



Coördinatiecommissie  
**Integraal Waterbeleid**

---

## Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen

---

Deel 3: Bronmaatregelen



**De Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen is de bijlage 1 bij het besluit van de Vlaamse minister van Leefmilieu, Natuur en Cultuur tot vaststelling van de code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen (20/08/2012).**

Bij elk hoofdstuk van de code van goede praktijk hoort ook een technische toelichting:

- Deel 1: Juridisch kader
- Deel 2: Afwateringssysteem
- **Deel 3: Bronmaatregelen**
- Deel 4: DWA-systemen
- Deel 5: Ontwerpneerslag
- Deel 6: Dimensionering hemelwaterriolen en gemengde riolen
- Deel 7: Overstortemissies
- Deel 8: Zuiveringsinstallaties
- Deel 9: Onderhoud

## **Colofon**

Werkgroep Waterzuivering van de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid  
p/a VMM - CIW-secretariaat  
A. Van de Maelestraat 96  
9320 Erembodegem  
T 053 726 507  
F 053 704 276  
[Secretariaat\\_CIW@vmm.be](mailto:Secretariaat_CIW@vmm.be)  
[www.integraalwaterbeleid.be](http://www.integraalwaterbeleid.be)

Foto voorblad: VMM-archief

D/2012/6871/034

## Inhoud

<b>3</b>	<b>Bronmaatregelen</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Wat zijn bronmaatregelen?</b>	<b>4</b>
3.1.1	Indeling	4
3.1.2	Keuze van de bronmaatregel	6
<b>3.2</b>	<b>Infiltratievoorzieningen</b>	<b>7</b>
3.2.1	Type infiltratievoorzieningen	7
3.2.2	Bepaling van de grondwaterstand	13
3.2.3	Metten van de infiltratiecapaciteit	18
3.2.4	Dimensionering	23
3.2.5	Plaatsing	24
3.2.6	Uitvoeringsdetails van infiltratievoorzieningen	24
<b>3.3</b>	<b>Buffervoorwaarden</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Grachten</b>	<b>27</b>
3.4.1	Dimensionering	27

## 3 Bronmaatregelen

### 3.1 Wat zijn bronmaatregelen?

#### 3.1.1 Indeling

Bij de omgang met hemelwater dient maximaal het principe van vasthouden, bergen en afvoeren te worden gerespecteerd. De onderstaande bronmaatregelen geven aan hoe invulling kan worden gegeven aan dit principe.

Het uitwerken van een kostenefficiënte, kosteneffectieve, ruimte-efficiënte en maatschappelijk verantwoorde oplossing zal een integrale aanpak vereisen en samenwerking tussen adviserende overheden, gebruiker van het particulier en publiek domein en de waterloopbeheerder noodzakelijk maken.

Onder bronmaatregelen worden alle lokale opwaartse maatregelen met betrekking tot hemelwaterafvoer gecatalogeerd die de hydraulische piekbelasting van de afwatering verminderen, waardoor de afwateringssituatie zo goed mogelijk deze van de natuurlijke situatie benadert. Een bronmaatregel heeft aldus een reducerende en/of bufferende werking op de hemelwaterafvoer of het afwaartse gemengde stelsel. Men dient dus, naast de beoogde indirecte effecten zoals hergebruik een bronmaatregel te ontwerpen in functie van de hydrologische kenmerken van het ontvangende oppervlaktewater. Het louter 'afkoppelen' van verharde oppervlakte van de riolering is geen bronmaatregel aangezien bij neerslag de afvoer van deze verharde oppervlakte toch nog op een 'kunstmatige' manier moet worden afgevoerd indien er geen echte bronmaatregelen worden genomen.

Wat de hydraulica betreft, kan er van een bronmaatregel worden gesproken, indien er een bufferende werking is op de hemelwaterafvoer. Dit houdt in dat er een buffervolume moet zijn dat vertraagd geleidigd wordt en welke een (nood)overloop heeft waarlangs het water weg kan stromen, indien het buffervolume vol is. Men kan immers geen enkel buffervolume ontwerpen dat voor om het even welke bui voldoet. Men dient dus een buffervolume te ontwerpen in functie van de terugkeerperiode van de overloop of deze nu frequent in werking treedt of zeer zelden.

Men moet dan ook kunnen verzekeren dat het water weg kan op het moment dat de overloop in werking treedt, tenzij de terugkeerperiode ervan zo groot wordt gekozen dat men bij een dergelijk zeldzaam fenomeen lokale overstroming toestaat. In een dergelijk geval hoeft een buffervolume geen fysische overloop te hebben, omdat deze functie wordt vertolkt door de begrenzing van het buffervolume. Een tweede voorwaarde is dat het buffervolume geleidelijk geleidigd moet kunnen worden. Een buffervoorziening die meestal vol staat heeft geen zin (dit is de reden waarom ledigingsdebieten kleiner dan 10 l/s/ha meestal niet zinvol zijn), terwijl een buffervoorziening die te snel terug geleidigd wordt te weinig afvlakking van de piekafvoer geeft. Dit kan worden geïmplementeerd door hergebruik, infiltratie, afgeknepen doorvoer, enz... De buffering zelf kan ook op verschillende manieren worden uitgebouwd, bijvoorbeeld een gesloten put, een open bekken, een ondergronds filterbed, enz...

Tenslotte moet gesteld worden dat de combinatie van terugkeerperiode van de overloop en ledigingsdebiet moet worden gekozen in functie van de problemen die zich voordoen in het ontvangende watersysteem.

Opmerking: de bovenstaande paragraaf kan worden aangepast nadat de resultaten van de studie "uitwerken van een rekenmodel voor het vastleggen van gedifferentieerde bufferingseisen in functie van de waterloop en het vaststellen van een uniforme bufferingseis" gekend zijn.

Typisch aan bronmaatregelen is dat ze een vrij grote buffering hebben die relatief traag geleidigd wordt. Hierdoor is de opeenvolging van de neerslag zeer belangrijk.

De neerslagvariabiliteit in ons klimaat is zo groot dat een correcte beoordeling van de werking van dergelijke voorzieningen enkel kan indien er gebruik wordt gemaakt van continue lange termijn simulaties. Bij het gebruik van enkelvoudige buien voor de dimensionering van buffervoorzieningen

worden de nodige volumes systematisch onderschat, omdat er onvoldoende rekening wordt gehouden met de kans op een voorafgaande vulling.

Het ledigingsdebiet speelt hierbij een cruciale rol. Dit ledigingsdebiet kan niet altijd als een constante worden beschouwd.

In tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van de parameters die het ledigingsdebiet beïnvloeden in functie van het type buffervoorziening.

**Tabel 3.1:** Parameters die het ledingsdebiet beïnvloeden in functie van het type buffervoorziening (Vaes & Berlamont, 2004)

Type buffervoorziening	Omschrijving ledigingsdebiet	Parameters die het ledigingsdebiet beïnvloeden
Hemelwaterput met hergebruik	hergebruik (debiet)	Variabel gebruik tijdens de dag en van dag tot dag, maar dit heeft een beperkte invloed als het dagelijks gebruik beperkt is in vergelijking met het buffervolume. Het ledigingsdebiet kan dan constant worden verondersteld. De vaak kleine doorvoerdebieten zullen meestal leiden tot een beperkt afvlakkende effect.
Groendaken		De doorvoerrelatie wordt sterk bepaald door de constructiedetails aan de rand van het dak.
Infiltratievoorziening	infiltratiedebiet	De infiltratiecapaciteit varieert met de waterhoogte (evenredig met het geborgen volume) maar de doorvoer kan meestal toch min of meer benaderd worden als onafhankelijk van de berging. De infiltratiecapaciteit neemt af in de tijd door colmatatie. De infiltratiecapaciteit wordt beïnvloed door de stand van het grondwater, zowel seizoenschommelingen als meerjarige schommelingen zijn mogelijk.
Doorlatende verharding	infiltratiedebiet	Idem als infiltratievoorziening: de onderbouw bepaalt in grote mate de globale infiltratiecapaciteit. De uitstroom kan bij benadering onafhankelijk van de berging worden beschouwd.
Buffervoorziening met vertraagde afvoer	doorvoerdebiet	Het doorvoerdebiet varieert meer of minder met de waterhoogte: het type uitlaatconstructie bepaalt in grote mate de doorvoerrelatie, bijvoorbeeld een knijpleiding zal tot een meer lineaire karakteristiek leiden, terwijl een wervelventiel tot een meer constante doorvoer zal leiden.

In het verdere gedeelte van deel 3 zullen de volgende constructieve bronmaatregelen apart worden besproken, namelijk infiltratievoorzieningen en doorlatende verhardingen (paragraaf 3.2) en bufferbekkens met vertraagde afvoer (paragraaf 3.3).

In principe zijn al deze constructieve bronmaatregelen toepasbaar voor particulier gebruik, voor industrieel gebruik en voor openbare terreinen. De dimensionering is zodanig opgesteld dat de afmetingen schaalbaar zijn met de grootte van het af te wateren oppervlak. Deze schaalbaarheid is

in de praktijk echter gebonden aan bepaalde technische limieten, zoals de haalbaarheid van het afknippen tot zeer kleine debieten en is dan ook enkel van toepassing zolang de afstromingstijd beperkt blijft en de afstroming op een gravitaire manier gebeurt zonder niet-lineaire controlestructuren.

De afstromingstijd mag maximaal 15 minuten zijn, anders dient de concentratietijd specifiek in rekening te worden gebracht. Dit leidt tot een begrenzing van de toepassing van de basisregels voor gebieden tot ongeveer 10 ha. Voor grotere gebieden kunnen deze dimensioneringsregels ook nog worden toegepast, maar dan rekening houdend met de afvlakking ten gevolge van de afstroming. Indien deze afvlakking niet in rekening wordt gebracht zullen de buffervoorzieningen worden overgedimensioneerd. Voor afwateringsgebieden met een verharde oppervlakte van meer dan 10 ha kan een specifieke optimalisatiestudie tot een bijkomende besparing of optimalisatie van het bufferend effect leiden.

Deze dimensioneringsregels zijn dus niet zonder meer toepasbaar op grotere rioolstelsels en overstorten.

### 3.1.2 Keuze van de bronmaatregel

De stedenbouwkundige en milieuwetgeving bepaalt dat in bepaalde gevallen er een scheiding moet gebeuren van afvoer en hemelwater. Voor wat betreft de afvoer van hemelwater moet er rekening gehouden worden met het principe vasthouden – bergen –afvoeren.

De milieuwetgeving stelt dat voor de afvoer van hemelwater de voorkeur moet gegeven worden aan de volgende afvoerwijzen:

1° opvang voor hergebruik;

2° infiltratie op eigen terrein;

3° buffering met vertraagd lozen in een oppervlaktewater of een kunstmatige afvoerweg voor regenwater;

4° lozing in de regenwaterafvoerleiding (RWA) in de straat.

Deze afvoerwijzen worden bovendien vermeld in afnemende grad van prioriteit en worden ingevuld via de best beschikbare technieken.

Zo zal bij bestaande woningen moeten onderzocht worden of het haalbaar is om een hemelwaterput in te schakelen in de reeds aanwezige binneninstallatie. Voor wat betreft infiltratie geldt deze verplichting in zoverre de grondwaterstand en de doorlatendheid van de bodem dit toelaten. In dit kader worden dan ook regels inzake infiltratiecapaciteiten vastgelegd.

Het is ook verboden te infiltreren wanneer een perceel in een beschermingszone 1 en 2 van een drinkwaterwingebied ligt. Infiltreren mag evenmin wanneer er een vervuiling van een niet-doorlatende verharde oppervlak te verwachten is en er onvoldoende bijkomende maatregelen inzake voorzuivering kunnen worden genomen.

Enkel wanneer infiltratie onmogelijk is, kan aan buffering met vertraagde afvoer worden gedacht. De uitbouw van lokale buffering heeft tot doel een afvlakking te bekomen van het piekdebiet in het afwaartse watersysteem. Bufferen is het zoveel mogelijk ophouden en vervolgens vertraagd afvoeren van hemelwater. Belangrijk hierbij is dat het buffervolume geleidelijk wordt leeggemaakt. Ook moet er een (nood)overloop worden voorzien waarlangs het hemelwater kan stromen wanneer het buffervolume vol is. De overloop van een buffervoorziening is bij voorkeur aangesloten op een oppervlaktewater. Als dit niet mogelijk is, kan de buffering aangesloten worden op de hemelweerafvoer van de openbare riolering. Pas als er geen oppervlaktewater of RWA-leiding in de buurt is, mag de buffering worden aangesloten op de gemengde openbare riolering.

## 3.2 Infiltratievoorzieningen

### 3.2.1 Type infiltratievoorzieningen

Infiltratievoorzieningen omvatten een brede variatie aan bronmaatregelen, gaande van doorlatende verhardingen tot infiltratiebekkens en kunnen zowel op het privaat als het openbaar domein worden voorzien.

Infiltratievoorzieningen kunnen grosso-modo worden ingedeeld naar de manier waarop ze het water naar de bodem brengen:

- oppervlakte-infiltratie: hemelwater wordt op straatniveau afgevoerd naar een verlaagde grasstrook of gracht. Deze zone vangt het water op, waarna het in de bodem infiltreert;
- ondergrondse infiltratie: hierbij komt het hemelwater via een leiding in een ondergrondse infiltratievoorziening. Via de onderzijde en/of zijkant van de voorziening loopt het vervolgens de grond in. Het grote nadeel van dergelijke systemen is de moeilijke toegankelijkheid voor onderhoud en controle. Om verstoppingen te vermijden, worden de voorzieningen daarom best voorafgegaan door een blad- en zandvang. Ook moet een noodoverlaat worden geïnstalleerd. Zo kan bij extreme regenval het overtollige water worden afgevoerd. Deze voorziening vangt het water op, waarna het infiltreert in de bodem.

Een ondergrondse infiltratie kan zowel in de vorm van een bekken worden uitgevoerd als in de vorm van een netwerk van doorlatende leidingen. Onder deze groep vallen:

- infiltratieput;
- infiltratiekolk;
- infiltratiebuis;
- infiltratieblokken;
- doorlatende verharding: dit type verharding bestaat uit 2 delen: de toplaag met een hoge doorlatendheid en de funderingslaag. De funderingslaag neemt de neerslag direct op en vanuit deze berging kan het dan infiltreren in de ondergrond.

Onder deze groep vallen:

- waterdoorlatende materialen
- grastegels
- waterdoorlatende verhardingen.

De voorkeur gaat hierbij uit naar een gracht of bovengrondse (oppervlakte) infiltratie. De rechtstreekse infiltratie van hemelwater via onverharde oppervlakken geniet dan ook de voorkeur. Ook hemelwater van een verhard oppervlak kan perfect afgeleid worden naar een nabijgelegen doorlatend oppervlak. Zo kan een terras onder een helling van 1 à 2% worden aangelegd en afwateren in de tuin. Het kan wel dat aan de overgang tussen verhard en onverhard terrein tijdelijk plassen ontstaan. De belangrijkste eigenschappen van een infiltratievoorziening zijn de infiltratiecapaciteit en de berging. Een eventuele overloop die het overtollige hemelwater naar het oppervlaktewater voert als de infiltratievoorziening volledig gevuld is wordt bij voorkeur niet ondergronds aangelegd.

Het is verboden infiltratievoorzieningen aan te leggen in de beschermingszones voor grondwaterwinning type I of II om de risico's op verontreiniging van drinkwater tot een minimum te beperken (De afbakening van deze beschermingszones is te vinden in het geoloket 'Vlaamse Hydrografische Atlas' dat te raadplegen is op [www.agiv.be](http://www.agiv.be)). In een beschermingszone type III kan een open infiltratie voor niet verontreinigd hemelwater eventueel wel aanvaardbaar zijn, mits uitdrukkelijke toestemming van de bevoegde drinkwatermaatschappij. Bij voorkeur gebeurt dit dan via de aanleg van een open, bovengrondse visueel controleerbare voorziening. Alleszins is het in de beschermingszone type III aangewezen niet rechtstreeks op het grondwater te infiltreren, doch minstens 50 cm boven de hoogste grondwatertafel om een voorfiltering te verkrijgen.

Buiten de beschermingszones voor het drinkwater is het technisch (indien de grondsoort het toelaat) zeker geen probleem om niet verontreinigd hemelwater rechtstreeks te infiltreren in de bodem. De eventuele overloop is best onder het hoogste grondwaterpeil gelegen, gezien de infiltratievoorziening dan eerder als drainage fungeert.

Het volume van de infiltratievoorziening dat zich beneden het grondwater bevindt mag uiteraard niet als nuttig buffervolume beschouwd worden. Gezien het bufferende effect vooral noodzakelijk is tijdens de extreme piekneerslag in de zomer, mag hiervoor de laagste grondwaterstand genomen worden.

#### 3.2.1.1 Infiltratiekom/infiltratieveld

Een infiltratiekom of -veld is een onverhard terrein waar hemelwater kan infiltreren. De infiltratiekom bestaat uit een humushoudende teelaardelaag, die bij voorkeur begroeid is met gras, planten of struiken. Gazon infiltreert het best en vergt geen verder onderhoud buiten het maaien.

De aanvoer naar de infiltratievoorziening gebeurt bovengronds via open goten. Als dat niet mogelijk is, kan een ondergrondse aanvoer ook, mits de plaatsing van een blad- en zandvang.

Aan het inlaatpunt moet een te grote stroming worden vermeden, eventueel via een verdeelgoot.

Een infiltratiekom mag volledig vlak liggen. Als een terrein te veel helt, kunnen verschillende infiltratiekommen op verschillende hoogtes achter elkaar worden aangelegd.

Via een natuurlijke uitvoeringswijze kunnen de infiltratiekommen geïntegreerd worden in de groenaanplantingen. De begroeiing zal immers voor een meer open bodemstructuur zorgen, waardoor het water beter kan infiltreren. Een goed onderhoud is echter wel noodzakelijk. Na enige tijd kan er een sliblaag ontstaan die de infiltratiecapaciteit doet afnemen. De infiltratiekom vrijhouden van bladeren, het regelmatig maaien van het gras en de laag teelaarde die de grond luchtig houdt, moet dichtslibbing tegengaan.

Voor de veiligheid is de komdiepte bij voorkeur kleiner dan 30 cm. De hellingen zijn best kleiner dan 50%, met afgeronde zijkanten.

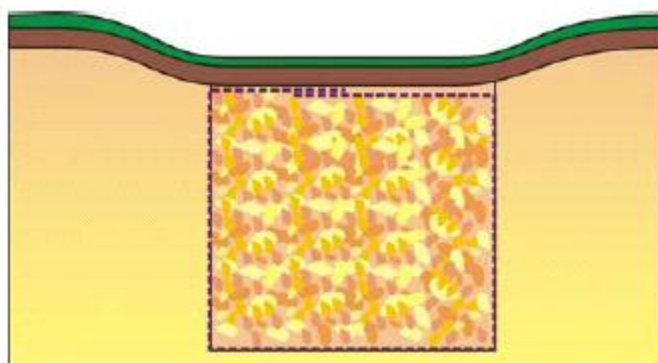
#### 3.2.1.2 Wadi

Als de ondergrond onvoldoende doorlatend is en het grondwater diep genoeg zit, kan er onder de infiltratiekom filterbedmateriaal worden aangebracht. Dit filterbed dient dan om een minder doorlatende laag te doorbreken of om extra berging te voorzien. Een combinatie van een infiltratiekom met een ondergronds filterbed wordt een wadi genoemd (figuur 3.1 en 3.2). Voor de dimensionering van de buffercapaciteit wordt de som van het volume in de infiltratiekom en het ondergrondse (poriën)volume als berging aanzien.

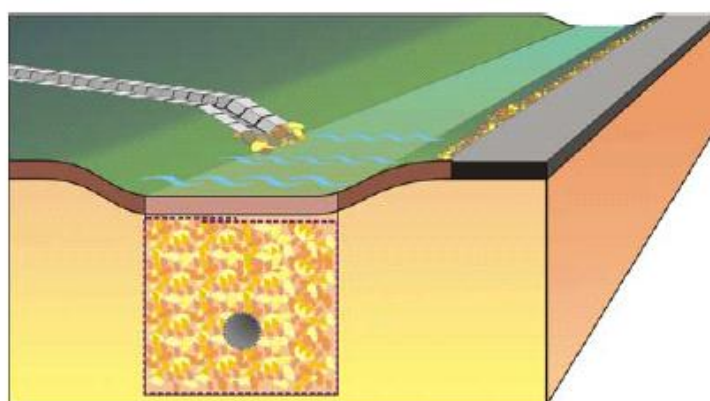
Om de infiltratiecapaciteit nog te vergroten, wordt soms een drainageleiding aangebracht die het water verdeelt in het ondergrondse filterbed. Daardoor ontstaat een ondiepe infiltratiekom met een ondergrondse drainage. Het filterbed bestaat dan uit een drainagebuis, omhuld met grove kiezel en een geotextiel. Daarvoor bestaan ook prefabblokken met een groot poriënvolume. Dicht bij bomen en onder opritten, moet de drainageleiding plaatselijk vervangen worden door een ondoorlatende buis.

Infiltratie in een wadi is de meest voor de hand liggende oplossing. Dit systeem veroorzaakt wel een vochtige zone. Er staat wel maar gedurende een beperkte tijd water in deze infiltratiekom. Wanneer dit niet gewenst is of bij gebrek aan ruimte, moet worden overgegaan naar halfverhardingen of doorlatende verhardingen.





**Figuur 3.1:** dwarsdoorsnede van een Wadi



**Figuur 3.2:** langgerekte Wadi met bijkomende drainage

### 3.2.1.3 Waterdoorlatende materialen

Gehakseld hout kan worden gebruikt als bodembedekker tussen planten. Dit natuurlijk product vergaat en moet daarom regelmatig worden aangevuld. Het is vooral nuttig voor tuinpaden en dergelijke.

Steenslagverhardingen zijn maar voldoende doorlatend wanneer een grove korrel wordt gebruikt (best 5/15 of 5/20), gefundeerd op steenslag. De verharding bestaat uit een mengsel van dolomiet, cement, aanmaakwater en eventueel kalk. Er kan een geotextiel worden voorzien om een vermenging van lagen en plantengroei tegen te gaan.

Tabel 3.2 geeft weer hoe een dolomietverharding moet worden opgebouwd in functie van de toepassing.

**Tabel 3.2:** opbouw van de dolomietverharding

Toepassing	Opbouw
Tuinpaden, wandelpaden	Dolomiet: 7 tot 10 cm dik Waterdoorlatende geotextiel eronder
Brandwegen, noodtoegangen (sporadisch verkeer)	Dolomiet: 10 tot 15 cm dik Waterdoorlatende geotextiel eronder

Dolomietverhardingen zijn eenvoudig aan te leggen, zijn goedkoop en bestaan in verschillende kleuren. Bij verkeersbelasting kunnen er putten ontstaan, die aangevuld moeten worden. Het nadeel is dat er verbrokkeling optreedt bij een frequente belasting, wat de doorlatendheid ongunstig beïnvloedt. Doorlatende dolomietverhardingen kunnen volledig vlak worden uitgevoerd. Echter, om plasvorming te vermijden, is een afwatering (aan 2%) naar een nabij gelegen onverharde berm aangewezen.

#### 3.2.1.4 Grastegels

Grastegels zijn zowel in beton als in kunststof beschikbaar.

Grasbetontegels zijn betonstenen met openingen waartussen gras kan groeien. De grasbetondallen zijn uitstekend geschikt voor opritten, parkeerplaatsen en terrassen. De opbouw bestaat uit een doorlatende onderfundering en fundering van steenslag, een straatlaag en de eigenlijke grasbetontegels. Alleen bij een zeer goed doorlatende grond is geen onderfundering van toepassing. De tegels worden opgevuld met teelaarde en worden ingezaaid met graszaad. De onderlaag kan bestaan uit teelaarde en geëxpandeerde kleikorrels of uit het mengsel van een bestaande laag leemhoudend zand met turf en teelaarde.

Als de tegels altijd doorlatendheid moeten garanderen, bijvoorbeeld bij druk verkeer, worden de openingen best met steenslag gevuld. Grasgroei bevordert ook de doorlatendheid, maar is niet altijd mogelijk bij druk verkeer. De dimensionering van de onderliggende lagen is afhankelijk van de te verwachten bovenbelasting.

Grastegels uit polyethyleen worden gemaakt uit gerecycleerd polyethyleen met hoge dichtheid. Het gras groeit tussen de openingen. De openingen zijn goed voor 95% van het oppervlak, zodat de tegels praktisch onzichtbaar worden. De opbouw bestaat uit:

- een fundering van steenslag;
- een straatlaag, zoals voor grasbetontegels;
- de eigenlijke grastegels, gevuld met teelaarde en graszaad.

De platen zijn bijzonder licht waardoor ze gemakkelijk kunnen worden geplaatst. Ze zijn onderling met elkaar verbonden. Dit is een robuust systeem, geschikt voor opritten en parkings.

Voor een goede werking van deze grastegels is het belangrijk de kwaliteit van de grastegels, evenals de onderliggende opbouw, aan te passen aan de verkeersintensiteit.

#### 3.2.1.5 Waterdoorlatende verhardingen

Een volledige beschrijving in verband met waterdoorlatende verhardingen is terug te vinden op de website van het OCW.

Voor de verschillende systemen van waterdoorlatende verhardingen gelden een aantal gelijke voorwaarden.

De bovenafwerking en de ondergrond moeten voldoende doorlatend zijn, zodat het hemelwater niet te lang blijft staan. Indien het hemelwater onvoldoende snel in de ondergrond kan dringen, zal de oppervlakteafwerking gedeeltelijk als een bergingsvolume werken. Als die berging verzadigd is, ontstaan plassen. Een grotere buffering wordt verkregen door een dikkere doorlatende onderfundering en fundering aan te brengen of ondoorlatende lagen te breken. De onderfundering dient dan om te bufferen en de fundering doet dienst als reserve.

Wanneer onder de verharding voldoende buffervolume voorzien is, zal het systeem, naargelang de doorlatendheid van de ondergrond, optreden als infiltratiesysteem (bij goed tot zeer goed doorlatende gronden) of als buffersysteem. In dit laatste geval zal het water aan een sterk verminderd debiet moeten worden afgevoerd. De buffering wordt echter voorzien in de structuur zelf. Dat kan alleen worden bereikt door de uitstroom voldoende te beperken.

Bij waterdoorlatende verhardingen moet men rekening houden met vorstgevoeligheid. In bepaalde omstandigheden kan, bij plots opkomende vorst, het water in de grond onder de doorlatende verharding opvriezen en de verharding beschadigen. Als dit gevaar bestaat, moet onder de deklaag

een vorstvastе onderfundering worden voorzien. Tabel 3.3 geeft aan onder welke voorwaarden dat nodig is.

**Tabel 3.3:** bescherming van waterdoorlatende verharding inzake vorst

Grond	$V < D < W$ $W > 1,4 \text{ m}$	$D < V < W$ $W > 1,4 \text{ m}$	$W < 1,4 \text{ m}$
Niet vorstgevoelig	Geen probleem	Geen probleem	Geen probleem
Matig vorstgevoelig	Geen probleem	Probleem*	Probleem*
Zeer vorstgevoelig	Geen probleem	Probleem*	Probleem*

D = dikte van de verharding, fundering, onderfundering

V = vorstindringdiepte (afhankelijk van de plaats in Vlaanderen)

W = diepte van de grondwaterspiegel

\* Oplossing: vorstvastе onderfundering voorzien

Of een grond vorstgevoelig is, hangt af van zijn fijnheid. Zeer fijne (klei, leem) en fijne gronden (fijne zanden) zijn zeer tot matig vorstgevoelig. Grovere gronden (middelmatig, grof zand) zijn over het algemeen niet vorstgevoelig. De diepte tot waar de onderfundering moet reiken, is afhankelijk van een aantal factoren. In Vlaanderen varieert die diepte tussen 40 à 65 cm.

Op sommige doorlatende verhardingen gaat, na verloop van tijd, onkruid groeien. Men kan dit onkruid manueel verwijderen, afbranden of met een biologisch afbreekbaar product besproeien.

Waterdoorlatende betonstraatstenen worden altijd volledig vlak uitgevoerd. Zeker op pleinen heeft dat een esthetische meerwaarde (geen hellingen omwille van de oppervlakkige afwatering).

Er zijn twee types waterdoorlatende betonstraatstenen:

- betonstraatstenen met verbrede voegen of met drainageopeningen. Betonstraatstenen met verbrede voegen zijn aan de zijkanten voorzien van brede nokken of afstandhouders. Daardoor ontstaan na het leggen brede voegen. Hierlangs sijpelt het water naar de fundering en ondergrond;
- poreuze betonstraatstenen met een speciale korrelstructuur die is verkregen door een speciaal cementmengsel en verdichtingsproces.

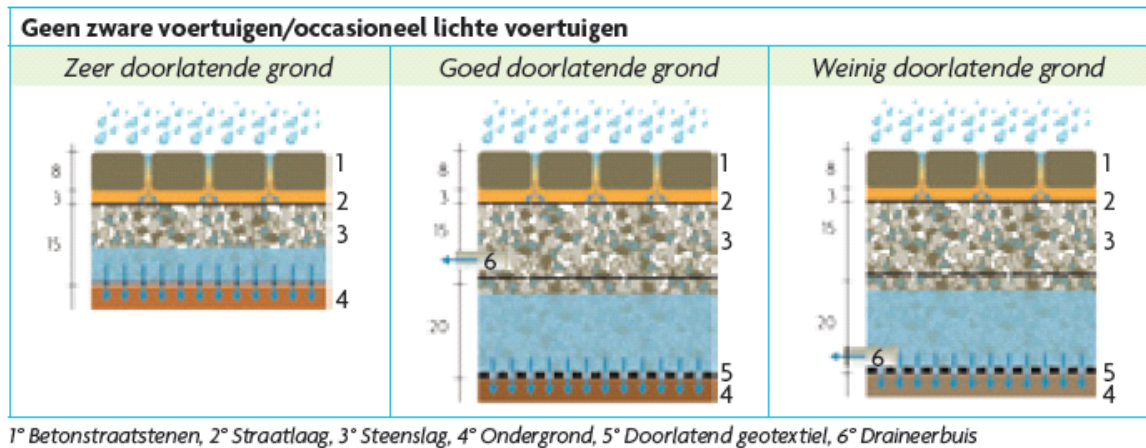
De plaatsing van deze straatstenen veronderstelt ook de aanleg van een doorlatend zandbed, een fundering en (indien nodig) een onderfundering. Wanneer er geen doorlatende fundering is, kan het hemelwater niet afvloeien naar de onderliggende lagen en gaan de betonstraatstenen opdrijven.

Het werkingsprincipe van waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen is gebaseerd op de volgende elementen:

- de opname van water aan het oppervlak gebeurt door de straatstenen. Die moeten daarom een voldoende grote doorlatendheid hebben, hetzij door de steen zelf, hetzij door verbrede voegen of drainageopeningen. De straatstenen brengen het water zo snel mogelijk naar de onderliggende lagen. De draagkracht voor het verkeer wordt verzekerd door de fundering. De fundering zal het water doorgeven aan de onderfundering, waar het gebufferd wordt;
- de buffering van het hemelwater gebeurt in de onderstructuur. De onderfundering doet dienst als buffer, zeker als de grond weinig doorlatend is;
- de afvoer van het hemelwater gebeurt bij voorkeur door infiltratie in de ondergrond en anders door een vertraagde afvoer naar een nabijgelegen infiltratiebekken of sloot. Belangrijk daarbij is dat de waterafvoer via een knijpleiding voldoende wordt vertraagd.

Betonstraatstenen met verbrede voegen zijn aan de zijkanten voorzien van brede nokken of afstandhouders. Daardoor ontstaan na het leggen brede voegen. Hierlangs sijpelt het water naar de fundering en ondergrond.

Figuur 3.3 geeft de opbouw weer van een waterdoorlatende verharding bij particuliere woningen in functie van de doorlatendheid van de grond. De onderfundering moet worden ontworpen in functie van het gewenste buffervolume en de nodige vorstbescherming.



1° Betonstraatstenen, 2° Straatlaag, 3° Steenslag, 4° Ondergrond, 5° Doorlatend geotextiel, 6° Draineerbuis

Bron: OCW

**Figuur 3.3:** opbouw van een waterdoorlatende verharding

### 3.2.1.6 Infiltratieput

Een infiltratieput is een verticale put met geperforeerde of poreuze wanden. Het hemelwater infiltreert via de onderzijde en het onderste gedeelte van de zijwanden. Dit systeem neemt weinig plaats in beslag, maar is enkel toepasbaar in gebieden met een lage grondwaterstand. De bodem zal vrij vlug aanslibben. De wanden laten infiltratie toe tot dat een aanzienlijk deel van het volume van de put gevuld is met slib. Na een slibuiming kan de infiltratieput opnieuw op volle capaciteit benut worden.

### 3.2.1.7 Infiltratiekolk

De infiltratiekolk is net zoals de infiltratieput een verticaal element. De onderbak bestaat uit een poreuze, geboorde of gesleufde buis, omwikkeld met geotextiel. Het grote verschil met de infiltratieput is dat de kolk, naast infiltratie, ook een inzamel functie heeft. Infiltratiekolken kunnen afzonderlijk of in een onderling verbonden stelsel worden toegepast. Deze toestellen vragen uiteraard wel een zeer regelmatige reiniging. De infiltratiecapaciteit zal afnemen naargelang de tijd verstrijkt.

### 3.2.1.8 Infiltratiebuis

Een infiltratiebuis is een horizontale constructie en is dus in vergelijking met een infiltratieput beter toepasbaar wanneer het grondwater hoger zit. Een infiltratiebuis is een drainerende buis, soms omhuld met kiezel en geotextiel. Deze buizen kunnen een netwerk vormen over een relatief grote oppervlakte.

Wanneer het slib, dat onvermijdelijk meestroomt met het hemelwater, in de leiding achterblijft en niet via de wand ontsnapt, kan dit, eenvoudig worden verwijderd. Daardoor kan het beschikbare volume en de infiltratiecapaciteit bijna volledig worden hersteld.

Als het slib via de holtes uit de buis kan ontsnappen, plaatst men bij voorkeur een voorbezinker die dan regelmatig moet worden gereinigd. De bodem van de buis zal immers vrij snel aanslibben

waardoor de bodem na een tijd nagenoeg ondoorlatend wordt. Een reiniging is pas nodig wanneer het volume slib in de buis een aanzienlijk deel van het volume in beslag neemt.

### 3.2.1.9 Infiltratiekratten

Infiltratieblokken bestaan uit kunststof en hebben netto circa 95% holle ruimtes. Het blok wordt omhuld met geotextiel. Er zijn blokken waarvan alle wanden waterdoorlatend zijn, maar er zijn ook blokken waarvan enkel de boven- en onderzijde waterdoorlatend zijn. Het voordeel van dergelijke blokken is dat de infiltratievoorziening op maat kan worden gemaakt. De blokken kunnen zowel boven als naast elkaar worden gestapeld. Voor blokken die aan alle zijden waterdoorlatend zijn, bestaan speciale verbindingselementen.

## 3.2.2 Bepaling van de grondwaterstand

### 3.2.2.1 Bepaling via de statistische methode

Via de hieronder beschreven statistische methode wordt getracht om op een te onderzoeken meetpunt, aan de hand een beperkte meetreeks, de statistische verdeling van de grondwaterstand (gemiddelde, standaarddeviatie) te bepalen en dit via de beschikbare tijdsreeksen op een aantal referentiemeetpunten in de buurt van het te onderzoeken punt. Indien geen representatieve referentiedata aanwezig zijn, kunnen referentiedata worden gegenereerd via een model.

#### 3.2.2.1.1 Toepassing model indien referentiedata aanwezig zijn

Indien referentiedata aanwezig zijn in de buurt van het te onderzoeken meetpunt wordt volgende benadering gevolgd:

- Zoek een aantal referentiemeetpunten in de buurt van het te onderzoeken meetpunt;
- Normaliseer de peilmetingen op die referentiemeetpunten:

$$\text{genormaliseerd peil op dag } X = \frac{\text{gemeten peil op dag } X - \text{gemiddeld peil}}{\text{standaarddeviatie van de peilen}}$$

- Beschouw de genormaliseerde peilen van alle referentiemeetpunten, en bereken het zwevend gemiddelde:

$$M_x := \frac{\sum_{b=x-p+1}^x Y_b}{p}$$

Met  $M_x$  het zwevend gemiddelde in meting nummer<sup>1</sup>  $x$ ,  $p$  de periode (aantal punten dat beschouwd wordt voor het berekenen van het gemiddelde),  $Y$  het genormaliseerd peil.

Er wordt nu verondersteld dat (1) het zwevende gemiddelde van de genormaliseerde referentiepeilen ook van toepassing is op de te onderzoeken locatie en (2) het genormaliseerd peil voor tijdstippen waarop geen enkele meting beschikbaar is 'af te lezen' is uit de grafiek van het

---

<sup>1</sup> meting nummer 1 = eerste meetpunt, nummer 2 = tweede meetpunt enz.

zwevend gemiddelde (dus dat het genormaliseerd peil tussen twee bemeten tijdstippen een lineair verloop kent<sup>2</sup>).

De statistische verdeling van de grondwaterpeilen op de te onderzoeken locatie zijn dan als volgt te bepalen:

- Bereken het zwevend gemiddelde van de genormaliseerde referentiepeilen op de tijdstippen waarop data beschikbaar zijn voor het te onderzoeken meetpunt;
- Zoek het verband tussen deze voorspelde genormaliseerde grondwaterstanden en de gemeten peilen op de te onderzoeken locatie. Dit verband moet er als volgt uitzien:

$$\text{genormaliseerd peil op dag X} = \frac{\text{gemeten peil op dag X} - \text{gemiddeld peil}}{\text{standaarddeviatie van de peilen}}$$

Of anders geformuleerd:

gemeten peil op dag X = gemiddeld peil + (genormaliseerd peil op dag X × standaarddeviatie van de peilen)

Het gemeten peil en het genormaliseerd peil zijn gekend voor een aantal dagen (zie eerder). Door bovenstaande vergelijking te fitten op die data (via de kleinste kwadraten methode), kunnen de statistische karakteristieken van het grondwaterstandsverloop (gemiddelde en standaarddeviatie van het peil) berekend worden.

Een randvoorwaarde bij het toepassen van de voorgestelde methode is dat de metingen uit de referentiedataset goed gespreid zijn in de tijd, zodanig dat er niet te veel tijd zit tussen een meting op de onderzoekslocatie en een meting uit de referentiedataset. De standaardopmetingen in het freatisch meetnet zijn daardoor niet bruikbaar, net omdat ze te weinig frequent worden uitgevoerd, en omdat putten in dezelfde regio doorgaans op dezelfde dag of periode worden bemeten. Freatische meetputten van het primair meetnet zijn dan weer relatief schaars.

#### 3.2.2.1.2 Toepassing model indien geen referentiedata aanwezig zijn

Indien geen referentiedata aanwezig zijn kan men deze 'referentiedata' genereren met een model (SWAP). Voor de opbouw van dit model wordt gebruik gemaakt van historische meetreeksen van neerslag en evapotranspiratie (beschikbaar via hydronet). De bodemkenmerken worden ingeschat op basis van de bodemtextuur zoals aangegeven op de bodemkaart waarbij wordt verondersteld dat de vegetatie bestaat uit grasland. Het gemiddelde drainagepeil wordt gelijk gesteld aan de gemiddelde grondwaterstand van de korte meetreeks, en de drainageweerstand aan 100 dagen. Het model voorspelt dan dagtijdsreeksen van grondwaterstanden. Deze tijdsreeksen vormen dan de 'referentiedata' voor het hierboven beschreven model.

#### 3.2.2.2 Bepaling op basis van de bodemkaart

Het grondwaterpeil fluctueert doorheen het jaar: gewoonlijk wordt het ondiepste punt bereikt eind maart en het diepste eind september. Daarnaast varieert het grondwaterpeil van jaar tot jaar. Het waterpeil dat bijvoorbeeld eind maart bereikt wordt, is afhankelijk van de weercondities in de periode die eraan vooraf gaat, en die weercondities zijn elk jaar lichtjes anders. De gemiddelde

---

<sup>2</sup> deze tweede aanname is uiteraard niet meer geldig als de tijdsperiode tussen de metingen groot is

seizoensfluctuatie van het grondwaterpeil is te karakteriseren met twee variabelen: de gemiddelde hoogste en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GHG en GLG), uitgedrukt in meter onder maaiveld (m-mv). Deze twee variabelen werden geïntroduceerd door van Heesen (1970), die voorstelde om de GHG en GLG te berekenen als het gemiddelde van de drie hoogste/laagste peilen per jaar van minimaal acht jaren, waarbij de grondwaterstand tweemaal per maand gemeten wordt (op of omstreeks de 14<sup>de</sup> en 28<sup>ste</sup> dag). Met 'jaren' worden hier geen kalenderjaren maar wel hydrologische jaren bedoeld, die beginnen op 1 april en eindigen op 31 maart.

GHG en GLG zijn maar betekenisvol wanneer seizoensfluctuaties terug te vinden zijn in de tijdsreeks van grondwaterpeilen. Dit is niet altijd het geval. Op locaties waar het grondwaterpeil zeer diep zit (tientallen meters onder maaiveld), doen zich soms geen seizoensschommelingen van de grondwaterstand voor, maar zijn wel fluctuaties te vinden op langere termijn. De gemiddelde grondwaterstand, berekend als het gemiddelde van alle metingen over een meerjarige periode, volstaat in dergelijke gevallen om te besluiten dat het grondwaterregime geen beperking vormt voor het ontwerp van infiltratievoorzieningen.

Het ontwerp van een infiltratievoorziening moet afgestemd zijn op de lokale grondwaterdynamiek. Graaft men de infiltratievoorziening uit tot beneden het grondwaterpeil, dan zal de voorziening voor een deel onder water komen te staan. Door de wanden van het ondergelopen gedeelte zal geen infiltratie meer optreden. Dit hoeft niet problematisch te zijn: omdat de bodem van de infiltratievoorziening vlug aanslibt, is infiltratie door de onderzijde sowieso beperkt. Een nadeel van dit soort constructie is dat vervuilende stoffen die in de voorziening belanden, direct in het grondwater terecht komen.

Als de onderkant van de infiltratievoorziening zich daarentegen boven de watertafel bevindt, dan passeert het opgevangen water door de (onverzadigde) bodem vooraleer het grondwater te bereiken. De bodem werkt als een soort filter: tijdens het transport door de onverzadigde zone kunnen vervuilende stoffen omgezet of vastgehouden worden, zodat de impact van de vervuiling op het grondwater gemilderd wordt. Deze filterende werking is vooral van belang in de buurt van drinkwaterwinningen. In de beschermingszone type III, die zich tot op maximaal 2 km van de waterwinning uitstrekt, wordt daarom aangeraden om de onderzijde van de infiltratievoorziening minstens 50 cm boven de gemiddelde hoogste grondwaterstand te plaatsen.

Buiten deze beschermingszones is het respecteren van de 50 cm marge niet noodzakelijk, als men:

- de overloop boven de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) plaatst, om te voorkomen dat de voorziening als drainage fungeert in natte periodes, en
- voor de berekening van het bufferend vermogen van de voorziening alleen het gedeelte dat zich boven de watertafel bevindt meerekent. Enkel dit deel zal immers bijdragen tot de buffering van hemelwater.

De buffering van hemelwater is vooral tijdens korte, intense buien van belang, en die buien doen zich vooral voor in de zomer. In de zomermaanden is een grondwaterpeil te verwachten dat ietwat ondieper is dan de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG), die gewoonlijk rond het einde van de zomer bereikt wordt. Anderzijds is het grondwaterpeil in de zomer zeker dieper dan de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG), die rond het begin van de lente verwacht wordt. Het bufferend vermogen van infiltratievoorzieningen die (periodisch) gedeeltelijk onder water staan, is daarom bij benadering gelijk aan het volume van de voorziening dat zich boven het gemiddeld grondwaterpeil bevindt.

De GHG, GLG en het gemiddelde grondwaterpeil verschillen sterk van plaats tot plaats omdat ze beïnvloed worden door lokale condities zoals de aanwezigheid van (buis)drainage, grondwaterwinningen, al dan niet opgestuwde waterlopen en grachten, enz. Gedetailleerde gebiedsdekkende informatie is niet beschikbaar voor al deze fenomenen, al kan de Bodemkaart van België wel een eerste indicatie geven van de grondwaterdynamiek die op een bepaalde locatie te verwachten is. De gepubliceerde bodemkaart heeft als schaal 1:20.000 en kan worden geraadpleegd op het geoloket 'Bodemkaart' op [www.agiv.be](http://www.agiv.be). De kaart is opgemaakt aan de hand van gemiddeld twee boringen per hectare waardoor ze toch enigszins representatief is op perceelsniveau. De boringen dateren van halfweg vorige eeuw en de kaart geeft daarom geen

correct beeld van de waterhuishouding van percelen die sindsdien werden opgehoogd, afgegraven, gedraineerd, enz.

De bodemtypes worden op de bodemkaart van België weergegeven als een drieletterige code, waarbij de eerste hoofdletter de textuur weergeeft, gevolgd door twee letters die respectievelijk de drainageklasse en de profielontwikkeling weergeven. Het bodemtype kan nog verder gepreciseerd worden door toevoeging van bijkomende symbolen voor of na deze drieletterige kernserie, maar voor de bepaling van de infiltratiecapaciteit zijn alleen de textuurletter en de drainageklasse van belang. Die drainageklasse werd toegekend in functie van de diepte waarop roest- en reductieverschijnselen werden vastgesteld tijdens de boringen. De overeenstemming tussen dieptes van roest/reductie en de toegekende drainageklasse verschilt naargelang de textuur (zie onderstaande tabel 3.4).

Roestverschijnselen, ook wel gleyverschijnselen genoemd, ontstaan in bodemlagen die een zekere periode van het jaar verzadigd zijn, en buiten deze periode onverzadigd. Het wisselend vochtregime resulteert in een afwisseling van oxiderende en reducerende omstandigheden, waardoor vlekken ontstaan met een sterk verhoogde concentratie ijzer- en mangaanverbindingen (roestvlekken) en grijsblauwe vlekken waaruit het ijzer quasi verdwenen is. Reductieverschijnselen ontstaan in de permanent verzadigde zone, en geven de bodem een homogeen grijze tot grijsblauwe kleur.

**Tabel 3.4:** Diepte van roest (indicatief voor de GHG) en reductie (indicatief voor GLG) voor de drainageklassen van de bodemkaart van België (Van Ranst & Sys, 2000, Tabel 1, p. 15).

	omschrijving		Natuurlijke drainage		Diepte waarop roest- of reductieverschijnselen beginnen (cm-mv)			
	Leem en klei	Zand	Leem en klei	Zand	Leem en klei		zand	
					Roest	Reductie	Roest	Reductie
.a.	-	Zeer droog	-	Te sterk	-	-	>120	-
.b.	(niet gleyig)	Droog	Goed	Iets te sterk	-	-	90-120	-
.c.	Zwak gleyig	Matig droog	Matig		>80	-	60-90	-
.d.	Matig gleyig	Matig nat	Onvoldoende		50-80	-	40-60	-
.e.	Sterk gleyig met reductiehorizont	Nat	Tamelijk slecht		20-50	>80	20-40	>100
.f.	Zeer slecht gleyig met reductiehorizont	Zeer nat	Slecht		0-20	40-80	0-20	50-100
.g.	Gereduceerd	Uiterst nat	Zeer slecht		0	<40	0	<50
.h.	Sterk gleyig	Nat	Tamelijk slecht		20-50	-	20-40	-
.i.	Zeer sterk gleyig	Zeer nat	Slecht		0-20	-	0-20	-

Een liggend streepje "-" duidt aan dat geen roest of reductie werd aangetroffen bij boring tot 125 cm onder het maaiveld.

Naast de eenvoudige drainageklassen, die op de bodemkaart met kleine letter zijn weergegeven, zijn er zones waarin meerdere drainageklassen ruimtelijk nauw verweven zijn. Dergelijke zones worden als drainagecomplex beschreven, aangeduid met een hoofdletter die verschillende enkelvoudige drainageklassen omvat. Onderstaande tabel 3.5 geeft de definities van die complexen in relatie tot de drainageklassen.



**Tabel 3.5:** Definitie van drainagecomplexen op de bodemkaart van België (Van Ranst & Sys, 2000)

Drainagecomplex	Drainageklassen
.A.	.a. + .b. + .c. + .d.
.B.	.a. + .b.
.D.	.c. + .d.
.F.	.e. + .f.
.G.	.e. + .f. + .g. + .h. + .i.
.H.	.g. + .h.
.I.	.h. + .i.

De bodemkaart vertelt ons dus iets over de diepte waarop roest en reductie worden verwacht, maar bevat geen rechtstreekse informatie over de diepte van de grondwaterstand. Nu is het voorkomen van roest en reductie wel gerelateerd met de grondwaterdynamiek. Reductieverschijnselen treden maar op in permanent verzadigde bodemlagen. De diepte waarop reductie wordt waargenomen is daarom indicatief voor de GLG. De zone tussen de hoogste en de laagste grondwaterstand is periodiek verzadigd en periodiek onverzadigd, waardoor roestvlekken kunnen ontstaan. De diepte waarop roestverschijnselen beginnen voor te komen, is dus indicatief voor de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG).

De relatie tussen de drainageklasse, gedefinieerd in functie van de diepte van roest en reductie, en de grondwaterdynamiek (GHG en GLG) is voor zandgronden in de provincie Antwerpen onderzocht geweest door Vandamme (1971). Uit metingen van het grondwaterpeil (tabel 3.6) blijkt dat de GHG doorgaans natter was dan wat men zou verwachten op basis van roestvlekken. Het gaat hier om metingen uitgevoerd in de jaren 60. De in tabel 3.6 weergegeven waarden geven een eerste indicatie van de te verwachten grondwaterstand maar dienen op terrein te worden geverifieerd.

**Tabel 3.6:** vergelijking van de GHG en GLG per drainageklasse zoals bepaald door Vandamme (1971, p. 152, Tabel 54) en de diepte van roest en reductie in zandige gronden zoals vermeld in Van Ranst & Sys (2000, Tabel 1, p. 15)

	Drainageklasse						
	a	b	c	d	e	f	g
<b>GHG</b>	> 120	80-120	50-80	20-50	< 20	< 20	< 20
<b>Roest</b>	> 120	90-120	60-90	40-60	20-40	0-20	0
<b>GLG</b>	> 240	180-240	150-180	120-150	80-120	50-80	< 50
<b>Reductie</b>	-	-	-	-	> 100	50-100	< 50

Bovenstaande gegevens maken duidelijk dat de bodemkaart alleen benaderende (en dus onzekere) gegevens kan leveren over de grondwaterdynamiek. Hoe kunnen we deze onzekere informatie gebruiken voor het ontwerp van infiltratievoorzieningen?

Eerst en vooral moeten we een onderscheid maken tussen enerzijds zandige en zandlemige gronden (textuurletters Z, S, P, L), en anderzijds de zwaardere kleiige en lemige texturen (letters A, E, U). De aanleg van een infiltratievoorziening is alleen zinvol op zandige of zandlemige gronden, voor zover deze niet behoren tot een van volgende drainageklassen: e, f, g, h, i of F, G, I. Bij de drainageklassen en –complexen e, f, g, F en G bevindt de watertafel zich te ondiep en zal de voorziening eerder drainerend dan infiltrerend werken. De klassen h, i en I wijzen op stuwwater, dit is water dat een bepaalde periode van het jaar stagneert op een minder doorlatende laag die relatief ondiep zit. Het stuwwater staat niet in contact met de onderliggende aquifer. Infiltratie op stuwgronden is weinig zinvol omdat het geïnfiltreerde water niet in de aquifer terecht komt.

Zandige en zandlemige gronden met drainageklasse c of d hebben tijdens de winter en het voorjaar meestal een eerder ondiepe grondwaterstand, van 20 tot 80 cm onder het maaiveld. Afhankelijk van de diepte waarop de infiltratievoorziening zich bevindt, kan de buffering geleverd door de voorziening tijdens natte periodes kleiner worden dan het volume van de voorziening, omdat een

deel onder water komt te staan. Zoals eerder vermeld, is vooral de grondwaterstand tijdens de zomermaanden van belang, en die is iets ondieper dan de GLG.

De buffercapaciteit van de infiltratievoorziening kan men op zandige en zandlemige gronden van drainageklasse c of d daarom benaderen als het volume van de voorziening dat zich op minder dan 1 m diepte bevindt.

Op zandige of zandlemige gronden die behoren tot de drainageklasse a of b, vormt de grondwaterdynamiek weinig tot geen belemmering voor infiltratie. De gemiddelde laagste grondwaterstand bevindt zich in het slechtst mogelijke geval (drainageklasse b) op 180 cm onder het maaiveld, wat wil zeggen dat enkel het deel van de voorziening dat zich op minder dan circa 2 m diepte bevindt zal bijdragen tot de buffering van hemelwater. Op gronden met drainageklasse a, wordt een zomergrondwaterstand van minstens 2,5 m onder het maaiveld verwacht. Er is geen ondergrens bepaald voor de grondwaterstanden bij drainageklasse a, dus de zomergrondwaterstand kan even goed aanzienlijk dieper zijn dan 2,5 m, tot meerdere tientallen meters. Als geen meetgegevens beschikbaar zijn, kan de buffercapaciteit van een infiltratievoorziening op een bodem met drainageklasse a voorzichtig ingeschat worden door het volume te nemen dat zich op minder dan 2,5 m diepte bevindt. Als plaatselijke metingen aantonen dat de grondwaterstand zich dieper bevindt, kan men de berekening van het buffervolume uiteraard baseren op die plaatselijke metingen. De interpretatie van gemeten grondwaterstanden dient niet alleen rekening te houden met de seizoensafhankelijkheid van de grondwaterstand, maar ook met het gegeven dat het grondwaterpeil in een bepaald seizoen verschilt van jaar tot jaar, naargelang de weersgesteldheid in de periode die de metingen voorafgaat.

In lemige of kleiige bodemlagen (textuurletters E, A, U) is infiltratie af te raden vanwege de lage infiltratiecapaciteit van leem en klei. Op plaatsen waar het leem- of kleipakket relatief dun is en bovenop een zandig of zandlemig pakket ligt, en de grondwaterstand voldoende diep is, kan een infiltratievoorziening aangelegd worden in de beter doorlatende zand- of zandleemlaag. 'Voldoende diep' betekent dat de infiltratievoorziening zich het grootste deel van het jaar boven de watertafel moet bevinden. De bodemkaart biedt geen informatie over de diepte van de grondwaterstand op plaatsen waar het grondwaterpeil lager is 1,25 m-mv, maar kan wel een aantal klei- en leemgronden uitsluiten, waar het peil wellicht te ondiep is. Alleen de drogere drainageklassen (voornamelijk a en b) kunnen in aanmerking komen voor een dieper gelegen ondergrondse infiltratievoorziening. Het is aan te raden om ter plaatse een boring uit te voeren, waarbij de opeenvolging van minder goed doorlatende en beter doorlatende bodemlagen wordt vastgesteld samen met de diepte van de grondwaterstand, om het ontwerp van een ondergrondse infiltratieconstructie voldoende te kunnen onderbouwen.

### 3.2.3 **Metten van de infiltratiecapaciteit**

#### 3.2.3.1 De infiltratiecapaciteit

De onzekerheid betreffende de infiltratiecapaciteit en dus de bijhorende hydraulische veiligheid omvat twee facetten. Enerzijds stelt zich de vraag welke de initiële infiltratiecapaciteit minimaal zal zijn en anderzijds zal deze infiltratiecapaciteit afnemen in de tijd door onder andere aanslibbing, maar afhankelijk van het type voorziening in meer of mindere mate recupereerbaar door een reiniging. Bovendien kan de grondwaterstand er voor zorgen dat een deel of het volledige buffervolume eventueel tijdelijk gevuld is met water of zelfs als een drainage zal fungeren.

Een grootteorde voor de infiltratiecapaciteit van verschillende grondsoorten is terug te vinden in de onderstaande tabel 3.7. Hieruit is op te maken dat vooral grof of fijn zand maar ook zandleem geschikt zijn voor infiltratie. Leem en zeker klei infiltreren het water in een aantal gevallen veel te traag.

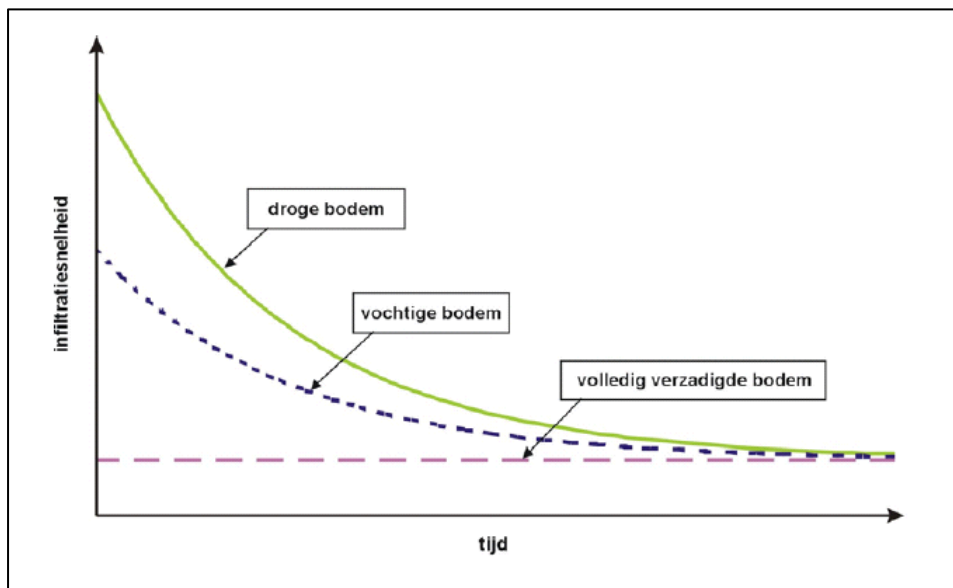
**Tabel 3.7** Infiltratiecapaciteit in functie van de grondsoort

Grondsoort	Infiltratiecapaciteit in mm/h				
	m/s	m/dag	mm/h l/h/m <sup>2</sup>	mm/dag l/dag/m <sup>2</sup>	l/h/100m <sup>2</sup>
<b>Grof zand</b>	1,5 10 <sup>-4</sup>	12	500	12 000	50 000
<b>Fijn zand</b>	5,6 10 <sup>-6</sup>	0,48	20	480	2 000
<b>Leemachtig fijn zand</b>	3,1 10 <sup>-6</sup>	0,26	11	260	1 100
<b>Lichte zavel</b>	2,8 10 <sup>-6</sup>	0,24	10	240	1 000
<b>Löss</b>	1,7 10 <sup>-6</sup>	0,14	6	140	600
<b>Veen</b>	6,1 10 <sup>-7</sup>	0,053	2,2	53	220
<b>Leem</b>	5,8 10 <sup>-7</sup>	0,050	2,1	50	210
<b>Lichte klei</b>	4,2 10 <sup>-7</sup>	0,036	1,5	36	150
<b>Matig zware klei</b>	1,4 10 <sup>-7</sup>	0,012	0,5	12	50
<b>Kleiige leem</b>	1,1 10 <sup>-7</sup>	0,0096	0,4	9,6	40

Aan verschillende geologische afzettingen werden hydraulische geleidbaarheden toegekend die aan de basis liggen van bovenstaande grootheden. Op macroschaal (hydrogeologische benaderingen) geven deze een voldoende benadering bv. in het kader van hydrogeologische modellering waarbij ook onderscheid gemaakt wordt tussen een horizontale en verticale constante. Op kleinere schaal vindt men echter dat de verzadigde doorlatendheden binnen eenzelfde grondtextuur sterker verschillen dan deze tussen de verschillende grondtexturen. Dit werd reeds systematisch onderzocht voor Holocene en oppervlakkige Tertiaire afzettingen (bv. Vereecken H. e.a. 1989 en 1992; Bodemkundige Dienst van België, 2010 en eerder).

De ondergrond bestaat uit een onverzadigde en een verzadigde zone. De doorlaatbaarheid van beide zones wordt gekarakteriseerd door de hydraulische geleidbaarheid  $K$ . Daar waar in de verzadigde zone de hydraulische geleidbaarheid een constante is ( $K_{sat}$ ) is dit in de onverzadigde zone niet het geval. In de onverzadigde zone speelt de zuigcapaciteit van de bodem een belangrijke rol en is de hydraulische geleidbaarheid een functie van die zuigcapaciteit, die op haar beurt weer een functie is van het watergehalte van de bodem (o.a. [Hillel, 1980] en [Fredlund & Xing 1994]). Zo zal bij een initieel drogere bodem de infiltratiesnelheid groter zijn dan bij een initieel vochtige bodem. De infiltratiesnelheid zal afnemen naarmate het watergehalte in de bodem stijgt totdat de bodem verzadigd raakt en de infiltratiesnelheid een constante waarde benadert (figuur 3.4). Het is aan te raden deze constante waarde te gebruiken als (veilige) waarde voor de infiltratiecapaciteit bij de dimensionering en de berekening van het ledigingsdebiet van de infiltratievoorziening.

Uit figuur 3.4 blijkt ook dat bij een droge bodem de infiltratiecapaciteit veel groter is dan bij een volledig verzadigde bodem. Dit betekent dat infiltratie best niet leidt tot langdurige vernatting, omdat dit de effectiviteit van een infiltratievoorziening sterk vermindert. Dit is ook één van de redenen waarom voor buffervoorzieningen (en dus ook voor infiltratievoorzieningen) een bovengrens aan de maximale ledigingstijd wordt vooropgesteld. Zo kan de bodem opdrogen en komt er snel bijkomende infiltratiecapaciteit beschikbaar.



**Figuur 3.4:** infiltratiesnelheid in functie van de tijd bij eenzelfde bodem met verschillend initieel watergehalte.

### 3.2.3.2 Soorten proeven en toepassingsgebied

De keuze van het type proef wordt best afgestemd op het type infiltratievoorziening die gebouwd zal worden om twee belangrijke redenen. Enerzijds is het omwille van de eventuele gelaagdheid van de ondergrond en de grondwaterstand aangewezen de proef te doen op dezelfde diepte als de latere infiltratievoorziening. Anderzijds meten sommige proeven een veel grotere meerdimensionale infiltratie, terwijl andere proeven een ééndimensionale stroming meten. Gezien infiltratievoorzieningen soms meerdimensionaal (leidingen, grachten) en soms eerder ééndimensionaal (bekkens) infiltreren wordt de proef best aangepast. Er wordt verondersteld dat het verschil tussen meerdimensionale en ééndimensionale infiltratie een factor 2 is.

Naast voldoende betrouwbare meetwaarden is bovendien een voldoende en degelijk inzicht nodig in de bodemprofielopbouw om de meetwaarde te kunnen interpreteren, evenals kennis van de externe drainage van het perceel (grondwaterstromingsrichting, beweging)

Hierna worden de verschillende type proeven, hun toepassingsgebied en de voor- en nadelen besproken.

#### 3.2.3.2.1 Textuurbepaling

Beschrijving:

In deze methode wordt de infiltratiesnelheid vastgesteld op basis van de bodemtextuur (zie tabel 3.7).

Voordelen:

- Eenvoud, zeer lage kost.

Nadelen:

- Indien men de grootheden die de tabel biedt wil toepassen, moet het onderscheid kunnen gemaakt worden in de grondtexturen. Handmatig vaststellen van de textuur is wellicht mogelijk voor de grote groepen: (grof) zand, leem, klei maar verder onderscheid vereist de nodige expertise;

- Mogelijk informatiebronnen zijn de bodemkaart en de geologische kaart, doch de textuur ter plekke wijkt in zeer veel gevallen hiervan significant af, bovendien is de naamgeving in de granulometrie niet steeds dezelfde (bv. lichte zavel, zandleem, kleihoudend zand);
- De voorkomende verschillen tussen texturen zijn kleiner dan binnen eenzelfde textuur.

#### 3.2.3.2.2 Dubbele Ring (ringen van Maule)

##### Beschrijving:

De dubbele ringinfiltrometer bestaat uit 2 ringen met een verschillende diameter die in elkaar staan. Deze ringen worden deels in de grond gedrukt en deels met water gevuld. Het water uit de buitenste ring doet dienst als een soort buffer om te zorgen dat het water in de binnenste ring quasi enkel verticaal infiltreert.

##### Voordelen:

- Begrijpelijke rechtstreekse meting van de infiltratiesnelheid, didactisch;
- Methode kan vereenvoudigd worden tot meting met enkele ring met verwaarloosbare fout.

##### Nadelen:

- Variatie in de meetwaarde kan zeer hoog zijn, dermate dat geen verfijning of beslissing mogelijk is;
- Correcte uitvoering van de meting: vermijden dichtslibbing of artefacten bij het klaarmaken meetvlak, beperking van de meetfout vereist zorg en expertise;
- Indien in vooral de verticale as (en eveneens in het horizontaal vlak) de afzettingen heterogeen zijn (typisch bv. Diestiaan, Panesiliaan, Tongriaan,...) zullen de waarden zeer sterk kunnen verschillen.

#### 3.2.3.2.3 Pompproef of peilbuis

##### Beschrijving:

De doorlaatbaarheid van de bodem kan ook bepaald worden met behulp van een peilbuis. Na het leegpompen van de peilbuis, wordt de stijgingsnelheid van het grondwater opgemeten.

##### Nadelen:

- Zeer hoge kost;
- Meethoogte (t.o.v. het maaiveld) veelal niet relevant voor de infiltratiestructuur;
- Enkel toepasbaar onder grondwaterniveau.

#### 3.2.3.2.4 Ongestoorde staalname en meting in laboratorium

##### Nadelen:

- Matig tot hoge kost (staalname);
- Staal genereert veelal artefacten: ongestoorde staalname is heikel, eveneens ingeval van werken met sub samples;
- Meetwaarden van andere dan zandgronden (en reeds vanaf lemige of kleihoudende zandgronden) vertonen hoge variatie (factor 10 tot meer dan 100).

### 3.2.3.2.5 Methode Hooghoudt en omgekeerde boorgatenmethode (boven grondwaterniveau)

#### Beschrijving:

Boorgatmethode voor verzadigde bodems: tot een bepaalde diepte onder het grondwaterpeil wordt een gat geboord. Eens het grondwater terug op zijn oorspronkelijke peil staat, wordt het water weggepompt waarna met een vlotter wordt bepaald hoe snel het waterniveau stijgt.

Omgekeerde boorgatmethode voor onverzadigde bodems: In dit geval wordt er water in het boorgat gepompt en na verzadiging van de bodem wordt bepaald hoe snel het waterniveau daalt.

Er bestaan verschillende hiervan afgeleide methodes (Porchet, Frankrijk, e.a.).

#### Voordelen:

- Neemt zowel de horizontale als de verticale conductiviteit maar de methode dient omzichtig toegepast te worden (vooraf profielopname vereist);
- Zeer goede herhaalbaarheid (eerder lage variatie in de meetwaarde).

#### Nadelen:

- Matige kost.

### 3.2.3.3 Aantal proeven en bijhorende veiligheidsfactor

Vooreerst dient de bodem eerst verzadigd te worden met water vooraleer de effectieve meting kan starten. Betrouwbare metingen zijn enkel mogelijk nadat een stabiele infiltratiecapaciteit werd verkregen. Bij meerdere metingen op dezelfde locatie zal de infiltratiecapaciteit in aanvang dalend zijn en mag enkel de laatste en laagste meting als waarde aangenomen worden.

Als er slechts één meting gebeurt is, dient hierop een veiligheidsfactor van 10 toegepast te worden. Als er minstens 1 meting per 500 lopende meter (voor grachten en leidingen) of 1 meting per 2000 m<sup>2</sup> (voor bekkens) gebeurt op verschillende locaties met een minimum van 3 metingen, mag de veiligheidsfactor van 10 gereduceerd worden tot 2 gerekend op de laagste van alle metingen.

### 3.2.3.4 Infiltratiecapaciteit in functie van de infiltratievoorziening

Infiltratievoorzieningen worden doorgaans aangelegd na uitvoering van de belangrijkste werken (bouwconstructies, landscaping,...), en op terrein van of onmiddellijk naast deze werken. Veelal is de ondergrond op de diepte van de infiltratiestructuren sterk geroerd of verdicht, waardoor de hydraulische geleidbaarheid van de ondergrond drastisch veranderd kan zijn.

Bij de berekening van infiltratievoorzieningen voor publieke maar ook voor private toepassingen is de benadering op basis van bovenstaande waarden dan ook meestal veel te ruw. Om meer zekerheid te hebben dienen infiltratieproeven te gebeuren. Op de resultaten van deze infiltratieproeven dient om volgende factoren een veiligheidsfactor ingerekend te worden:

- Een proef op één plaats houdt geen rekening met de heterogeniteit van de grond, zowel met betrekking tot de gelaagdheid als met betrekking tot de uitgestrektheid van de infiltratievoorziening.
- Het proefresultaat is afhankelijk van de verzadiging van de ondergrond met water.
- Verschillende types proeven geven verschillende resultaten, vooral in functie van het ééndimensionaal of meerdimensionaal infiltreren in de ondergrond tijdens de proef.
- Eenzelfde proef zal bij herhaling licht verschillende resultaten geven.

De infiltratiecapaciteit van een infiltratievoorziening varieert in de tijd omdat afstromend hemelwater steeds een hoeveelheid slib bevat. Het effect hiervan is dat in eerste instantie al vrij vlug de bodem van quasi elke infiltratievoorziening aanslibt en min of meer waterdicht wordt. Enkel bij een oppervlakkige bovengrondse infiltratie op een verlaagd gazon zal de infiltratiesnelheid voldoende

blijven door bioturbatie (onder levend gazon wordt amorf slib terug gestructureerde bodemaggregaten en blijft de bodemoppervlakte infiltrerend), eventueel samengaan met regelmatige maaibeurten waardoor het sliblaagje telkens weer afgevoerd wordt. Ook het voorzien van een voorbezinker waar het grofste slib bezonken wordt en regelmatig en tijdig wordt afgevoerd zal niet beletten dat de fijnste slibdeeltjes doorstromen en de infiltratiecapaciteit van de bodem al vlug grotendeels tenietdoen. De infiltratiecapaciteit van de bodem kan door de snelheid van terug aanslibben in regel ook niet behouden worden door regelmatig onderhoud.

Vervolgens zal het volume van de infiltratievoorziening zich na verloop van tijd gaan vullen met slib, waardoor ook de wanden hun infiltratiecapaciteit verliezen, maar vooral het buffervolume vermindert of verdwijnt. Om die reden is het aanbevolen om een veiligheidsfactor omwille van aanslibbing te voorzien en is een goede aanleg en gedegen onderhoud noodzakelijk om infiltratie te blijven garanderen.

Gezien de bodem van quasi elke infiltratievoorziening aanslibt en min of meer waterdicht wordt, mag de bodem van een infiltratievoorziening niet meegerekend worden als infiltratieoppervlakte, tenzij uiteraard een verlaagd gazon dat regelmatig gemaaid wordt.

Het is dus aangewezen om een zo groot mogelijk wandoppervlak te hebben.

Dit impliceert ook dat de beschikbare infiltratieoppervlakte maar zal infiltreren naarmate het waterpeil in de voorziening stijgt, anders gesteld voor het bepalen van het noodzakelijke buffervolume dient een lineaire lediging verondersteld te worden (cfr knijpleiding)

Ook de wanden zullen na verloop van tijd deels gaan dichtslibben. De snelheid waarmee dit gebeurt en in hoeverre dit recupereerbaar is door een normaal onderhoud wordt bepaald door het type infiltratievoorziening. Indien voor open infiltratievoorzieningen de wanden ingezaaid zijn met gras en regelmatig gemaaid kunnen worden, kan op de volledige infiltratiecapaciteit gerekend worden. Indien geen begroeiing met gras voorzien wordt kan slechts op de helft van de infiltratiecapaciteit gerekend worden. Voor ondergrondse infiltratievoorzieningen kan op slechts de helft van de infiltratiecapaciteit gerekend worden op voorwaarde dat met een normaal onderhoud de infiltratiecapaciteit grotendeels kan hersteld worden. Indien een ondergrondse infiltratievoorziening niet kan gereinigd worden of indien enkel het slib kan verwijderd worden, doch de infiltratiecapaciteit van de wanden niet kan hersteld worden, kan niet gerekend worden op een blijvende werking.

Bovendien dient deze infiltratiecapaciteit nog gereduceerd te worden met een factor gelijk aan de verhouding van de toevoerende verharde oppervlakte tot de infiltratieoppervlakte. De optimalisatie van de dimensionering met betrekking tot de buffering wordt daardoor een iteratieve procedure. Enkel voor doorlatende verhardingen kunnen de infiltratiecapaciteiten uit tabel 3.7

rechtstreeks worden gebruikt. Doorlatende verhardingen kunnen dus ook nog voldoende infiltreren bij ietwat lagere infiltratiecapaciteiten van de natuurlijke ondergrond op voorwaarde dat de fundering eronder goed doorlatend is en een voldoende buffering (poriënvolume) garandeert. Daarnaast wordt de infiltratiecapaciteit ook beïnvloed door de grondwaterstand.

### 3.2.4 Dimensionering

De belangrijkste parameter bij de dimensionering van infiltratievoorzieningen zijn de terugkeerperiode van de overloop en het ledigingsdebiet. Het ledigingsdebiet kan worden berekend uit de infiltratiecapaciteit, de toevoerende verharde oppervlakte en de infiltratieoppervlakte:

$$\text{ledigingsdebiet} = \frac{\text{infiltratiecapaciteit} \times \text{infiltratieoppervlakte}}{\text{afvoerende verharde oppervlakte}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Met:

- infiltratiecapaciteit = doorlatenheid van de ondergrond [m/s]
- infiltratieoppervlakte [m<sup>2</sup>]
- afvoerende verharde oppervlakte [m<sup>2</sup>]

Onder afvoerende verharde oppervlakte wordt verstaan de bruto afvoerende verharde oppervlakte. Hierbij worden geen reductiecoëfficiënten in rekening gebracht. Bij open infiltratievoorzieningen dient ook de horizontale projectie van de infiltratievoorziening ingerekend te worden.

Bij de bepaling van de infiltratieoppervlakte wordt enkel rekening gehouden met de wandoppervlakte van de infiltratievoorziening.

Hoe groter de infiltratieoppervlakte in de bovenstaande vergelijking is, hoe meer plaats er is voor het water om te infiltreren waardoor het ledigingsdebiet stijgt.

In tegenstelling tot een bufferbekken met een vertraagde doorvoer is de volume/doorvoer-relatie van een infiltratiebekken vaak veel meer variabel. Het ledigingsdebiet wordt in grote mate bepaald door externe hydrologische en meteorologische factoren.

Bij deze bepaling van het ledigingsdebiet wordt in eerste instantie enkel rekening gehouden met de wandoppervlakte.

### 3.2.5 Plaatsing

Voor de afstand tot gebouwen wordt als richtwaarde een minimale afstand van 4 m vooropgesteld, zeker als er gevaar bestaat voor wateroverlast in ondichte kelders. Deze afstand kan eventueel verminderd worden indien de nodige afschermingsmaatregelen worden genomen.

De plaatsing is eveneens verboden in een zone van 5 m langs de kruin van een gerangschikte onbevaarbare waterloop en 10 m langs een bevaarbare waterloop.

### 3.2.6 Uitvoeringsdetails van infiltratievoorzieningen

Om te komen tot een goed functionerend infiltratiesysteem dient men oog te hebben voor alle deelaspecten van een infiltratiesysteem. Naast het creëren van voldoende buffercapaciteit om het hemelwater de tijd te geven in de ondergrond door te dringen moet men ook oog hebben voor de wijze waarop het hemelwater wordt gecentraliseerd.

De werking van een infiltratiesysteem wordt bedreigd door verschillende factoren zoals daar zijn:

1. Bij aanleg van het infiltratiesysteem en/of verkavelingen zijn delen van de toevoerende oppervlakte onbegroeid/onverhard. Sedimentafstroom naar het infiltratiesysteem tijdens de aanleg is een reëel risico en vermindert zowel de infiltratiecapaciteit van het systeem als het buffervolume dat beschikbaar is.
2. Een in de tijd afnemende doorlatendheid van de ondergrond ten gevolge van in het afstromend water aanwezige sediment of organisch materiaal.
3. Een afnemende infiltratiecapaciteit van het systeem ten gevolge van andere factoren:
  - a. De vorming van ijzeroxidatie. Dit laatste ontstaat wanneer tweewaardig ijzer in contact komt met zuurstof. Het ijzer wordt dan omgezet in driewaardig ijzer en er ontstaat flocculatie (vloggroei). Deze vloggroei zorgt ervoor dat de waterdoorlatendheid van de voorziening afneemt. Dit fenomeen treedt op als het infiltratiesysteem in ijzerhoudende gronden aangelegd is tussen de laagste en hoogste grondwaterstand.
  - b. De vorming van kalkaanslag. Dit treedt op als het infiltratiesysteem wordt aangelegd in kalkhoudende gronden (hoge pH-waarde) tussen de laagste en hoogste grondwaterstanden.
  - c. Samendrukking van het geotextiel ten gevolge van de aanwezige gronddrukken.
4. Een mogelijk verlies van buffervolume door in de tijd veranderende grondwaterstanden.
5. Een mogelijk verlies van buffervolume door in het volume aanwezige stoffen (slibafzet, (groen)afval, ...)
6. Wortelingroei in het systeem (inzameling van hemelwater) kan zorgen voor verstoppingen en sluit de toevoer naar het infiltratiebekken af.



7. Door werken kan na aanleg van de infiltratiesystemen (onbewust) de werking van het infiltratiesysteem in het gedrang worden gebracht.
8. Verkeerde aansluitingen (afvalwater aangesloten op het infiltratiesysteem) hebben een grote impact op de afvoercapaciteit van de infiltratievoorziening.

Al deze factoren zorgen ervoor dat een degelijk onderhoud voor infiltratiesystemen mogelijk moet zijn.

Daarom wordt bij het ontwerp, de aanleg en het beheer van een infiltratiesysteem best rekening gehouden met onderstaande vuistregels:

### **1. Wateropvangsystemen**

Vooreerst dient benadrukt dat het basisbeginsel er in bestaat door een doordacht ontwerp en door het toepassen van het principe vasthouden – bergen – afvoeren opvang van hemelwater tot een absoluut minimum te beperken.

- A. Wateropvangsystemen in combinatie met gesloten infiltratiebekkens vuilafscheidend dienen te werken.
- B. Op de wateropvangsystemen wordt bij voorkeur een markering aangebracht dat deze aangesloten is op een infiltratiesysteem.

### **2. Infiltratiebekken**

- A. Vermijd toevoer van fijnere deeltjes of organische deeltjes naar het infiltratiesysteem, deze vergroten de afname van de infiltratiecapaciteit van het systeem.
- B. Vermijd, in zoverre technisch mogelijk, de aanleg van infiltratiesystemen in de zone tussen de laagste en hoogste grondwaterstanden. Bepaal een adequate locatie voor het volledige systeem zodat onderhoud op een efficiënte manier kan worden gegarandeerd en het risico op beschadigingen naar aanleiding van toekomstige werken maximaal wordt vermeden.
- C. Vermijd oneigenlijk gebruik van het infiltratiesysteem door een goede communicatie naar de bewoners en door een duidelijke markering van eventuele wateropvangconstructies.
- D. Infiltratiebekkens worden bij voorkeur niet onder verhardingen voorzien zodat de heraanleg ten gevolge van een verminderde werking of ten gevolge van calamiteiten met een minimale maatschappelijke hinder gepaard gaat.
- E. Met het oog op het beheer van infiltratievoorzieningen strekt het tot aanbeveling deze gedecentraliseerd uit te bouwen (particulier voorziet de nodige infiltratiecapaciteit op zijn eigendom, gemeente of gemeentelijke rioolbeheerder voorziet deze voor het openbaar domein). Dit is bovendien de beste garantie voor een brongerichte aanpak.

### **3. Aanleg**

- A. Voorkom instroming van grote hoeveelheden sediment tijdens de aanlegfase van de voorziening. Bij uitbreiding dient men bij verkavelingen deze maatregelen ook aan te houden in de fase tussen de aanleg van infiltratievoorziening en het bebouwen van de kavels.
- B. Probeer verdichting, verslemping en versmering van de onderlaag maximaal te vermijden. Leg de voorziening daarom bij voorkeur aan in droge omstandigheden.
- C. Bescherm aangebrachte geotextielen tegen beschadiging door scherpe obstructies
- D. Controleer zorgvuldig de gerealiseerde aansluitingen op het systeem.

#### **4. Beheer en onderhoud**

Er dient voor ondergrondse infiltratievoorzieningen en inzonderheid voor infiltratiekratten een onderhoudsprogramma opgesteld te worden voor het volledige infiltratiesysteem EN voor de aangesloten (verharde) toevoerende oppervlaktes.

Dit onderhoudsprogramma beschrijft:

- a. een veegfrequentie voor de toevoerende oppervlaktes voor zowel doorlatende als niet doorlatende verhardingen.
- b. De frequentie en wijze van onderhoud aan de eventueel toegepaste wateropvangsystemen: ruiming kolken, roosters, bladvangen, ...
- c. De frequentie en wijze van onderhoud van het watertransportsysteem waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen
  - open transportsystemen: frequentie van groenonderhoud, ruimen (afval, sediment), heraanleg van de toplaag, ...
  - gesloten transportsystemen (leidingen): in functie van de wijze waarop dit is uitgebouwd (doorlatende leidingen versus klassieke waterdichte RWA-leidingen)
- d. De frequentie en wijze van onderhoud aan eventuele vuilafscheidende constructies ter hoogte van de instroom van infiltratievoorzieningen
- e. De frequentie en wijze van onderhoud van de infiltratievoorziening zelf. Dit wordt bij voorkeur gestuurd vanuit de effectieve werking van de voorziening, doch dit vergt een goede monitoring van het waterpeil in de infiltratievoorziening.

### **3.3 Buffervoorwaarden**

#### **3.3.1 Buffervoorzieningen**

Indien blijkt dat het ter plaatse houden van hemelwater via infiltratie niet haalbaar is, kan gekozen worden voor afvoer van het hemelwater na buffering. De uitbouw van lokale buffering heeft als doel een afvlakking te bekomen van het piekdebiet in het afwaartse watersysteem. Bij de uitbouw van deze buffering moet maximaal ingezet worden op het hergebruik van het bestaande grachtenstelsel en de verdere uitbouw van dit grachtenstelsel in het projectgebied.

De optimale buffering wordt bepaald in functie van het ontvangende watersysteem en wordt, om de efficiëntie te verhogen, het best collectief (vb. op niveau van een verkaveling in plaats van per individuele kavel) voorzien.

Uit onderhoudspraktijk is gebleken dat het doorvoerdebiet van een buffering niet kleiner mag zijn dan 10 l/s voor het privaat domein en 20 l/s voor het openbaar domein. Berekeningen tonen aan dat het toepassen van deze minimum doorvoerdebieten niet effectief is voor kleine oppervlakken.

#### **3.3.2 Dimensionering**

Het bepalen van de optimale (zowel qua effectiviteit als efficiëntie) gedifferentieerde bufferingsvoorwaarde zal gebeuren aan de hand van een integrale berekening op basis van de karakteristieken van het volledige watersysteem (dus zowel aanvoerende oppervlakken, rioleringsstelsel, waterloop, ...).

In afwachting van het ter beschikking zijn van gedifferentieerde bufferingscriteria kan, in onderling akkoord tussen de rioolbeheerder en de waterloopbeheerder, op basis van een hydraulische onderbouwde berekening, de dimensionering van de buffering worden vastgesteld.

#### **3.3.3 Buffering bij gebieden groter dan 10 ha**

Voor grote afvoeroppervlakken (vanaf 10 ha) kan er een afvlakking ontstaan tijdens de afstroming.

Daarom moet voor grote afvoeroppervlakken deze afvlakking in rekening worden gebracht via de concentratietijd of via een geschikte hydrologische berekening. Voor buffervoorzieningen afwaarts van overstorten kunnen bovenstaande volumes ook niet zonder meer worden gebruikt en moet het effect van de voorgestelde buffering worden nagegaan op basis van een meer gedetailleerde modellering van de betrokken overstort.

#### 3.3.4 Fasering van de uitbouw

De uitbouw van een buffering dient onmiddellijk te gebeuren voor de nieuw aan te leggen verhardingen. Voor de bestaande verhardingen is de gefaseerde uitbouw van de buffering enkel mogelijk na een grondige evaluatie van de verschillende bufferopties. In deze gevallen wordt in overleg met de waterloopbeheerder gezocht naar een optimale oplossing.

Opmerking: Dit deel zal worden aangepast nadat de resultaten van de studie: "uitwerken van een rekenmodel voor het vastleggen van gedifferentieerde bufferingseisen in functie van de waterloop en het vaststellen van een uniforme bufferingseis" gekend zijn.

### 3.4 Grachten

Een bijzondere vorm van afwateringssysteem en gelijktijdig van bronmaatregel zijn grachten. Enerzijds hebben grachten een bufferfunctie in combinatie met infiltratie en/of vertraagde afvoer bij normale weersomstandigheden en anderzijds hebben ze een afwateringsfunctie bij extreme neerslag. Hierbij is het van groot belang dat de grachten effectief worden uitgevoerd als buffergrachten en niet als louter afvoergrachten. Alternatieve systemen zoals doorlatende regenwaterriolen (o.a. [Hartman, 2003]), langgerekte Wadi's eventueel met onderliggende drainage,... hebben een analoge werking en dimensionering als grachten.

Om de bufferende werking te maximaliseren is het belangrijk dat de grachten zoveel mogelijk horizontaal worden aangelegd en worden opgedeeld in compartimenten. In hellende gebieden dienen de grachten dus in trapvorm te worden aangelegd. Elk compartiment kan worden behandeld als een infiltratievoorziening of een buffervoorziening, die vertraagd geleidigd moeten worden. Op deze manier kan men met grachten wel degelijk een effectieve buffering van de neerslagafvoer bekomen.

#### 3.4.1 Dimensionering

Aangezien het de bedoeling is dat grachten worden ingericht als buffervoorzieningen, zal de afvoercapaciteit bij piekbelasting vooral bepaald worden door de hydraulische structuren die de grachtsegmenten begrenzen. Dit betekent dat minimaal ter hoogte van deze hydraulische structuren moet worden nagegaan of het piekdebiet kan worden afgevoerd dat overeenkomt met de terugkeerperiode waarvoor er geen lokale wateroverlast mag plaats hebben.

Dit vereist inzicht in de stroming van de piekafvoer van de gracht of met andere woorden een globale afwateringsvisie van het grachtenstelsel. Zonder dat hiervoor een model moet worden opgesteld, vereist dit toch een minimale vorm van een globaal afwateringsplan.

