

De vereniging  
waar stratenmakers  
specialisten zijn

Handleiding

**Kwaliteitsbepalingen bestratingswerken**



Handleiding  
**Kwaliteitsbepalingen  
bestravingswerken**

H.H.H.M. (Hans) de Vaan  
1e druk

# Inleiding

Kwaliteit leveren betekent investeren in kwaliteit en systematische kwaliteitszorg is een bedrijfsfilosofie. Door professionals wordt deze zorg ook wel als 'Kwalisofie' aangeduid. Binnen het bedrijf levert het een bijdrage aan de vergroting van het plezier in het werk omdat van alle medewerkers onderlinge samenwerking wordt verlangd en creativiteit in denken en handelen. Als er kwaliteit geleverd wordt, willen we dat graag aan iedereen laten weten, omdat we er trots op zijn.

Natuurlijk dient kwaliteit ook als extra zekerheid bij contracten met opdrachtgevers. Systematische kwaliteitszorg is een onderwerp dat steeds in de belangstelling blijft staan. Daarvan getuigt de recente Wet Kwaliteitsborging (Wkb). De Bestratingsbranche beschikt met de SEB - Erkenningsregeling en met het KOMO - Procescertificaat (BRL 9334) reeds lang over onafhankelijke marktpartijen ter toetsing van de kwaliteit van haar eindproducten. Maar voor de eigen medewerkers – zeker op de werkvloer - worden kwaliteitssystemen vaak ook ervaren als een vorm van bureaucratie, waarbij de kwaliteitshandboeken op de plank in kantoor en directieket staan te verpieteren. De gangbare kwaliteitssystematiek is vaak te weinig pragmatisch en daardoor minder goed hanteerbaar op de 'werkvloer'. Bij aannemingsbedrijven kan intern meer worden gedaan aan de stelselmatige kwaliteitsbepaling van de resultaten van werkzaamheden in de openbare ruimte.

In dit kader doel ik dan op het zelf bepalen van resultaten van bestratingswerken zoals: de verdichting van funderingslagen of de ligging van het straatwerk in alle facetten. In de praktijk wordt de kwaliteitsbepaling naar mijn mening thans te veel overgelaten aan de toezichthouder, directievoerder of aan de auditor van de certificerende organisatie. Ik ben van mening dat de medewerkers die belast zijn met de uitvoering in staat moeten zijn om hun eigen (dag)resultaten te bepalen. Deze vaardigheden bevorderen de kwaliteit van werken en betrokkenheid van alle medewerkers aanzienlijk; niet alleen als corrigerende maar ook als preventieve maatregel. Daarbij komt: hoe later een fout ontdekt wordt, hoe kostbaarder het corrigeren daarvan wordt. Voor alles moet voorkomen worden dat een fout door de opdrachtgever wordt ontdekt.

De kwaliteitsbepaling vereist naast kennis van normen, voorschriften en eisen, ook ervaring om bepaalde handelingen en metingen te verrichten, evenals een serene instelling om een objectief oordeel te vormen over normaal te verwachten resultaten of prestaties. De resultaten van werkzaamheden moeten los staan van de inspanningen en kosten die daarbij werden verricht. Het is uiteindelijk slechts de kwaliteit van de productie (= de output) die in feite telt.

Deze handleiding over de kwaliteitsbepaling in de openbare ruimte is bedoeld voor iedereen die vakmatig met de uitvoering of controle van bestratingen is betrokken. Een bepaalde basisvak kennis wordt verondersteld aanwezig te zijn. Zij bestaat uit een vijftal hoofdstukken te weten:

- Hfd. 01 Kwaliteit: meten is weten** *Wat is kwaliteit en wat is daar zo moeilijk aan;*
- Hfd. 02 Bestratingsnormen** *Wanneer worden ze toegepast en welke soorten zijn er;*
- Hfd 03 Gereedschap controle** *Welke gereedschappen zijn nodig;*
- Hfd 04 15-tal Beoordelingscriteria**
- Hfd 05 Infiltrerende bestrating** *Verschillen met andere bestrating.*

Het zou een mooi resultaat van deze handleiding zijn indien iedere medewerker de controleur (auditor) van zijn eigen bestrating of (dag)productie zou zijn.

# Inhoudsopgave

<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>01 Kwaliteit: meten is weten, maar weet wat je meet</b>	<b>6</b>
<b>02 Landelijke bestratingsnormen: eisen, richtlijnen</b>	<b>8</b>
02.1 Ad. A: Tijdstip van beoordelen bestratingswerk	9
02.2 Ad. B: Soorten bestratingsnormen en eisen bij nieuw werk	9
<b>03 Meetgereedschap voor controles</b>	<b>12</b>
<b>04 15-tal Beoordelingscriteria</b>	<b>14</b>
04.1 Ad. 1: Fundering	14
04.2 Ad. 2: Dwarsprofiel	17
04.3 Ad. 3: Hoogteligging profiel	20
04.4 Ad. 4: Effenheid	20
04.5 Ad. 5: Vlakheid	21
04.6 Ad. 6: Haaksheid	21
04.7 Ad. 7: Klik	22
04.8 Ad. 8: Paswerk	23
04.9 Ad. 9: Voegen	24
04.10 Ad. 10: Plaatsing	26
04.11 Ad. 11: Verband	27
04.12 Ad. 12: Goten	29
04.13 Ad. 13: Kolken	29
04.14 Ad. 14: Plasvorming	30
04.15 Ad. 15: Materialen	31
<b>05 Infilterende bestrating</b>	<b>32</b>
05.1 Ad. 1: Fundering	33
05.2 Ad. 2: Dwarsprofiel	34
05.3 Ad. 9: Voegen	34
05.4 Ad. 14: Plasvorming	34
<b>Samenvatting</b>	<b>36</b>

# 01 Kwaliteit: meten is weten, maar weet wat je meet

## Spelregels

Het bepalen van kwaliteit is een zo objectief mogelijk beoordelingsproces waarbij overeengekomen criteria en 'spelregels' worden gehanteerd zoals deze zijn voorgeschreven in: bestekseisen, bestratingsnormen en richtlijnen. In die zin is de 'kwaliteitscontroleur' enigszins vergelijkbaar met een scheidsrechter die toeziet op de uitvoering van de vooraf overeengekomen spelregels in het speelveld.

## Beoordelingscriteria

Het is niet zo dat ieder resultaat daarbij ook exact meetbaar is, omdat bepaalde resultaten slechts volgens een subjectieve methode te beoordelen zijn (b.v. 'op het oog'). Uiteraard is het dan wel de bedoeling om persoonlijke invloeden zo veel mogelijk uit te schakelen, wat niet wegneemt dat een kwaliteitsbepaling voor een deel een arbitraal karakter blijft houden. Dit houdt in dat op basis van eigenmachtig inzicht beoordelingen worden gedaan of bepaalde normen worden geïnterpreteerd. Kwaliteit betekent dus dat het (eind)resultaat van het werk op basis van de overeengekomen beoordelingscriteria voldoet aan de afspraken en verwachtingen van de opdrachtgever. In het Burgerlijk Wetboek wordt dit (eind)resultaat omschreven als zijnde: "deugdelijk werk" ofwel "het werk voldoet aan alle eisen".

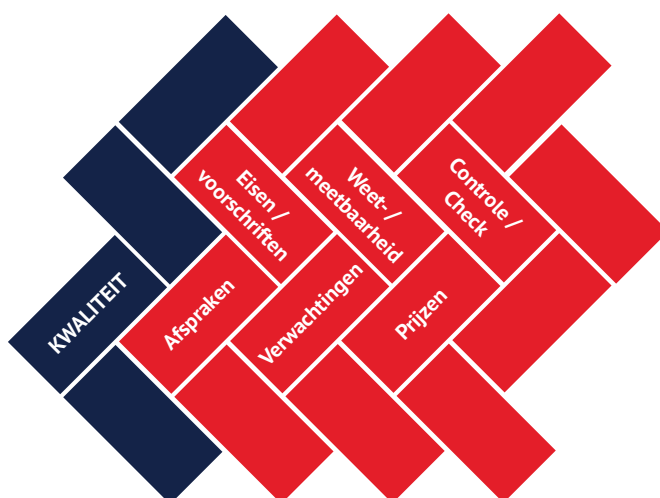


Fig. 1

Evenwel staat nergens beschreven dat de uitvoering van het werk winstgevend moe(s)t zijn. Er bestaat dus geen directe relatie tussen kwaliteit en aanneemprijs; niettegenstaande dat de praktijk leert dat bij te hoge kosten vaak met de kwaliteit gesjoemeld wordt. Het spreekt voor zich dat het behalen van winst wel het doel van iedere onderneming is en dat de inschrijving op het werk in beginsel op dit winststreven gericht zal zijn.

## Afspraken vastleggen

Verder is het van belang om vooraf goede afspraken te maken over de kwaliteit van het werk zodat er tussentijds of naderhand geen misverstanden over ontstaan. Dit geldt zeker voor particuliere opdrachtgevers die vaak niet werken met bestekken of onderbouwde opdrachten en ook niet op de hoogte zijn van de gangbare bestratingsnormen, aanbestedingsprocedures en garantiebepalingen. Mede door deze onkunde hebben ze vaak andere verwachtingen en voelen zich achteraf bedrogen; dit te meer omdat er in dit deel van de consumentenmarkt veel 'beunhazen' of hoveniersbedrijven werkzaam zijn tegen afbraakprijzen.

SEB- of KOMO-gecertificeerde aannemingsbedrijven bieden voor de opdrachtgever doorgaans een gegarandeerde kwaliteit door middel van hun deelname aan deze organisaties. Uiteraard is deze deelname op zich nooit een automatische kwaliteitsgarantie. In die zin blijven (interne) controles en waakzaamheid belangrijke instrumenten om elkaar 'scherp' te houden.

## 02 Landelijke bestratingsnormen: eisen, richtlijnen

Als we uit visueel/esthetisch/verkeerstechnisch oogpunt naar bestrating kijken dan dient deze bestrating er mooi, vlak en strak bij te liggen. In kwalitatief goede bestrating komt geen gebroken of beschadigde elementen voor. Ook mag er geen ongewenste plasvorming optreden. Kijken we uit technisch/constructief oogpunt dan moet bestrating veilig, sterk en duurzaam in gebruik zijn.

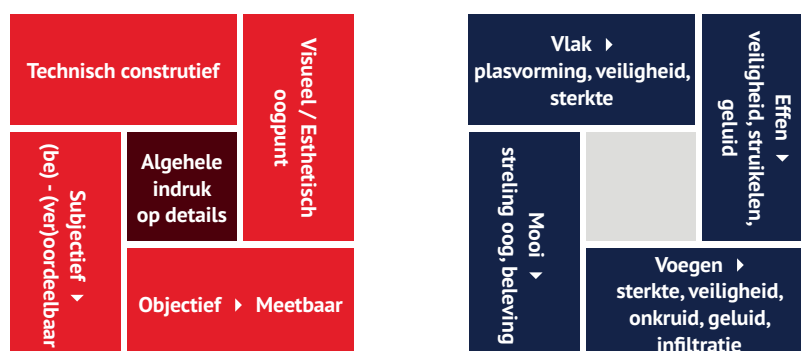


Fig. 2 Beoordelingscriteria

In hoofdstuk 04 geef ik een nadere beschrijving van een 15 – tal landelijk erkende beoordelingscriteria ontleend aan de bestratingsnormen en meetmethoden. In hoofdstuk 03 beschrijf ik dan het meetgereedschap dat nodig is bij de betreffende controles.

Onder 'bestrating' wordt in dit verband begrepen: de complete constructie van de elementenverharding zoals: de deklaag, straatlaag, (puin)funderingslaag, bodem, kantopsluitingen en afwateringsvoorzieningen (putten, leidingen). Omdat infiltrerende bestrating afwijkende constructie-onderdelen heeft, zal ik in hoofdstuk V deze verschillen afzonderlijk beschrijven.

### Afspraken en/of normen

De kwaliteit van bestrating kan op verschillende manieren worden beoordeeld. Dit houdt verband met of:

- A De betreffende bestrating beoordeeld wordt onmiddellijk na het gereed komen (*nieuw werk*) of pas na enige tijd in gebruik te zijn (*bestaand werk*);
- B Volgens welke (besteks)voorwaarden het betreffende werk is aanbesteed/aangenomen.

De ervaring heeft mij geleerd dat er controleurs met het beoordelen van bestrating aan de slag gaan als een 'kip zonder kop' b.v. met verkeerde beoordelingscriteria. Het lijkt me dan ook geen overbodige luxe om hieraan de nodige aandacht te besteden.



## 02.1 Ad. A: Tijdstip van beoordelen bestratingswerk

### 02.1.1 Nieuw werk

Bestravings-  
normen aanleg

Voor het geval de kwaliteit van bestrating tussentijds of (min of meer) direct na het gereed komen beoordeeld wordt, spreken we van “*nieuw werk*” en geldt een van de hierna onder “02.2 Ad. B: Soorten bestratingsnormen en eisen bij nieuw werk” op pagina 9 bedoelde drie soorten bestratingsnormen te weten: SEB, Standaard RAW Bepalingen of BRL 9334.

### 02.1.2 Bestaand werk

Kwaliteits-  
normen  
bestaand werk

Als de toestand van bestrating bepaald wordt nadat deze geruime tijd in gebruik genomen is, spreken we van “*bestaand werk*” en wordt de “Beheersystematiek van de CROW” gebruikt. Daarbij wordt gewerkt met schadeclassificaties voor de diverse schadebeelden en/of schadetypes van de bestrating. Uitdrukkelijk zij vermeld dat de criteria van deze beheerssystematiek niet vergelijkbaar zijn met die voor ‘*nieuw werk*’.

Datzelfde verschil in voorwaarden/kwaliteitsnormen kennen we bijvoorbeeld ook bij autobanden. Bij nieuwe autobanden dient de profieldiepte 8 mm te zijn, terwijl bij gebruikte autobanden de wet een minimale profieldiepte van 1,6 mm voorschrijft.

## 02.2 Ad. B: Soorten bestratingsnormen en eisen bij nieuw werk

Bestravings-  
normen met  
criteria

Bij de voorbereiding en aanbesteding van het nieuwe bestratingswerk (of bij reconstructies) heeft de opdrachtgever de keuze uit een drietal soorten bestratingsnormen met de daar bijbehorende beoordelingscriteria. Ik houd onderstaand de volgorde aan van het ontstaan van deze normen:



Afb. 1 De drie bestratingsnormen op een rij (v.l.n.r): SEB-erkenning, Standaard RAW Bepalingen 2020 en het Komo Procescertificaat.

### 02.2.1 SEB-kwaliteitsnormen

OBN als  
bakermat

De “Ondernemersvereniging Bestratingsbedrijven Nederland” (*de OBN*) heeft in 1993 de “Stichting Erkenning voor het Bestratingsbedrijf” (*de SEB*) opgericht en gelijktijdig baanbrekend werk verricht op het gebied van het landelijk ontwikkelen van (eigen)bestratingsnormen: de zogenaamde SEB – Kwaliteitsnormen. Door een CROW werkgroep zijn deze SEB – Kwaliteitsnormen voor een belangrijk deel in de Standaard RAW Bepalingen 2000 verwerkt. Daarmee zijn voor bestrating de meest uitgebreide landelijk erkende standaardnormen en – eisen een feit geworden. In de SEB - kwaliteitsnormen staan geen eisen aangaande bestratingsmaterialen.

### 02.2.2 Standaard RAW Bepalingen

RAW volgt

Sinds 1985 wordt door de CROW om de vijf jaar de nieuwe Standaard RAW Bepalingen uitgegeven. Voor bestrating zijn pas vanaf 2000 standaardbepalingen, uitvoeringseisen en voorschriften opgenomen gebaseerd op de SEB-kwaliteitsnormen. De Standaard RAW Bepalingen 2015 zijn t.o.v. 2000 uitgebreid met eisen voor bestratingen van natuursteen. Desondanks is de Standaard RAW Bepalingen op het gebied van bestratingen nog steeds minder uitgebreid dan de SEB – kwaliteitsnormen. In de Standaard RAW Bepalingen staan de noodzakelijke eisen aangaande bestratingsmaterialen.

### 02.2.3 BRL 9334 voor Straatwerk

VMS als sluitstuk

In november 2014 is - vooral op initiatief van de “Vereniging Modern Straatwerk” (*de VMS*) - de ‘Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO PROCESCERTIFICAAT voor straatwerk (BRL 9334)’ tot stand gekomen. Deze beoordelingsrichtlijn heeft betrekking op het aanbrengen van bestrating en overige inrichtingselementen.

Bij dit alles moet beseft worden dat voor enig werk de SEB-kwaliteitsnormen, de Standaard RAW-bepalingen, noch de BRL 9334 automatisch van toepassing zijn, tenzij in de opdracht of het bestek van het werk expliciet daar naar wordt (door)verwezen of tenzij in zee wordt gegaan met een SEB-erkend en/of met een BRL 9334-gecertificeerd aannemingsbedrijf.

Voor alle werken is wel automatisch het Burgerlijk Wetboek van toepassing, maar hierin staan voor werken geen concrete kwaliteitseisen, normen en voorschriften. Hierin wordt slechts gesproken over: ‘(on)deugdelijk werk’ en ‘werk met (verborgen) gebreken’. Volgens de ‘Dikke van Dale’ wordt onder deugdelijk verstaan: “aan alle vereisten voldoende”. Helaas staat nergens vermeld welke eisen of eigenschappen dat zijn.



## 03 Meetgereedschap voor controles

### Rapportage

De kwaliteitsnormen en -eisen worden vertaald in meetbare beoordelingscriteria. Daarbij is het van belang om bruikbare methoden en (meet)gereedschappen te gebruiken om de resultaten van de bestrating zo exact mogelijk te bepalen en te toetsen aan de beoordelingscriteria. In geval er een rapportage van het onderzoek nodig is, is het zinvol om ter plaatse foto's te maken van geconstateerde gebreken of representatieve situaties.



Afb. 2 Benodigde gereedschappen en hulpmiddelen voor controles

Voor het beoordelen (keuren) van de kwaliteit van bestrating volstaat in beginsel een set eenvoudig gereedschap bestaande uit:

- Metalen rei/waterpas; lengte 3 m of 1,20 m;
- Metalen meetstaafjes:  $\varnothing$  3 en 5 en 20 mm;
- Metalen liniaal: 2-zijdig, lengte 300 mm;
- Duimstok *resp.* rolmaat: meetlengte 1 m *resp.* 8 m;
- Meetwig;
- Getrapt meetplankje met meethoogten;
- Drie draadpennen en metselkoord (lengte 10 m);
- Handsondeerapparaat (met conus  $\varnothing$  11 mm (de kleinste) opp. 1 cm<sup>2</sup> en drukstaaf 500 mm);
- Stenentrekker
- Drie (mini) zichtjes;
- (Mini) laser- of waterpasinstrument;
- Schrijfspullen: papier, potlood en vetkrijt;
- Veiligheidsvestje en -schoenen;
- Fototoestel.

<b>Metten met rei</b>	<p><b>Lengte rei/waterpas</b></p> <p>De Standaard RAW Bepalingen schrijft voor bepaalde metingen een rei voor met een lengte van 3 m. Het is bij SEB-audits - om praktische redenen - gebruikelijk om metingen te doen met een rei/waterpas met een lengte van 1,20 meter. Dit komt overeen met de lengte van de rei die ook bij de CROW-wegbeheerinspecties wordt gebruikt. Dit betekent niet dat daardoor aan de metingen onjuiste conclusies verbonden hoeven worden, mits deze kortere rei op een deskundige manier wordt gehanteerd. Het spreekt voor zich dat er bij niet-SEB-gerelateerde onderzoeken vóóraf overeenstemming moet zijn over het gebruik van een (eventuele) afwijkende reilengte. Tegenwoordig zijn er ook handige inklapbare reien met een lengte van 3 m verkrijgbaar. Ik persoonlijk hanteer een tweetal reien/waterpassen te weten: met een lengte van 1 m en een inklapbare rei met een lengte van 1,50 m.</p>
<b>Objectief</b>	<p><b>Beoordelingsproces</b></p> <p>De hierna bedoelde bestratingsnormen zijn bedoeld om de 'aard' en 'ernst', maar niet om de 'omvang' van eventuele afwijkingen en/of gebreken vast te stellen. Het beoordelen van de kwaliteit van bestrating begint met een visuele algemene indruk op basis waarvan eventuele gebreken worden opgespoord en vervolgens in detail worden beoordeeld. Dit is een proces van observeren, steekproefsgewijs werken, wikken en wegen; gebaseerd op kennis en ervaring. Professioneel 'gissen', waarbij vergissingen worden moeten uitgesloten.</p>
<b>Bij droog weer</b>	<p><b>Weersomstandigheden</b></p> <p>Het is in beginsel niet gewenst om bij/na neerslag (sneeuw, regen) controles aan bestratingen in de openbare ruimte uit te voeren. Plasvorming belemmert dat de bestrating op alle facetten kan worden beoordeeld. Tevens bestaat het gevaar van 'uitvergroting' van bepaalde eigenschappen, wat uiteraard niet de bedoeling is bij een objectief proces.</p>

## 04 15-tal Beoordelingscriteria

### Vertaling normen

Onderstaand geef ik een nadere beschrijving van een 15 – tal beoordelingscriteria ontleend aan landelijk erkende bestratingsnormen en meetmethoden aangaande de kwaliteit. Ook voor infiltrerende bestrating gelden de meeste van deze criteria, zij het dat er verschillen in constructieonderdelen bestaan. In hoofdstuk 05 zal in deze nader beschrijven.

1 Fundering;	6 Haaksheid;	11 Verband;
2 Dwarsprofiel;	7 Klik;	12 Goten;
3 Hoogteligging;	8 Paswerk;	13 Kolken;
4 Effenheid;	9 Voegen;	14 Plasvorming;
5 Vlakheid;	10 Plaatsing;	15 Materialen.

### 04.1 Ad. 1: Fundering

De fundering van de bestrating bestaat uit: bestaande bodem, zandbed, straatlaag, (eventuele) puingranulaatlaag. In sommige gevallen is een laag van gebroken natuursteen aanwezig.

#### 04.1.1 Bodem

De bodem moet geschikt zijn om de bestrating te kunnen aanbrengen. Als de bodem te zwak is, dan moet een puingranulaat – of natuursteenlaag aanwezig zijn voor de vereiste draagkracht.

Afb. 3 Fundering: meting verdichting zandbedding handsondeerapparaat met kleinste conus (opp. 1 cm<sup>2</sup>) en meeneemwijzer op 600 N dit is 6 Mpa op diepte van 30 cm.



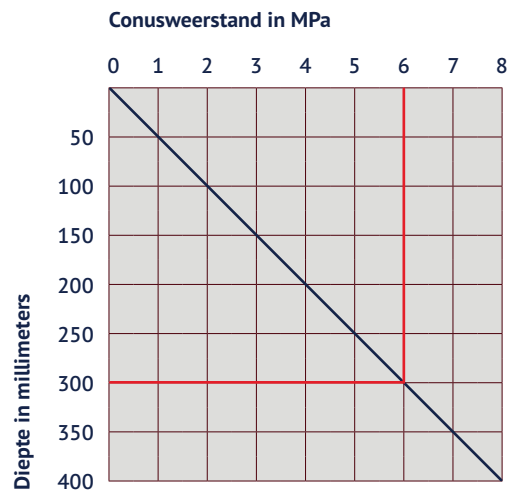


Fig. 3 Indringingsweerstand sleuven  
Standaard RAW

**Zand** op een diepte van 30 cm. 6 Mpa ▶ 600 N met kleinste conus (1 cm<sup>2</sup>) ▶ gradiënt is belangrijk

**Proctor / nucleair** gemiddelde verdichting van minimaal 98 dan wel 100 % mpd (afhankelijk van de diepte beneden het oppervlak van het straatwerk)

**Kwaliteit en dikte** straatlaag: 5 – 6 cm; bij granulaat: gem. 5 cm. ook niet te dun (4 cm!)

**RAW Sleuven** per 10 mm ▲ 0,20 MPa

#### 04.1.2 Zandbed

In alle gevallen moet een zandbed met een dikte van ten minste 400 mm onder het vereiste profiel aanwezig zijn. Het zand van het zandbed moet voldoen aan de Standaard RAW Bepalingen en tijdens het aanbrengen in lagen van 300 – 400 mm voldoende verdicht zijn. De resultaten van verdichting moeten zijn vastgelegd en kunnen zijn bepaald door middel van laboratorium- of nucleaire meetmethoden. Voor het zandbed geldt volgens Standaard RAW Bepalingen een gemiddelde verdichtingsgraad van minimaal 98 % mpd (maximum proctor dichtheid)

#### Verdichting

Controle: Op het werk kan de verdichting van het zandbed ook gecontroleerd worden met een (zelfregistrerend) handsondeerapparaat. Bij een goede verdichting is de indringingsweerstand dan minimaal 6 MPa (op een maximale diepte van 300 mm). Dit is met de kleinste conus (oppervlakte 1 cm<sup>2</sup>) een waarde van ten minste 600 N op de manometer. Het is niet nodig om dieper te gaan dan 500 mm (één stanglengte). Steekproefsgewijs worden met de stenentrekker stenen of tegels uit de bestrating verwijderd om in de ondergrond handsonderingen uit te voeren.

#### 04.1.3 Straatlaag

#### Profilering straatlaag

Op het zandbed moet een straatlaag met een dikte van ongeveer 50 à 60 mm aanwezig zijn. Het zand van deze straatlaag moet een betere samenstelling hebben dan het zand in het zandbed. In plaats van straatzand kan brekerzand (geen brekerszand) of split worden gebruikt. Bij het mechanisch aanbrengen van bestrating en bij de vlijmethode dient de straatlaag afgetrild en (op de juiste profielhoogte) afgewerkt te zijn.

#### 04.1.4 Puingranulaatlaag

Als de bestrating zwaar belast wordt, moet de puin(meng)granulaatlaag onder profiel zijn aangebracht (dikte minimaal 200 mm en sortering 0/31,5 mm). Het menggranulaat dient op een gecontroleerde wijze bereid, aangebracht en verdicht te zijn. Op de granulaatlaag dient een verdichte straatlaag aanwezig zijn met een gemiddelde dikte van 5 cm (minimaal 4 en maximaal 6 cm). De resultaten van verdichting moeten zijn bepaald door middel van laboratorium - of nucleaire meetmethoden. Volgens de Standaard RAW Bepalingen moet de gemiddelde verdichtingsgraad minimaal 97 – 101 % mpd zijn.

Eisen RAW 2015, Puingranulaat

A Mengpuingranulaat: gradatie: 0/31,5

- Mengverhouding: >50% grind- steenslagbeton
- CBR<sub>0</sub> >50%; CBR<sub>28</sub> > 62,5%

B Vlakheid: max. 15 mm onder rei 3 m (Let op dikte straatlaag)

C Verdichting: proctor of nucleair

- opp. <3000 m<sup>2</sup>: min. 98% mpd;
- opp. >3000 m<sup>2</sup>: min. 97% gem. min. 101% ▶ 100\*

Controle: De vlakheid van de afgewerkte puinfunderingslaag mag onder de rei/waterpas met een lengte van 3 m een afwijking hebben van maximaal 15 mm. De juiste verdichting wordt gecontroleerd aan de hand van de aanwezige geregistreerde verdichtingsgegevens.

Iedere laag in de constructie moet op de juiste dikte zijn aangebracht. Ook het vereiste dwarsprofiel (afschot, spanning) moet in de bovenkant aanwezig zijn. Bij granulaatlagen mag bij de straatlaag het dikteverschil niet groter zijn dan 5 mm. De eerste ongewenste verzakkingen en spoorvorming ontstaan vaak doordat de straatlaag niet overal even dik is aangebracht, waardoor er verschillen zijn in de draagkracht.

De "CBR-waarde" – uitgedrukt in % - verschaft informatie over de hardheid van de steenslag materialen. Deze informatie moet bij de levering verstrekt te worden.

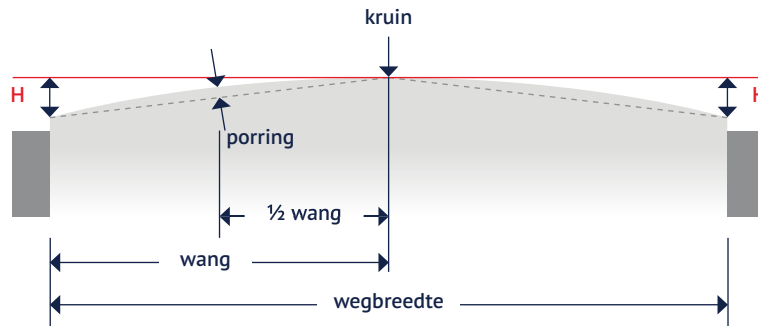
Hoe hoger de CBR - waarde, des te harder het materiaal is. Een andere methode om de hardheid van steenslag te bepalen is de Los Angeles Coëfficiënt (LA coëfficiënt). Daarvoor geldt nu juist: hoe lager de waarde, des te harder het materiaal is. Deze coëfficiënt bespreek ik nader bij de Infiltrerende bestrating.



## 04.2 Ad. 2: Dwarsprofiel

### 04.2.1 Dwarsprofiel rijbanen met straatstenen

Fig. 4 Standaard profiel: tonrond en gewijzigd tonrond



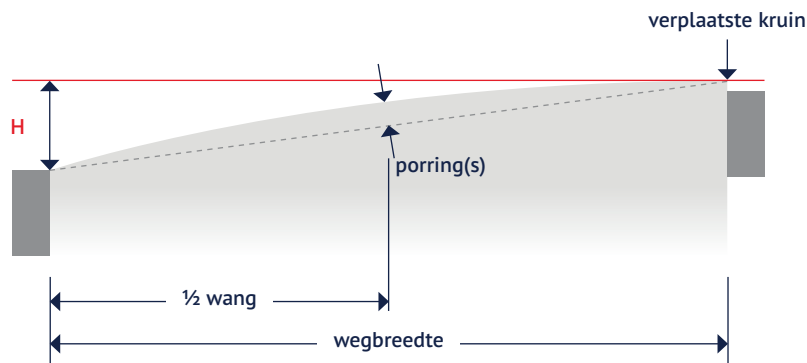
**Tonrond**  $\frac{1}{4} h$ , soms keien  
**Gewijzigd tonrond** cirkelboog  $R = 70$  m, porring =  $\frac{1}{8} h$  voor normale rijbanen + 2-zijdige voetpaden  
**Controle** profiel - waterpassing  
 Wang: rei; draad; minizichtjes

#### Gewijzigd tonrond

#### Kruin in het midden

Voor rijbaanbestrating van straatstenen dient in het dwarsprofiel het gewijzigd tonrond profiel aanwezig te zijn. Bij de kruin in het midden wordt de kruinhoogte 'H' bepaald als het product van de halve breedte van de rijbaan en het voorgeschreven dwarsafschot. De wangen bestaan uit twee bogen met een spanning  $S$ , waarbij  $S$  wordt bepaald als:  $\frac{1}{8}$  van de kruinhoogte 'H'.

Fig. 5 Hangend profiel: gewijzigd tonrond

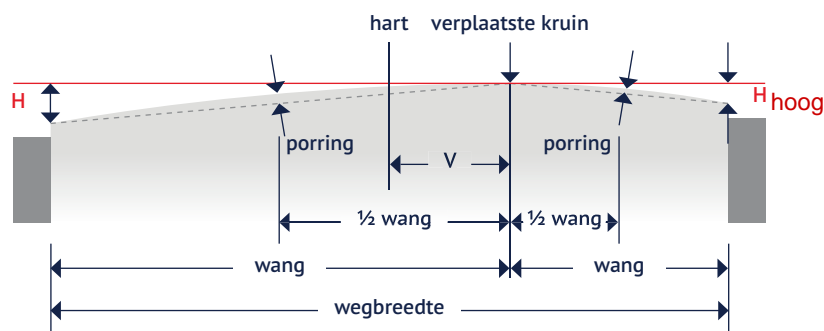


#### Dakprofiel

#### Kruin aan de zijkant

Dit zgn. '*hangend profiel*' heeft in beginsel dezelfde eigenschappen als het (normale) gewijzigd tonrond profiel. De kruin is gelegen op een afstand van de rijbaanbreedte vanaf het laagste punt (de teen) van de bestrating. De kruinhoogte 'H' wordt bepaald als het product van de rijbaanbreedte en het voorgeschreven dwarsafschot. De boog tussen kruin en teen heeft een spanning  $S$ , waarbij  $S$  wordt bepaald als  $\frac{1}{8}$  van de kruinhoogte  $H$ .

Fig. 6



$$v = (H \text{ hoog} - H \text{ laag}) \times 2 \text{ dwarshelling}$$

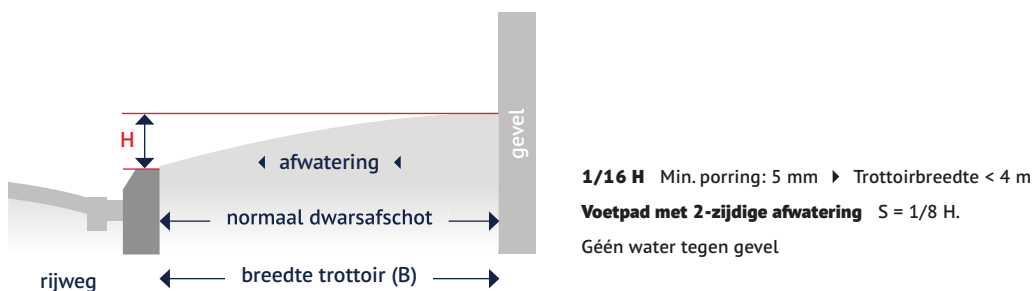
### Kruin ergens tussen in

#### Verplaatste kruin

Dit zgn. 'profiel met verplaatste kruin' heeft ook dezelfde eigenschappen als het (normale) gewijzigde tonrond profiel. De kruin is gelegen op een bepaalde afstand 'v' vanaf het midden van de rijbaan; ofwel op  $(b/2 + v)$  vanaf het laagste punt van de verharding. De kruinhoogte 'H' wordt bepaald vanaf het laagste punt, waarbij 'H' dan bedraagt:  $(b/2 + v) \times (\text{dwarshelling})$ . De (zelfde) kruinhoogte kan ook worden bepaald vanaf het hoogste punt van het profiel met:  $(b/2 - v) \times (\text{dwarshelling})$ . Elk van de twee bogen in de wangen heeft een spanning S van 1/8 van het bijhorende kruinhoogteverschil (H-laag of H-hoog).

## 04.2.2 Dwarsprofiel voet - of rijwielpaden met tegels

Fig. 7  
Dwarsdoorsnede  
trottoir



### Langs een zijde afwaterend

Voor bestrating van tegels in trottoirs en fietspaden, met een éézijdige afwatering, moet in het dwarsprofiel een variant van het hangend profiel aanwezig zijn te weten: in het midden een spanning van 1/16 deel van het hoogteverschil tussen het hoogste en laagste punt, doch ten minste 5 mm.

### Langs twee zijden afwaterend

Voor bestrating van tegels in vrijliggende voet- en fietspaden moet in het dwarsprofiel een gewijzigd tonrond profiel aanwezig zijn te weten: in het midden van de wang een boog met een spanning van 1/8 van de kruinhoogte 'H', doch ten minste 5 mm.

Controle: De spanning in de wangen kan worden gecontroleerd door middel van: waterpas/rei, profielwaterpassing, doorzichten of strak metselkoord. In alle gevallen is de spanning ten minste 5 mm. Het dwarsprofiel van een vrijliggend voet-/rijwielpad lijkt dus op dat van een normale straat.

Afb. 4 Dwarsprofiel: meting van het dwarsafschot in de rijbaan met behulp van rei/waterpas en meetplankje



### 04.2.3 (Dwars)afschot

#### Afschot met waterpas

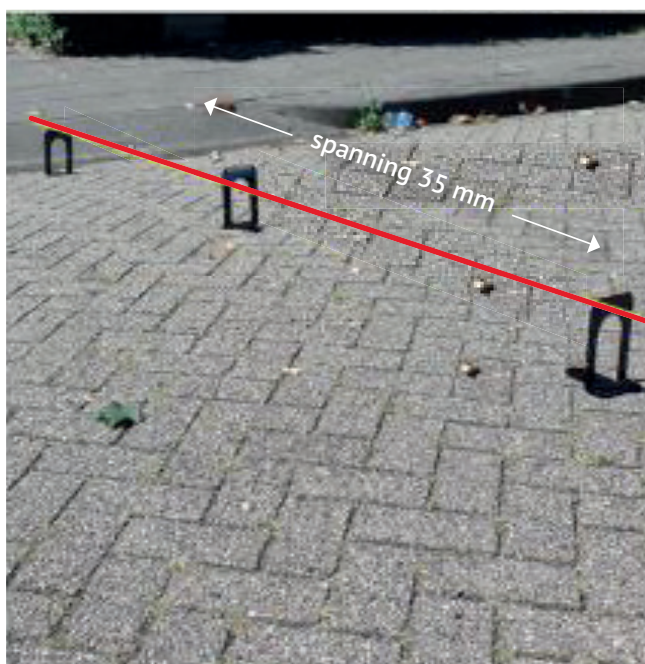
In het dwarsprofiel van bestrating moet een helling (dwarsafschot) aanwezig zijn van:

- Voor straatstenen: ten minste 2 % (20 mm/m) en ten hoogste 4 % (40 mm/m);
- Voor betontegels, met de afmetingen 150/300 × 300 mm: 2 % (20 mm/m); In brede(re) pleinen kan voor betontegels worden volstaan met: 1,5 % (15 mm/m);
- Voor natuursteenkeien in rijbanen: ten minste 3,5 % (35 mm/m); voor overige bestrating in natuursteenkeien: ten minste 3 % (30 mm/m);
- Voor aan de bovenzijde gezaagde natuursteentegels: 2 % (20 mm/m); voor ruwe gekleefde natuursteentegels 3 % (30 mm/m);
- Voor een (mol)goot: 0,5% ( 5 mm/m<sup>1</sup> per gootlengte).

Voor bestrating in natuursteen zijn in de dwarshelling afwijkingen van 0,4 % toegestaan.

**Controle:** De controle van het aanwezige dwarsafschot geschiedt met behulp van een rei/waterpas en een meetplankje. Er moet rekening gehouden worden met de verschillen in afschot in de lage delen van de wang bij kolken en breekpunten als gevolg van het verschil in het 'zicht' aan de banden.

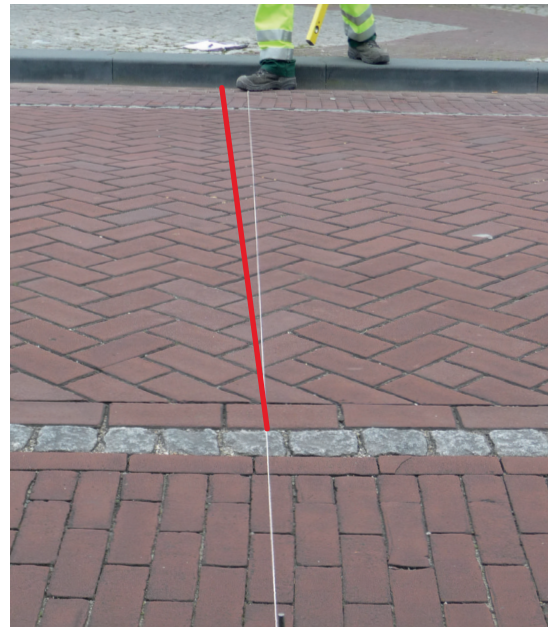
Afb. 5 Dwarsprofiel: meting van de porring in de wang van een rijbaan met behulp van doorzichten met minizichtjes. Het middelste zichtje (linkse foto) is voorzien van een afleesmarkering



### 04.3 Ad. 3: Hoogteligging profiel

De afwijking in hoogteligging ten opzichte van het voorgeschreven langs- en dwarsprofiel mag ten hoogste 10 mm zijn.

Controle: De controle van de hoogteligging geschiedt in beginsel met behulp van een profielwaterpassing. In sommige gevallen kan gebruikt gemaakt worden van doorzichten of een metselkoord.



Afb. 6 Haaksheid: twee gevallen van 'niet - haaks' straatwerk. Links: is er sprake van het 'kruipen' van het 'te losse' straatwerk vanwege de verkeersbelasting. Rechts: het straatwerk is 'niet haaks' opgezet. De witte lijn geeft de haakse lijn aan en de rode lijn de afwijking ten opzichte van de haakse lijn.

### 04.4 Ad. 4: Effenheid

Milimeter-werk

De afwijking in de hoogteligging tussen onderling aaneensluitende gelijksoortige elementen, (stenen, keien, tegels, kantopsluiting en kantlagen) mag niet meer dan 2 mm zijn. Voor natuursteen-elementen met een macrottextuur van 1,5 mm mag deze afwijking ten hoogste 5 mm zijn.

Controle: De controle geschiedt met het de platte kant van de duimstok (5 mm) of met het meetplankje. Er moet ook aandacht geschonken worden aan het verloop (ronding) van de streklagen in (mol)goten waar mensen lopen of fietsen.



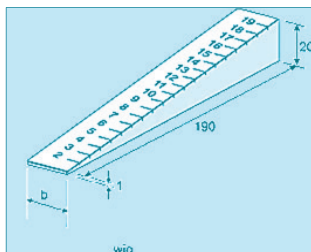
Afb. 7 Vlakheid: twee gevallen van 'onvlakheden' in straatwerk. Links: de onvlakheid wordt gemeten onder de rei met de 'meetwig'. Rechts: onder de rei met het 'meetplankje'.

### 04.5 Ad. 5: Vlakheid

#### Onder de rei

De afwijking in de vlakheid in langsricting van de bestrating, de kantopsluiting en -lagen mag gemeten onder een rei/waterpas van 3 m lengte en evenwijdig aan de as zijn:

- Voor stenen, betontegels, opsluit-, trottoir-en natuursteenbanden: ten hoogste 5 mm;
- Voor natuursteentegels en natuursteenkeien voor kleinplaveisel: ten hoogste 10 mm;
- Voor natuursteenkeien voor grootplaveisel of overige natuursteenelementen: ten hoogste 20 mm.



Controle: De controle van de vlakheid geschiedt dus in beginsel evenwijdig aan de as van de weg of pad. In bepaalde situaties is het nuttig om ook in andere richtingen vlakheidsmetingen te doen; vaak handig met een kortere rei. Onder de rei wordt de onvlakheid dan gemeten met de meetstaafjes (3 of 5 of 20 mm) of met het meetplankje. Er bestaat ook een metalen 'meetwig' voor.

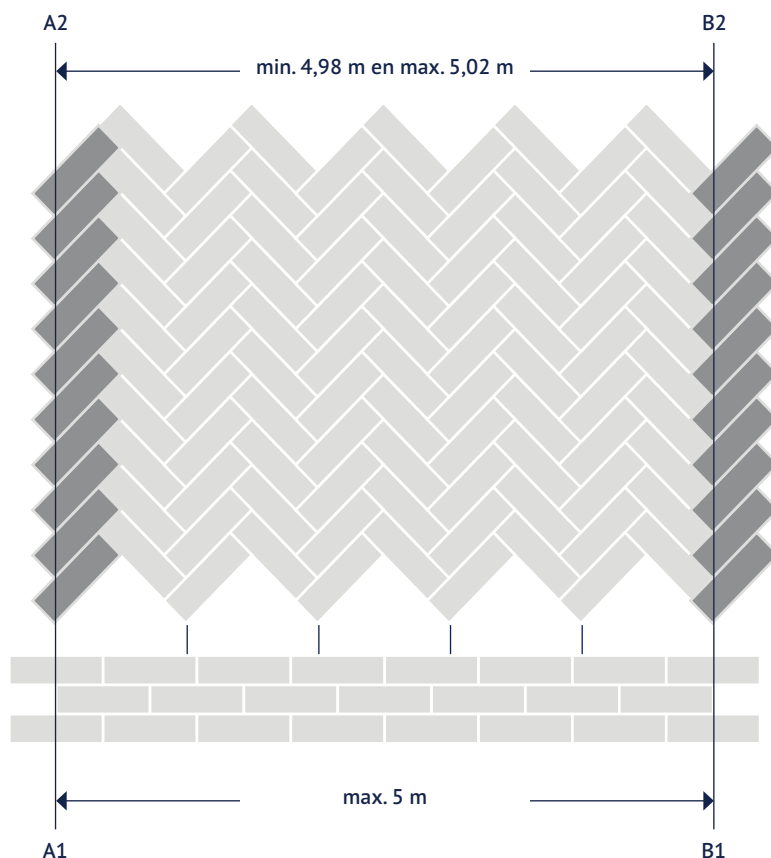
### 04.6 Ad. 6: Haaksheid

#### Loodlijnen

De afwijking van de lagen onderling in het voorgeschreven verband (de strakheid van de bestrating), zowel haaks als diagonaal gemeten, mag over een lengte van 5 meter niet meer zijn dan 20 mm.

Controle: Bij bestrating die al (gedeeltelijk) in gebruik is, staat dit gebrek aan haaksheid bekend als het 'kruipen' van de bestrating. De controle van de bestrating op strak - en haaksheid geschiedt niet zo vaak. Dit komt omdat veel auditors menen dit met 'het blote oog' te kunnen beoordelen. Het is wellicht daarom dat de meesten niet eens weten hoe deze meting precies verricht moet worden. De meting begint met het uitzetten van twee 'haakse lijnen' aan het begin van het meetvak en op ca. 5 m van het einde. Voor het uitzetten van de haakse lijnen hanteer ik "de 3-4-5 steek" met het metselkoord, draadpinnen en vetkrijt. De strak- en rechtheid van het verband komt ook nog ter sprake bij criterium 11: 'het verband'.

Fig. 7



**Werkwijze**

- Richt in A1 Loodlijn op A2;
- Meet vanuit A1 ca. 5 m naar B1;
- Zoek in B1 naar vergelijkbare laag;
- Projecteer deze laagrichting naar overzijde naar B2;
- Meet A2 naar B2;
- Norm: max. ± 20 mm.
- Kan ook diagonaal

**04.7 Ad. 7: Klik**

**Extra hoogte**

De bovenkant van de bestrating moet 10 tot 20 mm boven de aansluitende (verlaagde) kantopsluiting liggen, tenzij deze kantopsluiting onderdeel uitmaakt van een gootconstructie.

- De bovenkant van de bestrating moet gelijk met of ten hoogste 5 mm boven de bovenkant liggen van (controle)putafdekkingen, (gemetselde) randen en straatpotten.
- Langs de zijkant moet de bovenkant van de bestrating gelijk met of ten hoogste 10 mm hoger liggen dan op de verharding aansluitende kantlagen, kolkinlaten, (mol)goten of andere langs de zijkant van de bestrating opgenomen elementen; deze bepaling geldt ook voor bestrating van natuursteen met een ongebonden straatlaag.
- Langs de zijkant van de bestrating van natuursteen - met een gebonden straatlaag - moet de bovenkant van de verharding ten hoogste 5 mm boven de op de verharding aansluitende kantlagen, kolkinlaten, (mol)goten of andere langs de zijkant van de bestrating opgenomen elementen liggen.
- Op plekken waar de bestrating grenst tegen deuren van gebouwen moet de bovenkant van de bestrating minimaal 30 mm onder de bovenkant van de dorpel liggen.

Afb. 8 Klik: twee voorbeelden van te veel uitgevoerde klik. Links: bij trottoirtegels ter plaatse van een verlaagde trottoirband. Rechts: bij een controle putdeksel in de rijbaan, waar ook fietsers rijden.



Controle: De klik is een noodzakelijk kwaad en moet tot het minimale beperkt worden; zeker op plekken waar voetgangers of fietsers oversteken (strekragen, goten) of bij deksels die (vaak) in de fietsroute liggen. De meting geschiedt met de duimstok of het meetplankje.

Afb. 9 Klik: twee gevallen van te veel uitgevoerde klik. Links: bij de gootlagen onderling en bij de kolkdeksel. Rechts: bij een controle putdeksel in een parkeervak.



## 04.8 Ad. 8: Paswerk

### Goed sluitend

De kwaliteit van de passtukken van stenen, tegels, keien en kantopsluiting moet zijn:

- bij keperverband: plaatsing tégen de rijrichting van het verkeer in (zie figuur 3.12);
- haaks en recht-af passend gemaakt en niet scherper dan 45°;
- bij halfsteensverband moet de pasgemaakte kant van de kant-/gootlaag of kantopsluiting af zijn geplaatst; bij gevels moet de pasgemaakte kant tégen de gevel geplaatst zijn;
- goed (aan)sluitend; geen elementen op kop of zijkant;
- niet kleiner dan een half element (in geval van een kant - / trottoirband ten minste 0,50 m);
- passend in het verband en in een enkele rij niet meer dan twee passtukken aanwezig, behoudens in geval van stroomlagen die in bochten verlopen.

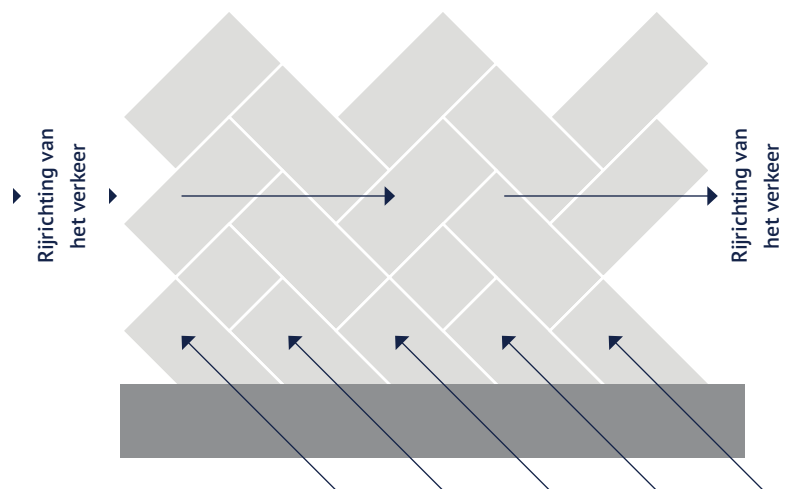


Fig. 8 Hakrichting volgens RAW

Afb. 10 Paswerk: een drietal gevallen van slordig uitgevoerd paswerk zoals: te kleine passtukken; beschadigingen door de straathammer; bisschopsmutsen met textuur verschillen en op de kop geplaatste stenen.



Controle: Over hakrichting bij keperverband 'tégen de rijrichting in' wordt vaak onnodig gediscussieerd. In de RAW is het duidelijk aangegeven. Deze eis is logisch omdat de 'koppen' van de stenen de verkeersbelasting - gericht met de verkeersrichting mee - moeten opvangen. In die zin is het vergelijkbaar met een heiblok dat de 'kop' van de heipalen belast. Het paswerk moet goed (aan)sluitend zijn aangebracht. In de praktijk hanteer ik een maximale kier/voeg van 2 – 3 mm. De kieren/voegen zijn visueel te controleren met behulp van de liniaal of het meetstaafje van 3 mm. Ik haal in dit verband het voorbeeld van een deur aan. Een deur moet ook 'goed (aan) sluiten' in het kozijn, waarbij smalle kieren vaak niet te vermijden zijn.

## 04.9 Ad. 9: Voegen

### 04.9.1 Voegwijdte

#### Aansluiting

#### Banden

De voegwijdte tussen twee aansluitende banden mag niet meer dan 5 mm zijn.

#### Betontegels, straatstenen

In de Standaard RAW Bepalingen noch in de BRL 9334 staan voorschriften of eisen ten aanzien van de voegwijdte in tegel- of straatsteenbestrating. Deze staan wel in de SEB-kwaliteitsnormen (ook steeds vaker in bestekken). Dit gemis aan eisen wordt steeds meer ondervangen door de fabrieksmatige afstandhouders.

#### Natuursteen

In de SEB- kwaliteitsnormen staan eisen ten aanzien van de voegen voor natuursteenbestrating. Vanaf 2015 staan deze ook in de Standaard RAW Bepalingen.

Voegwijdte	
Bij twee aaneensluitende elementen niet meer dan:	
Betontegels	2 mm
Betonstenen	3 mm
Betonstenen in geval van herstraten	5 mm
Gebakken materialen	8 mm
Gebakken materialen in geval van herstraten	10 mm
Twee aaneensluitende banden	5 mm
Bij gevels, afscheidingen, verkeerspalen, straatmeubilair d.m.v. flexibele voegvulling	max. 10 mm
Bij minimale voegwijdte (bijv. 3 mm) gebruik afstandhouders of tapse stenen	
Controle: met meetstaafjes 3 en 5 mm	

Tab. 1



**Oplossing:** Bij audits, arbitrage of deskundigenonderzoek hanteer ik onderstaande SEB - eisen ten aanzien van voegwijdte. Het spreekt voor zich dat in gevallen het geen SEB-gerelateerd onderzoek betreft, ik dan vóóraf daarover overeenstemming moet bereiken.

### Normen voegen

Voor bestrating van stenen, tegels, keien en kantopsluiting moet de voegbreedte tussen twee aaneensluitende elementen of voor daarin opgenomen objecten bedragen:

- A voor straatbakstenen: maximaal 8 mm; in geval van herstraten: maximaal 10 mm;
- B voor betonstraatstenen: maximaal 3 mm; in geval van herstraten: maximaal 5 mm;
- C voor betonbanden, evenals tussen kolken en de aansluitende banden: maximaal 5 mm;
- D voor natuursteenbanden, evenals tussen kolken en de aansluitende banden: ten minste 5 mm en ten hoogste 10 mm.; in de voegen moeten afstandhouders gebruikt zijn;
- E voor betontegels met de afmetingen 150/300 × 300 mm: maximaal 2 mm;
- F voor natuursteentegels:
  - bij ongebonden voegen: voor gezaagde natuursteentegels: ten hoogste 8 mm; voor gekliefde natuursteentegels: ten hoogste 10 mm;
  - bij voegen die gevuld zijn met een veegvast materiaal: ten minste 8 mm en ten hoogste 12 mm;
- G voor natuursteenkeien waarbij de voegen gevuld zijn met ongebonden granulair materiaal:
  - bij een dikte van de keien < 60 mm: ≤ 6 mm;
  - bij een dikte van de keien tussen de 60 en 120 mm: ≤ 10 mm;
  - bij een dikte van de keien > 120 mm: ≤ 15 mm;
  - de keien mogen niet te strak ('klemmend') tegen elkaar geplaatst zijn;
- H voor natuursteenkeien waarbij de voegen gevuld zijn met giet- en mortelvoegen of gebonden voegmateriaal:
  - voor gezaagde keien tussen de 8 en 10 mm
  - voor nieuwe gekliefde keien tussen de 10 en 12 mm
  - voor gebruikte gekliefde keien tussen de 15 en 20 mm;
- I voor stenen, tegels en keien: langs/met gevels, afscheidingen, verkeerspalen, straatmeubilair: maximaal 10 mm.

**Controle:** De voegen zijn visueel te controleren of met behulp van de liniaal of meetstaafjes van 3 of 5 mm. Het spreekt voor zich dat het niet in precisiewerk mag gaan ontaarden.

#### 04.9.2 Voegvulling

##### Gevuld houden

De voegen moeten zodanig gevuld zijn dat geen verdere vulling van de voegen meer mogelijk is. Voor bestrating kunnen verschillende passende voegmiddelen worden toegepast zoals: gebonden, flexibel gebonden, licht gebonden en ongebonden. Het ongebonden voegvulmateriaal bestaat uit zand (straat-zand of brekerzand) of bij (ver)brede voegen uit spit/steenslag.

- Bij toepassing van giet- of mortelvoegen moeten de voegen gevuld zijn over een hoogte van ten minste 30 mm.
- Ter plaatse van de aansluiting van de natuursteenbestrating langs/met gevels, afscheidingen, verkeerspalen, en straatmeubilair moet de voeg gevuld zijn met een flexibel voegmiddel. Dit geldt bij voorkeur ook bij tegel- of steenbestrating.
- De kwaliteit van de voegmiddelen moet voldoen aan de Standaard RAW Bepalingen.



Afb. 11 Voegen: op deze manier ga je met tegelstraatwerk de bocht niet door

#### 04.10 Ad. 10: Plaatsing

##### Sorteren en zetten

- Er mogen geen elementen (stenen, tegels, keien, banden) ondersteboven of op de zijkant worden aangetroffen. Ook mogen geen beschadigde of gescheurde elementen aanwezig zijn.
- Na de plaatsing, vóórdat de voegen zijn gevuld, moeten de elementen 'op dracht' staan en mogen deze met de voet niet meer bewogen kunnen worden. Bij het straten 'onder de hamer' moet een goede dracht al gerealiseerd zijn, voordat het straatwerk is afgetrild.
- De bij het herstraten, uitgekomen en nieuwe bestratingsmaterialen moeten naar soort gescheiden en in aaneengesloten vakken verwerkt zijn.
- De kantopsluiting moet over de gehele lengte dragen; de rechte kantopsluiting moet in één lijn; de gebogen in een vloeiende lijn. Voor de bepaling van de 'rechttheid' van de banden zie hierna bij criterium 11: 'verband'.

Bij bogen is het raadzaam de bovenzijde van de trottoirband, in het midden van de boog, 10 mm hoger te stellen dan de bovenzijde van de boogbanden ter plaatse van de beide tangentialpunten.



Afb. 12 Plaatsing: voorbeeld van slechte plaatsing van straatstenen. Ook de sortering op vorm, kleur en het paswerk is niet in orde (links). Verband en rechtheid van lagen: een tweetal gevallen van slecht halfsteens verband en van onvoldoende rechte lagen (rechts).

### 04.11 Ad. 11: Verband

#### Strakke, rechte lagen

- A Het voorgeschreven verband moet juist zijn uitgevoerd zoals:
- bij elleboog- en keperverband moeten de 'diagonalen' in een rechte lijn liggen en moeten de elementen zuiver haaks ten opzichte van elkaar zijn aangebracht;
  - bij blok- en halfsteensverband moeten de lintstootvoegen duidelijk waarneembaar in één lijn liggen;
  - bij halfsteens – en diagonaalverband moeten de elementen zuiver  $\frac{1}{2}$  steens verspringend zijn aangebracht;
  - voor klein plaveisel (zoals van natuursteenkeitjes) geldt standaard het segment-, waaier-, schelpen- of schubbenverband.
- B Bij natuursteenkeien moeten de lint- en stootvoegen volgens een gelijkmatig patroon zijn uitgevoerd; keien in één rij mogen niet meer van elkaar verschillen dan 10 mm.
- C In bogen en kantlagen moeten de stenen en tegels minimaal  $\frac{1}{4}$  van de elementlengte verspringen; bij natuursteenkeien moeten deze in alle gevallen minimaal  $\frac{1}{4}$  van de elementlengte verspringen.
- D Voor de kantlaag geldt als standaard het halfsteensverband.
- E Ter plaatse van de putafdekking, kolkdeksel of soortgelijk voorwerp moet bij bestrating van stenen een volle krans, bestaande uit een streklaag, aanwezig zijn, waartegen het aanliggende straatwerk is aangewerkt.

Controle plaatsing, dracht, verband, rechtheid: Bij de controle van bestrating op de eigenschappen van plaatsing, dracht, verband en rechtheid is het vooral een visuele aangelegenheid in combinatie met de schoenbelasting. Bij handmatig aangebrachte bestrating zijn de elementen (stenen, tegels, keien) vaak onregelmatiger van vorm of afmetingen en zijn deze handmatig met de bijpassende straathamer op 'dracht' en hoogte geslagen. Bij vlijmatig of mechanisch aangebrachte bestrating zijn de verwerkte elementen (stenen, tegels) op een vooraf afgetrild, op hoogte afgewerkte straatlaag gelegd en nabehandeld. Deze elementen hebben dan ook nagenoeg dezelfde afmetingen. De kwaliteit van plaatsing, dracht, verband en rechtheid is dan ook (soms) enigszins terug te vinden in de methode van het aanbrengen. Desondanks gelden in beginsel voor het 'handmatig aanbrengen van bestrating' dezelfde normen als voor het 'mechanisch aanbrengen van bestrating'; evenals voor het 'herstraten'

Voor de 'kruip van bestrating', rechtheid van banden, lagen of diagonalen van het verband, bestaan geen objectieve criteria. Bij een deskundigenonderzoek heb ik de rechtbank voor de 'rechtheid' met succes een eigen ontwikkelde controleformule voorgelegd. Deze formule houdt in:  $\epsilon = 1,5\sqrt{L}$ . Hierbij is 'ε' de toelaatbare maximale afwijking (in mm) en 'L' de lineaire afmeting (in m).

Een rekenvoorbeeld lijkt hier gepast: Een rijbaan met een breedte van 5 m heeft een diagonaal met een lengte van 7 m. De maximale afwijking in rechtheid is dan 4 mm. ( $\epsilon = 1,5 \sqrt{7} = 4 \text{ mm}$ ). De controle van de rechtheid geschiedt met behulp van een strak metselkoord, draadpinnen en liniaal. Dat het verband (lagen en diagonalen) in bestrating altijd keurig recht moet verlopen is vooral een esthetische kwestie. Veel belangrijker is om de vereiste sterkte - /constructie eisen van de bestrating te realiseren door de benodigde strakheid en voegbreedte aan te houden.



Afb. 13 Kaarsrecht?



Afb. 14

Goten: gevallen van (mol)goten met te diep liggende koken en gootlagen



### 04.12 Ad. 12: Goten

#### Waterafvoer

- De standaard molgoot moet in halfsteensverband zijn uitgevoerd en mag ten hoogste 40 mm diep zijn. Deze diepte dient nabij de kolkinlaat groter te zijn dan nabij het breekpunt. De aanwezige diepte moet gelijkmatig verspringend over de voorgeschreven streklagen zijn.
- Het dwarsprofiel dient zoveel mogelijk in de vorm van een cirkelsegment te zijn uitgevoerd.

Controle: Bij de (mol)goten is extra aandacht nodig voor de voegvulling van de bestrating, evenals voor de verdichting van de ondergrond. Ook is extra aandacht vereist voor de hoogteverschillen (klik) tussen verschillende streklagen; zeker in gebieden met voetgangers en fietsers.

Afb. 15 Kolken: de vorm van de kolken varieert. In deze beide gevallen is te weinig aandacht besteed aan de kwaliteit van het paswerk rondom de kolken



### 04.13 Ad. 13: Kolken

#### Afvoerputten

- De voorkant van de kolk moet op een evenwijdige wijze op 5 mm achter de voorkant van de trottoirband zijn aangebracht.
- De spijlen van het rooster van de kolk moeten haaks liggen op de rijrichting; in ieder geval niet onder een hoek scherper dan 45° of 135° ten opzichte van de rijrichting.
- De kolk mag niet klakkeloos op een aanwezige afvoer- of drainageleiding zijn aangesloten. De helling van de leiding is maximaal 1 % ofwel 10 mm/m.
- De PVC afvoerleiding moet voorzien zijn van het KOMO-keurmerk, met de stijfheidsklasse SN8 en met een nominale middellijn van 125 mm.

- E De (onder)bak van de kolk moet schoon en voorzien zijn van een 'stankscherm' en 'zandvang'.
- F Het type kolk moet overeenstemmen met de soort bestrating, de zwaarte van het verkeer en de eigenschappen van de af te voeren neerslag. Kolken moeten voldoen aan de klassen zoals deze nader zijn gespecificeerd (X = licht, Y = zwaar).
- G Het aantal kolken moet overeenstemmen met de oppervlakte van de bestrating. Dit varieert van 100 tot 200 m<sup>2</sup> straatwerk per kolk.
- H Ter plaatse van de kolkdeksel moet bij bestrating van straatstenen een volle krans, bestaande uit een strek laag, aanwezig zijn, waartegen de aanliggende bestrating volgens het juiste profiel is aangewerkt.

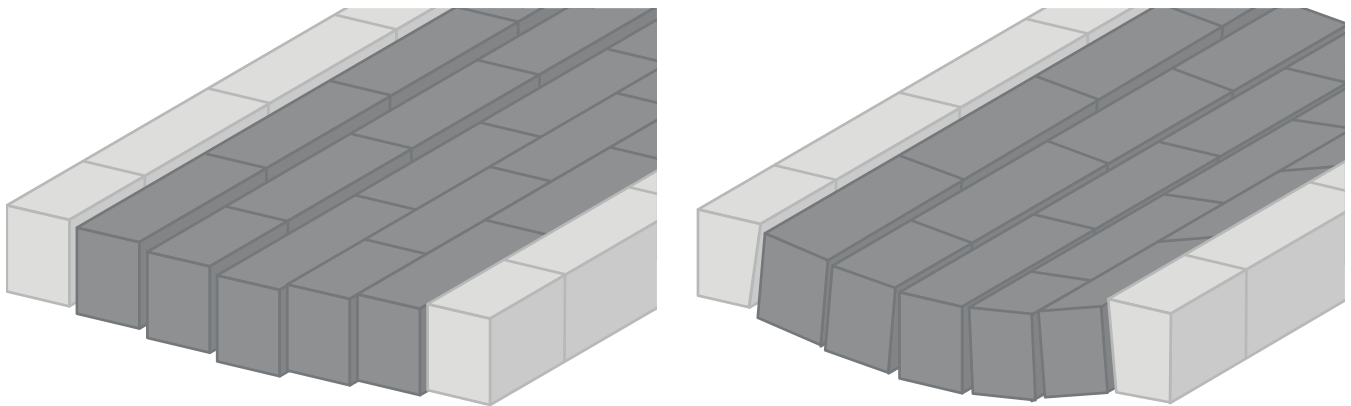


Fig. 9 Molgoten: de 'ronding' en diepte van de molgoot varieert. Bij breekpunt vlakker dan bij de kolkinlaat

Controle: Niet alle kwaliteitseigenschappen van kolken, putten of ondergrondse delen zijn daadwerkelijk goed controleerbaar. Als het b.v. gaat om de kwaliteit van de ondergrondse afvoerleiding kan worden volstaan met gerichte vragen op het werk in combinatie met gegevens op de werktekening.

De aanvulling en verdichting naast/rondom de geplaatste kolken verdient extra aandacht. De mogelijkheid bestaat om daar met een stentrekker een steen of tegel te verwijderen om handsonderingen uit te voeren.

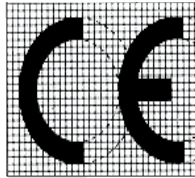
#### 04.14 Ad. 14: Plasvorming

Geen natte  
voeten

Neerslag dient om allerlei redenen zo veel mogelijk langs het oppervlak van de bestrating te worden afgevoerd; tenzij het gaat om infiltrerende bestrating (zie hierna bij hoofdstuk 05). In Nederland bestaat geen norm- of regelgeving ten aanzien van plasvorming of wateroverlast als gevolg van (ernstige) regenval op de bestrating. De oorzaak van wateroverlast op bestrating is meestal het overlopen van de (gemeentelijke) riolering. In ons land waar - vooral 's zomers - zeer intensieve regenbuien kunnen vallen, is het ondenkbaar dat op bestrating nooit tijdelijke plasvorming zal ontstaan. In woongebieden wordt acceptabel geacht dat incidenteel plasvorming - in de vorm van (extra) water op het straatwerk - optreedt met een beperkte duur (gemiddeld: 20 - 30 minuten en maximaal: 60 minuten) en van beperkte omvang. In ieder geval moet voorkomen worden dat tijdens hevige neerslag water binnen woningen of gebouwen komt en waterschade veroorzaakt. In straten met verhoogde trottoirbanden, waarbij de rijbaan als tijdelijke waterbuffer kan dienen, bestaat daarop minder kans dan in voetgangersgebieden met weinig niveauverschillen.

Controle: De kwaliteitsbepaling van bestrating geschiedt in beginsel niet bij/na neerslag. Dit betekent dat het controleren van bestrating op langdurige plasvorming zich beperkt tot het opsporen van plekken waar verhoudingsgewijs duidelijk zichtbare verkleuring of onkruidbegroeiing plaats vindt.

### 04.15 Ad. 15: Materialen



Afb. 16

#### Specialistisch werk

- A In de Standaard RAW Bepalingen, SEB – kwaliteitsnormen en BRL 9334 wordt voor het keuren van de bestratingselementen verwezen naar de betreffende Nederlandse en Europese normvoorschriften. Wel staan in de Standaard RAW Bepalingen voor de kwaliteit en eigenschappen van bestratingselementen en bouwstoffen bepalingen opgenomen zoals voor: straatbakstenen, betonstraatstenen, straat-, brekerzand en split, voegvullingsmaterialen, natuursteenelementen, zandcement en funderingsmaterialen.
- B Het (streng) keuren van bestratingselementen geschiedt op de fabriek door specialisten en onafhankelijke keuringsinstanties volgens standaardmethoden en certificeringeisen voor de elementen conform Nederlandse en Europese productnormen, beoordelingsrichtlijnen (BRL 's) en Bouwstoffenbesluit. De goedgekeurde elementen zijn dan voorzien van CE-markering en/of van een KOMO kwaliteitsverklaring.

Controle: Bij het onderzoek wordt gecontroleerd of de aanwezige elementen, materialen en bouwstoffen voldoen aan de voorgeschreven eisen van de opdrachtgever voor wat betreft: kleur, vorm, uiterlijk. Verder wordt gekeken naar het 'bewijs van oorsprong' (CE-markering KOMO-kwaliteitsverklaring, certificaten, datum van fabricage en gebruikgeschiktheid, naam leverancier en/of fabriek), evenals de aanwezigheid van mogelijke uiterlijke gebreken zoals: afgebroken hoeken, beschadigde oppervlakken of gebroken elementen.

De beoordeling van de elementen van de bestrating op de (juiste) kleur is een delicate aangelegenheid. Zo kan bijvoorbeeld hetzelfde type straatsteen per formatteringseenheid, partij- of dagproductie waarneembare kleurverschillen vertonen qua beleving of in kleurintensiteit. Bovendien is de kleur in de buitenlucht in belangrijke mate afhankelijk van het vochtgehalte van de materialen en van (minimale) structuur- of textuurverschillen tussen de elementen onderling. Desondanks is een kwaliteitsbepaling bedoeld om kritisch te kijken naar significant te grote verschillen.

## 05 Infiltrerende bestrating

### Infiltratie

Infiltrerende bestrating heeft een speciale constructie waarbij de neerslag door of langs de straatstenen in de onderliggende fundering zakt en vervolgens in de ondergrond infiltreert. Ook kan een speciaal ontwikkelde fundering zijn toegepast die het water tijdelijk buffert en tevens een zuiverend vermogen heeft.

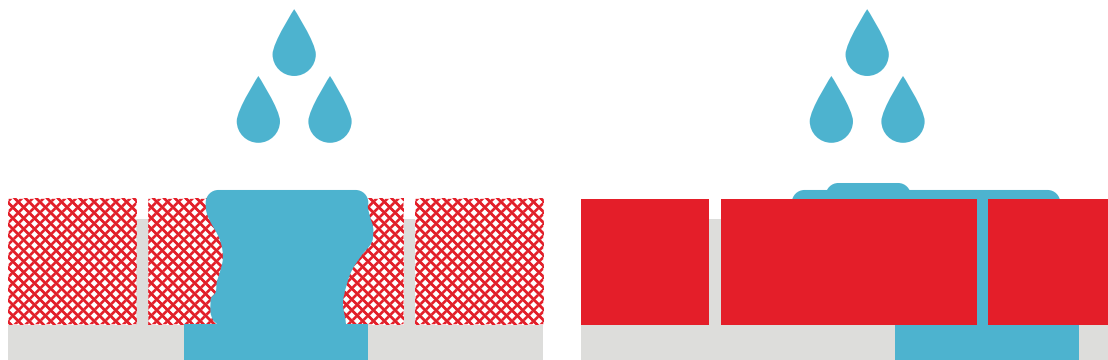
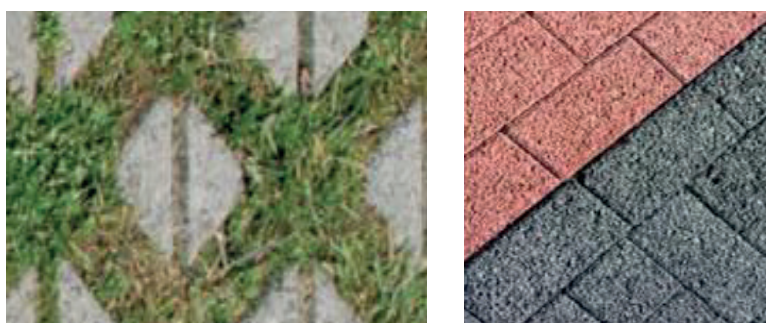


Fig. 10

Bij de toepassing van infiltrerende bestrating zijn in beginsel geen kolken meer nodig. Wel dienen in bepaalde situaties of voor noodgevallen - wanneer de capaciteit niet meer toereikend is - kolken, riolen of overlopen aanwezig te zijn waardoor de neerslag in alle gevallen kan afvoeren.

Infiltrerende bestrating is zeer gevoelig voor vervuiling. Door de vervuiling loopt de waterdoorlatende werking gevaar. Daarom moet bij de uitvoering veel aandacht worden besteed ter voorkoming van vervuiling van het oppervlak. Bij de kwaliteitsbepaling van infiltrerende bestrating geldt in beginsel hetzelfde 15 - tal beoordelingscriteria. Per criteria geef ik onderstaand slechts de verschillen aan t.o.v. de normale bestrating.



Afb. 17 Voorbeelden van infiltrerende bestrating



## 05.1 Ad. 1: Fundering

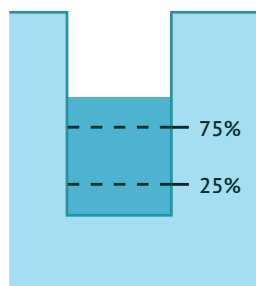
### Aandacht voor onderlaag

De bodem, fundering en straatlaag dienen hele goede waterdoorlatende eigenschappen te hebben. Dit wordt de waterdoorlatendheid of infiltratiecapaciteit genoemd te weten:

- Bij de bodem – en zandlagen moet de waterdoorlatendheidscoëfficiënt (zgn. k –waarde) liggen tussen de  $2,7 - 5,4 \times 10^{-5}$  m/sec ofwel (afgerond) tussen de 10 – 20 cm/uur.
- Bij puingranulaat – of natuursteenslagfunderingslagen moet het holle ruimtepercentage liggen tussen 30 à 40 %;
- Het is raadzaam als een straatlaag van split 2/6 mm aanwezig is.

Het grondwater moet ten minste 70 cm onder het maaiveld staan en het is raadzaam om een waterdoorlatende scheidingslaag (geotextiel) toegepast te zien. Verder moeten de materialen van de funderingslagen 'keihard' zijn. Dit wordt uitgedrukt in de "Los Angeles – Coëfficiënt" (zgn. LA-coëfficiënt) Een lage waarde is prima en duidt op een grote weerstand tegen verbrijzeling. LA-coëfficiënt moet zijn voor:

- Grind en natuursteenmaterialen: LA-coëfficiënt tussen de 25 en 40;
- Mengpuingranulaat: LA-coëfficiënt maximaal 60;
- Split: LA-coëfficiënt maximaal 20.



**Controle:** De waterdoorlatendheid van de bodem kan worden gecontroleerd met behulp van de putmethode. Bij deze methode wordt een put in de bodem gemaakt met bepaalde afmetingen. Op de bodem wordt een dunne laag steenslag aangebracht. Ook wordt de put voorzien van een meetlat met markeringen (b.v.  $\frac{3}{4}$  vol en  $\frac{1}{4}$  vol) en tot slot gevuld met water. Vervolgens wordt de tijd gemeten die voor het waterniveau nodig is om te zakken van  $\frac{3}{4}$  vol naar  $\frac{1}{4}$  vol. De gemeten tijd wordt met de k - formule getoetst aan de vereiste k – waarde. De uitvoering van deze proef kan in de praktijk uren duren; dit te meer omdat deze drie maal moet worden herhaald. In plaats van een put kan ook een boorgat gemaakt worden.

De k-formule is:

$$k = \frac{360 \times \text{hoeveelheid verdwenen water in liters (bijv. 5 l)}}{\text{tijd in sec (bijv. 370 sec)} \times \text{opp. binnenste ring in m}^2 \text{ (bijv. } 0,50 \times 0,50 \text{ m)}} = \frac{360 \times 5}{370 \times 0,25}$$

In dit rekenvoorbeeld:  $k = 20$  cm/uur (tijdsduur van proef ca. 6 minuten).

Het controleren van het percentage holle ruimte in steenslag – of puingranulaatlagen is op het werk niet eenvoudig maar geschiedt door gerichte vragen aan medewerkers ter plaatse.

Bij de controle naar de hardheid (LA-coëfficiënt) wordt gekeken naar het 'bewijs van oorsprong' zoals: CE-markering, KOMO-kwaliteitsverklaring, certificaten, gebruiksgeschiktheid, naam leverancier.

**05.2 Ad. 2: Dwarsprofiel**

Minder (geen) afschot

Het dwarsafschot moet ten minste 1 % (10 mm/m<sup>1</sup>) zijn. Het maximale dwarsafschot is 3 % (30 mm/m<sup>1</sup>); ter voorkoming van te snelle afstroming van het water naar het laagste punt en de kans van opeenhoping van vuil. Het is raadzaam om de middenwang van het dwarsprofiel te voorzien van een (boogspanning van minimaal 5 mm).

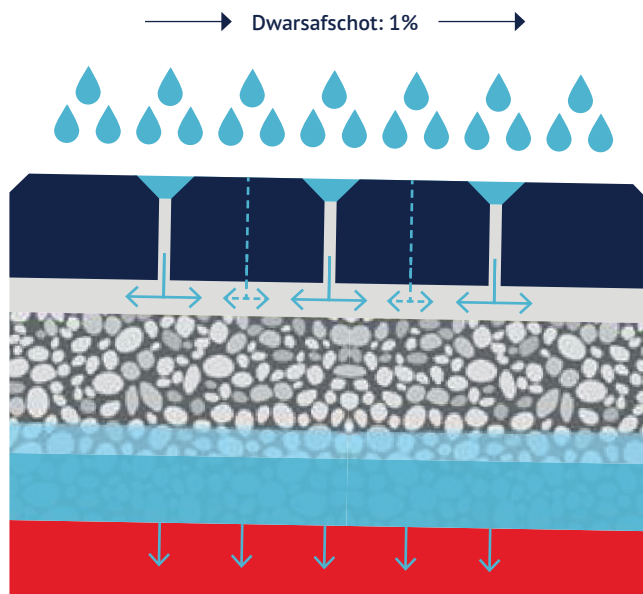


Fig. 11

**05.3 Ad. 9: Voegen**

Grotere voeg

Bij waterpasserend straatwerk zijn de voegbreedten meestal iets breder dan normaal, maar een grotere breedte dan 10 mm is ongewenst (normaal 3 – 5 mm).

De voegen dienen te worden gevuld met een materiaal dat optimaal waterdoorlatend is en blijft. Als voegvulling wordt vaak split toegepast. Afhankelijk van de voegbreedte moet dan een gradering 1/3 of 1/6 mm aanwezig zijn; bij waterdoorlatende bestrating bij voorkeur niet de fijne fractie van 0/0,5 mm ter voorkoming van het verstopt raken van de poreuze betonstraatstenen.

Een alternatieve voegvulling is de waterdoorlatende strip van kunststof of weefsel (zgn. drainvoegen met een dikte van ca. 4 mm). Sommige strips zitten ingeklemd tussen de stenen en sommige zitten tussen uitsparingen.

**05.4 Ad. 14: Plasvorming**

Wateroverlast

Het spreekt voor zich dat bij infiltrerende bestrating plasvorming anders wordt beoordeeld dan bij normale bestrating. Om wateroverlast te voorkomen is het belangrijk om de infiltrerende functie van de constructie te controleren.

De waterdoorlatende capaciteit van een waterpasserende toplaag is aanzienlijk groter dan van een waterdoorlatende toplaag. Ook zijn er speciaal ontwikkelde kolken die het water direct naar de fundering kunnen afvoeren, waardoor de interende werking van de toplaag wordt ontlast.

**Waterdoor-  
latendheid**

Controle: De waterdoorlatendheid van bestrating kan op het werk met de tweerings-infiltratieproef worden gecontroleerd. Bij deze test worden twee ringen (Ø's: b.v. 15 en 100 cm) verlijmd op het straatwerk. In de beide ringen wordt water gedaan. Het water in de grote buitenste ring heeft als functie het water in de binnenste ring zo verticaal mogelijk de bestrating te laten infiltreren. De waterdoorlatendheid wordt bepaald met water in de kleine binnenste ring door hierin een constant waterniveau aan te houden gedurende (b.v. 20 minuten). Uit het verdwenen water in liters, de tijd in seconden en de oppervlakte in m<sup>2</sup> van het straatwerk binnen de kleine binnenste ring kan de waterdoorlatendheid van het bestratingspakket ter plaatse worden berekend volgens 'de k-formule':

$$k = \frac{360 \times \text{hoeveelheid verdwenen water in liters}}{\text{tijd in sec} \times \text{oppervlakte binnenste ring in m}^2}$$

De uitvoering van deze infiltratieproef is (wellicht) te tijdrovend. Te meer omdat deze op meerdere plekken moet worden uitgevoerd. Voor de volledigheid heb ik gemeend om de proef toch te beschrijven.

## Samenvatting

Aannemingsbedrijven besteden intern veel tijd aan het samenstellen van kwaliteitshandboeken om de gang van zaken bij de voorbereiding en uitvoering van werken goed te laten verlopen. Evenwel wordt er buiten – zoals op de werkvloer - nauwelijks iets gedaan aan het bepalen van de gerealiseerde resultaten van bestratingswerkzaamheden in alle facetten zoals: het bepalen van de kwaliteit van de fundering of van de ligging van het straatwerk.

Het is al wel zo dat het systematisch bepalen van de kwaliteit (ofwel de gecontracteerde eigenschappen) van bestrating binnen de bestratingsbranche al meer dan 25 jaar plaats vindt; maar dan vooral door de directievoerder of door auditor van een certificerende organisatie.

Deze handleiding “*Kwaliteitsbepaling Bestratingswerken*” is bedoeld om aan medewerkers die bij aannemingsbedrijven belast zijn met de uitvoering van bestratingswerken de nodige kennis en vaardigheden bij te brengen, zodat ze in staat zijn om hun eigen (dag)resultaten te kunnen bepalen. Door deze kennis en vaardigheden wordt de betrokkenheid bij alle betrokkenen, evenals de kwaliteit van het werk(en) aanzienlijk bevorderd. Het spreekt voor zich dat hierbij - naast kennis en handelingsvaardigheden – ook een bepaalde ‘objectieve instelling’ nodig is.



Afb. 18 v.l.n.r.: klik bij kolk en in gootlagen bij molgoot, verband straatbakstenen, meting verdichting zandbed

Deze handleiding beschrijft de voor bestrating geldende landelijke normen, eisen en voorschriften (SEB, RAW, BRL 9334). Verder wordt aandacht besteed aan de eigenschappen voor infiltrerende bestrating. Daarnaast wordt beschreven welke gereedschappen zoal nodig zijn om de metingen aan de bestratingswerken te kunnen verrichten, waarbij de meetmethoden en normen zijn onderverdeeld in een 15 – tal “Beoordelingscriteria”. Enkele belangrijke beoordelingscriteria zijn dan bijvoorbeeld:

- verdichting fundering;
- klik;
- verband.







## Notities

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

obn.nl

**Colofon**

**Uitgever** OBN

**Projectleiding** Johan de Krom, de Krom en  
Teunis van de Pol, garDsign

**Tekst** Hans de Vaan, HadrieëM

**Ontwerp en vormgeving** Leon Gerritse, Kameleon Ontwerp

Wij staan voor

**Vakmanschap**

**Samenwerking**

**Kwaliteit**