



WHITEPAPER  
WATERREGULERENDE  
BESTRATING



# Inhoud

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| INLEIDING                                                      | 3  |
| ONTWERPSCHEMA                                                  | 4  |
| INVENTARISATIEFORMULIER                                        | 5  |
| 1. WATERREGULERENDE BESTRATING IN GEMEENTELIJKE WEGEN          | 6  |
| 1.1 Voordelen                                                  | 6  |
| 1.2 Werking                                                    | 6  |
| 1.3 Keuze van locaties                                         | 6  |
| 2. ONTWERPFACTOREN                                             | 7  |
| 2.1 Natuurlijke ondergrond en systeem                          | 7  |
| 2.2 Neerslagintensiteit als maatgevende ontwerpgebied          | 7  |
| 2.3 Infiltratiesnelheid en bergingscapaciteit                  | 8  |
| 2.4 Berekening infiltratiesnelheid waterregulerende verharding | 8  |
| 2.5 Berekening dikte fundering                                 | 8  |
| 2.6 Normering poreuze stenen                                   | 9  |
| 2.7 Verkeersintensiteit                                        | 9  |
| PRAKTIJKCASES                                                  | 10 |
| 3. FUNCTIONELE EISEN MATERIALEN                                | 16 |
| 3.1 Eigenschappen ongebonden steenslag                         | 16 |
| 3.2 Eigenschappen straatlaag                                   | 17 |
| 3.3 Eigenschappen voegmateriaal                                | 17 |
| 4. WATERREGULERENDE VERHARDINGEN                               | 18 |
| 4.1 Drainagestenen                                             | 19 |
| 4.2 H2O-stenen                                                 | 20 |
| 4.3 Passeostenen                                               | 21 |
| 4.4 Drainwaviestenen                                           | 22 |
| 4.5 Overzicht stenen en te gebruiken materialen                | 23 |
| 5. ONDERHOUD EN BEHEER                                         | 24 |
| 5.1 Oorzaken vervuiling                                        | 24 |
| 5.2 Veeg-/zuigwagen                                            | 24 |
| 5.3 ZOAB-reiniger                                              | 24 |
| 5.4 Reiniging parkeervakken                                    | 24 |
| 6. VOORKOMEN VAN VERVUILING                                    | 25 |
| 6.1 Uitstroomvoorzieningen                                     | 25 |
| 6.2 Groenomrandingen                                           | 26 |
| 6.3 Communicatie met bewoners                                  | 26 |
| 7. AANVULLENDE VORMEN VAN INFILTRERENDE VERHARDING             | 27 |
| COLOFON                                                        | 28 |

# Inleiding

Door klimaatverandering en verstedelijking neemt de kans op wateroverlast door hevige regenbuien nog steeds toe. Grote hoeveelheden hemelwater moeten via rioleringen en waterlopen worden afgevoerd. Bij overvloedige regenval kunnen deze afvoersystemen de toevloed niet meer aan. Riooloverstorten treden in werking en straten stromen over.

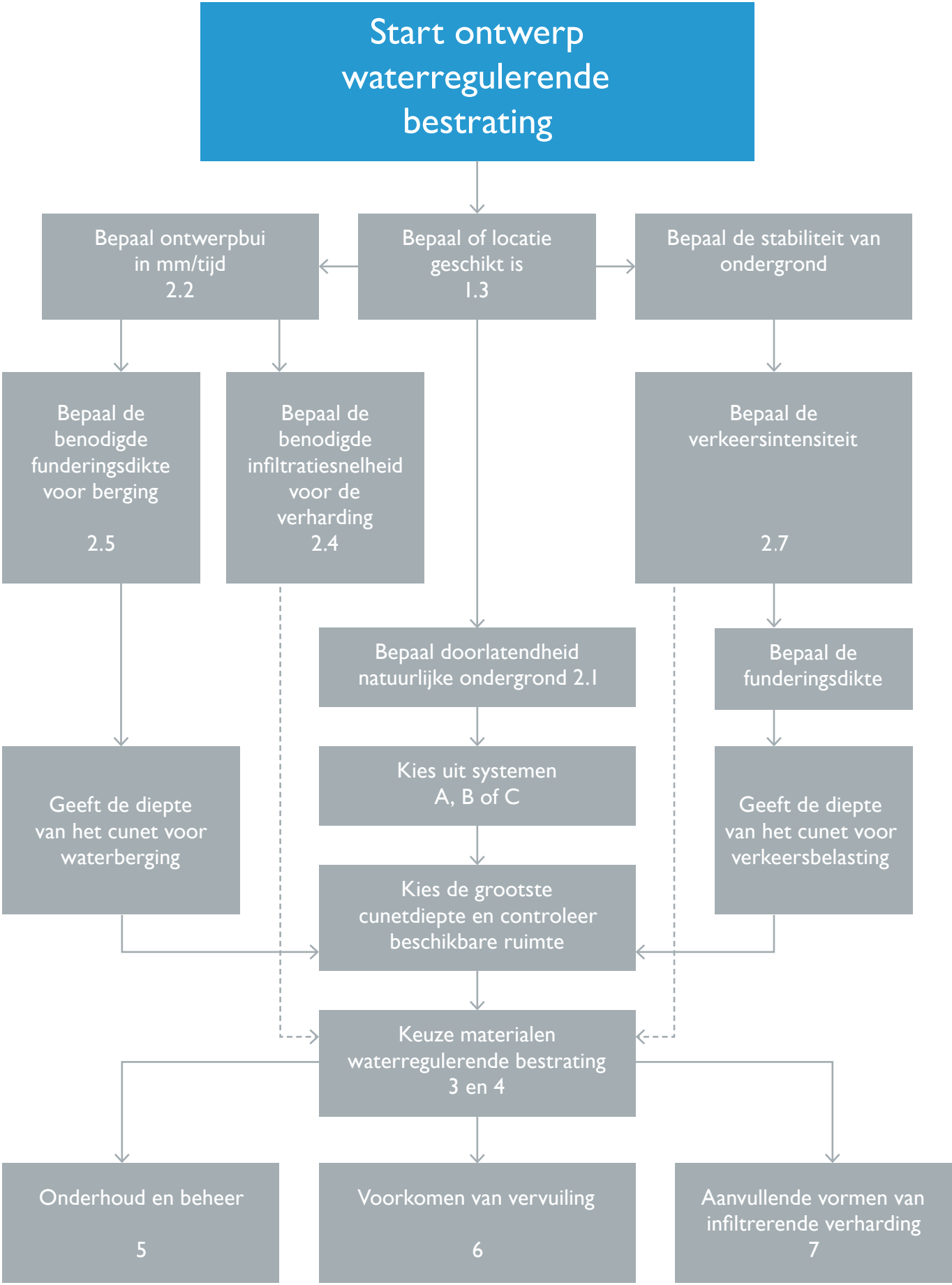
Infiltratie of vertraagde afvoer via waterregulerende bestrating is een van de vele oplossingen om neerslagpieken op te vangen zonder de bestaande rioolcapaciteit te hoeven vergroten. Dit systeem voert hemelwater immers af op de plek waar het valt. Via de fundering wordt het water gebufferd en vertraagd naar de ondergrond of waterlopen afgevoerd. Hierdoor wordt enerzijds de riolering ontlast, anderzijds kan de steeds verder dalende grondwaterstand op peil gehouden worden.

Waterregulerende bestrating is niet voor elke situatie geschikt en moet net als rioleringen worden berekend op een bepaald te verwachten neerslaghoeveelheid. Ook dient goed worden gekeken naar de samenhang tussen het funderingsmateriaal, de straatlaag, het voegmateriaal en de straatsteen. Last but not least: ook waterregulerende bestrating moet regelmatig worden onderhouden in verband met het dichtslibben van de constructie.

Deze whitepaper is een leidraad om te beoordelen of waterregulerende bestrating geschikt is voor uw project en om aan de hand van de genoemde materialen een grove kostenraming te doen. Op de volgende pagina vindt u een stroomschema voor het ontwerp met verwijzingen naar de diverse hoofdstukken en een inventarisatieformulier waarmee u de belangrijkste kengetallen van een project in kaart kunt brengen.

Wij raden u altijd aan om vanaf dat moment een ingenieursbureau in de arm te nemen en ook de afdelingen beheer en riolering te betrekken voor alternatieve mogelijkheden om regenwater af te koppelen.

# Ontwerpschema



# Inventarisatieformulier

## 1. Project

Opdrachtgever:

Naam werk:

Start werk:

## 2. Ondergrond

Klei / leem / löss / zand

K-waarde m/s:

CBR-waarde:

## 3. Verkeersbelasting

Licht verkeer: max. per dag

Zwaar verkeer: max. per dag

## 4. Variabelen voor berekening van infiltratiesnelheid en berging:

|                             | Daken | Trottoirs | Groen-<br>vakken | Rijbaan | Parkeer-<br>vakken | Ontwerp-<br>bui<br>mm/tijd | Veiligheids-<br>factor |
|-----------------------------|-------|-----------|------------------|---------|--------------------|----------------------------|------------------------|
| Aantal m²                   |       |           |                  |         |                    |                            |                        |
| Afstromend/<br>infiltrerend |       |           |                  |         |                    |                            |                        |

## 5. Onderdelen van de verharding:

|               | Ja / nee | Formaat en hulpstukken | Breedte (m') | Lengte (m') |
|---------------|----------|------------------------|--------------|-------------|
| Rijbaan       |          |                        |              |             |
| Streklagen    |          |                        |              |             |
| Molgoten      |          |                        |              |             |
| Parkeervakken |          |                        |              |             |
| Trottoirs     |          |                        |              |             |

## 6. Verdere informatie:

Tekening: ja/nee

Bestek: ja/nee

Ingenieursbureau:

Wilt u hulp bij het invullen van dit inventarisatieformulier? Neem dan contact op met uw projectadviseur.

# 1. Waterregulerende bestrating in gemeentelijke wegen

Waterregulerende bestrating is vooral bedoeld om neerslagpieken op te vangen, maar heeft ook een aantal specifieke voordelen te opzichte van bestrating met alleen kolken.

## 1.1 Voordelen

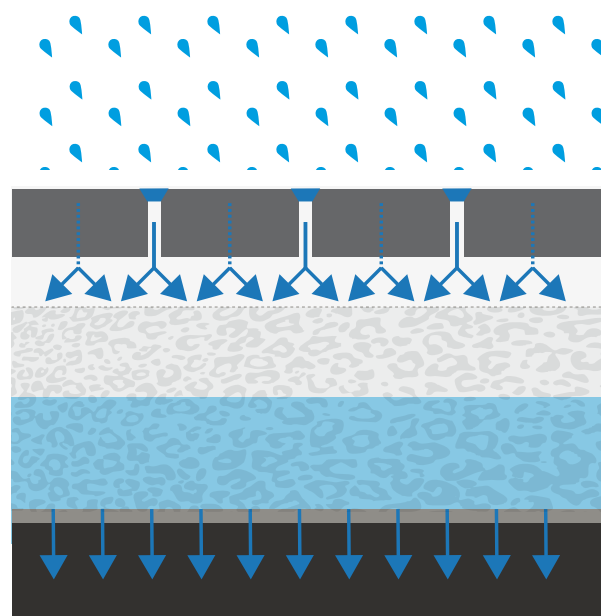
- Water infiltreert op de plaats waar het valt.
- Toegankelijk door vlakker straten, geen goten en plasvorming.
- Open verharding, dus geen watercompensatie in de vorm van vijvers e.d.
- Houdt zware metalen tegen.\*
- Houdt olie vast alwaar het op den duur afgebroken wordt.\*\*

\* Heavy metal retention within a porous pavement structure (Dierkes et al)

\*\* Oil Retention and Microbial Ecology in Porous Pavement Structures (Newman et al)

## 1.2 Werking

- Het hemelwater infiltreert via poreuze betonstraatstenen of stenen met uitsparingen en doorlatend voegmateriaal. Zo wordt afstroming aan het oppervlak voorkomen.
- Het hemelwater infiltreert in de natuurlijke ondergrond.



Figuur 1: Doorsnede waterregulerende bestrating

- De straatlaag heeft dezelfde eigenschappen als het voegmateriaal en mag niet wegzakken in fundering. Een waterdoorlatend scheidingsdoek is bij de juiste samenstelling (filterstabele lagen) niet noodzakelijk en geeft bovendien een grotere kans op dichtslibben.
- Het hemelwater wordt gebufferd in de fundering met holle ruimten van ca. 30%. De fundering moet tevens de nodige draagkracht verschaffen voor het verkeer.

De minimale helling kan bij een waterregulerende bestrating worden beperkt tot 1%. De maximale helling is bij voorkeur niet groter dan 3% in verband met verminderde infiltratie door afstromend water naar het laagste punt. Hier kan een opeenhoping van vuil zorgen voor een snelle verstopping van het systeem. Soms wordt gekozen om toch kolken te plaatsen als overloopvoorziening en wordt de straat tonrond gelegd.

## 1.3 Keuze van locaties

De onderstaande locaties zijn veelal geschikt voor waterregulerende bestrating in verband met een lage verkeersintensiteit en een geringe kans op calamiteiten met olie.

- Woonstraten
- Speelpleinen
- Fiets- en voetpaden
- Parkeervakken voor personenauto's

Deze locaties zijn ongeschikt in verband met een te hoge verkeersbelasting en/of kans op vervuiling.

- Evenemententerreinen
- Markten
- Industriegebieden
- Wegen met landbouwverkeer

# 2. Ontwerpfactoren

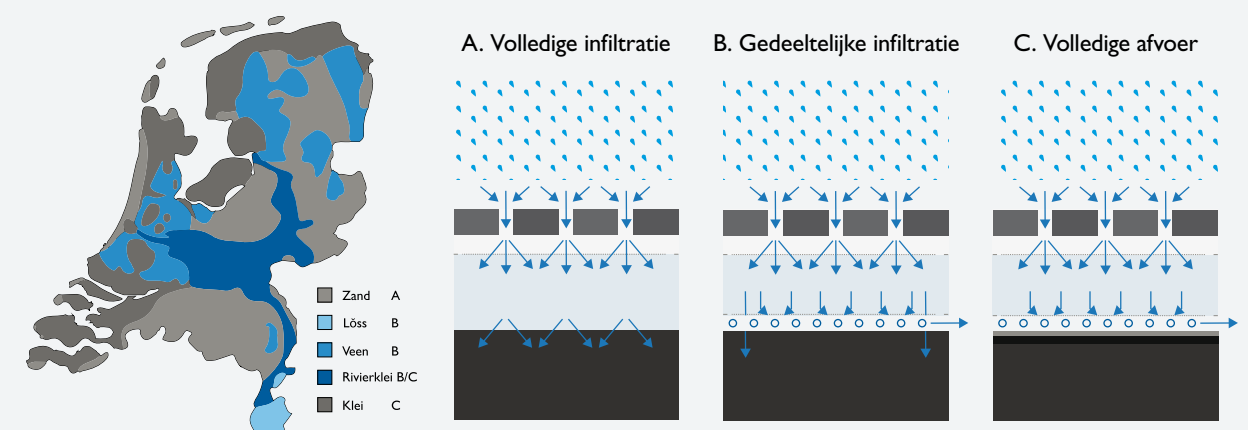
Bij het ontwerp van waterregulerende bestrating spelen meerdere factoren een rol. De natuurlijke ondergrond heeft bij voorkeur een hoge doorlatendheid en voldoende stabiliteit. De bergingscapaciteit van de fundering is berekend op een bepaalde neerslagintensiteit en de afstroom van het verharde oppervlak. Tot slot moet net als bij normale bestrating de totale constructie berekend zijn op de verwachten verkeersbelasting en -intensiteit.

## 2.1 Natuurlijke ondergrond en systeem

De doorlatendheid is de capaciteit van de ondergrond om water door te laten. Deze doorlatendheid wordt uitgedrukt in de K-waarde met als eenheid m/dag of m/s. Geadviseerd wordt om bij K-waarden kleiner dan 0,5 m/dag hemelwater niet te laten infiltreren in de bodem. Ook bij grondwaterstanden op minder dan een meter van het bestratingsoppervlak wordt (gedeeltelijke) infiltratie afgeraden. Er bestaan verschillende methoden om de doorlatendheid in situ te bepalen, zoals de open-end test, ringinfiltrometerproef en boorgatmethode. Figuur 2 geeft aan welke gebieden geschikt zijn voor volledige infiltratie.

## 2.2 Neerslagintensiteit als maatgevende ontwerp-bui

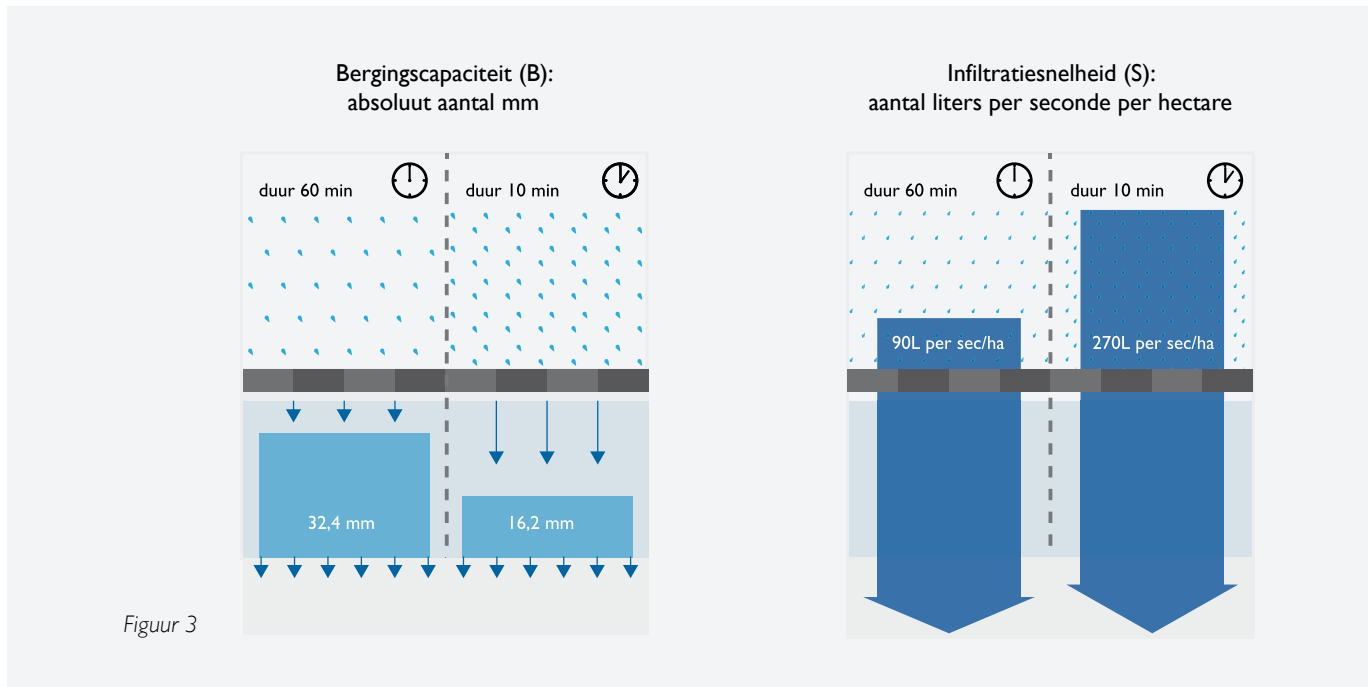
In de leidraad riolering hanteert RIONED een minimale afvoercapaciteit voor een regenbui type 08, waarbij geen water op straat komt te staan. Deze bui heeft een neerslagintensiteit van 19,8 mm/uur en komt elke twee jaar voor. Dit is een forse maar in essentie geen extreme bui. Een andere veelgebruikte maatgevende bui is 32,4mm/uur. Op dit moment is er echter geen extreme buiennorm. De keuze voor een bepaalde waarde ligt enerzijds bij de beheerders, anderzijds bij de politiek waar een afweging gemaakt moet worden tussen aanlegkosten en risico's van water op straat.



Figuur 2: Indicatie in welke delen van Nederland een bepaalde vorm van waterregulerende bestrating toegepast kan worden

### 2.3 Infiltratiesnelheid en bergingscapaciteit

De maatgevende ontwerpbui in mm/tijd kan worden omgerekend naar een infiltratiesnelheid (S) uitgedrukt in liters/seconde/hectare. Dit kan door het aantal mm te delen door de tijd in seconden en te vermenigvuldigen met 10.000. Anderzijds is het genoemde aantal mm absoluut gezien de benodigde bergingscapaciteit (B) in de fundering. Figuur 3 toont de maatgevende ontwerpbuizen 32,4mm/uur en 16,2mm/10 min, uitgedrukt in deze twee verschillende eenheden.



### 2.4 Berekening infiltratiesnelheid waterregulerende verharding

De maatgevende bui omgerekend naar infiltratiesnelheid (S) in liters/sec/hectare moet door de waterregulerende verharding geïnfiltreerd kunnen worden, rekening houden met afstromend water van daken en andere niet-infiltrerende verhardingen. Een cruciale factor is dus de verhouding tussen het totale oppervlak waar neerslag op valt en het oppervlak dat de neerslag moet infiltreren. Tevens wordt vaak een veiligheidsfactor van twee of drie gehanteerd voor vervuiling en luchtinsluiting in de fundering. De formule luidt:

$$S \times \frac{\text{totale oppervlak}}{\text{infiltrerend oppervlak}} \times \text{veiligheidsfactor}$$

**TIP:** Als de minimale infiltratie te hoog wordt voor een waterregulerende verharding, wordt geadviseerd het infiltrerend oppervlak te verhogen, of een deel van de neerslag op een andere wijze af te voeren.

### 2.5 Berekening dikte fundering

Bij de bergingscapaciteit (B) gaat het over de hoeveelheid water dat tijdelijk in de hele fundering geborgen moet kunnen worden en in het slechtste geval niet meer kan infiltreren of wegstromen. Het absoluut aantal mm van de maatgevende bui is dan leidend. De verhouding tussen het totale aantal m<sup>2</sup> dat kan afstromen en het aantal m<sup>2</sup> dat infiltreert is ook hier een factor.

Met het percentage holle ruimten van het los gestorte natuurlijke steenslag kan dan de dikte (mm) van de benodigde funderingslaag berekend worden. De formule luidt bij 30% holle ruimte:

$$B \times \frac{\text{totale oppervlak}}{\text{infiltrerend oppervlak}} \times \frac{100}{30}$$

**TIP:** Als het benodigde cunet niet past in de beschikbare ruimte wordt geadviseerd het infiltrerend oppervlak te verhogen, of een deel van de neerslag op andere wijze af te voeren. Bijvoorbeeld door drainagepijpen onderin het cunet aan te brengen of kolken aan te sluiten op een hemelwaterafvoer.

### 2.6 Normering poreuze stenen

Voor de normering van poreuze stenen (BRL 2317) wordt nu gerekend met Duitse en Belgische richtlijnen te weten: een maatgevende regenbui 16,2 mm/10 min. Dit is omgerekend een infiltratiesnelheid van 270 liter/sec/ha. In België en Duitsland wordt vervolgens gerekend met een veiligheidsfactor van 2 voor vervuiling en luchtinsluiting in de fundering. Daardoor komt de vereiste infiltratiesnelheid op

540 liter/sec/ha. De werkelijk benodigde infiltratiesnelheid voor een project kan echter veel hoger zijn, afhankelijk van de ontwerpbui, afstromend oppervlak en vervuiling.

### 2.7 Verkeersintensiteit

Voor de dimensionering van de waterbergende fundering dient ook rekening te worden gehouden met het verkeer, de stabiliteit van de ondergrond en vorstbescherming van de grond. Wij adviseren u hiervoor geotechnisch advies in te winnen bij een ingenieursbureau.

Tabel 1 geeft een opdeling van het verkeer in verschillende belastingscategorieën en een indicatieve dikte van de fundering in een ongebonden steenslag. Rekening houdend met het feit dat de draagkracht zal afnemen tijdens de periodes van waterbuffering in de structuur, wordt de toepassing van waterdoorlatende bestratingen beperkt tot licht belaste wegen met in de praktijk niet meer dan 100 vrachtauto's per dag.

Uitgaande van een bepaalde neerslagintensiteit en afstroom van andere verhardingen, kan blijken dat de minimale funderingsdikte voor verkeersbelastingen ontoereikend is om als buffer te dienen. In dat geval wordt de te behalen buffercapaciteit leidend voor de funderingsdikte.

| CAT. | WEGTYPE                | OMSCHRIJVING                                                   | GEBRUIKSFUNCTIE                                  | INTENSITEIT                                          | DIKTE*     |
|------|------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------|
| 6    | Weg in verblijfsgebied | Verhardingen die voornamelijk door voetgangers gebruikt worden | Voetpaden, winkelerven, pleinen                  | Licht verkeer: occasioneel<br>Zwaar verkeer: geen    | 10 - 15 cm |
| 5    | Weg in woongebied      | Verhardingen in woongebieden met sporadisch vrachtverkeer      | Woonstraat, woonerf, parkeerterrein              | Licht verkeer: max. 500<br>Zwaar verkeer: max. 20    | 20 - 25 cm |
| 4    | Licht belaste weg      | Wegen met weinig vrachtverkeer                                 | Buurtontsluitingsweg, aangrenzende parkeervakken | Licht verkeer: max. 5.000<br>Zwaar verkeer: max. 100 | 30 - 35 cm |

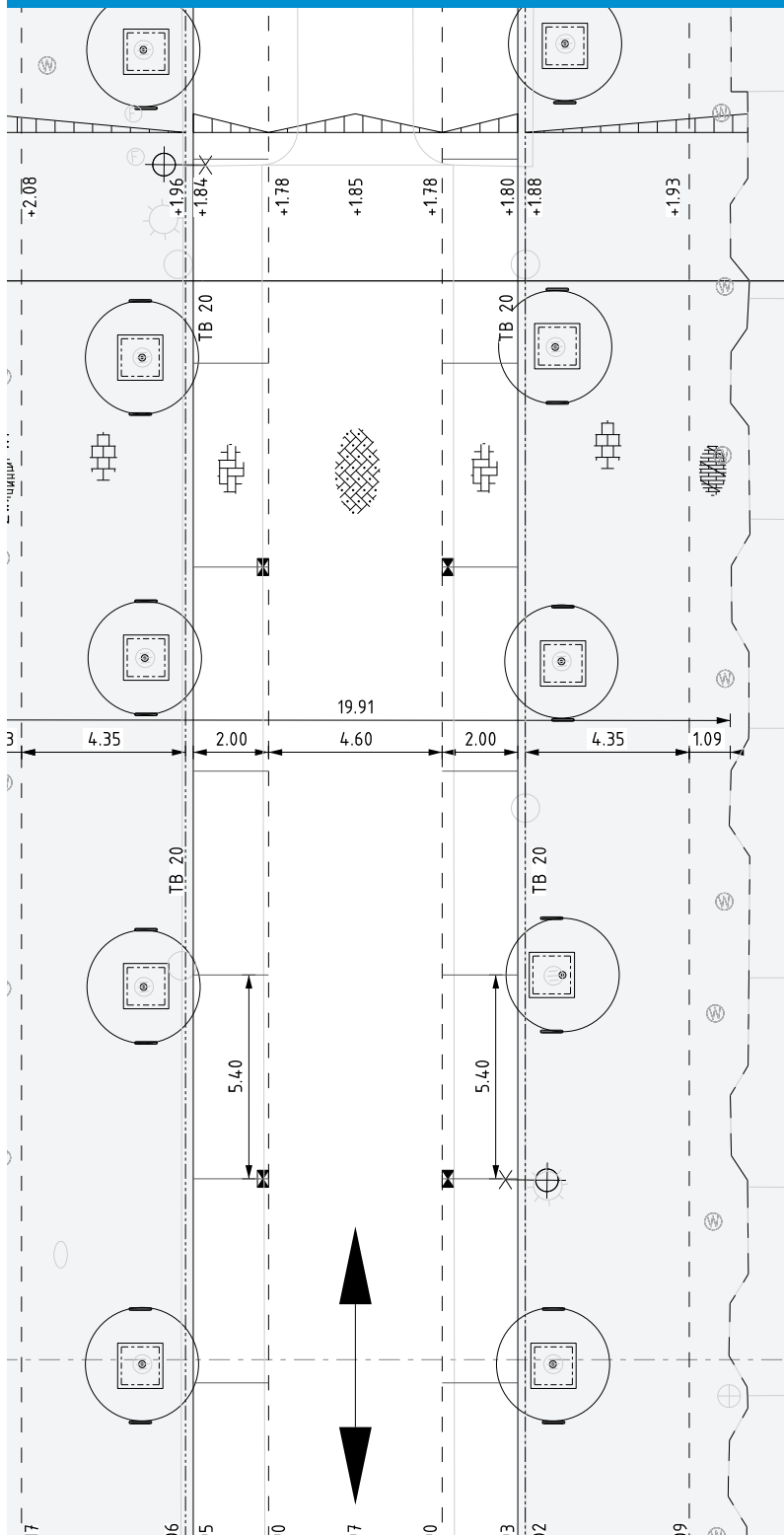
Tabel 1

\* op basis van ongebonden steenfundering



Praktijkcase I

Afkoppelen regenwater woonwijk jaren '30  
Ontwerpbui = 50 mm / 60 min  
Gekozen voor 300 mm funderingsdikte met waterpasserende stenen in zowel de rijbaan als parkeervakken. De straatkolk dient als noodvoorziening bij buien van meer dan 30 mm.



Infiltratiesnelheid

$$S = \frac{50 \times 10.000}{60 \times 60} =$$

139 liter/sec/ha

Veiligheidsfactor voor vervuiling  
ivm bomen

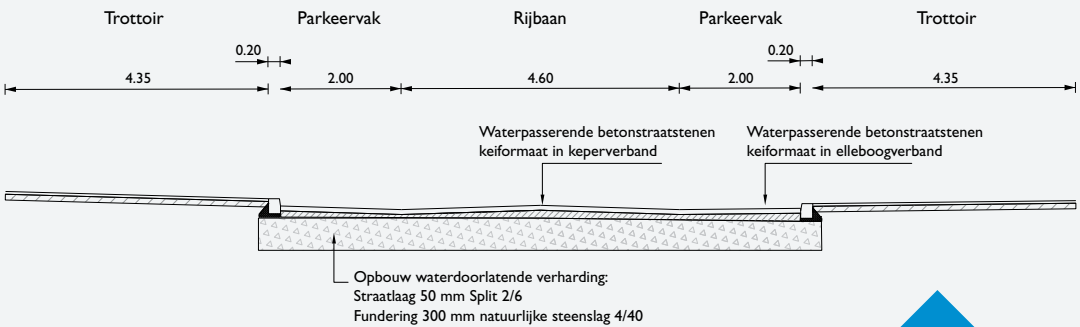
V = 2,5

Minimale infiltratie verharding

$$S \times \frac{\text{totale opp}}{\text{infiltrerend opp}} \times V = 139 \times \frac{2720}{850} \times 2,5 =$$

1.112 ltr/sec/ha

|                | AANTAL M² | SOORT OPPERVLAKE |
|----------------|-----------|------------------|
| Daken          | 1.000     | Afstromend       |
| Trottoirs      | 870       | Afstromend       |
| Parkeervakken  | 400       | Infiltrerend     |
| Rijbaan        | 450       | Infiltrerend     |
| Straatkolk HWA | nvt       | Overloop         |



Bergingscapaciteit

B = 50 mm

Holle ruimte funderingsmateriaal

H = 30%

Minimale dikte fundering

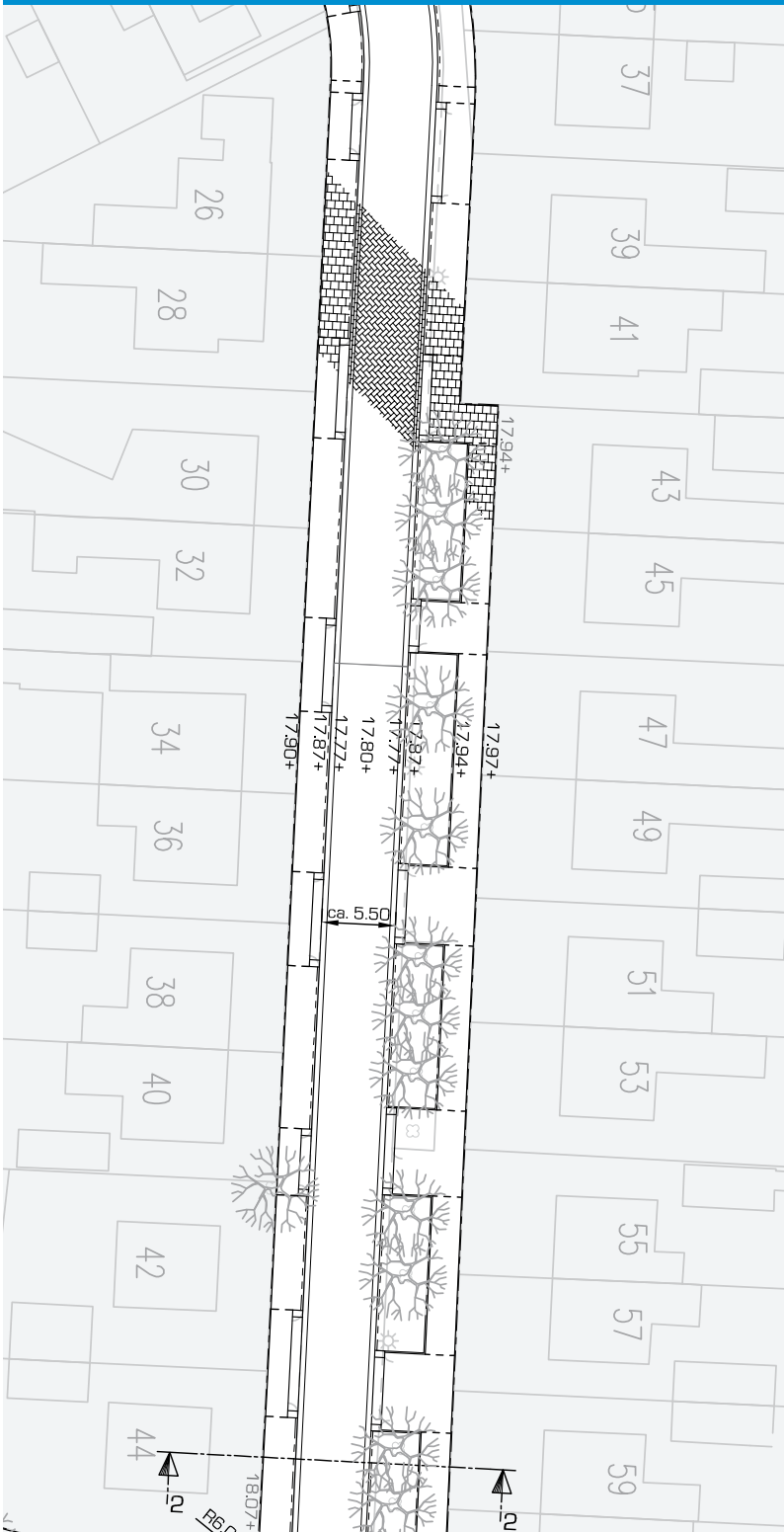
$$B \times \frac{100}{30} \times \frac{\text{totale opp}}{\text{infiltrerend opp}} = 50 \times \frac{100}{30} \times \frac{2770}{850} =$$

533 mm



Praktijkcase 2

Afkoppelen regenwater woonwijk jaren '60  
Ontwerpbui = 30 mm / 45 min  
Gekozen voor 300 mm funderingsdikte en water-  
passerende stenen in de rijbaan. De groenvakken met  
bomen tellen mee in het infiltrerend vermogen, zorgen  
voor verdamping, schaduw en daarmee verkoeling.



Infiltratiesnelheid

$$S = \frac{30 \times 10.000}{45 \times 60} =$$

III liter/sec/ha

Veiligheidsfactor voor vervuiling  
ivm bomen

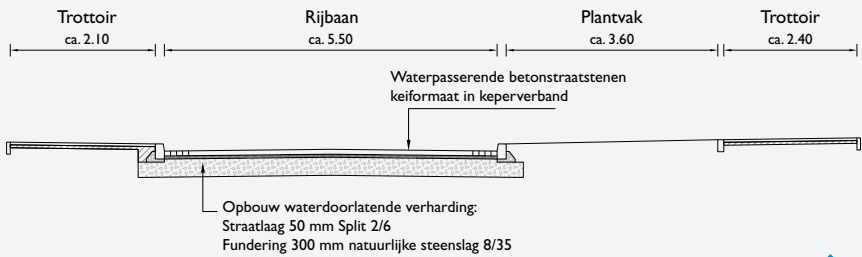
V = 3

Minimale infiltratie verharding

$$S \times \frac{\text{totale opp}}{\text{infiltrerend opp}} \times V = III \times \frac{1940}{640} \times 3 =$$

I.009 ltr/sec/ha

|             | AANTAL M² | SOORT OPPERVLAK |
|-------------|-----------|-----------------|
| Daken       | 800       | Afstromend      |
| Oprit       | 100       | Afstromend      |
| Trottoir    | 400       | Afstromend      |
| Groenvakken | 200       | Infiltrerend    |
| Rijbaan     | 440       | Infiltrerend    |



Bergingscapaciteit

B = 30 mm

Holle ruimte funderingsmateriaal

H = 30%

Minimale dikte fundering

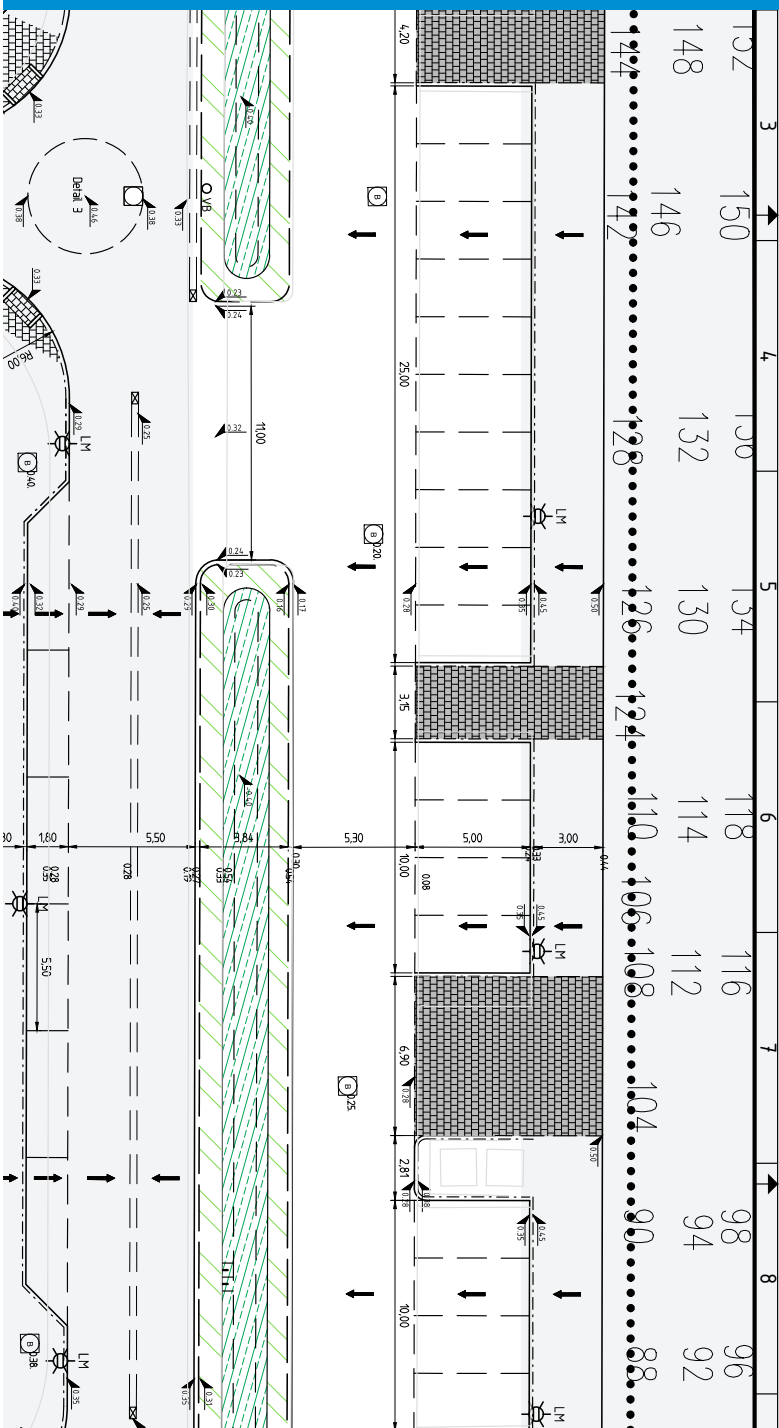
$$B \times \frac{100}{30} \times \frac{\text{totale opp}}{\text{infiltrerend opp}} = 30 \times \frac{100}{30} \times \frac{1940}{640} =$$

288 mm



Praktijkcase 3

Afkoppelen daken portiekflats  
Ontwerpbui = 32,4 mm / 60 min  
Gekozen voor 150 mm funderingsdikte onder de parkeervakken en rijbaan. De parkeervakken bestaan uit waterdoorlatende betonstraatstenen, de rijbaan uit normale bakstenen. NB: de rijbaan stroomt af op de wadi en telt niet mee in de berekeningen voor infiltratie. De rijbaan telt wél mee voor berging in verband met de onderliggende fundering.



Infiltratiesnelheid

$$S = \frac{32,4 \times 10.000}{60 \times 60} =$$

90 liter/sec/ha

Veiligheidsfactor voor vervuiling  
ivm bomen

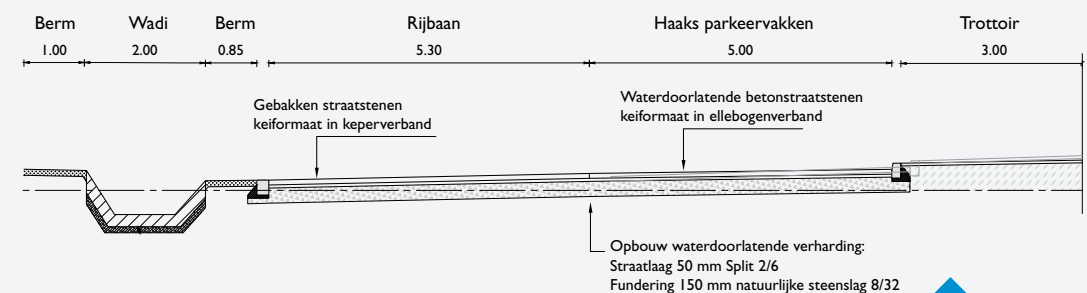
V = 2

Minimale infiltratie verharding

$$S \times \frac{\text{totale opp}}{\text{infiltrerend opp}} \times V = 90 \times \frac{520}{200} \times 2 =$$

1.112 ltr/sec/ha

|               | AANTAL M² | SOORT OPPERVLAK |
|---------------|-----------|-----------------|
| Daken         | 200       | Afstromend      |
| Trottoir      | 120       | Afstromend      |
| Parkeervakken | 200       | Infiltrerend    |
| Rijbaan       | 220       | Afstromend      |
| Wadi          | 154       | Infiltrerend    |



Bergingscapaciteit

B = 32,4 mm

Holle ruimte funderingsmateriaal

H = 30%

Minimale dikte fundering

$$B \times \frac{100}{30} \times \frac{\text{totale opp}}{\text{infiltrerend opp}} = 32,4 \times \frac{100}{30} \times \frac{520}{420} =$$

133 mm





### 3. Functionele eisen materialen

De materialen voor een waterregulerend bestratingssysteem hangen sterk met elkaar samen. Het type steen bepaalt het soort voegmateriaal, het voegmateriaal dient te worden afgestemd met de straatlaag en de straatlaag met de fundering. De eisen die aan deze materialen worden gesteld zijn hoog, omdat deze enerzijds holle ruimten moeten bevatten en anderzijds voldoende draagkracht.

#### 3.1 Eigenschappen ongebonden steenslag

De fundering is de laag die enerzijds de verticale verkeersbelasting opvangt en verdeelt naar de ondergrond. Het belastingsprekend vermogen wordt voor een belangrijk deel ontleend aan de overdracht van krachten ter plaatse van de contactpunten van de korrels. Naarmate de holle ruimten tussen de grove korrels beter worden opgevuld met kleine korrels neemt het aantal contactpunten toe. Anderzijds moet de fundering voldoende holle ruimten bevatten (ca. 30%), om hemelwater naar de ondergrond af te voeren en mag daarom geen fijne fracties bevatten. Geschikte sorteringen zijn daarom ongebonden steenslagen met bijvoorbeeld 4/40, 8/32 en 8/35 met eigenschappen die langdurig bijdragen aan de draagkracht en stabiliteit. Functionele eisen die hieraan gerelateerd kunnen worden zijn:

- Weerstand tegen verbrijzelingsweerstand NEN-EN 1097-2: >LA20
- Haakweerstand, vlakheidindex NEN-EN 933-3: >FI20
- Weerstand tegen afslijting NEN-EN 1097-1: >MDE20

Door de hardheid en hoekigheid van het materiaal verdient het vlak maken van de baan meer aandacht. Het percentage holle ruimten kan worden vastgesteld door het gewicht van het materiaal in verdichte toestand te delen door soortelijk gewicht. Om inzicht te krijgen in de draagkracht van funderingsmaterialen heeft KOAC•NPC een testopstelling ontwikkeld waarmee in het laboratorium de stijfheid kan worden gemeten. In een stalen bak wordt circa 0,5 m<sup>3</sup> materiaal ingebouwd waarna de stijfheidsmodulus wordt gemeten met de Light Weight Deflectometer (LWD).

#### 3.2 Eigenschappen straatlaag

De straatlaag is een laag van 40 tot 50 mm dik en dient als vlakke ondergrond voor de stenen. De straatlaag moet beschikken over een hoge doorlaatbaarheid zodat het water geen invloed heeft op de draagkracht en pompwerking wordt uitgesloten. Verder is belangrijk dat de straatlaag filterstabiël is met de fundering, zodat deze niet hierin wegzakt. Geschikte sorteringen voor de straatlaag op een fundering 4/40, 8/32 of 8/35 is een split 2/6. In verband met dichtslaan van de laag met te veel fijne materialen is het belangrijk dat deze stofarm wordt aangeleverd.



Ook hier moet de hardheid en hoekigheid van het materiaal ervoor zorgen dat deze laag niet wordt vervormd of verpulverd onder hoge belastingen in combinatie met water.

Functionele eisen van de straatlaag zijn:

- Hoge verbrijzelingsweerstand: >LA20
- Hoge afslijtingsweerstand: >MDE20
- Stofarm aangeleverd
- Niet kalkhoudend

#### 3.3 Eigenschappen voegmateriaal

Het materiaal tussen de voegen heeft als functie om de krachten tussen de stenen over te dragen en te verdelen. Daarnaast moeten de voegen waterdoorlatend zijn. Door de voegvulling is de bestrating één geheel. Dit zorgt er mede voor dat de stenen niet uit het verband raken en gaan splinteren. Door de grote krachten die uitgeoefend worden is ook hier de hardheid van het materiaal een belangrijke vereiste. Als voegvulling wordt split toegepast. De korrelgrootte is een 1/3 of 2/6 afhankelijk van het type waterregulerende steen dat wordt toegepast.

De functionele eisen van het voegmateriaal zijn:

- Hoge verbrijzelingsweerstand: >LA20
- Hoge afslijtingsweerstand: >MDE20
- Stofarm aangeleverd
- Niet kalkhoudend





## 4. Waterregulerende verhardingen

Een waterregulerende verharding kan waterdoorlatend of waterpasserend zijn. Een doorlatende verharding bestaat uit poreuze stenen, zogenaamde Drainagestenen. Waterpasserende verhardingen zijn stenen met uitsparingen of verbrede afstandhouders, zoals de H2O-stenen en Passeostenen. DrainwaveXL-stenen hebben een uitsparing voor een drainvoeg, een waterdoorlatend vilt dat vuil tegenhoudt en een alternatief is voor split.



Drainagestenen



H2O-stenen



Passeostenen

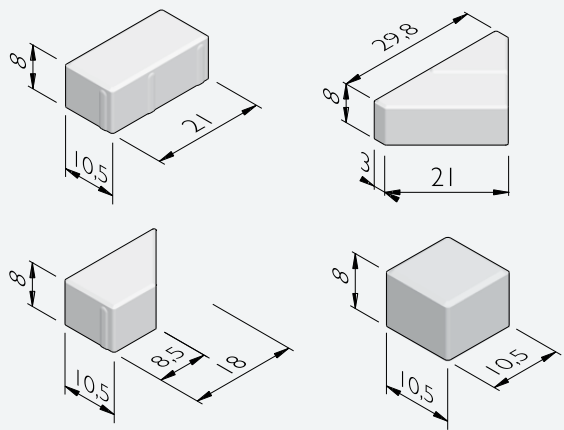
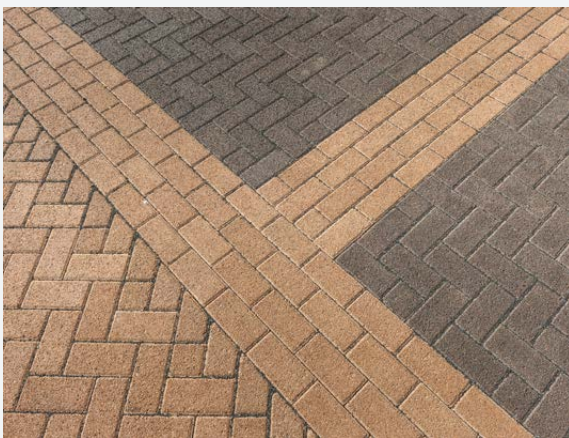


DrainwaveXL-12strips



### 4.1 Drainagestenen

Deze betonstraatstenen zijn waterdoorlatend door een poreuze betonsamenstelling. Als variant kan deze steen ook worden voorzien van een fijne poreuze deklaag. Drainagestenen vallen buiten de NEN-EN 1338. Voor eigenschappen en de doorlatendheid gelden de normeringen van de BRL 2317. De gemiddelde infiltratiesnelheid moet 540 ltr/sec/ha zijn. Vanwege een lagere buigtreksterkte wordt het afgeraden om deze steen in wegen met zwaar wringend verkeer toe te passen. Door de poreuze samenstelling kunnen Drainagestenen niet vacuüm gelegd worden.



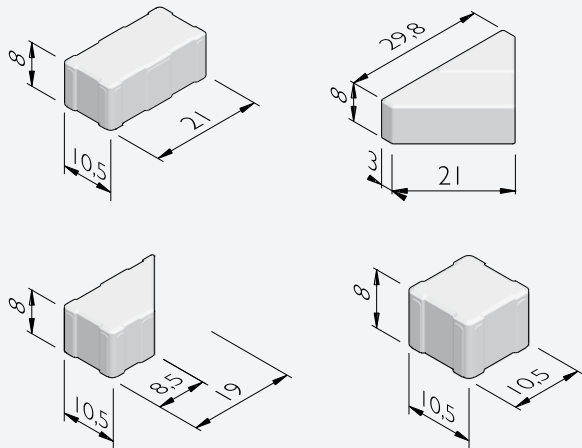
| SPECIFICATIES DRAINAGESTENEN |                                        |
|------------------------------|----------------------------------------|
| Afmeting                     | 21 x 10,5 x 8 cm                       |
| Aantal per m <sup>2</sup>    | 45 stuks                               |
| Hulpstukken                  | Kepersteen, halve steen, bisschopsmuts |
| Textuur                      | Drain                                  |
| Voegmateriaal                | Split 1/3                              |
| Infiltratie                  | Ca. 800 ltr/sec/ha                     |



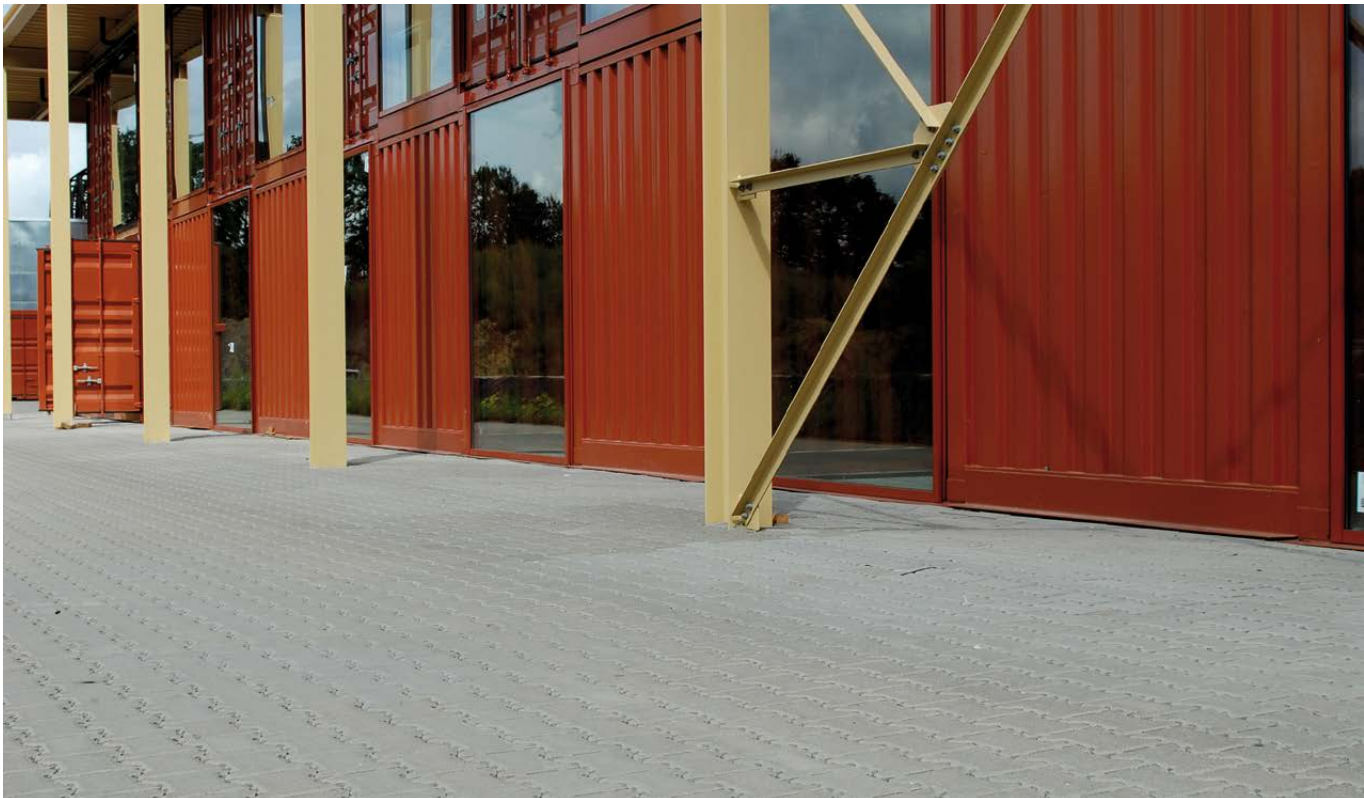


#### 4.2 H2O-stenen

Deze betonstraatstenen zijn voorzien van uitsparingen waardoor het water kan infiltreren door ca. 2,5% van het oppervlak. H2O stenen kunnen met verschillende deklagen uitgevoerd worden, zoals bijvoorbeeld Baleno en Lavarò. H2O-stenen voldoen aan de NEN-EN 1338 en kunnen worden toegepast op licht belaste wegen (categorie 4). Op het gebied van comfort zijn H2O-stenen minder geschikt voor voetgangers en winkelkarretjes.

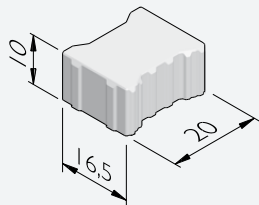


| SPECIFICATIES H <sub>2</sub> O-STENEN |                                                          |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Afmeting                              | 21 x 10,5 x 8 cm                                         |
| Aantal per m <sup>2</sup>             | 45                                                       |
| Hulpstukken                           | Kepersteen, halve steen, bisschopsmuts zonder uitsparing |
| Textuur                               | Standaard, Baleno, Lavarò, Keranova                      |
| Uitsparing                            | 2,5%                                                     |
| Voegmateriaal                         | Split 2/6                                                |
| Infiltratie                           | Ca. 2.500 ltr/sec/ha                                     |



#### 4.3 Passeostenen

Deze betonstraatstenen hebben een H-profiel en zijn 10 cm dik voor extra stabiliteit. De openingen voor infiltratie bedragen maar liefst 10% van het oppervlak. Passeostenen zijn alleen verkrijgbaar in een standaard uiterlijk. Passeostenen voldoen aan de BENOR 1338 en kunnen toegepast worden op licht belaste wegen (categorie 4) en opslagterreinen.



| SPECIFICATIES PASSEOSTENEN |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| Afmeting                   | 22 x 16,5 x 10 cm                  |
| Aantal per m <sup>2</sup>  | 30 stuks                           |
| Hulpstukken                | 3 halve stenen in machinaal pakket |
| Textuur                    | Standaard                          |
| Uitsparing                 | 10%                                |
| Voegmateriaal              | Split 2/6                          |
| Infiltratie                | Ca. 10.000 ltr/sec/ha              |



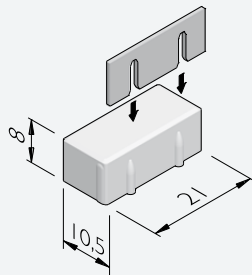


4.4 DrainwaveXL-stenen

Drainvoegen zijn bedacht door Drainvast en ondervangen het nadeel van los voegmateriaal dat bij onderhoud uit de openingen geveegd kan worden. Dit machinale pakket wordt kant-en-klaar geleverd met 12 Drainvoegen verspreid over een laag. De Drainvoegen hebben een afmeting van 8x205x80 mm die aangebracht zijn tussen 12 betonstraatstenen met afstandhouders van 8 mm over de lange zijde. Deze zijn makkelijk te herkennen, waardoor de stenen ook geschikt zijn voor herstraten. Drainvoegen hebben een hoge doorlaatbaarheid: 12 Drainvoegen per laag hebben een infiltratiesnelheid van ca. 2.000 ltr/sec/ha. De hele laag kan ingeveegd worden met een split 1/3.

Drainvoegen kunnen ook worden toegepast in bestratingen met grootformaten die in halfsteens- of blokverband gelegd worden. Het aantal strekkende meters Drainvoegen kan dan worden berekend aan de hand van de benodigde infiltratiesnelheid.

| SPECIFICATIES DRAINWAVEXL-STENEN |                                             |
|----------------------------------|---------------------------------------------|
| Afmeting                         | 21 x 10,5 x 8 cm                            |
| Aantal per m²                    | 45                                          |
| Hulpstukken                      | Bisschopsmuts zonder uitsparing             |
| Textuur                          | Standaard, Baleno, Lavaró, Keranova         |
| Uitsparing                       | 2,5%                                        |
| Voegmateriaal                    | Split 1/3                                   |
| Doorlatendheid                   | 12 strips per laag:<br>ca. 2.000 ltr/sec/ha |



4.5 Overzicht stenen en te gebruiken materialen

Onderstaande stenen en materialen zijn op elkaar afgestemd voor een optimale werking.

|                                | H <sub>2</sub> O 8 CM<br>(SPARING 2,5%) | DRAINAGE 8 CM<br>(POREUS) | DRAINWAVEXL MET<br>DRAINVOEGEN | PASSEO<br>(SPARING 10%)  |
|--------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Doorlatendheid<br>(ltr/sec/ha) | Ca. 2.500                               | Ca. 800                   | Ca. 2.000                      | Ca. 10.000               |
| Voegmateriaal<br>(stofarm)     | Split 2/6<br>LA20, MDE20                | Split 1/3<br>LA20, MDE20  | Split 1/3<br>LA20, MDE20       | Split 2/6<br>LA20, MDE20 |
| Straatlaag<br>(stofarm)        | Split 2/6<br>LA20, MDE20                | Split 2/6<br>LA20, MDE20  | Split 2/6<br>LA20, MDE20       | Split 2/6<br>LA20, MDE20 |
| Fundering                      | 8/32<br>LA20, MDE20                     | 8/32<br>LA20, MDE20       | 8/32<br>LA20, MDE20            | 8/32<br>LA20, MDE20      |

NB: Genoemde splitsoorten zijn niet kalkhoudend en worden stofarm aangeleverd.



## 5. Onderhoud en beheer

Vuil dat op de straat terecht komt, zorgt voor dichtslibbing van de bovenste laag van de waterdoorlatende bestrating waardoor het functioneren na verloop van tijd afneemt. Het regelmatig inspecteren en onderhouden van de bestrating is – net als bij riolering – essentieel en moet daarom in de jaarlijkse budgetten worden meegenomen als onderdeel van het wegenbeheerplan, dan wel het gemeentelijke rioleringsplan.

### 5.1 Oorzaken vervuiling

Oorzaken voor de vervuiling en dichtslibbing van waterpasserende verhardingen door natuurlijke invloeden, kunnen zijn:

- Dichtslibbing veroorzaakt door aanvoer van stoffen uit de atmosfeer, die op de wegen neerslaan en in de voegen dringen.
- Verstopping veroorzaakt door de groei van onkruid in de voegen.
- Dichtslibbing veroorzaakt door aanvoer van stofdeeltjes die door waterstromen van de omliggende verhardingen naar de voegen stromen en indringen.
- Verslechtering van het wegoppervlak veroorzaakt door het bevriezen en ontdooien van het wegoppervlak. Door het bevriezen en ontdooien van het wegoppervlak kunnen spanningen in de fundering ontstaan en kunnen stukken steen/split vergruizen en in de voegen dringen.
- Verstopping veroorzaakt door bladval van de bomen, die de mogelijkheden tot infiltratie beperken
- Dichtslibbing veroorzaakt door het inspoelen van tuinaarde, grond en groen afval, afkomstig uit aangrenzende groenstroken, tuinen of boomvakken. Door dit inspoelen raakt ongeveer de eerste 50 cm aangrenzende verharding verstopt.

De enige manier op dit op te lossen is het toepassen van regelmatig en grondig onderhoud. Vooral tijdens en na periode van bladval moet de verharding worden schoongehouden.

### 5.2 Veeg-/zuigwagen

Regulier onderhoud wordt uitgevoerd met veegwagens die het straatvuil opvegen. Dit gaat het beste in droge omstandigheden, omdat het vuil dan los ligt en gemakkelijk wordt opgezogen door de veegwagens. Het advies is om dit minimaal twee keer per jaar uit te voeren.

### 5.3 ZOAB-reiniger

Grondig onderhoud kan worden uitgevoerd met een ZOAB reiniger. Deze zuigt het straatvuil door toepassing van hogedruk- en vacuümtechniek van de straat af. Het advies is om minimaal één keer in de twee jaar op deze wijze de straat te reinigen, omdat de vervuiling anders te diep in de steen of de straatlaag is getrokken.

**TIP:** Voor de H2O- en Passeostenen geldt dat het split dat uit de voegen wordt geveegd of gezogen, direct weer aangevuld moet worden. Anders bestaat de kans dat de stenen gaan klapperen en splinteren.

### 5.4 Reiniging parkeervakken

Een punt van aandacht bij het ontwerp is dat parkeerplaatsen die overdag bezet zijn niet gereinigd kunnen worden. Om die reden kan misschien beter besloten worden om alleen de rijbaan waterdoorlatend te maken.



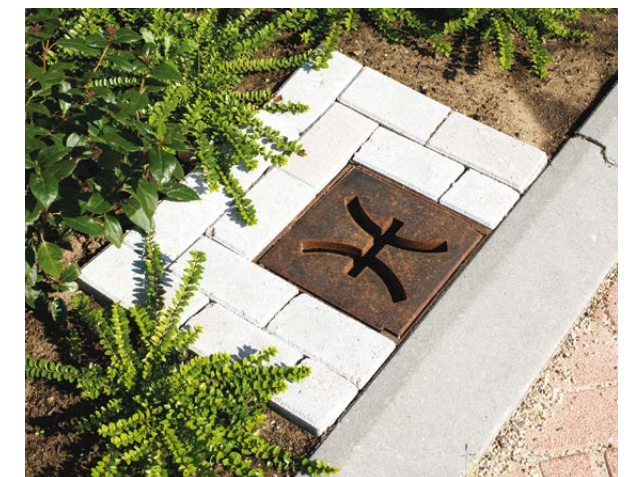
Spuer met hemelwaterafvoertegels

## 6. Voorkomen van vervuiling

De aanvoer van vuil naar het waterregulerende systeem moet zoveel mogelijk worden beperkt. Het bovengronds afvoeren van hemelwater van daken via de tuin zorgt dat er te veel vuil naar de straat spoelt. Bij groenvoorzieningen geldt dat deze goed omrand moeten worden, omdat anders de grond kan uitspoelen.

### 6.1 Uitstroomvoorzieningen

Een oplossing om vervuiling uit de voortuinen te voorkomen is, om via de regenpijp ondergronds een leiding naar het trottoir te maken waar het water via een spuer of exfiltratiekolk over de straat kan lopen. Hemelwaterafvoertegels zorgen voor een goede afvoer en een leuk effect.



Exfiltratiekolk





Verdiept speelplein omrand met Solids & Seats

## 6.2 Groenomrandingen

Groenstroken en bomen dragen bij aan het infiltrerend vermogen van het gebied. Verdamping en schaduwplekken zorgen voor meer verkoeling. Om afspoeling van fijne teeltaarde en opgehoopte bladeren te voorkomen moeten de groenvoorzieningen goed omrand worden, bijvoorbeeld met een hoge opsluit-, gazonband of een boomkrans. Deze plekken bieden tevens gelegenheid om



Boomkransen

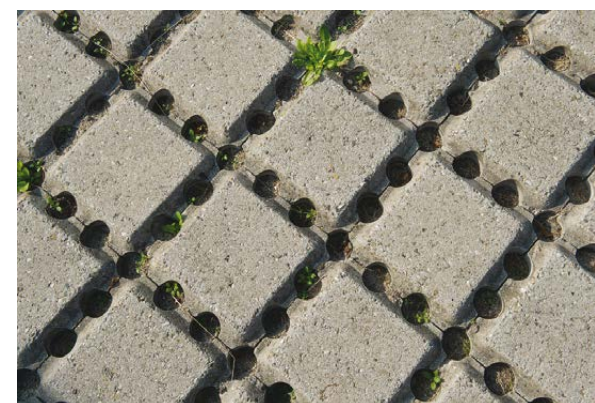
met infiltratiekratten te werken voor extra buffering ter plekke. Dit principe kan ook worden toegepast met een speelveld dat ruim onder maaiveldniveau ligt en dus ook kan dienen als waterplein.

## 6.3 Communicatie met bewoners

Bewoners kunnen door diverse werkzaamheden de wateregulerende bestrating vervuilen. Door bewoners goed op de hoogte te stellen en met borden aan te geven dat er een infiltrerende verharding aanwezig is, kan veel vervuiling worden voorkomen.

# 7. Aanvullende vormen van infiltrerende verharding

Er zijn diverse soorten groenbestrating die het infiltrerend vermogen van een wijk kunnen verhogen. Deze open verhardingen kunnen ingezaaid worden, maar ook afgevuld met een grof split voor een hoge infiltratiesnelheid.



Groenstenen



Ventilatiegels



Greenbrick



Hydro Lineo



Square



Virage





**STRUYK VERWO ♦ INFRA**

*Straatbepalend.*

## Colofon

Deze whitepaper is samengesteld door Struyk Verwo Infra BV  
met behulp van de volgende publicaties:

Versickerungsfähige Pflastersysteme aus Beton, SLG 2002

Extreme neerslag in bebouwd gebied, RIONED 2010

Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen, FEBESTRAL 2012

BRL 2317 Waterdoorlatende bestratingselementen van beton, KIWA 2014

Permeable Pavements, Guide to the design, construction and maintenance, INTERPAVE 2015

Handreiking, infiltrerende verhardingsconstructies, TAUW 2016

Waterdoorlatende betonbestrating, BETONIEK 2016

De kunst van "Straatbouw & Straatwerk", SEB 2017