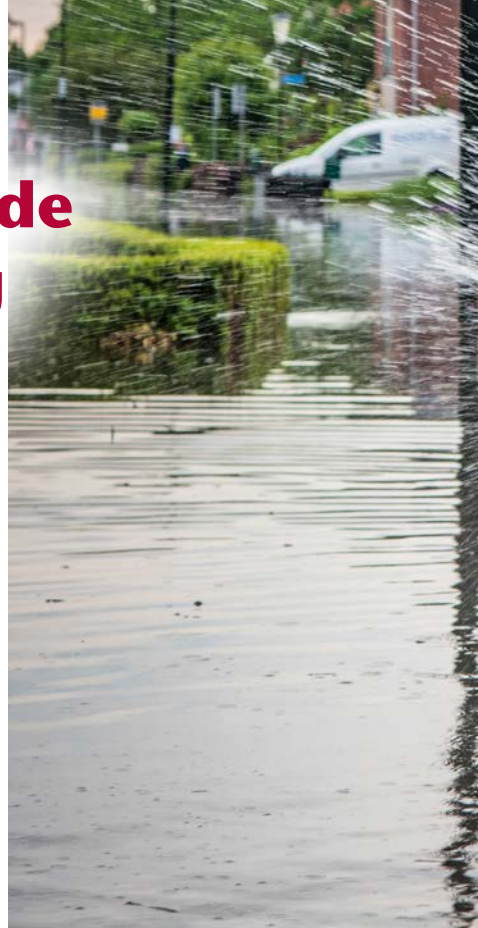


Waterdoorlatende betonbestrating



Uit klimaatscenario's van het KNMI blijkt dat het de komende jaren meer en steeds heftiger zal gaan regenen. Enerzijds leidt dit tot vrolijke taferelen met spelende kinderen, anderzijds is er schade en overlast voor bewoners, winkeliers en bedrijven. De oorzaak ligt niet alleen bij het extremere weer, maar meer nog bij het afdekken van Moeder Aarde door gebouwen, asfalt en bestratingen. Het water kan hierdoor simpelweg niet snel genoeg meer weg. In deze *Betoniek* bekijken we als oplossing hiervoor verschillende opties met waterdoorlatende betonbestrating. Maar voordat we dat doen eerst iets meer over het probleem wateroverlast.



*Waterdoorlatende
bestrating
foto: strategie.nl*

Het probleem wateroverlast

Wateroverlast in stedelijk gebied als gevolg van hevige regenbuien haalt tegenwoordig geregeld het nieuws. Maar wat gebeurt hier nu precies? Waarom veroorzaken die hevige regens nu ineens zo'n probleem?

Om dit te begrijpen volgen we de weg van het regenwater. Wanneer tijdens een hevige regenbui het water met bakken uit de hemel komt, kan het in principe op drie manieren worden afgevoerd. De regendruppels kunnen rechtstreeks landen in het open water van meren en rivieren en zo met de stroom mee worden afgevoerd naar zee. Een tweede mogelijkheid is dat het water terechtkomt in bossen, landerijen, parkjes of tuintjes: plaatsen waar het water kan worden opgenomen door de bodem. Afhankelijk van de waterdoorlatendheid van de bodem wordt het

regenwater ondergronds opgenomen en komt het vervolgens uit bij het grondwater, of wordt het bovengronds direct afgevoerd naar de eerdergenoemde meren en rivieren. Een derde route is bedacht voor regen die terechtkomt op daken van gebouwen of dichte verhardingen van winkelstraten of stoepen. Hier kan het regenwater niet doorheen, maar wordt het via regenpijpen, putten en een rioleringsstelsel afgevoerd. En bij deze laatste route gaat het mis in het geval van wateroverlast in de stad.

Ons rioleringsstelsel heeft een bepaalde maximale afvoercapaciteit. Dit heeft bijvoorbeeld te maken met de diameter van de rioolbuizen: een grotere buis kan meer water tegelijk afvoeren. De laatste decennia zijn er steeds meer straten aangelegd waarbij de afvoer is aangesloten op het riool. De capaciteit van het

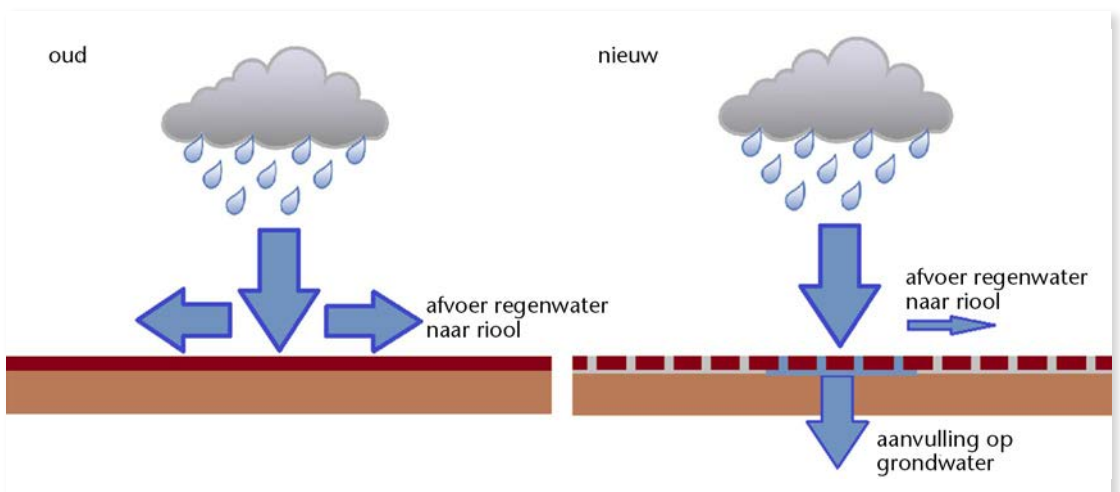


1
 Een flinke regenbui kan ook voor veel pret zorgen
 foto: Josien van Geffen - Creative Photo

(hoofd)riool is daarbij echter niet substantieel vergroot. Dat betekent met meer aansluitingen en heftiger buien dat het huidige rioolstelsel de aanvoer van al dat water tijdens piekbelastingen

niet meer aankan. Gevolg daarvan is dat het water niet snel genoeg wegstroomt en het waterniveau dus stijgt. Zie daar de kern van het wateroverlastprobleem. [2]

2
 Oude manier van regenafvoer versus nieuwe manier



Een oplossing

Een van de praktische en meest directe oplossingen om iets aan dit probleem te doen, is het oppervlak van dichte verhardingsconstructies meer waterdoorlatend te maken. Hierdoor creëren we een nieuwe afvoerweg voor het regenwater naar uiteindelijk het lokale grondwater. Dit inbrengen van het regenwater in de ondergrond wordt ook wel infiltratie genoemd. In deze *Betoniek* kijken we nader naar deze zogenoemde infiltrerende verhardingsconstructies.

We beperken ons daarbij tot oplossingen waarbij betonbestrating wordt toegepast als verharding. Om goed te begrijpen hoe zo'n wegverhardingsconstructie nu precies functioneert, beginnen we bij de opbouw van de constructie zelf.

Wegverhardingsconstructie

De primaire functie van een wegverharding is het dragen van de (verkeers-)belasting. Traditioneel bestaat zo'n constructie uit vier elementen: een natuurlijke ondergrond, een onderfundering, een fundering en de uiteindelijke verharding (fig. 3). [3]

Natuurlijke ondergrond

De verhardingsconstructie vindt zijn basis op de natuurlijke ondergrond. De eigenschappen van de natuurlijke ondergrond als draagkracht en waterdoorlatend vermogen,

bepalen in grote mate de opbouw van de verhardingsconstructie erboven.

Onderfundering

Tussen de fundering en de natuurlijke ondergrond zit een onderfundering. Deze laag heeft als voornaamste doel het op hoogte brengen van de constructie, maar wordt ook gebruikt voor grondverbetering en het voorkomen van ongewenste vorst- en opdooverschijnselen. De onderfundering bestaat meestal uit een laag zand. De onderfundering zal binnen deze *Betoniek* niet nader worden besproken.

Fundering

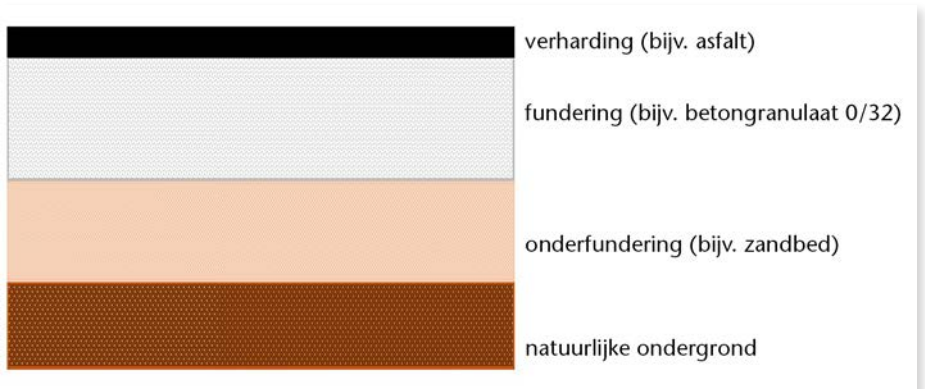
In de gebruiksfase wordt een verharding belast door bijvoorbeeld verkeer. Voor een spreiding van deze belasting is een goede draagkrachtige laag nodig. De fundering is de laag die deze krachten opvangt en verspreidt naar de onderfundering en de natuurlijke ondergrond. In de funderingsmaterialen worden ongebonden en gebonden materialen onderscheiden.

Wegverharding

De deklaag van de verhardingsconstructie is de wegverharding zelf. In de verhardingen onderscheiden we asfaltverhardingen, betonverhardingen en elementenverhardingen. Een *asfaltverharding* heeft doorgaans een gesloten karakter en, door het toepassen van

3

Opbouw van een traditionele verhardingsconstructie



het bindmiddel bitumen, een zekere flexibiliteit. Hierdoor is een asfaltverharding in bepaalde mate in staat ongelijkmatige zettingen van de ondergrond op te vangen zonder te scheuren (in tegenstelling tot een betonverharding). De vlakheid verandert daarbij wel. Bij langdurige belastingen onder hoge temperaturen kunnen plastische vervormingen van asfalt optreden.

Een *betonverharding* wordt als star, stijf en gesloten beschouwd en wordt meestal uitgevoerd in doorgaand in het werk gestort, gewapend beton, hoewel ongewapend ook mogelijk is. Een belangrijke eigenschap van een betonverharding is het elastische gedrag onder belasting en de grote spanningsreductie in de ondergrond.

Een *elementenverharding* wordt opgebouwd uit een straat- of vlijlaag van circa 30 mm zand, met daarop naast elkaar gelegen elementen als betonstenen, straatklinkers of tegels. De functie van de straat- of vlijlaag is kleine verschillen in steendikte en oneffenheden uit de fundering op te vangen. Tussen de elementen wordt de ruimte opgevuld met zand, vaak voegzand of brekerzand. Met name in binnenstedelijk gebied wordt vaak een elementenverharding toegepast. Enerzijds doordat de eigenschappen daar prima geschikt voor zijn en anderzijds doordat de esthetische waarde ervan hoger wordt gewaardeerd dan een asfalt- of betonverharding.

Belangrijke eigenschappen van een verharding zijn stroefheid, slijtvastheid en sterkte. Gaan we van een traditionele wegverhardingsconstructie naar een infiltrerende verhardingsconstructie, komt er de extra eigenschap van waterdoorlatendheid bij.

Waterdoorlatendheid

De waterdoorlatendheid wordt uitgedrukt in een K-waarde. Voor een verhardingsconstructie wordt deze uitgedrukt in meter per

seconde (m/s). De waterdoorlatendheid van de bodem, de natuurlijke ondergrond wordt daarentegen meestal uitgedrukt in meter per dag (m/d).

De omrekening is relatief eenvoudig: $K\text{-waarde (m/d)} : 86\ 400 = K\text{-waarde (m/s)}$. Het getal 86 400 staat voor het aantal seconden in één dag.

Een lage K-waarde betekent minder waterdoorlatendheid en een hoge K-waarde betekent meer waterdoorlatendheid.

Er is op dit moment geen norm voor de waterdoorlatendheid van infiltrerende verhardingsconstructies. Algemeen wordt geadviseerd een infiltrerende verhardingsconstructie te ontwerpen met een waterdoorlatendheid van ten minste $5,4 \cdot 10^{-5}$ m/s. Deze waarde is gebaseerd op een regenbui met zware neerslag van $2,7 \cdot 10^{-5}$ m/s die, theoretisch, ééns in de dertig jaar kan voorkomen. Deze waarde is ten slotte nog vermenigvuldigd met een factor 2 ter compensatie van de afname van de waterdoorlatendheid van een verhardingsconstructie in de tijd.

De werkelijke waterdoorlatendheid van een bestaande verhardingsconstructie kan worden gemeten met bijvoorbeeld de methode met dubbele ringinfiltrometer (zie kader 'Bepalen waterdoorlatendheid').

Nu we weten wat de eigenschap waterdoorlatendheid inhoudt, gaan we de infiltrerende verhardingsconstructie nader beschouwen.

Infiltrerende verhardingsconstructie

De infiltrerende verhardingsconstructie is een verhardingsconstructie waarbij het regenwater direct door de constructie wordt opgenomen en afgevoerd naar de natuurlijke ondergrond. Een infiltrerende verharding is geschikt voor woonstraten, pleinen, fiets- en voetpaden of parkeerplaatsen, maar af te raden in situaties waar veel vervuiling te verwachten is zoals evenemententerreinen of markten. Een infil-

terende verhardingsconstructie is namelijk gevoeliger voor vervuiling, waardoor de verharding verstopt kan raken en de infiltrerende werking in de tijd gaat teruglopen.

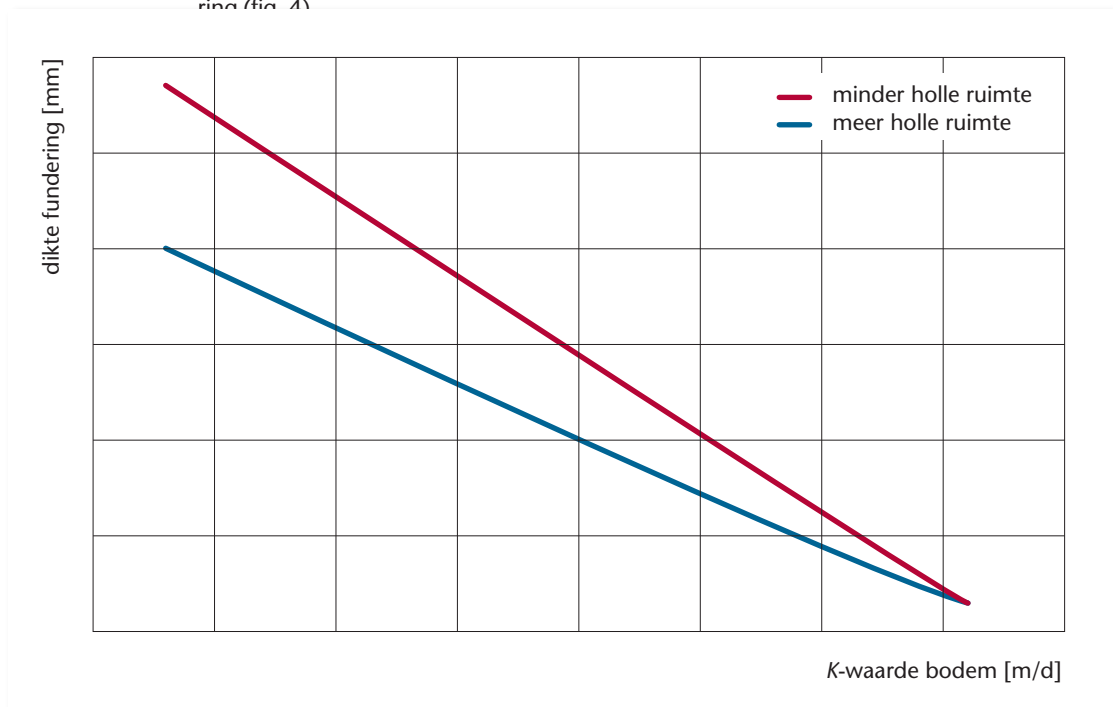
Voor de opbouw van de verhardingsconstructie kijken we als eerste naar de waterdoorlatendheid van de natuurlijke ondergrond. Is de waterdoorlatendheid van de natuurlijke ondergrond zodanig groot dat een zware regenbui voldoende wordt opgenomen, is in principe alleen de waterdoorlatendheid van het gebruikte verhardingsmateriaal van belang. Wordt er meer water aangevoerd dan de natuurlijke ondergrond direct kan verwerken, kunnen we dit extra water tijdelijk opvangen in de funderingslaag. De funderingslaag krijgt dan een bufferende functie. Afhankelijk van de waterdoorlatendheid van en het aandeel holle ruimte in de funderingslaag zelf kunnen we zo, via de dikte van de funderingslaag, wat spelen met de bergingscapaciteit in de fundering (fig. 4).

Hier zit natuurlijk een grens aan. Wanneer de waterbergende capaciteit in de funderingslaag niet meer volstaat, wordt de infiltrerende verhardingsconstructie gecombineerd met een zogenoemde vertraagde afvoer van hemelwater. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een buizenstelsel om het regenwater af te voeren naar bijvoorbeeld een tijdelijke berging (bijv. wadi of waterplein) of rechtstreeks naar het oppervlaktewater.

Bepalend of een bufferende fundering alleen niet meer volstaat, is de waterdoorlatendheid (K-waarde) van de natuurlijke ondergrond. Algemeen geldt dat onder een K-waarde van 0,5 m/d voor de natuurlijke ondergrond een bufferende fundering alleen niet meer volstaat. Zie tabel 1 voor een overzicht van verschillende grondsoorten met hun K-waarde. [4]

Om voldoende holle ruimte te krijgen in de fundering voor een goede bufferende en waterdoorlatende werking, passen we bij een

4
Relatie doorlatendheid bodem (K-waarde) en funderingsdikte



Tabel 1 **Bodemsoort en K-waarde**

Materiaal	k [m/d]
klei	0,01 - 10 ⁻⁸
klei, zand en grind mengsels	0,01 - 0,001
silt, löss	1 · 10 ⁻⁴
silt, klei en mengsels van zand, silt en klei	0,1 - 10 ⁻⁴
fijn zand	2 - 0,02
middelfijn tot middelgrof zand	43 - 0,09
grof zand	400 - 0,09

infiltrerende verhardingsconstructie een funderingsmateriaal toe met een open korrelskelet. Hiervoor kan worden gebruikgemaakt van bijvoorbeeld drainerend schraal beton (gebonden) of een steenslag of recyclinggranulaat (ongebonden) in bijvoorbeeld korrelgroep 2/32 of 2/22.

Belangrijk is dat het gebruikte steenslag voldoende bestand is tegen verbrijzelen. Anders kan het in de tijd door bijvoorbeeld verkeersbelasting uiteenvallen in kleinere en fijnere delen en kan de waterdoorlatendheid afnemen. Om de stabiliteit en het draagvermogen van een ongebonden fundering te verhogen, kan steenslag of recyclinggranulaat worden aangevuld met drainagezand. Hierbij blijft de waterdoorlatendheid in stand maar neemt, door afname van het aandeel holle ruimte, het bufferend vermogen wel af (fig. 4).

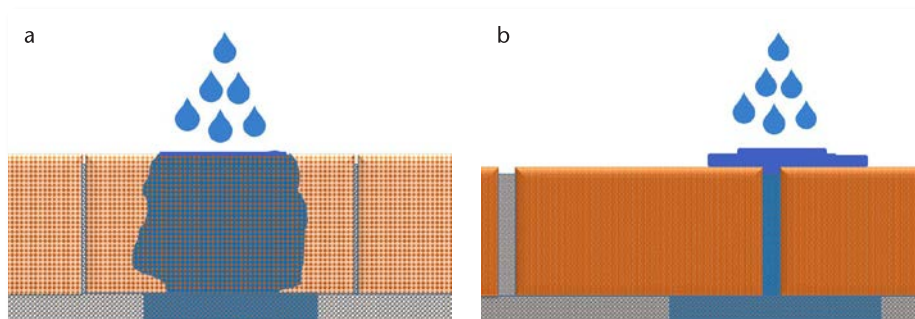
Belangrijk is ook dat bij het aanbrengen het funderingspakket optimaal wordt verdicht, zodat de gevraagde bufferende en lastspreidende eigenschappen worden gerealiseerd.

In gebieden met veel wateroverlast is er dus behoefte aan infiltrerende verhardingsconstructies. Stedelijke gebieden zijn gebieden met veel wateroverlast maar ook gebieden met veel elementenverharding. Dat is de reden dat we in deze *Betoniek* nu inzoomen op waterdoorlatende elementenbestrating in beton ofwel waterdoorlatende betonbestrating.

Waterdoorlatende betonbestrating

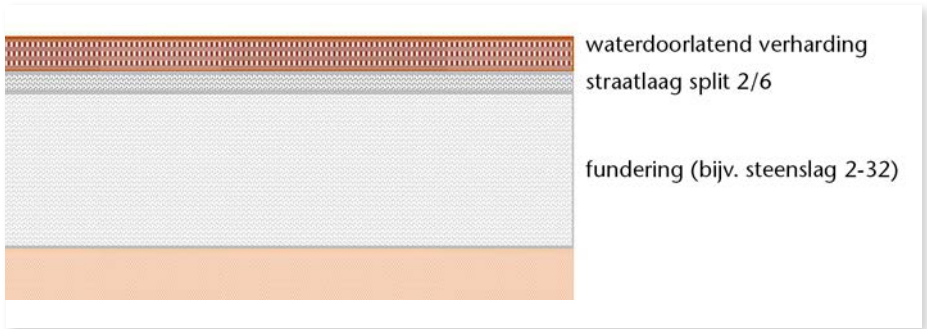
Een waterdoorlatende betonbestrating kan worden uitgevoerd in waterdoorlatende of waterpasserende betonstraatstenen. Een waterdoorlatende betonstraatsteen is een poreuze, open steen waar water doorheen kan lopen. Een waterpasserende betonstraatsteen is een dichte steen die zo ontworpen is dat er een verbrede voeg tussen de stenen onderling ontstaat waarlangs het water kan stromen (fig. 5).

Beide uitvoeringen gaan we nader bekijken. Allereerst bekijken we de laag waarin de stenen worden gevluid. [5]



5

Principe van een waterdoorlatende (a) en waterpasserende (b) betonstraatsteen



Straatlaag

Onderdeel van een betonbestrating is een straat- of vlijlaag. Aanvullend geldt ook hier dat voor een waterdoorlatende betonbestrating deze straatlaag als extra eigenschap waterdoorlatend moet zijn. Om die reden maken we voor de straatlaag gebruik van een steenachtig materiaal met een open korrelstructuur met weinig fijne delen en – gelet op de dikte van de laag en om het egaal af te kunnen werken – een kleine maximale korrel zoals een split 2/5 (fig. 6 en foto 7). Ook hier is het belangrijk dat het gebruikte steenslag voldoende bestand is tegen verbrijzelen. [6]

Waterdoorlatende betonstraatsteen

Om een betonsteen waterdoorlatend te krijgen, voeren we deze uit in open beton. Open beton wordt, eenvoudig gezegd, verkregen door in de betonsamenstelling het zand grotendeels weg te laten. Door de open structuur verliest het beton veel sterkte. Er is een relatie tussen de hoeveelheid holle ruimte in beton en de druksterkte (zie kader 'Open beton').

Gelukkig geldt dit in mindere mate voor de treksterkte van open beton aangezien voor waterdoorlatende betonstenen dezelfde splijttreksterkte-eis van $3,6 \text{ N/mm}^2$ geldt als voor een dichte straatsteen.

Een waterdoorlatende betonstraatsteen wordt voor al zijn relevante eigenschappen getoetst aan de BRL 2317 'Waterdoorlatende bestratingselementen van beton'. Binnen de BRL 2317 is onder andere een eis opgenomen voor de waterdoorlatendheid van een betonnen straatsteen. Deze eis is ten minste $5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ voor het gemiddelde van drie stenen (zie ook kader 'Bepalen waterdoorlatendheid').

Anders dan bij de dichte betonstraatsteen wordt aan de vorst-/dooizoutbestandheid van een waterdoorlatende betonsteen geen eis gesteld. Er is op dit moment ook geen geschikte methode om dit te meten. [7]

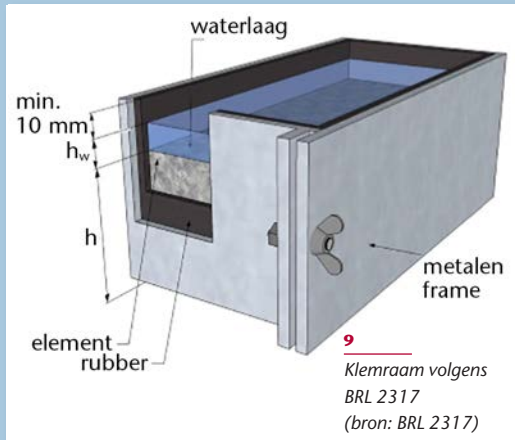
De productie van een waterdoorlatende betonstraatsteen gebeurt volgens hetzelfde principe als dat van een dichte betonstraatsteen. De basis is een intensief gemengd



Bepalen waterdoorlatendheid

Van een straatsteen: waterdoorlatendheid volgens BRL 2317

In de BRL 2317 staat een methode beschreven om de waterdoorlatendheid van een poreuze straatsteen te meten. Hiervoor wordt de straatsteen ingeklemd in een met rubber bekleed klemraam (fig. 9). [9]



De bovenkant en onderkant van de steen blijven vrij. De steen is op moment van beproeven maximaal 35 dagen oud en vooraf verzadigd met water door 24 uur onderdompeling. Dit om effecten als gevolg van adsorptie en absorptie uit te sluiten.

De waterdoorlatendheid wordt bepaald door gedurende 15 minuten continu water op de steen te voeren zodat een waterlaag van 40 ± 1 mm ontstaat. Vanaf de 11e minuut wordt gedurende 300 ± 3 seconden geregistreerd hoeveel water (in grammen) de steen doorlaat. De doorlatendheidsfactor K_f wordt berekend met de formule: [10]

$$K_f = \frac{0,01 \times V_w \times h}{A_p \times t \times (h + h_w)}$$

waarin:

K_f = De doorlatendheidsfactor in m/s (afgerond op $0,01 \times 10^{-5}$ m/s)

V_w = de door het proefstuk doorgelaten hoeveelheid water (in cm^3)

A_p = de oppervlakte van het bovenvlak van het proefstuk (in cm^2)

t = de proefduur (in sec)

h = de dikte van het proefstuk (in mm)

h_w = de hoogte van het water op het bovenvlak van het proefstuk (in mm)

De berekende waterdoorlatendheid volgens BRL 2317 moet gemiddeld voldoen aan ten minste $5,4 \times 10^{-5}$ m/s gemeten aan drie elementen. Individueel dient een meting minimaal $2,7 \times 10^{-5}$ m/s te bedragen.

In het veld: waterdoorlatendheid met dubbele ringinfiltrometer

Met een ringinfiltrometer kan in het werk de waterdoorlatendheid van bestaande of nieuwe bestratingen worden gemeten. Bij deze test worden twee ringen verlijmd met de bestrating (foto 10). In beide ringen wordt water gevoerd. Het water in de buitenste ring heeft als functie dat het water in de binnenste ring zo verticaal mogelijk de grond in loopt. De waterdoorlatendheid meten we met de binnenste ring door hierin een constant water-niveau aan te houden gedurende 20 minuten. Uit het waterverbruik en de tijd is een waarde voor de waterdoorlatendheid van het bestratingspakket ter plaatse te berekenen. [11]



Open beton

De dichtheid van beton is een belangrijke eigenschap van beton, zeker in het geval van een gewapende betonconstructie. Open beton is in tegenspraak met een goede betondichtheid. De primaire eis voor open beton ligt vaak dan ook niet bij de sterkteklasse of de milieuklasse maar bij de doorlatendheid of het aandeel holle ruimte in de samenstelling. Dit sluit in de regel dan ook de toepassing van open beton in gewapend beton uit.

Samenstelling

De Engelse benaming *no fines concrete* geeft aan hoe open beton in principe is samengesteld. Het open beton wordt verkregen door het grove toeslagmateriaal met cementsteen aan elkaar te kitten. Het fijne toeslagmateriaal, het zand, wordt grotendeels achterwege gelaten. Het ontwerpen van open beton wijkt daarmee af van de normale werkwijze.

Als eerste stap wordt de korrelgroep voor het grove toeslagmateriaal gekozen. Deze is afhankelijk van wat ermee moet worden gemaakt. Voor betonstraatstenen zal dit veelal korrelgroep 2/4 mm of 2/5 mm zijn. Als tweede stap wordt het volume cementpasta bepaald: het mengsel cement met water en eventueel een hulpstof. Het pastavolume wordt zo afgestemd dat alle korrels kunnen worden omhuld en aan elkaar verlijmd zonder dat er holle ruimten met pasta worden opgevuld. Fijner toeslag-

Tabel 2 **Indicatie van cementgehalte en watergehalte van open beton voor verschillende korrelgroepen**

	korrelgroep		
	4 - 8	4 - 16	16/32
cementgehalte (kg/m ³)	200 - 400	150 - 300	75 - 150
watergehalte (l/m ³)	75 - 150	75 - 125	50 - 100

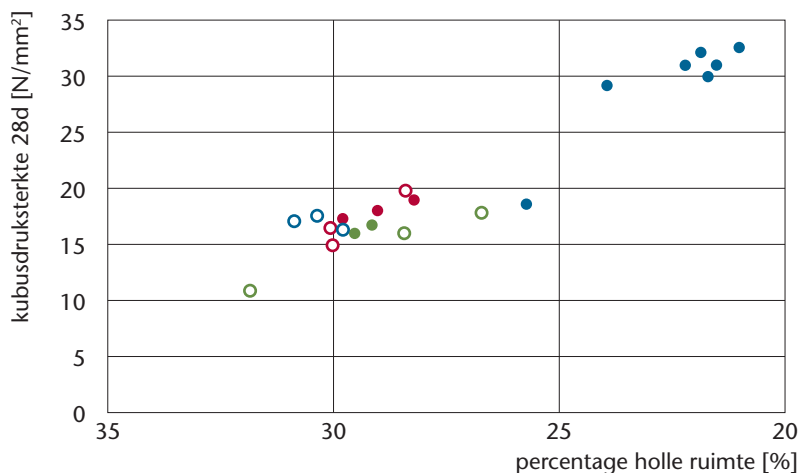
materiaal betekent meer cement en water en een grover toeslagmateriaal minder cement en water. Dit komt door het verschil in specifiek oppervlak (tabel 2).

Sterkte

In het geval van een waterdoorlatende verharding met een zekere verkeersbelasting is de sterkte, in het bijzonder de spijltreksterkte, een belangrijke eigenschap. De sterkte van zeer open beton kan worden gestuurd door het toevoegen van zand of door de water-cementfactor te verlagen en daarmee de sterkte van het cementsteen te verhogen. Door het toevoegen van zand wordt het percentage holle ruimte verlaagd. Het percentage holle ruimte heeft een directie relatie met de sterkte van beton (fig. 11). De sterkte van het beton en het percentage holle ruimte zijn elkaars tegenpolen en het is dan ook de uitdaging voor de betontechnoloog hier de juiste balans in te vinden. [12]

11

Relatie druksterkte en percentage holle ruimte





8

Voorbeeld van een waterpasserende straatsteen met verbrede voeg
foto: MBI De Steenmeesters

aardvochtig betonmengsel dat los of rul van aard is. Het betonmengsel wordt in mallen gestort en door middel van trillen en persen intensief verdicht met een steenpers. De verdichting is vanzelfsprekend zeer belangrijk. Een goed verdichte steen is een sterke steen. Meteen na het verdichten, wordt de steen op groene sterkte ontkist. De steen is nu gemaakt en wordt voor een goede nabehandeling overgebracht naar een verhardingskamer met een hoge relatieve vochtigheid en temperatuur. Na 1 à 2 dagen is er voldoende sterkte ontwikkeld om de stenen in pakketten te stapelen en op het tasveld te plaatsen. Bij voldoende eindsterkte kunnen de stenen worden uitgeleverd om te bestraten. Door de open structuur van de stenen kunnen deze niet door middel van vacuüm machinaal worden verwerkt. Hiervoor wordt met een klem gewerkt. Een waterdoorlatende steen kan soms minder bestand zijn tegen aantasting als gevolg van vorst en dooizouten.

Waterpasserende betonsteen

Een waterpasserende steen is een dichte straatsteen met langs de zijkant nokken of afstandhouders. Hierdoor ontstaat tijdens het leggen van de stenen in verband tussen de stenen een verbrede voeg (foto 8). De oppervlakte van de voegen kan meer dan 10% van het totale verhardingsoppervlak bedragen.

Des te groter het oppervlak van de voegen, des te makkelijker kan er water passeren.

Hierbij speelt de voegvulling een bepalende rol. Deze moet ook voldoende waterdoorlatend zijn. Om die reden wordt voor de voegvulling gebruikgemaakt van een steenachtig materiaal met een open korrelstructuur en met weinig fijne delen. Gelet de geringe ruimte in de voegen is een kleine maximale korrel vereist zoals een split 1/3 (fig. 6). Ook hier is het belangrijk dat het materiaal voldoende bestand is tegen verbrijzelen. [8]

Een waterpasserende betonstraatsteenverharding heeft als voordeel boven een waterdoorlatende betonstraatsteenverharding dat deze beter bestand is tegen zwaar verkeer. Ook zal in de regel een waterpasserende dichte betonstraatsteen beter vorst- en dooizoutbestand zijn. De eisen aan een waterpasserende straatsteen zijn immers gelijk aan die voor een klassieke dichte steen en moeten voldoen aan de Europese norm EN 1339 voor betonstraatstenen. Een waterpasserende betonstraatsteen wordt daarom vaker toegepast voor infiltrerende wegconstructies.

Onderhoud

Zoals voor bijna alle infrastructuur geldt ook voor infiltrerende verhardingsconstructies met betonbestrating dat een beschouwing niet volledig is zonder het aspect onderhoud mee te nemen. Door vervuiling loopt namelijk de waterdoorlatende werking van een Infiltrerende verhardingsconstructie in de tijd terug. De vervuiling kan bijvoorbeeld komen vanuit

aanwezige groenstroken of door bladeren van bomen in de herfst. Ook kan het komen door verkeerd gebruik. Zoals een buurman die voor een verbouwing een partij zand op straat laat storten.

Om de werking van een infiltrerende betonnen verhardingsconstructie in de tijd te behouden, is dan ook onderhoud nodig. Meestal volstaat, net als bij een reguliere verharding, een periodieke reiniging met een veeg-/zuigauto. Bij sterke vervuiling en duidelijke afname van het infiltrerende vermogen kan onderhoud worden uitgevoerd met een zoab-cleaner.

Tot slot

Wateroverlast in binnenstedelijk gebied vindt onder meer zijn oorzaak in het steeds extreme weer en een toename van verhardingen. In deze *Betoniek* hebben we kunnen

lezen dat de oplossing niet van ver hoeft te komen. Deze kan ook worden gevonden in verhardingen door deze slim te gebruiken binnen een infiltrerende verhardingsconstructie. Hierbij spelen alle onderdelen binnen de constructie een belangrijke rol. Want een ketting is zo sterk als zijn zwakste schakel.

Literatuur

- 1 *Betoniek* 09-04 Open beton.
- 2 *Betoniek* 13-23 Betonnen straatstenen.
- 3 BRL 2317 'Waterdoorlatende bestratings-elementen van beton'.
- 4 Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen, OCW, Brussel, December 2008.
- 5 www.strategie.nl
- 6 Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies, Gemeente Deventer, TAUW, Deventer, 2014.