



Verhardingen voor fietsvoorzieningen



Aanbevelingen voor het ontwerp,
de aanbrenging en het onderhoud



Het fietsvademecum van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest biedt technische ondersteuning voor de verbetering van fietsvoorzieningen. Het is bestemd voor alle actoren die het fietsen in Brussel promoten.

De veiligheid en het comfort van fietsers worden in hoge mate bepaald door de kwaliteit van de verharding, van de wegmarkeringen en van de verlichting.

In deze aflevering geven we aanbevelingen voor het ontwerp, de aanbrenging en het onderhoud van verhardingen voor kwalitatieve fietsvoorzieningen.

De aanbevelingen voor wegmarkeringen en verlichting worden door dezelfde auteur vanuit dezelfde benadering in een afzonderlijke aflevering van het fietsvademecum behandeld.

Tekst, vertaling en tekeningen ▮

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW)

Met medewerking van ▮

Pierre-Jean Bertrand, Isabelle Corten, Florence Dekoster,
Frederik Depoortere, Eric Falier en Catherine Fierens
van Mobiel Brussel, Rachelle Rupert van Leefmilieu Brussel (BIM)

Foto's ▮

Mobiel Brussel, OCW en Yves De Bruyckere

Grafische vormgeving ▮

Dominique Boon

Deze brochure kan worden gedownload van
www.ocw.be en www.velo.irisnet.be

Disponible en français

D/2009/0690/3

Verantwoordelijke uitgever: Jean-Claude Moureau (Mobiel Brussel)

Mei 2009

Inhoud

1- Inleiding	3
2- Kwaliteitseisen voor fietsvoorzieningen	6
2.1 Gebruikerseisen	6
2.2 Criteria van de wegbeheerder	10
2.3 Conclusie	13
3- Verhardingen	14
3.1 Algemene aanbevelingen voor alle verhardingssoorten	14
3.2 Betonverhardingen	30
3.3 Bitumineuze verhardingen	36
3.4 Elementenverhardingen	47
3.5 Materialen voor groengebieden	60
3.6 Overzichtstabel	66
Terminologie	70
Literatuur	74

Afkortingenlijst

AB	Asfaltbeton
apg	Asfaltpuingranulaat
CBR	<i>California Bearing Ratio</i> (draagvermogenindex)
GSV	Gewestelijke stedelijke verordening
L/d	Lengte-dikteverhouding
LCA	<i>Life Cycle Cost Analysis</i> (totale levenscycluskosten)
MTD	<i>Mean Texture Depth</i> (gemiddelde textuurdiepte)
OCW	Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
PBM	Persoon met beperkte mobiliteit
SMA	<i>Splittmastixasphalt</i> (steenmastiekasfalt)
SME	Steenmastiekemulsie
STDEV	Standaarddeviatie
VPC	Versnelde-polijsingscoëfficiënt (ook: polijstgetal)
wcf	Water-cementfactor
ZOA	Zeer open asfalt

I - Inleiding

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest wil het gebruik van de fiets aanmoedigen. Dat past in het streven naar een duurzame mobiliteit.

In deze aflevering van het fietsvademecum geven we aanbevelingen voor het ontwerp, de aanbrenging en het onderhoud van verhardingen voor kwalitatieve fietsvoorzieningen.

In de kwaliteitseisen die aan een fietsvriendelijke infrastructuur worden gesteld, dient rekening te worden gehouden met de wensen van de fietsers. Dat wil zeggen een infrastructuur die directe en comfortabele verplaatsingen per fiets mogelijk maakt in een aantrekkelijke en veilige verkeersomgeving of, samengevat, infrastructuur die voldoet aan vijf kernwoorden:

- veiligheid;
- comfort;
- directheid;
- aantrekkelijkheid;
- samenhang.

De eisen met betrekking tot veiligheid en comfort worden in hoge mate bepaald door de verharding (met inbegrip van de aansluitingen, afwezigheid van obstakels, enz.), de wegmarkeringen en de verlichting. De aanbevelingen voor wegmarkeringen en verlichting worden vanuit dezelfde benadering in een afzonderlijke aflevering van het fietsvademecum behandeld.

Naast de gebruikerseisen mogen ook andere parameters niet uit het oog worden verloren.

Vooraf in stedelijke gebieden waar ruimte schaars is, is de verkeers- en ruimtelijke omgeving mee bepalend voor de aard van de fietsvoorzieningen.

Daarnaast moet ook met de huidige milieueisen rekening worden gehouden en dienen de

fietsvoorzieningen harmonieus in de omgeving te worden ingepast.

Tegelijk moeten zij een duurzame en betaalbare oplossing bieden.

De aanleg van fietsvoorzieningen is dus het sluitstuk van een uitgebreid ontwerp- en overlegproces, waarbij tal van invloedsfactoren en vaak tegenstrijdige belangen en eisen moeten worden afgewogen.

De uitdaging voor ontwerpers en beheerders is fietsvoorzieningen te ontwerpen en te realiseren die worden gebruikt. Kwaliteit en zorg voor het detail zijn dus zeer belangrijk.



Gemarkerd fietspad



Fietssuggestiestrook



Vrijliggend fietspad

Het is aan de ontwerper om de kwaliteitseisen zoveel mogelijk in de infrastructuur tot uiting te brengen. Daarbij moet hij beseffen dat deze eisen niet alleen gelden voor vrijliggende fietspaden, maar ook voor gemarkeerde fietspaden en fietssuggestiestroken.

Voor de juiste keuze en dimensionering van de verharding en wegmarkeringen moet hij een goede kennis van de materialen bezitten.

We gaan dan ook eerst nader in op de gebruikerseisen en andere parameters die van doorslaggevend belang zijn bij de keuzen van de ontwerper en de wegbeheerder. Als die eisen worden vertaald naar de verharding gaat het in het bijzonder om:

- stroefheid;
- vlakheid;
- afwatering;
- obstakelvrij parcours;
- leesbaarheid en zichtbaarheid;
- netheid.

Andere parameters die de keuze van de ontwerper en de wegbeheerder beïnvloeden, zijn:

- duurzaamheid;
- ruimtelijke kwaliteit en beperkingen;
- gezondheid van mens en milieu;
- uitvoeringseisen en -beperkingen;
- onderhoudseisen en -beperkingen;
- kosten.

Na een algemene beschrijving toetsen we de gangbare verhardingsmaterialen aan deze eisen en parameters af: betonverhardingen, bitumineuze verhardingen, elementenverhardingen en materialen voor groengebieden.

Het ontwerpen van fietsvoorzieningen mag niet alleen aan de tekentafel of met de computer gebeuren. Ontwerpers, technici en beheerders moeten ter plekke gaan kijken om het feitelijke gedrag op straat en de essentiële constructieve aandachtspunten in te schatten.

Daarom geven we algemene en specifieke aanbevelingen voor dimensionering en voor constructieve details zoals dwarshelling, legver-

band, voegen, trottoirbanden, weggoten, goten, kantopsluiting, rioolkolken, inspectieputten, ventilatieroosters, snelheidsremmers, enz.

Ontwerpers en wegbeheerders moeten nauwlettend op de kwaliteit van de uitvoering toezien en voor, tijdens en na de uitvoering nauwgezet aangepaste controles verrichten.

Het beheer van fietsvoorzieningen mag niet los worden gezien van het beheer van het volledige wegennet. Om een duurzame kwaliteit te waarborgen, is een rationeel beheer van het

fietsroutenetwerk onmisbaar. Daarom wordt uitgebreid aandacht besteed aan inspectie en onderhoud.

Vanzelfsprekend is het steeds zaak na te gaan of alle materialen, inrichtingen, enz. aan de huidige regelgeving, normen en andere aanbevelingen voldoen.

Wij hopen met deze aanbevelingen bij te dragen aan een veilige, comfortabele, aantrekkelijke en duurzame fietsinfrastructuur in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.



2- Kwaliteitseisen voor fietsvoorzieningen

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de gebruikerseisen en andere criteria die van doorslaggevend belang zijn bij de keuzen van de ontwerper en de wegbeheerder.

Vijf kernwoorden vatten de kwaliteitseisen van de fietsers samen: veiligheid, comfort, directheid, aantrekkelijkheid en samenhang. Als die eisen naar de verharding worden vertaald, gaat het in het bijzonder om: stroefheid, vlakheid, afwatering, obstakelvrij parcours, leesbaarheid, zichtbaarheid en netheid.

Andere criteria die de keuze van de ontwerper en de wegbeheerder beïnvloeden, zijn duurzaamheid, ruimtelijke kwaliteit en beperkingen, gezondheid van mens en milieu, eisen en beperkingen in verband met de uitvoering en het onderhoud, en kosten.

2.1 Gebruikerseisen

2.1.1 Stroefheid

Stroefheid is een eigenschap die voortvloeit uit de textuur (micro- en macrottextuur) van het verhardingsoppervlak en die bijdraagt aan de grip van de banden op (of de glijweerstand van) dat oppervlak.

De stroefheid van de verharding is bepalend voor het rijgedrag van fietsers: een glad oppervlak maakt fietsers onzeker (zodat zij vertragen) of brengen hen zelfs in gevaar (verrassingseffect als ze niet met de situatie vertrouwd zijn).

Een optimale stroefheid voorkomt steeds, maar vooral bij nat weer of ijzelvorming (en dus bij een glad oppervlak), dat fietsers uitglijden. Ze zorgt tegelijk dat de opgewekte rolweerstand en het energieverlies voor de fietsers beperkt blijven. Bovendien dient er rekening mee te worden gehouden dat stroefheid anders wordt

ervaren naargelang van de soort van fiets (van terreinfiets tot racefiets) of de soort van weggebruiker (personen met beperkte mobiliteit, voetgangers, rollerskaters, enz.).

De stroefheid van de verharding is ook van belang voor een goede hechting van de wegmarkeringen. Onleesbare of losliggende markeringen leiden eveneens tot onveiligheid en een oncomfortabel gevoel voor de fietser.

2.1.2 Vlakheid

Om een goed rijcomfort te bieden, mag het verhardingsoppervlak geen onvlakheden vertonen.

De vlakheid van de verharding bepaalt de horizontale en verticale trillingen die een fietser ondervindt. Zij ontstaan door dwarsonvlakheid, langsonvlakheid of oneffenheden. Een fiets heeft nauwelijks vering om die trillingen op te vangen. De fietser en zijn passagier krijgen een oncomfortabel gevoel en ondervinden schokken met schade aan de vervoerde goederen en op langere termijn ook aan de fiets als gevolg. Ze kunnen zelfs uit evenwicht of ten val worden gebracht. Bovendien bepaalt de vlakheid in grote mate de weerstand die de fietser ondervindt en daarmee het energieverbruik. Onvlakheid leidt tot obstakelvrees en bijgevolg tot een lagere snelheid.

Afwijkingen ten aanzien van de vlakheid kunnen worden veroorzaakt door:

- overgangen in het verhardingsoppervlak (aansluitingen, reparaties, enz.);
- obstakels (roosters, putdeksels, enz.);
- langs- en dwarsvoegen, in het bijzonder als ze onzorgvuldig ontworpen, gebrekkig uitgevoerd of slecht onderhouden zijn;
- verhardingsschade. Schade kan ontstaan of worden versneld als de verharding onvoldoende sterkte/stijfheid bezit om (occasioneel) verkeer zoals groen- en win-



Vlakke overgang zonder goot of trottoirband

teronderhoudsmaterieel en sluijverkeer te weerstaan of wanneer ze onzorgvuldig ontworpen, gebrekkig uitgevoerd of slecht onderhouden is. De voornaamste schade-groepen zijn:

- scheurvorming (langs-, dwars- of netscheuren);
- vervorming (spoorvorming, ribbelforming, verzakking, doorponing, enz.);
- gaten door steen- of elementenverlies;
- gebroken of losliggende elementen;
- ongelijkmatige dikte (golven) van de top- en/of onderlagen van de constructie;
- ongelijkmatige macrottextuur;
- te dikke wegmarkeringen.

De vlakheid stelt dus eisen aan de verhardingsconstructie en aan de materiaalprestaties. Ze hangt daardoor voornamelijk af van de materiaalkeuze, het ontwerp, de uitvoering en het onderhoud.

2.1.3 Afwatering

Omdat fietsers in de openlucht rijden en niet beschermd worden tegen weersinvloeden, is er veel aandacht nodig voor een goede afwatering.

Op het verhardingsoppervlak mag geen waterfilm of plasvorming ontstaan. Zij hebben immers



Beschadigd wegoppervlak

ongunstige effecten die het fietsen onveilig en oncomfortabel maken:

- afstromend en stilstaand water maakt een oppervlak glad. Door de waterfilm tussen band en oppervlak vermindert de hechting tussen beide en verhoogt het risico op uitglijden;
- een fietser kan bij plasvorming niet zien hoe diep het verhardingsoppervlak ligt en of er zich hierin diepere kuilen bevinden. Bij vorst kunnen ijsplekken ontstaan. Dat kan in beide gevallen uitwijkmanoeuvres of valpartijen veroorzaken;
- een slechte afwatering beïnvloedt het gedrag van de verharding en kan schade (scheurvorming, kippennesten, verzakkingen, opwippen van betonplaten) veroorzaken of versnellen;
- bij duisternis zorgt een nat of glad verhardingsoppervlak voor hinderlijke lichtreflecties;
- wegmarkeringen zijn minder goed zichtbaar en kunnen glad worden;
- schoenen, kousen, onderbenen en ook de fiets worden nat en vuil.

2.1.4 Obstakelvrij parcours

Niet alleen de algemene kenmerken en de kwaliteit van de aanbrenging van de verharding, maar ook constructieve details zijn bepalend voor de veiligheid en het comfort van fietsers. Op hun weg liggen immers tal van kleine of grote obstakels. Obstakelvrees leidt tot een effectief smallere fietsvoorziening. Om obstakels te vermijden, gaan fietsers plots remmen, uitwijken of er loodrecht overrijden om het evenwicht niet te verliezen. Het risico op valpartijen en lekrijden is dan ook reëel.

De meest voorkomende obstakels zijn:

- overgangen in het verhardingsoppervlak (aansluitingen tussen delen van een fietsvoorziening, zijstraten, kruispunten, inritten van private eigendommen, op- en afritten van vrijliggende fietspaden, verharde tussenberm);
- trottoirbanden, weggoten en goten;
- roosters van rioolkolken;
- roosters van ventilatieopeningen;
- deksels van inspectieputten;
- afsluitpaaltjes;
- palen (straatverlichting, verkeersborden, verkeerslichten);



Hinderlijke putdeksels in het fietstracé



Afsluitpaaltje op het fietstracé

- kasten van nutsmaatschappijen;
- rails van tram- of spoorwegbanen;
- geleideconstructies;
- snelheidsremmers (verkeersdrempels en -plateaus, asverschuivingen en wegversmalingen);
- overgroeiing (laaghangende takken of struiken in het profiel van vrije ruimte voor de fietser);
- afgebrokkelde randen van greppels;
- boomwortelgroei.

Hoewel deze obstakels niet direct door een gebrekkige kwaliteit van het verhardingsoppervlak worden veroorzaakt, kunnen zij de stroefheid en de vlakheid ervan aantasten en de afwatering belemmeren.

Daarom dient van bij het ontwerp ook de nodige zorg en aandacht aan deze constructieve details te worden besteed. Het met de trapper raken van randen en obstakels is overigens een van de belangrijkste oorzaken van eenzijdige ongevallen met fietsers.

2.1.5 Leesbaarheid – Zichtbaarheid

De vormgeving en uitrusting moeten een wegbeeld creëren dat voor alle weggebruikers onmiddellijk begrijpelijk is en dat aanspoort tot een veilig gedrag dat verenigbaar is met de specifieke functie van de verkeersruimte.

Een visueel onderscheid tussen de verkeerszones is niet het enige, maar wel een belangrijk hulpmiddel daarbij.

Zo kunnen gekleurde of verschillende verhardingsmaterialen en wegmarkeringen de leesbaarheid van ruimten versterken. Een goede leesbaarheid heeft een gunstig effect op de verkeersveiligheid en het fietscomfort (gebruikersgemak). Kleuren kunnen de continuïteit van een route of een netwerk ondersteunen.



Gekleurde verhardingsmaterialen voor een begrijpelijk wegbeeld

Op donkerder plaatsen kan een lichtgekleurde verharding voor meer duidelijkheid zorgen, op voorwaarde dat het contrast met de (witte) wegmarkeringen voldoende sterk blijft.

Aan het toepassen van kleur op wegvakken kleven ook nadelen. Te veel kleuren kunnen de weggebruikers in verwarring brengen, wat nadelig is voor de veiligheid.

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest beperkt het gebruik van kleuren dan ook zoveel mogelijk. Als gescheiden verkeer nodig is, worden soms verschillende tinten van grijs of een fysieke scheiding toegepast. Een roodgekleurd verhardingsoppervlak wordt alleen aangebracht om de aandacht op conflictsituaties te vestigen of om een onduidelijke situatie leesbaarder te maken.

Bij gemarkeerde fietspaden bakenen twee evenwijdige onderbroken witte strepen het domein van de fietser af en houden zo automobilisten enigszins op afstand. Bij een te brede rijloper

bestaat het gevaar dat de automobilisten sneller gaan rijden. Er dient dan ook nauwlettend op de breedte van de rijloper¹ te worden toegezien. Op wegen met minder verkeer en een lage rijsnelheid kunnen fietssuggestiestroken worden aangelegd. Hoewel kleurgebruik de leesbaarheid kan bevorderen, markeert het Brussels Hoofdstedelijk Gewest om de bovenvermelde redenen fietssuggestiestroken met witte fietslogo's en sergeantstrepen, die afwisselend en op een vaste afstand van elkaar worden aangebracht.



Een roodgekleurd verhardingsoppervlak wijst op potentiële gevaarpunten

Een weg moet in alle omstandigheden, zowel overdag als 's nachts, bij droog of nat weer, goed leesbaar zijn. De fotometrische kwaliteit (luminantie) kan echter verschillen naargelang het verhardingsoppervlak mat of glanzend, droog of nat, licht- of donkergekleurd, enz. is. De reflectie van autolichten op een nat oppervlak kan een verblindend effect hebben.

¹. Zie aflevering 2 Uitvoering van gemarkeerde fietspaden en fietssuggestiestroken van het Fietsvadecum van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Het voorkomen van verblinding is een belangrijke factor voor het comfort van de fietsers. Automobilisten zijn bij het kruisen van fietsers immers niet geneigd van grote naar kleine lichten over te schakelen.

2.1.6 Netheid

Fietsvoorzieningen moeten steeds veilig berijdbaar zijn.

Naast een gebrekkige stroefheid, onvlakheid en allerlei obstakels kan ook een gebrek aan netheid tot gevaarlijke situaties voor de fietser leiden.

Vrijliggende fietspaden zijn vaak door onkruid overwoekerd. Onkruidgroei en plasvorming zijn obstakels die tot een effectief smallere fietsvoorziening leiden.

Losliggende steentjes, onkruid, dode takken en bladeren, glasscherven, olievlekken en allerlei ander afval tasten het aanzien van de fietsvoorziening aan en verhogen het risico op uitglijden (vooral in bochten) en lekrijden. Net zoals sporen van plasvorming maken zij de fietsvoorzieningen minder aantrekkelijk.



Een gebrek aan netheid is nadelig voor de veiligheid, het comfort en de aantrekkelijkheid

Gemarkeerde fietspaden en fietssuggestiestroken liggen soms bezaaid met vuil van de rijbaan dat door de autobanden wordt opgeworpen.

Bij ijzel of sneeuw wordt vaak eerst op de rijbaan en pas daarna op de (vrijliggende) fietsvoorzieningen gestrooid of geruimd. Soms komt de geruimde sneeuw zelfs (gedeeltelijk) op de fietsvoorziening (vrijliggend fietspad, gemarkeerd fietspad of fietssuggestiestrook) terecht.

Vaak vermindert dan ook de leesbaarheid van de wegmarkeringen, de verkeersborden en de bewegwijzering.

2.2 Criteria van de wegbeheerder

2.2.1 Duurzaamheid

Weggebruikers wensen een veilige en comfortabele weg. Voor wegbeheerders is het belangrijk een weg zo lang mogelijk met minimale onderhoudskosten in stand houden. Daarom moet de verhardingsconstructie voldoende duurzaam zijn. Dit betekent dat het draagvermogen, de oppervlakkenmerken en de afwatering van de constructie tijdens de volledige ontwerplevensduur aan minimeisen moeten voldoen. De toepassing van duurzame materialen heeft bovendien een gunstig effect op de gezondheid van mens en milieu.

Draagvermogen

Een verhardingsconstructie moet de nodige sterkte en stijfheid bezitten. Als ze niet sterk genoeg is, kan scheurvorming optreden. Als ze niet stijf genoeg is, kan blijvende vervorming ontstaan, met onvlakheid als gevolg.

Het draagvermogen van een constructie wordt voornamelijk bepaald door de opbouw. Een goede verticale dimensionering (bepaling van de laagdikten) is dan ook van groot belang. Daarbij moet rekening worden gehouden met:

- de omgevingsfactoren (kenmerken van de ondergrond, het klimaat, enz.);

- de materialen en de kenmerken ervan;
- de optredende belastingen (aantal en grootte).

Bij het ontwerp dient een onderscheid te worden gemaakt tussen gemarkeerde fietspaden en fietsuggestiestroken, en vrijliggende fietspaden. Gemarkeerde fietspaden en fietsuggestiestroken kunnen door auto's worden overreden. De fietsvoorzieningen hebben dan ook dezelfde opbouw als de rijbaan. Vrijliggende fietspaden zijn fysisch van de rijbaan gescheiden en er treedt geen of slechts occasioneel verkeer op, zodat eventueel minder strenge eisen aan de opbouw kunnen worden gesteld.

Oppervlakkenmerken

Voor een duurzame stroefheid, vlakheid en zichtbaarheid van het verhardingsoppervlak moeten de materialen bestand zijn tegen:

- mechanische invloeden (occasioneel verkeer zoals groen- en winteronderhoudsmaterieel en sluipverkeer, onderhoudsverrichtingen);
- weersinvloeden (vorst, UV-stralen, enz.);
- chemische invloeden (benzine, olie, wegens zout, reinigingsmiddelen, enz.).

Afwatering

Een slechte afwatering beïnvloedt het gedrag en bijgevolg de duurzaamheid van de verharding. Hemelwater dat op het verhardingsoppervlak blijft staan (plaspvorming) of langs voegen of scheuren indringt, kan de constructie immers helemaal destabiliseren. Verhardingen die niet waterafvoerend en evenmin ondoorlatend zijn, houden water vast en zijn doorgaans minder duurzaam dan ondoorlatende verhardingen.

Een voldoende dwarshelling en adequate drainagevoorzieningen in, onder en naast de verhardingsconstructie kunnen de gevolgen van indringend water en bijbehorende schade aanzienlijk beperken.

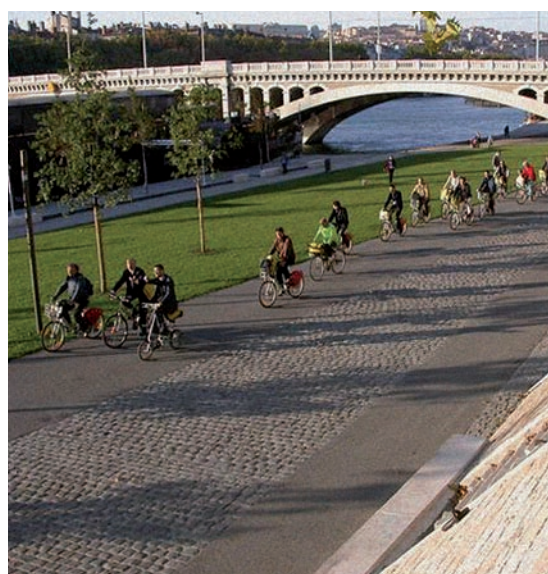
Een slechte afwatering tast ook de duurzaamheid van wegmarkeringen aan. Door de inwerking van stilstaand water komen gevormde producten sneller los. Losliggende markeringen veroorzaken een onveilig en een oncomfortabel gevoel bij de fietser.

2.2.2 Ruimtelijke kwaliteit en beperkingen

Bij de keuze van een verharding dient vanzelfsprekend ook rekening te worden gehouden met de harmonieuze inpassing in de omgeving en de regelgeving op het gebied van milieu, stedenbouw en bescherming van het erfgoed. Dit kan ertoe leiden dat voor een wegconstructie, of althans voor het oppervlak ervan, bepaalde materialen en/of kleuren voorgeschreven dan wel verboden worden. Om die redenen zou dan soms voor een verhardingsmateriaal moeten worden gekozen dat vanuit oogpunt van veiligheid en comfort voor fietsers niet optimaal is. Wel verdient het dan aanbeveling het minst fietsonvriendelijke alternatief te kiezen.

Omwille van de leesbaarheid wordt soms met verschillende materialen en/of kleuren gewerkt. Als dat weloverwogen en met mate gebeurt, hoeft dit niet tegenstrijdig met de ruimtelijke kwaliteit te zijn.

Bovendien is de beschikbare ruimte bepalend voor de soort van fietsvoorziening. Zo is in een stedelijke omgeving slechts zelden plaats voor een fysieke scheiding en treffen we daar overwegend gemarkeerde fietspaden en fietsuggestiestroken aan.



Een verharding van straatkeien met comfortstroken van asfalt



Verharding van klassieke straatkeien met een comfortstrook van gezaagde keien



Gezaagde straatkeien



Voetgangers en fietsers delen de verkeersruimte

Kabels en leidingen horen zo min mogelijk onder fietsvoorzieningen te liggen. Speciale leidingstroken zijn wenselijk, maar vooral in stedelijke gebieden meestal niet haalbaar.

2.2.3 Gezondheid van mens en milieu

Net zoals voor andere wegverhardingen moet bij de keuze van materialen en technieken voor fietsvoorzieningen rekening worden gehouden met eisen die in verband met de gezondheid van mens en milieu worden gesteld. Die eisen hebben betrekking op:

- de verwerking en de emissie van stoffen die de kwaliteit van de lucht, de grond en/of het water kunnen aantasten;
- de gezondheid en de veiligheid van asfaltverwerkers, wegmarkeerders, enz.;
- de afvalberg (verpakkingsafval, grondverzet, bouwpuin);
- het verbruik van water en van nieuwe, niet-hernieuwbare energie en grondstoffen;
- recycling en toepassing van gerecyclede materialen.

2.2.4 Uitvoeringseisen en -beperkingen

Fietsvoorzieningen hebben doorgaans een beperkte breedte (en soms ook een beperkte lengte). Zoals al gezegd, stellen zij bijzondere eisen aan de stroefheid (textuur), vlakheid (vlak oppervlak en vlakke overgangen) en de leesbaarheid (door middel van verschillende materialen en/of kleuren).

In een stedelijke omgeving is de beschikbare ruimte voor de bouwplaats en het bouwverkeer meestal beperkt. Om de hinder te beperken, mag de weg niet of slechts zo kort mogelijk voor het verkeer worden afgesloten.

Specifieke eisen of beperkingen voor de verwerking van materialen kunnen in de bovvermelde omstandigheden de keuze van een verhardingsmateriaal beïnvloeden. Met name kunnen dat zijn:

- omgevingstemperatuur;
- maximale verwerkingsduur;
- minimale wachttijd voor de openstelling van het verkeer;

- onmisbare kantopsluiting, dwars- en/of langsvoegen;
- aard en kwaliteit van de ondergrond;
- beschikbaarheid van aangepast materieel;
- mogelijkheid om het materiaal handmatig te verwerken.

2.2.5 Onderhoudseisen en -beperkingen

Zoals al gezegd, hebben fietsen weinig vering en doorgaans dunne banden. Wat voor auto-verkeer een lichte schade is, zal voor fietsers dan ook al snel matige of zelfs ernstige schade zijn. Als door schaden en gebrek aan netheid het comfortniveau van fietsvoorzieningen te wensen overlaat, dan leiden de veiligheid en de aantrekkelijkheid eronder.

Kwaliteitsvolle fietsinfrastructuur stopt dus niet met een goede vormgeving, ook een efficiënt beheer en onderhoud zijn onmisbaar. De hieruit voortvloeiende eisen kunnen een rol spelen bij de keuze van een verhardingsmateriaal.

De volgende factoren bepalen de technische keuzen voor de opbouw en de materialen van een verhardingsconstructie en voor de eventuele oppervlakbehandeling:

- onderhoudsgemak: de toegepaste verhardingsmaterialen moeten gemakkelijk en zonder al te hoge kosten kunnen worden onderhouden (in geval van bevuiling, sneeuw, ijzel, enz.). Te duur onderhoud wordt vaak (te lang) uitgesteld of gebeurt helemaal niet, waardoor de aantrekkelijkheid van de fietsvoorziening vermindert. Door hun intrinsieke kenmerken zijn sommige materialen onderhoudsvriendelijk of bijzonder geschikt om de stroefheid te herstellen of kunnen ze zonder ophoging van het wegniveau worden gerepareerd;
- geschiktheid om (duurzame) wegmarkeringen op aan te brengen;
- toegankelijkheid van kabels en leidingen en reparatiegemak: kabels en leidingen

moeten snel en gemakkelijk toegankelijk zijn. Net zoals bij andere kleine ingrepen (bv. de aanbrenging van straatmeubilair of reparaties) moet het oppervlak gemakkelijk in zijn oorspronkelijke staat kunnen worden hersteld, zonder comfortverlies voor de fietser. Sommige materialen zijn hiervoor beter geschikt, terwijl andere moeilijker in kleinere hoeveelheden kunnen worden vervaardigd of aangebracht. Soms kan moeilijk dezelfde kleur, sterkte, vlakheid of een ander kenmerk worden bereikt.

De geëiste duurzaamheid bepaalt mee de frequentie en de omvang van het onderhoud (en de onderhoudskosten). Efficiënt en geregeld onderhoud verhoogt de levensduur van de constructie en het comfort voor de fietsers.

2.2.6 Kosten

Bij de berekening van de totale kostprijs dient rekening te worden gehouden met de integrale levenscycluskosten. Dat zijn:

- investeringskosten voor de aanleg: opbreken van de bestaande weg of de aanleg van een tracé, aanleg van de constructie (onderbouw, verharding, markering, drainage en verlichting) en verkeersmaatregelen;
- functionele en structurele onderhoudskosten;
- milieu- en recyclingkosten;
- maatschappelijke kosten door verkeershinder en maatschappelijke baten door verhoogd fietsgebruik (meer bewegen is goed voor de gezondheid).

2.3 Conclusie

De voor een bepaald project toe te passen verhardingsconstructie wordt uiteindelijk gekozen op basis van een vergelijkende beschouwing: een kosten- en batenanalyse van de in aanmerking komende oplossingen, die tot een **optimale oplossing** leidt.



3- Verhardingen

De verharding is de bovenzijde van een verhardings- of wegconstructie en het deel waarmee weggebruikers (voertuigen, fietsers, voetgangers, enz.) rechtstreeks in contact komen.

Het verhardingsoppervlak van fietsvoorzieningen is dan ook bepalend voor de veiligheid en het comfort van fietsers. Het moet bovendien de ongeschonden toestand van de constructie (doorlatendheid en sterkte) tijdens de volledige levensduur waarborgen.

Hoe de juiste verharding kiezen? Op die vraag bestaat geen pasklaar antwoord. Elk materiaal heeft voor- en nadelen, toepassingsmogelijkheden en -beperkingen. Het is de taak van de wegbeheerder en de ontwerper om voor een gegeven toepassing en omgeving het geschikte materiaal te kiezen.

Voor alle hierna beschreven materialen verdient het overigens aanbeveling om bij het opstellen van bijzondere bestekken de vereisten opgesomd in het standaardbestek voor wegwerkzaamheden van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest over te nemen.

3.1 Algemene aanbevelingen voor alle verhardingssoorten

3.1.1 Stroefheid

Stroefheid is het vermogen van een materiaal om te voorkomen dat weggebruikers uitglijden (vooral bij regenweer).

Een optimale stroefheid zorgt voor een goede grip op (of glijweerstand van) het verhardingsoppervlak, een aangenaam rijcomfort en beperkt het risico op kwetsuren bij valpartijen.

Verhardingsmaterialen moeten dus tijdens de volledige levensduur van de verharding een goede polijstweerstand bezitten en slijtvast zijn.

3.1.2 Vlakheid

De vlakheid van het oppervlak bepaalt de horizontale en verticale trillingen die een fietser ondervindt. Zij ontstaan door de dwarsonvlakheid, langsonvlakheid (bulten en putten) of oneffenheden. Die onvlakheden vloeien voort uit een ongelijkmatige macrottextuur, schaden (bijvoorbeeld kippennesten) of een gebrekkige uitvoering (golven).

Voor de veiligheid en het comfort van fietsers is de vlakheid van het verhardingsoppervlak van essentieel belang.

3.1.3 Afwatering

Een goede drainage, opvang en afvoer van water zijn van essentieel belang voor de veiligheid en het comfort van de fietser, en voor het gedrag van de verhardingsconstructie in de tijd (duurzaamheid).

Om die reden wordt de verharding met een dwarshelling van 2 % aangebracht. Het water wordt bij voorkeur in een goot naar een rioolkolk afgevoerd. Goten en rioolkolken worden op de juiste hoogte, op de geschikte plaats en in voldoende aantal aangebracht, zonder daarbij de veiligheid en het comfort van de fietsers te hinderen.

Als er geen goot is, worden de randen van de verharding zo uitgevoerd dat zij geen water opvangen. Er kan ook een aanvullende drainagevoorziening worden aangebracht, vooral in geval van een trage of moeilijke natuurlijke drainage.

Trillingen en rijcomfort

Met de zogenoemde meetfiets van de K.U.Leuven is het trillingscomfort van meer dan 1 400 km oude en recentere fietsvoorzieningen in Vlaanderen en in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest doorgelicht. Het meetsysteem op de vooras van de fiets levert honderd meetresultaten per seconde (6 000/min).



Om tot vergelijkbare resultaten te komen, is er steeds op toegezien dat met identieke parameters (rijsnelheid, bandenspanning, gewicht van de fietser en manier van fietsen) werd gemeten.

De metingen, waaraan ook het OCW heeft meegewerkt, hebben aangetoond dat behalve voor straatkeien met alle verhardingssoorten een goed trillingscomfort kan worden bereikt, op voorwaarde dat de verharding correct is uitgevoerd en onderhouden. Comfortabele fietsvoorzieningen zijn dus haalbaar, maar toch is het schok- en trillingscomfort op heel wat recente fietsvoorzieningen ondermaats.

Voor 85 tot 90 % van de vrijliggende fietspaden is het comfort beter op de rijbaan dan op het fietspad. De resultaten voor kruisingen tussen fietspaden en rijbaan zijn catastrofaal.

Hoe meten en meetresultaten verwerken?

Met het OCW is afgesproken om standaarddeviatie (STDEV) te gebruiken als statistische verwerkingsmethode voor de meetgegevens. Deze methode wordt internationaal toegepast voor de verwerking van trillingen en leverde globale scores op die zeer goed met de subjectieve ervaring van de fietser overeenkomen. Standaarddeviatieresultaten zijn voor buitenstaanders moeilijk te begrijpen. Daarom werden de resultaten na onderzoek en evaluatie op lineaire basis herleid tot scores op 10. Als bovengrens (10/10) werd een STDEV-resultaat van 4 genomen. Vervolgens werd een lineaire herberekening van 1 puntscore (wanneer berekend op 10) per 3 STDEV-punten gemaakt. Dit resulteert in de vergelijkingstabel op de volgende bladzijde:

STDEV	Score/10
4	10/10
7	9/10
10	8/10
13	7/10
16	6/10
19	5/10
22	4/10
25	3/10
28	2/10
31	1/10
34	0/10

Een score van 5/10 is de grens tussen trillingscomfort en -hinder.

Heel wat fietsvoorzieningen scoorden onder die grens.

Er is een duidelijk verband tussen het toegepaste materiaal en de trillingscore. Voor nieuwe fietsvoorzieningen scoort asfalt doorgaans het best (ongeveer 8/10), gevolgd door beton (6,5/10), tegels (5,6/10) en betonstraatstenen (5,3/10). Toch blijkt uit de analyse dat voor al deze verhardingssoorten betere resultaten mogelijk zijn. Straatkeien scoren slecht. Gezaagde keien leveren een beter resultaat op.

Het verdient dus aanbeveling om:

- een vlakheidsnorm voor fietsvoorzieningen op te leggen (dezelfde vlakheid als de beoogde vlakheid voor de rijbaan);
- richtlijnen te geven om het rijcomfort aan kruisingen van fietsvoorzieningen met de rijbaan te verbeteren;
- een algemeen en eenvormig comfortmeetsysteem voor fietsvoorzieningen af te spreken.



Bij een uitwijkmanoeuvre vormt deze weggoot een gevaar voor de fietser

Hoe sterker de macrotextuur, des te beter het water wordt afgevoerd. Een te sterke macrotextuur vermindert echter het rijcomfort en verhoogt het risico op blessures bij valpartijen. Er moet dus naar een goed evenwicht tussen veiligheid en comfort worden gestreefd. Doorlatende (poreuze) verhardingsmaterialen zijn ongeschikt voor fietsvoorzieningen, omdat zij daar te snel dichtslibben.

3.1.4 Obstakelvrij parcours

Voor de veiligheid is het belangrijk dat fietsers zo weinig mogelijk door obstakels (inrichtingen voor de geleiding, voor de afbakening, voor wegbebakening of van openbaar nut) op hun traject worden gehinderd of in gevaar gebracht.

Daarom moet bij het ontwerp ook de nodige zorg en aandacht aan die constructieve details worden besteed.



Gevaarlijk obstakel voor fietsers

3.1.4.1 Overgangen in het verhardingsoppervlak

De overgangen tussen verschillende verhardingssoorten, aan fietsoversteken en zijstraten moeten zo vlak mogelijk zijn, met een bij wijze van spreken onmerkbaar overgang (≤ 5 mm).

Aan de kruisingen met hoofdwegen worden vrijliggende en verhoogde fietspaden vóór de kruising geleidelijk naar het niveau van de rijbaan verlaagd. Aan kruisingen met wegen van ondergeschikt belang kan het fietspad op het niveau van een voetgangersplateau worden gebracht. Het niveauverschil heeft een snelheidsremmend effect voor afslaand verkeer of voor verkeer dat uit de zijstraat komt.

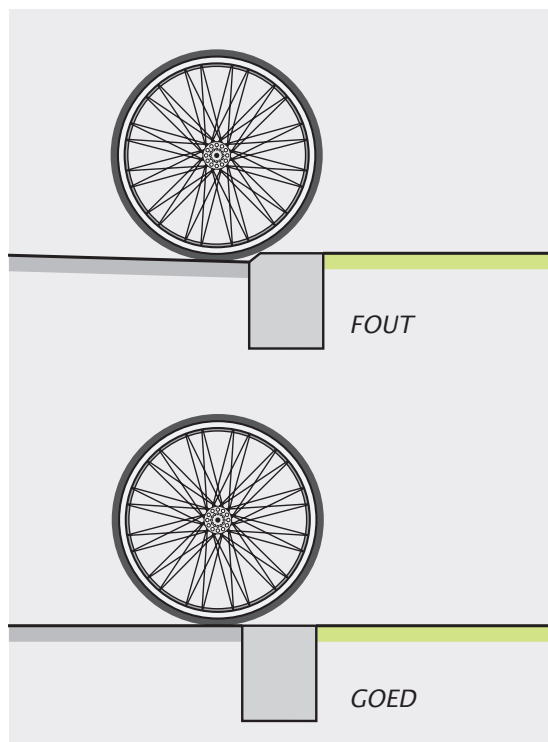
Zoals in de *Gewestelijke stedelijke verordening (GSV)* van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest voor trottoirs is voorgeschreven, moet ook het niveau van (verhoogde) vrijliggende fietspaden ter hoogte van opritten worden behouden. Een verlaging van het niveau verstoort het lengteprofiel van het fietspad. Indien nodig wordt ter hoogte van de oprit een zogenoemde inritboordsteen (afgeschuinde kantsteen) aangebracht.

3.1.4.2 Op- en afritten van fietsvoorzieningen en invoegstroken

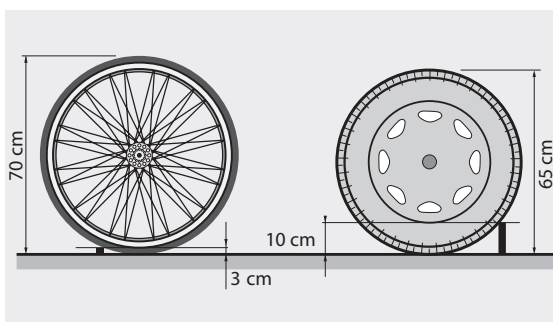
De beste overgang tussen een fietspad en een rijbaan is zonder of met een verzonken kantopsluiting. Het GSV schrijft een overgang tussen de rijbaan en het fietspad zonder hoogteverschil voor.



Een vlakke overgang



Voor een fiets met een gangbare banddikte (ongeveer 3 cm) is een opstaande kantopsluiting die 2 tot 3 cm boven het oppervlak uitsteekt een vergelijkbaar obstakel als een opstaande kantopsluiting van 10 cm voor een voertuig. Een dergelijk element verhindert dat de fietser zich met een normale snelheid over het verhardingsoppervlak kan verplaatsen (schokken, valpartijen, lekrijden, schade aan de velgen).



Als over een opstaande kantopsluiting van 2 cm (zelfs met afgeschuinde rand) rijden een oncomfortabel gevoel veroorzaakt, dan is er onder een hoek van 45° over rijden gewoon gevaarlijk (als de fietser de hindernis niet kan nemen, bestaat het gevaar dat hij de controle over het stuur verliest).



Een vlakke overgang

Aan het begin en het einde van fietsvoorzieningen mogen dus geen kantopsluitingen voorkomen, die fietsers bij het op- en afrijden kunnen hinderen.

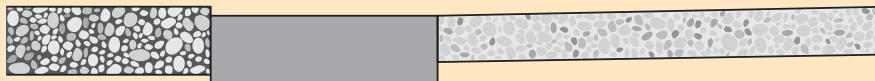
Daarom mogen daar alleen zogenoemde vlakke goten van rijen betonstraatstenen, van gepre-

fabriceerd of van ter plaatse gestort beton worden toegepast. Idealiter worden de rioolkolken zo geschikt dat aan de op- of afrit geen inzinking (voor de wateropvang) nodig is. Indien nodig worden meer rioolkolken aangebracht.

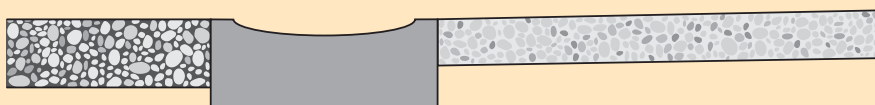


Neem de proef op de som met een muntstuk van 2 € (diameter 2,5 cm)!

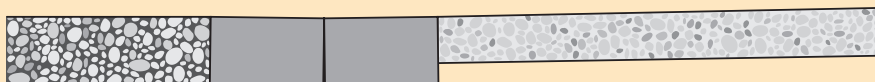
Vlakke overgang tussen fietsvoorziening en rijbaan



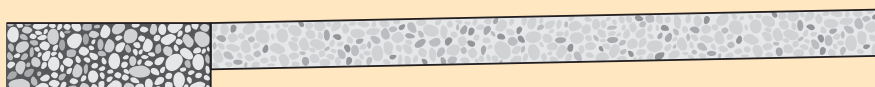
Vlakke goot op dezelfde hoogte als het fietspad en met een licht hoogteverschil tussen goot en rijbaan: redelijk comfortabel



Holronde geprefabriceerde betonnen gootband op dezelfde hoogte als het fietspad en de rijbaan: comfortabel



V-vormige goot op dezelfde hoogte als het fietspad en de rijbaan: zeer comfortabel



Geen goot, verharding van het fietspad en de rijbaan op dezelfde hoogte: bijzonder comfortabel



Oprit zonder goot en met verzonken kantopsluiting

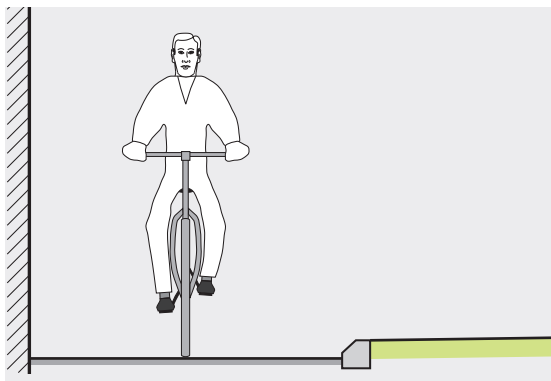


Goot en kantopsluiting maken deze invoegstrook gevaarlijk

3.1.4.3 Lijnvormige elementen

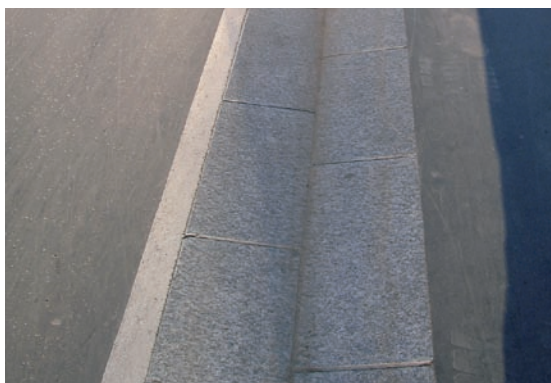
Lijnvormige elementen zijn trottoirbanden, opsluitbanden, biggenruggen, weggoten en gootbanden.

Langs fietsvoorzieningen verdienen minder agressieve trottoirbanden (met afgeschuinde rand) de voorkeur, om te vermijden dat fietsers ze met de pedalen raken. Bij gemarkeerde fietspaden en fietssuggestiestroken kunnen zulke trottoirbanden echter niet verhinderen dat auto's op het trottoir worden geparkeerd.



Minder gevaarlijke trottoirband met afgeschuinde rand

Bij het ontwerp moet worden vermeden om goten en gootbanden in de breedte van fietsvoorzieningen aan te brengen. Hoekige goten vormen een obstakel. V-vormige, zacht hellende goten van stenen of holronde gootbanden van geprefabriceerd beton zijn het minst hinderlijk en gevaarlijk voor fietsers die er toevallig over rijden.

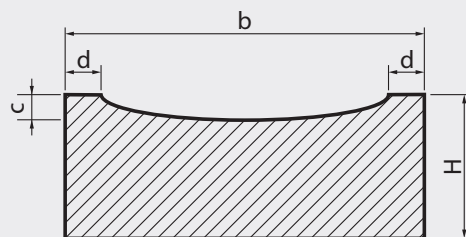


V-vormige goot

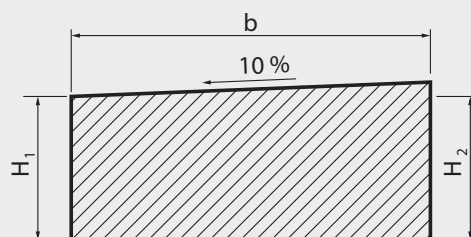


Holronde geprefabriceerde betonnen goot

Verzonken opsluitbanden vormen geen hinder of obstakel voor fietsers.



Holronde geprefabriceerde betonnen gootband



Opsluitband

Geprefabriceerde opsluitbanden en goten zijn 20 cm hoog. Ze zijn beschikbaar in lengten van 20 cm tot 1 m. Het bovenvlak van een standaardopsluitband is vlak, maar kan een maximale helling van 10 % vertonen.

Zogenaemde biggenruggen dienen bij de aanleg van nieuwe fietsvoorzieningen te worden vermeden. In bestaande situaties kunnen zij voor een afbakening van de fietsvoorziening zorgen, maar het gevaar bestaat dat fietsers de elementen met de pedalen of het voorwiel raken.



Zogenaemde biggenruggen

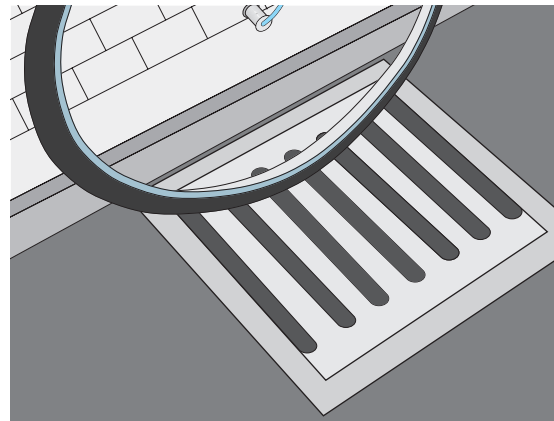
3.1.4.4 Roosters van rioolkolken en putdeksels

Roosters van rioolkolken of ventilatieopeningen, deksels van inspectieputten, enz. horen niet thuis in het wegoppervlak, in bochten, op fietspaden en fietsuggestiestroken. Bij nieuwe inrichtingen of bij renovaties moet zoveel mogelijk worden vermeden ze in het fietstracé te leggen.

Als het toch niet anders kan, gelden de volgende basisregels:

- roosters met smalle openingen en vlakke putdeksels kiezen;
- de elementen aanbrengen op dezelfde hoogte als de toplaag en de roosters met de openingen loodrecht op de weg, zodat fietsers zich niet klem rijden;
- toezien op een zorgvuldige uitvoering, vooral van de voeg tussen het element en de omliggende verharding, om niveauverschillen en verzakkingen door indringend water te vermijden.

Aan oversteekplaatsen voor fietsers worden geen rioolkolken ingeplant.



Zelfs voor een onoplettende fietser vormt dit vlakke en correct aangebrachte rooster geen gevaar

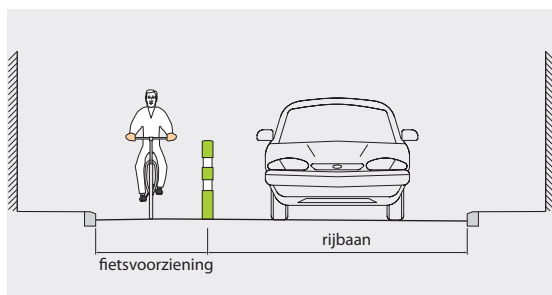


Dit boven het wegoppervlak uitstekende en onzorgvuldig ingewerkte verluchttingsrooster vormt een obstakel voor fietsers

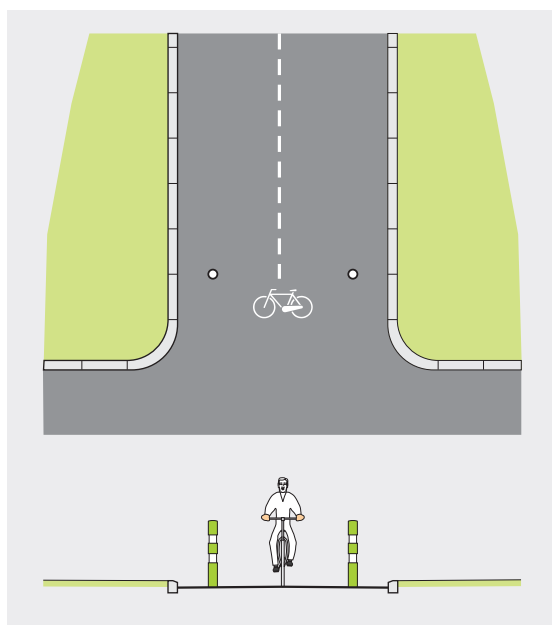
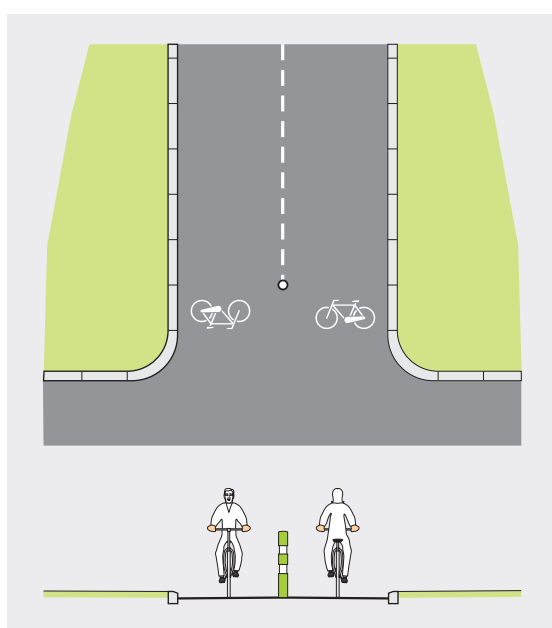
3.1.4.5 Afsluitpaaltjes

We onderscheiden paaltjes die als een lijnvormige afbakening worden toegepast en afsluitpaaltjes die op bepaalde plaatsen worden aangebracht.

Als lijnvormige afbakening zorgen afsluitpaaltjes voor een fysieke scheiding tussen verschillende vervoerwijzen op eenzelfde niveau. Voor een goede leesbaarheid en zichtbaarheid zijn felle kleuren en retroreflecterende materialen aanbevolen.



Afsluitpaaltjes als lijnvormige afbakening



Afsluitpaaltjes als plaatselijke afsluiting

Afsluitpaaltjes kunnen ook worden aangebracht om voertuigen (met uitzondering van bromfietzers die een gelijksoortig profiel van vrije ruimte als fietsers hebben) de toegang tot fietspaden in eigen baan te ontzeggen. Zij zijn inklapbaar of verwijderbaar, om toegang te verlenen aan bijvoorbeeld voertuigen voor het onderhoud van groengebieden. Om evidente veiligheidsredenen mogen de paaltjes geen scherpe randen of hoeken vertonen. Als zij in het midden worden ingeplant, wordt links en rechts voldoende vrije ruimte voor fietsers voorzien (tekening midden). Als dat niet mogelijk is, worden bij voorkeur twee paaltjes op een voldoende afstand van elkaar aangebracht, om fietsers vrije doorgang te verlenen en auto's tegen te houden (tekening onder). Die opstelling vergemakkelijkt ook de toegang voor fietsen met een aanhangwagen.

Afsluitpaaltjes moeten goed zichtbaar zijn, zowel overdag (hoog genoeg) als bij duisternis (goede verlichting). Ze worden vooraf door middel van wegmarkering (geprofileerde markering of ribbeltegels) aangekondigd.

Omdat zij ook een obstakel (beperking van de effectieve breedte van de fietsvoorziening) en een gevaar (aanrijdingen) voor fietsers vormen, is het aanbevolen ze zo weinig mogelijk toe te passen.

3.1.4.6 Weguitrusting

Voor de veiligheid en het comfort van de fietser moet bij het ontwerp goed worden nagedacht over de inplanting van wegutrusting (verlichtingspalen, verkeersborden en geleideconstructies) en kasten van nutsmaatschappijen. Als zij zich in het fietstracé bevinden, kunnen zij ongevallen (valpartijen, aanrijdingen, enz.) veroorzaken.

3.1.4.7 Rails van tram- of spoorwegbanen

Aan bushaltes, in straten met tramrails of aan spoorwegoverwegen vereisen vormgeving en uitvoering van fietsvoorzieningen extra zorg en aandacht. Voor aanbevelingen hieromtrent verwijzen we naar aflevering 3 *Fietsers en openbaar vervoer* van het fietsvademecum van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

3.1.4.8 Snelheidsremmers

Snelheidsremmers zijn bedoeld om de snelheid van het autoverkeer te matigen, maar zij mogen fietsers die zich met een lagere snelheid verplaatsen en een kortere remafstand hebben, niet hinderen.

We onderscheiden horizontale (asverschuivingen en wegversmallingen) en verticale (verkeersdrempels en -plateau's en zogenoemde busdrempels of verkeersdrempels met fietspassage) inrichtingen.

Bij asverschuivingen en wegversmallingen lopen fietsers het gevaar door automobilisten de weg te worden afgesneden. Om dat probleem te ondervangen, kan rechts van de asverschuiving of wegversmalling een vrije doorgang van ten minste 1 m breed worden aangelegd. Op wegen



Asverschuiving met een zijdelingse vrije doorgang voor fietsers



Wegversmalling met busdrempel in het midden en zijdelingse vrije doorgangen voor fietsers

met weinig verkeer zijn dergelijke inrichtingen overigens af te raden, omdat ze daar toch nauwelijks een snelheidsremmend effect hebben.

Verkeersdrempels of -plateaus zijn doorgaans het effectiefst, maar ook zij kunnen hinder (schokken) voor de fietser veroorzaken. Bij de aanleg dient bijzondere aandacht te worden besteed aan (vlakke) overgangen en (zachte) hellingen. Geprefabriceerde betonelementen voor hellingen van verhoogde inrichtingen bieden een goede duurzaamheid en een goed rijcomfort voor fietsers, als ze voldoende lang zijn.

Zelfs als ze zorgvuldig zijn uitgevoerd, kunnen opeenvolgende verhoogde inrichtingen de fietsers behoorlijk hinderen. Ook hier kan een vrije doorgang rechts van de inrichtingen (bijvoorbeeld een verkeersdrempel met fietspassage) het probleem ondervangen.



Zogenoemde busdrempels of verkeersdrempels met fietspassage

3.1.4.9 Overgroeiing

Bomen en struiken worden op voldoende afstand van fietsvoorzieningen geplant, zodat zij niet in het profiel van vrije ruimte voor de fietser kunnen groeien en de effectieve breedte van de fietsvoorziening beperken en/of een obstakel voor fietsers vormen. Boomsoorten waarvan de takgroei zo laag en intens is dat fietsers er hinder van ondervinden, zijn niet geschikt. Het GSV legt een vrije hoogte van ten minste 2,20 m voor fietsvoorzieningen op.

Het spreekt vanzelf dat geregeld inspecties en groenonderhoud moeten worden verricht.

3.1.4.10 Boomwortelgroei

Wegens hun doorgaans dunne verharding zijn vrijliggende fietspaden bijzonder gevoelig voor wortelgroei. Condenserend vocht aan de onderzijde van de verharding bevordert de wortelgroei. Opstuwende wortels geven aanleiding tot vervormingen en scheuren, met nadelige effecten voor de vlakheid en dus ook voor de veiligheid en het comfort van de fietser. Bij de aanleg van fietsvoorzieningen dient dan ook de nodige aandacht aan de plantengroei in de omgeving te worden besteed.

Vooraf bomen geven een risico op schade. De boomsoorten die in de praktijk de meeste wortelschade aan verhardingen aanrichten, zijn populier, wilg, berk, acacia en robinia. Linde en es zijn minder ondermijnende soorten.

De volgende maatregelen kunnen dit schade-risico beperken:

- aangepaste boomsoorten kiezen: bij voorkeur diepwortelende bomen planten en soorten met kruipende wortels vermijden;
- een aangepaste verharding en onderbouw aanbrengen als er al bomen langs de weg staan:
 - verhardingssoorten vermijden die onderaan condensatie geven (bv. dicht asfalt of een niet waterdoorlatende bestrating). Betonverhardingen zijn minder gevoelig voor worteldruk;
 - als een gesloten verharding wordt aangebracht, is een grofkorrelige fundering (ongeveer 25 cm dik) met een drainerende werking aanbevolen. De luchtigheid en de drainerende werking van de fundering voorkomen wortelgroei onder het asfalt;
 - bij de verticale dimensionering een grotere dikte voorzien voor een beter draagvermogen (noodzakelijk als er verkeer van voertuigen voor groenonderhoud, gladheidsbestrijding, enz. optreedt);
 - een geotextiel of bij voorkeur een geogrid aanbrengen, om de drukspanningen beter te verdelen;
 - zogenoemd bomenzand (3 tot 5 % organische stof) onder de fundering aanbrengen,

gen, zodat de wortelgroei aldaar wordt gestimuleerd;

- geen zand tussen de fundering en het asfalt aanbrengen.

Deze boomwortelbestendige fundering is niet zonder meer mogelijk bij elementenverhardingen.

3.1.5 Leesbaarheid - Zichtbaarheid

De vormgeving en de uitrusting moeten een wegbeeld creëren dat voor alle weggebruikers onmiddellijk begrijpelijk is en dat aanspoort tot een veilig gedrag dat verenigbaar is met de functie van de weg.

Bij vrijliggende fietspaden kunnen auto- en fietsverkeer fysiek worden gescheiden door middel van een berm, hek of barrier, enz. De leesbaarheid vormt dan meestal geen probleem.

In de andere gevallen kan de toepassing van gekleurde of verschillende verhardingssoorten (zowel gesloten als elementenverhardingen) de leesbaarheid van de verkeersruimte versterken en/of de continuïteit van een fietsroute (netwerk) ondersteunen.

Verhardingen met een lichtere kleur bevorderen meestal de nachtzichtbaarheid en/of helpen op energieverbruik voor de verlichting besparen.

Verhardingsmaterialen kunnen in de massa (door en door) of in het oppervlak worden gekleurd (door toevoeging van pigmenten, gekleurde aggregaten of een combinatie van beide). Door middel van oppervlakbehandelingen kan de kleur of de textuur worden versterkt. Wegenverven en wegmarkeringen vervolledigen het gamma.

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest beperkt echter het kleurgebruik. Zo wordt een rood verhardingsoppervlak enkel toegepast om de aandacht te vestigen op gevaar in potentiële conflictsituaties of om een onduidelijke situatie leesbaarder te maken (zie aflevering 6 *Wegmarkeringen en verlichting voor fietsvoorzieningen* van het fietsvademecum).

3.1.6 Netheid

Fietsvoorzieningen moeten steeds vrij zijn van afval of andere bevuiling die fietsers kunnen hinderen of het verhardingsoppervlak glad kunnen maken.

Slecht onderhouden of vuile fietsvoorzieningen zijn niet aantrekkelijk en zullen minder of soms helemaal niet worden gebruikt.

Gemarkeerde fietspaden of fietssuggestiestroken liggen soms bezaaid met vuil van de rijbaan dat door autobanden is opgeworpen.



Geregeld schoongemaakte fietsvoorzieningen zijn veiliger, comfortabeler en aantrekkelijker

Er dient dus streng op een grondig en geregeld onderhoud met geschikt materieel (veeg- en sproeimachines, enz.) te worden toegezien. Het betreft zowel een geregelde schoonmaak, als winteronderhoud of onderhoud na bijzonder slecht weer, maaien en snoeien, vuilophaling, onderhoud van de waterafvoer-voorzieningen, enz.

In fietstunnels verdienen zowel de afwatering als de netheid bijzondere aandacht (er stapelt zich gemakkelijk vuil op).

Bij de keuze van de kleur van een verharding dient er rekening mee te worden gehouden dat bevuilende stoffen meestal donker zijn en dus vlugger opvallen op lichtgekleurde verhardingen. Waar fietsvoorzieningen met andere wegen kruisen, wordt het verhardingsoppervlak onder invloed van het autoverkeer sneller vuil. Als dan in een lichtgekleurd verhardingsmateriaal wordt geïnvesteerd, moet uiteraard in een efficiënt onderhoud worden voorzien. Hoe sterker de oppervlakttextuur, des te poreuzer en gevoeliger voor bevuiling zal de verharding zijn. Op schaduwrijke of vochtige plaatsen onder bomen treedt gemakkelijker mosvorming op.

3.1.7 Duurzaamheid

Een verharding moet gedurende de volledige levensduur aan de veiligheids- en comforteisen van de weggebruikers voldoen en de verkeersbelastingen correct op de ondergrond overdragen en verdelen.

Om de geëiste duurzaamheid te waarborgen:

- moet de verharding op een geschikte ondergrond (onderbouw) worden aangebracht. Niet elke onderbouw is geschikt voor om het even welke verhardingssoort. Hij moet immers zonder blijvende vervorming bestand zijn tegen optredende spanningen van bouwverkeer (aanvoer van materialen, bouwmachines) en onderhoudsmaterieel en zo gedimensioneerd zijn dat hij ten minste dezelfde levensduur als de verharding bezit;
- moet de constructie correct worden gedimensioneerd. Men onderscheidt horizontale (breedte van de onderdelen) en verticale dimensionering (dikte van de verschillende lagen).

Horizontale dimensionering valt buiten het bestek van deze aflevering van het fietsvademecum.

Verticale dimensionering steunt op vier parameters:

- de verwachte verkeersbelasting;
- het draagvermogen van de aanwezige grond;
- de aard van de materialen in de verharding, de fundering en de onderfundering;
- het klimaat.

Voor gemarkeerde fietspaden en fietssuggestiestroken hangt de verticale dimensionering uiteraard af van het autoverkeer op de nevenliggende rijbaan.

Voor vrijliggende fietspaden wordt de verticale dimensionering bepaald door al of niet toevalige belastingen door autoverkeer (voertuigen voor het onderhoud of andere).

Het draagvermogen van de ondergrond wordt in hoge mate bepaald door het watergehalte.

De onderfundering, de fundering en de verharding moeten voldoen aan de bepalingen in het standaardbestek voor wegwerkzaamheden van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Om te vermijden dat vorst-dooicyclusen aanleiding geven tot zwellings of zetting moeten beschermende maatregelen worden genomen.

3.1.8 Gezondheid van mens en milieu

Net zoals voor andere wegverhardingen moet bij de keuze van materialen en technieken voor fietsvoorzieningen rekening worden gehouden met eisen die in verband met de gezondheid van mens en milieu worden gesteld. Die eisen hebben betrekking op:

- de verwerking en de emissie van stoffen die de kwaliteit van de lucht, de grond en/of het water kunnen aantasten;
- de gezondheid en de veiligheid van asfaltverwerkers, wegmarkeerders, enz.;
- de afvalberg (verpakkingsafval, grondverzet, bouwpuin);
- het verbruik van water en van nieuwe, niet-hernieuwbare energie en grondstoffen;
- recycling en toepassing van gerecyclede materialen.

De Europese *Bouwproductenrichtlijn (BPR) 89/106/EEG* eist dat alle materialen die de uitvoering van bouwwerken mogelijk maken, voldoen aan zes fundamentele voorschriften inzake veiligheid, volksgezondheid en bescherming van de gebruikers en het milieu. De zes fundamentele voorschriften zijn mechanische sterkte en stabiliteit; brandveiligheid; hygiëne, gezondheid en milieuzorg; gebruiksveiligheid; bescherming tegen geluidshinder; energiebesparing en warmtebehoud. Deze fundamentele voorschriften, door de lidstaten bepaald, zijn in 1994 via interpretatiedocumenten omgezet in criteria die opgenomen zijn in geharmoniseerde technische specificaties op grond waarvan een product beoordeeld wordt. Een product mag maar op de markt komen en er vrij circuleren als het voldoet aan de geharmoniseerde Europese technische specificaties (zogenoemde geharmoniseerde EN-normen).

3.1.9 Inspectie en onderhoud

Bij de keuze van de verharding dient rekening te worden gehouden met onderhoudsaspecten.

De gekozen verhardingen moeten gemakkelijk en zonder al te hoge kosten kunnen worden onderhouden. Als dat niet het geval is, bestaat het gevaar dat geen onderhoud wordt verricht. De infrastructuur is dan minder aantrekkelijk en blijft vaak onderbenut. De toegepaste materialen moeten bestand zijn tegen mechanische reiniging (met borstel- en veegmachines), tegen reinigingsmiddelen en tegen wegzout.

Reparaties mogen het rijcomfort en het esthetische aanzien van de fietsinfrastructuur niet aantasten.

Onderhouds- en reparatiegemak zijn dan ook belangrijke factoren. De regelmaat voor het onderhoud hangt vooral af van de soort en van de intensiteit van het gebruik van de fietsvoorziening.

Ook het winteronderhoud van de verharding moet worden onderzocht. Het is evident dat de verschillende verhardingssoorten verschillend reageren op wintercondities. Het verdient dan ook de voorkeur verhardingssoorten met ver-

schillend wintergedrag niet toe te passen voor korte weggedeelten. Immers zowel het winteronderhoud als het rijgedrag van de weggebruikers moet dan te vaak worden aangepast.

Een efficiënt onderhoud steunt op de volgende uitgangspunten:

- geregelde en stelselmatige inspectie van de fietsvoorzieningen;
- inventarisatie van fietsvoorzieningen waaraan een onderhoudsprogramma wordt gekoppeld. Voor een juiste keuze, planning en begroting van onderhoudsmaatregelen moeten de volgende gegevens gekend zijn:
 - locatie;
 - opbouw;
 - eventuele vroegere reparatie(s);
 - beplanting, ondergrondse leidingen (riolen, kabels en leidingen);
 - gebruik (tellingen);
 - ongevallen;
 - klachten van gebruikers. In dit verband wordt aanbevolen een centraal meldpunt op te richten, waar gebruikers zwakke punten, schade, enz. kunnen melden. Ook geregeld overleg met gebruikersgroepen kan nuttig zijn;
- planning en begroting van onderhoudsprogramma's. Daarbij is het overleg tussen van de verschillende bevoegde wegbeheerders van belang, zodat programma's op elkaar kunnen worden afgestemd;
- voldoende (vakkundig geschoold) personeel om (snel) reparaties uit te voeren.

Vanuit bouwtechnisch oogpunt onderscheiden we voor verhardingen functioneel en structureel onderhoud:

- functioneel onderhoud heeft tot doel de veiligheid en het comfort van de weggebruiker te waarborgen. Een kleine ingreep, zoals een plaatselijke reparatie (uitvullen van kippennesten in asfaltverhardingen, vullen van lege voegen en op niveau brengen van plaatselijk verzakte betonplaten of elementenverhardingen) volstaat meestal;
- structureel onderhoud heeft tot doel de verbetering van een weg met het oog op een langere (of vernieuwde) levensduur. De

onderhoudstechnieken die hiervoor worden toegepast, zijn totale heraanleg, inlay en overlagen.

Een keuring van fietsvoorzieningen kan op drie niveaus worden uitgevoerd, te weten: netwerk-niveau, verbindingen- of routeniveau, voorzieningenniveau (wegvakken, kruispunten, overgangen, fietsparkeervoorzieningen). Verbindingen kunnen ook op één aspect worden gekeurd, bijvoorbeeld de fietsvriendelijkheid van kruispunten. Daarnaast is het mogelijk op één hoofdeis te keuren. In dat geval is sprake van een thematische keuring. Een voorbeeld van een specifieke keuring is de inspectie van schade aan verhardingen, met als doel het eenduidig vaststellen en beoordelen van zichtbare schade aan de verharding. De weg of het fietspad wordt op technische gronden bekeken en schade worden zowel in kwalitatieve als kwantitatieve zin (ernst en omvang) beoordeeld.

De wegbeheerder zal bij de inspecties van verhardingen steeds voor ogen moeten houden, dat wat voor autoverkeer kan worden aangemerkt als lichte schade, voor fietsers al snel matige of zelfs ernstige schade is. De toestand kan worden geregistreerd door visuele inspectie (bij voorkeur met de fiets!) en indien nodig door metingen.

De volgende inspectievormen zijn te onderscheiden:

- globale inspectie;
- kleinonderhoudsinspectie;
- maatregelentoets;
- gedetailleerde inspectie.

Een globale inspectie heeft als doel snel en efficiënt op netwerkniveau informatie te verzamelen over de conditie van het wegennet. Aanbevolen wordt deze inspectie jaarlijks uit te voeren.

Een kleinonderhoudsinspectie heeft als doel het opsporen en vastleggen van kleine gebreken die in het lopende begrotingsjaar moeten worden gerepareerd. Dat betekent dat planning van dit onderhoud niet mogelijk is. Klein

onderhoud richt zich in eerste instantie op het in goede staat houden van de verharding. Aanbevolen wordt de kleinonderhoudsinspectie driemaal per jaar uit te voeren, bijvoorbeeld voor de winter, na de winter en midden in het jaar (de zomer). In stedelijke gebieden waar voornamelijk gemarkeerde fietspaden en fietssuggestiestroken voorkomen, vallen ze doorgaans samen met de inspectie van de wegen.

Een maatregelentoets heeft als doel op projectniveau nauwkeurig de aard en de locatie van te nemen onderhoudsmaatregelen vast te stellen.

Het doel ervan is die maatregelen te toetsen, die zijn gekozen op basis van de resultaten van globale inspectie en andere waarnemingen.

Een gedetailleerde inspectie heeft als doel, om op projectniveau de staat van de weg of het fietspad vast te stellen. Bij een gedetailleerde inspectie wordt gekeken naar alle verhardingskenmerken en schaden die in de schadecatalogus zijn gedefinieerd.

De algemene aandachtspunten voor inspectie en onderhoud van fietsvoorzieningen worden bij voorkeur in een formulier opgenomen, dat de fietsinspecteur dan kan invullen.

Inspectieformulier

De visuele inspectie wordt uitgevoerd vanuit oogpunt van de fietser. Ze vindt dan ook plaats met een fiets.

De fietsinspecteur vult de vastgestelde schade op het inspectieformulier in. Het wordt vooraf gegenereerd, zodat een aantal parameters (datum, inspecteur, wegnummer, sectie, richting, kilometerpaal) al ingevuld zijn.

Aan de hand van het formulier kunnen de hiernavolgende gegevens worden verzameld.

Kilometerpunt

Verhardingssoort:

- betonverharding:
 - betonplaten;
 - doorgaand gewapend beton;
- bitumineuze verharding;
- elementenverharding:
 - betonstraatstenen;
 - betontegels;
 - straatkeien;
 - natuursteentegels;
 - kleiklinkers;
- andere verhardingssoort (te specificeren).

Fietsvoorziening:

- vrijliggend fietspad;
- gemarkeerd fietspad;
- fietssuggestiestrook.

Schaden:

- oppervlakttextuur:
 - stroefheid;
 - rafeling van asfalt;
 - vet;
 - afschilfering van beton (vorstschade, gebrekkige kwaliteit);
- vlakheid (elke onvlakheid vanaf 5 mm wordt als hinderlijk voor de fietser beschouwd en wordt dus geregistreerd):
 - langsvlakheid (onvlakheid in de langsrichting):
 - langsscheuren;
 - openstaande langsvoegen;
 - voegen tussen beton en asfalt die in de fietsvoorziening liggen;
 - voegwijdte bij elementenverhardingen;
 - dwarsvlakheid (onvlakheid in de dwarsrichting):
 - opstuwing door boomwortels;

- trapjesvorming bij betonplaten;
- hoogteverschillen bij dwarse goten;
- putten en verzakkingen (van elementen, aan reparaties en putdeksels);
- dwarsscheuren;
- voegwijdte bij elementenverhardingen;

Bovendien wordt aangegeven of het om plaatselijke dan wel globale onvlakheid gaat. Globale onvlakheden zijn onvlakheden die trillingen veroorzaken en zich over grotere oppervlakken van de fietsvoorziening uitstrekken. Globale onvlakheden worden in % van het oppervlak uitgedrukt.

- randen:
 - randschade (bij asfalt);
 - kantopsluiting (bij asfalt- of elementenverharding);
- waterdichtheid:
 - voegvulling;
- afwatering: elke plaats waar belemmerde waterafvoer voorkomt, wordt geregistreerd. Waterplassen in putten of verzakkingen worden onder “vlakheid” geregistreerd. Een belemmerde waterafvoer kan het gevolg zijn van:
 - onvoldoende dwars- of langshelling;
 - te hoge ligging van kolken of goten ten opzichte van de fietsvoorziening;
 - te hoge ligging van de berm;
- verstopping van het afwateringssysteem;
 - overgroeiing;
- obstakels: elk obstakel dat zich binnen het profiel van vrije ruimte voor de fietser bevindt, wordt als hinderlijk of gevaarlijk beschouwd en wordt dus geregistreerd. Het profiel van vrije ruimte is ten minste 2,20 m hoog en reikt tot 20 cm buiten de rand van de fietsvoorziening. Obstakels kunnen zijn:
 - palen van verkeersborden;
 - verkeerslichten;
 - bushokjes;
 - kasten van nutsmaatschappijen;
 - overgroeiing: laaghangende of uitstekende takken of struiken binnen het profiel van vrije ruimte voor de fietser. Takken of andere begroeiing die los op de fietsvoorziening ligt, worden onder “netheid” geregistreerd. Begroeiing die de waterafvoer belemmert wordt onder “afwatering” geregistreerd;
- netheid: takken, bladeren, onkruid, mos, glasscherven, losliggende steentjes, zwerfvuil, bandensporen, enz.;
- wegmarkering:
 - losliggend;
 - onleesbaar door afslijting.

Voorgestelde ingreep

3.1.10 Kosten

Bij de berekening van de totale kostprijs dient rekening te worden gehouden met de integrale levenscycluskosten.

Er bestaan tegenwoordig modellen om de totale levenscycluskosten van een verharding te analyseren (*Life Cycle Cost Analysis – LCA*). Met deze modellen is het mogelijk verschillende varianten van wegconstructies uit kostenoo-

punt te vergelijken. Om te kunnen werken, moeten deze modellen worden gevoed met een reeks gegevens en hypothesen. Zo moeten een of meer scenario's worden vastgelegd voor het onderhoud en de levensduur. De prijzen van de verschillende materialen en verrichtingen moeten worden geschat. Wegens het grote aantal hypothesen en schattingen moeten de resultaten van zulke analyses voorzichtig worden geïnterpreteerd.

3.2 Betonverhardingen

Betonverhardingen zijn stijve constructies. Ze bezitten een goede weerstand tegen occasioneel zwaar verkeer, opstuwende boomwortels en extreme omgevingsvoorwaarden. Zij zijn gemakkelijk aan te brengen, vergen weinig onderhoud en hebben een lange levensduur.

Zoals voor de andere verhardingssoorten is ook voor betonverhardingen de opbouw van de constructie afhankelijk van de soort van fietsvoorziening. Fietsvoorzieningen op of naast de rijbaan (gemarkeerde fietspaden, fietssuggestiestroken en kruisingen van een vrijliggend fietspad met een weg) hebben doorgaans dezelfde verharding en opbouw als de rijbaan. De fietsvoorziening en de rijbaan kunnen dan samen worden uitgevoerd, wat de duurzaamheid bevordert. Het spreekt vanzelf dat de verharding volgens de regels van de goede praktijk moet worden ontworpen en uitgevoerd.

Wat volgt, geldt vooral voor vrijliggende fietspaden. Daar treedt doorgaans slechts occasioneel zwaar verkeer (onderhouds- en hulpdiensten) op, zodat minder strenge eisen aan de verharding en de opbouw nodig zijn. Een betonver-



Vrijliggend fietspad van beton

harding met een dikte van ten minste 16 cm zal immers goed bestand zijn tegen occasioneel zwaar verkeer.

3.2.1 Algemene beschrijving en aanbevelingen

3.2.1.1 Betonsamenstelling

Een betonmengsel voor een fietsvoorziening verschilt in wezen niet van een mengsel dat voor een klassieke wegverharding wordt toegepast. Het kan met een glijbekistingsmachine of handmatig tussen vaste bekistingen worden aangebracht. Afhankelijk van de gekozen aanbrengingswijze worden andere eisen aan de verwerkbaarheid van de betonspecie gesteld.

Beton is een mengsel van steenslag, cement, zand, water en hulpstoffen. Het wordt bij voorkeur door een gekeurde betoncentrale geleverd.

Voor de betonsamenstelling dient aan de volgende besteksbepalingen te worden voldaan:

- maximale nominale korrelmaat: 20 mm of zelfs 14 mm;
- voor wegen met weinig verkeer is een polijstgetal (versnelde-polijstingscoëfficiënt – VPC) kleiner dan 50 toegestaan;
- cementgehalte: $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ gestort beton voor een voldoende sterkte en een hogere duurzaamheid;
- water-cementfactor (wcf): $< 0,50$;
- voor uitgewassen beton met een fijne oppervlakttextuur dient een overmaat aan aggregaat 4/8 (ten minste 25 %) te worden toegepast. Als gekleurde aggregaten worden toegepast, moeten de kleur en de soort eenduidig zijn gespecificeerd.

Beton kan worden gekleurd. Om de gewenste kleur te bereiken, is het raadzaam vooraf een proefvakje aan te leggen om de juiste soort en hoeveelheid van het pigment en het aggregaat te bepalen. Het pigmentgehalte bedraagt 3 tot 5 % van de cementmassa.

In aanbestedingsdocumenten zijn de minimale prestatie-eisen voor de kenmerken druksterkte, waterabsorptie door onderdompeling en bestandheid tegen wegeenzout vastgelegd.

3.2.1.2 Opbouw van de constructie

Als de ondergrond voldoende draagkrachtig is (CBR-waarde van 6 tot 10 of samendrukingsmodulus van 17 MPa, gemeten met de plaatbelastingsproef), mag de betonverharding er rechtstreeks op worden aangebracht. Bij een onvoldoende draagkrachtige ondergrond wordt eerst een steenslaglaag van ten minste 20 cm aangebracht of wordt het draagvermogen door middel van een voorafgaande behandeling verbeterd.

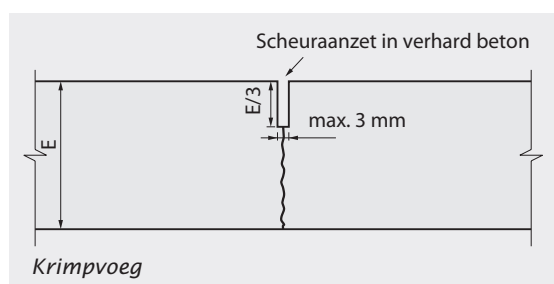
De betonlaag is ten minste 16 cm dik. Om willekeurige scheurvorming door krimp tegen te gaan, worden om de 4 m krimpvoegen aangebracht.

3.2.1.3 Voegen

We onderscheiden drie soorten van voegen: krimpvoegen, uitzetvoegen en constructievoegen.

Krimpvoegen

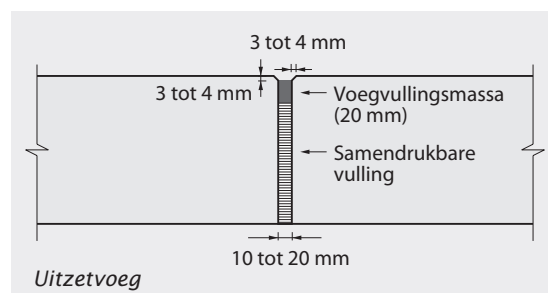
Krimpvoegen worden binnen 5 tot 24 h na het betonstorten loodrecht op de wegas over een diepte van ten minste $1/3$ van de betonplaat gezaagd. Ze zijn maximaal 3 mm breed. Om het fietscomfort te waarborgen, worden ze doorgaans niet met voegvullingsmateriaal gevuld.



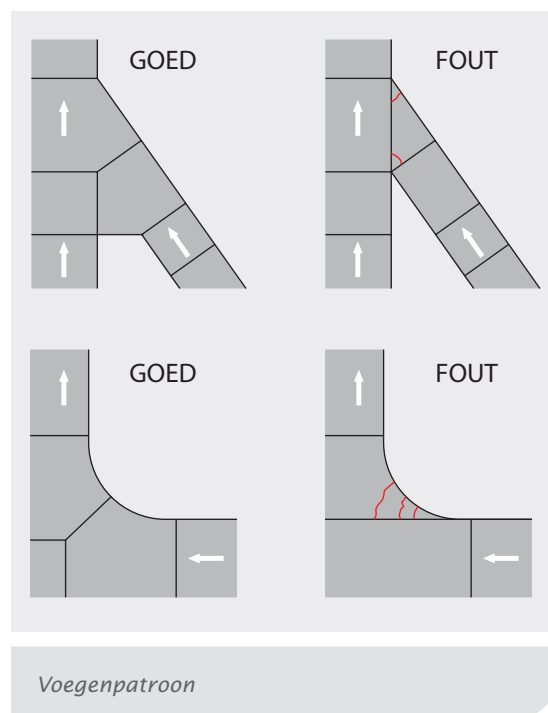
Het voegenpatroon bepaalt in grote mate de duurzaamheid van een betonverharding. Bijzondere zorg en aandacht dienen te worden besteed aan bijzondere punten, bochten, aansluitingen, enz. De aanbrenging van voegen onder scherpe hoeken moet worden vermeden. Als dat niet mogelijk is, wordt in de bovenste helft van de betonlaag een netwapening aangebracht, om voldoende sterkte te waarborgen.

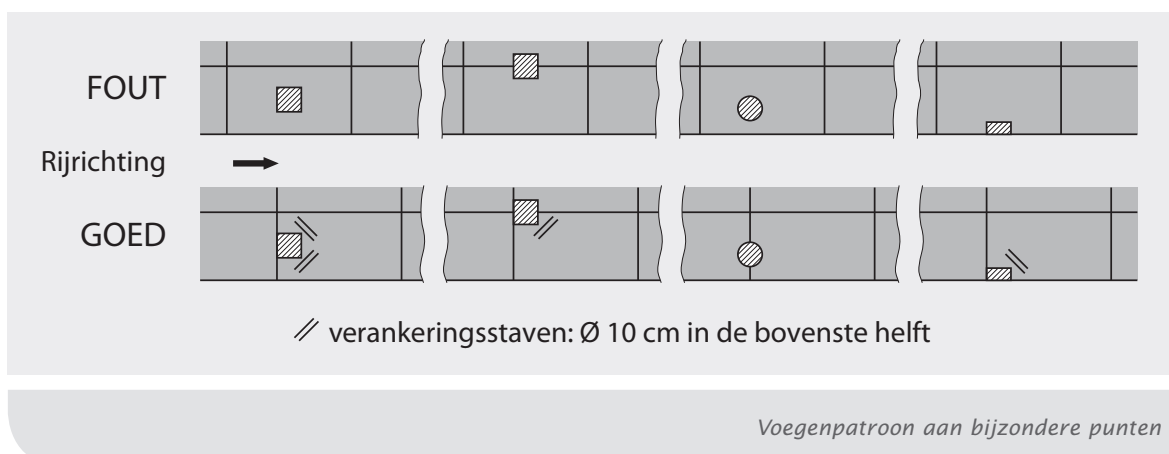
Uitzetvoegen

Onder invloed van temperatuurstijgingen kan beton uitzetten. Om de gevolgen van uitzetting te ondervangen, worden uitzetvoegen aangebracht. Ter hoogte van een krimpvoeg wordt met een dubbel zaagblad over de volledige dikte en breedte van de betonplaat een 10 tot 20 mm brede verticale zaagsnede aangebracht. De voeg wordt met samendrukbaar materiaal gevuld, afgeschuind en afgedicht. Voor fietsvoorzieningen zijn geen deuvels nodig.



Uitzetvoegen worden aangebracht in bochten met een straal kleiner dan 250 m (aan het begin en het einde van de bochtcurve) of om de betonverharding te scheiden van vaste punten zoals gebouwen, civieltechnische bouwwerken, enz. (tussen de voorlaatste en de laatste plaat).





Als bij een temperatuur van minder dan 15 °C wordt gestort, is het vanuit oogpunt van de bijzondere geometrische kenmerken van een vrijliggend fietspad (relatief grote lengte-breedteverhouding en geringe laagdikte) raadzaam om de 150 m (gemeten in rechte lijn) een uitzetvoeg aan te brengen.

Bijzondere punten (inspectieputten, rioolkolken, palen, enz.) leiden tot een smallere effectieve breedte van de fietsvoorziening, met spanningsconcentraties als gevolg. Die vaste elementen beletten ook de vrije krimp van de betonverharding. Om willekeurige scheurvorming te voorkomen, bevinden deze obstakels zich idealiter aan het begin of het einde van een betonplaat. Als dat niet mogelijk is, wordt eraan een scheuraanzet gezaagd. Een andere oplossing kan zijn om enkele wapeningsstaven en/of samendrukbaar voegvullingsmateriaal rond het element aan te brengen.

Constructievoegen

Bij werkonderbrekingen van meer dan 120 min worden ter hoogte van een krimpvoeg in de dwarsrichting constructievoegen aangebracht. Constructievoegen worden behandeld als uitzetvoegen. Om een verticale en vlakke doorsnede te verkrijgen, wordt het plaaieinde eerst recht afgezaagd. Dan wordt een 10 tot 20 mm dikke laag van samendrukbaar materiaal tegen de verticale plaatzijde aangebracht, waarna het betonstorten kan worden voortgezet. De voegen worden afgewerkt en met voegspecie afgedicht.

3.2.2 Eisen en aanbevelingen voor fietsvoorzieningen

3.2.2.1 Stroefheid

De stroefheid van het oppervlak hangt af van de gekozen oppervlakbehandeling. Bezemen in de dwars- of langsrichting levert een goede stroefheid op, zonder nadelige gevolgen voor het fietscomfort.

Op vrijliggende fietspaden treedt slechts sporadisch autoverkeer op, zodat de stroefheid niet afneemt onder invloed van het verkeer. Bijzondere eisen voor het polijstgetal van de aggregaten zijn dan ook niet nodig.

3.2.2.2 Vlakheid

Betonverhardingen worden doorlopend gestort. Als de glijbekistingsmachine nauwkeurig is ingesteld, als een homogene betonsamenstelling wordt toegepast en als de betonaanvoer niet wordt onderbroken, kan een uitstekende vlakheid worden bereikt.

Door krimp- in plaats van uitzetvoegen aan te brengen, wordt het gevaar voor trapjesvorming aan voegen beperkt, al is dit verschijnsel door bepaalde externe factoren (verzakking van de ondergrond, opstuwende boomwortels, ongewenst zwaar verkeer) niet helemaal uit te sluiten. In de ontwerpfasen moet de verwachte belasting goed worden ingeschat, zodat eventueel een extra fundering kan wor-

den voorzien. Vooraf dient steeds het draagvermogen van de ondergrond of de fundering te worden geverifieerd.

Vooraf bij glijbekistingen is een constante betonsamenstelling van groot belang voor de vlakheid, omdat dan een optimale verdichting mogelijk is. Om een gelijkmatige voortgang van de glijbekistingsmachine te waarborgen, mag de betonaanvoer niet worden onderbroken. Ook vlakke stroken voor de rupsbanden van de glijbekistingsmachine kunnen een goede vlakheid bevorderen.

3.2.2.3 Afwatering

Bij fietsvoorzieningen van beton vindt de afwatering bij voorkeur zijdelings plaats. Goten kunnen gelijktijdig met de fietsvoorziening worden gestort. Bij een handmatige verwerking kunnen geprefabriceerde of ter plaatse gestorte betonnen goten worden aangebracht, die tegelijk dienst doen als bekisting voor de betonverharding van de fietsvoorziening.

Een goede afwatering is zeer belangrijk voor de duurzaamheid van de verharding. Ingesloten water kan immers de fundering of de ondergrond wegspoelen en zo verzakkingen veroorzaken, die aanleiding geven tot verschuivingen van de betonplaten of tot trapjesvorming.

3.2.2.4 Obstakelvrij parcours

Betonverhardingen zijn zeer stijf en weinig gevoelig voor rafeling. Schade door opstuwende boomwortels blijft daardoor beperkt. Er is ook weinig gevaar voor losliggende steentjes door afbrokkeling.

Bijzondere punten (putdeksels, palen, enz.) moeten zorgvuldig met een aangepast voegenpatroon worden aangebracht (zie 3.2.1.3).

3.2.2.5 Leesbaarheid – Zichtbaarheid

Gekleurde betonverhardingen kunnen de leesbaarheid en de zichtbaarheid van fietsvoorzieningen verhogen.

Beton kan duurzaam worden gekleurd door pigmenten en eventueel ook gekleurde aggregaten aan het mengsel toe te voegen.



Vrijliggend fietspad van roodgekleurd beton

Door de lichtere kleur zijn fietsvoorzieningen van beton 's nachts beter zichtbaar. Zo kan ook op verlichting worden bespaard.

3.2.2.6 Netheid

Betonverhardingen zijn weinig gevoelig voor bevuiling. Eventueel moet een beperkt onderhoud worden uitgevoerd, om onkruidgroei tegen te gaan. Een regelmatig gebruik van de fietsvoorziening is echter de beste remedie.

3.2.2.7 Duurzaamheid

Door een hoge stijfheid en een goede bestandheid tegen weersinvloeden zijn betonverhardingen zeer duurzaam. De volgende maatregelen tijdens het ontwerp en de aanbrenging kunnen de levensduur nog verlengen:

- de betonspecie op een voldoende draagkrachtige en duurzame ondergrond en/of fundering storten, om verzakkingen van de betonplaten te voorkomen;
- de nodige zorg en aandacht aan het voegenpatroon besteden, in het bijzonder aan bijzondere punten, om wilde scheurvorming te voorkomen;
- de nodige uitzetvoegen volgens de regels van de goede praktijk aanbrengen, vooral aan bijzondere punten, voor en na bochten

(met kleinere bochtstralen), aan kruispunten, en als bij minder dan 15 °C wordt gestort, om opstuwen van de betonplaten bij warm weer te vermijden;

- het beton vakkundig verwerken. Dat wil zeggen: toezien op een constante betonsamenstelling en een goede verdichting (ook aan de randen), het pas gestorte beton tijdens de eerste drie dagen tegen uitdroging beschermen, krimpvoegen tijdig inzagen, enz.

3.2.2.8 Ruimtelijke kwaliteit en beperkingen

Door de diverse textuur- en kleurmogelijkheden kunnen betonverhardingen zowel in een stedelijke als in een groene omgeving harmonieus worden ingepast.

Betonverhardingen kunnen ook voor comfortstroken worden toegepast.



Comfortstroken van basaltbeton



Comfortstroken van beton voor de Groene wandeling rond Brussel

3.2.2.9 Gezondheid van mens en milieu

Betonverhardingen zijn in wezen milieuvriendelijk: ze zijn zeer duurzaam (ontwerplevensduur van ongeveer dertig jaar) en vergen weinig onderhoud. Betonpuin kan worden gerecycled en als secundair materiaal voor funderingen of voor de aanmaak van betonspecie worden gebruikt.

Bij de bereiding en de verwerking van beton komen geen schadelijke stoffen vrij.

Fietsvoorzieningen van beton zijn tijdens de wintermaanden gemakkelijk te onderhouden. Door de hoge sterkte van het betonoppervlak kunnen zij met aangepaste sneeuwruimers mechanisch sneeuwvrij worden gemaakt, zodat zij snel en zonder gevaar voor oppervlakschade weer berijdbaar zijn. Door het relatief hoge cementgehalte en de beperkte wcf bezit het betonoppervlak een goede bestandheid tegen wegzout.

3.2.2.10 Uitvoeringseisen en -beperkingen

Een correcte uitvoering vormt de basis voor de lange levensduur van betonverhardingen. Met een glijbekistingsmachine met een aangepaste breedte kunnen fietsvoorzieningen snel en met een goede kwaliteit worden uitgevoerd.

Vorbereiding en uitvoering van het baanbed

Het baanbed wordt zorgvuldig voorbereid. Dat wil zeggen:

- modder en organisch materiaal worden verwijderd;
- oppervlaktewater wordt verwijderd. Er mag geen plasvorming voorkomen;
- de grond wordt goed verdicht. Dat gebeurt met een trilwals met aangepaste afmetingen over een grotere breedte dan de eigenlijke fietsvoorziening. De extra te verdichten breedte hangt af van de aanbreningswijze. Als een glijbekistingsmachine wordt gebruikt, moet aan weerszijden een strook van ten minste 60 cm mee worden verdicht, zodat een vlakke strook voor de glijbekistingsmachine wordt gevormd. Als de glijbekistingsmachine naast het baanbed wordt opgesteld of als tussen vaste bekistingen wordt gestort, volstaat een extra breedte van 20 cm aan elke kant van de fietsvoorziening;
- met de rij van 3 m verifiëren of het profiel van het baanbed voldoet aan de eisen in het standaardbestek voor wegwerkzaamheden van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest;
- de rijsporen van het bouwverkeer in het baanbed wegwerken, bij voorkeur door ze met korrelig materiaal te vullen en dat materiaal te verdichten;
- het baanbed bevochtigen vooraleer het betonstorten aan te vangen (als het gevaar bestaat dat de grond een deel van het aanmaakwater van het beton opzuigt).

Aanbrenging van de betonspecie

Een betonverharding is geen ononderbroken oppervlak, maar wordt wel doorlopend gestort. De betonplaten zijn in principe niet verbonden door deuvels. De betonspecie wordt rechtstreeks op het baanbed of op de fundering gestort.

Betonplaten vertonen de volgende geometrische kenmerken:

- een minimale nominale dikte van 16 cm;
- een dwarshelling naar een kant van 1 tot 2 %;
- een dwarsvoeg om de 4 m. De afstand tussen dwarsvoegen hangt af van de dikte en de breedte van de platen. Voor een klassieke verharding mag de plaatlengte niet meer

dan anderhalve maal groter zijn dan de plaatbreedte. Voor fietsvoorzieningen waar geen zwaar verkeer optreedt, mag deze regel flexibeler worden toegepast;

- voor fietsvoorzieningen met een breedte van minder dan 4,5 m is geen langsvoeg nodig.

Ook voor kleine werkbreedten (bv. 1,75 m) wordt doorgaans een glijbekistingsmachine gebruikt. Deze techniek waarborgt een uitstekend langsprofiel, maakt het mogelijk een bochtig tracé uit te voeren en haalt een hoog rendement, wat kostenbesparend is.

Als de trilnaalden van de glijbekistingsmachine onvoldoende naar buiten kunnen worden gericht, wordt de betonspecie aan dagvoegen (dit zijn constructievoegen bij het begin en het einde van een dagproductie) en aan de zijkanalen met handbediende trilnaalden verdicht.

Als met vaste bekistingen wordt gewerkt, wordt de betonspecie met een trilbalk verdicht. Voor de verdichting aan de randen kunnen ook trilnaalden worden gebruikt.

Voor het rijcomfort van de fietser legt het standaardbestek voor wegwerkzaamheden van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest grenswaarden op voor onvlakheden gemeten met de rij van 3 m.

De pas gestorte betonspecie wordt tegen uitdroging beschermd. Daartoe wordt een dampdicht membraan aangebracht of wordt een nabehandelmiddel over het betonoppervlak verstoven.

Krimpvoegen worden zo snel mogelijk gezaagd, dat wil zeggen zodra het beton voldoende is uitgehard (om beschadiging van de randen door de zaagmachine te vermijden) en vóór wilde scheurvorming ontstaat. Vooral bij warm weer of wind dient dit vrij snel te gebeuren.

Oppervlakbehandeling

We onderscheiden drie technieken voor oppervlakbehandeling van beton:

- bezemen: deze techniek levert een microtextuur op in de dwars- of langsrichting. Het is een eenvoudige, goedkope, zeer duurzame

en efficiënte oppervlakbehandeling voor fietsvoorzieningen, waarmee tegen een relatief lage kostprijs een stroef oppervlak wordt bereikt. Vooral bezemen in de dwarsrichting zal een goede afwatering bevorderen;

- een jutezeil voortslepen met de glijbekistingsmachine, zodat een microtextuur in de langsrichting ontstaat. De textuurdiepte is vergelijkbaar met die bij licht bezemen;
- uitwassen van het oppervlak om aggregaten bloot te leggen. Door de uitwasdiepte tot 1 mm te beperken, krijgt het betonoppervlak een gaaf esthetisch aanzien (de toevoeging van een kleurstof aan de cementpasta versterkt dit effect nog). Het biedt tevens een uitstekend rijcomfort. Op de betonspecie wordt een bindingsvertrager gespoten en het oppervlak wordt met een plastic folie afgedekt. Na maximaal 24 h (afhankelijk van de weersomstandigheden) wordt de bovenste laag weggeborsteld, zodat de fijne aggregaten zichtbaar worden.

3.2.1.2.11 Onderhoudseisen en -beperkingen

Het onderhoud van betonverhardingen is beperkt tot het geregeld vullen van uitzet- en constructievoegen met een (koud of warm) elastisch voegvullingsmateriaal, om te vermijden dat bij horizontale verschuivingen vuil in de voegen dringt (wat de goede werking van voegen verhindert).

Krimpvoegen worden in principe niet gevuld. Het aantal te onderhouden voegen is dan ook beperkt.

3.2.2.12 Kosten

Investeringskosten

De initiële hogere investeringskosten voor fietsvoorzieningen van beton kunnen worden beperkt:

- als rechtstreeks op een voldoende draagkrachtige ondergrond kan worden gestort;
- als zoals voor vrijliggende fietspaden de verhardingsdikte tot 16 cm kan worden beperkt;
- omdat beton niet aan de randen afbrokkelt, zodat op de kosten van de kantopsluiting kan worden bespaard.

Onderhoudskosten

Alleen uitzet- en constructievoegen vergen onderhoud, zodat de onderhoudskosten voor fietsvoorzieningen van beton beperkt blijven. Vooral bij vrijliggende fietspaden waar geen zwaar verkeer optreedt, zal de oppervlaktextuur tijdens de volledige levensduur behouden blijven.

3.3 Bitumineuze verhardingen

Behalve in het geval van oppervlakbehandelingen (zie 3.3.1.3) hebben fietsvoorzieningen op de rijbaan (gemarkeerde fietspaden, fietssuggestiestroken en kruisingen van een vrijliggend fietspad met een weg) doorgaans dezelfde verharding en opbouw als de rijbaan. Het spreekt vanzelf dat de verharding volgens de regels van de goede praktijk moet worden ontworpen en uitgevoerd.

Voor vrijliggende fietspaden (buiten de kruisingen ervan met andere wegen) moet een compromis worden gezocht tussen veiligheid (voldoende stroefheid) en comfort (weinig macrottextuur). Ook moet rekening worden gehouden met de bijzondere omstandigheden voor het aanbrengen van de verharding, die meestal smal zal zijn.



Vrijliggend fietspad van asfalt

3.3.1 Algemene beschrijving en aanbevelingen

Er bestaan verscheidene soorten van bitumineuze verhardingen. Wij beschrijven hierna de gangbaarste soorten voor fietsvoorzieningen.

Naargelang van de dikte van de toplaag onderscheidt men warm bereid asfalt, gietasfalt (≥ 15 mm) en oppervlakbehandelingen (< 15 mm).



Fietspad van asfalt

3.3.1.1 Warm bereid asfalt

In de meeste toplagen wordt warm bereid asfalt toegepast. Warm bereid asfalt is een mengsel van steenslag, zand, vulstof, een bindmiddel (al of niet gemodificeerd bitumen) en eventueel additieven (vezels, pigmenten, enz.). Het wordt warm (bij een temperatuur tussen 150 en 180 °C) geproduceerd in een klassieke asfaltmenginstallatie en aangebracht met een asfaltspreidmachine. Daarna wordt het verdicht terwijl het nog warm is (> 90 °C). Met warm bereid asfalt kunnen, afhankelijk van de mengselsoort en de maximale korrelmaat van het aggregaat, toplagen van 15 tot 80 mm dikte worden gerealiseerd.

Men onderscheidt:

- asfaltmengsels met een zandskelet en een continue korrelverdeling (asfaltbeton - AB). Asfaltbeton voor toplagen zoals AB-1, AB-4

en AB-5 is vanuit oogpunt van rijcomfort en aanbrengingsgemak bijzonder geschikt voor fietsvoorzieningen;



Asfaltbeton AB-1B



Asfaltbeton AB-4



Asfaltbeton AB-5

- asfaltmengsels met een steenskelet en een discontinue korrelverdeling (SME, RMD, ZOA en SMA). Zij hebben een open structuur. ZOA is minder geschikt voor fietsvoorzieningen. De holten slibben snel dicht met stof, modder, bladeren, olie, enz. In tegenstelling autosnelwegen treedt door de lage

rijnsnelheid en de geringe bandbreedte van fietsen onvoldoende zelfreinigend effect op. Die bevuiling kan bij fietsvoorzieningen aanleiding tot valpartijen geven. Ten slotte is bij fietsvoorzieningen het geluiddempende effect van ZOA niet belangrijk.

Voor vrijliggende fietspaden valt de keuze a priori op asfaltbeton (AB), omdat deze soort zowel een goede stroefheid (veiligheid) als een goede vlakheid (rijcomfort) biedt. Voor de samenstelling kan van het gebruikelijke mengselontwerp voor toplagen van rijwegen worden uitgegaan, met de volgende aanpassingen:

- een kleinere maximale korrelmaat, om handmatige verwerking te vergemakkelijken en om de stroefheid en het rijcomfort te waarborgen;
- zachtere bitumina (verwerkbaarheid);
- beoogde mengselkenmerken:
 - een grotere pakkingsdichtheid;
 - een uitstekende verwerkbaarheid.

3.3.1.2 Gietasfalt

Gietasfalt is warm bereid asfalt met een vulstofskelet. Het mengsel met variabele zand- en steenslagfracties en hoge gehalten aan vulstof en bitumen (al of niet gemodificeerd) wordt bij zeer hoge temperatuur (> 200 °C) bereid en verwerkt, en behoeft geen verdichting. Gietasfalt wordt meestal handmatig in laagdikten van 25 tot 30 mm aangebracht en afge-



Gietasfalt

strooid met zand of steenslag om de stroefheid te verbeteren. Na het afstrooien dient het soms licht te worden gewalst. Na afkoeling is de laag ondoorlatend. Gietasfalt biedt een interessante oplossing voor plaatsen waar het niet mogelijk is om asfaltbeton met de klassieke zware machines aan te brengen.

3.3.1.3 Oppervlakbehandelingen

Oppervlakbehandelingen worden vooral toegepast als onderhoudsmaatregel op bestaande verhardingen of om ze te kleuren.

Er zijn bestrijkingen en slemlagen.

Bestrijkingen

Bestrijkingen worden verkregen door met specifiek materieel ten minste één laag bindmiddel (een bitumenemulsie of een vloeibitumen, beide al dan niet gemodificeerd) te sproeien, ze vervolgens met ten minste één laag steenslag (2/4, 4/6 of 6/10) af te strooien en ten slotte te verdichten. We onderscheiden eenlaagse en tweelaagse bestrijkingen.

Bestrijkingen zijn goedkoop en kunnen in dunne lagen worden aangebracht. Ze zijn echter gevoelig voor rafeling (losliggende steentjes verminderen de stroefheid van het oppervlak) en bezitten een sterke macrotextuur (gevaar voor kwetsuren bij valpartijen). Vanuit oogpunt van veiligheid en comfort voor fietsers voldoen ze dus minder goed. Als toch voor een bestrijking wordt gekozen, wordt voor de bovenlaag



Rafeling

bij voorkeur een fijnere gradering (2/4 of 4/6) toegepast.

Bij het rollerskaten genereert de textuur van bestrijkingen oncomfortabele trillingen. Die oppervlakbehandeling is dan ook niet geschikt voor paden die ook door rollerskaters worden gebruikt.



Eenlaagse bestrijking



Tweelaagse bestrijking

Slemlagen

Slemlagen worden verkregen door in één werkgang een mengsel van minerale aggregaten, vulstof, bitumenemulsie (al of niet gemodificeerd) en eventueel diverse additieven aan te brengen met behulp van een specifieke machine (mobiele installatie voor koud mengen). Slemlagen worden vooral toegepast om de stroefheid en de ondoorlatendheid van een bestaande verharding te herstellen of om ze te kleuren.

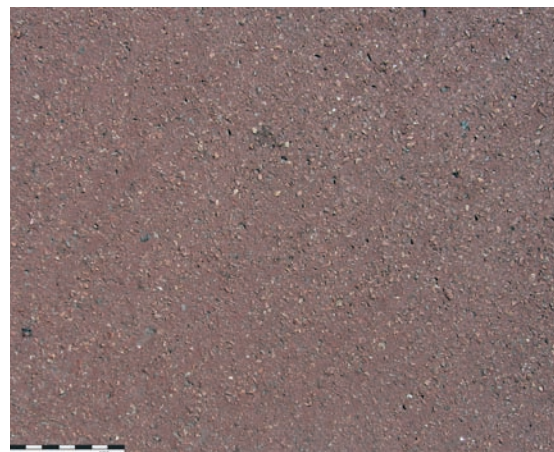
Door de samenstelling kunnen slemlagen worden gegoten. Bij verhardingen onder verkeer behoeven zij doorgaans geen verdichting (het autoverkeer zorgt daarvoor). Als er echter geen autoverkeer optreedt (zoals meestal bij vrijliggende fietspaden), dienen ze wel te worden verdicht.

Voor de veiligheid en het comfort van fietsers wordt op fietsvoorzieningen meestal een slemlaag met een gradering 0/4 toegepast. Op kruispunten verdient een gradering 0/4 of 0/6,3 de voorkeur, om een goede slijtvastheid te waarborgen.

Gekleurde bitumineuze verhardingen worden in 3.3.2.5 behandeld.



Eenlaagse slem



Tweelaagse slem

3.3.2 Bijzondere eisen en aanbevelingen voor fietsvoorzieningen

3.3.2.1 Stroefheid

Warm bereid asfalt en andere asfaltsoorten bieden een goede stroefheid voor fietsers, rollerskaters en bromfietsen.

3.3.2.2 Vlakheid

Een vlak oppervlak is een belangrijke eis van fietsers.

Bitumineuze verhardingen hebben een doorlopend oppervlak en bieden dus een optimale vlakheid. Verhardingen van asfaltbeton zijn flexibel en passen zich redelijk goed aan differentiële zettingen in de ondergrond aan. Ze zijn echter gevoelig voor blijvende vervormingen (spoorvorming en ribbelforming). Voor fietsvoorzieningen zonder zwaar verkeer vormt dat geen probleem. Om bij zwaar verkeer blijvende vervormingen tegen te gaan, kunnen stijvere mengsels worden toegepast. Zij zijn echter gevoelig voor scheurvorming en vermoeiing.



Dit pas aangebrachte fietspad van asfalt biedt een uitstekend rijcomfort

Bitumineuze verhardingen zijn elastisch, maar kunnen bij sterke temperatuurschommelingen toch scheuren. Scheuren in het oppervlak kunnen (vooral bij rollerskaters) valpartijen veroorzaken.

3.3.2.3 Afwatering

Door de oppervlakttextuur treedt bij asfaltverhardingen weinig aquaplaning op.

Voor een goede waterafvoer dient de verharding met een dwarshelling in de orde van grootte van 2 % te worden aangelegd. Ze moet steeds (en zeker waar zwaar verkeer optreedt) goed gefundeerd zijn, om het ontstaan van gaten, spoorvorming en verzakkingen tegen te gaan.

3.3.2.4 Obstakelvrij parcours

Bitumineuze verhardingen zijn gevoeliger voor vervormingen door opstuwende boomwortels. Dat probleem kan echter worden ondervangen door een aangepaste fundering aan te brengen of diepwortelende boomsoorten aan te planten.

In stedelijke wegen treft men vaak putdeksels, enz. aan. Die obstakels worden bij voorkeur buiten het wegtracé aangebracht. Als dat niet mogelijk is, wordt eerst de volledige asfaltverharding aangebracht en machinaal verdicht. Daarna worden gaten gezaagd, waarin de elementen worden aangebracht. Een machinale verdichting waarborgt een betere kwaliteit van de asfaltverharding.

3.3.2.5 Leesbaarheid – Zichtbaarheid

Omdat asfaltverhardingen eerder met auto- dan met voetgangersverkeer worden geassocieerd, geleiden zij voetgangers naar hun voorbehouden verkeerszone. Bitumineuze verhardingen kunnen ook worden gekleurd, om bepaalde weggedeelten visueel af te bakenen en zo de zichtbaarheid te vergroten.

Wat volgt, geldt alleen voor bitumineuze producten die “in de massa” (door en door) worden gekleurd.



Gekleurde asfaltverharding (voetgangerszone)



Voetgangers en fietsers delen de verkeersruimte. Het fietspad heeft een roodgekleurd verhardingsoppervlak

Gekleurd warm bereid asfalt

Gekleurd warm bereid asfalt is op verschillende manieren te verkrijgen. Elk bestanddeel van het mengsel kan daartoe worden aangepast:

- een deel van of al het gewone steenslag vervangen door steenslag met een kleur die

dicht bij de voorgeschreven verhardingskleur ligt;

- een deel van het zand vervangen door brekerzand van gekleurd steenslag;
- een deel van de vulstof vervangen door een geschikt pigment;
- het gewone bitumen vervangen door pigmenteerbaar bitumen of een pigmenteerbaar synthetisch bindmiddel (eventueel polymeergemodificeerd).

De verschillende bovengenoemde manieren kunnen worden gecombineerd om de gewenste kleur zo dicht mogelijk te benaderen.

Voor een optimale en duurzame kleuring worden het best gekleurde aggregaten gekozen die de gewenste kleur zo dicht mogelijk benaderen, of aggregaten met een neutrale of weinig contrasterende kleur. Na verloop van tijd overheerst immers de kleur van het steenslag in de gekleurde verharding.

De bereiding en de aanbrenging van het gekleurde mengsel dienen zorgvuldig te gebeuren. Zij vereisen passende maatregelen om vermenging of kleurverschillen te voorkomen.

Er moet steeds worden nagegaan:

- of het gekozen pigment de stabiliteit van het mengsel niet aantast als het een deel van de vulstof moet vervangen;
- of het gekozen steenslag en het gekozen zand wel degelijk voor de beoogde toepassing geschikt zijn. Het steenslag moet bovendien voldoende hechting tussen mastiek en aggregaat mogelijk maken.

Gekleurd gietasfalt

Gekleurd gietasfalt wordt volgens dezelfde procédés bereid als gekleurd asfaltbeton. Alleen:

- is het bindmiddel vaak een pigmenteerbaar synthetisch bindmiddel dat tegen hoge temperaturen (250 °C) bestand is;
- hebben het steenslag en het zand een lichte kleur;
- wordt een gedeelte van de vulstof vervangen door pigmenten (1 tot 5 % van de totale massa van de aggregaten, naargelang van de gewenste kleur).

Verhardingen van gekleurd gietasfalt zijn duurzaam. Wegens de prijs (ongeveer dubbel zo duur als zwart gietasfalt) wordt gekleurd asfalt tegenwoordig weinig toegepast.

Gekleurde bestrijkingen

Door een oordeelkundig gekozen gekleurd steenslag toe te voegen, wordt een natuurlijk en duurzaam gekleurde bestrijking verkregen. Omdat het niet om gewoon steenslag gaat, moet steeds de verenigbaarheid (in het bijzonder de hechting) met het toegepaste bitumen worden nagegaan. De stenen mogen niet met bitumen worden voormhuld.

Gekleurde slemlagen

In combinatie met van nature gekleurde aggregaten geeft een emulsie van pigmenteerbaar (eventueel polymeergemodificeerd) bindmiddel en pigmenten een "in de massa" gekleurde slemlaag.

3.3.2.6 Netheid

Mos en andere vegetatie nestelen zich sneller in bitumineuze verhardingen met een sterke en/of open textuur.

Het onderhoudsgemak van de verschillende asfaltsoorten wordt onder 3.3.2.11 beschreven.

3.3.2.7 Duurzaamheid

Om de vastgelegde levensduur te bereiken:

- moet de constructie correct zijn gedimensioneerd;
- moet de verharding de voorgeschreven kenmerken vertonen (weerstand tegen mechanische, chemische en weersinvloeden);
- moeten de nodige voorzieningen voor een goede afwatering aanwezig zijn;
- moet voor kleinere oppervlakken (ook aan de aansluitingen) de onderbouw en in het bijzonder de fundering doorlopen.

3.3.2.8 Ruimtelijke kwaliteit en beperkingen

Gekleurde asfaltsoorten worden ook om hun esthetische eigenschappen toegepast. De wens om de verharding esthetisch beter in de omgeving in te passen, kan immers een reden zijn om bij het ontwerp te kiezen voor een verharding met een speciale kleur.

Als volgens het stedenbouwkundige reglement (bijvoorbeeld voor historische sites) alleen straatkeien zijn toegestaan, kan voor de fietsers een comfortstrook van asfaltbeton worden aangelegd. Het gekozen asfaltmengsel en de onderbouw moeten dan wel tegen de optredende verkeersbelastingen bestand zijn.



Comfortstroken van asfalt op een eigen fundering



Comfortstroken van asfalt



Comfortstroken van slem

Voor vrijliggende fietspaden (buiten de kruisingen ervan met andere wegen) moet ook rekening worden gehouden met de bijzondere omstandigheden voor het aanbrengen van de verharding, die meestal smal zal zijn.

3.3.2.9 Veiligheid voor mens en milieu

De ontwerper kan via de asfaltsoort die hij kiest een invloed uitoefenen op een aantal componenten van het milieu, zoals:

- materialen veilig voor mens en milieu;
- vermindering van de afvalberg;
- toepassing van innoverende producten en technieken.

Materialen veilig voor mens en milieu

De gekozen asfaltmengsels mogen geen teerhoudende materialen (bindmiddel of asfalt-puingranulaat) bevatten.

Vermindering van de afvalberg: toepassing van asfalt-puingranulaat (apg)

Recycling biedt een drievoudig voordeel voor het milieu:

- het vermindert de hoeveelheid afvalstoffen die finaal moeten worden verwijderd (afvoer naar een stortplaats of een centrum voor technische ingraving);
- het voorkomt dat nieuwe, niet-hernieuwbare grondstoffen (zoals zand en steenslag) moeten worden gedolven;

- er moeten minder grondstoffen worden vervoerd.

Recycling kan zowel bij onderhoudswerkzaamheden als bij het aanbrengen van nieuwe asfaltverhardingen plaatsvinden.

Toepassing van innoverende producten en technieken voor duurzame wegebouw

Er bestaan verschillende innoverende technieken om asfalt bij lagere temperatuur te bereiden en/of te verwerken, en zo het energie- en/of aardolieverbruik en de CO₂-uitstoot te verminderen:

- koud asfalt lijkt op warm bereid asfalt, maar wordt koud (of met lichte verwarming) geproduceerd door bitumenemulsies en/of vloeibitumen te gebruiken;
- halfwarm (giet)asfalt kan bij een lagere temperatuur worden verwerkt;
- ecologisch asfalt bevat een bindmiddel uitsluitend op basis van plantaardige oliën en harsen. Het kan bij een lagere temperatuur worden bereid (zie 3.5).

3.3.2.10 Uitvoeringseisen en -beperkingen

Warm bereid asfalt

Asfaltmengsels worden meestal met een asfalt-spreidmachine aangebracht en met zware banden- of gladde walsen verdicht. Zij zijn minder geschikt voor verwerking in kleine hoeveelheden. Handwerk is steeds af te raden en kan alleen op plaatsen waar weinig of geen autoverkeer optreedt. De uitvoeringsperiode is zeer ruim: asfaltmengsels mogen tijdens het grootste deel van het jaar worden aangebracht. Zodra de asfaltlaag voldoende is afgekoeld, mag zij voor het verkeer worden opengesteld.

Voor gekleurd asfalt gelden dezelfde uitvoeringseisen en -beperkingen als voor klassiek zwart asfalt. Wel dienen de nodige voorzorgen te worden genomen, om vermenging met zwart asfalt te vermijden (volledig propere asfaltmenginstallatie, asfaltsprei- en verdichtingsmachines, enz.).

Bij de verwerking dient steeds (dus ook in het geval van fietsvoorzieningen) op de volgende aspecten te worden toegezien:

- bij aansluitingen tussen verschillende verhardingssoorten verschillen in hoogten (en dus hinderlijke overgangen) vermijden;
- aanbrenging op puntstukken vermijden;
- vooraf een verzorgde kleeflaag aanbrengen;
- de toepassingsvoorwaarden (temperatuur, weersomstandigheden, enz.) naleven;
- bij een gemengde aanbrenging (klassieke en gekleurde verharding) eerst de bitumineuze en pas daarna de gekleurde verharding aanbrengen, om vermenging of bevuiling te vermijden;
- stortnaden boven andere voegen en op plaatsen onder zwaar verkeer vermijden;
- maximaal tot 4 cm boven een scheurremmende tussenlaag affrezen;
- de nodige wachttijd voor de afkoeling van de pas aangebrachte asfaltlaag in acht nemen alvorens de verharding voor het verkeer open te stellen.

Bij fietsvoorzieningen moet daarenboven met enkele bijzondere aandachtspunten rekening worden gehouden.

Vlakheid

De vlakheid van het oppervlak is een essentiële eis van fietsers. Dit belangrijke aspect mag dan ook op geen enkel ogenblik worden verwaarloosd. Naast de bovenvermelde elementen dient al vóór de verdichting nauwlettend op de volgende uitvoeringsaspecten te worden toegezien:

- vlakheid en draagvermogen van het draagvlak;
- zorgvuldige hoogteregeling voor de aan te brengen laag;
- aanbrenging in een zo gelijkmatig mogelijk laagdikte;
- voorzichtige besturing van de vrachtwagens die de asfaltspreidmachine bevoorraden: niet te bruusk tegen de machine aanrijden en gelijkmatig uitstorten;
- constante voortgangssnelheid van de asfaltspreidmachine;
- een zo constant mogelijk peil van het asfalt in de storttrechter;
- degelijke en gelijkmatige voorverdichting;
- op de banden of de rollen van de walsen mag geen asfalt blijven kleven;
- wielsporen die tijdens het walsen ontstaan goed wegwerken;

- opstelling van de aandrijfrol van de wals ten opzichte van de werkrichting;
- bij het verdichten van walsstrook veranderen op asfalt dat voldoende is afgekoeld;
- bij het gebruik van trilwalsen het trilmechanisme bij de laatste overgangen afzetten;
- geen machines laten stilstaan op pas aangebracht asfalt;
- verzorgde uitvoering van langse en dwarse stortnaden.

Zoals al gezegd, dient de nodige aandacht aan de vlakheid en het draagvermogen van het draagvlak te worden besteed. Het draagvlak is de laag waarop de nieuwe verharding(slaag) moet komen. Elke laag dient als draagvlak voor de volgende. Naargelang van het project kan het dus om de fundering, een gefreesd oppervlak (bij een inlay) of het oppervlak van de bestaande verharding (bij een overlaging) gaan.

Aanbrenging over kleine werkbreedten

Een beperking van de breedte kan de keuze van asfaltlagen beïnvloeden. Als de asfaltaanvoer en het lossen in de asfaltspreidmachine ernstig bemoeilijkt worden door een beperking van de breedte, zal de bevoorrading van de machine moeizaam verlopen. Het is dan aangewezen een asfaltsoort te kiezen waarbij de kwaliteit van de aangebrachte verharding minder van de te verwachte geregelde stil-



Aanbrenging over een kleine werkbreedte

standen te lijden heeft. Beperkte toegankelijkheid kan machinale uitvoering zelfs helemaal onmogelijk maken (kleinste werkbreedte van asfaltspreidmachine is 1,5 m). Als dan toch asfalt moet worden aangebracht, gaat de voorkeur naar een asfaltmengsel dat handmatig minder lastig te verwerken is, bijvoorbeeld AB-4 of AB-8. De verwerkbaarheid kan ook worden verbeterd door zachter bitumen (bijvoorbeeld B 70/100) te gebruiken, voor zover de verkeersbelasting het toelaat.

Als de asfaltlagen tussen twee opstaande randen moeten worden aangebracht, dient bij de keuze van het materieel voor de aanvoer, de spreiding en de verdichting rekening te worden gehouden met de beschikbare breedte. Er zijn verschillende mogelijkheden:

- aanbrenging met een asfaltspreidmachine waarvan de trilplaat zijwaarts is gesteld. De machine wordt vooraan uit vrachtwagens bevoorrad;
- aanbrenging met een asfaltspreidmachine met kleine werkbreedte. Het asfaltmengsel kan rechtstreeks uit de vrachtwagens worden gestort of de machine kan met een grijperkraan worden bevoorrad. Het gebruik van kleine laadwerktuigen is niet aan te raden, omdat het asfaltmengsel dan eerst op de grond moet worden gestort, wat de afkoeling versnelt;
- aanbrenging met een spreidmachine die op het naastgelegen wegdek rijdt en uitgerust is met een zijwaarts gesteld egalisatieblad met verstelbare hoogte. Met een grijperkraan wordt het asfaltmengsel vrij gelijkmatig in het rijwegdek gestort. Bij de aanbrenging van een toplaag kan het soms moeilijk zijn om een constante werkbreedte aan te houden. Ook bestaat het gevaar dat asfalt op het naastgelegen bestaande wegdek (bv. een betonweg) terecht komt en het bevuilt;
- de toplaag kan ook met een asfaltspreidmachine met klassieke werkbreedte worden aangebracht, maar dan wordt het asfaltmengsel bijna niet voorverdicht uit vrees het naastgelegen wegdek mee te trillen en de trilplaat te beschadigen.

Kruispunten en rotondes

Kenmerkend voor werkzaamheden op kruispunten en rotondes is dat:

- ononderbroken asfalteren zonder stilstand van de machines niet mogelijk is (het verkeer kan meestal niet volledig worden onderbroken);
- handwerk inherent blijft;
- voegen en stornaden niet uit te sluiten zijn.

Om de nadelen hiervan te beperken, verdient het aanbeveling een asfalttoplaag te kiezen die minder voor deze problemen gevoelig is (bijvoorbeeld AB-4), als de verkeersbelasting het tenminste toelaat.

Handmatige aanbrenging

Als het asfaltmengsel handmatig moet worden verwerkt (zeer kleine oppervlakten, complexe vormen, enz.), wordt het in kleine hopen uitgestort. Men werkt over kleine breedten (maximum 3 m), om het materiaal te kunnen verdichten voor het afkoelt.

Gietasfalt

Gietasfalt wordt in een speciale asfaltmenginstallatie bereid. Het vereist echter een langere mengtijd, zodat het mengsel nadien nog gedurende ten minste twee uren moet worden gemengd (vervoertijd inbegrepen).

Het mengsel wordt in een verwarmde zelfrijdende of voortgetrokken menger vervoerd. Het automatische warmteregelingssysteem is met de stuurcabine van de vrachtwagen verbonden. Als op een moeilijk bereikbare plaats moet worden gestort, kan het mengsel in kleine mobiele mengers worden overgeheveld. Het mengsel wordt doorgaans handmatig (of met een asfaltspreidmachine) op een schoon en droog draagvlak aangebracht. Het draagvlak vertoont geen blijvende vervormingen die groter zijn dan de grenswaarden in het standaardbestek voor wegwerkzaamheden van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Gietasfalt mag niet worden aangebracht bij regenweer en als de omgevingstemperatuur lager dan + 2 °C is.

Gietasfalt is gemakkelijk handmatig en in kleine hoeveelheden op kleine en met vrachtwagens moeilijk bereikbare oppervlakken aan te brengen.

Bestrijkingen

De soort en de staat van het draagvlak bepalen in grote mate de kwaliteit van de aangebrachte bestrijking. Het draagvlak moet vlak zijn, want in tegenstelling met asfaltbeton werkt dit materiaal geen onvlakheden weg. Het te behandelen oppervlak moet homogeen zijn en mag geen spoorvorming vertonen. Eventueel zijn voorbereidende werkzaamheden nodig of moet een profileerlaag worden aangebracht.

Nadat het draagvlak is schoongemaakt, wordt de emulsie aangebracht en met aggregaten afgestrooid. Ten slotte wordt de bestrijking met een zware verdichtingsmachine (doorgaans een bandenwals) verdicht.

De randen (trottoirs, trottoirbanden, weggoten) moeten worden beschermd, om bevuilding tijdens de aanbrenging te vermijden.

Het is aangewezen bestrijkingen niet in het najaar aan te brengen. Als bestrijkingen in slechte weersomstandigheden (bij koud en/of regenweer) worden verwerkt, kan dit de temperatuur voor de breking van de emulsie op willekeurige wijze verhogen en de afvoer van het breekwater van de emulsie belemmeren.

Bestrijkingen mogen al snel voor het verkeer worden opengesteld, maar zijn tijdens een korte periode vlak na de aanbrenging zeer gevoelig voor sterke tangentiële krachten.

De aanbrenging van bestrijkingen dient zeer zorgvuldig te gebeuren en vereist (in tegenstelling met de gangbare opvattingen) bijzondere vaardigheden. Handmatige verwerking is uit den boze. Bestrijkingen kunnen "vetslaan" en zijn gevoelig voor rafeling. De waarborgen voor openbare werken mogen pas na een volledig jaar (winter en zomer) onder verkeer worden opgeheven.

Slemlagen

In tegenstelling met bestrijkingen is met slemlagen wel een lichte profilering mogelijk. De randen (trottoirs, trottoirbanden, weggoten) moeten worden beschermd, om bevuilding tijdens de aanbrenging te vermijden.

Voor slemlagen gelden dezelfde beperkingen voor de verwerking en de openstelling voor het verkeer als voor bestrijkingen (zie hierboven).

3.3.2.11 Onderhoudseisen en -beperkingen

Warm bereid asfalt

Naast het gebruikelijke onderhoud kan gekleurd warm bereid asfalt bijzondere onderhoudseisen stellen. Op fietsvoorzieningen met een lichtgekleurde asfaltverharding waar autoverkeer optreedt, zijn bandensporen immers sneller zichtbaar dan op zwart asfalt. Ze kunnen doorgaans met water onder hoge druk worden verwijderd, zonder de duurzaamheid negatief te beïnvloeden. Plaatselijke reparaties zijn zelden geslaagd, omdat dezelfde tinten moeilijk reproduceerbaar zijn.

Gietasfalt

In vergelijking met warm bereid asfalt vergt gietasfalt weinig onderhoud. Gietasfalt heeft een lange levensduur, omdat het ondoorlatend is en slechts langzaam verouderd. Behalve in geval van hoge stroefheid, is het oppervlak gemakkelijk schoon te maken. De stroefheid en de voegvulling dienen geregeld te worden geverifieerd. Reparaties met hetzelfde product zijn gemakkelijk uit te voeren. Gietasfalt kan in kleine hoeveelheden op de bouwplaats in een mobiele menger worden bereid.

Het zwakke punt is de nieuwe voeg die bij reparaties in het oppervlak ontstaat.

De bovenvermelde overwegingen voor gekleurd warm bereid asfalt gelden eveneens voor gekleurd gietasfalt.

Bestrijkingen

Bestrijkingen hebben een beperktere levensduur dan warm bereid asfalt of gietasfalt. Reparaties met hetzelfde product vormen geen probleem, maar na reiniging met water onder hoge druk kan rafeling optreden.

Slemlagen

Voor slemlagen is vooral het behoud van de stroefheid van het oppervlak een belangrijk aandachtspunt. De stroefheid kan eenvoudig worden hersteld door een nieuwe slemlaag aan te brengen. Het gevaar voor rafeling na reiniging met water onder hoge druk hangt af van de textuur en is geringer dan bij bestrijkingen.

3.3.2.12 Kosten

Investeringskosten

Richtprijzen voor het aanbrengen van de verschillende soorten van asfaltlagen staan vermeld op de productbladen in de *Handleiding voor de keuze van de asfaltverharding bij het ontwerp of onderhoud van wegconstructies (A 78/06)* van het OCW.

De kleur wordt meestal verkregen door een pigment toe te passen. Ter ondersteuning kan het soms nuttig of zelfs nodig zijn de aggregaten (zoals bij bestrijkingen) of het bindmiddel (pigmenteerbaar synthetisch bindmiddel) aan te passen. Deze aanpassingen en de kleurkeuze hebben een niet te onderschatten invloed op de kostprijs van de verharding.

Onderhoudskosten

Bitumineuze verhardingen hebben doorgaans een beperktere levensduur dan betonverhardingen, maar hebben dan weer relatief lage onderhoudskosten.

Zij kunnen worden bepaald met behulp van de richtprijzen op de productbladen in de bovenvermelde OCW-handleiding (A 78/06). De productbladen geven ook richtwaarden voor de duurzaamheid van de verschillende bitumineuze producten.

Over het algemeen bieden bitumineuze verhardingen een goede prijs-duurzaamheidsverhouding. De kostprijs is laag in vergelijking met verhardingen van beton of synthetische polymeren. Gekleurd asfalt is dubbel zo duur als zwart asfalt.

3.4 Elementenverhardingen

We onderscheiden de volgende soorten van elementenverhardingen die voor fietsvoorzieningen worden toegepast: betonstraatstenen, betontegels, straatkeien, natuursteentegels en kleiklinkers. Elke soort heeft voor- en nadelen en stelt bijzondere eisen aan het ontwerp, de opbouw en de uitvoering van de constructie.

Daarom worden de verschillende soorten van elementenverhardingen hierna afzonderlijk beschreven.

Door de vele variatiemogelijkheden op het vlak van kleur en textuur en de goede verwerkbaarheid met andere verhardingsmaterialen zijn elementenverhardingen bijzonder geschikt om de leesbaarheid en de zichtbaarheid van de verkeersruimte te verhogen.

Elementenverhardingen maken kabels en leidingen snel en gemakkelijk toegankelijk, want ze kunnen in kleine hoeveelheden verwijderd en opnieuw aangebracht worden.



Betonsteenbestrating draagt bij aan een begrijpelijk wegbeeld



Fietsvoorziening met een verharding van tegels 20 x 20 cm

Zoals voor de andere verhardingssoorten hangt de opbouw van elementenverhardingen af van de soort van fietsvoorziening. Fietsvoorzieningen op of naast de rijbaan (gemarkeerde fietspaden, fietssuggestiestroken en kruisingen van een vrijliggend fietspad met een weg) hebben doorgaans dezelfde verharding en opbouw als de rijbaan. Het spreekt vanzelf dat de verharding volgens de regels van de goede praktijk moet worden ontworpen en uitgevoerd. Op vrijliggende fietspaden treedt doorgaans slechts occasioneel zwaar verkeer (onderhouds- en hulpdiensten) op, zodat minder strenge eisen aan de verharding en de opbouw nodig zijn. Elementenverhardingen moeten echter steeds goed worden opgesloten.

3.4.1 Betonstraatstenen en betontegels

3.4.1.1 Algemene beschrijving en aanbevelingen

3.4.1.1.a Soorten van betonstraatstenen en betontegels

Betonstraatstenen en -tegels zijn beschikbaar in een ruim gamma van kleuren, texturen en afmetingen. Door die variatiemogelijkheden kunnen fietsvoorzieningen duidelijk van naastgelegen verkeerszones voor andere weggebruikers wor-

den onderscheiden. Door verschillend kleurgebruik (eventueel aangevuld met wegmarkeringen van bv. witte stenen) kunnen de verschillende soorten van weggebruikers veilig door het verkeer worden geloodst, terwijl de verharding toch met hetzelfde materiaal is aangelegd.



Fietsoversteek met een verharding van rode betonstraatstenen, aangevuld met wegmarkeringen van witte stenen

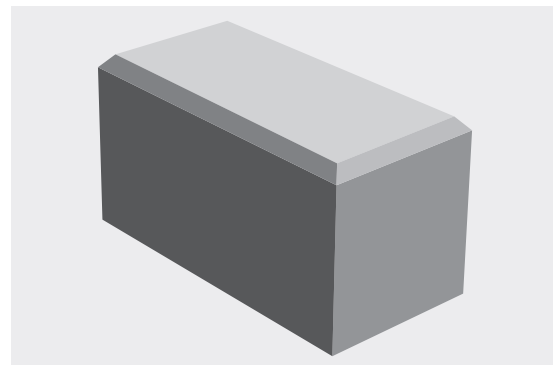
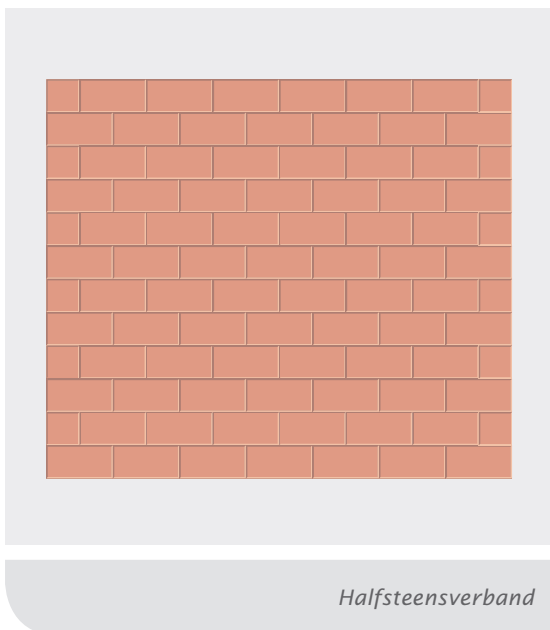


Doorlopend gebruik van betonstraatstenen op de fietsoversteek aan een zijstraat geeft de continuïteit van het fietstraject aan



Vrijliggend tweerichtingsfietspad met een verharding van betontegels

Goed ontworpen verhardingen (smalle voegen, kleine afschuivingen, geschikte afmetingen en aangepast legverband) bieden fietsers een goed rijcomfort. Onderzoek met de zogenoemde meetfiets² heeft aangetoond dat betonstraatstenen met grote afmetingen die in halfsteensverband en met voegen van maximaal 2 mm breed zijn gelegd, comfortabel rijden. Betonstraatstenen met vellingen (horizontale randafschuiving kleiner dan 2 mm) voorkomen dat fietsers hinder van kleine niveauverschillen tussen de stenen ondervinden.



Betonstraatsteen met vellingen

3.4.1.1.b Opbouw van de constructie

De constructie is opgebouwd uit een fundering, een straatlaag waarin de betonstraatstenen of -tegels worden gelegd, voegvullingsmateriaal en een kantopsluiting. Een goede kantopsluiting is onmisbaar om zijdelingse bewegingen van de elementen uit te sluiten.

Voor de opbouw dient rekening te worden gehouden met de verwachte verkeersbelasting.

Voor betonstraatstenen onderscheiden we volgens het verkeerstype vier klassen (zie tabel 1). Vrijliggende fietspaden behoren tot verkeersklasse IV, gemarkeerde fietspaden en fietssuggestiestroken behoren tot dezelfde verkeersklasse als de rijbaan.

Tabel 1 – Klassenindeling volgens het verkeerstype

Verkeers-klasse	Verkeerstype			Bouwklassen volgens standaardbestek Vlaanderen
	Voetgangers, fietsers en bromfietzers	Lichte voertuigen (< 3,5 ton)	Zware voertuigen (> 3,5 ton)	
I	Onbeperkt	Max. 5 000/dag	Max. 400/dag	B6-B7
II	Onbeperkt	Max. 5 000/dag	Max. 100/dag	B8-B9
III	Onbeperkt	Max. 500/dag	Max. 20/dag	B10
IV	Onbeperkt	Occasioneel	Geen	BF

2. Zie 3.1 Algemene aanbevelingen voor alle verhardingssoorten

Tabel 2 – Aanbevolen standaardopbouw volgens de verkeersklasse

Verkeersklasse		I	II	III	IV
Steendikte		10 cm of 12 cm	8 cm of 10 cm	8 cm of 10 cm	7 cm of 8 cm
Dikte van de straatlaag		3 cm	3 cm	3 cm	3 cm
Soort en dikte van de fundering	Droog verdicht beton	20 cm	15 cm	–	–
	Schraal beton	25 cm	20 cm	15 cm	–
	Drainerend schraal beton	–	20 cm	15 cm	–
	Hydraulisch gebonden steenslag	–	25 cm	15 cm	–
	Zandcement	–	–	20 cm	15 cm
	Steenslag	–	35 cm	25 cm	15 cm

Elke verkeersklasse stemt met een aanbevolen standaardopbouw overeen. De ontwerplevensduur van de voorgestelde standaardopbouw bedraagt twintig jaar.

Betontegels zijn beschikbaar in dikten van 3 tot 8 cm. Wegens de grote oppervlak-dikteverhouding zijn zij niet geschikt voor wegen onder verkeer. Zij worden dan ook alleen voor voetgangers- en/of fietsvoorzieningen toegepast.

Betontegels worden op een straatlaag van 3 cm dik van zand, zandcement of mortel gelegd. Op plaatsen waar occasioneel verkeer kan optreden (bijvoorbeeld aan inritten), wordt de fundering passend versterkt.

Het is aanbevolen betontegels met afmetingen 20 x 20 cm toe te passen, om verschuiven, loskomen of andere schade (breken of afbrokelen) bij occasioneel verkeer (onderhoudsvoertuigen, enz.) te vermijden.

3.4.1.2 Bijzondere eisen en aanbevelingen voor fietsvoorzieningen

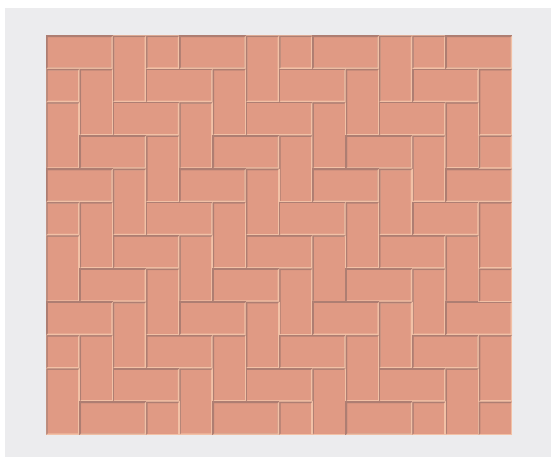
3.4.1.2.a Stroefheid

De stroefheid van het oppervlak hangt af van de gekozen oppervlakbehandeling. Betonstraatstenen en -tegels bezitten doorgaans een goede stroefheid.

3.4.1.2.b Vlakheid

De vlakheid van het oppervlak bepaalt in grote mate het comfortgevoel van de fietser. Bij verhardingen van betonstraatstenen of -tegels hangt de vlakheid af van een aantal parameters zoals de afmetingen, het legverband, de vellingkant en de voegbreedte. Onderzoek van het OCW met de meetfiets heeft aangetoond dat de beste resultaten worden bereikt met grotere betonstraatstenen (22x11 cm; 20x30 cm), met kleine vellingen (maximaal 2 mm) en smalle voegen (2 mm). Een elleboog- of halfsteensverband lijkt geschikt voor gemarkeerde fietspaden en fietssuggestiestroken.

Bij betontegels wordt het halfsteensverband bij voorkeur in de dwarsrichting uitgevoerd, om hinderlijke langsvogegen te voorkomen.



Elleboogverband

3.4.1.2.c Afwatering

Meer nog dan bij andere verhardingssoorten is voor elementenverhardingen een goede afwatering noodzakelijk. Als zich teveel water in de constructie ophoopt, ontstaat een suspensie van fijne deeltjes in het ingesloten water. Onder invloed van verkeersbelastingen treedt een “pompeffect” op. Fijne zanddeeltjes worden weggespoeld en door de voegen uitgedreven. Door de trillingen van het verkeer wordt de straatlaag herverdicht en ontstaan plaatselijke verzakkingen.

Voor een goede afwatering wordt bij voorkeur een dwarshelling van 2 % aangebracht. Bij ongebonden funderingen kan indringend water via de ondergrond worden afgevoerd. Bij cementgebonden funderingen (met uitzondering van drainerend schraal beton) moeten zijdelingse drainagevoorzieningen worden aangebracht.

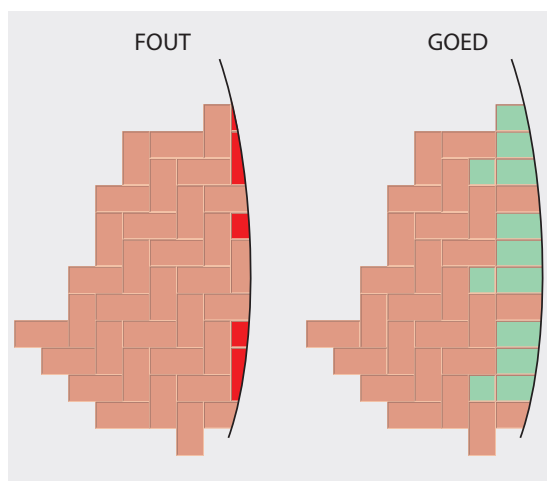
3.4.1.2.d Obstakelvrij parcours

Verhardingen van betonstraatstenen of -tegels zijn zeer gevoelig voor opstuwende boomwortels.

Betonstraatstenen of -tegels zijn eenvoudig in complexe vormen aan te brengen, wat onder meer handig is aan bijzondere punten zoals putdeksels, enz. Daarbij mogen echter geen te kleine elementen worden gebruikt (voor betonstraatstenen geen stenen kleiner dan een halve steen), want die kleine stukken komen te gemakkelijk los.



Tegerverhardingen zijn zeer gevoelig voor opstuwende boomwortels



Figuur 1 – Aan bijzondere punten mogen geen stenen kleiner dan een halve steen worden verwerkt

3.4.1.2.e Leesbaarheid – Zichtbaarheid

Zoals al gezegd, dragen de variatiemogelijkheden op het gebied van kleur en legverband aan een begrijpelijk wegbeeld bij. Betonstraatstenen en -tegels kunnen duurzaam worden gekleurd in de slijtlaag (bovenste 8 mm) of in de massa. De toevoeging van gekleurde

aggregaten, eventueel gecombineerd met het uitwassen van het oppervlak, zal de duurzame kleuring nog verbeteren. Betontegels bieden minder variatiemogelijkheden op het gebied van legverband.



Verharding van rode betontegels voor een fietsoversteek op een aarden tussenberm

3.4.1.2.f Netheid

In de voegen van betonsteen- en tegelverhardingen zal zich sneller onkruid nestelen dan in gesloten verhardingen. De remedies tegen onkruidgroei worden in 3.4.2.2.k beschreven.

3.4.1.2.g Duurzaamheid

Voor betonsteenverhardingen wordt doorgaans uitgegaan van een ontwerplevensduur van twintig jaar, op voorwaarde dat zij correct ontworpen, uitgevoerd en onderhouden worden.

Voor de duurzaamheid van betonsteen- en tegelverhardingen zijn de volgende aandachtspunten van essentieel belang:

- een correcte opbouw van de constructie (zie 3.4.1.1.b en figuur 2);

- een goede kantopsluiting (bij vrijliggende fietspaden aan beide kanten), om bewegingen van de elementen tegen te gaan;
- van bij de openstelling voor het verkeer steeds goed gevulde voegen, om kantelen van de elementen en indringend water in de constructie te voorkomen;
- toepassing van geschikte materialen van goede kwaliteit in aangepaste hoeveelheden. De straatlaag mag geen overmaat aan fijne deeltjes bevatten, om uitdrijving onder invloed van zwaar verkeer tegen te gaan;
- goede bestandheid tegen wegzout.

3.4.1.2.h Ruimtelijke kwaliteit en beperkingen

Door het ruime gamma van kleuren, afmetingen en legverbanden kunnen fietsvoorzieningen met een betonsteen- of tegelverharding in de meest uiteenlopende omgevingen harmonieus worden ingepast. Zo bieden zij bijvoorbeeld voor historische sites een aanvaardbaar (en vlakker) alternatief voor straatkeien.



Door het ruime gamma kunnen betonstraatstenen in tal van omgevingen worden ingepast

Zoals al gezegd, maken zij kabels en leidingen snel en gemakkelijk toegankelijk, want ze kunnen in kleine hoeveelheden worden verwijderd en opnieuw aangebracht. Net zoals bij nieuwe verhardingen moeten de fundering, de straatlaag en de elementen dan volgens de regels van de goede praktijk worden verdicht.

3.4.1.2.i Gezondheid voor mens en milieu

Betonstraatstenen en -tegels zijn in wezen milieuvriendelijk. Ze zijn duurzaam en kunnen na het opbreken worden hergebruikt of tot betonpuingranulaten worden gerecycled.

3.4.1.2.j Uitvoeringseisen en -beperkingen

Een correcte uitvoering vormt de basis voor een lange levensduur. De volgende regels van de goede praktijk moeten daarbij worden nageleefd:

- een zorgvuldige uitvoering van de constructie volgens het ontwerp en de regels van de goede praktijk;
- een goede kantopsluiting, om bewegingen van de elementen tegen te gaan. De kantopsluiting is opgebouwd uit opsluitbanden (en eventueel een gootband of weggoot) die in een fundering met stut van schraal beton zijn vastgezet, om bewegingen van de elementen te voorkomen (zie 5, 6 en 7 in figuur 2);
- goed afrillen van de elementen, samen met de straatlaag en de voegvulling;
- steeds goed gevulde voegen, zodat de verharding als een geheel werkt.

3.4.1.2.k Onderhoudseisen en -beperkingen

Voor een goede duurzaamheid moeten de voegen steeds goed gevuld zijn. Ze moeten dan ook geregeld worden geverifieerd en zo vaak als nodig met geschikt voegvullingsmateriaal worden bijgevuld.

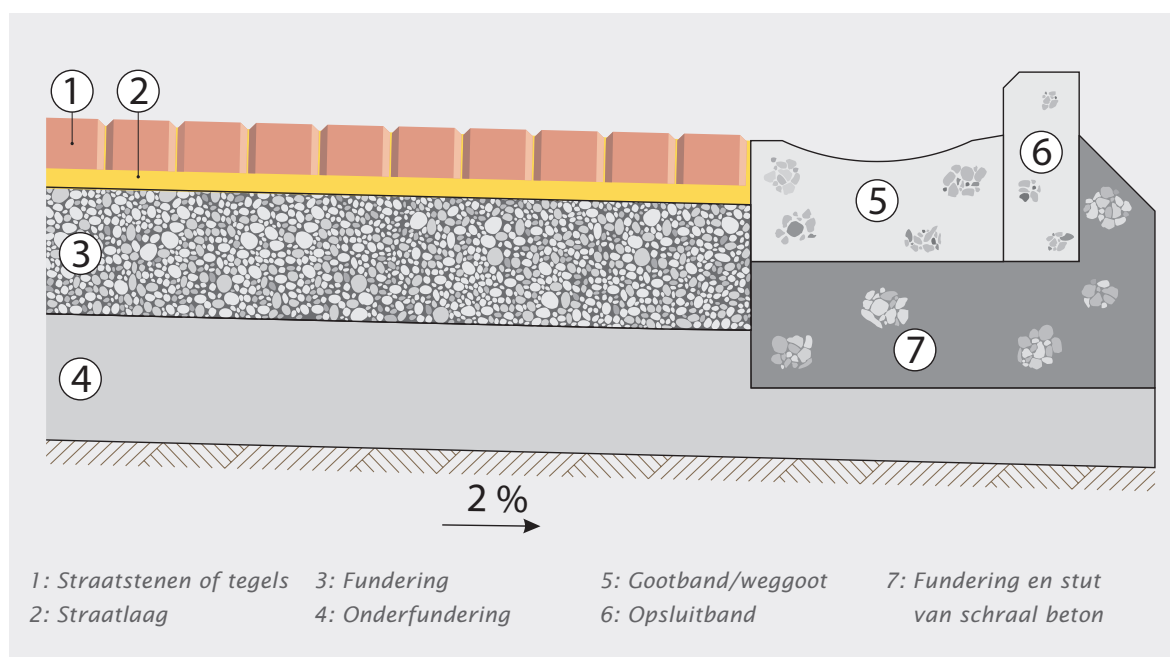
Goed gevulde voegen en een intensief gebruik van de fietsvoorzieningen helpen ook onkruidgroei tegen te gaan. Ten slotte kunnen onderhoudstechnieken zoals bezemen, branden, reinigen met stoom, enz. worden toegepast om verhardingen onkruidvrij te houden. Voor een gemakkelijke toegankelijkheid kan een kleine tractor worden gebruikt.

Betonstraatstenen en -tegels zijn goed bestand tegen chemische agentia (zoals koolwaterstof). Afhankelijk van de porositeit en de oppervlakttextuur zijn de elementen gevoeliger voor mos- of algenvorming en zal vuil zich gemakkelijker in het oppervlak nestelen. Eventueel kan een preventieve behandeling worden toegepast om dergelijke bevuilding tegen te gaan en het onderhoud te vergemakkelijken.

3.4.1.2.l Kosten

Kantopsluitingen zijn onmisbaar voor duurzame betonsteen- en tegelverhardingen. Zij leiden wel tot een hogere kostprijs, vooral voor vrijliggende fietspaden waar aan weerszijden een opsluiting nodig is.

Ten slotte is het leggen van betonstraatstenen en -tegels relatief arbeidsintensief.



Figuur 2 – Voorbeeld van een opbouw

3.4.2 Straatkeien en natuursteentegels

Verhardingen van straatkeien en natuursteentegels bieden geen optimaal rijcomfort. Op straatkeien is het rijcomfort zelfs eerder slecht. Het is dan ook niet wenselijk ze voor fietsvoorzieningen toe te passen.

3.4.2.1 Algemene beschrijving en aanbevelingen

3.4.2.1.a Geometrische kenmerken van straatkeien en natuursteentegels

Straatkeien

Straatkeien zijn nieuwe of oude keien van natuursteen voor bestratingen. Zowel nieuwe als hergebruikte keien moeten aan de eisen voor de vorm en de afmetingen voldoen.

In de wegenbouw worden traditioneel twee formaten toegepast: langwerpige keien en mozaïekkeien.

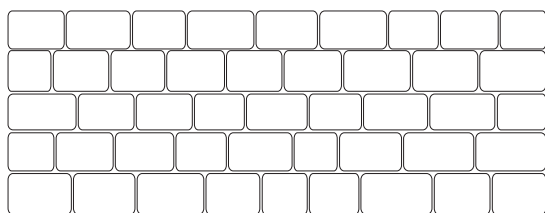
Langwerpige keien hebben de vorm van een parallellipedum met ongeveer de volgende afmetingen:

- kopbreedte: ongeveer 15 cm;
- koplengte: 15 tot 25 cm;
- staartheogte: 8 tot 20 cm.

De gekozen afmetingen hangen af van het verkeerstype op de weg.

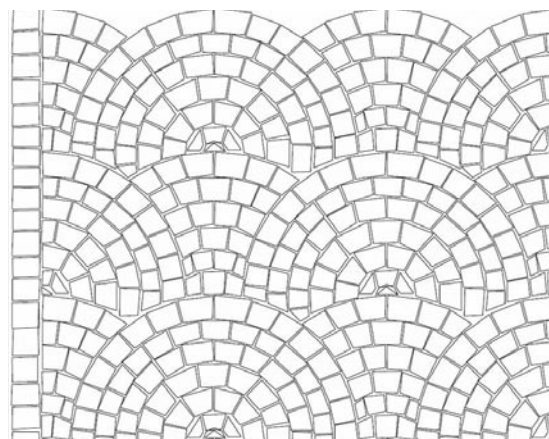
De keien worden in rechte lijnen en met verspringende voegen gelegd.

Mozaïekkeien zijn kubusvormig met een zijvlak van 7 tot 13 cm. De gekozen afmetingen

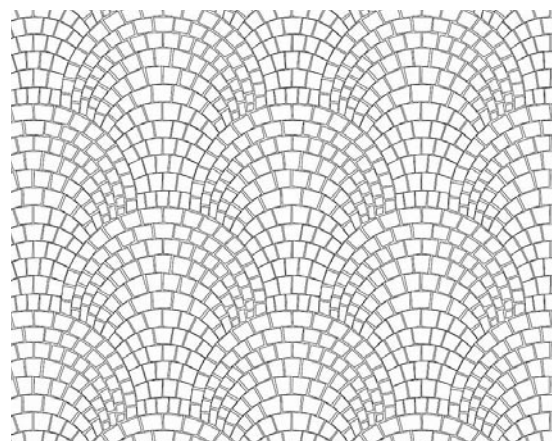


Figuur 3 – Legverband voor langwerpige keien: in rechte lijnen en met verspringende voegen

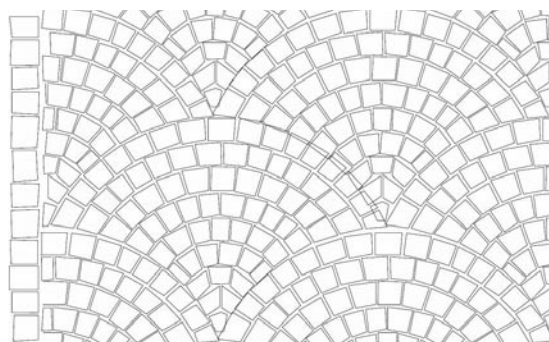
hangen af van het verkeerstype op de weg. De keien kunnen in waaierverband, schelp- of pauwstaartverband, schubbenverband, cirkelboog- of segmentverband worden gelegd.



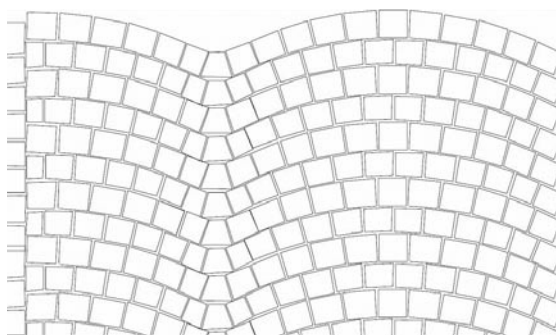
Figuur 4a – Waaierverband



Figuur 4b – Schelp- of pauwstaartverband



Figuur 4c – Schubbenverband



Figuur 4d – Cirkelboog- of segmentverband

Er bestaan ook gezaagde keien. Dat zijn straatkeien waarvan de kop is afgezaagd, om het rijcomfort te verbeteren.



Gezaagde keien bieden een beter rijcomfort dan klassieke straatkeien

Natuursteentegels

Natuursteentegels onderscheiden zich van straatkeien door de lengte-dikteverhouding. Met name:

- natuursteentegels: $L/d > 4$;
- straatkeien: $L/d \leq 4$.

Natuursteentegels hebben de vorm van een vierkant of een rechthoek. Zij kunnen tot 1 m lang zijn.

3.4.2.1.b Soorten van natuursteen

Straatkeien en natuursteentegels voor wegverhardingen zijn doorgaans van porfier, zandsteen of graniet. Voor wegen met autoverkeer

is kalksteen niet geschikt. Kalksteen is te zacht en slijt door de inwerking van het verkeer snel af. Ook een stroefmakende oppervlakbehandeling heeft maar een tijdelijk effect en kan niet voorkomen dat het gesteente onder invloed van het verkeer vlug afslijt en glad wordt.

De gekozen soort van natuursteen (porfier, zandsteen of graniet) heeft geen invloed op het legverband. De keuze voor een bepaalde soort steentegels steunt voornamelijk op esthetische (kleur)overwegingen of heeft tot doel de zichtbaarheid van een fietsvoorziening te bevorderen.

3.4.2.1.c Opbouw van de constructie

De constructie is opgebouwd uit een (onder) fundering, een straatlaag waarin de elementen worden vastgezet en voegvullingsmateriaal. Een kantopsluiting is onmisbaar, om zijdelings bewegen van de elementen tegen te gaan.

Straatkeien kunnen worden toegepast op wegen met maximaal 5 000 voertuigen per dag (1 vrachtwagen wordt gelijkgesteld met 100 voertuigen) en een maximale toegestane snelheid van 50 km/h. Voor wegen met drukker of sneller verkeer dient een ander verhardingsmateriaal te worden gekozen.

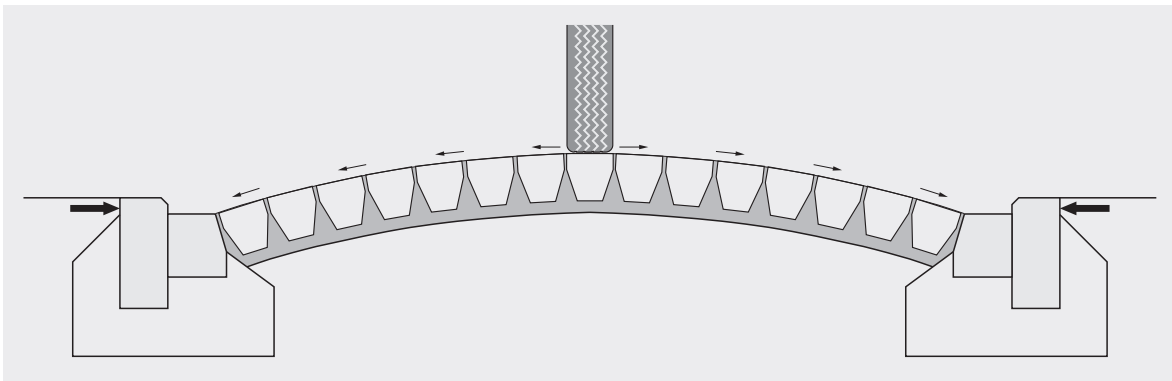
Wegens de lengte-dikteverhouding > 4 worden natuursteentegels doorgaans niet voor wegen onder autoverkeer toegepast. Het toepassingsgebied beperkt zich overwegend tot voetgangerszones en/of fietsvoorzieningen.

Voor de opbouw dient steeds een coherent concept te worden gevolgd. Daarvoor zijn twee mogelijkheden:

- flexibel en doorlatend concept;
- stijf en ondoorlatend concept.

Die logica geldt ook voor de straatlaag en de voegen.

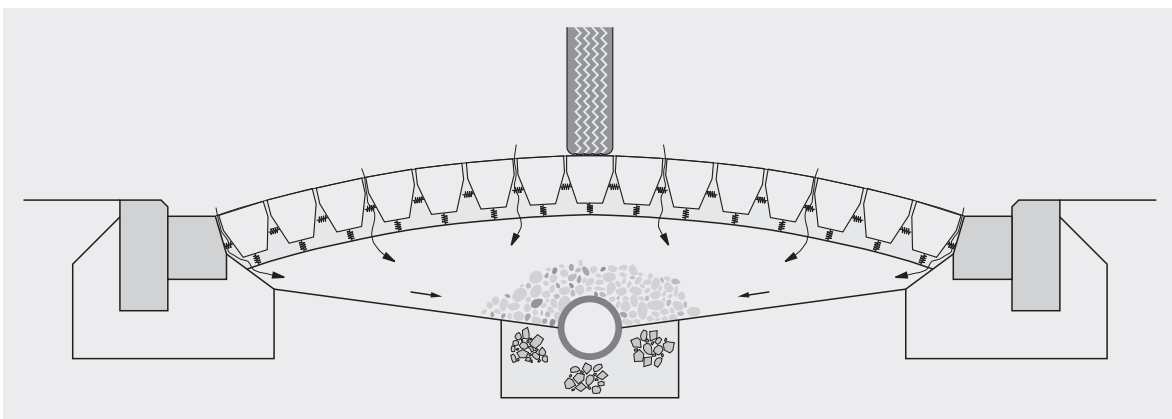
Bij stijve voegen (met hydraulisch gebonden en dus in principe ondoorlatend voegvullingsmateriaal) moet ook de straatlaag van stijf materiaal (zandcement of mortel) zijn, om te voorkomen dat de voegen door lichte zettingen in de ongebonden onderlagen gaan scheuren.



Figuur 5 – Stijf en ondoorlatend concep

Bij doorlatende voegen (bijvoorbeeld met zand als voegvullingsmateriaal) moeten ook de onderliggende lagen doorlatend zijn,

zodat indringend water wordt afgevoerd en zich niet in de constructie ophoopt.



Figuur 6 – Flexibel en doorlatend concept

Tabel 3 – Afstemming tussen het materiaal voor de straatlaag en het voegvullingsmateriaal

Straatlaag	Voegvullingsmateriaal
Zand	Zand Bitumineuze mortel
Zandcement	Zandcement Cementmortel Bitumineuze mortel
Mortel	Cementmortel

De straatlaag mag niet te dik zijn en is zo gelijkmatig mogelijk.

Het oppervlak van een straatkei- of tegelverharding wordt onvermijdelijk door voegen onderbroken, wat een nadelig effect op het rijcomfort kan hebben.

De voegbreedte is afhankelijk van het gekozen voegvullingsmateriaal. Met name:

- voor straatkeien: 10 tot 15 mm;
- voor natuursteentegels: 5 tot 15 mm.

3.4.2.1.c Onderhoud van de verharding

Verhardingen van straatkeien of natuursteentegels vergen het volgende onderhoud:

- geregelde inspectie van de voegen. Lege voegen bijvullen (als ongebonden voegvullingsmateriaal, bijvoorbeeld zand, is gebruikt) of beschadigde voegen repareren (als hydraulisch gebonden voegvullingsmateriaal is toegepast);
- plaatselijke verzakkingen repareren;
- onkruidgroei in de voegen tegengaan.

3.4.2.2 Bijzondere eisen en aanbevelingen voor fietsvoorzieningen

3.4.2.2.a Stroefheid

In vergelijking met andere verhardingsmaterialen worden straatkeien en natuursteentegels als glad beschouwd.

De stroefheid van het verhardingsoppervlak hangt af van de oppervlakbehandeling (behakt of gezaagd voor straatkeien; gezaagd, gebouchardeerd, gegroefd, enz. voor natuursteentegels), van het aantal voegen en van de voegbreedte. Gezaagde keien of natuursteentegels en smalle voegen zorgen voor een beter rijcomfort, maar maken het verhardingsoppervlak gladder.

3.4.2.2.b Vlakheid

De vlakheid van het keiwerk of de tegelverharding bepaalt in hoge mate het comfortgevoel van de fietser. De vlakheid van het oppervlak hangt af van verscheidene factoren zoals de afmetingen van de keien of tegels, het gekozen legverband en de voegbreedte.

3.4.2.2.c Afwatering

Zoals bij alle elementenverhardingen is ook bij straatkeien en natuursteentegels een goede afwatering is van essentieel belang. Als zich water in de straatlaag of de fundering ophoopt, treedt onder invloed van het verkeer een zogenaamd pompeffect op. Fijne zanddeeltjes worden door de voegen uitgedreven en er ontstaan plaatselijke verzakkingen.

Voor een goede afwatering wordt bij voorkeur een dwarshelling van 2 % aangebracht. Bij ongebonden funderingen kan indringend water via de ondergrond worden afgevoerd. Bij cementgebonden funderingen (met uitzondering van drainerend schraal beton) moeten zijdelingse drainagevoorzieningen worden aangebracht.

3.4.2.2.d Obstakelvrij parcours

Verhardingen van straatkeien of natuursteentegels zijn zeer gevoelig voor opstuwende boomwortels. Omwille van de legverbanden is het ook moeilijk straten rond bijzondere punten zoals putdeksels en rioolkolken.

3.4.2.2.e Leesbaarheid - Zichtbaarheid

De keuze van een bepaalde natuursteensoort en de bijbehorende kleur, en in zekere mate ook van het legverband, kan de leesbaarheid en de zichtbaarheid van het fietstraject bevorderen.

3.4.2.2.f Netheid

Natuursteentegels zijn goed bestand tegen agressieve agentia en koolwaterstof. Kalksteen is gevoelig voor zuren. Afhankelijk van de porositeit van de gekozen steensoort kunnen zij gevoeliger zijn voor bevuiling door olie- en andere vlekken.

Vooral in voegen met ongebonden en doorlatend voegvullingsmateriaal kan zich sneller onkruid nestelen dan in gesloten verhardingen. De remedies tegen onkruidgroei zijn dezelfde als voor betonstraatstenen (zie 3.4.1).

3.4.2.2.g Duurzaamheid

Als ze correct zijn ontworpen, uitgevoerd en onderhouden, kunnen verhardingen van straatkeien of natuursteentegels duurzaam zijn. Van cruciaal belang daarbij zijn:

- een correcte opbouw van de constructie;
- een goede en op het verkeer afgestemde kantopsluiting;
- van bij de openstelling voor het verkeer steeds goed gevulde voegen, om de stabiliteit te waarborgen en indringend water in de constructie te voorkomen;
- toepassing van materialen van goede kwaliteit, vooral voor de straatlaag.

3.4.2.2.h Ruimtelijke kwaliteit en beperkingen

Omwille van de kleur en het traditionele aanzien wordt soms (bijvoorbeeld voor historische sites) aan straatkeien of natuursteentegels vastgehouden. Dan zijn gezaagde, kleinere keien of tegels aan te bevelen. Soms worden ook comfortstroken van gezaagde keien aangelegd.

Behalve wanneer mortel voor de straatlaag en als voegvullingsmateriaal is toegepast, kunnen verhardingen van keien of tegels gemakkelijk (ook in kleine hoeveelheden) verwijderd en opnieuw gelegd worden. Net zoals bij nieuwe verhardingen moeten de fundering, de straatlaag en de elementen dan volgens de regels van de goede praktijk worden verdicht.

3.4.2.2.i Gezondheid voor mens en milieu

Straatkeien en natuursteentegels hebben een lange levensduur, wat het veelvuldige gebruik van oude keien in wegebouwprojecten verklaart.

3.4.2.2.j Uitvoeringseisen en -beperkingen

Een correcte uitvoering vormt de basis voor een lange levensduur. De volgende regels van de goede praktijk dienen daarbij te worden nageleefd:

- een goede kantopsluiting, om horizontale bewegingen van de elementen tegen te gaan;
- steeds goed gevulde voegen, zodat de verharding als een geheel werkt.

3.4.2.2.k Onderhoudseisen en -beperkingen

Het gekozen voegvullingsmateriaal moet bestand zijn tegen uitzuiging door reiniging met borstelwagens.

Zoals al gezegd, dienen de voegen geregeld (bijvoorbeeld twee maal per jaar) te worden geïnspecteerd. Lege of beschadigde voegen worden met geschikt voegvullingsmateriaal bijgevuld of gerepareerd.

Verzakkingen moeten terug op niveau worden gebracht. Stilstaand water kan geleidelijk door lege of beschadigde voegen in de constructie dringen, met nadelige gevolgen voor de stabiliteit.

3.4.2.2.l Kosten

Natuursteen van goede kwaliteit is duur. De aanbrenging van verhardingen van keien of natuursteentegels vereist bijzonder vakmanschap en is arbeidsintensief. Kantopsluitingen zijn onmisbaar en bepalen mee de hogere kostprijs.

3.4.3 Kleiklinkers

Klinkers zijn uit hoogwaardige kleisoorten bij zeer hoge temperatuur hardgebakken stenen voor bestrating. De vorm en de afmetingen van klinkers en betonstraatstenen stemmen grotendeels overeen. Ze worden dan ook op een gelijksoortige manier gelegd. Omdat de Europese norm NBN EN 1344 voor kleiklinkers in vergelijking met betonstraatstenen grotere maximale maatafwijkingen toelaat, vertonen klinkerverhardingen bredere en variabelere voegen.



Kleiklinkers

3.4.3.1 Algemene beschrijving en aanbevelingen

3.4.3.1.a Soorten van kleiklinkers

Kleiklinkers zijn beschikbaar in een ruime waaier van kleuren. Met het standaardformaat (22x11 cm) kunnen ze in alle klassieke verbanden worden gelegd (halfsteensverband, keperverband, visgraatverband, enz.).

3.4.3.1.b Opbouw van de constructie

Ook de opbouw en het toepassingsgebied van klinkerverhardingen zijn vergelijkbaar met die van betonsteenverhardingen.

De constructie is opgebouwd uit een (onder) fundering, een straatlaag waarin de klinkers worden gelegd en voegvullingsmateriaal (zand, zandcement of mortel). Een kantopsluiting is noodzakelijk om zijdelingse bewegingen van de klinkers tegen te gaan.

Klinkerverhardingen kunnen worden toegepast op wegen met maximaal 5 000 voertuigen per dag (1 vrachtwagen wordt gelijkgesteld met 100 voertuigen) en een maximale toegestane snelheid van 50 km/h.

De verkeersklassen en aanbevolen standaardopbouw voor betonstraatstenen (zie 3.4.1) zijn ook voor klinkers van toepassing.

3.4.3.2 Bijzondere eisen en aanbevelingen voor fietsvoorzieningen

3.4.3.2.a Stroefheid

Klinkers hebben een relatief glad oppervlak, in het bijzonder bij nat weer en vorst.

3.4.3.2.b Vlakheid

Wegens de doorgaans bredere en variabele voegen wordt de vlakheid (en het rijcomfort) van klinkerverhardingen minder gunstig beoordeeld door fietsers.

3.4.3.2.c Afwatering

Zoals bij de andere elementenverhardingen is een goede afwatering (onder meer door middel van een dwarshelling van 2 %) noodzakelijk, om schade door de inwerking van water te

voorkomen. Indien mortel als voegvullingsmateriaal wordt toegepast, is een goede drainage op het niveau van de straatlaag noodzakelijk.

3.4.3.2.d Obstakelvrij parcours

Klinkerverhardingen zijn gevoelig voor vervormingen (bijvoorbeeld door opstuwende boomwortels).

3.4.3.2.e Leesbaarheid – Zichtbaarheid

Kleuren, afwerkingen, formaten en legverbanden van klinkers kunnen aan de leesbaarheid en zichtbaarheid bijdragen. Door de samenstelling en het productieproces bezitten ze een natuurlijke, kleurvaste tint.

3.4.3.2.f Netheid

Klinkers zijn haast volledig ondoorlatend en dus weinig gevoelig voor mos- en algenvorming en goed bestand tegen bevuilding door olie- en andere vlekken. Als de voegen met zand zijn gevuld, zal er zich sneller onkruid nestelen dan in gesloten verhardingen.

3.4.3.2.g Duurzaamheid

Klinkers zijn hard en slijtvast. Ze gaan lang mee en kunnen worden hergebruikt. Ze zijn goed bestand tegen vorst en chemische agentia.

Klinkerverhardingen kunnen duurzaam zijn als ze voor wegen met weinig of geen autoverkeer worden toegepast, correct zijn opgebouwd en goed zijn opgesloten. Als er autoverkeer optreedt, zijn voegen met zandcement aanbevolen. Met mortel gevoegde klinkerverhardingen mogen pas voor het verkeer worden opengesteld als de mortel voldoende uitgehard en sterk is (ten minste 24 uren).

3.4.3.2.h Ruimtelijke kwaliteit en beperkingen

De bredere, variabele voegen en het gladde oppervlak maken klinkerverhardingen minder comfortabel voor fietsers. Als ze omwille van de natuurlijke, kleurvaste tint toch voor fietsvoorzieningen worden toegepast (bijvoorbeeld voor een esthetische inpassing in een historische omgeving), moeten ze strak worden gelegd zodat de voegen niet te breed zijn.

Net zoals andere elementenverhardingen maken zij kabels en leidingen snel en gemakkelijk toegankelijk, want ze kunnen in kleine hoeveelheden worden verwijderd en opnieuw gelegd (behalve als ze met mortel zijn gevoegd). Net zoals voor nieuwe bestratingen dient dit uiteraard volgens de regels van de goede praktijk te gebeuren.

3.4.3.2.i Gezondheid voor mens en milieu

Klinkers bevatten geen schadelijke elementen voor het milieu: ze worden gebakken uit een natuurlijke grondstof, zonder toevoeging van kleurstoffen. De productie vindt in tunnelovens plaats, wat op energie helpt te besparen. Het gebruik van aardgas beperkt de emissies. Klinkers kunnen na het opbreken worden hergebruikt.

3.4.3.2.j Uitvoeringseisen en -beperkingen

Een zorgvuldige uitvoering van de constructie volgens het ontwerp en de regels van de goede praktijk vormen de basis van een lange levensduur.

Met mortel als voegvullingsmateriaal vormen straatlaag, mortel en klinkers een monolithisch geheel. Bij oppervlakken van meer dan 20 m² moeten dan uitzetvoegen worden aangebracht.

3.4.3.2.k Onderhoudseisen en -beperkingen

Klinkerverhardingen zijn onderhoudsvriendelijk. Als ze met zand zijn gevoegd, volstaat geregeld bijvullen van lege voegen en gewoon bezemen. Reiniging onder hoge druk is dan af te raden, om te vermijden dat het voegvullingsmateriaal wordt weggespoeld en -gezogen. De klinkers worden dan ook poreuzer en gevoeliger voor mos- en algenvorming.

Met mortel gevoegde klinkerverhardingen moeten ongeveer om de drie jaar met water onder hoge druk en potassium worden behandeld.

3.4.3.2.l Kosten

De onmisbare kantopsluitingen, de arbeidsintensieve aanbreningswijze en het vereiste vakmanschap verklaren de hogere kostprijs.

3.5 Materialen voor groengebieden

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is een overwegend stedelijk gebied. Toch telt het heel wat parken, bossen en andere groengebieden. Die zijn vaak met elkaar verbonden om een groen wandeltraject voor voetgangers en fietsers te vormen, zoals de zogenoemde *Groene wandeling* van meer dan 65 km die Brussel als een ring omsluit.

Die groene en recreatieve netwerken moeten ook op de fietsvoorzieningen in de stedelijke omgeving aansluiten.

De aanleg van fietsvoorzieningen in groengebieden vraagt om bijzondere aandacht. De soort van weggebruiker die op deze voorzieningen overweegt, is een eerste factor die de keuze van de materiaalsoort en de opbouw van de constructie beïnvloedt. De veiligheids- en comforteisen van de diverse soorten van weggebruikers op die voorzieningen zijn soms tegenstrijdig. Fietsers die alleen of met het gezin rijden, voetgangers met kinderwagens, oudere personen, personen met beperkte mobiliteit (PBM) en rollerskaters verkiezen uit twee verhardingssoorten die met het vlakste oppervlak. Terreinfietsers, stappers en joggers geven de voorkeur aan onverharde paden of wandelpaden met een natuurlijk aanzien.

De inpassing in de natuurlijke omgeving en de belangen van natuurbehoud zijn andere factoren waarmee rekening dient te worden gehouden.

De gebruikers- en milieueisen moeten dus worden afgewogen, om een zo goed mogelijk evenwicht tussen beide te bereiken.

Groene paden zijn geen wegen in de eigenlijke betekenis en vergen dan ook een aangepast concept. In principe treden er alleen verkeersbelastingen op van bouwverkeer tijdens de aanleg en van voertuigen voor het beheer en het onderhoud van de paden of van de omliggende parken en bossen.

Vooraf dient de aard van de ondergrond geverifieerd te worden. Indien nodig wordt een voorbereidende behandeling gegeven (bijvoorbeeld een scheidingslaag van zand of een geotextiel aanbrengen, of de aanwezige grond met kalk of cement stabiliseren of verbeteren), worden kruipende boomwortels verwijderd, enz.

De duurzaamheid hangt vooral af van de kwaliteit van de funderingslaag. Vanuit kosten-oogpunt is de behandeling van de aanwezige grond een interessante oplossing.

De toepassing van een geotextiel vergt weinig extra kosten en verhoogt de duurzaamheid. Het verhindert onkruidgroei en opstijging van (al of niet gebonden) materiaal uit een dieper gelegen laag.

Om evidente redenen is de leesbaarheid in van minder essentieel belang dan in situaties met gemengd verkeer.

Een kantopsluiting kan worden aangebracht voor de verwerking van beton of asfalt, of om (al of niet gebonden) korrelig materiaal op te sluiten. Als de besteksbepalings een kantopsluiting opleggen, moeten opstaande opsluitbanden worden vermeden. Zij zijn gevaarlijk bij valpartijen en belemmeren de doorgang van onderhoudsvoertuigen. Bij gesloten, ondoorlatende verhardingen zoals beton en asfalt zijn drainagevoorzieningen onmisbaar.

We onderscheiden twee groepen van materialen:

- verharde materialen (beton en asfalt);
- ongebonden en hydraulisch gebonden materialen.

De specifieke eisen en aanbevelingen voor de eerste groep zijn eerder in dit hoofdstuk (zie 3.2 en 3.3) beschreven. Wij behandelen hierna nog twee voor groengebieden bijzonder geschikte varianten: uitgewassen beton en ecologisch asfalt.

De tweede groep omvat materialen die goedkoop en eenvoudig aan te brengen zijn. Zij zijn echter minder duurzaam dan verharde

materialen. Zij roepen veeleer een landelijke sfeer op en gaan uitstekend in het omringende landschap op.

3.5.1 Uitgewassen beton

Door de vele variatiemogelijkheden op het vlak van de aggregaten (kleur, korrelmaat en samenstelling) kan uitgewassen beton harmonieus in om het even welke groene omgeving worden ingepast. Ook pigmenten kunnen worden toegevoegd, wat de waaier aan kleurvarianten nog vergroot.

Uitgewassen beton wordt verkregen door op het pas gestorte betonoppervlak een bindingsvertrager te verstuiwen. Waterstralen onder hoge druk legt nadien de gekleurde aggregaten bloot.



Verharding van uitgewassen beton voor de toeritten naar de spoorwegwandeling in Woluwe

Voordelen

- Zeer duurzaam.
- Harmonieuze inpassing in de natuurlijke omgeving.
- Goede stroefheid en vlakheid.
- Milieuvriendelijk materiaal. Uitgewassen beton heeft een lange levensduur en kan daarna wordt gerecycled en als funderingsmateriaal of als aggregaten voor nieuw beton worden toegepast.

Nadelen

- Hogere kostprijs.
- Zeer stijf materiaal en dus minder geschikt voor joggers.

3.5.2 Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt kan zeer goed in een natuurlijke omgeving worden ingepast. In tegenstelling met klassiek asfalt – dat met bitumen afkomstig van petroleumraffinage is gebonden – bevat ecologisch asfalt een bindmiddel op basis van uitsluitend plantaardige oliën en harsen. Het bindmiddel is dus milieuvriendelijk door zijn samenstelling en maakt het bovendien mogelijk het asfalt bij een aanzienlijk lagere temperatuur (120 °C) dan klassiek asfalt (160 °C) te bereiden. Ecologisch asfalt wordt in een klassieke menginstallatie bereid en met klassiek materieel aangebracht. Omdat het bindmiddel moet uitharden, mag verkeer pas enkele dagen na de afkoeling van het asfalt



Verwerking van ecologisch asfalt



Oppervlakttextuur van ecologisch asfalt

worden toegelaten. Het bindmiddel is vrijwel kleurloos en dus pigmenteerbaar, zodat de verharding de kleur van het steenslag aanneemt en zo de verharding een fraai aanzien geeft.

De keerzijde van de medaille is het prijskaartje: het nieuwsoortige bindmiddel van ecologisch asfalt is tot achtmaal duurder dan klassiek bitumen. Voor dezelfde laagdikte is ecologisch asfalt tweeënhalve maal tot driemaal duurder dan klassiek asfalt.

Voordelen

- Bijzonder geschikt voor toepassing in groengebieden.
- Milieuvriendelijker dan klassiek asfalt door de samenstelling en de lagere productietemperatuur.
- Goede stroefheid en goed rijcomfort.

Nadelen

- Ecologisch asfalt is elastisch, maar kan bij grote temperatuurschommelingen scheuren, met risico op valpartijen (vooral bij rollerskaters) als gevolg.
- Ecologisch asfalt is tweeënhalve maal tot driemaal duurder dan klassiek asfalt.

3.5.3 Ongebonden materialen

Door de ruime keuze aan gekleurde aggregaten kunnen ongebonden materialen harmonieus in tal van natuurlijke omgevingen worden ingepast.

Ongebonden materialen zijn mengsels van zand of grindzand met water. De keuze van de bestanddelen hangt onder meer af van de gewenste kleur.

De verwerkingsdikte wordt bepaald door de kwaliteit van de ondergrond en de verwachte verkeersbelastingen. Voor grindzand is een verwerkingsdikte van ten minste 10 cm aangewezen, om de aanbrenging te vergemakkelijken. Voor zand is een verwerkingsdikte van ten minste 4 cm aanbevolen.

Om de mechanische kenmerken van de korrelige materialen te waarborgen, mogen ze niet tot fijne bestanddelen verbrossen of verkrumelen. De kwaliteit van de materialen (hard rotsgesteente) is dus belangrijk.

Het natmaken van de materialen vindt in situ of in een menginstallatie plaats. Ze worden meestal machinaal verwerkt en met een lichte gladde trilwals en/of bandenwals verdicht. Voor een goede vlakheid wordt het oppervlak met een gladde wals afgewerkt. Omdat het materiaal gevoelig is voor schommelingen in de waterdosering mag het niet bij slecht weer worden verwerkt.

Ongebonden materialen moeten geregeld (en vooral na perioden van vorst en dooi) met zand afgestrooid en opnieuw verdicht worden. Afhankelijk van de intensiteit van gemotoriseerd verkeer op de paden is om de drie of vijf jaar een overgang met een egalisatieblad nodig. Spoorvorming en groeven kunnen worden weggewerkt door nieuw materiaal aan te brengen en opnieuw te verdichten.

Vuil hecht zich doorgaans niet aan ongebonden materialen, zodat licht bezemen meestal volstaat om het oppervlak schoon te houden. De kleur is duurzaam. Zacht gesteente is poreuzer, waardoor er zich gemakkelijker vegetatie in



Dolomietverharding. Voor fietsvoorzieningen is het gebruik van dolomiet af te raden

nestelt. De aanbrenging van een geotextiel kan dat probleem ondervangen. In grind (vooral van kalksteen) kan bij vochtig weer zaad van onkruid ontkiemen.

Voordelen

- Lage kostprijs.
- Korte uitvoeringstermijn.
- Harmonieuze inpassing in tal van omgevingen door de ruime keuze aan gekleurde aggregaten.
- Goede stroefheid.
- Drainerend materiaal, op voorwaarde dat het gehalte aan fijne bestanddelen beperkt is (een overmaat aan fijne deeltjes maakt het materiaal haast volledig ondoorlatend). Voor een doorlatende constructie moeten ook de fundering en de ondergrond doorlatend zijn.
- Natuurlijke mengsels hebben minder nadelige milieueffecten dan beton en asfalt.

Nadelen

- Vanuit oogpunt van rijcomfort ongeschikt voor rollerskaters, personen met beperkte mobiliteit en toerfietsers.
- Stoffig bij droog weer en modderig bij regenweer.
- Zeer gevoelig voor schade onder invloed van het verkeer. Niet bestand tegen zwaar verkeer, zelfs niet occasioneel. Onbehandelde dolomietverhardingen mogen enkel voor wandelwegen (in parken en groengebieden) worden toegepast.
- Gevoelig voor erosie door afstromend water (helling van maximaal 2 %) en voor (oppervlak)schade onder inwerking van vorst en dooi. Geregeld onderhoud kan dit tegengaan.
- Niet geschikt voor toepassing in een vochtige of moeilijk te draineren omgeving.

3.5.4 Hydraulisch gebonden materialen

Hydraulisch gebonden materialen bieden een tussenoplossing tussen ongebonden en verharde materialen.

Net zoals ongebonden materialen kunnen zij door de ruime keuze aan gekleurde aggregaten in om het even welke natuurlijke omgeving worden ingepast.

Een hydraulisch gebonden materiaal is een mengsel van zand of grindzand met een smalle gradering, water, een hydraulisch bindmiddel en eventueel een bindingsvertrager. De hydraulische binding zorgt op middellange termijn voor de samenhang in het materiaal. De verwerking dient zorgvuldig te gebeuren, zodat egaliseren met aanvullend materiaal overbodig is en delaminatie (dat wil zeggen verbreking van de hechting tussen twee lagen) wordt voorkomen. Onmiddellijk na de verdichting wordt een gelijksoortig nabehandelmiddel als bij beton aangebracht, om uitdroging van het oppervlak en verlies van samenhang in het materiaal tegen te gaan. Naast de geëiste mechanische kenmerken wordt de keuze van de aggregaten door de gewenste kleur beïnvloedt. De mengverhouding van het bindmiddel bedraagt 3,5 tot 8 %. Het bindmiddel is meestal cement, maar kan ook hoogovenslak, kiezelhoudend as, luchtkalk of andere puzzolanen bevatten.

Als hydraulisch gebonden materiaal in dikke lagen (tot 40 cm) wordt aangebracht, doet het tegelijk dienst als funderings- en toplaag. In andere gevallen is een fundering van grindzand nodig. Afhankelijk van het beoogde gebruik wordt hydraulisch gebonden materiaal in lagen van 6 tot 15 cm dik verwerkt.

De duurzaamheid hangt af van de mengverhouding van het bindmiddel. Afhankelijk van die dosering is het materiaal meer of minder gevoelig voor schade onder invloed van het verkeer en voor erosie door afstromend water.

De menging vindt doorgaans in een menginstallatie plaats, maar kan voor kleine hoeveelheden ook op de bouwplaats gebeuren. Het mengsel wordt handmatig verwerkt, met een trilwals verdicht en besproeid om de binding te bevorderen. Om oppervlakschade te voorkomen, moet een wachttijd in acht worden genomen alvorens de weg open te stellen. Omdat het materiaal gevoelig voor schommelingen in de waterdosering is, mag het niet bij slecht weer worden verwerkt.

Hydraulisch gebonden materialen vergen een jaarlijks onderhoud. Spoorvorming en groeven kunnen worden gerepareerd door de beschadigde delen te verwijderen en te

vervangen. Als dezelfde materialen beschikbaar zijn, kan het aanzien van het oppervlak behouden blijven.

Vuil hecht zich doorgaans niet aan hydraulisch gebonden materialen, zodat licht bezemen meestal volstaat om het oppervlak schoon te houden. De kleur is duurzaam. De aanbrenging van een geotextiel helpt de innesteling van vegetatie tegen te gaan.

Vandaag zijn nieuwe materialen beschikbaar (zie 3.5.5) waarmee stabielere mengsels kunnen worden bereikt die minder gevoelig zijn voor de weersomstandigheden. Gebonden materialen kunnen zo misschien weer vaker worden toegepast. Door hun landelijk aanzien zijn zij een goed alternatief in een omgeving waar asfalt en beton om redenen van ruimtelijke kwaliteit uitgesloten zijn. Zij kunnen een oplossing bieden voor schaduwrijke paden waar asfalt door gebrek aan zonlicht te snel verouderd (bijvoorbeeld in bossen).

Voordelen

- Lage kostprijs.
- Korte uitvoeringstermijn.
- Net zoals ongebonden materialen kunnen zij door de ruime keuze aan gekleurde aggregaten in om het even welke natuurlijke omgeving worden ingepast.
- Minder gevoelig voor erosie door afstromend water en voor de inwerking van vorst en dooi dan ongebonden materialen. Geregeld onderhoud kan deze schade wegwerken.
- Goede stroefheid.
- Drainerend materiaal, op voorwaarde dat het gehalte aan fijne bestanddelen beperkt is (een overmaat aan fijne deeltjes maakt het materiaal haast volledig ondoorlatend). Voor een doorlatende constructie moeten ook de fundering en de ondergrond doorlatend zijn.

Nadelen

- Vanuit oogpunt van rijcomfort niet geschikt voor rollerskaters en weinig comfortabel voor personen met beperkte mobiliteit en toerfietsers.
- Gevoelig voor afslijting onder invloed van het verkeer en voor erosie door afstromend water.
- Lichte oppervlakschade kan tot slipgevaar (vooral voor tweewielers) leiden.
- Jaarlijks onderhoud vereist.

3.5.5 Innoverende materialen

Met polymeer gebonden materialen

Een eerste innoverende techniek bestaat erin natuurlijke korrelige materialen met een polymeeremulsie te binden. De kleur en het aanzien van het natuurlijke materiaal blijven dan behouden, maar het materiaal is bestand tegen licht verkeer. Het concentraat is een witte vloeistof die gemakkelijk in water oplost. Zodra het droog is, is het niet opnieuw emulgeerbaar. Het materiaal wordt in een menginstallatie bereid en naar de bouwplaats gevoerd. Na de verdichting wordt een fixeermiddel op het oppervlak verstoven. Door zandstralen verkrijgt het oppervlak een landelijk aanzien en verdwijnt losliggend overtollig korrelig materiaal. De verwerkingsdikte hangt af van de ondergrond en de verwachte verkeersbelasting.

Het oppervlak is geschikt voor rollerskaters.

Door de toevoeging van organische componenten aan het mengsel kan het materiaal uitstekend in een natuurlijke omgeving worden ingepast.

Het betreft een recente techniek, waarvan de duurzaamheid op langere termijn nog niet kan worden ingeschat.

Synthetische honingraatplaten

Om korrelige materialen zoals grond, grind of zand te stabiliseren, kunnen ook synthetische honingraatplaten worden toegepast. De grootte van de mazen hangt af van de korrelmaat van het materiaal. De honingraatplaten worden op een fundering van steenslag of zandcement aangebracht. Bij een steenslagfundering is de constructie doorlatend. Deze techniek is bijvoorbeeld toegepast in een stedelijke omgeving voor de Amerikaanse ambassade in Brussel, zodat voldoende regenwater voor de bomen op het terrein in de ondergrond kan dringen.

Nieuwe producten

Gebonden materialen zijn door hun natuurlijk aanzien ecologisch goed aanvaard. Vandaag zijn bindmiddelen beschikbaar om die materialen beter tegen weersinvloeden bestand te maken.



Doorlatende constructie met synthetische honingraatplaten en grind voor de Amerikaanse ambassade in Brussel

Zo zijn er materialen op basis van industriële bijproducten, glasafval (van autolichten of bouwwerken) en as (puzzolane binding, langzamer maar duurzamer dan bij cement) beschikbaar.

Voor nieuwsoortige gekleurde verhardingen worden zand en hars gemengd. Zij zijn echter nog duur.

Om grond ter plaatse te stabiliseren, worden recentelijk ook emulsies (water en hars) toegepast. De deeltjes gaan samenkiten en de grond behoudt zijn natuurlijke kleur en aanzien.

Het is echter nog te vroeg om de duurzaamheid van deze nieuwe producten in te schatten.

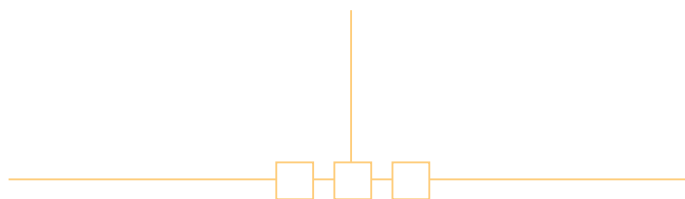
3.6 Overzichtstabel voor de verschillende verhardingssoorten

Verhardingssoort	Stroefheid (grip band/verharding of glijweerstand)	Vlakheid	Rijcomfort	Geschiktheid voor wegmarkeringen	Visuele inpassing en/of visueel onderscheid	Toegankelijkheid kabels en leidingen
Beton	Doorgaans goede stroefheid.	Goede vlakheid, maar oppervlak wordt door voegen onderbroken. Weinig gevoelig voor rafeling en schade door boomwortels. Krimpvoegen helpen scheurvorming voorkomen.	Goed rijcomfort.	Geen probleem.	Goed (textuur- en kleurvarianten).	Weinig
Bitumineuze verhardingen						
Warm bereid asfalt	Doorgaans goede stroefheid, maar afhankelijk van het mengselontwerp.	Optimale vlakheid, want wordt ononderbroken aangebracht (met asfaltspreidmachine). Weinig gevoelig voor schade door boomwortels (als fundering en verharding voldoende dik zijn).	Uitstekend rijcomfort.	Geen probleem.	Redelijk. Kan worden verbeterd door kleuring van het asfaltmengsel.	Redelijk
Gietasfalt	Voldoende.	Afhankelijk van de vlakheid van het draagvlak en van de vakkundigheid van het personeel. Kans op scheur- en blaasvorming.	Zeer goed rijcomfort.	Geen probleem.	Goed. Uitstekend voor gekleurd gietasfalt.	Weinig
Bestrijkingen (onderhoudstechniek)	Zeer stroef.	Afhankelijk van de vlakheid van het draagvlak.	Matig rijcomfort (steenverlies).	Geen probleem.	Goed, maar afhankelijk van aggregaten.	Afhankelijk van het draagvlak.
Slemlagen (onderhoudstechniek)	Matig tot zeer stroef.	Afhankelijk van de vlakheid van het draagvlak.	Matig rijcomfort.	Geen probleem.	Goed.	Afhankelijk van het draagvlak.
Elementenverhardingen						
Betonstraten en tegels	Goede stroefheid, maar afhankelijk van gekozen oppervlakbehandeling.	Matige vlakheid (afhankelijk van de aanbrenging, het legverband en de voegbreedte). Gevoelig voor onkruidgroei en schade door boomwortels.	Matig rijcomfort.	Moeilijk omwille van talrijke voegen. Wegmarkering kan met witte stenen worden ingestraat.	Goed (textuur- en kleurvarianten).	Zeer goed.
Straatkeien en natuursteen-tegels	Straatkeien en natuursteentegels worden als glad beschouwd. Stroefheid van de verharding hangt af van het bovenvlak van de elementen, van het aantal en de breedte van de voegen.	Matige vlakheid (afhankelijk van de grootte van de elementen, van het legverband en van de voegbreedte). Gevoelig voor onkruidgroei en schade door boomwortels.	Slecht rijcomfort.	Moeilijk omwille van talrijke voegen. Moeilijke hechting van wegmarkering aan de verharding.	Goed (textuur- en kleurvarianten).	Zeer goed.
Kleiklinkers	Relatief glad oppervlak bij regenweer en vorst.	Minder geschikt voor fietsers omwille van bredere en variabelere voegen. Gevoelig voor onkruidgroei en schade door boomwortels.	Gering rijcomfort.	Moeilijk omwille van de talrijke voegen.	Goed (natuurlijke kleur).	Zeer goed.

Duurzaamheid	Uitvoering	Onderhoud en reparaties	Kosten	Milieuaspecten
<i>Zeer duurzaam.</i>	<i>Kan in kleine hoeveelheden worden verwerkt. Kantopsluiting niet noodzakelijk.</i>	<i>Onderhoudsvriendelijk.</i>	<i>Hogere investeringskosten worden gecompenseerd door een lange levensduur en beperkte onderhoudskosten.</i>	<i>Recycling van betonpuin tot secundaire materialen voor funderingen of betonproductie. Besparing op verlichtingskosten, want door lichtere kleur is beton 's nachts beter zichtbaar.</i>
<i>Doorgaans duurzaam. Zonder kantopsluiting kans op afbrokkeling van randen.</i>	<i>Weinig geschikt voor verwerking in kleine hoeveelheden. Manuele aanbrenging is af te raden.</i>	<i>Gemakkelijk te onderhouden en te repareren (behalve gekleurd asfalt) tegen relatief lage kostprijs.</i>	<i>Goede prijs-duurzaamheidsverhouding. Gekleurd asfalt is dubbel zo duur als klassiek asfalt.</i>	<i>Recycling van asfaltpuin tot secundaire materialen voor fundering of asfaltproductie. Productietechniek voor halfwarm asfalt in ontwikkeling.</i>
<i>Lange levensduur. Zonder kantopsluiting kans op afbrokkeling van randen.</i>	<i>Kan in kleine hoeveelheden worden verwerkt. Kantopsluiting nuttig of zelfs noodzakelijk.</i>	<i>Gemakkelijk te onderhouden en te repareren (behalve gekleurd gietasfalt) tegen relatief lage kostprijs.</i>	<i>Hoge kostprijs.</i>	<i>Recycling van asfaltpuin tot secundaire materialen voor fundering of asfaltproductie.</i>
<i>Minder duurzaam dan warm bereid asfalt of gietasfalt, maar het is een onderhoudstechniek.</i>	<i>Bijzondere vaardigheden vereist. Mogen niet manueel of bij slecht weer worden aangebracht.</i>	<i>Geen probleem (behalve gekleurde bestrijkingen).</i>	<i>Lage kostprijs.</i>	<i>Onderhoudstechniek: recycling niet van toepassing.</i>
<i>Minder duurzaam dan warm bereid asfalt of gietasfalt, maar het is een onderhoudstechniek.</i>	<i>Bijzondere vaardigheden vereist. Mogen niet bij slecht weer worden aangebracht.</i>	<i>Geen probleem (behalve gekleurde bestrijkingen).</i>	<i>Goede prijs-duurzaamheidsverhouding.</i>	<i>Onderhoudstechniek: recycling niet van toepassing.</i>
<i>Correct ontworpen, uitgevoerde en onderhouden verhardingen kunnen duurzaam zijn.</i>	<i>Kantopsluiting noodzakelijk. Relatief arbeidsintensieve verwerking. Gemakkelijk te verwijderen en terug te verwerken.</i>	<i>Afhankelijk van de gekozen kleur en van de omgeving. Voegen moeten geregeld worden bijgevuld.</i>	<i>Kantopsluiting leidt tot hogere kostprijs, vooral voor vrijliggende fietspaden.</i>	<i>Duurzaam, hergebruik of recycling tot secundaire materialen mogelijk.</i>
<i>Correct ontworpen, uitgevoerde en onderhouden verhardingen kunnen duurzaam zijn.</i>	<i>Kantopsluiting noodzakelijk. Vakbekwaam personeel nodig. Relatief arbeidsintensieve verwerking. Gemakkelijk te verwijderen en terug te verwerken.</i>	<i>Voegen moeten geregeld worden bijgevuld.</i>	<i>Hoge kostprijs: natuursteen van goede kwaliteit is duur, kantopsluiting noodzakelijk. Arbeidsintensieve verwerking.</i>	<i>Duurzaam, hergebruik mogelijk.</i>
<i>Correct ontworpen, uitgevoerde en onderhouden verhardingen kunnen duurzaam zijn.</i>	<i>Kantopsluiting noodzakelijk. Vakbekwaam personeel nodig. Relatief arbeidsintensieve verwerking. Gemakkelijk te verwijderen en terug te verwerken.</i>	<i>Voegen moeten geregeld worden bijgevuld.</i>	<i>Hoge kostprijs: kantopsluiting noodzakelijk. Arbeidsintensieve verwerking.</i>	<i>Duurzaam, hergebruik mogelijk.</i>

Verhardingssoort	Stroefheid (grip band/verharding of glijweerstand)	Vlakheid	Rijcomfort	Geschiktheid voor wegmarkeringen	Visuele inpassing en/of visueel onderscheid	Toegankelijkheid kabels en leidingen
Materialen voor groengebieden						
Uitgewassen beton	Goede stroefheid.	Vlak oppervlak.	Goed rijcomfort.	Niet van toepassing in groengebieden.	Goede inpassing, afhankelijk van gekozen kleur en afmetingen van de aggregaten en van de samenstelling.	Niet van toepassing in groengebieden.
Ecologisch asfalt	Doorgaans goede stroefheid, maar afhankelijk van het mengselontwerp.	Optimale vlakheid, want wordt ononderbroken aangebracht (met asfaltspreidmachine). Weinig gevoelig voor schade door boomwortels (als fundering en verharding voldoende dik zijn).	Uitstekend rijcomfort.	Niet van toepassing in groengebieden.	Goed, want kleurloos pigmenteerbaar bindmiddel.	Niet van toepassing in groengebieden.
Ongebonden materialen	Goede stroefheid, behalve bij regenweer.	Weinig vlak.	Matig tot gering rijcomfort.	Niet van toepassing in groengebieden.	Goede inpassing, afhankelijk van gekozen aggregaten.	Niet van toepassing in groengebieden.
Hydraulisch gebonden materialen	Goede stroefheid.	Weinig vlak.	Matig tot gering rijcomfort.	Niet van toepassing in groengebieden.	Goede inpassing, afhankelijk van gekozen aggregaten	Niet van toepassing in groengebieden.

Duurzaamheid	Uitvoering	Onderhoud en reparaties	Kosten	Milieuaspecten
<i>Zeer duurzaam.</i>	<i>Kan in kleine hoeveelheden worden verwerkt. Kantopsluiting niet noodzakelijk. Op het pas gestorte betonoppervlak moet bindingsvertrager worden verstoven. Nadien waterstralen onder hoge druk.</i>	<i>Onderhoudsvriendelijk.</i>	<i>Hogere investeringskosten worden gecompenseerd door lange levensduur en beperkte onderhoudskosten.</i>	<i>Recycling van betonpuin tot secundaire materialen voor funderingen of betonproductie. Besparing op verlichtingskosten, want door lichtere kleur is beton 's nachts beter zichtbaar.</i>
<i>Langetermijngedrag kan nog niet correct worden ingeschat.</i>	<i>Weinig geschikt voor verwerking in kleine hoeveelheden. Manuele aanbrenging is af te raden.</i>	<i>Gemakkelijk te onderhouden en te repareren (behalve gekleurd asfalt) tegen relatief lage kostprijs.</i>	<i>Bindmiddel is achtmaal duurder dan klassiek bitumen. Asfaltlaag is tweeënhalve maal tot driemaal duurder.</i>	<i>Plantaardig bindmiddel en lagere productietemperatuur dan klassiek asfalt.</i>
<i>Weinig tot redelijk duurzaam.</i>	<i>Mogen niet bij slecht weer worden verwerkt. Geschikt voor kronkelwegen.</i>	<i>Geregeld onderhoud noodzakelijk. Gevoelig voor erosie door afstromend water en voor de inwerking van vorst en dooi.</i>	<i>Lage kostprijs voor de aanleg.</i>	<i>Minder nadelige milieueffecten dan beton en asfalt.</i>
<i>Redelijk duurzaam, maar duurzamer dan ongebonden materialen.</i>	<i>Mogen niet bij slecht weer worden verwerkt.</i>	<i>Geregeld onderhoud noodzakelijk. Minder gevoelig dan ongebonden materialen.</i>	<i>Lage kostprijs, maar duurder dan ongebonden materialen.</i>	<i>Minder nadelige milieueffecten dan beton en asfalt.</i>

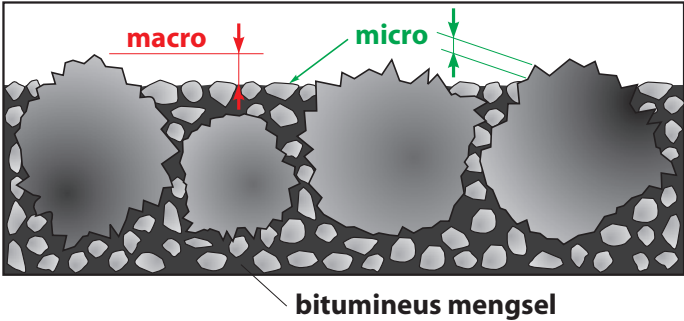


Terminologie

Affrezen	Bewerking van de toplaag met beitels bevestigd op een horizontaal roterende cilinder, waardoor de verharding tot een bepaalde diepte wordt verwijderd.
Aggregaat	Korrelvormig materiaal dat in constructies wordt gebruikt.
Asfalt- of betonpuingranulaat	Kunstmatig aggregaat (inert, stabiel aggregaat samengesteld uit een aantal verschillende materialen) afkomstig van de (selectieve) sloop van asfalt- of betonverhardingen.
Asfaltspreidmachine	Machine voor het spreiden en voorverdichten van een asfaltlaag.
Bekisting	Mal waarbinnen betonspecie wordt aangebracht. We onderscheiden vaste bekisting (manuele verwerking) en glijdende bekisting (machinale verwerking).
Bindmiddelgehalte van een asfaltmengsel	<p>Massa van het bindmiddel ten opzichte van 100 % van de massa van de droge aggregaten (resp. van de massa van het mengsel). Men onderscheidt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ laag bindmiddelgehalte als het kleiner is dan 5,5 % (5,2 %); ▪ middelhoog bindmiddelgehalte als het tussen 5,5 en 6,5 % (5,2 en 6,1 %) ligt; ▪ hoog bindmiddelgehalte als het groter is dan 6,5 % (6,1 %).
Blaasvorming	<p>Heffing (vaak halfbolvormig) van een waterdicht onderdeel van een verharding (bijvoorbeeld een afdichtingslaag van gietasfalt of van membranen) en de bovenliggende onderdelen. De heffing kan verscheidene centimeters hoog worden en meestal een diameter tussen 10 en 50 cm hebben.</p>
CBR-waarde	CBR staat voor California Bearing Ratio. Met de CBR-proef kan de sterkte van de ondergrond of van de verharding van een weg worden bepaald. Deze sterkte wordt uitgedrukt in een getal, de zogenoemde CBR-waarde.
Charge, lading	Afgepaste hoeveelheid materialen die in een asfalt- of betonmenginstallatie gelijktijdig wordt verwerkt.
Continue korrelverdeling van een asfaltmengsel	De korrelverdeling is continu als het verloop van de korrelverdelingskromme geen plotselinge verandering vertoont.
Delaminatie	Verbreking van de hechting tussen twee lagen van een verharding.
Deuvel	Stalen staaf die ter plaatse van voegen wordt aangebracht in beton, met als primair doel verticale dwarskrachten over te brengen ter beperking van onderlinge verschuiving van elementen.

Discontinue korrelverdeling van een asfaltmengsel	De korrelverdeling is discontinu als het verloop van de korrelverdelingskromme een of twee plotselinge veranderingen vertoont.
Draagvlak	Om het even welk materiaal waarop de nieuwe verharding rust. Het kan om een fundering of een oude verharding gaan.
Druk verkeer	Verkeer met meer dan 2000 zware vrachtvoertuigen per dag en per rijstrook.
Druksterkte	Maximale spanning in een element dat op druk wordt belast tot bezwijken.
Duurzaamheid van een laag	De duurzaamheid van een laag in een correct gedimensioneerde en onderhouden constructie is het aantal jaren tussen het aanbrengen van deze laag en de vervanging ervan wegens schade. Men onderscheidt: <ul style="list-style-type: none"> ▪ weinig duurzaam: minder dan 10 jaar; ▪ redelijk duurzaam: tussen 10 en 20 jaar; ▪ zeer duurzaam: meer dan 20 jaar.
Fijne bestanddelen	Korrelgroep die een normzeef met een maaswijdte tussen 0,06 en 0,08 mm passeert (bv. 0,063 mm in Europese normen).
Geotextiel	Vlies of weefsel van kunststof of natuurlijke vezels, dat wordt toegepast in constructies in de grond- en wegenbouw.
Gering verkeer	Verkeer met minder dan 250 zware vrachtvoertuigen per dag en per rijstrook.
Grindzand	Natuurlijk of kunstmatig mengsel van aggregaten van verschillende korrelgroepen.
Inlay	Een of meer verhardingslagen die, meestal per rijstrook, ter vervanging van een of meer bestaande lagen worden aangebracht, waarbij de bestaande niveaus behouden blijven.
Kantopsluiting	Langs de rand van een verharding gelegen constructie in het wegoppervlak, om de verharding steun te geven (kantstrook), om de rand van de verharding te beschermen en te versterken (trottoirband) of om water van de verharding op te vangen en af te voeren (straatgoot).
Kippennest	Schadebeeld: komvormige uitholling van wisselende grootte in een wegoppervlak.
Kleeflaag	Dunne laag kleefmiddel voor het verkleven van een laag asfalt aan een al aanwezige verhardingslaag (ook: hechtlaag).
Korrelgroep	Aanduiding van een aggregaat op basis van de zeefmaten (d voor de kleinste en D voor de grootste) waarbinnen korrelafmetingen van het materiaal liggen.
Korrelgrootteverdeling	Verdeling naar grootte van de korrels in een korrelvormig materiaal.
Legverband	Verband waarin stenen of tegels van een bestrating worden gelegd (ook: straatverband of legpatroon).
Licht verkeer	Verkeer dat voor meer dan 80 % bestaat uit voertuigen met een brutogewicht van minder dan 3,5 t (personenauto's en bestelwagens).

Macrotextuur	<p>Textuur gevormd door de stenen die boven de verharding uitsteken (positieve textuur) of door de holten tussen de stenen onder het oppervlak (negatieve textuur). Oneffenheden (uitsteeksels en de holten daartussen) ten opzichte van het vlak van het oppervlak van de laag, met horizontale afmetingen tussen 0,5 en 50 mm. Men onderscheidt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ sterke macrotextuur: als $MTD \geq 0,5$ mm, wat overeenstemt met een maximale korrelmaat ≥ 10 mm; ▪ fijne macrotextuur: als $MTD < 0,5$ mm, wat overeenstemt met een maximale korrelmaat < 10 mm.
Maximale korrelmaat	Nominale afmeting van de grootste korrel in de aggregaten.
Megatextuur	Oneffenheden (uitsteeksels en holten) ten opzichte van het vlak van het oppervlak van de laag, met horizontale afmetingen tussen 50 en 500 mm. Deze oneffenheden zijn toe te schrijven aan ongelijkmatige macrotextuur, aan schade (kippennesten) of aan gebrekkige uitvoering (golven, enz.).
Microtextuur	Oneffenheden (uitsteeksels en holten) ten opzichte van het oppervlak van het aggregaat, met afmetingen van minder dan 0,5 mm. Deze oneffenheden zijn meestal kenmerkend voor de aggregaten zelf en worden bepaald door de herkomst en het productieproces ervan.
Middelmatig verkeer	Verkeer met tussen 250 en 2000 zware vrachtvoertuigen per dag en per rijstrook.
Onderlaag	Asfaltlaag tussen de fundering en de toplaag. Een wegconstructie bevat een of meer onderlagen.
Overlaging	Een of meer verhardingslagen die boven op de bestaande verharding worden aangebracht.
Pakkingsdichtheid	Dichtheid = massa per eenheid van volume (ook: volumieke massa).
Plaatbelastingsproef	Terreinproef waarbij het draagvermogen van de ondergrond, het grondoppervlak of de verharding van een weg bepaald wordt uit de neerwaartse verplaatsing van een ronde plaat waarop een drukkracht wordt uitgeoefend.
Polijstgetal of versnelde-polijstingscoëfficiënt (VPC)	Waarde voor de weerstand van grof aggregaat voor toplagen tegen polijsting door het verkeer.
Rafeling	Schadebeeld na het verdwijnen van steenslag uit een verhardingsoppervlak.
Rij van 3 m	Balk of lat die wordt gebruikt om een oppervlak op vlakheid te controleren.
Samendrukkingsmodulus	De samendrukkingsmodulus geeft de samendrukbaarheid of het draagvermogen van de ondergrond, het grondoppervlak of de verharding weer en kan met de plaatbelastingsproef worden gemeten.
Scheidingslaag	Laag materiaal die opstijging van water of fijne bestanddelen uit een dieper gelegen laag moet verhinderen.
Schraal beton	Beton met een laag cementgehalte en bijgevolg een geringe mechanische sterkte.

Skelet van een asfaltmengsel	Minerale bestanddelen van een asfaltmengsel (steenslag + zand + vulstof). Men spreekt van een: <ul style="list-style-type: none"> ▪ steenskelet als de steenfractie groter is dan ~70 %; ▪ zandskelet als de zandfractie groter is dan ~30 %; ▪ vulstofskelet als de vulstoffractie groter is dan ~20 %.
Spoorvorming	Ontstaan van blijvende vervorming van het dwarsprofiel van een wegdek ter plaatse van de rijsporen.
Stortnaad	Voeg tussen delen van eenzelfde soort verharding die niet gelijktijdig zijn aangebracht (ook: stortvoeg).
Textuur	Oneffenheden in het oppervlak van een wegverharding, met horizontale afmetingen ("golflengten") tussen 0 en 500 mm. Textuur wordt verdeeld in microtextuur, macrottextuur en megatextuur.
	
Toplaag	Bovenste laag (dikte ≥ 15 mm) van een asfaltverharding, die direct met het verkeer in contact komt.
Verkeersbelasting	Aantal standaardlasten per rijstrook per tijdseenheid.
Verkeersklasse	Klasse die wordt bepaald door de categorie van een weg en de daarop te verwachten verkeersintensiteiten van (zwaar) verkeer, en die dient als basis voor de dimensionering van de verharding.
Vermoeiing	Verslechtering van eigenschappen van een materiaal ten gevolge van veelvuldig herhaalde belastingen.
Verwerkbaarheid	Geschiktheid van betonspecie of asfaltmengsel om (door middel van storten of verdichten) in het werk te worden gebracht.
Vetslaan	Overmaat van bindmiddel aan het oppervlak van een bitumineuze verharding, ontstaan door uittreding van bindmiddel (zweeten) of indrukking van steenslag (vetslaan).
Vulstof	Fijn aggregaat in een gebonden mengsel, voornamelijk bestaand uit deeltjes kleiner dan $63 \mu\text{m}$, dat wordt toegevoegd om aan een product zekere eigenschappen te geven.
Walsen	Verdichten van een materiaal door middel van (gladde of banden) walsen.
Water-cementfactor (wcf)	Verhouding van de massahoeveelheden van water en cement in betonspecie.
Zwaar verkeer	Verkeer dat voor meer dan 20 % bestaat uit voertuigen met een brutogewicht van meer dan 3,5 t (zware vrachtvoertuigen).

1. Altermodal
Schéma régional de véloroutes et voies vertes de la région du centre
Guide technique (Document 4) – maart 2006
2. CROW
Ontwerpwijzer fietsverkeer
Publicatie 230 – april 2006
3. Federatie van de Belgische Cementnijverheid (FEBELCEM)
Fietspaden in beton. Dossier infrastructuur 1 – oktober 2008
4. Fietsersbond
Rapport comfortaudit
Fietspaden Vlaanderen
Maart 2009
5. Ministère de l'équipement, des transports et du logement – Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU)
Recommandations pour les aménagements cyclables
Collections du CERTU – Aménagement et exploitation de la voirie – april 2000
6. Mobiel Vlaanderen
Vademecum Fietsvoorzieningen – versie 2005 en update 2008
7. Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Handleiding voor het bereiden en aanbrengen van asfaltbeton
Aanbevelingen OCW – A54/84 – 1984
8. Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Handleiding voor de uitvoering van betonverhardingen
Aanbevelingen OCW – A75/05 – 2005
9. Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Handleiding voor de keuze van de asfaltverharding bij het ontwerp of het onderhoud van wegen
Aanbevelingen OCW – A78/06 – 2006
10. Vélo Québec
Guide technique d'aménagement des voies cyclables – Planification, design, réalisation – 1992





Gerealiseerd door:

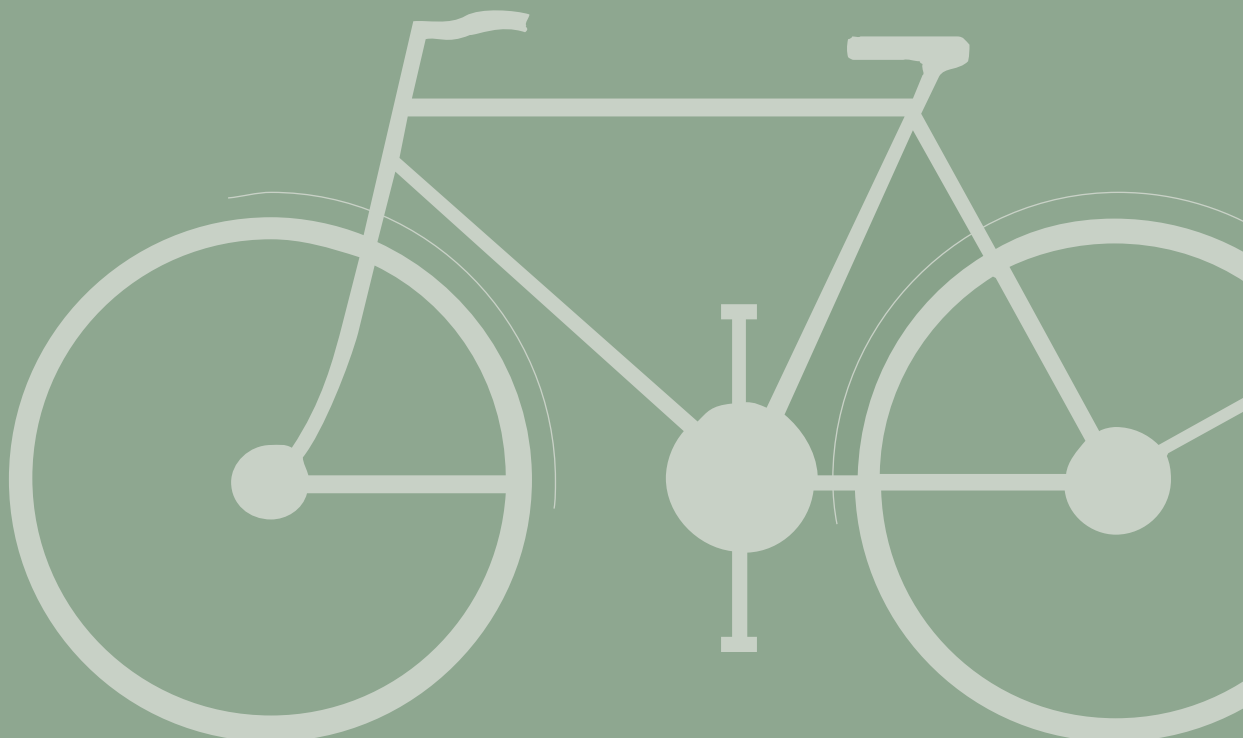


Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Woluwedal 42 – B-1200 Brussel
Tel.: 02 775 82 20 – E-mail: brrc@brrc.be
www.ocw.be

Op initiatief van:



Ministerie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
Bestuur Uitrusting en Vervoer – Directie Beleid
CCN – Vooruitgangstraat 80 bus 1 – B-1035 Brussel
Tel.: 02/204.20.07 – Fax: 02/204.15.10
E-mail: fietsinfo@mbhg.irisnet.be



Het gebruik van fietsvoorzieningen staat of valt met de kwaliteit ervan.

Veiligheid, comfort, directheid, aantrekkelijkheid en samenhang zijn de vijf kernwoorden die de kwaliteitseisen van fietsers uitdrukken.

Veiligheid en comfort worden in hoge mate bepaald door de kwaliteit van de verharding, van de wegmarkeringen en van de verlichting.



In deze aflevering van het fietsvadecum geven we aanbevelingen voor het ontwerp, de aanbrenging en het onderhoud van verhardingen voor kwalitatieve fietsvoorzieningen.

De aanbevelingen voor wegmarkeringen en verlichting worden door dezelfde auteur in een afzonderlijke aflevering behandeld.



MINISTÈRE DE LA REGION DE BRUXELLES-CAPITALE
MINISTERIE VAN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

