZAME WIJEN

- AANBEVELING MAT02 - 13/07/11

BETONSTRAATSTENEN

De milieueffecten van de gekozen materialen beperken in functie van het gebruik en de kenmerken van de omgeving

PRINCIPES

Betonstraatstenen bestaan in talrijke, diverse formaten, waardoor de populariteit ervan bij de inrichting van openbare ruimten zo groot is (stenen met diverse vormen en kleuren, prefab betonelementen, moduleerbaarheid). Legbeton is eenvoudig aan te brengen en de laatste jaren verschenen specifieke kleurtechnieken en perforatiemethoden van het materiaal (producten), of methodes voor het plaatsen ervan (producten, versteviging, funderingen,...), waardoor het belang ervan voor het milieu en duurzame toepassingen toegenomen is. De betonsteen is dikwijls een prijsgunstig product, maar globaal is het ook nog een minder duurzaam product (bvb. vergeleken met natuursteen).



Jette, De tuinen van Jette – Betonstraatstenen in een wandelstraat

De voornaamste kwaliteiten zijn :

- een gestage vermindering van het milieu-impact als materiaal, maar de geringere duurzaamheid is in het nadeel van de globale milieubalans (zie fiche MAT01, NIBE, FDES, LCA,... of andere vergelijkende milieuclassificatiesystemen).
- de nieuwe toepassingen, aangepast aan de specifieke milieucontext in openbare ruimten
- de mogelijkheden om tegemoet te komen aan specifieke eisen van de gebruikers, in het bijzonder de fietser in gedeelde ruimten.



WERKWIJZE

Talrijke, standaard productfiches geven informatie over sanitaire en milieukeurmerken van verhardingen in betonstraatstenen voor wegeaanleg: energie-indicatoren, verbruik van natuurlijke energiebronnen en materialen, verbruik van water, energierecuperatie, emissies in de lucht, water en bodem, reductie en valoriseren van afval, De westerse landen hanteren steeds meer classificaties en berekeningsmethoden die een milieubalans van de volledige levenscyclus van producten mogelijk maken. België werkt het systeem uit, gebaseerd op Life Cost Analysis (LCA), Nederland hanteert het systeem NIBE en Frankrijk het FDES systeem (Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire). Hierdoor is een uniform systeem nog veraf, een normalisatie voor alle landen bijvoorbeeld, ook al hanteert Europa het « Ecolabel », voorlopig echter beperkt tot de ecologische balans en ook nog niet in het domein van materialen voor wegebouw.

Ook heel wat informatie is beschikbaar over doorlaatbaarheid van materialen voor water. Soms bieden de systemen meer dan eenvoudigweg inrichtingen met poreuze stenen. De problematiek van ondoordringbare verhardingen en de (nog) beperkte mogelijkheden voor waterinfiltratie zijn hiervan enkele voorbeelden (watervervuiling, doordringbaarheid van de bodem onder de straatlaag, ...). Specifieke constructies verschijnen regelmatig in de wegebouw, gefocust op inrichtingen die waterinfiltratie en drainering mogelijk maken. Ook deze gegevens worden vertaald in de fiches, classificaties en methodieken.

INDICATOREN

De indicatoren, weergegeven in de vergelijkende infofiche MAT01, geven een handig en ruim overzicht van beschikbare gegevens bij een duurzame benadering. Een aantal aspecten heeft een impact in meerdere domeinen. De vergelijkende synthesetabel in de fiche MAT01 laat een vergelijk tussen de verschillende materialen toe.

Technische aspecten :

- « Albedo-effect »
- Invloed van het type verharding op het brandstofverbruik (wrijving wielen)
- Kenmerken van de fysische prestaties (robuustheid)
- De uitvoering
- Gripcondities
- Omvang en type verkeer

Milieuaspecten :

- Akoestische kwaliteit : niveau van het « verkeerslawaaai »
- Mogelijkheden voor hergebruik en recyclage van de materialen, recyclagegehalte in het initieel materiaal
- Waterbeheer (permeabiliteit / drainering)
- CO₂-emissies en energieverbruik
- LCA (levenscyclusanalyse) van de materialen
- Duurzaamheid van het materiaal

Economische aspecten :

- Investeringskosten
- Onderhoudskosten
- LCC (life Cycle Cost)

Socioculturele aspecten :

- Stedelijke scenografie
- Patrimoniumwaarde
- Comfort en veiligheid van het verkeer



DOELSTELLINGEN

Naast de in voege zijnde wetten en reglementen (zoals verordeningen betreffende de kwaliteit van materialen, minimumeisen inzake goede praktijk, werven,...), dienen de volgende doelstellingen in acht genomen te worden :

- * **Minimum :**
 - Aanbrengen van een bestrating die aangepast is aan de verkeerseisen
 - Toepassing van gerecupereerde of herbruikbare materialen (terugdringen gebruik van oorsprongproducten)
 - Keuze van een bestrating die het geluid van de motorvoertuigen vermindert
- ** **Aanbevolen (keuze ten voordele van het milieu) :**
 - Gebruik van producten met minimum 20% gerecycleerd materiaal
 - Toepassing van waterdoorlatende verhardingen en funderingen ten voordele van het principe van "alternatief" regenwaterbeheer (zie fiche EAU02)
- *** **Optimum (de hoogst haalbare toepassing) :**
 - Terugdringen van afval door meer hergebruikt materiaal en een zo hoog mogelijk recyclagegehalte
 - Toepassing van waterdoorlatende verhardingen en plaatsen van funderingen met waterberging ten voordele van het principe van "alternatief" regenwaterbeheer (zie fiche EAU02)

KEUZECRITERIA

TECHNISCHE ASPECTEN

>« Albedo-effect » (weerkaatsing zonne-energie) :

Aard en kleur van de materialen bepalen rechtstreeks de hoeveelheid en weerkaatsing van het zonlicht dat op een natuurlijke wijze gebeurt via de oppervlakte bestrating van wegen en openbare ruimten. Verhardingen in heldere kleuren zullen goede prestaties verzekeren voor wat betreft het Albedo-effect.

Betonstraatstenen zijn zoals gietbeton, voordeliger als asfalt daar zij ongeveer 75 tot 80% zonne-energie absorberen.

>Invloed van de verharding op het brandstofverbruik door wrijving :

De textuur van het rijoppervlak beïnvloedt in belangrijke mate de hoeveelheid energieverlies door de hogere wrijving met de voertuigbanden. Hoe ruwer het oppervlak van het wegdek, hoe groter het energieverbruik.

De specifieke ruwheid en oneffenheden bij betonstraatstenen verlagen hun attractiviteit, omwille van de hogere wrijving.

>Kenmerken van de fysische prestaties van de materialen (scheuren, putten, moeheid, hardheid en ruwheid, slijtage, enz. ...) :

Om op termijn een duurzaam project te realiseren, is bijzondere aandacht vereist bij de opbouw van de verschillende lagen in het wegprofiel, zoals de fundering, de bedding,... en de verschillende wegonderdelen.

Water kan de diverse onderdelen van de weg onstabiel maken waardoor grote vervormingen kunnen ontstaan (cf. OCW : Code van goede praktijk bij de keuze van verhardingen bij het ontwerp of onderhoud van wegen).

Betonstraatstenen zijn nogal gevoelig voor hoge verkeersintensiteiten en zwaar verkeer. Funderingsstructuur en dikte van de verharding zijn belangrijk. Ze zijn meer geschikt voor wegen met beperkt, traag en/of licht verkeer of althans beperkt zwaar verkeer.



>Uitvoering :

Betonstraatstenen kunnen gemakkelijk geplaatst worden en hebben het grote voordeel dat ze met delen kunnen opgebroken worden, zonder sporen na te laten na de heraanleg. De relatief « trage » aanleg bij uitvoeringswerken wordt gemakkelijk gecompenseerd door mechanische uitvoering (plaatsing). Meteen na het einde van de werken kan de weg in gebruik genomen worden.

>Conditie wegvastheid :

De grote variatie in stenen laat een aangepaste keuze toe met het oog op een goede grip van de bestrating voor voertuigen, fietsers en voetgangers. In functie van de verschillende wenselijkheden voor gebruik, kunnen stevige materialen met effen en/of ruwe afwerking van de toplaag gekozen worden.

Meestal hebben betonstraatstenen een goede grip en dus een geringe watergladheid.

> Omvang en soorten verkeer :

Het statuut van de weg (lokaal, interwijkenweg, ...) en de inherente verkeerslast, bepalen de keuze van de verhardingen en funderingen. In het algemeen zijn de bitumineuze en gietbetonsoorten voordeliger voor wegen met zwaar verkeer. Als voorbeeld kan het schema hierna gelden voor de 'Keuze van een verharding voor een traject in helling en/of traag verkeer – zwaar verkeer':

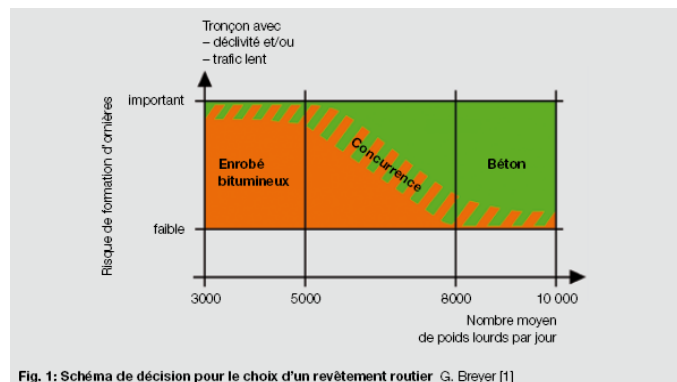


Fig. 1: Schéma de décision pour le choix d'un revêtement routier G. Breyer [1]

Ref. G. Breyer – Magazine Update, 3/2006, Industries du ciment - Zwitserland).

MILIEUASPECTEN

> Akoestische kwaliteit :

De akoestische kwaliteit van de diverse types verhardingen kan sterk verschillen in functie van de textuur en dus, de aard van de verharding. (Bron : Vademecum van het stedelijk verkeerslawaaai BIM- ref. (4))

De betonstraatstenen zijn akoestisch voordeliger dan natuursteen, en dit onafhankelijk van de snelheid van voorbijrijdend verkeer. De gemeten geluidsniveaus liggen echter hoger dan bij asfaltverhardingen.

> Mogelijkheden voor hergebruik en recyclage van materialen

Een structureel beheer voor hergebruik, recyclage en omgaan met afval is algemeen noodzakelijk. Nog te veel materialen zijn onderbenut, blijven ter plaatse als fundering bij asfaltwegen of verlaten de keten van hergebruikt materiaal om uiteindelijk in de breekinstallatie terecht te komen.

Het hergebruik van bestaande materialen op een locatie moet ter plaatse nagestreefd worden. De diverse materialen die hier vergeleken worden, zijn bijna allen recycleerbaar, zowel na ontmanteling en selectie als na het breken voor andere toepassingen.

De inzameling van straatstenen en tegels 30x30 is gemakkelijk door eenvoudig reinigen ervan. Het selectief inzamelen van funderingen is in de meeste gevallen ook mogelijk. Onbruikbaar materiaal kan gebroken worden en hergebruikt als gerecycleerd betongruis in nieuw beton voor wegen.



- Gezien de lagere duurzaamheid van beton (bijvoorbeeld in vergelijking met natuursteen) is het hergebruik en de omvorming van materialen minder voordelig voor het beton, althans voor eenzelfde rendement. Dit moet de recycling ervan niet tegenhouden, maar ten opzichte van de diverse eisen voor hergebruik, komen enkel de meest hoogwaardige gerecycleerde materialen in aanmerking voor nieuwe wegen. Het resterende deel kan als materiaal voor grondwerken dienst doen, als funderingssteenslag, ...

> Gehalte aan gerecycleerd materiaal :

Het gehalte aan gerecycleerd materiaal in de betonmaterialen is de laatste jaren toegenomen, zoals dit met veel ander afval gebeurde. Het principe wordt verduidelijkt met het voorbeeld van het Recyhouse -project van het Centre scientifique et technique de la construction (CSTC) te Limelette. Hier zijn materialen gebruikt, vervaardigd in een industrieel proces voor behandeling van bouw- en sloopafval uit bouwwerken en burgerlijke bouwkunde, en niet uit gerecupereerd materiaal (zoals houten balken, dakpannen, ... voor hergebruik). Bron: RECYhouse, Gebruiksmogelijkheden voor gerecycleerde materialen-(WTCTB)- ref. (5).

Als gerecycleerde materialen worden ondermeer gebruikt : beton en bakstenen (vulstoffen, granulaten), metselwerk, steenslag, cement, beton met vulstoffen, waarbij het recyclagegehalte tussen 20 en 50 % bedraagt van het toegepaste materiaal. Het gerecycleerde materiaal dient te voldoen aan de normen en strikte regels voor gebruiken betreffende weerstand, duurzaamheid of oorsprong. De normen, certificaten of LCA laten vergelijkingen tussen materialen toe, die beantwoorden aan de technische- en duurzaamheidseisen of bij voorkeur aan de meest gunstige LCA classificatie.

> Regenwaterbeheer (waterdoorlaatbaarheid / drainering)

Elementen in poreus of geperforeerd beton worden steeds meer gebruikt om verharde en gesloten oppervlakken aan te leggen. Zones met beperkt verkeer, woon, wandelen langzaam verkeerstraten, (speel en ontmoetingsruimten) zijn dikwijls geschikt voor een duurzaam waterbeheer. Door de creatie van nieuwe producten met specifieke eigenschappen zoals poreus beton, geperforeerd of drainerend, krijgt beton een geringer impact op het milieu.

Een grotere diversiteit in toepassingen (klinkers of elementen in alle mogelijke vormen, samenstellingen en kleuren) in relatie tot het waterbeheer in de ruime zin (afloop, doorlaatbaarheid van de bodem, evaporatie,...), met een goede stabiliteit, kan een hoofdtroef van beton zijn.

De openbare ruimte is dikwijls beperkt in omvang en moet tegelijk een intensief gebruik opvangen.

De systemen voor het beheer van de waterafloop zoals watergreppels, reservoirs of zelfs bekkens, moeten de nodige plaats krijgen, deels onder de grond bij plaatsgebrek. Dienaangaande, biedt beton talrijke variaties voor constructies.

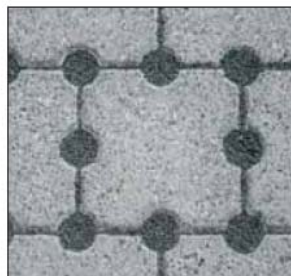


Volgende voorbeelden geven een globaal overzicht van diverse, geëigende verhardingstypen (Bron : Betonwegen met respect voor het milieu - (OCW)- Ref. (3))

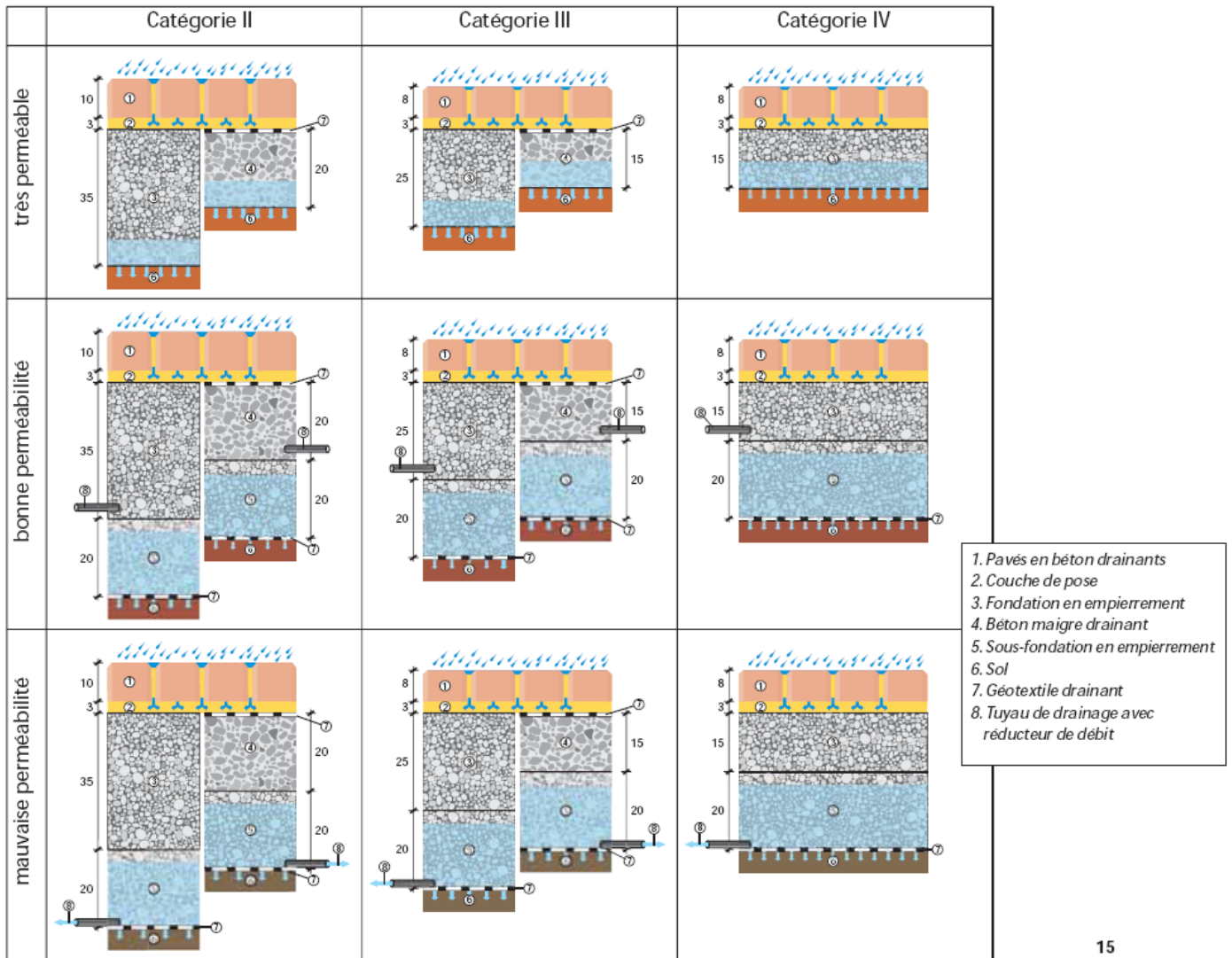
- o Waterdoorlatende straatstenen – grasbetontegels



- o Geperforeerde en waterdoorlatende straatstenen



- o Drainerende toepassingen op verschillende waterdoorlatende funderingen



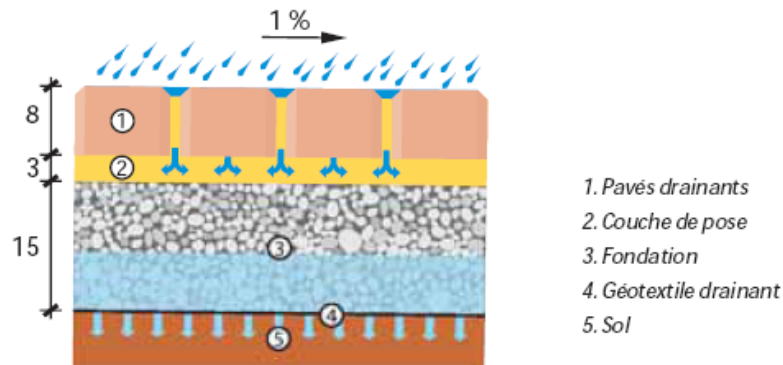
Voorbeelden van drainerende en reservoirstructuren
Bron : Betonwegen met respect voor het milieu- (OCW)- Ref. (3)

De verschillende funderingen laten de realisatie van talrijke drainerende structuren toe, voor een vertraagde afloop of zelfs het stockeren van hemelwater voor een goed regenwaterbeheer. In functie van de vereisten wordt, of een eenvoudige drainering voorzien die de waterafloop voldoende vertraagt voor het weglopen via de waterlopen, of een tragere drainering, ja zelfs een reservoirfunctie (waterretentie) indien nodig.

De methode wordt toegepast voor waterinfiltratie via waterdoorlatende betonstraatstenen of zelfs gietbetontoe toepassingen. Voor verkeersintensieve weggedelen, genieten alternatieve inrichtingen met zijdelingse waterafloop de voorkeur, al dan niet gemengd met hoger beschreven toepassingen.



Aanleg met drainerende betonstraatstenen (op zand, granulaten,...)
 Bron : Betonwegen met respect voor het milieu - (OCW)- Ref. (3)



o Reservoirstructuren

Capacité stockage \ Revêtement	Béton dense	Béton drainant	Pavé béton
Forte capacité de stockage d'eau			
Capacité de stockage d'eau moyenne		 <i>Mise en œuvre en 2 couches pour obtenir un uni correct</i>	

*Configuration non exhaustives

- Lit de pose géotextile
- Grave non traité poreuse
- Béton drainant
- Pavés ou Dalles béton
- Béton poreux
- Béton classe 5

Voorbeelden van reservoirstructuren in wegen
 Bron : T57 Revêtements et structures réservoirs - (CIM)- Ref. (12)



> CO2 -uitstoot en energieverbruik :

De samenstelling van betonstraatstenen zal dikwijls een groot impact hebben voor wat betreft energieverbruik, productie en exploitatieomstandigheden. Gebruik van materialen met een gunstige milieubalans of materiaal voor hergebruik (van de gemeente) heeft wel veel voordelen. Productie van beton vergt meer CO2-uitstoot als natuursteen. Nieuwe producten zoals stenen, aan de oppervlakte behandeld met fotokatalyse bvb, zuiveren dan weer de vervuilde lucht (verkeer) door omzetting van stikstof- oxyden (NOx) tot halfgeleidende delen. Het belang van dergelijke toepassingen voor het milieu is proefondervindelijk bewezen.

> LCA (levenscyclusanalyse) :

LCA -fiches van de diverse verhardingsmaterialen moeten prioritair geraadpleegd worden, indien beschikbaar, zodat de milieu-impact van de materialen nauwgezet kan bepaald worden.

Om vergelijkbaar te zijn, moet de basismethodiek wel dezelfde zijn voor de verschillende producten. Opgelet, vergelijkingen zijn niet eenvoudig. Bijvoorbeeld de gehanteerde functionele eenheid (LCA beton : 1km weg of 1m²). Ook moet men opletten wat in de berekeningen wordt meegenomen (verpakking, hulpmaterialen bij de productie, transport, enz. ...), ook de volledige levensduur van het materiaal.

De milieuverklaringfiche «Betonstraatstenen» betreft straatstenen met de afmetingen 20x10x6cm. Deze fiche kan gedownload worden op de website : <http://www.cerib.com> - Bron : ref. (8) Het berekende product is een verharding van 1 m² betonstraatstenen voor een toepassing van het type wegenis of openbare ruimte (lasten voor voetgangers en verkeersklasse t5 (volgens de norm ISO 14040).

NIBE-classificatie :

In tegenstelling tot diverse LCA-fiches, geeft de NIBE-classificatie een vergelijking van verschillende materialen op basis van identieke criteria. Het is deze classificatie die als basis dient voor de verhardingsmaterialen in de synthesesetabel van de infofiche MAT01.

> Duurzaamheid van het materiaal :

De geringe duurzaamheid van beton (van 30 - 75 jaar, t.o.v. 150 - 200 jaar voor natuursteen), doet de milieu-impact toenemen. Vervanging van een oppervlakte bestrating (straatstenen en zandbed voor plaatsing) is al nodig na 30-40 jaar, het geheel van de weg (bestrating en funderingen) al na 50-75 jaar. (Bron : Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten - Deel 4, (NIBE) - Ref. (19).

ECONOMISCHE ASPECTEN

> Investeringskosten :

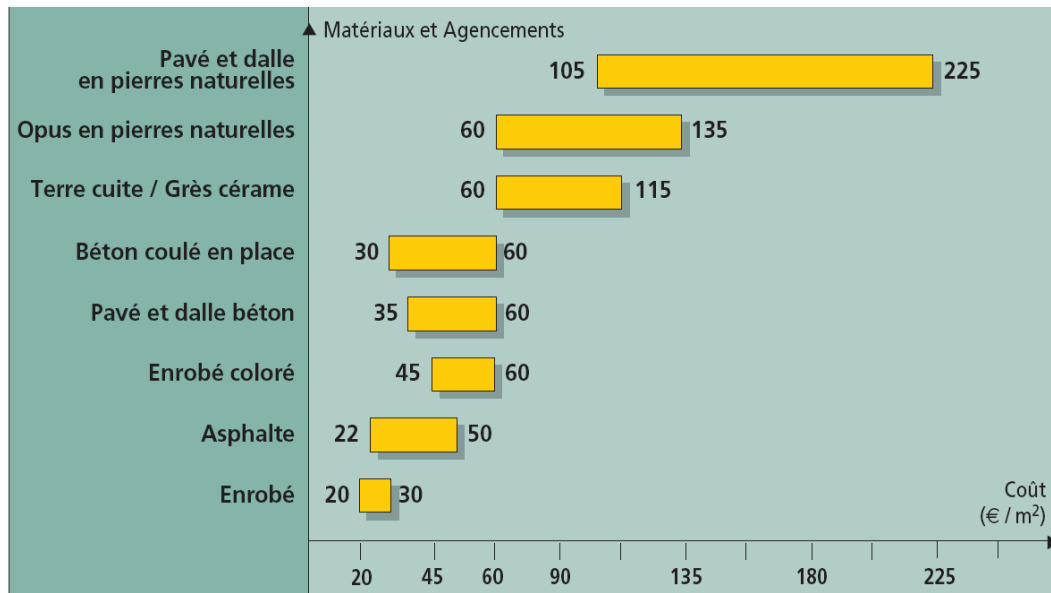
De prijs van betonstraatstenen is afhankelijk van de vorm, de kleur en de uitvoering. De lage investeringskost is algemeen één van de grootste voordelen van dit materiaal.

Het is economisch een concurrerend product als verhardingsmateriaal, berekend op de volledige levensduur.

De transportkosten liggen laag bij materialen die in de omgeving van de bouwplaats geproduceerd worden (dicht netwerk van producenten).

Daar beton een hoog "albedo-effect" heeft en dus een goede coëfficiënt voor lichtweerkaatsing, kunnen ook de verlichtingskosten beperkt worden.





Grootteorde van de kosten, in Frankrijk, per m² verharding. (Bron - Ref:(9))

> Onderhoudskosten :

Weerstand tegen slijtage en weersomstandigheden, maar ook de lagere onderhoudskosten maken van beton een economisch product op termijn. Op lange termijn ligt deze kost echter hoger als bij natuursteen door de lagere levensduur (gemiddeld 50 jaar voor beton, tegen 175 voor natuursteen).

> LCC (lyfe cycle cost) :

Natuursteen heeft een betere verhouding kosten/levensduur als betonstraatstenen. Op korte termijn is dit beter bij de betonproducten.

SOCIOCULTURELE ASPECTEN

> Stedelijke scenografie :

Betonstraatstenen vonden lange tijd weinig interesse bij het grote publiek. Door de grote variëteit aan producten (vormen en kleuren) zijn de vooroordelen echter geleidelijk verdwenen. Naast hun talrijke mogelijkheden om aan specifieke inrichtingseisen tegemoet te komen, mag ook de toenemende capaciteit voor inpasbaarheid en begeleiding bij architecturale realisaties onderstreept worden, wat de stedelijke scenografie en sociale dimensies ten goede komt.

> Patrimoniumwaarde :

De patrimoniale waarde van betonstraatstenen is geringer dan deze van natuursteentegels en kasseien. De grote diversiteit van toepassingen, vormen en kleuren, maar ook het bereikte niveau aan middelen voor imitatie van natuursteen bijvoorbeeld, kunnen de mindere intrinsieke waarde van het materiaal niet compenseren.

> Comfort en veiligheid voor verkeer :

Het gebruikscomfort en de veiligheid die geboden worden door het reguliere en effen oppervlak van betonstraatstenen, accentueren de onderlinge overzichtelijkheid en perceptie van de gebruiker in de openbare ruimten, in het bijzonder de personen met beperkte mobiliteit en de fietsers.

AANVULLENDE INFORMATIE

TE RAADSPLEGEN FICHES

- TER01 : Toepassing van een proces voor duurzame projecten
- ENE01 : Beperking van de milieueffecten van openbare verlichting
- EAU00 : Problematiek en belangen rond regenwaterbeheer
- MAT01 : Keuze van verhardingen in functie van hun milieueffecten
- MAT03 : Natuursteen
- MAT04 : Stortbeton
- MAT06 : Promotie voor het hergebruik en het recycleren van materialen

BIBLIOGRAFIE EN REFERENTIES

1. Algemeen naslagwerk :

- (1)CERTU[2001] – **Structures et revêtements des espaces publics, guide technique**, CERTU (Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques), december 2001.
- (2)GRAND LYON[2008] – **Aménagement et eaux pluviales, guide à l'usage des professionnels, Fiches techniques**, GRAND LYON (Communauté urbaine – Direction de l'eau), juni 2008.
- (3)OCW[2009] – **Betonwegen met respect voor het milieu**, Opleidingscyclus van het OCW (Opzoekingscentrum voor de wegenbouw), 19 februari 2009.
- (4)BHG-BRUSSEL LEEFMILIEU [2005] – **Vademecum van het stedelijk verkeerslawaaï, de wegverhardingen**, Volume 1- Fiche 7, BIM (Brussels Instituut voor Milieubeheer), 2005.
- (5)WTCB[2002] – **RECYhouse, Gebruiksmogelijkheden voor gerecycleerde materialen**, Presentatie van het project en rekenkundige klassering van de producten (WTCB), mei 2002.
- (6)ECRPD[2007] – **Existing and new road pavement materials**, Deliverable D1 ECRPD (Energy Conservation in Road Pavement Design, Maintenance and utilisation), november 2007.
- (7)BRRC[2008] – **Air purification by pavement blocks: final results of the research at the BRRC**, TRA Europe 2008 Ljubljana A. Beeldens, 2008.
- (8)CERIB[2007] – **Fiche de déclaration environnementale et sanitaire, Pavé de voirie en béton**, CERIB (Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton), janvier 2007.
- (9)CIM[2009] – **T50 Voiries et aménagements urbains en béton, Tome 1 conception et dimensionnement**, Collection Technique CIM béton (Centre d'information sur le ciment et ses applications), 2009.
- (10)CIM[2005] – **T88 Analyse du cycle de vie de structures routières**, Document synthétique, Collection Technique CIM béton (Centre d'information sur le ciment et ses applications), 11p, 2005.
- (11)CIM[2005] – **T89 Analyse du cycle de vie de structures routières**, Collection Technique CIM béton (Centre d'information sur le ciment et ses applications), 61p, 2005.
- (12)CIM[2007] – **T57 Revêtements et structures réservoirs**, Collection Technique CIM béton (Centre d'information sur le ciment et ses applications), 171p, 2007.
- (18)ECRPD[2009] – **WP6 – Life cycles evaluation**, Deliverable WP6 ECRPD (Energy Conservation in Road Pavement Design, Maintenance and utilisation), november 2009.
- (19)NIBE[2009] – **NIBE's Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten - Deel 4**, NIBE, 2009.

2. Websites :

- <http://www.shared-space.org>
- <http://www.creabeton-materiaux.ch>
- <http://www.cerib.com>
- <http://www.brcc.be>
- <http://www.paving.org>
- <http://www.inies.fr>
- <http://www.infociments.fr>
- <http://www.wtcb.be>
- <http://www.grandlyon.com>

