



Leidraad afkoppelen en infiltreren afstromend hemelwater

Provincie Utrecht

Leidraad afkoppelen hemelwater in relatie tot bescherming van de watervoorraad ten behoeve van de drinkwaterwinning in de provincie Utrecht

Vastgesteld door GS op: 4 juni 2024

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1.	Aanleiding	4
1.2.	Problematiek	4
1.3.	Doel en afbakening	5
1.4.	Voor wie is deze Leidraad?	5
1.5.	Taak- en bevoegdheidsverdeling overheden	6
1.6.	Leeswijzer	6
1.7.	Geldigheid en verantwoording	7
2.	Gebruik van de leidraad	8
2.1.	Wanneer is het gebruik van de Leidraad verplicht?	8
2.2.	Wanneer wordt het gebruik van de Leidraad aanbevolen?	9
3.	Afstromend hemelwater - risico's en achtergrond beslisschema afkoppelen en infiltreren	11
3.1.	Risico's van afstromend hemelwater	11
3.2.	Indeling in risicocategorieën	12
3.3.	Beslisschema afkoppelen en infiltreren hemelwater provincie Utrecht	13
3.3.1.	Beoordelen afkoppelvraagstukken hemelwater	13
3.3.2.	Afkoppelen en lozen op oppervlaktewater	14
4.	Beslisschema's afkoppelen en infiltreren binnen een grondwaterbeschermingsgebied	15
4.1.	Afkoppelen van water van wegen, parkeerterreinen en pleinen binnen een grondwaterbeschermingsgebied	16
4.2.	Afkoppelen van water van daken binnen een grondwaterbeschermingsgebied	17
4.3.	Afkoppelen van gemengd water afkomstig van wegen en daken in een grondwaterbeschermingsgebied	18
4.4.	Afkoppelen van water van een bedrijventerrein in een grondwaterbeschermingsgebied	19
4.5.	Uitleg randvoorwaarden en zuiveringstechnieken	20
4.5.1.	Randvoorwaarden	20
4.5.2.	Zuiveringstechnieken	21
4.6.	Maatwerk	22
5.	Beslisschema's afkoppelen en infiltreren buiten een grondwaterbeschermingsgebied	23
5.1.	Afkoppelen van water van wegen, parkeerterreinen en pleinen buiten een grondwaterbeschermingsgebied	24
5.2.	Afkoppelen van water van daken buiten een grondwaterbeschermingsgebied	25
5.3.	Afkoppelen van gemengd water afkomstig van wegen en daken buiten een grondwaterbeschermingsgebied	26
5.4.	Afkoppelen van water van een bedrijventerrein buiten een grondwaterbeschermingsgebied	27
5.5.	Uitleg randvoorwaarden en zuiveringstechnieken	28
5.5.1.	Randvoorwaarden	28
5.5.2.	Zuiveringstechnieken	28

6	Behandeling afstromend hemelwater	30
6.1	Beschrijving technieken voor infiltratie/zuivering van afstromend hemelwater	30
6.1.1	Geschiktheid afkoppeltechnieken	30
6.1.2	Benodigd oppervlak	30
6.1.3	Kosten	31
6.2	Richtlijnen voor inspectie en monitoring	32
6.2.1	Monitoringsfrequentie	32
6.2.2	Mogelijkheden voor monitoring	33
6.2.3	Evaluatie van de monitoring en toetsing van de resultaten	34
Bijlage 1	Grondwaterbeschermingszones provincie utrecht	36
Bijlage 2	Achtergrond risico-indeling afstromend hemelwater	38
Bijlage 3	Totstandkoming	43
Bijlage 4	Wettelijk kader	45
Bijlage 5	Definities	48
Bijlage 6	Kwaliteit van afstromend hemelwater en gedrag van stoffen	50
Bijlage 7	Bronmaatregelen	58
Bijlage 8	Productbladen technieken voor behandeling afstromend hemelwater	59
Bijlage 9	Monitoring	85

1. Inleiding

Voor u ligt de Leidraad afkoppelen en infiltreren afstromend hemelwater van de provincie Utrecht (hierna Leidraad). Deze leidraad gaat over afkoppelen van afstromend hemelwater van verhard oppervlak en het infiltreren van dat hemelwater in de bodem. Wanneer mag dat, wat zijn de risico's en waar moet aan worden voldoen/welke maatregelen moeten worden genomen. De leidraad geeft hiervoor beslisschema's. De leidraad dient ter bescherming van de grondwaterkwaliteit ten behoeve van onze drinkwaterwinning.

Deze Leidraad is opgesteld door TAUW in opdracht van de provincie Utrecht. Binnen de gemeenten op de Utrechtse Heuvelrug is sinds 2009 ervaring met het afkoppelen van afstromend hemelwater volgens een Leidraad, welke in 2015 is geëvalueerd en geactualiseerd. In 2022/2023 heeft er een nieuwe actualisatie plaats gevonden van de Leidraad.

1.1. Aanleiding

Aanleiding voor de actualisatie is:

- Sinds 2015 hebben wijzigingen in wet- en regelgeving plaatsgevonden. Concreet voorbeeld daarvan is de provinciale omgevingsverordening
- Er is meer kennis over de risico's en kwaliteit van afstromend hemelwater
- Uit praktijkervaring van de gemeenten binnen de provincie blijkt dat de vorige Leidraad niet voldoende houvast biedt in voorkomende situaties hoe om te gaan met afstromend hemelwater
- Deze nieuwe Leidraad gaat gelden voor een groter gebied. De basis voor het afkoppelbeleid is nu verankerd in de provinciale omgevingsverordening (POV). Daarin is de verplichting opgenomen voor het volgen van de Leidraad in alle grondwaterbeschermingsgebieden, dus ook de grondwaterbeschermingsgebieden buiten de Utrechtse Heuvelrug (Bethunepolder, Bunnik, Cothen, Groenekan, Langerak, Linschoten en Woerden)

Dit document is de geactualiseerde Leidraad.

1.2. Problematiek

Zorgen voor een klimaatbestendigere omgeving

Door klimaatverandering wordt het weer extremer. De afgelopen jaren zijn er voorbeelden te over van problemen die ontstaan door watertekort en wateroverlast in Nederland. De oplossing wordt onder andere gezocht in het bergen van hemelwater om wateroverlast bij piekbuien te voorkomen. Het laten infiltreren van hemelwater (in plaats van afvoeren) komt steeds vaker voor en draagt bij aan klimaatadaptatie. Het geïnfiltreerde hemelwater vult het grondwater aan. Dit is van belang om te beschikken over voldoende grondwater. Het lokaal afkoppelen en in de bodem infiltreren van hemelwater wordt daarom aangemoedigd.

Grondwaterkwaliteit beschermen

In de provincie Utrecht is grondwater de basis van onze drinkwatervoorziening. Het is daarom van belang dat het afkoppelen en infiltreren van hemelwater in de bodem geen risico vormt voor de kwaliteit van het grondwater. Welk hemelwater is schoon genoeg om te kunnen worden afgekoppeld zonder risico op verslechtering van de grondwaterkwaliteit? En welke stappen kunnen we zetten om het hemelwater dat minder schoon is te zuiveren, zodat het water alsnog in de bodem kan worden geïnfiltreerd?

1.3. Doel en afbakening

Deze Leidraad geeft antwoord op de vraag of afstromend hemelwater mag worden afgekoppeld en worden geïnfiltreerd in de bodem. Dit mag niet in alle gevallen, omdat een goede kwaliteit van het grondwater moet worden gewaarborgd ten behoeve van de drinkwaterwinning. In sommige gevallen zijn er voorwaarden waaraan moet worden voldaan. Ook geeft de Leidraad aan of er (zuiverings- en monitorings)maatregelen genomen moeten worden bij de infiltratie van het afgekoppelde hemelwater in de bodem.

Het afkoppelen van afstromend hemelwater betekent dat de waterstroom afkomstig van verhard oppervlak (zoals wegen en daken) niet naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie gaat. Afstromend hemelwater is van betere kwaliteit dan rioolwater en verdund daarmee de te zuiveren waterstroom en maakt het volume te zuiveren water veel groter. Vanuit het oogpunt van de rioolwaterzuivering biedt het voordelen afstromend hemelwater af te koppelen. Het afstromende hemelwater kan, als het van goede kwaliteit is, worden geïnfiltreerd in de bodem. Dit betekent dat de waterstroom in de bodem wordt gebracht. Daarnaast kan het water als het niet kan worden geïnfiltreerd in de bodem, wederom als het van goede kwaliteit is, worden geloosd op oppervlaktewater. De voorwaarden en eisen die daarvoor gelden, liggen bij de waterschappen. De leidraad verwijst hiervoor naar de waterschappen (zie [paragraaf 3.3.2](#)).

De Leidraad heeft de volgende doelstellingen:

- De Leidraad helpt u voor verschillende situaties **beoordelen** of afstromend hemelwater **afgekoppeld** mag worden
- De Leidraad helpt u ook **beoordelen** of er **maatregelen** genomen moeten worden bij het infiltreren van het afgekoppelde hemelwater in de bodem
- De Leidraad geeft u **achtergrondinformatie over de kwaliteit en risico's** van afstromend hemelwater
- Daarnaast geeft deze Leidraad ook **inzicht in mogelijke behandeltechnieken en monitoring** voor het afstromend hemelwater
- De Leidraad vergroot het **bewustzijn van het belang van de bescherming van (drink)waterbronnen** en wat dat betekent voor het wel en niet mogen afkoppelen en infiltreren van afstromend hemelwater
- De Leidraad geeft een **overzicht van de geldende wetten en regels** voor het infiltreren van hemelwater

1.4. Voor wie is deze Leidraad?

Deze Leidraad is geschreven voor diegenen die een keus moeten maken (of advies moeten geven) over het wel of niet afkoppelen van afstromend hemelwater, en die een keuze moeten maken of er nog aanvullende maatregelen genomen moeten worden bij de infiltratie van het afstromende hemelwater.

Doelgroep

De Leidraad is geschreven voor medewerkers die in hun werkzaamheden afkoppelcoach zijn, het riool beheren of bijvoorbeeld beleid maken op het gebied van klimaat en water, van de volgende instanties:

- Gemeenten
 - Omgevingsdiensten
 - Provincie
 - Drinkwaterbedrijven
 - Waterschappen

Daarnaast is deze Leidraad ook te gebruiken door:

- Projectontwikkelaars
- Bewoners van de provincie Utrecht die voor een afkoppelvraagstuk staan

1.5. Taak- en bevoegdheidsverdeling overheden

Voor wat betreft het grondwaterbeheer en de grondwaterbescherming zijn (in relatie tot het afkoppelen van hemelwater en het infiltreren in de bodem of het lozen van het afgekoppelde hemelwater op oppervlaktewater) de taken en rollen globaal als volgt verdeeld.

De verantwoordelijkheid voor het beschermen van grondwater ligt zowel bij de provincie als bij het Rijk, het waterschap en de gemeente.

Provincie

De provincie heeft de grootste rol in het grondwaterbeheer en de grondwaterbescherming. In de instrumenten Omgevingsvisie, de provinciale Omgevingsverordening en het regionaal waterprogramma (in de provincie Utrecht onderdeel van het Bodem- en waterprogramma) legt de provincie het grondwaterbeleid en de regels vast.

Gemeente

De gemeente heeft de taak om zorg te dragen voor de fysieke leefomgeving, waar bodem- en grondwatersystemen onderdeel van zijn.

De gemeente heeft op grond van de Omgevingswet specifieke taken voor (grond)waterbeheer:

1. Doelmatige inzameling, transport en verwerking van afvloeiend hemelwater
2. Het treffen van maatregelen in openbaar gemeentelijk gebied om nadelige gevolgen van de grondwaterstand te voorkomen of te beperken (indien dit geen taak is van het waterschap, de provincie of het Rijk)
3. Het (mede) beschermen van de drinkwatervoorziening

Waterschap

Het waterschap moet een waterbeheerprogramma opstellen. Daarbij moet het waterschap rekening houden met maatregelen uit het nationale- en regionale waterprogramma.

Bij het opstellen van de waterschapsverordening moet het waterschap met provincies en gemeente afstemming zoeken voor regels over grondwaterbedreigende activiteiten.

Voor een uitgebreidere uitleg van de wet- en regelgeving voor (grond)waterbescherming onder de Omgevingswet verwijzen we naar de Handreiking grond- en oppervlaktewaterbescherming van bronnen voor drinkwater bij ruimtelijke plannen en activiteiten. In deze handreiking worden handvatten geven voor gemeenten en omgevingsdiensten bij het beschermen van het waterwinbelang en hoe dat geborgd kan worden bij het opstellen en beoordelen van ruimtelijke plannen.

1.6. Leeswijzer

De Leidraad is als volgt opgebouwd:

- [Hoofdstuk 2](#) geeft aan wanneer het verplicht is de Leidraad te gebruiken bij de beoordeling of afstromend hemelwater afgekoppeld mag worden en wanneer het gebruik van de Leidraad wordt aanbevolen
- [Hoofdstuk 3](#) gaat in op de risico's van het afkoppelen en infiltreren van hemelwater

- [Hoofdstuk 4](#) en [hoofdstuk 5](#) helpen de gebruiker direct bij het beoordelen of afstromend hemelwater mag worden afgekoppeld en zo ja, aan welke voorwaarden moet worden voldaan en/of er maatregelen genomen moeten worden bij de infiltratie van het afgekoppelde hemelwater in de bodem. Voor verschillende afkoppelsituaties zijn beslisschema's opgenomen met een toelichting. [Hoofdstuk 4](#) gaat in op afkoppelsituaties binnen grondwaterbeschermingsgebieden. [Hoofdstuk 5](#) gaat in op afkoppelsituaties buiten de grondwaterbeschermingsgebieden
- [Hoofdstuk 6](#) geeft een overzicht van verschillende technieken voor de behandeling van afstromend hemelwater en richtlijnen voor inspectie en monitoring. Dit hoofdstuk voorziet in de informatiebehoefte. De Leidraad verplicht niet welke behandeltechniek genomen moet worden, maar geeft hierin advies

Bijlagen

- In [bijlage 1](#) is een overzicht opgenomen van de grondwaterbeschermingszones in de provincie Utrecht
- In [bijlage 2](#) staat een verdere toelichting op de beslisschema's
- In [bijlage 3](#) is een toelichting opgenomen op het proces waardoor deze Leidraad tot stand is gekomen en een samenvatting van opgehaalde informatie
- In [bijlage 4](#) is een overzicht gegeven van het wettelijk kader in relatie tot afstromende hemelwater en het watersysteem
- In [bijlage 5](#) zijn definities opgenomen van de in deze Leidraad gebruikte begrippen
- In [bijlage 6](#) is als achtergrondinformatie een overzicht gegeven van de kwaliteit en risico's van afstromend hemelwater vanaf verschillende oppervlakken/functies. Op basis van deze analyse is gekomen tot een indeling van categorieën waarin afstromend hemelwater wel of niet of onder voorwaarden mag worden afgekoppeld
- In [bijlage 7](#) is in navolging op de vorige Leidraad afkoppelen een (niet uitputtend) overzicht opgenomen van bronmaatregelen. Deze maatregelen kunnen worden ingezet om verontreiniging van hemelwater tegen te gaan
- In [bijlage 8](#) is een verdiepend overzicht gegeven van mogelijke behandeltechnieken van afstromend hemelwater. Deze technieken zijn inzetbaar wanneer verontreinigd hemelwater in de bodem geïnfiltreerd wordt
- [Bijlage 9](#) geeft een overzicht van de monitoringsmogelijkheden op het geïnfiltreerde hemelwater

1.7. Geldigheid en verantwoording

Deze Leidraad geldt voor alle nieuwe afkoppelvraagstukken in de provincie Utrecht en wanneer er een aanpassing van een bestaande locatie plaatsvindt.

Deze Leidraad is uitgegeven door de Provincie Utrecht. Vragen, opmerkingen en suggesties zijn welkom. Deze kunt u versturen naar het volgende adres:

grondwaterbescherming@provincie-utrecht.nl

2. Gebruik van de Leidraad

Het afkoppelen en infiltreren van afstromend hemelwater binnen de provincie Utrecht wordt gestimuleerd. Deze Leidraad dient ervoor weloverwogen beslissingen te nemen, waarmee de kwaliteit van het grondwater wordt gewaarborgd. Dit hoofdstuk beantwoordt de vraag:

'Wanneer moet u de Leidraad gebruiken?'

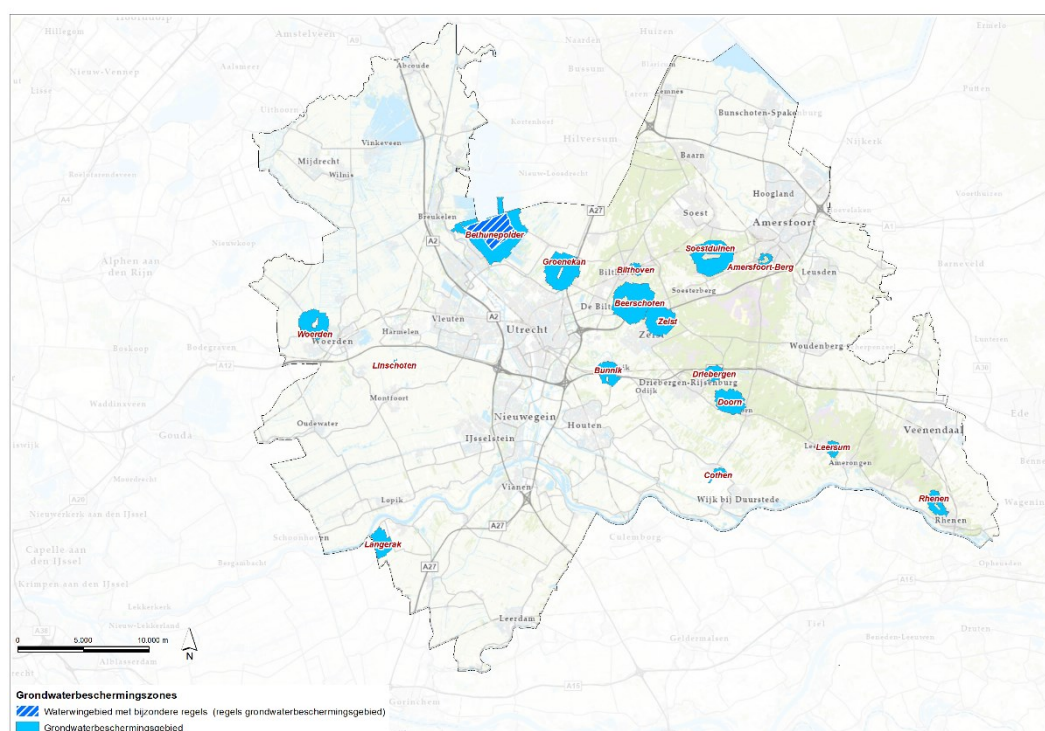
2.1. Wanneer is het gebruik van de Leidraad verplicht?

Conform de omgevingsverordening van de provincie Utrecht (artikelen 3.48 en 3.49) is het gebruik van deze Leidraad **verplicht** wanneer er in een **grondwaterbeschermingsgebied** hemelwater wordt afgekoppeld en geïnfiltreerd.

Omgevingsverordening provincie Utrecht

In de omgevingsverordening van de provincie Utrecht is aangegeven dat binnen grondwaterbeschermingsgebieden voor het lozen van afstromend hemelwater de 'Leidraad afkoppelen en infiltreren hemelwater provincie Utrecht' moet worden gevolgd. Dit is omdat in deze gebieden de kwaliteit van het grondwater extra beschermd wordt met het oog op de bereiding van drinkwater.

De volledige tekst uit omgevingsverordening, zoals bekend bij het schrijven van dit rapport, staat in [bijlage 4](#). De volledige en meest recente Omgevingsverordening kan [via deze link](#) worden gevonden.



Figuur 2.1 Ligging grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Utrecht

Wat is een grondwaterbeschermingsgebied?

In grondwaterbeschermingsgebieden is sprake van een kwetsbare functie (waterwinning voor drinkwater) en een kwetsbare bodem. Daarom moeten personen en instanties die hier activiteiten ontplooiën extra alert en zorgvuldig zijn op zaken die de kwaliteit van het grondwater negatief kunnen beïnvloeden.

Waar liggen de grondwaterbeschermingsgebieden?

Figuur 2.1 laat een overzicht zien van de grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Utrecht:

Waarom is het gebruik van de Leidraad verplicht binnen een grondwaterbeschermingsgebied?

Grondwaterbeschermingsgebieden dienen ter bescherming van de kwaliteit van het grondwater met het oog op de waterwinning voor de drinkwatervoorziening. Het afkoppelen en infiltreren van afstromend hemelwater dient binnen grondwaterbeschermingsgebieden zorgvuldig te gebeuren. Om de grondwaterkwaliteit te beschermen voor de winning van drinkwater zijn de eisen binnen grondwaterbeschermingsgebieden strenger dan erbuiten.

Tot hoever reikt de verplichting?

De verplichting reikt tot het beoordelen of afstromend hemelwater mag worden afgekoppeld en zo ja, aan welke voorwaarden moet worden voldaan en/of er maatregelen genomen moeten worden bij de infiltratie van het afgekoppelde hemelwater in de bodem.

De Leidraad verplicht niet *welke* behandeltechniek genomen moet worden, maar geeft hierin advies.

2.2. Wanneer wordt het gebruik van de Leidraad aanbevolen?

Buiten de grondwaterbeschermingsgebieden wordt het gebruik van de Leidraad **aanbevolen** bij de afweging of hemelwater wel of niet mag worden afgekoppeld en of er voorwaarden zijn.

Net als binnen een grondwaterbeschermingsgebied geldt ook buiten deze gebieden dat de kwaliteit en kwantiteit van het grondwater op orde moet zijn. Daarnaast mag men de kwaliteit van het grondwater niet achteruit laten gaan. Dit is vastgelegd in de Kaderrichtlijn Water. [Bijlage 4](#) geeft meer informatie over het wettelijk kader.

Om de kwaliteit van het grondwater te beschermen, wordt het volgen van deze Leidraad ook aanbevolen buiten de grondwaterbeschermingsgebieden. Vooral in de overige grondwaterbeschermingszones, die in de provincie Utrecht zijn aangewezen als (extra) schil rondom de drinkwaterwinningen, geldt deze aanbeveling vanuit de specifieke zorgplicht grondwater (art. 3.11 POV).

Zorgplicht grondwater

In alle Grondwaterbeschermingszones geldt de specifieke zorgplicht grondwater (art. 3.11 POV). De zorgplicht houdt het volgende in:

- Degene die in een Grondwaterbeschermingszone een activiteit verricht en weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat die activiteit nadelige gevolgen kan hebben voor de bescherming van het grondwater in verband met de winning daarvan voor menselijke consumptie, is verplicht:
 - Alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van diegene kunnen worden gevraagd om die gevolgen te voorkomen
 - Voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen: die gevolgen zoveel mogelijk te beperken of ongedaan te maken; en
 - Als die gevolgen onvoldoende kunnen worden beperkt: die activiteit achterwege te laten voor zover dat redelijkerwijs van diegene kan worden gevraagd

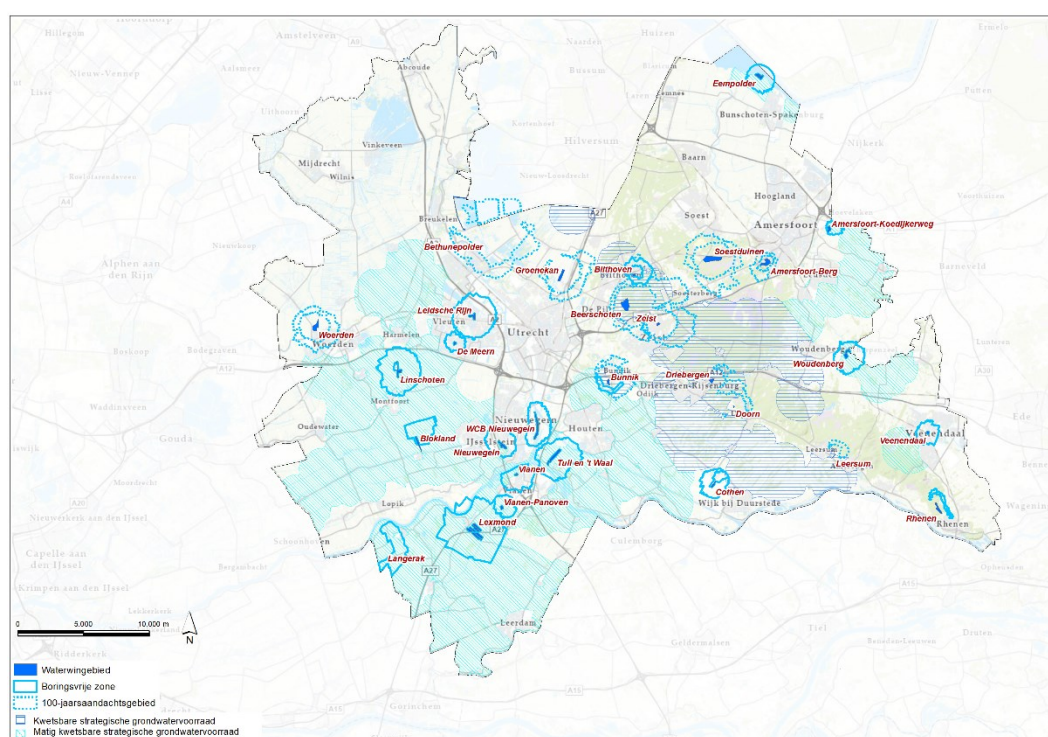
- De zorgplicht houdt in ieder geval in dat, wanneer er sprake is van een direct optredende of dreigende verontreiniging van het grondwater, Gedeputeerde Staten onmiddellijk op de hoogte worden gesteld

Overige grondwaterbeschermingszones

De overige grondwaterbeschermingszones zijn:

- Waterwingebieden
 - Boringsvrije zones
 - Beschermingszones oppervlaktewaterwinning
 - 100-jaarsaandachtsgebieden
 - De kwetsbare strategische grondwatervoorraad en de matig kwetsbare strategische grondwatervoorraad.

In figuur 2.2 staan de overige grondwaterbeschermingszones weergegeven.



Figuur 2.2 Ligging overige grondwaterbeschermingszones provincie Utrecht

In [bijlage 1](#) is een beschrijving van alle grondwaterbeschermingszones in de provincie Utrecht opgenomen.

Een actuele kaart van de huidige grenzen van alle grondwaterbeschermingszones en meer informatie over die zones vindt u hier: www.provincie-utrecht.nl/drinkwater

3. Afstromend hemelwater - Risico's en achtergrond beslisschema afkoppelen en infiltreren

Er is een spanning tussen de wens om afstromend hemelwater zoveel mogelijk af te koppelen (dat wil zeggen, afstromend hemelwater van verhard oppervlak niet afvoeren naar de riolering) en in de bodem te infiltreren (of te lozen op oppervlaktewater) en het streven om risico's voor de drinkwaterwinning zo veel mogelijk uit te sluiten. Er is behoefte aan een duidelijk en goed onderbouwd afwegingskader, zodat, afhankelijk van de situatie (de situatie kan betrekking hebben op alle vormen van verhard oppervlak, ook die van gebouwen. In woonwijken wordt het afstromend hemelwater van wegen en daken vaak gemengd afgevoerd), kan worden besloten of:

- Afkoppelen en infiltratie mogelijk is zonder specifieke maatregelen
- Afkoppelen en infiltratie mogelijk is na behandeling van het hemelwater, al dan niet in combinatie met monitoring
- Afkoppelen niet mag en afvoer van het hemelwater naar een waterzuiveringsinstallatie moet plaatsvinden, omdat er te veel risico's zijn voor de goede kwaliteit van het grondwater

In dit rapport is het afwegingskader opgenomen of een waterstroom mag worden afgekoppeld in relatie tot de bescherming van de grondwaterkwaliteit ten behoeve van het winnen van drinkwater. De locatie-specifieke omstandigheden kunnen invloed hebben op de keus of er daadwerkelijk afkoppeling plaatsvindt en wordt geïnfiltreerd (of geloosd op oppervlaktewater). Ook kunnen locatie-specifieke omstandigheden worden meegenomen bij de keus in type infiltratiesysteem en zuiveringstechniek. Voordelen van het afkoppelen is dat (gezuiverd) afstromend hemelwater kan worden ingezet voor droogte-bestrijding of bij het tegengaan van hitte-stress.

3.1. Risico's van afstromend hemelwater

In hoeverre (afkoppelen van) afstromend hemelwater risico's met zich meebrengt voor de winning van drinkwater is afhankelijk van meerdere factoren:

- **Welke stoffen?** Om welke stoffen en concentratieniveaus gaat het? In [bijlage 6](#) wordt de kwaliteit van afstromend hemelwater (afkomstig van de STOWA database) vergeleken met diverse 'normen'. Meestal weerspiegelt een norm het risico (de toxiciteit) van een stof maar dit geldt bijvoorbeeld niet voor achtergrondwaarden
- **Hoeveel?** Om welke vrachten (of fluxen) gaat het? Ook als de concentratie een norm overschrijdt, hoeft er nog geen actueel risico te bestaan. Stel bijvoorbeeld dat het grondwater in een intrekgebied van een drinkwaterwinning voor 1 % wordt gevormd door afstromend hemelwater. Dat kan betekenen dat een overschrijding in het hemelwater niet meer teruggevonden wordt in het drinkwater
- **Hoe gedragen stoffen zich?** In [bijlage 6](#) wordt beknopt ingegaan op het gedrag van stoffen in bodem en grondwater. Als stoffen zich sterk aan de bodem hechten of als ze goed afbreekbaar zijn, zullen ze de drinkwaterwinning niet bereiken. Hiervoor is ook de grondsoort van de ontvangende bodem van belang. Als een bodem een goede samenstelling heeft (met voldoende adsorptiecapaciteit) is het risico minder groot
- **Overige factoren:** nieuwe verontreinigingen, calamiteiten, illegale lozingen. De risico's hiervan zijn niet direct te kwantificeren, maar ze moeten wel beschouwd worden. Calamiteiten kunnen beter curatief dan preventief worden aangepakt (Dit geldt voor

gebeurtenissen met een relatief laag risico of een lage kans, zoals ongevallen of woningbranden. Voor bedrijven met hogere risico's worden in de vergunning vaak al voorzieningen voorgeschreven, zoals waterdichte verharding, opvang van bluswater, lekbakken bij opslagtanks en dergelijke). Wel is het noodzakelijk dat er calamiteitenplannen zijn en dat alle betrokkenen (bijvoorbeeld gemeenten en brandweer) op de hoogte zijn van de ligging van de grondwaterbeschermingsgebieden

3.2. Indeling in risicocategorieën

Over de kwaliteit en risico's van afstromend hemelwater van verhard oppervlak is al veel bekend (zie ook [bijlage 6](#)). Om onderscheid te maken in situaties die wel en niet afgekoppeld kunnen worden, worden situaties waarbij afstromend hemelwater verhard oppervlak passeert ingedeeld in verschillende risico categorieën. Bij het indelen van deze situaties in verschillende categorieën zijn de volgende principes leidend:

- De indeling in verschillende categorieën is gebaseerd op reële risico's op lange termijn. Naast overschrijding van normen van het Infiltratiebesluit (in de toekomst de Omgevingswet) moet ook de totale emissie worden meegenomen als criterium, aangezien stoffen zich kunnen ophopen in de bodem en omzettingen (bijvoorbeeld van gebonden naar opgelost) soms op kunnen treden. Naast de omvang van emissies kan ook het risico op foutaansluitingen van de riolering (vuilwater op hemelwaterriool) als reëel worden beschouwd
- De criteria voor de indeling moeten eenduidig zijn
- Omdat sprake kan zijn van cumulatie van emissies in een gebied en toekomstige ontwikkelingen (op de lange termijn) niet bekend zijn, moet een zekere terughoudendheid in acht worden genomen. Het is niet verstandig om de grenzen van wat nog acceptabel is op te zoeken
- Uitgezonderd de wens om zo hoog mogelijk in het bodemprofiel te infiltreren, wordt er geen onderscheid gemaakt tussen lokale omstandigheden, zoals bodemopbouw of de afstand tot de onttrekkingsbronnen. Deze omstandigheden kunnen van invloed zijn op (de snelheid van) de verspreiding van verontreinigingen maar ze worden niet meegenomen omdat het beslisschema anders erg complex wordt en waarschijnlijk ook niet alle benodigde informatie beschikbaar is. Wel kan de optie open worden gelaten om deze aspecten in de vorm van maatwerk toe te passen
- Verontreinigingen in afstromend hemelwater zijn voor een groot deel aan deeltjes gebonden (dit geldt vooral voor water van wegen en gemengd water, hemelwater dat van daken afkomstig is bevat in verhouding meer opgeloste metalen). De deeltjesgebonden verontreinigingen worden afgevangen in de toplaag van de bodem. Recent veldonderzoek met een XRF analyzer in wadi's bevestigt dat er verhoogde gehalten van metalen in de toplaag aanwezig zijn, vaak geconcentreerd rond de instroomopeningen. De deeltjesgebonden verontreinigingen vormen geen risico voor de grondwaterkwaliteit
- De verontreiniging van afstromend hemelwater is in de loop van de tijd afgenomen. De verwachting is dat deze trend zich in de toekomst zal doorzetten, met name omdat de emissies van het verkeer zullen afnemen door elektrificatie van vervoersmiddelen
- Afhankelijk van de herkomst, zijn er duidelijke verschillen in verontreinigingsniveau van het afstromende hemelwater. Vaak is de verontreiniging beperkt van omvang

Indeling risicocategorieën

In dit rapport worden 4 risico categorieën onderscheiden, waarbij het onderscheid plaatsvindt op basis van de hoogte van de emissies. De categorieën zijn als volgt:

1. Categorie 1: geringe emissies.

De emissies zijn dermate gering dat geen specifieke maatregelen of controles nodig zijn. De

gemiddelde concentraties voldoen aan de grenswaarden (dit zijn *concentraties in oplossing* in het afstromende hemelwater) van het Infiltratiebesluit bodembescherming (In het Infiltratiebesluit bodembescherming zijn in Bijlage 1 grenswaarden opgenomen voor alle veel voorkomende verontreinigingen, inclusief voetnoten. Indien in afstromend hemelwater nog andere stoffen aanwezig zijn kan de achtergrondwaarde voor grondwater worden gehanteerd als grenswaarde of, indien verantwoord op basis van de drinkwaterkwaliteit, een hogere waarde (achtergrondwaarden, eerder streefwaarden genoemd, zijn te vinden in de Circulaire bodemsanering, bijlage 1)) of de totale vrachten zijn dermate beperkt dat specifieke maatregelen niet nodig zijn

2. *Categorie 2: beperkte emissies.*
De aanwezige bodem kan de emissies in voldoende mate afvangen of eenvoudige maatregelen zijn voldoende (bijvoorbeeld grond aanbrengen met voldoende humus of ander adsorberend materiaal) om verontreiniging af te vangen
3. *Categorie 3: significante emissies.*
Behandeling van het afstromende hemelwater is nodig
4. *Categorie 4: hoge emissies.*
Afstromend hemelwater moet op het riool worden geloosd en buiten het gebied gebracht

3.3. Beslisschema afkoppelen en infiltreren hemelwater provincie Utrecht

In het onderstaande figuur 3.1 is het beslisschema afkoppelen en infiltreren opgenomen. Er is een onderscheid tussen afkoppelen binnen en buiten grondwaterbeschermingsgebieden. Om de grondwaterkwaliteit te beschermen voor de winning van drinkwater zijn de eisen binnen grondwaterbeschermingsgebieden strenger dan erbuiten. In sommige situaties mag er worden afgekoppeld als wordt voldaan aan een aantal voorwaarden.

Categorie	Binnen grondwater- beschermingsgebieden	Buiten grondwater- beschermingsgebieden
1 Geringe emissies	Afkoppelen en infiltreren, mits voldoende adsorptiecapaciteit bodem	Afkoppelen
2 Beperkte emissies	Afkoppelen en infiltreren, mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet	Afkoppelen
3 Significante emissies	Afkoppelen en infiltreren, mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet	Afkoppelen en infiltreren, mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet
4 Hoge emissies	Niet afkoppelen	Niet afkoppelen

Tabel 3.1 Beslisschema afkoppelen en infiltreren hemelwater provincie Utrecht

3.3.1. Beoordelen afkoppelvraagstukken hemelwater

Vanwege het feit dat over de kwaliteit en risico's van afstromend hemelwater van verhard oppervlak al veel bekend is, is voor veel situaties van afstromend hemelwater de indeling in risico categorieën al uitgewerkt. Dit geldt bijvoorbeeld voor hemelwater afstromend van wegen, daken, een combinatie van wegen en daken, parkeerplaatsen/pleinen en bedrijventerreinen.

Om te beoordelen of deze situaties afgekoppeld mogen worden en of er nog voorwaarden gelden voordat er tot afkoppelen en infiltreren mag worden overgegaan, zijn er in hoofdstuk 4 en 5 beslisschema's opgenomen.

De eerste vraag die hierbij van belang is, is of u wilt afkoppelen binnen of buiten een grondwaterbeschermingsgebied.

- Wanneer u wilt afkoppelen **binnen** een grondwaterbeschermingsgebied is het **volgen van de Leidraad verplicht**.
In [hoofdstuk 4](#) staan de uitgewerkte beslisschema's voor situaties binnen een grondwaterbeschermingsgebied
- Wanneer u wilt afkoppelen **buiten** een grondwaterbeschermingsgebied wordt het **volgen van de Leidraad aanbevolen**.
In [hoofdstuk 5](#) staan de uitgewerkte beslisschema's voor situaties buiten een grondwaterbeschermingsgebied

3.3.2. Afkoppelen en lozen op oppervlaktewater

In dit rapport gaat het over bescherming van de bodemkwaliteit en specifiek de grondwaterkwaliteit ten behoeve van het winnen van drinkwater, maar er zitten meerdere aspecten aan infiltratie van hemelwater. In principe kan (gezuiverd) afstromend hemelwater worden ingezet voor droogtebestrijding of bij het tegengaan van hitte-stress. Ook locatie-specifieke omstandigheden (zoals bijvoorbeeld gebrek aan ruimte voor een bovengrondse voorziening of te weinig infiltratiecapaciteit door een te hoge grondwaterstand in combinatie met minder doorlatende bodem) maakt dat sommige infiltratievoorzieningen niet mogelijk zijn. Bij de keuze van type infiltratiesysteem en zuiveringstechniek kunnen dergelijke aspecten meegewogen worden.

De voorkeur gaat uit naar het infiltreren van afstromend hemelwater in de bodem nabij de locatie waar deze valt, maar dat is niet altijd mogelijk. Het is ook mogelijk afstromend hemelwater te lozen op oppervlaktewater. Voor het lozen van afstromend hemelwater op oppervlaktewater is afstemming met het waterschap nodig.

4. Beslisschema's afkoppelen en infiltreren binnen een grondwaterbeschermingsgebied

In dit hoofdstuk wordt beschreven of u voor uw situatie **binnen** een grondwaterbeschermingsgebied mag afkoppelen en, als u mag afkoppelen aan welke voorwaarden u moet voldoen en of er zuiveringstechnieken ingezet moeten worden, voordat het hemelwater geïnfiltreerd mag worden in de bodem.

Toelichting beslisschema's

In elk beslisschema wordt voor verschillende afkoppelsituaties aangegeven of het afkoppelen van hemelwater is toegestaan. En welke maatregelen *minimaal* genomen moeten worden voor een bepaalde categorie om het afgekoppelde hemelwater te mogen te infiltreren in de bodem. Indien het afgekoppelde hemelwater behandeld moet worden, is dat verplicht (anders mag er niet worden afgekoppeld).

Er worden in het beslisschema mogelijke zuiveringstechnieken voorgesteld. De Leidraad verplicht niet *welke* zuiveringstechniek toegepast moet worden. Vergelijkbare zuiveringstechnieken zijn ook toegestaan. Daarnaast geldt dat een zuiveringstechniek geschikt voor een hogere risico categorie ook is toegestaan voor afstromend hemelwater in een lagere risico categorie (dat wil zeggen, technieken die worden ingezet voor een oppervlakte met significante emissies mogen ook voor oppervlakten met beperkte emissies worden gebruikt, het omgekeerde mag niet).

In de onderstaande tabel staat een overzicht van diverse afkoppelbare oppervlakken en in welke paragraaf deze situatie wordt behandeld.

Afkoppelsituatie	Paragraaf waarin situatie wordt behandeld
Wegen, straten, pleinen	Paragraaf 4.1
Daken van gebouwen	Paragraaf 4.2
Combinatie van wegen en daken	Paragraaf 4.3
Bedrijventerrein	Paragraaf 4.4

Na de beslisschema's wordt in [paragraaf 4.5](#) een toelichting gegeven op de randvoorwaarden en zuiveringstechnieken.

Afkoppelsituatie onbekend

Wanneer er onduidelijkheid bestaat over het afkoppelen van het hemelwater, kan er altijd contactgezocht worden met het bevoegd gezag.

4.1. Afkoppelen van water van wegen, parkeerterreinen en pleinen binnen een grondwaterbeschermingsgebied

Beslisschema 4.1 - Afkoppelen van afstromend hemelwater van wegen, parkeerterreinen van auto's, pleinen en soortgelijke situaties binnen een grondwaterbeschermingsgebied

Ik wil water afkomstig van een verhard oppervlak (weg, parkeerplaats of plein) afkoppelen dat gelijk is aan, of vergelijkbaar is met een:

- Toegangsweg van een woonwijk
- Toegangsweg van een erf
- Vrijliggend voet- of fietspad
- Schoolplein
- Woonerf
- Parkeergelegenheid voor personenauto's

Categorie 1: geringe emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarden:

- De bodem voldoende adsorptiecapaciteit heeft.
- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.

Let op: diepinfiltratie is verboden in grondwaterbeschermingsgebieden.

- Provinciale of rijksweg
- Winkelstraat of winkelcentrum
- Busbaan
- Parkeerplaats met bussen en vrachtwagens

Categorie 2: beperkte emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet en rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarde:

- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.

Let op: diepinfiltratie is verboden in grondwaterbeschermingsgebieden.

- Marktplaats
- Laad- en losplaats
- Busstation
- Trambaan

Categorie 3: significante emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet en rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarde:

- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.

Let op: diepinfiltratie is verboden in grondwaterbeschermingsgebieden.



Er kan gedacht worden aan de inzet van de volgende zuiveringstechnieken:

- Bodem-/berminfiltratie;
- Horizontaal stromend helofytenfilter;
- Olie-absorberend geotextiel (wanneer er een verhoogde kans is op lekkage);
- Of een vergelijkbare andere techniek.

Zuiveringstechnieken voor significante emissies zijn ook toegestaan.



Er kan gedacht worden aan de inzet van de volgende zuiveringstechnieken:

- Wadi's;
- Adsorberende materialen;
- Verticaal doorstromend helofytenfilter;
- Of een vergelijkbare andere techniek.

4.2. Afkoppelen van water van daken binnen een grondwaterbeschermingsgebied

Beslisschema 4.2 - Afkoppelen van afstromend hemelwater van daken binnen een grondwaterbeschermingsgebied

Ik wil afstromend hemelwater afkomstig van daken afkoppelen:

- Dak met dakbedekking en gevelbekleding zonder bouwmaterialen Cu, Pb, Zn
- Dak met dakbedekking en gevelbekleding zonder teerbitumen
- Dak dat geen andere uitlogende bouwmaterialen bevat
- Vrijstaande huizen in het buitengebied met alleen toepassing bouwmaterialen als Cu, Pb, Zn in dakgoten, afvoerpijpen en loodslabben

Categorie 1: geringe emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarden:

- De bodem voldoende adsorptiecapaciteit heeft.
- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.

Let op: diepinfiltratie is verboden in grondwaterbeschermingsgebieden.

Er zijn op voorhand geen situaties die in deze categorie vallen.

Categorie 2: beperkte emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet en rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarde:

- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.

Let op: diepinfiltratie is verboden in grondwaterbeschermingsgebieden.

- Daken en gevelbekleding met bouwmaterialen (Cu, Pb, Zn) of teerbitumen toepassingen
- Daken en gevelbekleding met andere uitlogende bouwmaterialen

Categorie 3: significante emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet en rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarde:

- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.

Let op: diepinfiltratie is verboden in grondwaterbeschermingsgebieden.



Er kan gedacht worden aan de inzet van de volgende zuiveringstechnieken:

- Bodem-/berminfiltratie;
- Horizontaal stromend helofytenfilter;
- Of een vergelijkbare andere techniek.

Zuiveringstechnieken voor significante emissies zijn ook toegestaan.



Er kan gedacht worden aan de inzet van de volgende zuiveringstechnieken:

- Wadi's;
- Adsorberende materialen;
- Verticaal doorstromend helofytenfilter;
- Of een vergelijkbare andere techniek.

4.3. Afkoppelen van gemengd water afkomstig van wegen en daken in een grondwaterbeschermingsgebied

Beslisschema 4.3 - Afkoppelen van gemengd water afkomstig van wegen en daken binnen een grondwaterbeschermingsgebied

Ik wil gemengd hemelwater afkomstig van wegen en daken afkoppelen:

Dakbedekking zonder uitlogende materialen of bouwmetalen en wegen gelijk aan of vergelijkbaar met toegangswegen woonwijk.

Categorie 1: geringe emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarden:

- De bodem voldoende adsorptiecapaciteit heeft.
- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.

Let op: diepinfiltratie is verboden in grondwaterbeschermingsgebieden.

Wegen gelijk of vergelijkbaar met rijkswegen en daken zonder uitlogende materialen.

Categorie 2: beperkte emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet en rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarde:

- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.

Let op: diepinfiltratie is verboden in grondwaterbeschermingsgebieden.

Gemengd water van daken en gevels met uitloogbare materialen in combinatie met water afkomstig van bushaltes of vergelijkbaar met bushaltes.

Categorie 3: significante emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet en rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarde:

- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.

Let op: diepinfiltratie is verboden in grondwaterbeschermingsgebieden.



Er kan gedacht worden aan de inzet van de volgende zuiveringstechnieken:

- Bodem-/berminfiltratie;
- Horizontaal stromend helofytenfilter;
- Olie-absorberend geotextiel (wanneer er een verhoogde kans is op lekkage);
- Of een vergelijkbare andere techniek.

Zuiveringstechnieken voor significante emissies zijn ook toegestaan.



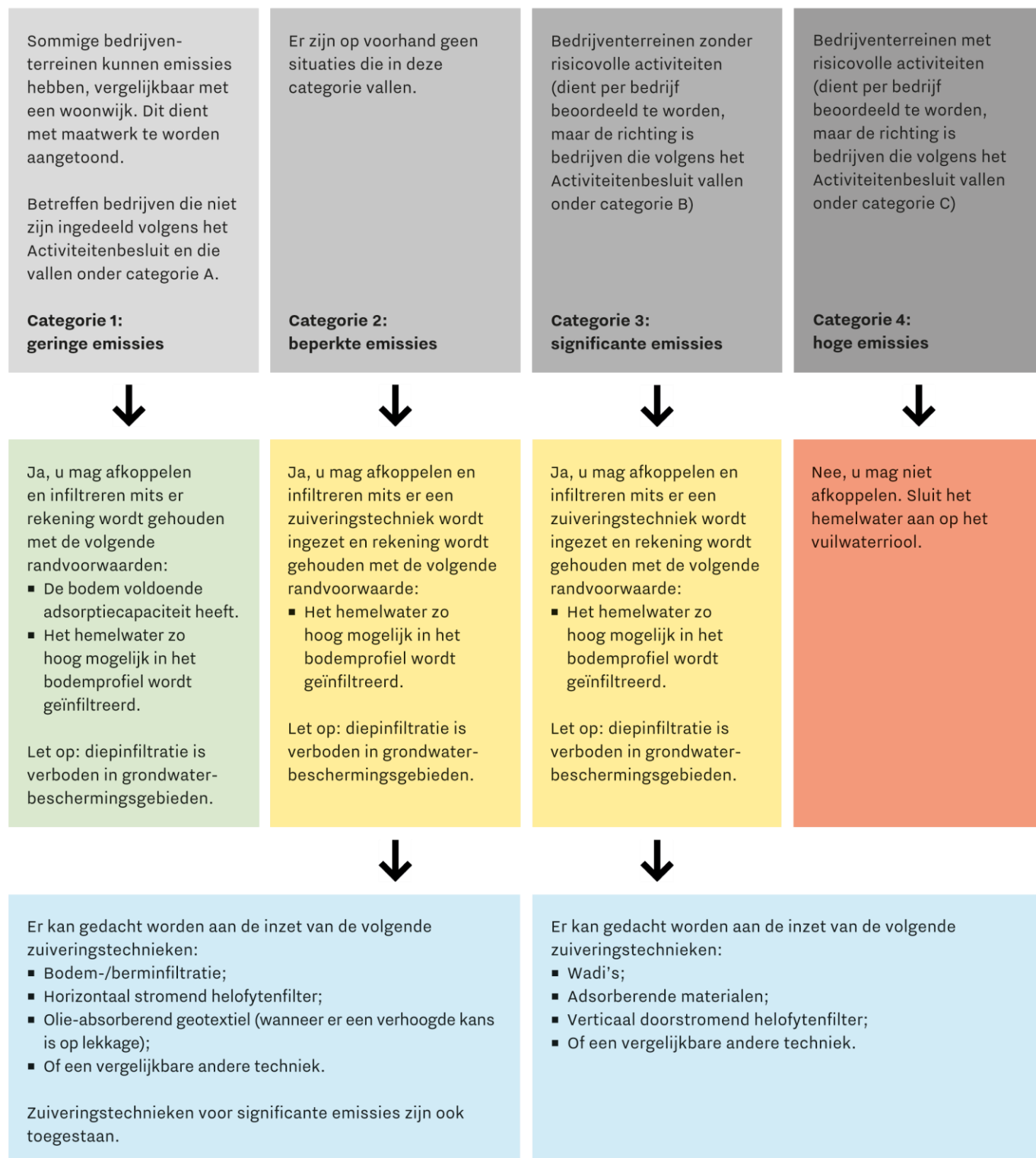
Er kan gedacht worden aan de inzet van de volgende zuiveringstechnieken:

- Wadi's;
- Adsorberende materialen;
- Verticaal doorstromend helofytenfilter;
- Of een vergelijkbare andere techniek.

4.4. Afkoppelen van water van een bedrijventerrein in een grondwaterbeschermingsgebied

Beslisschema 4.4 - Afkoppelen van afstromend hemelwater afkomstig van bedrijventerreinen binnen een grondwaterbeschermingsgebied

Ik wil hemelwater afkomstig van een bedrijventerrein afkoppelen:



4.5. Uitleg randvoorwaarden en zuiveringstechnieken

In deze paragraaf worden de randvoorwaarden en zuiveringstechnieken zoals in bovenstaande beslisschema's verder uitgelegd.

4.5.1. Randvoorwaarden

Adsorptiecapaciteit van de bodem

Het afstromend hemelwater van categorie 1 situaties hoeft niet te worden behandeld. Toch dient voldoende zuiverende werking aanwezig te zijn: de bodem moet een minimale adsorptie-capaciteit bezitten, zuiver/kaal zand (zonder humus of lutum) is onvoldoende filterend en zuiverend. Ook directe infiltratie in het grondwater geeft onvoldoende filtering en zuivering. De minimale adsorptie-capaciteit wordt vastgesteld middels het percentage humus (organische stof) en lutum van de bodem. Het afstromende hemelwater van categorie 1 situaties vereist 1 % humus en 1 % lutum. Dit betreffen minimale gehalten; voor de vastlegging van verontreinigingen zijn hogere gehalten gunstig. Zie verder het productblad bodem- en berminfiltratie in [bijlage 8](#).

Locatie van infiltreren

Het heeft de voorkeur zo hoog mogelijk in het bodemprofiel te infiltreren. Bij oppervlakkige infiltratie wordt het hemelwater vanaf maaiveld geïnfiltreerd. Hierbij:

- Zijn foutieve aansluitingen en lozingen zichtbaar
- Is de infiltratievoorziening goed bereikbaar voor onderhoud en bij calamiteiten
- Is controle mogelijk op de functionering van de voorziening

Hiermee is de maatregel beheersbaar. Om de beheersbaarheid verder te vergroten, worden gemeentelijke infiltratievoorzieningen in een beheer- en onderhoudsplan opgenomen.

Het ondergronds infiltreren van water heeft niet de voorkeur. Hiervoor zijn 2 duidelijke redenen.

1. De adsorptiecapaciteit van de bodem is op grotere diepte lager
2. De afstand tot het grondwater wordt kleiner waardoor de risico's bij calamiteiten groter zijn en illegale lozingen lastiger te controleren zijn. Het is daarom wenselijk alleen ondergronds te infiltreren wanneer er geen andere infiltratie mogelijkheden zijn en de nadelen van niet infiltreren groter zijn dan de voordelen van wel infiltreren. Voorkeur heeft dat ondergrondse infiltratie aan de volgende randvoorwaarden voldoet:
 - Geen directe infiltratie in het grondwater
 - Geen infiltratierielen toepassen. De kans op foutaansluitingen en snellere verspreiding van verontreinigingen is hierbij groter
 - Geen water van vervuilde daken (uitlogende bouwmaterialen) ondergronds infiltreren
 - Monitoring toepassen (zie paragraaf 6.2)
 - Waar nodig de bodemsamenstelling rond de infiltratievoorziening aanpassen om voldoende adsorptiecapaciteit te garanderen

Ondergrondse infiltratie mag alleen worden toegepast als bovengrondse infiltratie niet mogelijk is én het zichtbaar of duidelijk is afgekaderd waar het afstromend hemelwater naartoe stroomt en infiltreert (put of kolk kan, infiltratierielering kan niet).

Voor de volledigheid: diepinfiltratie in grondwaterbeschermingsgebieden is verboden (zie artikel 3.33 van de Omgevingsverordening provincie Utrecht).

4.5.2 Zuiveringstechnieken

Zuiveringstechnieken beperkte emissies

Het afstromende hemelwater van categorie 2 bevat licht verhoogde concentraties van enkele metalen, mogelijk ook fosfaat en organische componenten, zoals PAK of minerale olie. De minimale standaard voor behandeling van dit water is:

- Bodem-/berminfiltratie
- Helofytenfilters (horizontaal doorstroomd)
- Als verhoogde risico's op lekkage van olie zijn geconstateerd (Hierbij kan gedacht worden aan het regelmatig parkeren van machines met hydrauliek (landbouw, wegenbouw), oude voertuigen (b.v. tractoren) et cetera), moet een olie absorberend geotextiel worden toegepast
- Technieken uit categorie 3 mogen ook worden toegepast

Voor de bodempassage (= bodeminfiltratie) geldt dat deze bij voorkeur vanaf het maaiveld moet worden toegepast. Alleen als dit door ruimtegebrek niet mogelijk is en niet infiltreren leidt tot extra riooloverstorten en/of wateroverlast (dit ter beoordeling van de gemeente), kan ondergrondse infiltratie worden toegepast. Er moet dan worden gekozen voor putten, kratten of kolken (geen riolen). Evenals bij bovengrondse infiltratie, dient gecontroleerd te worden of de bodem voldoende adsorberende eigenschappen heeft. Eventueel moeten deze eigenschappen door toevoeging van grond die voldoende humus en lutum bevat, worden verbeterd.

Zuiveringstechnieken significante emissies

Het afstromende hemelwater van categorie 3 bevat hogere gehalten van metalen en organische bestanddelen, zoals PAK. Er moeten altijd technieken worden toegepast die voor zowel metalen als organische stoffen effectief zijn (tenzij voor een bepaalde locatie, bijvoorbeeld een specifiek bedrijventerrein, is aangetoond dat slechts een van de stofgroepen relevant is).

De volgende technieken zijn toepasbaar:

- Wadi's
- Adsorberende materialen. In de regel zal een mengsel van materialen toegepast moeten worden, zoals in de reinigende wegberm. Bijvoorbeeld enkel lava of enkel een olie-absorberend doek is onvoldoende, tenzij voor een specifieke locatie is aangetoond dat slechts één stofgroep (metalen of minerale olie) relevant is
- Een helofytenfilter is alleen toegestaan als dit wordt gecombineerd met bodeminfiltratie en het filter een laag bevat met materialen die de verontreinigingen in voldoende mate kunnen afvangen. Dit is een verticaal doorstroomd filter
- Alleen bodempassage (infiltratie zonder voorbehandeling) heeft niet de voorkeur maar is acceptabel mits wordt onderbouwd dat de bindingscapaciteit van de bodem voldoende is en er monitoring plaatsvindt. Zie voor details hoofdstuk 4 en het productblad in [bijlage 8](#)

Bodempassage in combinatie met ondergrondse infiltratie is op categorie 3 locaties niet toegestaan, tenzij via de maatwerkregeling wordt onderbouwd dat dit mogelijk is en er voldoende monitoring plaatsvindt. Opgemerkt wordt dat sommige zuiverende voorzieningen ook ondergronds aangelegd kunnen worden.

Het water kan bijvoorbeeld door een laag adsorberend materiaal worden geleid of rondom infiltratieputten kan dergelijk materiaal worden aangebracht. Dit is acceptabel, mits er sprake is van bewezen technieken.

Aangezien de werking van infiltratieriolen praktisch gezien niet afdoende gemonitord kan worden en de risico's op illegale lozingen aanzienlijk zijn, worden infiltratieriolen uitgesloten van toepassing.

Infiltreren van hemelwater niet toegestaan

Voor categorie 4 locaties geldt dat infiltratie van het hemelwater niet is toegestaan, het water moet op het vuilwaterriool worden geloosd.

Uitgebreide toelichting zuiveringstechnieken

Verdere verdieping over de verschillende zuiveringstechnieken staat in [Hoofdstuk 6](#).

4.6. Maatwerk

Er is in bijzondere gevallen ruimte om af te wijken van de leidraad. Er wordt dan maatwerk toegepast. Het verzoek dient goed te worden onderbouwd en er dient overleg plaats te vinden met het bevoegd gezag.

In sommige gevallen kan het verdedigbaar zijn om af te wijken van de standaardvoorschriften, bijvoorbeeld:

- Als is aangetoond dat de vervuiling op een specifieke locatie minder is dan gemiddeld (waarbij als referentie wordt verwezen naar de Stowa database hemelwater)
- Bij toepassing van innovatieve technieken
- Als de standaardvoorschriften technisch niet haalbaar zijn

De initiatiefnemer moet hierbij met onderzoeksresultaten aantonen dat voldaan wordt aan de doelstelling van grondwaterbescherming, namelijk dat de concentraties (voor of na behandeling) voldoen aan de criteria van het Infiltratiebesluit bodembescherming. De locatie dient, op kosten van de initiatiefnemer, gemonitord te worden. Afhankelijk van de risico's kan een intensievere monitoring worden voorgeschreven.

5. Beslisschema's afkoppelen en infiltreren buiten een grondwaterbeschermingsgebied

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe u voor uw situatie **buiten** een grondwaterbeschermingsgebied om kan gaan met het afkoppelen van afstromend hemelwater van verhard oppervlakte en infiltreren in de bodem. Er wordt geadviseerd in welke situaties voorwaarden gelden en/of zuiveringstechnieken in kunnen worden gezet.

Toelichting beslisschema's

In elk beslisschema wordt voor verschillende afkoppelsituaties aangegeven of het afkoppelen van hemelwater mogelijk is vanuit milieuhygiënische perspectief. En welke maatregelen *minimaal* genomen zouden kunnen worden voor een bepaalde categorie om het afgekoppelde hemelwater te kunnen te infiltreren in de bodem. In een aantal gevallen wordt geadviseerd het afgekoppelde hemelwater te behandelen voordat het in de bodem kan worden geïnfilteerd. In dat geval kan ook worden besloten het hemelwater niet af te koppelen. Er worden in het beslisschema mogelijke zuiveringstechnieken voorgesteld. Vergelijkbare zuiveringstechnieken zijn ook mogelijk. Daarnaast geldt dat een zuiveringstechniek geschikt voor een hogere risico categorie ook kan worden ingezet voor de behandeling van afstromend hemelwater in een lagere risico categorie (dat wil zeggen, technieken die worden ingezet voor een oppervlakte met significante emissies mogen ook voor oppervlakten met beperkte emissies worden gebruikt, het omgekeerde mag niet).

Afkoppelsituatie	Paragraaf waarin situatie wordt behandeld
Weg, straat, plein	Paragraaf 5.1
Dak van een gebouw	Paragraaf 5.2
Weg en een dak gecombineerd	Paragraaf 5.3
Bedrijventerrein	Paragraaf 5.4

Na de beslisschema's wordt in [paragraaf 5.5](#) een toelichting gegeven op de randvoorwaarden en zuiveringstechnieken.

Afkoppelsituatie onbekend

Wanneer er onduidelijkheid bestaat over het afkoppelen van het hemelwater, kan er altijd contact worden gezocht met het bevoegd gezag.

5.1. Afkoppelen van water van wegen, parkeerterreinen en pleinen buiten een grondwaterbeschermingsgebied

Beslisschema 5.1: Afkoppelen van afstromend hemelwater van wegen, parkeerterreinen van auto's, pleinen en soortgelijke situaties buiten een grondwaterbeschermingsgebied

Ik wil water afkomstig van een verhard oppervlak (weg, parkeerplaats of plein) afkoppelen dat gelijk is aan, of vergelijkbaar is met een:

- Toegangsweg van een woonwijk
- Toegangsweg van een erf
- Vrijliggend voet- of fietspad
- Schoolplein
- Woonerf
- Parkeergelegenheid voor personenauto's

Categorie 1: geringe emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren.

- Provinciale of rijksweg
- Winkelstraat of winkelcentrum
- Busbaan
- Parkeerplaats met bussen en vrachtwagens

Categorie 2: beperkte emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren.

- Marktplaats
- Laad- en losplaats
- Busstation
- Trambaan

Categorie 3: significante emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet en rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarde:

- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.



Er kan gedacht worden aan de inzet van de volgende zuiveringstechnieken:

- Wadi's;
- Adsorberende materialen;
- Verticaal doorstromend helofytenfilter;
- Of een vergelijkbare andere techniek.

5.2. Afkoppelen van water van daken buiten een grondwaterbeschermingsgebied

Beslisschema 5.2: Afkoppelen van afstromend hemelwater van daken buiten een grondwaterbeschermingsgebied

Ik wil afstromend hemelwater afkomstig van daken afkoppelen:

- Dak met dakbedekking en gevelbekleding zonder bouwmaterialen Cu, Pb, Zn
- Dak met dakbedekking en gevelbekleding zonder teerbitumen
- Dak dat geen andere uitlogende bouwmaterialen bevat
- Vrijstaande huizen in het buitengebied met alleen toepassing bouwmaterialen als Cu, Pb, Zn in dakgoten, afvoerpijpen en loodslabben

Categorie 1: geringe emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren.

Er zijn op voorhand geen situaties die in deze categorie vallen.

Categorie 2: beperkte emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren.

- Daken en gevelbekleding met bouwmaterialen (Cu, Pb, Zn) of teerbitumen toepassingen
- Daken en gevelbekleding met andere uitlogende bouwmaterialen

Categorie 3: significante emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet en rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarde:

- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.



Er kan gedacht worden aan de inzet van de volgende zuiveringstechnieken:

- Wadi's;
- Adsorberende materialen;
- Verticaal doorstromend helofytenfilter;
- Of een vergelijkbare andere techniek.

5.3. Afkoppelen van gemengd water afkomstig van wegen en daken buiten een grondwaterbeschermingsgebied

Beslisschema 5.3: Afkoppelen van gemengd water van wegen en daken buiten een grondwaterbeschermingsgebied

Ik wil gemengd hemelwater afkomstig van wegen en daken afkoppelen:

Dakbedekking zonder uitlogende materialen of bouwmetalen en wegen gelijk aan of vergelijkbaar met toegangswegen woonwijk.

Categorie 1: geringe emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren.

Wegen gelijk of vergelijkbaar met rijkswegen en daken zonder uitlogende materialen.

Categorie 2: beperkte emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren.

Gemengd water van daken en gevels met uitloogbare materialen in combinatie met water afkomstig van bushaltes of vergelijkbaar met bushaltes.

Categorie 3: significante emissies



Ja, u mag afkoppelen en infiltreren mits er een zuiveringstechniek wordt ingezet en rekening wordt gehouden met de volgende randvoorwaarde:

- Het hemelwater zo hoog mogelijk in het bodemprofiel wordt geïnfiltreerd.



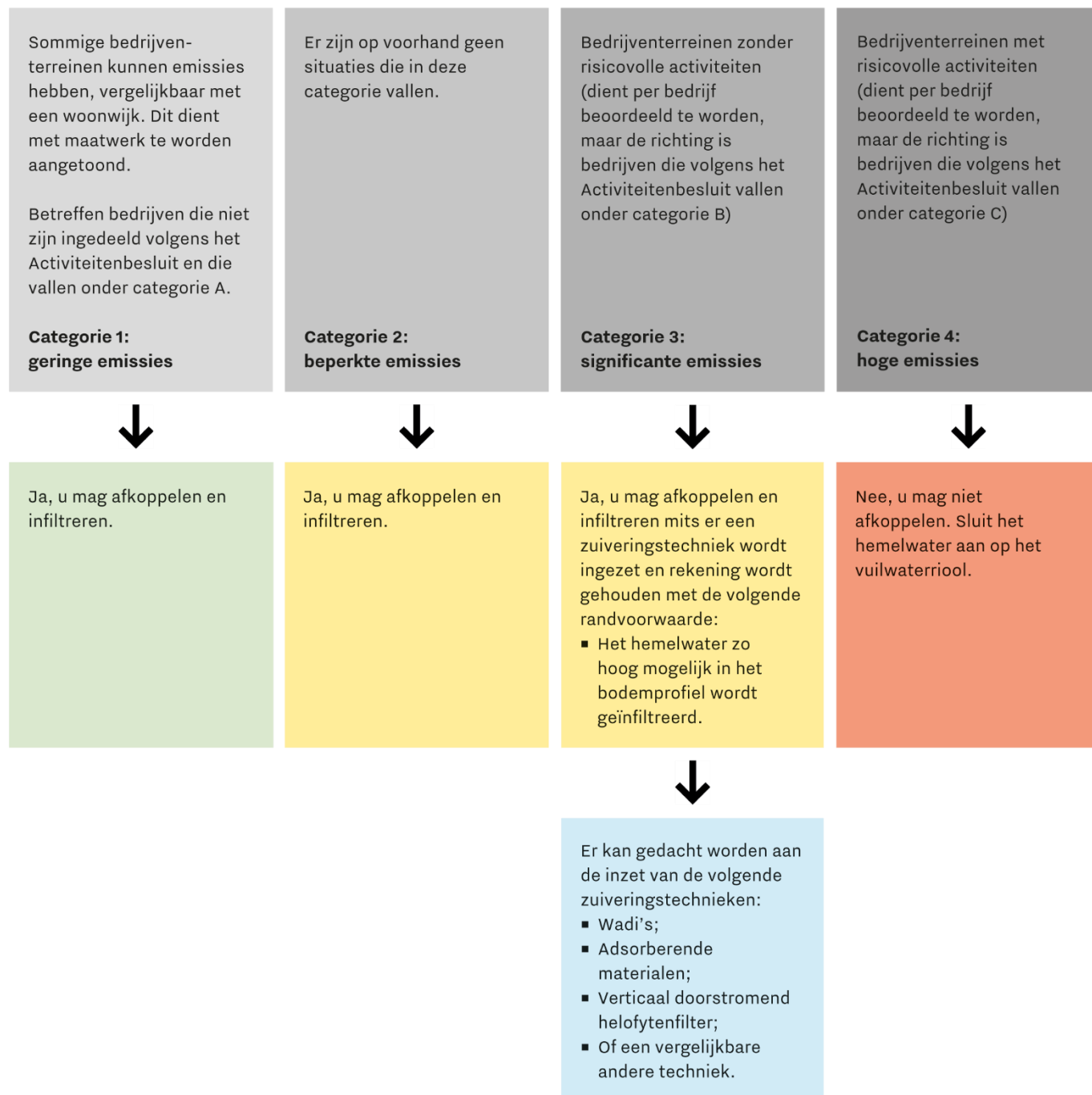
Er kan gedacht worden aan de inzet van de volgende zuiveringstechnieken:

- Wadi's;
- Adsorberende materialen;
- Verticaal doorstromend helofytenfilter;
- Of een vergelijkbare andere techniek.

5.4. Afkoppelen van water van een bedrijventerrein buiten een grondwaterbeschermingsgebied

Beslisschema 5.4 - Afkoppelen van afstromend hemelwater afkomstig van bedrijventerreinen buiten een grondwaterbeschermingsgebied

Ik wil hemelwater afkomstig van een bedrijventerrein afkoppelen:



5.5. Uitleg randvoorwaarden en zuiveringstechnieken

In deze paragraaf worden de randvoorwaarden en zuiveringstechnieken zoals in bovenstaande beslisschema's verder uitgelegd.

5.5.1. Randvoorwaarden

Locatie van infiltreren

Het heeft de voorkeur zo hoog mogelijk in het bodemprofiel te infiltreren. Bij oppervlakkige infiltratie wordt het hemelwater vanaf maaiveld geïnfiltreerd. Hierbij:

- Zijn foutieve aansluitingen en lozingen zichtbaar
- Is de infiltratievoorziening goed bereikbaar voor onderhoud en bij calamiteiten
- Is controle mogelijk op de functionering van de voorziening

Hiermee is de maatregel beheersbaar. Om de beheersbaarheid verder te vergroten, worden gemeentelijke infiltratievoorzieningen in een beheer- en onderhoudsplan opgenomen.

Het ondergronds infiltreren van water heeft niet de voorkeur. Hiervoor zijn 2 duidelijke redenen.

1. De adsorptiecapaciteit van de bodem is op grotere diepte lager
2. De afstand tot het grondwater wordt kleiner waardoor de risico's bij calamiteiten groter zijn en illegale lozingen lastiger te controleren zijn. Het is daarom wenselijk alleen ondergronds te infiltreren wanneer er geen andere infiltratie mogelijkheden zijn en de nadelen van niet infiltreren groter zijn dan de voordelen van wel infiltreren. Voorkeur heeft dat ondergrondse infiltratie aan de volgende randvoorwaarden voldoet:
 - Geen directe infiltratie in het grondwater
 - Geen infiltratieriolen toepassen. De kans op foutaansluitingen en snellere verspreiding van verontreinigingen is hierbij groter
 - Geen water van vervuilde daken (uitlogende bouwmaterialen) ondergronds infiltreren
 - Monitoring toepassen (zie paragraaf 6.2)
 - Waar nodig de bodemsamenstelling rond de infiltratievoorziening aanpassen om voldoende adsorptiecapaciteit te garanderen.

5.5.2 Zuiveringstechnieken

Zuiveringstechnieken significante emissies

Het afstromende hemelwater van categorie 3 bevat hogere gehalten van metalen en organische bestanddelen, zoals PAK. Er moeten altijd technieken worden toegepast die voor zowel metalen als organische stoffen effectief zijn (tenzij voor een bepaalde locatie, bijvoorbeeld een specifiek bedrijventerrein, is aangetoond dat slechts een van de stofgroepen relevant is). De volgende technieken zijn toepasbaar:

- Wadi's
- Adsorberende materialen. In de regel zal een mengsel van materialen toegepast moeten worden, zoals in de reinigende wegberm. Bijvoorbeeld enkel lava of enkel een olie-absorberend doek is onvoldoende, tenzij voor een specifieke locatie is aangetoond dat slechts één stofgroep (metalen of minerale olie) relevant is

- Een helofytenfilter is alleen toegestaan als dit wordt gecombineerd met bodeminfiltratie en het filter een laag bevat met materialen die de verontreinigingen in voldoende mate kunnen afvangen. Dit is een verticaal doorstroomd filter
- Alleen bodempassage (infiltratie zonder voorbehandeling) heeft niet de voorkeur maar is acceptabel mits wordt onderbouwd dat de bindingscapaciteit van de bodem voldoende is en er monitoring plaatsvindt. Zie voor details het productblad in [bijlage 8](#)

Bodempassage in combinatie met ondergrondse infiltratie is op categorie 3 locaties niet toegestaan, tenzij via de maatwerkregeling wordt onderbouwd dat dit mogelijk is en er voldoende monitoring plaatsvindt. Opgemerkt wordt dat sommige zuiverende voorzieningen ook ondergronds aangelegd kunnen worden. Het water kan bijvoorbeeld door een laag adsorberend materiaal worden geleid of rondom infiltratieputten kan dergelijk materiaal worden aangebracht. Dit is acceptabel, mits er sprake is van bewezen technieken.

Aangezien de werking van infiltratieriolen praktisch gezien niet afdoende gemonitord kan worden en de risico's op illegale lozingen aanzienlijk zijn, worden infiltratieriolen uitgesloten van toepassing.

Infiltreren van hemelwater niet toegestaan

Voor categorie 4 locaties geldt dat infiltratie van het hemelwater niet is toegestaan, het water moet op het vuilwaterriool worden geloosd.

Uitgebreide toelichting zuiveringstechnieken

Verdere verdieping over de verschillende zuiveringstechnieken staat in [Hoofdstuk 6](#).

6 Behandeling afstromend hemelwater

Dit hoofdstuk heeft als doel inzicht te geven in mogelijkheden voor de behandeling van afstromend hemelwater. [Paragraaf 6.1](#) geeft inzicht in de beschikbare technieken voor infiltreren en zuivering van afstromend hemelwater. [Paragraaf 6.2](#) geeft meer inzicht in monitoringstechnieken.

6.1 Beschrijving technieken voor infiltratie/zuivering van afstromend hemelwater

Er zijn productbladen van de volgende technieken opgenomen in [bijlage 8](#).

- Bodem-/berminfiltratie (ook bodempassage genoemd)
- Olie-absorberende geotextielen
- Adsorberende (funderings)lagen en dergelijke
- Reinigende wegberm
- Wadi's en vergelijkbare voorzieningen
- Helofytenfilters
- Ondergrondse infiltratieputten, kratten et cetera

In de productbladen in [bijlage 8](#) staat een beschrijving van de techniek, zoals werkingsprincipe, toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen, capaciteit, ontwerp, kosten, onderhoud en aanwijzingen voor monitoring. Verder is er ook een productblad voor de beoordeling van een nieuwe techniek.

6.1.1 Geschiktheid afkoppeltechnieken

De meeste van de beschreven technieken zijn, mits goed ontworpen, in beginsel geschikt voor de behandeling van afstromend hemelwater uit woongebieden en van provinciale/rijkswegen maar er zijn een aantal aandachtspunten:

- Olie-absorberende geotextielen verwijderen alleen minerale olie en kunnen daarom niet als zelfstandige techniek worden toegepast (tenzij alleen minerale olie relevant is, dit is echter in het algemeen niet het geval). Het kan wel in combinatie met andere technieken worden toegepast
- De werking van 'klassieke' adsorberende funderingslagen, zoals lava, is niet altijd goed gedocumenteerd en de werking kan variëren. Verder zijn deze materialen niet of nauwelijks geschikt voor organische verontreinigingen, zoals PAK. Daarom zal een extra additief toegevoegd moeten worden als deze techniek wordt toegepast op water waarin ook organische verontreinigingen aanwezig zijn. Actiefkool is hiervoor bijvoorbeeld geschikt
- Bij horizontaal doorstroomde helofytenfilters is het verwijderingsrendement voor sommige stoffen beperkt, het is niet zeker of altijd de gewenste verwijdering wordt bereikt. Daarom dient deze techniek alleen te worden toegepast voor de categorie met beperkte emissies. Verticaal doorstroomde filters zijn (ook) bruikbaar voor de categorie met significante emissies

Wanneer een techniek wordt toegepast dient rekening te worden gehouden met het benodigde oppervlakte en de kosten die aan het implementeren van de techniek verbonden zijn. Hier wordt navolgend op ingegaan.

6.1.2 Benodigd oppervlak

Het benodigde oppervlak is een belangrijke factor in de keuze welke techniek kan worden geïmplementeerd. Niet alle zuiverings- en infiltratietechnieken vereisen dezelfde hoeveelheid oppervlakte. Tabel 6.1 geeft een overzicht van de technieken en de vereiste hoeveelheid aan extra

oppervlak. De eerste 3 technieken kunnen gecombineerd worden met bestaande voorzieningen en vereisen geen extra oppervlak (let wel dit is vanuit milieuhygiënische oogpunt; het is mogelijk dat een minimaal oppervlak benodigd is vanuit de kwantiteit dat wil zeggen om een maatgevende bui te infiltreren). Van de overige technieken is de vereiste extra ruimte voor ondergrondse infiltratie minimaal.

Techniek	Extra oppervlak, in m ² /m ² verhard oppervlak
Bodem-/berminfiltratie	Geen
Adsorberende lagen	Geen ¹
Reinigende wegberm	Geen ¹
Wadi	0,1 (-0,05)
Helofytenfilter	0,1
Infiltratieput	0,005 - 0,015 ²

Tabel 6.1 Vergelijking vereist additioneel oppervlak, per techniek

6.1.3 Kosten

Kosten spelen ook een grote rol in de keuze voor een geschikte techniek. In tabel 6.2 worden de investeringskosten vergeleken. Dit zijn de kosten zonder de aanvoervoorzieningen (leidingen, goten, hemelwaterriool). De kosten hiervan kunnen aanzienlijk zijn. Over het algemeen zijn er geen specifieke aanvoervoorzieningen nodig bij bodem-/berminfiltratie en reinigende wegbermen. De tabel is ook zonder de onderhouds- en monitoringskosten.

Techniek	EUR/m ² verhard oppervlak
Bodem-/berminfiltratie	0 EUR/m ² (wel kosten als bodemsamenstelling moet worden aangepast)
Adsorberende lagen	7 – 11 EUR/m ²
Reinigende wegberm	7 - 17 EUR/m ² (hoogste bedrag incl. permafilterdoek en bermverharding)
Wadi	6 EUR/m ²
Helofytenfilter	4 - 10 EUR/m ² (horizontaal - verticaal doorstroomd)
Infiltratieput	Globaal 25 ³ EUR/m ²

Tabel 6.2 Vergelijking investeringskosten per techniek, in EUR per m² aangesloten verhard oppervlak

- 1 Als aparte filterconstructies worden aangelegd (niet in de aanwezige berm of onder een weg en dergelijke) is het benodigde extra oppervlak globaal 0,1 m²/m² verhard oppervlak
- 2 Geen rekening gehouden met verhardingen rond de putten
- 3 Rekening gehouden met aanleg van een schachtput 2,5 m diep met voorgeschakelde straatkolk, voor aansluiting van 150 m² verhard oppervlak.

6.2 Richtlijnen voor inspectie en monitoring

In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven over de inspectie en monitoring van afstromend hemelwater.

6.2.1 Monitoringsfrequentie

In tabel 6.3 zijn richtlijnen gegeven voor een minimale frequentie van monitoring. De wijze waarop moet worden gemonitord, wordt navolgend besproken.

Techniek	Grond of substraat	Grondwater
Bodeminfiltratie⁴	-	-
Berminfiltratie	Bovengrond na 0 en 25 jaar	Alleen bij gehalten in grond >T-waarden ⁵
Adsorberende lagen	Werking rond einde levensduur controleren	Na 0, 5 jaar en 10 jaar
Reinigende wegberm	Werking rond einde levensduur controleren	Na 0, 5 jaar en 10 jaar
Wadi	Toplaag na 0 en 20 jaar	Na 0, 5 jaar en 10 jaar
Helofytenfilter	Werking rond einde levensduur controleren ⁶	Influent en effluent na de opstart enkele malen onderzoeken ⁷
Infiltratieput	Grond rond de put na 0 en 10 jaar e.v.	Na 0, 2, 4, 6, 8 en 10 jaar
Nieuwe techniek	Afhankelijk type techniek	Na 0, 2, 4, 6, 8 en 10 jaar

Tabel 6.3 Overzicht van minimale monitoring per techniek

Algemene opmerkingen zijn:

- Inspectie van de werking van de verschillende onderdelen, controle op vervuiling/dicht slibben, eventuele illegale lozingen et cetera moet ten minste jaarlijks plaatsvinden
- Er moet een nulonderzoek worden uitgevoerd van het grondwater. In situaties dat de bodem de verontreinigingen afvangt, moet bij voorkeur ook de grond zelf worden onderzocht (toplagen of grond rond ondergrondse infiltratievoorziening)
- De resultaten van de monitoring moeten na elke ronde worden geëvalueerd en de frequentie moet worden aangepast als een verslechtering van de kwaliteit waarneembaar is

⁴ Hierbij wordt uitgegaan van situaties met een lage belasting

⁵ De T-waarde is $\frac{1}{2} \times (\text{achtergrondwaarde} + \text{interventiewaarde})$. Zie voor achtergrond (streef)- en interventie-waarden de Circulaire bodemsanering 2013

⁶ Alleen bij verticaal doorstroomde filters

⁷ Onder representatieve condities qua hydraulische belasting en in verschillende seizoenen. Indien voldaan wordt aan de ontwerp rendementen is geen verder onderzoek nodig

- Als meerdere overeenkomstige voorzieningen worden aangebracht (wadi's, infiltratieputten), dan is het voldoende om één of enkele representatieve deellocatie(s) te monitoren
- Voor het grondwater is een monitoringsperiode van 10 jaar beschreven. Na 10 jaar moet een nieuwe frequentie worden vastgesteld. Als er (vrijwel) geen invloed waarneembaar is, kan het frequentie-interval worden verdubbeld, dus van 5 naar 10 jaar of van 2 naar 4 jaar

6.2.2 Mogelijkheden voor monitoring

De mogelijkheden voor monitoring zijn gekoppeld aan het type behandelstelsel en moeten dus per (type) voorziening worden beschreven. In [bijlage 9](#) zijn protocollen opgenomen voor monitoring van het grondwater, de vaste bodem en een zuiverend stelsel. Naar gelang de aard van het zuiveringssysteem, zijn specifieke opmerkingen gemaakt over bijvoorbeeld de plaats of methode van monsterneming. Verder zijn ook richtlijnen gegeven voor het bepalen van de nulsituatie.

In algemene zin zijn de volgende aspecten van belang:

- Welke parameters moeten worden gemeten (onderscheid basispakket en uitbreidingen, afhankelijk van de aard van de locatie)
- Hoe vaak
- Op welk tijdstip
- Op hoeveel plaatsen
- Volgens welke methoden
- Wanneer vindt evaluatie plaats van de frequentie en het analysepakket

Nulonderzoek

Om effecten van afstromend hemelwater nauwkeurig te kunnen beoordelen, is het nodig om een nulonderzoek uit te voeren. Omdat dit voor de meeste situaties overeenkomstig is, wordt dit apart beschreven in [bijlage 9](#).

Monitoringsfrequentie

Aangezien de belasting van afstromend hemelwater veelal beperkt is, kan het lange tijd duren voordat effecten meetbaar zijn. Er kan daarom volstaan worden met een relatief lage onderzoeksfrequentie. Behalve de effecten van het afstromende hemelwater, kan er ook sprake zijn van illegale lozingen, foutaansluitingen en dergelijke. Hierop moet door regelmatige inspectie worden gecontroleerd. De inspectie is onderdeel van het beheer-regime en wordt in de productbladen beschreven.

Aangezien de grondwaterkwaliteit ook door andere oorzaken dan de infiltratie van hemelwater kan veranderen, is het aan te bevelen om (indien mogelijk) ook een bovenstroomse referentiepeilbuis mee te nemen.

In [bijlage 9](#) is beschreven *hoe* in verschillende situaties kan worden gemonitord. Dit betekent niet dat dit altijd en overal moet gebeuren. Het bevoegd gezag moet dit nader beoordelen en hierbij rekening houden met het volgende:

- Voorzieningen met een lage belasting hoeven niet of minder frequent te worden onderzocht. Locaties in categorie 1 met geringe emissies worden niet gemonitord. Voorzieningen bij particulieren worden niet gemonitord, wel is een controle op de voorziening bij aanleg gewenst
- In hoeverre is een techniek al bewezen. Nieuwe technieken moeten intensiever worden gemonitord, bewezen technieken niet of minder frequent. Het is echter niet aan te bevelen om 'bewezen' technieken volledig uit te zonderen van de monitoring omdat (1) er in de praktijk allerlei variaties zijn in belasting et cetera; (2) het de vraag is of voorzieningen altijd

goed worden onderhouden; (3) er een risico is op illegale lozingen en (4) ook voor bewezen technieken geldt dat er nog weinig inzicht is in de werking op lange termijn (= tientallen jaren)

- Kwetsbaarheid van de bodem (alleen indien hierover gegevens beschikbaar zijn bij het drinkwaterbedrijf) of nabijheid van de drinkwaterwinning
- De omvang van een voorziening: bij een geringe omvang, bijvoorbeeld enkele huizen, kan ervoor gekozen worden om niet te monitoren. Bij omvangrijke voorzieningen, bijvoorbeeld een hele woonwijk, kan een deel van de voorzieningen worden gemonitord, zie ook volgende
- Bij meerdere vergelijkbare toepassingen kunnen er 1 of 2 worden geselecteerd voor monitoring, niet alle deellocaties hoeven te worden onderzocht
- Er kan worden gekozen voor een uitgebreidere monitoring, die meer inzicht geeft, of een minimale meetfrequentie, die net voldoende is om risico's nog op tijd te signaleren. De meetfrequenties die in de protocollen worden genoemd, zijn ons inziens aan de minimale kant, maar omdat er in de praktijk aanzienlijke verschillen zijn in belasting, is het belangrijk om de meetfrequentie na verloop van tijd te evalueren, zie hiervoor paragraaf 6.2.3
- Een alternatief voor monitoring kan zijn om vaste termijnen af te spreken voor de vervanging van een toplaag of adsorberend substraat. Gezien mogelijke variaties in belasting of veranderingen in emissies in de loop van de tijd, heeft dit als risico dat een vervanging te snel of te langzaam plaatsvindt, als er verder geen inzicht is in de feitelijke situatie

6.2.3 Evaluatie van de monitoring en toetsing van de resultaten

Als uit het nulonderzoek blijkt dat stoffen aanwezig zijn in relatief hoge concentraties (T-waarde of hoger), dan moet worden nagegaan wat hiervan de oorzaak is en of de betreffende stof ook relevant is voor afstromend hemelwater. Omdat bij een goed werkende voorziening geen ontoelaatbare verslechtering van het grondwater wordt verwacht, is de aanwezigheid van een verhoogde concentratie bij het nulonderzoek geen reden om de infiltratie van afstromend hemelwater op voorhand te verbieden. Wel kan het reden zijn om wat frequenter te monitoren. Dit moet per situatie worden beoordeeld.

Na het nulonderzoek wordt, afhankelijk van de voorziening en de intensiteit van de monitoring, de eerste serie resultaten na 6 - 10 jaar geëvalueerd

(6 jaar geldt bij een frequentie van 1x per 2 jaar). Als er na deze periode geen significante beïnvloeding waarneembaar is van de grondwaterkwaliteit, wordt de monitorings-frequentie met een factor 2 verlaagd. Voor situaties dat 1x per 5 jaar wordt gemonitord, wordt na 10 jaar een evaluatie uitgevoerd.

Als eerder duidelijk is dat er een negatief effect is, moet ter controle een extra monitoringsronde worden ingelast en moet zo nodig nader onderzoek worden uitgevoerd naar de oorzaak van de toename. Ook als er na 6 of 10 jaar geen effect op de grondwaterkwaliteit waarneembaar is, kan niet worden geconcludeerd dat er in het geheel geen bedreigingen zijn. Het is mogelijk dat de bodem de eerste 10 - 20 jaar alle verontreinigingen bindt, maar op langere termijn doorslaat. Daarom blijft een minimale vorm van monitoring nodig.

Als blijkt dat de grondwaterconcentraties stijgen boven onacceptabele waarden (Tevoren moet worden vastgelegd wat de drempelwaarde is, de T-waarde voor grondwater is een bruikbare grenswaarde. Als echter een continu stijgende trend wordt waargenomen van stoffen in het grondwater, dan kan ook eerder worden ingegrepen), dan moeten mitigerende maatregelen worden genomen, zoals vervanging van de toplaag van de bodem of van het adsorberende materiaal.

Op basis van de aard van de stoffen die toenemen in concentratie, kan mogelijk inzicht worden verkregen in de herkomst. Hierbij dient ook een eventuele verandering in de kwaliteit van het bovenstroomse grondwater meegenomen te worden.

Bijlage 1 Grondwaterbeschermingszones provincie Utrecht

In de Omgevingsverordening van de provincie Utrecht zijn verschillende grondwaterbeschermingszones aangewezen (art. 3.6): De grondwaterbeschermingszones bestaan uit:

- Waterwingebieden
- Grondwaterbeschermingsgebieden
- Boringsvrije zones
- Beschermingszones oppervlaktewaterwinning
- 100-jaaraandachtsgebieden
- Kwetsbare strategische grondwatervoorraden
- Matig kwetsbare strategische grondwatervoorraden

Meer informatie over de grondwaterbeschermingszones en de actuele kaart met de grenzen van deze zones vindt u hier: www.provincie-utrecht.nl/drinkwater.

Waterwingebieden

Alle grondwaterwinningen voor de openbare drinkwatervoorziening vinden plaats in een waterwingebied. Het waterwingebied is de locatie waar de onttrekkingsputten voor drinkwater zijn gevestigd. Deze gebieden omvatten het gebied waarbinnen het grondwater tenminste 60 dagen in het watervoerende pakket nodig heeft om de winning te bereiken. Er is voor deze 60 dagen-lijn gekozen, omdat wordt aangenomen dat een verblijftijd van het grondwater in de bodem van 60 dagen voldoende is voor een zodanige afbraak van ziekteverwekkende kiemen, dat er geen gevaar voor de volksgezondheid meer bestaat. De afstand van de grens van het waterwingebied tot de winputten bedraagt in principe minimaal 30 meter.

De waterwinning is het meest kwetsbaar voor functies en activiteiten in de Waterwingebieden, doordat de Waterwingebieden direct rondom de winputten liggen. Om die reden zijn vrijwel alle activiteiten binnen Waterwingebieden verboden. Dit geldt ook wanneer de exacte invloed niet bekend is. Er zijn enkele uitzonderingen voor de activiteiten van drinkwaterbedrijven ten behoeve van de drinkwaterproductie en bijvoorbeeld regulier (groen)onderhoud van het gebied, of de aanleg van paden voor niet gemotoriseerd vervoer.

Grondwaterbeschermingsgebieden

Grondwaterbeschermingsgebieden liggen als een schil rondom de waterwingebieden. Winningen met een grondwaterbeschermingsgebied zijn vaak ondiepe winningen, met de filters in een geheel zandig pakket (Utrechtse Heuvelrug) of uit het eerste watervoerende pakket met een deklaag. De grens van deze gebieden is gebaseerd op de lijn vanaf waar het grondwater een periode van 25 jaar nodig heeft om vanaf de grondwaterspiegel de pompputten te bereiken (de 25-jaarszone).

In Grondwaterbeschermingsgebieden zijn bepaalde activiteiten en bestemmingen aan het maaiveld verboden, omdat deze een risico vormen voor het grondwater dat gewonnen wordt. Op deze locaties is namelijk geen (voldoende beschermende) kleilaag aanwezig die het grondwaterpakket, waaruit het grondwater voor de drinkwaterproductie wordt gewonnen, afschermt van activiteiten aan het maaiveld. Ook is het verboden diep te boren of bijvoorbeeld een diepe fundering aan te leggen. Tot hoe diep wel werkzaamheden zijn toegestaan, verschilt per grondwaterbeschermingsgebied

Boringsvrije zones

Net als Grondwaterbeschermingsgebieden liggen Boringsvrije zones als een schil rondom de waterwingebieden. Winningen met een Boringsvrije zone zijn diepe winningen, veelal uit het tweede watervoerende pakket met daarboven één of meerdere goede weerstandbiedende lagen. De grens van deze gebieden is gebaseerd op de lijn vanaf waar het grondwater een periode van 25 jaar nodig heeft om vanuit het gepompte pakket de pompputten te bereiken (de 25-jaarszone). De bijdrage van water uit bovenliggende pakketten is minimaal in vergelijking tot de totale onttrokken hoeveelheid. Anders dan bij de Grondwaterbeschermingsgebieden is er in Boringsvrije zones een (voldoende afschermd) kleilaag aanwezig die het grondwaterpakket van waaruit het grondwater wordt gewonnen afschermt van activiteiten aan het maaiveld. Om die reden zijn bijna alle activiteiten aan het maaiveld toegestaan. Deze activiteiten vormen geen directe risico's voor de grondwatervoorraad waaruit gewonnen wordt. Er gelden wel regels voor het uitvoeren van activiteiten in de diepte, zoals boringen, het aanbrengen van ondergrondse constructies en voor mijnbouwactiviteiten. Deze regels zijn bedoeld om de afschermd kleilaag intact te houden. Tot hoe diep wel werkzaamheden zijn toegestaan, verschilt per Boringsvrije zone.

Beschermingszones oppervlaktewaterwinning

Drinkwaterwinningen waarvoor oppervlaktewater wordt gebruikt, zijn kwetsbaar voor verontreinigingen die via het water of de lucht bij de winning kunnen komen. Dit komt doordat er geen bescherming via bodempassage is. Om deze winningen te beschermen heeft Rijkswaterstaat een beschermingszone rondom de directe innamepunten van oppervlaktewater opgenomen. De beschermingszone is bedoeld voor beheersing van calamiteiten, beoordeling van lozingen en beoordeling van ruimtelijke plannen. Zo kan de waterwinning veilig worden gesteld. In aanvulling op de beschermingszone van Rijkswaterstaat die het oppervlaktewater zelf beschermt, heeft de provincie Utrecht een strook land van 100 m aan weerszijden van het oppervlaktewater aangewezen als beschermingszone. De bescherming van oppervlaktewater waaruit drinkwater wordt gewonnen, is zo in de verordening verankerd.

100-jaarsaandachtsgebieden

Het 100-jaarsaandachtsgebied ligt als een extra schil rond het grondwaterbeschermingsgebied. Er zijn 100-jaarsaandachtsgebieden aangewezen rondom 12 kwetsbare winningen en dus niet rond alle kwetsbare winningen met een grondwaterbeschermingsgebied.

In de 100-jaarsaandachtsgebieden zijn geen specifieke regels van toepassing, maar geldt wel de Zorgplicht grondwater.

Kwetsbare en matig kwetsbare strategische grondwatervoorraad

De provincie heeft een strategische grondwatervoorraad aangewezen. Het doel hiervan is om te zorgen dat er in de toekomst voldoende mogelijkheden zijn voor de winning van grondwater voor de openbare drinkwatervoorziening. Binnen de strategische grondwatervoorraad wordt onderscheid gemaakt tussen de kwetsbare strategische grondwatervoorraad, welke kwetsbaar is voor activiteiten aan maaiveld en de matig kwetsbare strategische grondwatervoorraad, welke minder kwetsbaar is voor activiteiten aan maaiveld.

Bijlage 2 Achtergrond risico-indeling afstromend hemelwater

Risico-indeling afstromend hemelwater van wegen, pleinen en parkeerplaatsen

Categorie 1 Geringe emissies:

- Toegangswegen van woonwijken en overige erftoegangswegen
- Vrij liggende voet- en fietspaden
- Schoolpleinen
- Woonerven
- Parkeergelegenheden voor personenauto's

Categorie 2 Beperkte emissies:

- Oppervlakken waarop PAK, minerale olie en zware metalen worden verwacht, zoals provinciale en rijkswegen, busbanen, winkelstraten en -centra
- Parkeerplaatsen waar ook vrachtwagens en bussen kunnen parkeren

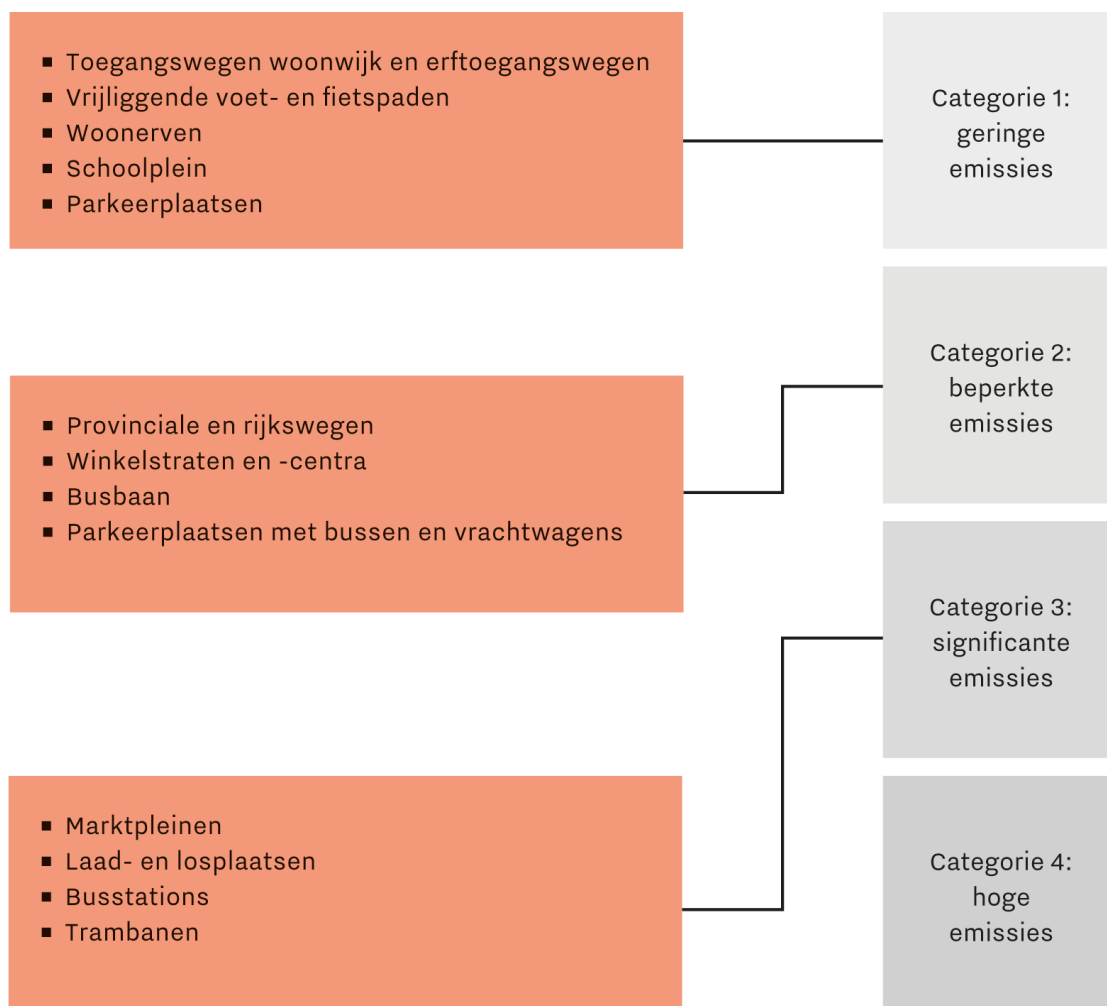
Categorie 3 Significante emissies:

- Marktplainen
- Laad- en losplaatsen
- Overslagterreinen
- Busstations
- Trambanen en -tunnels
- Terreinen waar foutieve aansluitingen of lozingen verwacht worden

Categorie 4 Hoge emissies:

Niet van toepassing. In principe is de kwaliteit van afstromend hemelwater afkomstig van wegen zodanig dat dit (na zuivering) geïnfiltreerd kan worden.

In figuur B1.1 is een schematische weergave van de risico-indeling van afstromend hemelwater van wegen, pleinen en parkeerplaatsen opgenomen.



Figuur B1.1 Risico-indeling wegen, pleinen en parkeerplaatsen

Parkeerplaatsen

Parkeerplaatsen voor personenauto's

Een parkeerplaats is een bijzondere locatie waar auto's stil staan of langzaam rijden. Verkeersemissies zijn sterk gecorreleerd met de intensiteit en snelheid van het verkeer (slijtage van banden, uitlaatgassen), waardoor op parkeerplaatsen lage emissies worden verwacht. Het is mogelijk dat er uit (oudere) auto's wat motorolie lekt, echter dergelijke zware typen minerale olie zijn vrijwel onoplosbaar in water en adsorberen zeer sterk aan allerlei materialen, ook aan de grond. Een normale situatie waarbij hooguit een geringe lekkage optreedt, wordt daarom niet als een serieuze bedreiging van de grondwaterkwaliteit beschouwd.

Parkeerplaatsen voor bussen en vrachtwagens

Wel kan men stellen dat de risico's toenemen naarmate parkeerplaatsen groter worden en er ook vrachtwagens en bussen kunnen parkeren. Daarom wordt ervan uitgegaan dat parkeerplaatsen voor personenauto's (waar normaliter geen vrachtwagens en bussen worden geparkeerd) niet leiden tot risico's voor de grondwaterkwaliteit (en vallen in de categorie met geringe emissies) en dat

parkeerplaatsen waar ook vrachtwagens en bussen parkeren kunnen leiden tot indeling in de categorie beperkte emissies.

Onverharde parkeerplaatsen

Een discussiepunt is of er (altijd) een verharding moet worden aangebracht. Als er geen verharding wordt aangebracht is er volgens de definitie geen sprake van afkoppelen omdat er geen sprake is van afstromend hemelwater van het verhard oppervlak dat wordt afgevoerd naar een waterzuiveringsinstallatie. Er zijn echter onverharde parkeerplaatsen, veelal in het buitengebied waar wordt geparkeerd voor recreatieve doeleinden.

Het aanleggen van onverharde parkeerplaatsen binnen een grondwaterbeschermingsgebied is toegestaan mits de bodem voldoende adsorptiecapaciteit heeft (voorwaarde bij geringe emissie). Indien dit niet het geval is, kan ook bijvoorbeeld een olie-absorberend doek (of vergelijkbare zuiveringstechniek voor beperkte emissie) worden aangebracht.

Risico-indeling afstromend hemelwater van daken

Daken zonder bouwmetalen (koper, lood, zink) en teerbitumen hebben aantoonbare lage emissies. Voor dakgoten geldt dat deze wel uitgevoerd kunnen zijn met uitlogbare bouwmetalen maar gezien het kleine oppervlak van dakgoten, is de vuilvracht voldoende klein om dit als een 'geringe emissie' te beschouwen. In dit geval wordt gebruik gemaakt van de vrachtbenadering waarbij de concentraties de grenswaarden (kunnen) overschrijden maar de totale vracht gering is. In figuur B1.2 is schematische weergave van de risico-indeling van afstromend hemelwater van daken opgenomen.

Categorie 1 Geringe emissies:

- Alle daken en gevels van bestaande bebouwing, mits dakbedekking en gevelbekleding uit niet-uitlogende bouwmaterialen bestaan

Categorie 2 Beperkte emissies:

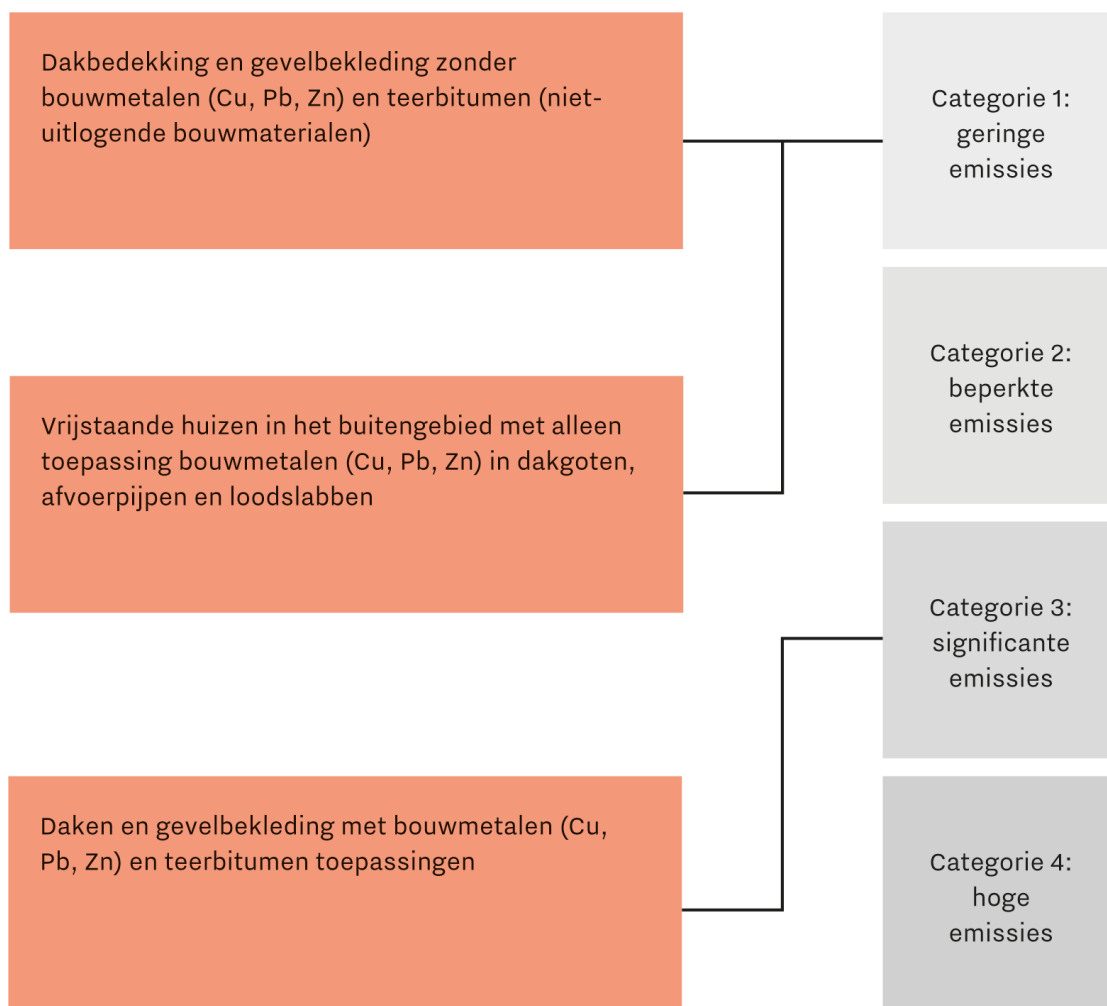
Niet van toepassing. Voor afstromend hemelwater van daken zijn er geen vooraf aangeduide situaties die een beperkte emissie hebben.

Categorie 3 Significante emissies:

- Daken en gevels (dakbedekking en gevelbekleding, niet de dakgoten) met uitlogbare bouwmaterialen. Vanwege groot contactoppervlak met afstromend hemelwater worden significante emissies verwacht.

Categorie 4 Hoge emissies:

Niet van toepassing. In principe is de kwaliteit van afstromend hemelwater afkomstig van daken (na zuivering) geschikt om te infiltreren.



Figuur B1.2 Risico-indeling daken

Risico-indeling gemengd afstromend hemelwater van wegen en daken

Categorie 1 Geringe emissies:

- Gemengd water van eerder genoemde wegen en daken.

Categorie 2 Beperkte emissies:

- Gemengd water van wegen in deze categorie en daken waarin:
 - Geen bouwmetalen en teerbitumen zijn toegepast of,
 - De toegepaste bouwmetalen aantoonbaar lage emissies hebben. Bijvoorbeeld door een coating.

Categorie 3 Significante emissies:

- Gemengd water van daken en gevels met uitlogbare bouwmaterialen in combinatie met water van andere wegen.

Categorie 4 Hoge emissies:

Niet van toepassing. In principe is de kwaliteit van afstromend hemelwater afkomstig van wegen en daken (zo nodig na zuivering) geschikt te maken voor infiltratie.

Risico-indeling afstromend hemelwater van bedrijventerreinen

Bedrijventerreinen (niet de bebouwing) worden volgens de redenering dat hoge emissies verwacht worden ingedeeld in de categorie met significante emissies. Al zijn er wel degelijk bedrijventerreinen waarbij lagere emissies verwacht worden. Uit recent onderzoek naar afstromend hemelwater van het bedrijventerrein Trekkersveld in Zeewolde blijkt dat de kwaliteit hiervan vergelijkbaar is met die van woonwijken⁸. In het rapport staat geen overzicht van de aanwezige bedrijven, wel wordt vermeld dat sommige 'risicovolle' terreindelen op de vuilwaterriolering zijn aangesloten. Met onderbouwing van de te verwachten emissies is het mogelijk dat een bedrijf in een lagere categorie ingedeeld wordt (dit is maatwerk).

8 STOWA/RIONED (2017): Effectiviteitsvergelijking helofytenveld. Behandeling hemelwater of RWZI-effluent? STOWA-rapport 2017-49

Bijlage 3 Totstandkoming

De provincie Utrecht heeft TAUW gevraagd de Leidraad afkoppelen uit 2015 te actualiseren. Deze bijlage gaat in op het proces in de totstandkoming van de nieuwe Leidraad.

Doordat deze Leidraad gaat gelden voor een groter gebied, is het van belang dat de verschillende gebiedsbeheerders en andere stakeholders goed met deze Leidraad overweg kunnen. Daarom zijn er diverse partijen betrokken in het totstandkomingsproces. De deelnemers zijn verdeeld in een lees- en projectgroep. De leesgroep deed dienst als klankbordgroep van de Leidraad en gaf de eerste zet tot aanpassingen van de Leidraad. De projectgroep zat dicht op de ontwikkelingen en leverde gedurende het totstandkomingsproces input en feedback. We willen alle deelnemers (weergegeven op de volgende pagina) hartelijk danken voor hun input en bereidwilligheid tot meedenken.

Het proces om te komen tot een geactualiseerde Leidraad is onder te verdelen in drie fases.

Fase 1: Uitzetten enquête onder leesgroep

Als eerste stap is er een enquête onder de deelnemers uitgezet. De enquête had als doel te identificeren wat de huidige ervaringen met het afkoppelen van hemelwater zijn en wat wensen van de beoogde doelgroep zijn.

Uit de enquête bleek het volgende:

- Niet alle situaties waarin eventueel kan worden afgekoppeld, worden (duidelijk) genoemd.
- Opzet van Leidraad kan worden verbeterd.
- Onduidelijk waarom er in sommige situaties wel/niet afgekoppeld mag worden
 - Parkeerplaatsen
- Terminologieën genoemd in Leidraad worden niet door iedereen begrepen.

De uitkomsten uit de enquête zijn in een eerste projectgroepoverleg besproken.

Fase 2: Concept maken

Op basis van de resultaten uit de enquête en de punten uit het eerste projectgroepoverleg zijn er twee conceptversies gemaakt. De projectgroep heeft feedback geleverd op beide conceptversies.

Gedurende dit proces lag er een focus op de implementeerbaarheid van de nieuwe Leidraad voor de verschillende deelnemers. Daarnaast gaven diverse gemeenten aan dat ze behoefte hadden aan kennisverbreding. De Leidraad is op deze twee punten verder aangepast.

Fase 3: Definitief maken Leidraad

- Voorleggen aan leesgroep
- Laatste feedback verwerken
- Definitief overdragen aan provincie Utrecht

Leesgroep

- Drinkwaterbedrijf Oasen
- Drinkwaterbedrijf Vitens
- Gemeente Amersfoort
- Gemeente Baarn
- Gemeente Bunnik

- Gemeente De bilt
- Gemeente Heuvelrug
- Gemeente Stichtse Vecht
- Gemeente Vijfheerenlanden
- Gemeente Woerden
- Gemeente Zeist
- Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
- Omgevingsdienst Regio Utrecht
- Provincie Utrecht
- Regionale Uitvoeringsdienst Utrecht
- Waternet
- Waterschap Vallei en Veluwe
- Waterschap Rivierenland

Projectgroep

- Gemeente Amersfoort
- Gemeente Bunnik
- Gemeente Heuvelrug
- Gemeente Soest
- Provincie Utrecht
- Regionale Uitvoeringsdienst Utrecht
- Vitens
- Waterschap Rivierenland

Bijlage 4 Wettelijk kader

Wettelijk kader op Rijksniveau

Kaderrichtlijn Water (KRW)

De kaderrichtlijn water is een Europese richtlijn. Deze richtlijn richt zich op het watersysteem, bestaande uit zowel oppervlaktewater als grondwater. 'Het water moet chemisch, ecologisch en kwantitatief op orde zijn'. Hiermee wordt bedoeld dat de kwaliteit van het water valt binnen de daarvoor gestelde waarden zoals genoemd in de KRW.

In de KRW worden eisen genoemd voor een goede chemische kwaliteit van grondwater en oppervlaktewater. Er zijn doelen gesteld om ecosystemen in oppervlaktewater of systemen die afhankelijk zijn van grondwater, geen schade te berokkenen. Het grondwater mag geen negatieve invloed hebben op het behalen van deze doelen. De kwaliteit van het grondwater mag niet achteruit gaan.

De gestelde eisen zijn ter bescherming van de kwaliteit en de kwantiteit van (toekomstige) drinkwaterbronnen.

Grondwaterrichtlijnen, artikel 6 g onderdeel KRW

Dit artikel bepaalt dat Europese lidstaten maatregelen moeten nemen om vervuiling van het grondwater te voorkomen of te beperken.

Wet milieubeheer (Wm) artikel 10.29a

Dit artikel beschrijft dat bestuursorganen met de volgende voorkeursvolgorde moeten omgaan met afvalwater. Het heeft de voorkeur dat schoon water in het milieu wordt gebracht ten opzichte van het als afvalwater vervoeren naar een verwerkingsinstallatie. 'Schoon' water in de bodem brengen heeft dus de voorkeur t.o.v. het aansluiten op de riolering. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met de bescherming van het milieu.

Wet Milieubeheer (Wm), artikel 10.32a

Deze wet geeft gemeenten het recht om eisen te stellen aan de manier waarop het hemelwater in de bodem wordt geïnfiltreerd.

Waterwet (Wtw)

De Waterwet regelt het beheer van alle soorten water en de relaties tussen de soorten water. Hier gaat het onder andere over de relatie tussen oppervlakte- en grondwater. In de Waterwet staat ook welke vergunningen moeten worden aangevraagd en wie deze vergunningen kan verlenen

De Waterwet gaat op in de Omgevingswet.

Artikel 3.5 van de Waterwet - Zorgplicht hemelwater

De zorgplicht voor hemelwater beschrijft dat gemeenten afvloeiend hemelwater op een doelmatige manier moeten verwerken. Dit moet verplicht worden opgenomen in het Gemeentelijk RioleringsPlan (GRP).

Omgevingswet

Veel wetten zullen per 1 januari 2024 zijn opgenomen in de Omgevingswet. De Omgevingswet focust op decentraal te werk gaan.

Bedrijfsmatige lozingen

Activiteitenbesluit artikel 3.3 (AB)

Het Activiteitenbesluit gaat in op het 'lozen van hemelwater' van bedrijven en inrichtingen. Hierin wordt genoemd dat het in de basis niet is toegestaan hemelwater afkomstig van bedrijven en inrichtingen te lozen op het vuilwaterriool. Het doel hiervan is partijen te stimuleren maatregelen te nemen om hemelwater zo min mogelijk te vervuilen. Het is echter wel mogelijk hiervan af te wijken in het GRP. Bijvoorbeeld als er een te hoge grondwaterstand is, er geen oppervlaktewater in de buurt is waarop men het hemelwater kan lozen en er geen hemelwaterstelsel aanwezig is.

Dit artikel geldt niet voor het lozen van hemelwater van een bodem beschermende voorziening. Een bodembeschermende voorziening is een voorziening die verplicht moet worden aangelegd bij een aantal beschreven activiteiten.

Wet op de gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Wgb)

Professionele gebruikers mogen volgens de Wet op de gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Wgb) geen gewasbeschermingsmiddelen toepassen buiten de landbouw. Voor toepassing van gewasbeschermingsmiddelen zijn toepassingsvoorschriften gesteld in de Wgb.

<https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/activiteiten/lozen-afvloeiend/afvloeiend/>

Hemelwater lozen in particulier gebied

Ook voor lozingen in particulier gebied gelden de regels over bouwmaterialen en de wet op de gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Wgb). Het lozen van hemelwater van particuliere woningen valt onder het Besluit lozing afvalwater huishoudens (Blah).

De gemeente heeft geen zorgplicht voor de afvoer van hemelwater. Alleen wanneer het niet doelmatig is voor een particulier de eigen afwatering te verzorgen kan de gemeente dit verzorgen. Dit staat vastgelegd in de GRP.

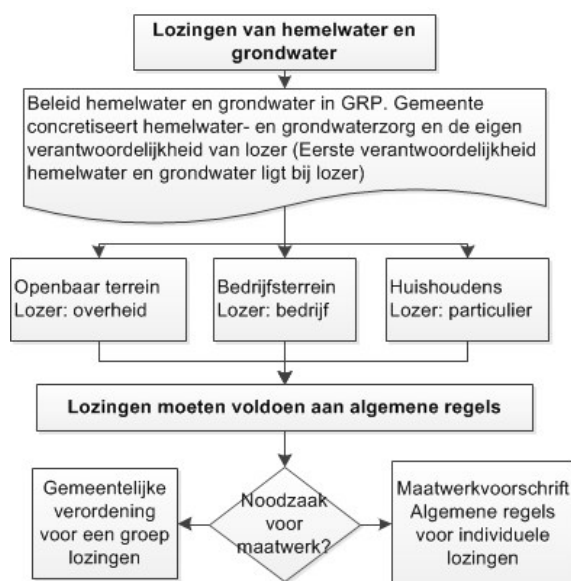
In principe mag een particulier afstromend hemelwater zonder voorwaarden lozen op het oppervlaktewater, in de bodem of op het riool. Voor lozen op het riool geldt voor huishoudens dat dit wel mag, maar dat dit niet de meest geprefereerde lozingsmethode is. Van deze lozingsmethodes mag worden afgeweken als

1. De kwaliteit van het oppervlaktewater in gevaar komt
2. Er regels gelden in een specifiek gebied voor de bescherming van de bodem of een waterzuiveringsinstallatie (RWZI) of
3. Als de doelstellingen van het hemelwaterbeleid anders niet gehaald kunnen worden

Het derde punt geeft gemeentes de mogelijkheid lozingen op het vuilwaterriool af te koppelen. Gemeentes mogen op basis van de zorgplicht maatregelen expliciet maken als maatwerk. Hierdoor kunnen huishoudens bijvoorbeeld verplicht worden gesteld water af te koppelen of om hemelwater schoon te houden. Echter maatwerk is alleen mogelijk voor de bescherming van de bodem en het oppervlaktewater.

De gemeente kan de doelmatige werking van voorzieningen voor het beheer van afvalwater beschermen in een verordening voor hemelwater en grondwater. Dit kan niet via maatwerk via het Blah.

Figuur B4.1 geeft inzicht in de regelgeving rondom lozen van hemelwater en grondwater.



Figuur B4.1 Schematische weergave regelgeving voor hemelwater en grondwater (bron Helpdesk Water)

Wettelijk kader op provinciaal niveau

De basis van (het gebruik van) de Leidraad afkoppelen en infiltreren provincie Utrecht ligt in de Omgevingsverordening provincie Utrecht. De volgende artikelen zijn van toepassing op grondwaterbeschermingsgebieden:

- Artikel 3.33 Verbod diepinfiltratie in Grondwaterbeschermingsgebied
- Het is verboden in een grondwaterbeschermingsgebied afstromend hemelwater via diepinfiltratie in het grondwater te lozen
- Artikel 3.48 Specifieke eis lozen afstromend hemelwater in Grondwaterbeschermingsgebied
 1. Bij het lozen van afstromend hemelwater in een Grondwaterbeschermingsgebied wordt mogelijke verontreiniging van het grondwater zoveel als redelijkerwijs mogelijk is beperkt
 2. Aan het gestelde in het eerste lid wordt in ieder geval voldaan als de Leidraad Afkoppelen en infiltreren afstromend hemelwater Provincie Utrecht wordt gevolgd
- Artikel 3.49 Specifieke eis aanleggen parkeerplaats in Grondwaterbeschermingsgebied
 1. Een ieder die een verharde of onverharde parkeerplaats voor motorrijtuigen in een Grondwaterbeschermingsgebied aanlegt of in stand houdt, treft zoveel als redelijkerwijs mogelijk is maatregelen om verontreiniging van het grondwater te voorkomen.
 2. Aan het eerste lid wordt in ieder geval voldaan als de Leidraad Afkoppelen en infiltreren Provincie Utrecht wordt gevolgd.

Bijlage 5 Definities

Adsorptie

Reactie waarbij een (verontreinigende) component wordt gebonden aan de vaste fase (lees de bodem)

Adsorptiecapaciteit

De capaciteit van de bodem om (verontreinigende) componenten te binden. De minimale adsorptiecapaciteit wordt vastgesteld middels het percentage humus (organische stof) en lutum van de bodem. Zie verder het productblad bodem- en berinfiltratie in [bijlage 8](#).

Afkoppelen

Het ongedaan maken van een situatie waarin hemelwater, dat op verhard oppervlak valt, wordt afgevoerd naar de vuilwaterriolering. De term wordt ook gebruikt voor het geheel niet aansluiten van verhard oppervlak op riolering die afvoert naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Afvoer

De hoeveelheid water die per tijdseenheid uit een gebied stroomt.

Afwatering

De afvoer van water via een stelsel van open waterlopen naar een lozingspunt van het afwateringsgebied.

Diepinfiltratie

Infiltratie van hemelwater in de bodem, op een diepte van 10 meter of meer onder het maaiveld.

Diffuse verontreinigingsbronnen

Verontreinigingen, zonder direct aanwijsbare bronlocaties of veroorzaker(s). De verontreinigingen worden bijvoorbeeld aangevoerd over grotere afstand via de atmosfeer, zijn afkomstig van een groot oppervlak of van verspreide toepassing van materialen. Voorbeelden zijn: zure regen en uitspoeling van meststoffen.

Effluent

Gezuiverd afvalwater dat een zuiveringsinstallatie verlaat.

Gemengd rioolstelsel

Rioolstelsel, waarbij afvalwater inclusief ingezameld hemelwater door 1 leidingstelsel wordt getransporteerd.

Gescheiden rioolstelsel

Rioolstelsel, waarbij afvalwater exclusief hemelwater door een leidingstelsel wordt getransporteerd en hemelwater door een afzonderlijk leidingstelsel rechtstreeks naar oppervlaktewater wordt afgevoerd of in de bodem wordt geïnfiltreerd.

Hemelwaterrioolstelsel

Rioolstelsel alleen bestemd voor de inzameling en het transport van hemelwater.

Infiltratie

Het proces waarbij water in de bodem dringt en in de on- of verzadigde zone van de bodem komt. Dit kan plaatsvinden aan maaiveld, maar ook onder maaiveld bijvoorbeeld via een ondergrondse voorziening.

Infiltratievoorziening

Constructie van waaruit water in de bodem kan infiltreren.

Influent

Ongezuiverd afvalwater dat voor behandeling een zuiveringsinstallatie wordt ingeleid.

Ontwateringsdiepte

De afstand tussen het maaiveld (grondoppervlak) en de hoogste grondwaterstand.

Oppervlakkige infiltratie

Het in de bodem brengen van afstromend hemelwater aan het maaiveld.

Percolatie/wegzijing

Een neerwaartse beweging van water in de onverzadigde zone.

Risicovolle activiteit

Een activiteit waar redelijkerwijs van kan worden vermoed dat die nadelige gevolgen kan hebben voor de bescherming van het grondwater in verband met de winning daarvan voor menselijke consumptie

Uitlogende bouwmaterialen

In hemelwater dat langs bouwmaterialen waarin metalen zijn verwerkt, kunnen metalen oplossen. Voorbeelden van bouwmaterialen met metalen zijn dakgoten, loodslabben, vangrails, waterleidingen en gevels en daken met zink en lood. Er wordt dan ook gesproken over bouwmetalen (metalen die afkomstig zijn van bouwmaterialen). Uit bitumineuze dakbedekking kunnen PAK en minerale olie uitlogen.

Verbeterd gemengd rioolstelsel

Gemengd rioolstelsel met (rand)voorzieningen die de vuiluitworp richting oppervlaktewater beperken ten opzichte van de traditionele gemengde rioolstelsels.

Verbeterd gescheiden rioolstelsel

Gescheiden rioolstelsel met voorzieningen waardoor de neerslag slechts bij wat grotere regenbuien naar oppervlaktewater wordt afgevoerd. Het meest vervuilde deel van de neerslag wordt 'geborgen' in de riolering en naar de zuivering afgevoerd.

Bijlage 6 Kwaliteit van afstromend hemelwater en gedrag van stoffen

In deze bijlage wordt uitgebreid ingegaan op de **kwaliteit** (samenstelling) van afstromend hemelwater. Om een eerste indruk te krijgen van het concentratieniveau, worden deze vergeleken met de eisen uit het Infiltratiebesluit bodembescherming. In het tweede deel van deze bijlage wordt ingegaan op het gedrag van stoffen.

Kwaliteit van afstromend hemelwater

Voor wat betreft de kwaliteit van afstromend hemelwater van verharde oppervlakken is gebruik gemaakt van de STOWA-database (in deze database is onder meer de door TAUW opgedane uitgebreide ervaring met onderzoek naar de kwaliteit van afstromend hemelwater opgeslagen). Wat betreft emissies van bouwmetalen is ook gebruik gemaakt van onderzoeken die zijn uitgevoerd door het voormalige RIZA en RIVM⁹.

De database bevat waterkwaliteitsmetingen uitgevoerd in de periode 1986 tot en met 2020 van ruim 191 locaties in Nederland. De database geeft daarmee een beeld van de te verwachten concentraties in een hemelwaterstelsel waarop afstromend hemelwater van daken, wegen en andere verharde oppervlakken is aangesloten.

De metingen zijn uitgevoerd op een breed scala aan locaties. In de database hebben stoffen die gemeten zijn in een concentratie lager dan de rapportagegrens een waarde gekregen van 0,75 keer de rapportagegrens.

In de database wordt per monster de herkomst weergegeven, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen woongebieden, bedrijventerreinen, provinciale en rijkswegen. Soms worden nog nadere specificaties gegeven wat betreft type bedrijf, type wegdek, water dat afkomstig is van daken, wegen of gemengd hemelwater uit een gebied, et cetera. Verreweg de meeste metingen uit woongebieden hebben betrekking op gemengd water. Parkeerterreinen worden niet apart onderscheiden.

Ook is soms onderscheid gemaakt tussen ruwe (totaal) en opgeloste (na filtratie) concentraties. Navolgend wordt eerst een overzicht gegeven van alle waarnemingen, vervolgens wordt gedifferentieerd naar gebied. De concentraties worden steeds vergeleken met de eisen uit het Infiltratiebesluit bodembescherming. Dit zijn eisen voor **opgeloste** concentraties. De gegevens uit de STOWA-database zijn meestal ruwe waarden. De toetsing is in dit kader daarom niet helemaal juist, de opgeloste concentraties zijn meestal lager dan de ruwe waarden. De toetsing is dus te streng.

In tabel B6.1 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde kwaliteit per gebiedstype: woongebieden, stadcentrum, bedrijven en verkeerswegen (provinciale en rijkswegen). Deze tabel laat zien dat hemelwater van bedrijventerreinen vrijwel steeds de hoogste waarden laat zien en een aantal parameters de eisen van het Infiltratiebesluit in sterke mate overschrijdt (bijvoorbeeld cadmium, chroom, lood, zink en minerale olie). De concentraties in het water van de hoofdwegen

⁹ RIVM, A.J. Verschoor e.a. (2008): Afspoeling van bouwmetalen. Risicobeoordeling van emissies van koper, lood en zink. Rapport 711701078, RIVM, Bilthoven

scores vaak de tweede plaats, en woongebieden de derde plaats en die uit stadscentra zijn het laagst. Uitzonderingen op deze volgorde zijn:

- Lood: in woonwijken hoger dan in water van verkeerswegen
- PAK zijn het hoogst in water van verkeerswegen, woonwijken staan op de tweede plaats en dan stadscentra en bedrijventerreinen
- Chloride is het hoogst in water van verkeerswegen. Dit zal samenhangen met het gebruik van strooizout. Het tijdstip van monsterneming speelt hierbij een rol
- CZV en totaal-fosfaat zijn iets hoger in het water van verkeerswegen in vergelijking met bedrijventerreinen. Van de categorie hoofdwegen zijn echter weinig waarnemingen
- Sulfaat is het hoogst in water uit woongebieden. De concentratie ligt echter nog ver beneden de eis

Uit deze gegevens wordt geconcludeerd dat infiltratie van water uit woongebieden, stadscentra en van verkeerswegen in beginsel mogelijk is, zeker als er rekening mee wordt gehouden dat een belangrijk deel van de verontreinigingen is gebonden aan deeltjes, die relatief eenvoudig verwijderd kunnen worden (door filtratie in de bodem zelf of door behandeling van het water). Voor water van bedrijventerreinen is maatwerk nodig. De verontreiniging zal sterk variëren, naar gelang de bedrijfsactiviteiten.

Stof	Woongebied	Stads-centrum	Bedrijf	Verkeersweg	Infiltratie-besluit (2009)
Arseen	8,8 (248)	3,6 (128)	5,4 (76)	(0)	10
Cadmium	0,24 (318)	0,34 (128)	1,4 ¹⁰ (88)	0,68 ¹⁰ (87)	0,4
Chroom	5,2 ¹⁰ (277)	4,1 ¹⁰ (128)	12 ¹⁰ (87)	8,1 ¹⁰ (137)	2
Koper	21 ¹⁰ (625)	10 (127)	19 ¹⁰ (85)	32 ¹⁰ (142)	15
Lood	101 ¹⁰ (786)	7,2 (128)	72 ¹⁰ (96)	15 (143)	15
Nikkel	6,2 (319)	4,7 (128)	12 (87)	4,0 (137)	15
Zink	128 ¹⁰ (784)	87 ¹⁰ (128)	608 ¹⁰ (100)	130 ¹⁰ (143)	65
Naftaleen	0,08 (325)	0,03 (124)	0,02 (78)	0,1 (41)	0,1
PAK (10) - totaal	0,48 (212)	0,15 (124)	0,13 (6)	0,92 (74)	
Minerale olie	121 (302)	87 (128)	1.900 ¹⁰ (92)	471 ¹⁰ (77)	200
pH (-)	6,8 (250)	(0)	7,6 (106)	6,8 (110)	-
Chloride (mg/l)	24 (315)	103 (128)	30 (14)	351 ¹⁰ (134)	200

10 Overschrijding norm Infiltratiebesluit

Stof	Woongebied	Stads-centrum	Bedrijf	Verkeersweg	Infiltratie-besluit (2009)
Sulfaat (mg/l)	73 (37)	(0)	9,4 (14)	6,3 (16)	150
CZV (mg O ₂ /l)	36 (469)	30 (126)	67 (135)	103 (6)	
BZV (mg O ₂ /l)	5,7 (164)	(0)	8,8 (121)	4,0 (6)	
Fosfaat totaal (mg P/l)	0,29 (414)	0,24 (128)	0,52 ¹⁰ (78)	2,2 ¹⁰ (9)	0,4
Stikstof Kjeldahl (mg/l N)	2,1 (466)	1,7 (127)	9,8 (137)	2,7 (6)	
Nitraat (mg/l N)	1,3 (200)	0,81 (127)	0,66 (64)	3,0 (15)	5,6
IJzer (ICP) (mg/l)	2,5 (135)	1,3 (128)	8,2 (106)	(0)	
Ammonium (mg N/l)	0,79 (334)	0,51 (126)	2,6 ¹⁰ (90)	(0)	2,5
Aluminium	(0)	(0)	1500 (76)	(0)	
Onopgeloste bestanddelen (mg/l)	41 (795)	17 (128)	50 (139)	68 (85)	

Tabel B6.1 Kwaliteit afstromend hemelwater (STOWA-database) per gebiedstype (in µg/l, tenzij anders vermeld). Getallen tussen haakjes zijn het aantal waarnemingen (N). Analyses zijn in hoofdzaak totaal-concentraties, eisen Infiltratiebesluit zijn gebaseerd op opgeloste concentraties.

In tabel B6.2 worden oudere (voor 2007) en recentere (na 2007) gegevens van afstormend hemelwater van dagen en wegen in woongebieden met elkaar vergeleken. Veelal zijn per parameter minimaal 100 waarnemingen beschikbaar. In grote lijnen geldt dat de concentraties van verontreinigingen in de loop van de tijd zijn gedaald of gelijk zijn gebleven. Een afname van de verontreinigingsgraad ligt in de lijn der verwachting omdat brandstoffen en auto's schoner zijn geworden (er wordt geen lood meer toegevoegd aan benzine, auto's zijn uitgerust met roetfilters en katalysatoren) en er geen teerhoudende producten meer toegepast worden in dakbedekking en wegen. Verder is de kwaliteit van zink verbeterd en is er een verbod gekomen op chemische onkruidbestrijding in de openbare ruimte (verhardingen vanaf 2016). Bij deze veranderingen zal meestal geen sprake zijn van een scherpe overgang, maar van een geleidelijke afname, omdat het tijd kost voordat alle producten zijn vervangen en verontreiniging die al verspreid is, langzaam zal verdwijnen (na-ijl effect).

Stof	Gemiddelde < 2007	Gemiddelde sinds 2007	Significant verschil?	Infiltratie- besluit (2009)
Cadmium	0,23 (134)	0,22 (100)	ja	0,4
Koper	22 ¹¹ (178)	18 ¹¹ (357)	nee	15
Kwik	0,021 (106)	0,074 (71)	nee	0,05
Lood	30 ¹¹ (178)	16 ¹¹ (345)	ja	15
Nikkel	4,7 (134)	2,6 (100)	nee	15
Zink	183 ¹¹ (179)	125 ¹¹ (357)	ja	65
Antraceen	0,011 (137)	0,0077 (114)	ja	0,02
Benzo(a)pyreen	0,081 (137)	0,018 (113)	ja	-
Minerale olie	118 (139)	107 (82)	nee	200
CZV (mg O ₂ /l)	51 (107)	32 (317)	ja	-
P-totaal (mg P/l)	0,34 (124)	0,28 (285)	ja	-
Stikstof Kjeldahl (mg/l N)	2,6 (123)	2,0 (299)	ja	-
Nitraat (mg/l N)	1,5 (103)	1,6 (54)	ja	5,6
TSS (totaal onopgeloste bestanddelen, mg/l)	39 (215)	39 (528)	nee	-

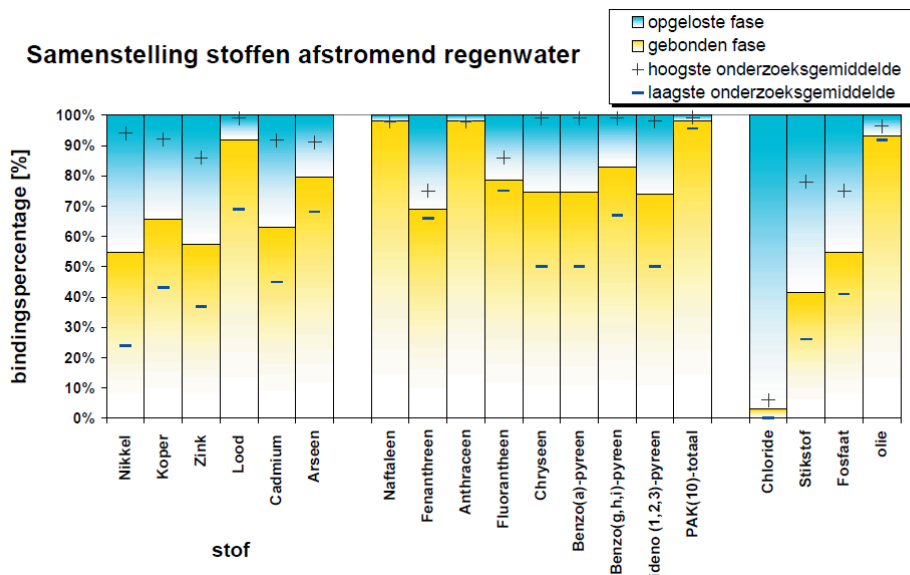
Tabel B6.2 Kwaliteit afstromend hemelwater (STOWA-database) per tijdsperiode van wegen en daken in woongebieden (in µg/l, tenzij anders vermeld). Getallen tussen haakjes zijn het aantal waarnemingen (N). Analyses zijn in hoofdzaak totaal-concentraties, eisen Infiltratiebesluit zijn gebaseerd op opgeloste concentraties.

Verdeling over gebonden en opgeloste stoffen.

Een groot deel van de verontreinigingen is gebonden aan deeltjes, zie figuur B6.1. De opgeloste concentraties zijn veelal meer dan 50 % lager dan de totaal-concentraties, voor lood, minerale olie en sommige PAK is dit zelfs 90 % of meer. Deze verdeling is van belang omdat deeltjes-gebonden verontreinigingen eenvoudiger zijn te verwijderen dan opgeloste verontreinigingen. Verder zijn in beginsel alleen opgeloste verontreinigingen biobeschikbaar (opneembaar). Deze vertegenwoordigen de actuele risico's. Het is echter mogelijk dat een deel van de gebonden verontreinigingen door processen als afbraak van organische stof of desorptie, op termijn alsnog vrijkomt.

¹¹ Overschrijding norm Infiltratiebesluit

Overigens kan de verdeling tussen opgeloste en gebonden verontreinigingen wel variëren. Water van daken bevat relatief weinig deeltjes en daarom zullen metalen die via corrosie van bouwmetalen (lood, zink en soms ook koper) zijn vrijgekomen, vooral in oplossing aanwezig zijn. Als het dakwater rechtstreeks wordt geloosd, is dit van belang. Als het dakwater mengt met water van wegen, dan zullen de opgeloste metalen alsnog voor een groot deel binden aan deeltjes die afkomstig zijn van het wegooppervlak en dergelijke.



Figuur B6.1 Relatief aandeel van opgeloste stoffen in afstromend hemelwater. Bron: Stowa rapport 2007/21

Samenvatting en discussie

Afstromend hemelwater is gemiddeld gezien niet sterk verontreinigd. De concentraties van diverse metalen (zoals chroom, lood, zink), PAK en minerale olie liggen wel boven de eisen van het Infiltratiebesluit bodembescherming, maar als rekening wordt gehouden met het feit dat een groot deel van de verontreinigingen aan deeltjes is gebonden, dan verdwijnen de overschrijdingen of blijven ze beperkt. De spreiding in concentraties is echter groot. Na uitsplitsing naar gebiedstype blijkt dat hemelwater van bedrijventerreinen vrijwel steeds de hoogste waarden laat zien en dat een aantal parameters de eisen van het Infiltratiebesluit in sterke mate overschrijdt (bijvoorbeeld cadmium, chroom, zink en minerale olie liggen globaal een factor 10 boven de eis). De concentraties in het water van verkeerswegen scoren vaak de tweede plaats (cadmium, chroom, koper, zink en minerale olie liggen globaal een factor 2 boven de eis), die uit woongebieden en stadscentra zijn veelal het laagst. Opvallende punten zijn:

- Lood: in woonwijken hoger dan in water van verkeerswegen, waarschijnlijk door de toepassing van lood op daken, eventueel ook loodhoudende verf. Overigens wijzen metingen na 2014 op veel lagere loodconcentraties
- PAK zijn het hoogst in water van verkeerswegen, woonwijken staan op de tweede plaats en dan stadscentra en bedrijventerreinen. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn de emissies van dieselauto's (roet) en slijtage van banden op verkeerswegen (NB dit betreffen vaak wat oudere metingen) en de emissies van teerhoudende producten (soms in asfalt, dakbedekking)
- Chloride is het hoogst in water van verkeerswegen. Dit zal samenhangen met het gebruik van strooizout. Het tijdstip van monsterneming speelt hierbij een rol

In geval van overschrijdingen liggen de concentraties in het water uit woongebieden en van verkeerswegen meestal een factor 1,5 - 2,5 boven de normen van het Infiltratiebesluit. Hogere overschrijdingen gelden voor lood uit woonwijken (factor 7, echter in de gegevens uit 2014 - 2015 *geen* overschrijding) en chroom in water van snelwegen (factor 4). Dit betreft wel totaal-concentraties, terwijl de normen betrekking hebben op opgeloste concentraties.

Uit deze gegevens wordt geconcludeerd dat infiltratie van water uit woongebieden en van verkeerswegen in beginsel mogelijk is, zeker als er rekening mee wordt gehouden dat een belangrijk deel van de verontreinigingen is gebonden aan deeltjes, die relatief eenvoudig verwijderd kunnen worden. Voor water van bedrijventerreinen is maatwerk nodig. De verontreiniging zal sterk variëren, naar gelang de bedrijfsactiviteiten.

Uit een vergelijking van oudere en recentere gegevens van woongebieden blijkt dat de concentraties van verontreinigingen zijn gedaald of gelijk zijn gebleven. Een afname van de verontreinigingsgraad ligt in de lijn der verwachting omdat brandstoffen en auto's schoner zijn geworden en er geen teerhoudende producten meer toegepast worden in dakbedekking en wegen. Ook is er een verbod gekomen op chemische onkruidbestrijding in de openbare ruimte. De verwachting is dat deze trend zich voortzet. Nieuwe auto's moeten aan steeds strengere emissie-eisen voldoen en op langere termijn komen er steeds meer elektrische auto's. Teerhoudende producten zullen steeds meer verdwijnen, aangezien ze bij renovaties worden vervangen.

Verontreinigingen in afstromend hemelwater zijn meestal voor een groot deel aan deeltjes gebonden. Dit is van belang voor de beoordeling van zuiveringstechnieken. In situaties dat water van daken rechtstreeks wordt geloosd, kan een groot deel van de bouwmetalen (lood, zink en eventueel koper) wel in opgeloste vorm aanwezig zijn. In het geval van water van bedrijventerreinen kan de verdeling over opgeloste en deeltjes gebonden verontreinigen in theorie sterk variëren, afhankelijk van de bedrijfsactiviteiten.

In hemelwater worden standaard een aantal 'klassieke' verontreinigingen gemeten, zoals zware metalen, PAK en minerale olie. Er kunnen ook nog andere verontreinigingen aanwezig zijn.

Zo is er de laatste jaren een groeiende aandacht voor 'microplastics', hetgeen in het geval van wegen vooral bandenslijpsel is (kunst- of natuurrubber). Daarnaast kunnen ook relatief goed oplosbare organische stoffen aanwezig zijn (aromaten, ethers (zoals MTBE) en oplosmiddelen) en pesticiden, zoals onkruidbestrijdingsmiddelen. Deze stoffen worden veel minder frequent gemeten, maar uit een rapport¹² van RoyalHaskoningDHV blijkt dat de concentraties van deze stoffen relatief laag zijn.

Er is daarom geen sprake van duidelijk aanwijsbare risico's van dit type stoffen.

Gedrag van stoffen

De stoffen die in afstromend hemelwater aanwezig zijn kunnen worden verdeeld in een aantal groepen met een overeenkomstig gedrag:

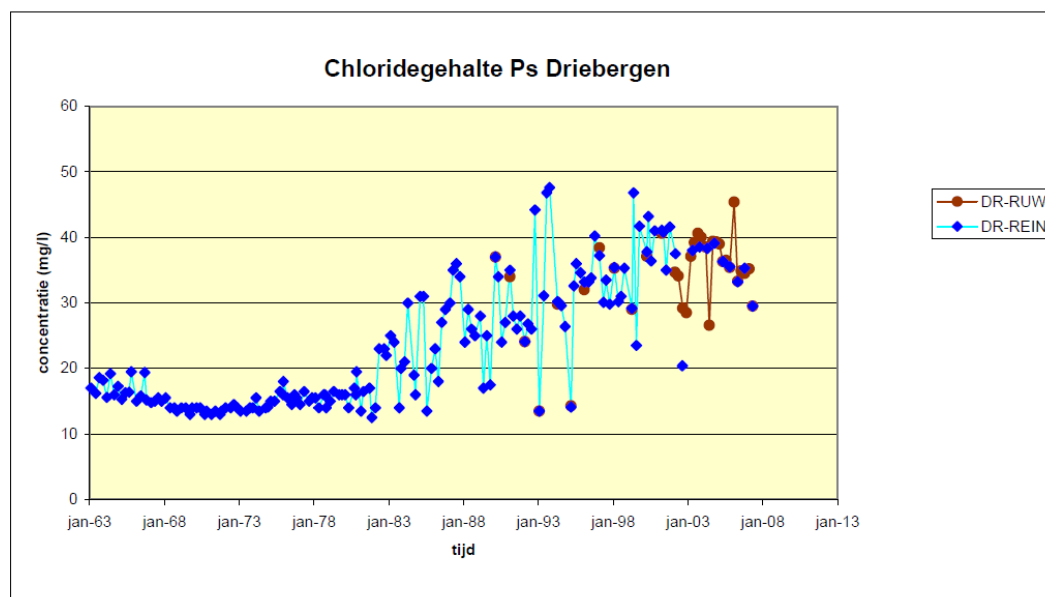
1. Deeltjes, inclusief bacteriën: deze worden effectief gefiltreerd, vaak al in de bovenste centimeters van de bodem. Als verontreinigingen zwak aan deeltjes zijn gebonden, is er in theorie een risico op desorptie.
2. Zouten: dit zijn stoffen zoals sulfaat en chloride. Chloride overschrijdt diverse normwaarden als er zout wordt gestrooid voor gladheidsbestrijding¹³. Zouten binden niet of nauwelijks aan de

12 RoyalHaskoningDHV (2017); Literatuuronderzoek waterkwaliteit afstromend regenwater bebouwd gebied. Rapport WATBE9947R001F01WM

13 GeoFox-Lexmond (2009): Milieubelasting door strooizout bij hemelwater-infiltratievoorzieningen. BIO Chloride fase II. Rapport 20081087/MMAN, Geofox-Lexmond, Oldenzaal

bodem en kunnen daarom in het drinkwater terecht komen.

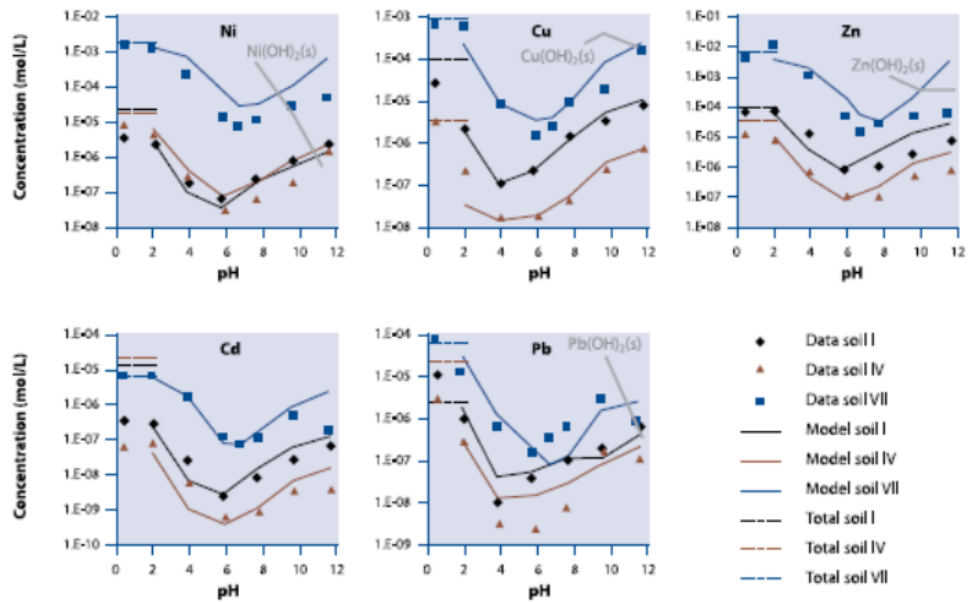
Uit een onderzoek van Vitens blijkt dat het chloridegehalte in de winning Driebergen, waar de A12 doorheen loopt, in ongeveer 60 jaar is gestegen van 15 naar 40 mg/l, zie figuur B6.2. In de laatste jaren treedt geen verdere toename op, de concentratie daalt eerder. Een waarde van 40 mg/l ligt nog steeds ruimschoots onder de norm. Het oppervlak van de A12 vertegenwoordigt 4,4 % van het intrekgebied. Hieruit kan worden afgeleid dat het strooien van zout geen reëel probleem oplevert voor de drinkwaterkwaliteit bij een straat-oppervlak van globaal 5 % in het intrekgebied. Alleen als het straat-oppervlak beduidend groter zou zijn, is het aan te bevelen om nader te kijken naar risico's van chloride.



Figuur B6.2 Verloop chlorideconcentratie in drinkwaterwinning Vitens Driebergen

3. Zware metalen: de meeste zware metalen (lood, nikkel, zink, cadmium, koper en cetera) vormen positief geladen ionen (kationen) als ze oplossen in water. Voor deze metalen is de mobiliteit maximaal in het zure pH-gebied, hoewel de mobiliteit van amfotere metalen (bijvoorbeeld lood, zink) ook toeneemt in het basische pH-gebied. Daarnaast kan in dat gebied de oplosbaarheid ook stijgen door een toenemende complexatie met DOC (Dissolved Organic Carbon, vaak fulvo- en humuszuren). De minimale oplosbaarheid ligt in de range van pH 6 – 8, de natuurlijke pH-waarden van grond, zie figuur B6.3. Metalen en metalloïden in anionvorm (zoals chromaat, arsenaat) zijn juist maximaal mobiel bij basische pH-waarden en minimaal bij zure pH. Deze elementen spelen echter geen rol van betekenis in afstromend hemelwater van woonwijken. Relevante metalen kunnen daarom onder natuurlijke condities in sterke mate worden vastgelegd aan de bodem. Wel varieert de adsorptie-capaciteit met de samenstelling van de bodem.
4. Organische verontreinigingen: de meest relevante verontreinigingen (PAK en minerale olie) zijn hydrofoob en dit beperkt de oplosbaarheid in sterke mate. De verontreinigingen adsorberen aan organische stof, waarbij de binding veelal sterk is. Elke bodem bevat organische stof, maar het gehalte kan wel aanzienlijk variëren. Verder kan afbraak de verspreiding van organische stoffen beperken. Vooral de meer hydrofiele, laagmoleculaire stoffen zijn vaak goed afbreekbaar.

Dergelijke stoffen kunnen (deels) een natuurlijke oorsprong hebben, zoals plantenresten en uitwerpselen van honden, en zijn onderdeel van het CZV of BZV



Figuur B6.3 Verloop uitloging metalen uit grond als functie van de pH. Meetwaarden van pH-gestuurde roerproeven (punten) en modelberekeningen (lijnen). Onderzoek J. Dijkstra, ECN. Overgenomen uit Steketee, J.J. (2007): Zware metalen. SKB Cahier. NB: Y-as heeft een logaritmische schaal

Bijlage 7 Bronmaatregelen

Verontreiniging van hemelwater kan effectief worden beperkt of voorkomen door maatregelen aan de bron te implementeren. Hieronder volgt een opsomming van denkbare bronmaatregelen:

- Denk na over gebruik en toepassing van gladheidsbestrijdingsmiddelen. Wanneer er strooizout wordt gebruikt om gladheid te bestrijden, is het wenselijk om hier spaarzaam mee om te gaan en niet meer te gebruiken dan nodig is.
Dit kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd door 'nat' te strooien waardoor er tot 50 % minder zout nodig is
- Voorkom foutieve aansluitingen op het hemelwatersysteem
- Beperk de hoeveelheid verharding of maak gebruik van half verharding. Hierdoor kan het hemelwater sneller in de bodem infiltreren en komt initieel schoon hemelwater minder in contact met verontreinigde oppervlakken
- Vermijd gebruik uitloogbare (bouw)materialen. De uitloogbaarheid van bouwmaterialen met een CE-markering is beoordeeld en goedgekeurd. Hierdoor is het wenselijk extra alert te zijn op het gebruik van bouwproducten met een CE-markering. Tijdens grootschalige renovaties kan men uitloogende materialen vervangen door niet-uitloogende materialen
- Verminder het gebruik van chemische onkruid- of ongediertebestrijdingsmiddelen. Sinds 2016 mag er niet meer gebruik gemaakt worden van chemische onkruidbeschermingsmiddelen om verharde oppervlaktes onkruidvrij te maken. Dit mag alleen wanneer er invasieve soorten worden bestreden

Een bronmaatregel die hierboven niet is genoemd is communicatie met gebruikers en bewoners van het gebied over het belang van een goede grondwaterkwaliteit. Communicatie kan het bewustzijn vergroten en ervoor zorgen dat gebruikers en bewoners hun activiteiten verminderen die een negatieve invloed hebben op de kwaliteit van afstromend hemelwater. Voorbeelden van dergelijke activiteiten zijn het wassen van de auto's, het achterlaten van hondenpoep of het tegengaan van onkruid of ongedierte met bestrijdingsmiddelen.

Bijlage 8 Productbladen technieken voor behandeling afstromend hemelwater

Inhoud

1	Inleiding	61
2	Bodem- en berminfiltratie (bodempassage)	64
2.1	Werking en ervaring	64
2.2	Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen	64
2.3	Capaciteit van het systeem (levensduur) en rendementen	65
2.4	Ontwerp van de voorziening	66
2.5	Kosten	67
2.6	Monitoring, inspectie en onderhoud	67
3	Olie-absorberende geotextielen	67
3.1	Werking en ervaring	67
3.2	Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen	67
3.3	Capaciteit van het systeem en rendement	68
3.4	Ontwerp van de voorziening	68
3.5	Kosten	68
3.6	Monitoring, inspectie en onderhoud	68
4	Adsorberende (funderings)lagen	69
4.1	Werking en ervaring	69
4.2	Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen	69
4.3	Capaciteit van het systeem (levensduur) en rendement	69
4.4	Ontwerp van de voorziening	70
4.5	Kosten	70
4.6	Onderhoud, inspectie en monitoring	70
5	Reinigende wegberm	70
5.1	Werking	70
5.2	Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen	71
5.3	Capaciteit van het systeem (levensduur) en rendementen	72
5.4	Ontwerp van de voorziening	72
5.5	Kosten	73
5.6	Onderhoud, inspectie en monitoring	73

6	Wadi's en vergelijkbare constructies	73
6.1	Werking en ervaring	73
6.2	Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen	75
6.3	Capaciteit van het systeem (levensduur en hydraulische capaciteit) en rendementen	75
6.4	Ontwerp van de voorziening	76
6.5	Kosten	77
6.6	Onderhoud, inspectie en monitoring	77
7	Helofytenfilters	77
7.1	Werking en ervaring	77
7.2	Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen	78
7.3	Capaciteit van het systeem en rendementen	78
7.4	Ontwerp van de voorziening	79
7.5	Kosten	79
7.6	Inspectie, onderhoud en monitoring	79
8	Ondergrondse infiltratievoorzieningen	80
8.1	Werking en risico's	80
8.2	Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen	80
8.3	Systemen, hydraulische capaciteit	81
8.3.1	Infiltratie-units (kratten, bollen)	81
8.3.2	Infiltratieputten en -koffers	81
8.3.3	Infiltratieriolen	81
8.4	Verwijderingsrendementen	82
8.5	Kosten	82
8.6	Monitoring, inspectie en onderhoud	82
9	Beoordeling van een nieuw product	82
9.1	Inleiding	82
9.2	Werkwijze	83
10	Conclusies	84

1 Inleiding

In deze bijlage worden verschillende technieken voor de behandeling van afstromend hemelwater behandeld in de vorm van productbladen. Dit betreft:

1. Bodem-/berminfiltratie
2. Olie-absorberende geotextielen
3. Adsorberende (funderings)lagen en dergelijke
4. Reinigende wegberm
5. Wadi's en infiltratie-bassins
6. Helofytenfilters
7. Ondergrondse infiltratievoorzieningen

In de productbladen is de volgende informatie opgenomen:

- Werking en ervaring: algemene beschrijving van de techniek, mechanisme van de werking, beknopte beschrijving van de praktijkervaring (toepassing van het systeem)
- Toepasbaarheid: welke verontreinigingen worden verwijderd, voor welke categorieën is deze techniek geschikt
- Capaciteit, met name levensduur tot vervanging, en verwijderingsrendementen
- Ontwerp: essentiële parameters voor het functioneren van de techniek (de zuiverende werking)
- Kosten: dit is een indicatie van de directe uitvoeringskosten, zonder opslagen voor bijvoorbeeld engineering, winst en risico, en exclusief BTW. De kosten hebben alleen betrekking op de voorziening zelf, de kosten van aanvoerleidingen of regenwaterriolen zijn niet meegenomen
- Onderhoud, inspectie en aanwijzingen voor de monitoring. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de werkwijze bij monitoring wordt verwezen naar hoofdstuk 6 van het rapport

Verder is ook een productblad gemaakt voor de beoordeling van een nieuwe techniek, zie hiervoor hoofdstuk 9 van deze bijlage.

Indeling in categorieën

Reinigende voorzieningen zijn bedoeld voor de behandeling van categorie 2 en 3 met beperkte en significante emissies. Onder toepasbaarheid wordt per techniek aangegeven voor welke categorie(ën) een techniek bruikbaar is. Voor categorie 1 emissies is geen behandeling nodig, maar er zijn wel enkele randvoorwaarden. Deze worden vermeld bij bodem-/berminfiltratie. Als vermeld wordt dat een techniek voor bijvoorbeeld categorie 2 toepasbaar is, dan is deze ook bruikbaar voor lichtere categorieën. Omdat zuivering van sterker vervuild water meer kosten met zich meebrengt, is het in het algemeen niet kostenefficiënt om een techniek die geschikt is voor een zwaardere categorie in te zetten voor een lichtere categorie.

Categorie 2 en 3 emissies verschillen in niveau:

- Categorie 2 emissies liggen voor een aantal stoffen gemiddeld op een niveau tot 2x de concentraties van het Infiltratiebesluit
- Categorie 3 emissies liggen voor een aantal stoffen gemiddeld op een niveau van 2 - 5x de concentraties van het Infiltratiebesluit

Rendement van de behandeling

Het afstromende hemelwater moet na behandeling voldoen aan de concentraties van het Infiltratiebesluit. Dit betekent dat voor categorie 2 emissies een rendement van 50 % voldoende is om

te voldoen aan de eisen van het Infiltratiebesluit. Men moet zich realiseren dat maar enkele stoffen op dit niveau aanwezig zijn, met name chroom, zink en soms enkele PAK.

Voor categorie 3 emissies is een rendement van maximaal 80 % noodzakelijk om aan de eisen van het Infiltratiebesluit te voldoen. Kritische stoffen zijn een aantal metalen (cadmium, chroom, koper, lood en zink), PAK, minerale olie en mogelijk ook fosfaat. In veel gevallen is een rendement van rond de 60 % voldoende om aan de eis te voldoen.

Uitgangspunten

Basis uitgangspunten voor de beoordeling van technieken zijn dat voor de belasting wordt uitgegaan van gemiddelde concentraties uit de Stowa database voor woonwijken en, indien relevant, voor provinciale en rijkswegen of bedrijven (deze laatste concentraties variëren echter dermate sterk dat vaak een beoordeling per bedrijf nodig zal zijn). Voor de hydraulische belasting is veelal uitgegaan van de verwerking van een bui van 20 mm (voor systemen met een lange verblijftijd is dit opgevat als 20 mm/dag). Er zijn incidenteel buien met een grotere omvang, maar dan neemt de vervuiling af. Bij piekbuien >20 mm is overstort of bypass van water acceptabel vanuit het oogpunt van zuivering, met andere woorden, dan moet alleen de eerste 20 mm in de voorziening worden behandeld. In de praktijk wordt vaak met een geringere berging gerekend dan 20 mm met het idee dat de meeste vervuiling in de 'first flush' zit. De gemiddelde vervuilingsgraad die is gebruikt voor de indeling in categorieën heeft echter geen betrekking op de first flush. De meetwaarden uit de Stowa database hebben betrekking op allerlei verschillende situaties. Als alleen de first flush wordt behandeld en de rest van het water onbehandeld wordt geloosd, is het overall rendement mogelijk onvoldoende. Daarom wordt uitgegaan van 20 mm. In situaties dat er geen ruimte is voor de bijbehorende omvang van de voorzieningen, kan voor categorie 2 water uitgegaan worden van 10 mm berging.

Voorbeeldberekening belasting

Onderstaand wordt een voorbeeld gegeven van hoe een belasting kan worden berekend of een eis worden geverifieerd. Hierbij wordt uitgegaan van hemelwater uit woongebieden en zink als voorbeeldcomponent. Er wordt verondersteld dat:

- Er komt 700 mm regenwater/j tot afstroming ($0,7 \text{ m}^3/\text{m}^2$ verhard oppervlak)
- Dit water bevat $88 \text{ } \mu\text{g/l}$ aan zink = 88 mg/m^3
- Het rendement van een adsorbens tot verzadiging is gemiddeld 50%, dat wil zeggen dat tot het vervangingstijdstip gemiddeld 44 mg/m^3 zink wordt verwijderd (hiermee wordt voldaan aan de eis van het Infiltratiebesluit)
- Op de zuiverende voorziening wordt 10 m^2 verhard oppervlak/ m^2 aangesloten
- In de zuiverende voorziening bevindt zich een adsorberende laag met een dikte van 30 cm en een droge dichtheid van 1.500 kg/m^3 (dat wil zeggen, $450 \text{ kg materiaal/m}^2$)
- De gewenste levensduur tot vervanging is 30 jaar
- De belasting is dan: $30 \text{ (jaar)} * 0,7 \text{ (m}^3 \text{ regenwater/m}^2 \text{ verhard oppervlak, jaar)} * 10 \text{ (m}^2 \text{ verhard oppervlak/m}^2 \text{ voorziening)} * 44 \text{ (mg verwijderd Zn/m}^3 \text{ regenwater)} = 9.240 \text{ mg Zn}$
- De belasting per kg adsorbens is $9.240/450 = 20,5 \text{ Zn/kg adsorbens}$

Met dit getal kan het ontwerp gecontroleerd worden, mits een leverancier specificeert hoeveel zink zijn product kan adsorberen, onder de condities van hemelwater. Het moet dus duidelijk zijn hoeveel zink het product kan adsorberen bij een evenwichtsconcentratie van maximaal $65 \text{ } \mu\text{g/l}$ (= eis Infiltratiebesluit). Stel dat de leverancier heeft aangetoond dat dit 100 mg/kg ds is.

Dit betekent dat het adsorbens veel langer mee kan (bijna 150 jaar, mits dit ook geldt voor de andere relevante stoffen) of dat een dunnere laag kan worden toegepast of dat meer verhard oppervlak kan worden aangesloten (mits dit ook hydraulisch, qua infiltratiesnelheid en/of qua gewenste verblijftijd, mogelijk is).

Stappenplan beoordeling

De beoordeling van het ontwerp van een voorziening kan als volgt stapsgewijs plaatsvinden:

1. Ga aan de hand van het beslisschema uit hoofdstuk 3 van het rapport na of de categorie-indeling van het water klopt en of de gekozen techniek in overeenstemming is met de vervuilingsgraad van het water
2. Controleer of de hydraulische capaciteit van de voorziening voldoende is. In principe moet deze een bui van 20 mm (op te vatten als 20 mm/dag) kunnen verwerken, voor categorie 1 emissies kan 10 mm worden aangehouden als er onvoldoende ruimte beschikbaar is. Per techniek gelden soms nog aanvullende eisen. Als er sprake is van infiltratie via een specifieke voorziening (dat wil zeggen geen bodem- of berinfiltratie), dan moet duidelijk zijn hoeveel verhard oppervlak wordt aangesloten. In de productbladen staan richtlijnen voor het aantal m² verhard oppervlak dat per m² voorziening kan worden aangesloten
3. Voor de zuiverende werking gelden aanvullende eisen die per techniek zijn geformuleerd, zoals eisen aan de bodemsamenstelling. Nagegaan moet worden of hieraan wordt voldaan
4. Onder de technieken olie-absorberend geotextiel en adsorberende lagen kunnen diverse producten vallen, waarvan de werking mogelijk niet altijd voldoende bewezen is. Daarom moet voor deze producten altijd om een onderbouwing van de werking worden gevraagd aan de leverancier. De leverancier moet ook een verwachte levensduur opgeven
5. Soms gelden aanvullende eisen of randvoorwaarden, bijvoorbeeld ondergrondse infiltratie mag niet dieper dan 3 m -mv plaatsvinden en niet direct in het grondwater. Zie hiervoor de productbladen
6. Het is mogelijk dat bepaalde technieken ook voldoende werken bij andere condities dan vermeld in de productbladen. Hiervoor moet de leverancier of ontwerper wel een goede onderbouwing leveren

NB De beoordeling van het ontwerp heeft, evenals de beschrijving in de productbladen, betrekking op de *zuiverende werking* van de techniek. Gebruikelijke / gangbare eisen die aan een techniek worden gesteld, worden niet besproken. Dit betekent onder meer dat:

- Het standaard ontwerp van een infiltrerende voorziening, waarbij zaken als aanvoer voorzieningen, hydraulische capaciteit, overstortfrequentie, bestemming van het overstortende water (riool, oppervlaktewater) en dergelijke aan de orde komen, moet op de gebruikelijke wijze door een ter zake deskundige worden gemaakt en beoordeeld. Afwijkend van standaardontwerpen is dat voor toepassingen in grondwaterbeschermingsgebieden een relatief grote berging van 20 mm wordt vereist (categorie 1 water eventueel 10 mm indien de ruimte voor 20 mm ontbreekt)
- Indien functies worden gecombineerd (zuiverende berm, zuiverende fundering) moet de constructie voldoen aan de gangbare civieltechnische eisen voor bijvoorbeeld bermgrond of de sterkte van een fundering. De additionele eisen voor de zuiverende werking (bijvoorbeeld bermgrond moet een bepaalde hoeveelheid humus bevatten, aan de fundering wordt actiefkool toegevoegd) zijn in principe niet strijdig met de gangbare civieltechnische eisen, wel moet dit voor een concrete situatie geverifieerd worden door een ter zake deskundige

2 Bodem- en berinfiltratie (bodempassage)

2.1 Werking en ervaring

Bij infiltratie van hemelwater in de bodem of in een wegberm wordt de van nature aanwezige bodem gebruikt om het hemelwater af te voeren. Infiltratie vindt plaats vanaf het maaiveld, in sommige gevallen verloopt deze via een wegcunet, op een diepte van bijvoorbeeld 30 cm -mv.

- Bodeminfiltratie wordt gedefinieerd als het min of meer direct infiltreren van hemelwater in de bodem, zoals op onverharde terreinen (bijvoorbeeld zandwegen¹⁴), bij half-verhardingen (zoals grasbetonelementen, (half)verharding met puingranulaat en dergelijke, zonder bestrating), bij waterdoorlatende bestrating (poreuze verharding of waterdoorlatende voegen), poreuze goten (zoals de Permeogoot) et cetera
- In het geval van berinfiltratie stroomt regenwater af van een verhard oppervlak en infiltreert het in een relatief smalle bermstrook. Omdat water vanaf een groter oppervlak toestroomt, is de belasting per oppervlakte-eenheid aanzienlijk groter dan bij bodeminfiltratie. Als in een poreuze goot het water van een weg (of een ander groter oppervlak) wordt geïnfiltreerd, dan is dit vergelijkbaar met berinfiltratie

De bodem heeft drie manieren waarop verontreinigingen worden afgevangen: 1) filtratie van deeltjes; 2) adsorptie aan bodembestanddelen; en 3) eventuele afbraak van de verontreiniging door bodemleven. Diverse nationale en internationale literatuurstudies tonen aan dat binding van verontreinigingen met name aan het bovenste gedeelte (tot 50 cm) van de bodem plaatsvindt (PAK, metalen, olie). De organische verbindingen worden gedeeltelijk afgebroken maar de andere stoffen accumuleren in dit gedeelte van het systeem¹⁵. De bodem kan tientallen jaren het infiltrerende hemelwater zuiveren. Bij toepassing van voorzieningen als wadi's of putten is er in wezen ook sprake van bodeminfiltratie maar er zijn ook diverse verschillen (hogere hydraulische belasting, soms aangepaste samenstelling van de grond, met name in wadi's, soms infiltratie op grotere diepte). Daarom worden deze technieken apart besproken.

Bodem- en berinfiltratie zijn duidelijk de meest toegepaste methoden voor de behandeling van afstromend hemelwater. Toch is er maar betrekkelijk weinig praktijkonderzoek uitgevoerd naar met name de lange termijn effecten. Er is wel veel fundamenteel inzicht in het vermogen van de bodem om verontreinigingen te binden en af te breken.

2.2 Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen

De diverse verontreinigingen in afstromend hemelwater kunnen op verschillende manieren door de bodem verwijderd worden: **metalen** komen in water voor als ionen, die sterk binden (adsorberen) aan organische stof, lutumdeeltjes en aan ijzer- en aluminium(hydr)oxiden. Als ze gebonden zijn aan deeltjes in het afstromende hemelwater worden ze hiermee direct afgevangen door de filterende werking van de bodem. Metalen kunnen niet worden afgebroken, maar na initiële binding aan deeltjes in de bodem kan in theorie desorptie van metalen plaatsvinden, bijvoorbeeld bij een toename van concurrerende ionen (zoals kationen uit strooizout).

Organische verontreinigingen zijn vaak hydrofoob en zullen zich sterk binden aan organische stof. Ze zijn niet geladen, waardoor de pH geen invloed heeft. Kortere ketens hebben een minder sterke binding maar deze zijn beter afbreekbaar (zeker onder aerobe omstandigheden).

Zouten lossen vrijwel altijd geheel op en zijn daardoor mobiel.

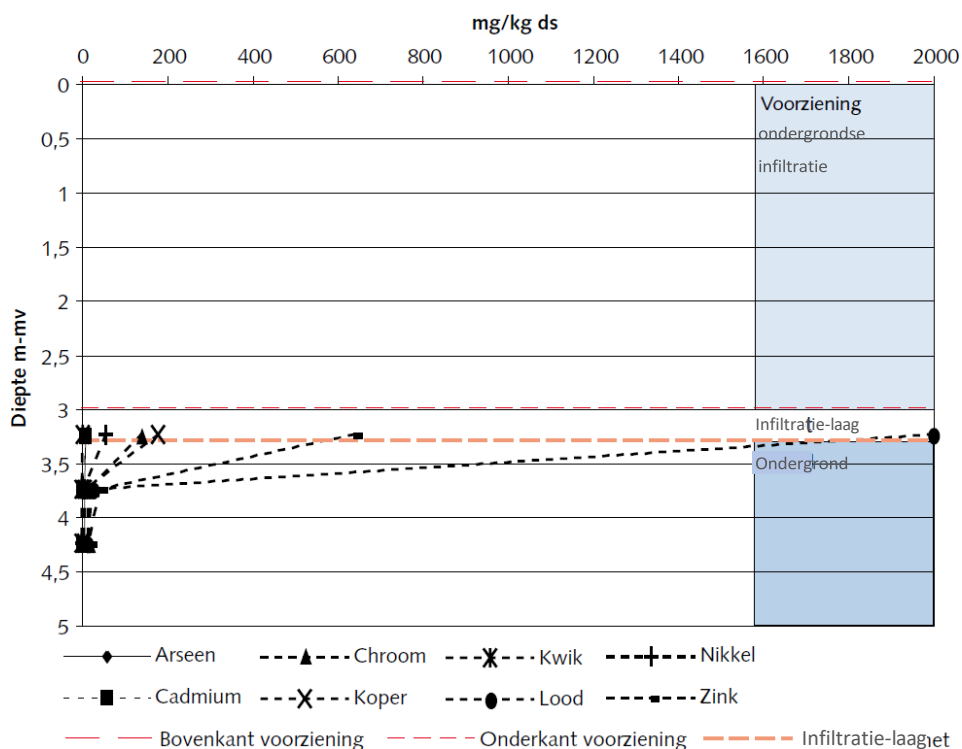
¹⁴ Er is dan niet letterlijk sprake van afstromend hemelwater, er is immers geen verhard oppervlak. Er is echter wel sprake van mogelijke emissies van verkeer. Ook parkeren op onverharde terreinen (in bermen, weilanden) valt in deze categorie

¹⁵ Ondergrondse infiltratie van regenwater. Stichting RIONED, september 2008; en referenties daarin

Nutriënten zoals fosfaat en ammonium adsorberen redelijk aan lutum- en humusdeeltjes, nitraat lost op maar breekt onder reducerende omstandigheden snel af.

In het algemeen is een rijke(re) bodem dus een goed middel om verschillende verontreinigingen uit het grondwater te halen.

Bodem- en berminfiltratie zijn geschikt voor de behandeling van categorie 2 emissies maar deze methoden kunnen (bij de juiste samenstelling van de bodem) categorie 3 emissies ook in voldoende mate afvangen. Echter, vooral bij situaties met een verhoogd risico op calamiteiten, wordt bodeminfiltratie als onvoldoende gecontroleerd beschouwd en heeft een meer afgekaderde techniek, zoals een wadi, de voorkeur (berminfiltratie kan nog wel als gecontroleerd infiltreren worden beschouwd).



Figuur B8.1 Voorbeeldgrafiek verspreiding metalen in de bodem bij ondergrondse infiltratievoorziening. Bij infiltratie aan het oppervlak is eenzelfde patroon te zien als hier zichtbaar is vanaf de onderkant van de infiltratie-laag. Bron: RIONED

2.3 Capaciteit van het systeem (levensduur) en rendementen

Afhankelijk van de belasting (concentraties in het afstromende hemelwater en de hydraulische belasting) en de samenstelling van de bodem, zal de toplaag na verloop van tijd verzadigd raken. De verontreinigingen worden dan niet meer (voldoende) afgevangen en verplaatsen zich naar diepere bodemlagen en/of het grondwater.

Als er sprake is van bodeminfiltratie zullen de meeste Nederlandse bodems voldoende bindingscapaciteit hebben om de verontreinigingen langdurig af te vangen, zie onderstaand kader. In geval van berminfiltratie is het de vraag welke wegbreedte op de berm afwatert. Als wordt uitgegaan van 4 meter, dan wordt de in het kader berekende concentratie onder dezelfde uitgangspunten na 25 jaar bereikt. Na 25 jaar is er niet onmiddellijk een probleem, maar op langere termijn zou toch een ongewenste ophoping van verontreinigingen kunnen optreden.

Daarom moet de bermgrond op enig moment (te bepalen door monitoring) worden vervangen. De bodem kan verontreinigingen met een hoog rendement afvangen (80 - 90 %) maar het rendement is wel sterk afhankelijk van de samenstelling van de bodem en de mate waarin de bindingscapaciteit is verbruikt (dus na verloop van tijd daalt het rendement).

Zink is de verontreiniging die in de hoogste concentraties voorkomt in afstromend hemelwater van woongebieden. Als wordt uitgegaan van een concentratie van 88 µg/l, een infiltratie van 700 mm/j en gelijkmatige adsorptie in een laag van 50 cm, dan is het zinkgehalte in de bodem na 100 jaar met 9,3 mg/kg ds gestegen. Deze toename zal in het algemeen niet leiden tot een overschrijding van toetsingswaarden en de meeste bodems zijn in staat om dergelijke zinkgehalten te binden. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het feit dat een groot deel van de metalen gebonden is als deeltjes en door filtratie wordt afgevangen, met andere woorden, de vereiste adsorptie-capaciteit is lager dan de totale belasting.

2.4 Ontwerp van de voorziening

Uit een literatuurstudie van RIONED (zie voetnoot 2) is gebleken dat met name in de bovenste 50 cm verhoogde gehalten aan PAK, minerale olie en metalen worden aangetroffen in de bodem. Verder is het praktisch gezien het meest eenvoudig als bij verzadiging alleen een toplaag vervangen moet worden. Daarom wordt alleen uitgegaan van binding in de bovenste 0,5 meter

van de bodem. Dit geldt voor alle varianten, dus zowel bij bodeminfiltratie, berminfiltratie, infiltratie via een half-verharding, enzovoorts. In geval van berminfiltratie gelden de eisen ten minste voor een strook met een breedte van 1 m.

Als van deze optie gebruik wordt gemaakt, dan moet de bodemsamenstelling worden gecontroleerd door middel van bemonstering en analyse. De bodem moet aan de volgende combinatie van eisen voldoen, zie tabel B8.1. *NB De eisen aan de samenstelling betreffen minimale gehalten. Voor de vastlegging van verontreinigingen zijn hogere gehalten gunstig. Echter, er kunnen beperkingen zijn vanuit andere gezichtspunten, zoals de draagkracht van een berm of de doorlatendheid van de grond. Hiervoor moet worden aangesloten bij bestaande civieltechnische criteria voor bijvoorbeeld bermgrond. De vermelde minimale gehalten zijn niet strijdig met de eisen die aan bermgrond worden gesteld.*

Toepassing	Categorie 1 ¹⁶ Bodem/berm	Categorie 2 Bodem	Categorie 2 Berm	Categorie 3 ¹⁷ Bodem	Categorie 3 Berm
Humus	≥1	≥1	≥2	≥2	≥3
Lutum	≥1	≥1	≥2	≥2	≥2
pH-H ₂ O	6 - 8	6 - 8	6 - 8	6 - 8	6 - 8

Tabel B8.1 Eisen aan bodemsamenstelling in % van ds bij verschillende belastingen

Als de aanwezige bodem niet aan deze eisen voldoet, dan moet andere grond worden aangevoerd of moet de bestaande grond worden gemengd met klei en / of humeus materiaal (gestabiliseerde organische stof). De bepalingsgrenzen van humus en lutum zijn bij analyse volgens het AS3000 protocol respectievelijk 0,2 en 1 %. Een eis van 1 % voor lutum is dus gelijk aan de bepalingsgrens. Als

¹⁶ Voor categorie 1 is verwijdering van verontreinigingen niet noodzakelijk, toch worden minimale eisen gesteld omdat emissies kunnen variëren en omdat een indeling mogelijk niet altijd geheel eenduidig is

¹⁷ Dit is niet de voorkeursvariant voor de behandeling van categorie 3 emissies. De toelaatbaarheid van deze toepassing moet, op basis van de verontreinigingssituatie en risico's op calamiteiten, worden beoordeeld. Behandeling in een goed afgekaderde voorziening, zoals een wadi, heeft de voorkeur

uit de analyse van lutum een gehalte < 1 volgt maar humus wel boven de minimale waarde ligt, is aanpassing van de bodemsamenstelling niet nodig (humus heeft een grotere adsorptie-capaciteit dan lutum).

2.5 Kosten

Voor een eerste beoordeling moet zo nodig een beperkt bodemonderzoek worden uitgevoerd maar vaak zijn gegevens over lutum en organische stof al bekend uit eerdere onderzoeken naar de bodemkwaliteit.

De kosten van het eventueel aanpassen van de bodemsamenstelling (0 - 0,5 m -mv) zijn afhankelijk van de mate waarin aanpassingen nodig zijn en de lokale beschikbaarheid van geschikte grond, globaal moet worden gedacht aan een bedrag van minimaal EUR 5 per m². Hierbij wordt er vanuit gegaan dat in beperkte mate andere grond wordt bijgemengd en dat het terrein vrij beschikbaar is (geen obstakels, verharding en dergelijke). De kosten zullen aanzienlijk oplopen als de aanwezige grond geheel moet worden vervangen of als obstakels aanwezig zijn.

2.6 Monitoring, inspectie en onderhoud

Bij bermfiltratie naast drukke wegen (categorie 2) wordt aanbevolen om na 25 jaar een onderzoek te doen naar de samenstelling van de grond. Op termijn moet de bermgrond zo nodig worden vervangen door 'schone' grond. Er kan ook worden aangesloten bij de richtlijnen voor monitoring van wadi's.

Qua inspectie wordt aanbevolen om jaarlijks te controleren op eventuele vervuiling en op de doorlatendheid. Zo nodig moet het oppervlak worden bewerkt als het water niet goed infiltreert. Afgezien van eventuele vervanging van de grond op langere termijn en het reguliere onderhoud aan bermen, zoals maaien, is geen jaarlijks onderhoud noodzakelijk.

3 Olie-absorberende geotextielen

3.1 Werking en ervaring

Deze techniek bestaat uit een waterdoorlatend geotextiel¹⁸, dat in een permeabele bodem als filter werkt om verontreiniging af te vangen. Het is een geweven of gebreide structuur met speciaal ontwikkelde vezels (met name polypropreen en polyester). Water kan zonder problemen door het textiel heen stromen. Wel wordt de stroming door het doek vertraagd en mogelijke aanwezige vervuiling wordt over het doek verspreid. Met name olieachtige verontreinigingen worden in het doek gevangen. Het aanwezige bodemleven maakt vervolgens afbraak hiervan mogelijk, wat zorgt voor een zelfreinigende werking van het textiel.

Dit type geotextielen is op aanzienlijke schaal in de praktijk toegepast. Onderzoek naar de werking onder gemiddelde praktijkcondities (bij relatief lage concentratieniveaus van minerale olie) is ons niet bekend.

3.2 Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen

Deze techniek is alleen te gebruiken bij verontreiniging met koolwaterstoffen (minerale olie). Beschikbare onderzoeksgegevens laten zien dat het doek effectief is bij relatief hoge concentraties van minerale olie, het rendement bij lage concentraties is niet bekend. Daarom wordt toepassing primair aanbevolen voor situaties dat er hoge concentraties aan minerale olie worden verwacht (ppm's = milligrammen/l) of als er een duidelijk risico is op lekkage van olie.

Hoewel het rendement bij lage concentraties niet bekend is, wordt verwacht dat deze techniek geschikt is voor categorie 2 en 3 emissies van minerale olie. Op categorie 1 locaties speelt minerale

¹⁸ Zie bijvoorbeeld: drainproducts.nl/wegen-en-bermen/permafilter

olie veelal geen rol van betekenis en wordt toepassing niet zinvol geacht, tenzij er sprake is van aanwijsbare risico's, zoals het (niet overdekt) parkeren van old timers, machines met een risico op lekkage van (hydraulische) olie, en dergelijke.

3.3 Capaciteit van het systeem en rendement

De geotextielen zijn goed waterdoorlatend, in het productblad van het permafilterdoek wordt 57 l/m², s, genoemd. Dit doek kan 0,6 L minerale olie /m² opnemen en laat bij een maximale

belasting minder dan 10 ppm aan verontreiniging door¹⁹. Bij zeer hoge belastingen in korte tijd kan verzadiging optreden maar in normale situaties wordt de afgevangen minerale olie op wat langere termijn weer afgebroken door micro-organismen.

3.4 Ontwerp van de voorziening

Het doek moet worden aangebracht op de gewenste diepte, bijvoorbeeld direct onder de fundering van een (half)open verharding of in de berm op een diepte van 30 - 50 cm. Verder moeten de voorschriften van de leverancier worden gevolgd. Deze geotextielen worden onder verschillende namen op de markt gebracht, waaronder Permafilter (Drainproducts), PF90 (Aquaflow) en GeoClean (Ten Cate). Er bestaat de mogelijkheid om bacteriën op het doek aan te brengen die koolwaterstoffen kunnen afbreken (plus eventueel ook nutriënten), waarmee de techniek zelfreinigend wordt. Echter, van nature zijn meestal olie-afbrekende bacteriën aanwezig in de bodem, daarom is enting met bacteriën niet a priori noodzakelijk. Dit aspect kan met de leverancier worden afgestemd.

3.5 Kosten

De kosten voor het leveren en het aanbrengen van het doek bedragen globaal 5,4 EUR /m². Als wordt geënt met olie-afbrekende bacteriën, dan bedragen de meerkosten EUR 1,7/m².

3.6 Monitoring, inspectie en onderhoud

In situaties met een hoge belasting met minerale olie (bijvoorbeeld op een bedrijfsterrein met veel activiteiten), wordt een laag frequente controle van de grondwaterkwaliteit aanbevolen, namelijk om de vijf jaar (plus een nulbepaling). Als na tien jaar nog niets is aangetroffen, dan kan de frequentie worden verlaagd naar 1x per 10 jaar.

Als het doek in een combinatie-voorziening wordt toegepast (bijvoorbeeld combinatie met een ander adsorbens), dan wordt voor de noodzakelijke monitoring de eis aangehouden die bij basistechniek (bijvoorbeeld de reinigende wegberm) wordt genoemd.

Qua inspectie wordt aanbevolen om jaarlijks te controleren op eventuele vervuiling van het oppervlak en op de doorlatendheid. Als blijkt dat er water aan het oppervlak blijft staan, moet worden nagegaan of dit het gevolg is van dichtslaan van de toplaag of dat het doek zelf is dichtgeslibd. In het eerste geval moet de toplaag worden open gewerkt of zo nodig worden vervangen. In het tweede geval moet het doek worden ontgraven en waarschijnlijk worden vervangen (tenzij reiniging mogelijk is).

Omdat het doek onder de grond ligt, is onderhoud praktisch gezien niet mogelijk. Op lange termijn zal vervanging nodig zijn. Voor de technische levensduur kan worden uitgegaan van informatie van de leverancier. Er bestaat een risico op dichtslibbing, dit is locatie-afhankelijk maar er zijn geen concrete parameters te noemen waarmee dit risico kan worden gekwantificeerd.

19 Website Aquaflow; productblad Permafilter Geotextiel van Polypipe Civils

4 Adsorberende (funderings)lagen

4.1 Werking en ervaring

Net als bij bovenstaande technieken wordt het hemelwater geïnfiltreerd in de bodem. De infiltratie verloopt echter via een (extra) laag in de ondergrond, bijvoorbeeld de fundering van een weg.

Dit kan worden gecombineerd met een waterdoorlatende verharding, of het hemelwater moet via goten en putten naar de fundering worden afgevoerd. De fundering zorgt voor filtratie van het water en adsorptie van verontreinigingen, die daarmee uit het infiltrerende hemelwater worden verwijderd. De zuiverende werking kan gecombineerd worden met waterberging als het materiaal over voldoende holle ruimte beschikt. Een gangbare fundering heeft in elk geval voldoende holle ruimte om het water dat op de weg valt te bergen. Dit geldt voor allerlei materialen, bijvoorbeeld fracties van puingranulaat en allerlei soorten gebroken natuursteen, zoals lava, graniet, basalt en dergelijke. Het is mogelijk om specifieke adsorbentia toe te voegen en ook kan een olie- absorberend geotextiel onder de fundering worden aangebracht.

Er zijn verschillende constructies mogelijk, naast de fundering kan ook worden gedacht aan sleuven gevuld met het adsorberende materiaal (bijvoorbeeld een lavakoffer) of andere filterconstructies.

Materialen zoals lava zijn en worden op grote schaal toegepast maar het primaire doel is in het algemeen niet het zuiveren van afstromend hemelwater. Meestal wordt de reinigende werking niet onderzocht en vindt er geen specifieke monitoring plaats.

4.2 Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen

De gangbare funderingsmaterialen kunnen deeltjes en (tot op zekere hoogte) anorganische verontreinigingen afvangen. De bindingscapaciteit voor opgeloste organische verontreinigingen is beperkt. Hiervoor zouden specifieke adsorbentia, zoals actiefkool, toegevoegd moeten worden. Mits goed onderbouwd / ontworpen, is deze techniek toepasbaar voor categorie 3 emissies.

4.3 Capaciteit van het systeem (levensduur) en rendement

De adsorptiecapaciteit van de genoemde materialen is niet goed gedocumenteerd en kan aanzienlijk variëren, afhankelijk van het type materiaal. Ook moet er rekening mee worden gehouden dat de adsorptie-capaciteit van natuurlijke materialen, zoals lava, sterk kan variëren.

Uit onderzoek aan kunstgrasvelden blijkt dat lava in aanzienlijke mate zink kan afvangen, maar dit is niet altijd het geval. Als toepassing van dit soort materialen wordt overwogen, kan het beste aan de leverancier een onderbouwing worden gevraagd van de werking van het te leveren product (dat wil zeggen, de adsorptie-capaciteit). Als de adsorptie-capaciteit bekend is kan, op basis van de gemiddelde concentraties in het afstromende hemelwater (STOWA database) en de vereiste levensduur, de gewenste laagdikte worden berekend. Zie hoofdstuk 1 voor een voorbeeldberekening.

De werking van producten zoals actiefkool is wel goed gedocumenteerd. Bij leveranciers kan hierover informatie worden opgevraagd. Bij toepassing in funderingen, wordt geschat dat toevoeging van (maximaal) 5 kg actiefkool/m² voldoende is om de aanwezige PAK in het afstromende hemelwater gedurende 100 jaar af te vangen.

Er zijn geen concrete gegevens over rendementen bij infiltratie van hemelwater bekend. Van actiefkool is wel bekend dat het organische verontreinigingen in hoge mate kan verwijderen. Bij een goed ontwerp van het mengsel zijn rendementen van 80 % en meer naar verwachting haalbaar voor metalen en PAK.

4.4 Ontwerp van de voorziening

Het ontwerp is afhankelijk van de aard van de constructie. Voor funderingen en drainagekoffers kunnen gebruikelijke civieltechnische uitgangspunten worden gehanteerd. Als uit berekeningen (zie voorgaande) blijkt dat de adsorptie-capaciteit bij de gebruikelijke uitgangspunten en de gewenste levensduur onvoldoende is, dan moet de laagdikte worden vergroot of moeten extra additieven worden toegevoegd. In het ontwerp moet ook worden onderbouwd wat de gemiddelde verblijftijd is van het water in de constructie, bij gangbare bui-intensiteiten. Adsorptie is veelal een snel verlopend proces, waardoor een verblijftijd van 15 - 30 minuten voldoende is om het grootste deel van de verontreiniging af te vangen (soms zijn korte verblijftijden van bijvoorbeeld 5 minuten al voldoende, dit moet dan wel onderbouwd worden).

4.5 Kosten

Als minimum variant wordt er vanuit gegaan dat het funderingsmateriaal bij een standaard-toepassing voldoende adsorptie-capaciteit heeft voor de anorganische verontreinigingen en dat alleen actiefkool als extra eenmalig moet worden toegevoegd. Dit kost, inclusief aanbrengen, globaal EUR 7/m² fundering.

Als een lavakoffer van 0,5 m breed en 0,5 m diep direct naast de wegverharding wordt aangebracht, dan bedragen de kosten EUR 32 per meter weglengte. Hierbij is rekening gehouden met ontgraven en transport grond (acceptatie in andere toepassing om niet) en het leveren en aanbrengen van geotextiel, lava en actiefkool. Het water infiltreert na zuivering in de bodem.

4.6 Onderhoud, inspectie en monitoring

Qua inspectie en onderhoud is het bij een lavakoffer en vergelijkbare constructies nodig om het infiltrerende oppervlak 1x/jaar te controleren op vervuiling, dichtslaan met slib en zo nodig materiaal te verwijderen om de doorlatendheid te waarborgen. Als er sprake is van een adsorberende fundering, moet 1x/jaar worden gecontroleerd of de doorlatendheid nog voldoende is (nagaan of een representatieve bui binnen de ontwerpcriteria wordt verwerkt. Indien dit niet het geval is, de oorzaak vaststellen, zoals dichtslaan van een waterdoorlatende verharding).

Voor de monitoring van deze systemen moet het grondwater onmiddellijk stroomafwaarts van de voorziening bemonsterd en geanalyseerd worden. Na het nulonderzoek kan een eerste bemonstering na 5 jaar plaatsvinden en een tweede na 10 jaar. Echter, als er geen ervaring is met een product, wordt een aanvangsfrequentie van 1x per 2 jaar aanbevolen. Afhankelijk van de resultaten, kan de frequentie op termijn worden verlaagd of verhoogd. Als een voorzieningen zijn om de kwaliteit van het uitstromende water te bemonsteren, kan dit een alternatief zijn voor de bemonstering van het grondwater.

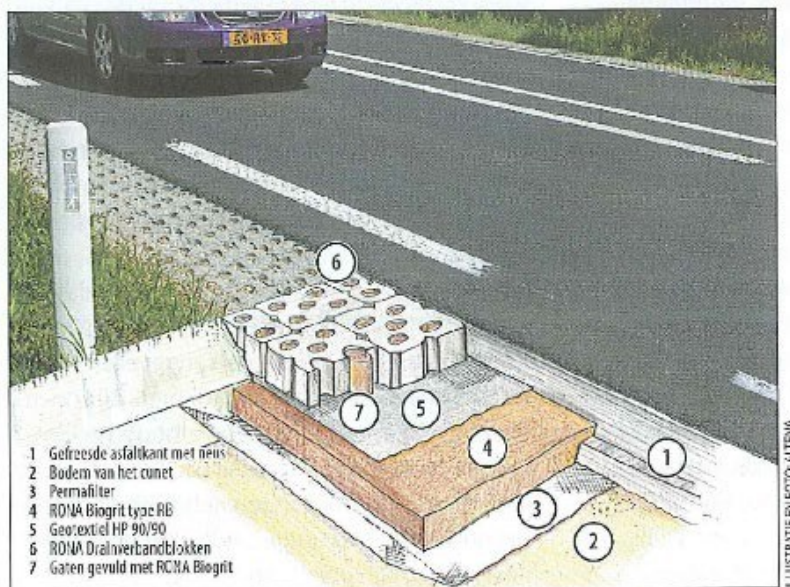
Als het einde van de ontwerp-levensduur van het adsorberende materiaal in zicht komt, is het verstandig de werking van het materiaal te controleren. Dit kan via een in situ meting, als er voorzieningen voor bemonstering van het in- en uitstromende water beschikbaar zijn. Een andere optie is om een mengmonster samen te stellen van het materiaal en de werking door middel van een laboratoriumproef te bepalen (zie hoofdstuk 9). Hieruit kan dan worden afgeleid of vervanging nodig is of dat het materiaal nog een bepaalde rest levensduur heeft.

5 Reinigende wegberm

5.1 Werking

De reinigende wegberm is een variant van het voorgaande systeem van adsorberende lagen. Opvallend is dat het adsorbens uit een mengsel van verschillende substraten bestaat, waaronder ook een substraat dat in staat is om organische verontreinigingen te adsorberen (de precieze samenstelling is vertrouwelijk).

Er zijn verschillende toepassingsvormen maar in de basis wordt een laag van het substraat, RONA Biogrit RB genoemd, toegepast in de berm, aansluitend aan de verharding, zie figuur 5.1. Door het materiaal toe te passen onder een half-verharding van open betonstenen, wordt de toepassing gecombineerd met het creëren van een redresseer strook. In de open betonstenen worden schelpen gestort, hiermee wordt enerzijds extra berging gecreëerd en anderzijds zal slib in deze laag worden afgevangen, waardoor het dichtslaan van de adsorberende laag wordt voorkomen. Verder wordt als extra veiligheid nog een permafilter doek onder het RONA Biogrit toegepast, vooral bedoeld als extra voorziening bij calamiteiten.



Figuur B8.2 Opbouw van de gelaagde reinigende berm met Rona biogrit. Bron: Zie voetnoot 5 en 6

Behalve de directe toepassing in de berm, kan het materiaal ook in de vorm van een buffer- / filterconstructie worden toegepast waarin water wordt gezuiverd dat van elders wordt aangevoerd, bijvoorbeeld van een viaduct of uit een woonwijk. Dit water wordt na zuivering in de bodem geïnfiltreerd of op het oppervlaktewater geloosd.

De reinigende wegberm is langs meerdere provinciale wegen op praktijkschaal toegepast, waaronder twee in grondwaterbeschermingsgebieden (langs de N310 bij Schaarsbergen en de N421 bij Houten)²⁰. Het grondwater op deze locaties is of wordt gemonitord. Daarnaast is de werking op laboratoriumschaal uitgebreid onderzocht.²¹

5.2 Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen

Uit laboratoriumproeven (zie voetnoot 6) blijkt dat het RONA Biogrit zowel metalen als PAK kan afvangen. In feite komt de werking en dus ook de toepasbaarheid van een reinigende wegberm sterk overeen met die van reguliere bodempassage. Wel is het zo dat bij de gelaagde wegberm de adsorberende werking van de al aanwezige bodem wordt versterkt door de combinatie met materialen die het infiltrerende water actief reinigen.

Naast filtratie van deeltjes en de daaraan gebonden verontreinigingen, worden opgeloste verontreinigingen geadsorbeerd en daarnaast ook olieachtige substanties afgevangen door het

²⁰ Zie voor projectinformatie [https://altena-infra.nl/downloads/RONA Zelfreinigende berm en idem /RONA Zelfreinigende berm - Houten](https://altena-infra.nl/downloads/RONA%20Zelfreinigende%20berm%20en%20idem%20RONA%20Zelfreinigende%20berm%20-%20Houten)

²¹ Bron: Steketee, J.J. e.a. (2013) Zelfreinigende wegberm beschermt grondwater. Land+Water 3, p.20-21

permafilter doek. Uit onderzoek blijkt dat de geadsorbeerde metalen sterk zijn gebonden, toevoeging van strooizout leidt niet tot mobilisatie van zware metalen, zoals wel is waargenomen in een helofyten filter.

Deze techniek is geschikt voor categorie 3 emissies.

5.3 Capaciteit van het systeem (levensduur) en rendementen

Uit bepalingen van de doorlatendheid en berekeningen blijkt dat de Reinigende Wegberm voldoende capaciteit heeft om intensieve buien te bergen en te infiltreren. De kans op overbelasting door piekafvoer is kleiner dan in de normale bodem. Met deze techniek zijn hoge rendementen mogelijk, zie tabel B8.2.

Deze concentraties voldoen in het algemeen ruimschoots aan de eisen van het Infiltratiebesluit. De proeven zijn uitgevoerd met opgeloste verontreinigingen en zijn in dit opzicht een worst case, omdat in de praktijk een belangrijk deel van de verontreinigingen aan deeltjes zijn gebonden.

Bij een piekbui daalt de verwijdering van enkele stoffen, hierbij wordt opgemerkt dat de concentraties gedurende de hele proef constant waren terwijl in de praktijk de verontreiniging vooral in het eerste deel van de bui wordt afgevoerd. Uitgaande van afvoer van één rijweghelft van een Provinciale weg, een gemiddelde neerslaghoeveelheid en een dikte van 7 centimeter, is het Biogrit na 30 jaar nog niet verzadigd. Dit betekent dat vervanging kan worden gecombineerd met regulier onderhoud aan de weg.

Parameter	Regenwater (µg/l)	Gezuiverd, matige bui (µg/l / %)	Gezuiverd, piekbui (µg/l / %)
Chroom	14	<2,0 (>86 %)	7,0 (50 %)
Koper	54	3,2 (94 %)	<2,0 (> 96 %)
Zink	205	5,7 (97 %)	2,1 (99 %)
Fosfor	4.000	2.200 (45 %)	2.700 (33 %)
Fenanthreen (PAK)	0,082	<0,01 (>88 %)	0,021 (75 %)
Fluorantheen (PAK)	0,021	<0,01 (> 48 %)	<0,01 (> 48 %)

Tabel B8.2 Concentraties (in µg/l) en verwijderingsrendementen (tussen haakjes, in %) bij laboratoriumproeven met de Reinigende wegberm (bron: voetnoot 6)

5.4 Ontwerp van de voorziening

De dikte van de adsorberende laag is afhankelijk van de gewenste levensduur en de belasting van het systeem. Dit moet per locatie worden beoordeeld. De leverancier kan worden gevraagd om hiervoor een ontwerp te leveren. Globaal zijn de laagdiktes in bermen 7 - 15 cm bij een breedte van 1 m. De toepassing van drainverbandblokken en permafilterdoek (zie figuur 5.2) zal niet altijd noodzakelijk zijn.

In situaties dat het materiaal in een filterconstructie wordt toegepast, is het van belang dat de verblijftijd voldoende lang is. Weliswaar wordt een groot deel van de verontreinigingen al bij korte verblijftijden verwijderd (5 minuten of minder), voor met name PAK is een wat langere verblijftijd van circa 15 min. meer optimaal.

De onderliggende bodem moet genoeg doorlatend zijn om het gezuiverde water af te voeren. Eventueel kan via leidingen ook op sloten en dergelijke worden geloosd.

5.5 Kosten

De kosten zijn afhankelijk van de uitvoering van de constructie. Bij uitvoering volgens figuur 5.1, inclusief permafilterdoek en bermverharding, bedragen de kosten globaal EUR 52 per m² reinigende berm. Hierbij doet het systeem gelijk dienst als bermverharding en een investering hiervoor kan dan achterwege blijven. Omdat de strook 1 meter breed is, is het bedrag per meter weglengte hetzelfde (bij bredere wegen, bijvoorbeeld provinciale wegen, moet het materiaal aan beide zijden worden aangebracht. Als er sprake is van eenzijdig afschot, moet de laagdikte aan de afschotzijde worden vergroot en worden de kosten hoger). Als het permafilterdoek en de betonblokken worden weggelaten, dalen de kosten tot ongeveer EUR 20 per m² reinigende berm (opgave van de leverancier Altena Infra-materialen).

Als afstromend hemelwater wordt behandeld in een aparte filterconstructie, waarbij het water wordt gebufferd en gezuiverd, met een levensduur van 40 jaar, dan bedragen de kosten circa EUR 50/m² aangesloten verhard oppervlak. Het gezuiverde water wordt geloosd op oppervlaktewater.

De verwachting is dat het verbruikte materiaal toepasbaar is als NVG-bouwstof, het hoeft dus niet afgevoerd te worden naar een stortplaats.

5.6 Onderhoud, inspectie en monitoring

Onderhoud is nodig als het oppervlak door slib en / of vuil is dichtgeslagen. Hierop kan 1x/jaar visueel worden gecontroleerd, waarbij een controle op de werking tijdens een regenbui zinvol is. De verwachte levensduur zal in het ontwerp worden afgeleid. Controle op de werking is een optie, met name als de samenstelling van het te behandelen hemelwater afwijkt van de verwachting.

Er zijn dan wel voorzieningen nodig om instromend en uitstromend hemelwater te bemonsteren. Het eerste kan door middel van goten en straatkolken, het tweede door middel van een put waarin uitstromend hemelwater wordt opgevangen. Hiervoor moet een deel van de constructie in een foliebak worden gelegd omdat het water anders in de bodem infiltreert.

Een andere mogelijkheid is om het grondwater onmiddellijk stroomafwaarts van de voorziening te bemonsteren en zo de werking van het systeem te controleren. Na het nulonderzoek kan een eerste bemonstering na 5 jaar plaatsvinden. Afhankelijk van de resultaten, kan de frequentie worden verlaagd of verhoogd.

Als het einde van de ontwerp-levensduur van het adsorberende materiaal in zicht komt, is het verstandig de werking van het materiaal te controleren. Dit kan via een in situ meting (zie boven) maar ook is het mogelijk om een mengmonster samen te stellen van het materiaal en de werking door middel van een laboratoriumproef te bepalen (zie hoofdstuk 9). Hieruit kan dan worden afgeleid of vervanging nodig is of dat het materiaal nog een bepaalde rest levensduur heeft.

6 Wadi's en vergelijkbare constructies

6.1 Werking en ervaring

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van oppervlakte-systemen waarbij afstromend hemelwater gecontroleerd in de bodem wordt geïnfilteerd. Er worden drie verschillende varianten onderscheiden:

1. Wadi's: dit zijn een soort ondiepe greppels met een flauw talud, met (soms) additionele voorzieningen om de infiltratie-capaciteit te vergroten en een geprepareerde onderlaag, soms inclusief een overstort naar het riool of naar oppervlaktewater om bij piekaanvoeren, waarbij overstroming dreigt, het surplus aan water te kunnen afvoeren. In wadi's staat water tijdens en kort na regenval

2. Infiltratie- of zaksloten: vergelijkbaar met gewone sloten, ze hebben een steiler talud en zijn dieper dan wadi's. Er staat veel vaker en langer water in dan in wadi's, maar ze kunnen soms droog vallen
3. Infiltratievelden of bassins: ondiep uitgegraven bassins, waar hemelwater kan infiltreren. Het oppervlak is groter dan van een wadi. Afgezien van de ontgraving zijn er meestal geen aanvullende voorzieningen om de infiltratie te verbeteren. In de regel staat er tijdens en kort na regenval water in de voorziening

De systemen 2 en 3 zijn duidelijk minder complex dan systeem 1. Bij de wadi's en infiltratiebassins wordt het afstromende hemelwater van daken en wegen soms direct geloosd, via een systeem van afvoergoten en voordenen, die naar de voorziening worden geleid. Er zijn dan meerdere instroompunten maar dit is zeker niet altijd het geval. Er kan ook sprake zijn van aanvoer via een verzamelleiding, bijvoorbeeld een regenwaterriool of, bij infiltratiesloten langs wegen, van oppervlakkige aanvoer, via de bermen.

De werking van al deze systemen is overeenkomstig, namelijk bezinking en filtratie van deeltjes en adsorptie van verontreinigingen in de onderliggende bodem (zie ook beschrijving processen bij bodem- en berminfiltratie).

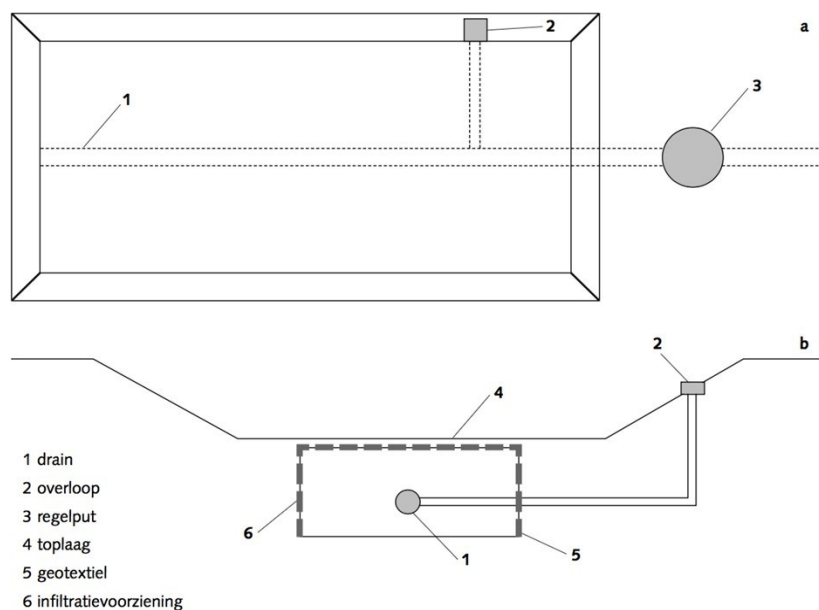
Een wadi is opgebouwd uit een begroeide toplaag van goed doorlatende grond. Deze laag is minimaal 30 cm dik. Onder dit materiaal kan een ondergrondse berging (infiltratievoorziening) aanwezig zijn, die kan bestaan uit een granulaat (bijvoorbeeld kleikorrels of lavasteentjes maar grind of grof zand of een kunststof infiltratiekrat is ook bruikbaar) met eromheen een geotextiel. Dit gedeelte is een aanvullende berging voor het hemelwater bovenop wat al in de wadi wordt geborgen. Het water infiltreert vanuit de wadi en de ondergrondse berging in de bodem. Het water wordt over de lengte van de wadi verdeeld met een drain, zie figuur 6.1. Dit is met name nodig indien de doorlatendheid van de oorspronkelijke ondergrond sterk varieert. Via de drain kan het water getransporteerd worden naar een plek met een hogere doorlatendheid.

Door de preparatie van de wadi-bodem is deze beter doorlatend dan de omliggende bodem. Verder is er een voorziening aanwezig waardoor het water bij piekaanvoeren of na dichtslibben van de toplaag, via een slokop direct naar de drain in de infiltratievoorziening wordt geleid (zie figuur B8.2). Als extra veiligheid kan, om overstrooming bij extreme omstandigheden te voorkomen, een overstort naar het riool of naar het oppervlaktewater worden aangebracht (voorbeeld Enschede, RIONED²²).

Infiltratiesloten bevatten weinig extra voorzieningen, hoewel in de slootbodem wel grond kan worden aangebracht van een gewenste kwaliteit. Voor infiltratiebassins geldt in de regel dat alleen de toplaag van de bodem wordt ontgraven.

Alle beschreven systemen zijn op grote schaal in de praktijk toegepast. Er zijn bijvoorbeeld meer dan 500 wadi's aangelegd in Nederland. Vooral naar wadi's is veel onderzoek verricht.

²² Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer. RIONED, februari 2006



Figuur B8.2 Principe-schets Wadi. Bron: <https://www.riool.net/wadi-1>

6.2 Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen

Deze methode is geschikt voor de mix van verontreinigingen die aanwezig is in afstromend hemelwater, met name zware metalen en PAK die afkomstig zijn van bouwmetalen, teerhoudende dakbedekking en emissies van het verkeer. Dit zijn in woonwijken de voornaamste bronnen.

Wadi's zijn geschikt voor de behandeling van categorie 2 en 3 emissies. Infiltratiesloten en bassins zijn in elk geval geschikt voor de behandeling van categorie 2 emissies. Categorie 3 emissies kunnen worden behandeld als de bodemsamenstelling geschikt is of geschikt wordt gemaakt (zie tabel 2.1 en eisen aan wadi-bodem) of eventueel bij een meer frequente vervanging van de toplaag van de constructie. Als de bodem van een infiltratiesloot permanent in het grondwater ligt, dan is inzet van infiltratiesloten voor categorie 3 emissies niet toegestaan.

6.3 Capaciteit van het systeem (levensduur en hydraulische capaciteit) en rendementen

Indicatief kan worden gesteld dat de toplaag 20 jaar meegaat voordat deze is verzadigd en vervangen moet worden. Dit is echter nog niet voldoende onderbouwd op basis van praktijkervaringen en zal ook sterk afhankelijk zijn van de verhouding tussen gebonden en opgeloste verontreinigingen en locatiespecifieke omstandigheden (grootte van de voorziening in relatie tot het aangesloten verhard oppervlak, materiaalgebruik van bijvoorbeeld dakgoten en dakafvoeren, aantal instroompunten, et cetera). De verontreinigingen die aan deeltjes zijn gebonden zullen ook op langere termijn worden verwijderd (afgezien van problemen met dichtslibbing die te beheersen zijn door periodieke verwijdering van een sliblaag). Als een groot deel van de verontreiniging is gebonden, kan de toplaag mogelijk langer mee dan 20 jaar.

Recent onderzoek naar de bodemkwaliteit van oudere wadi's laat zien dat deze sterk varieert²³. Vaak gaat de toplaag langer mee dan 15-20 jaar, maar er zijn ook situaties waar de bodem al binnen 15 jaar aan vervanging toe is. Nader onderzoek moet helderheid verschaffen wat hiervan de oorzaak is.

De verblijftijd van hemelwater in het systeem heeft een optimum, waarbij zuivering goed kan plaatsvinden. De infiltratie moet niet te snel verlopen maar er moet toch voldoende water afgevoerd worden. De opnamecapaciteit van het systeem is daarnaast afhankelijk van het aanwezige

²³ Nieuwe meetmethode brengt kwaliteit bodem wadi's in kaart, Floris Boogaard, Land+Water, juli 2019 p24-26

bodemtype (ondergrond) en de grondwaterstand. Bij een goed ontworpen wadi is de verblijftijd voldoende om de verontreinigingen af te vangen. Hydraulisch gezien zal de grasmat de infiltratiesnelheid bepalen, hiervoor zijn in de praktijk (minimale) doorlatendheden gemeten van 0,3 m/d. Deze waarde is voldoende om een gewenste ledigingstijd te realiseren.

Wadi's kunnen verontreinigingen met een hoog rendement verwijderen, zie tabel B8.3. De genoemde rendementen zijn ontleend aan een internationaal onderzoek en hebben niet alleen op de Nederlandse situatie betrekking. Het rendement van een infiltratiesloot is lager dan van een wadi, maar toch zijn ook daarmee nog redelijke waarden haalbaar.

Parameter	Wadi, gemiddeld	Wadi, maximum	Zaksloot, maximum
Koper	55	90	Metalen 70
Lood	75	90	Metalen 70
Zink	75	93	Metalen 70
Fosfaat	35	65	35
PAK	75	90	80

Tabel B8.3 Verwijderingsrendementen in wadi's, in %²⁴.

6.4 Ontwerp van de voorziening

Voor de aanleg van het systeem is veel vrij oppervlak nodig, het is daarom verstandig om dit bij de aanleg van een woonwijk mee te nemen. Als veilige richtlijn geldt dat 1 m² wadi nodig is per 10 m² verhard oppervlak (minimaal is 1 m² wadi nodig per 20 m² verhard oppervlak). De waterstand mag bij maximale belasting niet meer dan 0,3 m bedragen.

Na ontgraving wordt eerst het infiltratiebed (met geotextiel als omhulling) aangebracht, dit kan bestaan uit grof zand, grind, kleikorrels, lava, kunststofkatten en dergelijke. Daarna moet de juiste toplaag worden aangebracht. De optimale samenstelling van een wadibodem is een lutumgehalte van circa 1 % (of minder), humus tussen 3 en 5 % (tot 10 %) en een pH tussen 6,0 en 8,0.

Deze toplaag moet 0,3 - 0,5 m dik zijn. Daarnaast zijn er voldoende nutriënten nodig om de aanwezige vegetatie te kunnen onderhouden. Een goede wadibodem kan worden samengeteld door menging van drie delen teelaarde met twee delen zand (de samenstelling wat betreft lutum, humus, pH en korrelverdeling wel controleren!).

Ten slotte moet er gras worden ingezaaid en eventueel andere vegetatie worden geplant (vegetatie met beperkte hoogte in verband met veiligheid en ophoping van zwerfvuil).

Andere ontwerpparameters zijn: ledigingstijd maximaal 24 uur, overloop frequentie 1-2x /jaar, hellingen 1:3 of minder.

Bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met de doorlatendheid van de onderliggende bodem en de grondwaterstand. Als het regenwater onvoldoende snel kan infiltreren, dan moeten de mogelijkheden om een overstort naar het riool of naar oppervlaktewater in te bouwen, worden nagegaan.

²⁴ Bronnen: F. Boogaard, presentatie over onderzoek in wadi's. www.riool.net/workshop-bodemkwaliteit-van-wadi-s; RoyalHaskoningDHV (2017): Literatuuronderzoek waterkwaliteit afstromend regenwater bebouwd gebied. Rapport WATBE9947R001F01WM en TAUW (2017): Zuivering regenwater N322 Druten. Rapportnummer R002-1263458ATM-V01-pws-NL, TAUW, Deventer

6.5 Kosten

Voor een hypothetische wadi met een humusrijke bodem en een 2 meter brede infiltratievoorziening met grof grind zijn de kosten berekend, deze zijn EUR 6/m² aangesloten verhard oppervlak²⁵. Deze kosten zijn exclusief aanvoorzieningen en extra's, zoals verbindingen naar oppervlaktewater en oversteekplaatsen.

6.6 Onderhoud, inspectie en monitoring

De wadi moet minimaal 1x per jaar worden geïnspecteerd op bijvoorbeeld illegale lozingen, storten van afval en dergelijke. Controle op de doorlatendheid kan met een lagere frequentie plaatsvinden (1x per 5 jaar). Onderhoud bestaat uit:

- Maaien en blad / vuil verwijderen (maaien minimaal 2x per jaar)
- De slokop, drain en overstortput zo nodig reinigen (1x per 2 - 5 jaar)
- Indien de controle van de doorlatendheid hiertoe aanleiding geeft, de toplaag open werken, de sliblaag verwijderen en op langere termijn de hele toplaag vervangen (na circa 20 jaar)

Als monitoring wordt minimaal het volgende aanbevolen:

- Onderzoek van de toplaag (laagsgewijs) na 20 jaar. Afhankelijk van de resultaten, de toplaag vervangen of een volgende controle inplannen na 5 jaar
- Uit onderzoek blijkt dat de meeste vervuiling zich vrij dichtbij de uitstroomopeningen ophoopt. Daarom wordt aanbevolen om het gebied rondom deze openingen apart te bemonsteren:
 - Bij één opening een strook van 5 m lang en 3 m breed, met de opening in het midden
 - Bij meerdere uitstroompunten stroken van 3 m lang en 2 m breed (al deze stroken combineren tot één mengmonster, van het overige gebied ook één mengmonster per laag samen stellen)
 - Eventueel kan met een veld XRF-meting een nauwkeurige afbakening plaatsvinden
- Onderzoek van het grondwater direct benedenstrooms van de wadi: nulonderzoek en daarna na 5 en 10 jaar. Afhankelijk van de resultaten de frequentie zo nodig bijstellen
- Indien er meerdere wadi's aanwezig zijn in een gebied, kan de monitoring worden beperkt tot één of enkele representatieve locaties

7 Helofytenfilters

7.1 Werking en ervaring

Een helofytenfilter (soms ook wel zuiveringsmoeras genoemd) is een oppervlaktewatersysteem, bestaande uit (combinaties van) sloten en vijvers, die begroeid zijn met waterplanten. De verblijftijd van het water is relatief lang. De werking berust op een combinatie van bezinking van deeltjes, microbiologische omzettingen, opname van nutriënten door planten en bodempassage (als infiltratie optreedt). De meeste helofytenfilters worden horizontaal doorstroomd, hoewel vaak een deel van het water kan wegzijgen in de bodem. In mindere mate worden verticaal doorstroomde filters toegepast, dit is in feite een laag belaste variant van een infiltratiesloot.

Een bekend voorbeeld is een omvangrijk filter in de wijk Leidse Rijn in Utrecht. Hierbij werden fosfaat-bindende additieven toegevoegd aan de waterbodem.

²⁵ <https://www.riool.net/onderhoud-wadi>

Er is de nodige praktijkervaring met helofytenfilters, vooral wat betreft de nabehandeling van RWZI-effluent, maar ook met behandeling van afstromend hemelwater (in totaal tientallen grootschalige toepassingen). In 2015 / 2016 is uitgebreid onderzoek gedaan naar het functioneren van een helofytenfilter in Zeewolde, waarin afstromend hemelwater van een bedrijventerrein werd behandeld²⁶.

7.2 Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen

In een helofytenfilter worden alle typen verontreinigingen verwijderd, wel variëren de rendementen per stof, de rendementen kunnen beperkt zijn, zie tabel 7.1. Micro-organismen, zoals E. coli, worden eveneens verwijderd.

Horizontaal doorstroomde helofytenfilters zijn alleen geschikt voor de behandeling van categorie 2 emissies, verticaal doorstroomde filters zijn ook geschikt voor categorie 3 emissies.

7.3 Capaciteit van het systeem en rendementen

De capaciteit van een helofytenfilter is circa 0,2 m³ water/m², dag. Een voorbeeld van een systeem dat specifiek is ontworpen voor afstromend hemelwater is het ontwerp van TAUW voor de N322 bij Druten. Hier is sprake van een combinatie van een bezinkvijver en een verticaal doorstroomd helofytenfilter²⁷.

In tabel B8.4 zijn verwijderingsrendementen van een aantal stoffen weergegeven. Aangezien het meeste onderzoek betrekking heeft op RWZI-effluent, zijn hiervan ook resultaten opgenomen. De rendementen van deze (overwegend) horizontaal doorstroomde systemen zijn tamelijk beperkt. Bij een proef in Zeewolde met afstromend hemelwater zijn voor sommige parameters hogere rendementen bereikt. Hierbij moet echter wel worden opgemerkt dat de belasting tijdens deze proef laag was, namelijk gemiddeld over een jaar 0,04 m³/m², dag en bij pieken 0,13 m³/m², dag. De resultaten van de proef zijn daarom wellicht geflatteerd en zijn onder meer realistische condities lager. Als gebruik wordt gemaakt van verticaal doorstroomde filters, zijn de rendementen in het algemeen hoger. Voor deze systemen wordt ook een belasting van 0,2 m³ water/m², dag aangehouden.

Stof	RWZI-effluent, ws. horizontale doorstroming ²⁸	Regenwater, horizontale doorstroming ²⁹	Verticaal doorstroomd filter ³⁰
CZV	14 - 24	28	60 - 95
Stikstof (Kjeldahl)	6 - 63	58	-
Nitraat	-	65	30 - 60
Totaal-P	8 - 21	50	30 - 40
Zwevend stof	23 - 63	71	80 - 90
Koper	30 - 60	43	50 - 60
Zink	29 - 44	81	50 - 60
Minerale olie	-	40 (C10-C20)	50 - 80

26 STOWA/RIONED (2017): Effectiviteitsvergelijking helofytenveld. Behandeling hemelwater of RWZI-effluent? STOWA-rapport 2017- 49

27 TAUW (2017): Zuivering regenwater N322 Druten. Rapportnr. Roo2-1263458ATM-V01-pws-NL, TAUW, Deventer

28 Bron: zie voetnoot 4 en referenties daarin

29 Bron: zie voetnoot 11. Dit betreft een praktijkproef met een relatief lage belasting

30 Bron: TAUW (2017): Zuivering regenwater N322 Druten. Rapportnr. Roo2-1263458ATM-V01-pws-NL, TAUW, Deventer en referenties daarin

PAK 10	-	44	-
E coli	87 - 99	78	-

Tabel B8.4 Verwijderingsrendementen in helofytenfilters, per stof(groep)

7.4 Ontwerp van de voorziening

Het belangrijkste aspect van het helofytenfilter is een voldoende verblijftijd van het water. Als oppervlaktebelasting wordt $0,2 \text{ m}^3 \text{ water/m}^2$, dag aangehouden. Een gangbare waterdiepte is $0,5 \text{ m}$. Aangezien een lange verblijftijd noodzakelijk is voor een voldoende verwijdering / infiltratie van het water, wordt uitgegaan van een bui van 20 mm . Dit betekent dat er 10 m^2 verhard oppervlak kan worden aangesloten per m^2 filteroppervlak (wateroppervlak). Het filter bestaat echter niet alleen uit water, er zijn ook oevers en rijpaden voor onderhoud nodig. Het totaal benodigde oppervlak wordt hierdoor groter. Als indicatie wordt gewerkt met een factor $1,25$, hierdoor daalt het aantal m^2 verhard oppervlak per m^2 totaal-filteroppervlak naar 8 .

Voor de vormgeving zijn er geen strikte regels. In verband met onderhoud is het aan te bevelen om de bezinking van slib te concentreren in een apart compartiment dat goed bereikbaar is voor materieel, bijvoorbeeld een brede sloot / watergang met rijpaden er naast. Dit geldt zeker voor een verticaal doorstroomd filter, aangezien bezinking van slib de doorlatendheid van de waterbodem en daarmee de infiltratie zal reduceren. De rest van het filter kan bestaan uit geschakelde vijvers of een labrynt van sloten / watergangen. Beplanting met helofyten is een optie maar is niet noodzakelijk, na verloop van tijd zal ook op natuurlijke wijze begroeiing ontstaan. In geval van een verticaal doorstroomd filter moet worden verzekerd dat de waterbodem voldoende adsorptie- capaciteit bevat, zie hiervoor de aanbevelingen voor een wadi. Het toevoegen van specifieke additieven die metalen of fosfaat kunnen binden, is mogelijk maar zal zeker niet altijd nodig zijn.

Als dit wordt toegepast, moet de werking door de leverancier worden onderbouwd.

7.5 Kosten

De kosten voor aanleg van een horizontaal doorstroomd filter variëren in de praktijk aanzienlijk maar bedragen minimaal EUR $20 - 25/\text{m}^2$. Verticaal doorstroomde filters zijn veel duurder, de kosten hiervan zijn al snel EUR $100/\text{m}^2$.

7.6 Inspectie, onderhoud en monitoring

Bij een jaarlijkse visuele inspectie dient er gecontroleerd te worden op drijvend vuil, olievlekken en dergelijke. Bij een verticaal doorstroomd filter kan de doorlatendheid van de waterbodem na verloop van tijd afnemen. Dit kan worden gecontroleerd door het verloop van het waterpeil na een flinke bui ($10 - 20 \text{ mm}$ neerslag) te registreren, hetzij handmatig door het aflezen van een peilschaal, hetzij via een sensor die het peil automatisch registreert. De infiltratie-snelheid die kan worden afgeleid uit de peilregistratie dient te worden vergeleken met het ontwerpcriterium. Deze controle dient 1x per 5 jaar plaats te vinden. De ophoping van slib dient geverifieerd te worden door het periodiek inmeten van de diepte van de waterbodem. Afhankelijk van het volume dat voor slibberging in het ontwerp is meegenomen, kan de eerste controle bijvoorbeeld na 5 of 10 jaar plaatsvinden.

Onderhoud bestaat uit het periodiek maaien van vegetatie (vergelijkbaar met normaal onderhoud van watergangen), ook zal na verloop van tijd bezonken slib verwijderd moeten worden.

Bij de opstart van het filter dient het rendement enkele malen gecontroleerd te worden (bij een representatieve belasting) door middel van analyse van influent en effluent. Als de waarden overeen komen met het ontwerpendement, is verdere monitoring in beginsel niet nodig.

Als het niet mogelijk is om het uitstromende water van een verticaal doorstroomd filter te bemonsteren (voordat het in de bodem infiltreert), dan wordt voor dit filter een grondwatermonitoring aanbevolen. Hiertoe direct benedenstrooms van het filter peilbuizen plaatsen en na het nulonderzoek met een frequentie van 1x per 5 jaar de kwaliteit onderzoeken. Afhankelijk van de resultaten de frequentie zo nodig bijstellen

Als er sprake is van een verticaal doorstroomd filter, moet na verloop van tijd gecontroleerd worden of het adsorberende substraat nog steeds goed werkt of dat het vervangen moet worden. In het ontwerp dient een minimale levensduur van het substraat te worden aangegeven.

Kort voordat deze is verstreken, dient de controle plaats te vinden.

8 Ondergrondse infiltratievoorzieningen

8.1 Werking en risico's

Bij ondergrondse infiltratiesystemen wordt het hemelwater opgevangen en stroomt het door leidingen naar de voorziening. Dit zijn permeabele constructies, waardoor het hemelwater in de bodem infiltreert. In het algemeen passeert het water eerst een put of kolk, waarin (het grovere) zand en slib wordt afgevangen. Dit is belangrijk om verstopping / het volraken van de voorziening met zand en slib te voorkomen. In de voorziening zelf kan ook nog slib bezinken / achterblijven. Het water met de opgeloste verontreinigingen (en mogelijk ook fijne deeltjes) infiltreert in de bodem en kan daar door reactie met de bodem worden gezuiverd. Zie hoofdstuk 2 voor een beschrijving van de processen. In een RIONED studie (zie voetnoot 2) is gekeken naar de effecten van ondergrondse infiltratie. Bij de belasting van de ondergrond speelt de mate waarin deeltjes de voorziening passeren, een belangrijke rol.

Ondergrondse voorzieningen zijn risicovoller aangezien ze dicht bij het grondwater liggen en de hydraulische belasting vaak hoog is, waardoor de reistijd naar het grondwater korter is en er dus ook minder tijd is voor zuiveringsprocessen (afbraak en adsorptie). Bovendien is de diepere bodem vaak armer van samenstelling dan de toplaag. Omdat de voorziening niet zichtbaar is, zijn de risico's bij calamiteiten groter en zijn illegale lozingen moeilijker waar te nemen dan bij bovengrondse infiltratie. Daarom moet ondergrondse infiltratie alleen worden toegepast als er geen andere mogelijkheden zijn en als de nadelen van niet infiltreren groter zijn dan de voordelen van wel infiltreren. Als deze techniek wordt geselecteerd, dient toepassing onder de volgende randvoorwaarden plaats te vinden:

- Niet dieper dan 3 m -maaiveld
- Geen directe infiltratie in het grondwater
- Geen infiltratieriolen toepassen gezien grotere kans op foutaansluitingen en snellere verspreiding van verontreiniging bij calamiteiten en illegale lozingen
- Zo nodig de bodemsamenstelling rond de filters aanpassen om voldoende adsorptiecapaciteit zeker te stellen

Er zijn veel verschillende typen van ondergrondse voorzieningen, die hieronder kort worden besproken. Verschillen in capaciteit worden per voorziening benoemd. Bij alle voorzieningen moet van tevoren bodemonderzoek worden gedaan om de beste optie te kiezen.

8.2 Toepasbaarheid op verschillende verontreinigingen

Bij ondergrondse infiltratie zal slib voor een groot deel achterblijven in de voorziening. De verwijdering van de opgeloste verontreinigingen is afhankelijk van de bodemsamenstelling. Deze moet voldoen aan minimale eisen, zie hiervoor tabel 2.1, eisen aan bermgrond, in verband met de relatief hoge hydraulische belasting. Gezien de grotere risico's is ondergrondse infiltratie alleen toegestaan voor categorie 1 en 2 emissies. In geval van categorie 2 emissies wordt

aanbevolen om de bodemsamenstelling rond de voorziening te verrijken met humusrijke grond als de aanwezige bodem niet voldoet aan de eisen voor bermgrond (zie tabel 2.1). Er kan worden aangesloten bij de eisen voor een wadibodem, dat wil zeggen een lutumgehalte van circa 1 % (of minder), humus circa 5 % en een pH tussen 6,0 en 8,0. De laag rondom de voorziening (radiaal en onderzijde) moet minimaal 0,5 m dik zijn. Het toevoegen van andere adsorberende additieven is ook een optie. In Den Bosch is een praktijkproef uitgevoerd waarbij ijzeroxide en actiefkool aan de grond zijn toegevoegd om verontreinigende stoffen te adsorberen. NB Bij genoemde opties voor verhoging van de bindingscapaciteit moet geverifieerd worden of de vereiste doorlatendheid in stand blijft.

8.3 Systemen, hydraulische capaciteit

8.3.1 Infiltratie-units (kratten, bollen)

Het regenwater wordt, na een zand-/slibvang, geleid naar infiltratiekratten of -bollen. De hydraulische capaciteit hiervan is afhankelijk van de grootte van de voorziening. De aanleg is gemakkelijker dan bij een infiltratieriool en ze kunnen flexibel worden gebruikt. Er is wel een zand-/slibvang nodig om verstopping van het systeem op diepte te voorkomen en vaak wordt om diezelfde reden rondom de unit een geotextiel aangebracht.

Ook is het nodig om een voldoende doorlatende onderlaag te hebben op de locatie, en een afstand tot de grondwaterstand om zowel de infiltratiecapaciteit optimaal te houden als ook de zuiveringscapaciteit. De aanleg van deze systemen is goedkoper dan riolen maar wel duurder dan putten. Ook is onderhoud lastiger uit te voeren.

8.3.2 Infiltratieputten en -koffers

Deze (zak)putten of koffers zijn ondergrondse structuren met ruimte voor wateropslag. Navolgend enkele voorbeelden van praktijktoepassingen in Gelderland (hierbij zitten twee voorbeelden met een grotere diepte dan het geadviseerde maximum van 3 m. Het opnemen van deze voorbeelden betekent niet dat wij afwijken van dit advies maar dit is gedaan om te illustreren wat er in de huidige praktijk gebeurt):

- Zakputten van 2,5 m diep, inwendige diameter 0,8 m, permeabele wand, eventueel 2 - 3 stuks gekoppeld, meestal voorzien van een bypass naar het riool, zand/slibvang via 1 of 2 kolken. Hierop kan 100 - 200 m² oppervlak worden aangesloten
- Putten van 2,5 - 4 m diepte, inwendige diameter 1 - 2 m. De put heeft gaten in de wand van 25 mm en is aan de buitenzijde omgeven door een doek met een maaswijdte van 1 mm. Om de put is 30 cm drainagezand aangebracht of grind 4-32 mm. De verwerkingscapaciteit is 20 mm/uur. Bij 4 m diepte kan 800 - 1.000 m² oppervlak worden aangesloten. Eveneens voorzien van een zand/slibvang
- Infiltratieputten en kratten op een diepte van 2 - 3 m -maaiveld. Slibverwijdering met een lamellenfilter
- Infiltratieputten met een diameter van 0,5 m, diepte 6 m. Het water loopt via straat- en trottoirkolken met een extra grote slibvang van 35 L

8.3.3 Infiltratieriolen

Infiltratieriolen mogen niet worden toegepast in grondwaterbeschermingsgebieden.

In uitzonderlijke gevallen kan hiervan worden afgeweken, bijvoorbeeld als duidelijk is dat foutaansluitingen en illegale lozingen volledig uitgesloten kunnen worden (maatwerk).

8.4 Verwijderingsrendementen

Er zijn geen concrete studies bekend van het totale verwijderingsrendement van ondergrondse systemen. Via afvang van slib kan een groot deel van de deeltjes-gebonden verontreiniging vooraf worden verwijderd. De verwijdering van de verontreinigingsvracht die wordt geïnfiltreerd is afhankelijk van de bodemsamenstelling rond de voorziening. Het is denkbaar dat het slib in de kolken ook een deel van de opgeloste verontreinigingen afvangt, maar hiervoor zijn geen onderbouwende onderzoeksresultaten gevonden.

8.5 Kosten

Door de veelheid aan mogelijkheden is het lastig om algemeen geldige uitspraken te doen over de kosten. Globaal kan voor het aanbrengen van ondergrondse infiltratie-voorzieningen van een gemiddelde omvang EUR 25 per m² verhard oppervlak worden gerekend (dit is, evenals bij de overige voorzieningen, exclusief toevoerleidingen en/of regenwaterriolen).

8.6 Monitoring, inspectie en onderhoud

Lamellenfilterputten dienen jaarlijks geïnspecteerd en gereinigd te worden. Kolken worden 2x (soms 1x) per jaar gereinigd.

Op langere termijn kan de doorlatendheid van de voorziening afnemen door het dichtslaan van het geotextiel (indien aanwezig) of eventueel de omringende bodem. Daarom wordt aanbevolen om de snelheid waarmee een voorziening leegloopt periodiek (globaal 1x/5 jaar) te controleren.

Als monitoring wordt minimaal het volgende aanbevolen:

- Onderzoek van de grond rondom de voorziening (laagsgewijs) nulonderzoek en na 10 jaar. Afhankelijk van de resultaten, de grond vervangen of een volgende controle inplannen na 5 of 10 jaar
- Onderzoek van het grondwater direct benedenstrooms van de voorziening: nulonderzoek en
- daarna om de 2 jaar. Afhankelijk van de resultaten de frequentie na 6 jaar zo nodig bijstellen
- Indien er meerdere voorzieningen aanwezig zijn in een gebied, kan de monitoring worden beperkt tot twee (of meer) representatieve locaties
- Aanvullend geeft een periodieke analyse van slib dat wordt verwijderd uit de zand-/slibvang inzicht in de mate van verontreiniging van het instromende hemelwater en de verwijdering van deze verontreinigingen met het slib (analyse 1x/jaar, van een representatieve kolk / put of van een mengmonster van meerdere kolken / putten)

9 Beoordeling van een nieuw product

9.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe een nieuw product beoordeeld moet worden. Hierbij wordt met name ingegaan op adsorberende materialen. Het is cruciaal dat een product is getest onder condities die representatief zijn voor de praktijk:

- De hydraulische verblijftijd: vaak is het water, vooral bij intensievere buien, maar korte tijd aanwezig in de voorziening. De verblijftijd van het water moet bij een matige neerslagintensiteit (circa 20 mm/h) door berekening worden onderbouwd
- De kwaliteit: in regenwater bevinden zich altijd meerdere verontreinigingen. Het is belangrijk dat proeven worden uitgevoerd met een mix van de meest relevante verontreinigingen, dit zijn zink, koper, chroom, enkele PAK (in elk geval fluorantheen en fenantheen) en fosfaat

- De proeven kunnen worden uitgevoerd met synthetische oplossingen van deze stoffen. In de praktijk is een belangrijk deel van de stoffen gebonden aan deeltjes, maar deze worden altijd wel verwijderd door filtratie in de voorziening zelf of in de bodem. Voor de werking van een techniek is de verwijdering van het opgeloste deel van de verontreiniging cruciaal, dit deel is potentieel mobiel
- Als concentratieniveau kan worden uitgegaan van de gemiddelde concentraties in de STOWA-database voor het toepassingsgebied (woongebieden, verkeerswegen, stadscentrum en bedrijven). Bij toepassing op bedrijfsterreinen moet specifiek getest worden op de aldaar aanwezige verontreiniging

Bij deze proefopzet met synthetisch regenwater is de opgeloste concentratie van een verontreiniging hoger dan in de praktijk, waarin meestal een deel in gebonden vorm aanwezig is. In de praktijk treden echter altijd fluctuaties op, er kunnen ook hogere concentraties aanwezig zijn dan gemiddeld en de omstandigheden kunnen in de praktijk minder ideaal zijn dan in het laboratorium.

9.2 Werkwijze

Het synthetische regenwater wordt samengesteld met behulp van zuivere laboratorium chemicaliën. Ter controle wordt een monster van het samengestelde water geanalyseerd door een geaccrediteerd laboratorium. Gebruikelijke voorschriften voor verpakking en conservering van monsters dienen in acht te worden genomen.

Het effect van de verblijftijd wordt onderzocht door meerdere schudproeven in te zetten met een mengsel van het zuiverende substraat en het synthetische regenwater, bij een vloeistof / vaste stof verhouding van 10. Na verschillende contacttijden, waarbij in elk geval de minimale en de maximale verblijftijd in beeld worden gebracht, worden monsters genomen van de waterfase.

Deze monsters worden gefiltreerd over daartoe geëigende membraanfilters³¹, alleen de opgeloste verontreinigingen worden dus bepaald (het niet gefiltreerde water kan ook deeltjes van het onderzochte substraat bevatten). Bij iedere monsternamen, die bijvoorbeeld na 5, 15, 30 en 60 minuten plaatsvindt of andere relevante tijdstippen, afhankelijk van de hydraulische verblijftijd in de praktijk, wordt een van de schudproeven beëindigd. Uit deze proefserie volgt de optimale verblijftijd en de minimale verblijftijd waarbij wordt voldaan aan de eisen van het Infiltratiebesluit. Een tweede proefserie heeft als doel om vast te stellen hoe lang het duurt voordat het materiaal is verzadigd. Hiertoe moet eerst worden berekend hoeveel water het systeem zal verwerken gedurende de gewenste levensduur. Als de gewenste levensduur bijvoorbeeld 20 jaar is en het systeem 3,5 m³/jaar moet verwerken via een oppervlak van 1 m², een laagdikte van 20 cm en een situ-dichtheid van 1.500 kg/m³, dan is de vloeistof/vaste stof verhouding na 1 jaar 11,7 (L/kg of m³/ton) en na 20 jaar 233.

De proef wordt uitgevoerd in de vorm van een vijftraps cascade-schudproef³², waarbij hetzelfde substraat na verwijdering van de vloeistof achtereenvolgens 5x wordt geschud met het synthetische regenwater. In dit voorbeeld wordt bij elke stap een vloeistof / vaste stof verhouding van 50 aangehouden, bij een verblijftijd per stap die volgt uit de voorgaande resultaten. Aan het eind van deze proef is de cumulatieve vloeistof / vaste stof verhouding opgelopen tot 250.

Door het water na elke stap te analyseren, kan worden vastgesteld wanneer verzadiging optreedt. Afhankelijk van de uitkomsten kan zo nodig het ontwerp worden aangepast (bijvoorbeeld dikkere of dunner laag, levensduur aanpassen).

³¹ NB: voor metalen en PAK verschillende filters gebruiken; Voor PAK zijn Schleicher & Schuell RC90 filters geschikt.

³² Qua werkwijze kan NEN 7349 als basis dienen, echter voor de samenstelling van het water, de L/S-verhouding en het type filters de aanwijzingen in dit hoofdstuk volgen

Een nieuw materiaal kan ook in de praktijk worden getest maar dan is het praktisch gezien vrijwel onmogelijk om de levensduur vast te stellen. Daar gaan immers vele jaren overheen. Daarom moet de levensduur door laboratoriumonderzoek worden onderbouwd en in de praktijk door monitoring worden geverifieerd.

10 Conclusies

In deze bijlage zijn technieken voor de behandeling van afstromend hemelwater beschreven in de vorm van productbladen. Hierin is informatie opgenomen over werkingsprincipe, ervaring, toepasbaarheid, capaciteit, ontwerp, een indicatie van de directe kosten, onderhoud, inspectie en aanwijzingen voor de monitoring.

Reinigende voorzieningen zijn bedoeld voor de behandeling van categorie 2 en 3 emissies. Technieken die geschikt zijn voor categorie 2 emissies zijn: bodem-/berminfiltratie (bodempassage), infiltratiebassins, infiltratiesloten, horizontaal doorstroomde helofytenfilters, ondergrondse infiltratievoorzieningen (alleen indien bovengrondse technieken niet mogelijk zijn). Technieken die geschikt zijn voor categorie 3 emissies zijn: adsorberende (funderings)lagen, reinigende wegberm, wadi's en verticaal doorstroomde helofytenfilters. Olie-adsorberende geotextielen kunnen alleen in combinatie met andere technieken worden toegepast, tenzij minerale olie de enige verontreiniging is. Als de risico's op calamiteiten beperkt zijn, kan berminfiltratie of het gebruik van infiltratiebassins ook worden ingezet voor categorie 3 emissies, mits de bodemsamenstelling geschikt is of geschikt wordt gemaakt. Categorie 3 technieken zijn ook bruikbaar voor een lichtere categorie maar dit is in het algemeen niet kosten-efficiënt.

Voor categorie 1 emissies is geen behandeling nodig, maar er zijn wel enkele randvoorwaarden qua bodemsamenstelling en beperkingen aan ondergrondse infiltratie.

De beschrijvingen/eisen hebben primair betrekking op de zuiverende werking van de techniek. Gebruikelijke eisen die aan een techniek of constructie worden gesteld, bijvoorbeeld hydraulische en civieltechnische eisen, worden niet expliciet besproken. Er worden alleen zwaardere eisen dan gebruikelijk gesteld aan de berging, namelijk 20 mm (op te vatten als 20 mm dat per dag verwerkt moet kunnen worden in de voorziening; categorie 1 water eventueel 10 mm indien de ruimte voor 20 mm ontbreekt).

Cruciale ontwerpparameters voor de verschillende zuiverende voorzieningen zijn:

1. Bodem-/berminfiltratie: het organische stof- en lutumgehalte van de grond en de pH. Als laagdikte wordt uitgegaan van 0,5 m, bermbreedte (minimaal) 1 m
2. Wadi's, infiltratiebassins en – sloten: als boven. Zeker in geval van categorie 3 emissies worden aan wadi-bodems hogere eisen gesteld dan bij berminfiltratie
3. Helofytenfilters: oppervlaktebelasting 0,2 m³ water/m²,dag. Bij verticale doorstroming ook eisen stellen aan de bodemkwaliteit (zie 1) of een adsorberende laag
4. Adsorbentia, anders dan grond: adsorptie-capaciteit moet op basis van voor regenwater relevante condities worden onderbouwd door de leverancier. Eventueel actiefkool toevoegen als adsorbens alleen metalen verwijdt
5. Reinigende wegberm: Uitgaan van specificaties leverancier. Is al uitgebreid onderzocht
6. Ondergrondse voorzieningen: kwaliteit omringende bodem (zie 1), deze zo nodig verbeteren

Voor meer details wordt verwezen naar de productbladen.

Bijlage 9 Monitoring

Nulsituatie

In veel gevallen wordt het hemelwater via de bodem geïnfiltreerd. Bekend is dat een groot deel van de verontreinigingen aan deeltjes is gebonden en dat stoffen vaak sterk adsorberen. Daarom treedt vooral in de toplaag ophoping van verontreinigingen plaats. Het is daarom van belang om de toplaag van 0-10 cm separaat te onderzoeken (als er sprake is van bodeminfiltratie (passage) zonder aanvullende voorzieningen).

De kosten van de monitoring moeten in verhouding staan tot de risico's van het infiltreren. Vaak worden meerdere overeenkomstige voorzieningen (zoals wadi's) op verschillende plaatsen aangelegd. Het is dan niet nodig om elke locatie afzonderlijk te onderzoeken maar men kan er 1 of 2 uitkiezen die representatief zijn qua bodemopbouw en belasting. Eventueel kan ook een worst case locatie worden gekozen (hoogste belasting en/of armste bodem).

Voor de nulsituatie zijn zowel de vaste bodem als het grondwater van belang. De nulsituatie van het grondwater kan worden vastgelegd met de eerste bemonstering van de peilbuizen die ook voor de verdere monitoring worden gebruikt. Het nulsituatie onderzoek van de vaste bodem wordt navolgend beschreven. Dit kan achterwege blijven als er sprake is van een specifieke voorziening, bijvoorbeeld met adsorberend materiaal. Het grootste deel van de verontreiniging zal dan in deze voorziening worden afgevangen. Grondwatermonitoring blijft ook in dit geval van belang. Als reeds eerder een bodemonderzoek is uitgevoerd op de locatie, dan moet zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van de beschikbare gegevens. Gezien de geringe belasting wordt een nulonderzoek van de vaste bodem niet noodzakelijk geacht bij infiltratie van categorie 1 met geringe emissies en categorie 2 beperkte emissies bodeminfiltratie, wel bij berminfiltratie van categorie 2 beperkte emissies. Bij infiltratie van categorie 3 met significante emissies wordt geadviseerd altijd een nulonderzoek uit te voeren.

Nulsituatie vaste bodem bij infiltratie vanaf het oppervlak

Bij voorkeur wordt de nulsituatie vastgesteld voordat de infiltrerende voorziening wordt aangelegd. De locatiespecifieke bodem- en grondwaterkwaliteit worden vastgesteld door middel van de uitvoer van een verkennend onderzoek volgens hieronder beschreven werkwijze. Deze strategie is gebaseerd op de NEN 5740, strategie onverdacht. Het vooronderzoek moet uitwijzen of de locatie ook daadwerkelijk onverdacht is voor het voorkomen van bodemverontreiniging. Indien de locatie niet onverdacht is, dient de onderzoeksstrategie hierop te worden aangepast.

Het aantal boringen dat moet worden uitgevoerd is afhankelijk van de oppervlakte van de infiltrerende voorziening. Er wordt voor het aantal uit te voeren boringen aangesloten bij de NEN 5740, strategie onverdacht.

De grond wordt bemonsterd in het traject 0-0,1; 0,1-0,25; 0,25-0,5 en 0,5-1 m -mv of per afwijkende bodemlaag. Van de lagen worden (meng)monsters geanalyseerd op het standaardpakket grond. Het aantal te analyseren grondmonsters is aangegeven in de NEN 5740, strategie onverdacht. Er worden minimaal 4 (meng)monsters geanalyseerd: van de grond van 0 tot 0,1; 0,1 tot 0,25; 0,25 tot 0,50 m -mv en 0,5 tot 1 m -mv. Bij grotere oppervlakte van de locaties worden meer monsters geanalyseerd. Van de minimale situatie (4 mengmonsters en 3 peilbuizen in de freatische zone), worden de kosten geschat van het nulsituatieonderzoek op EUR 5.000,00 (inclusief vooronderzoek; dit zal niet altijd nodig zijn).

Als er sprake is van een diepe grondwaterstand (bijvoorbeeld >5 m -mv), dan kan het aantal peilbuizen worden verminderd tot 2. Ook kan worden nagegaan of gegevens van bestaande peilbuizen van het drinkwaterbedrijf bruikbaar zijn voor het vastleggen van de nulsituatie van het diepere grondwater.

NB: In een wadibodem wordt vaak speciaal geprepareerde grond toegepast. Het is dan voldoende om bij de aanleg 1 mengmonster van deze grond te analyseren, deze hoeft niet laagsgewijs te worden onderzocht.

Nulsituatie vaste bodem bij ondergrondse infiltratie

Het voorgaande geldt bij bodem- en beminfiltratie, infiltratie via wadi's of verticaal doorstroomde helofytenfilters. Als er sprake is van infiltratie op grotere diepte via filters en dergelijke, moet een andere strategie worden gehanteerd. De bodem rondom het infiltrerend oppervlak wordt dan bemonsterd in lagen van 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6 en 0,6-1 m, loodrecht op het infiltrerend oppervlak. Ook in deze situatie dienen mengmonsters te worden samengesteld. Per voorziening moeten minimaal 4 deelmonsters worden genomen, die samengesteld worden tot 1 mengmonster per laag.

Monitoring van de vaste bodem

De risico's van infiltratie van afstromend hemelwater moeten primair worden beoordeeld op basis van monitoring van het grondwater. In situaties dat bodempassage (inclusief bermen, wadi's) de zuiverende voorziening vormt, is het zinvol om met een lage frequentie ook de kwaliteit van de vaste bodem te onderzoeken. Het kan namelijk nodig zijn om de toplaag (bij verzadiging) te vervangen. Daarom wordt aanbevolen om na 20 - 25 jaar toepassing het nulonderzoek te herhalen (Een alternatief is om niet te meten, maar standaard na 25 jaar de toplaag van een berm te vervangen.

Dit zo mogelijk in combinatie met onderhoud van de weg). Afhankelijk van de kwaliteit, kan besloten worden om de toplaag te vervangen of om bijvoorbeeld 5 - 10 jaar later de controle te herhalen.

In geval van ondergrondse infiltratie, vindt de eerste monitoringsronde van de vaste bodem rondom de infiltratie-zone 10 jaar na de aanleg plaats. Dit omdat ondergrondse infiltratie meer risico's heeft.

Indien in een woonwijk meerdere voorzieningen zijn (bv bermen, wadi's, infiltratie-putten) met een overeenkomstige belasting, dan kan de controle worden beperkt tot de aantallen vermeld in tabel B.1.

Een berm wordt op dezelfde manier bemonsterd als bij het nulonderzoek (laagsgewijs). Er wordt minimaal 1 deelmonster genomen per 50 m weglengte, deze deelmonsters worden samengevoegd tot een mengmonster (per laag) per 500 m weglengte (als de weg korter is dan 500 m, dan wordt de afstand tussen de deelmonsters verkleind, zodat het aantal van minimaal 10 deelmonsters wordt gehandhaafd).

Aangezien het meeste water direct naast de verharding zal infiltreren, wordt er onderscheid gemaakt in 2 stroken, namelijk 0-30 cm vanaf de verharding en 30 - 100 cm vanaf de verharding. Hierdoor moeten dus minimaal 2 mengmonsters per laag worden onderzocht. Indien er binnen een wegtracé grote verschillen zijn in verkeersintensiteit, dan dient er bij de monsternamen een onderverdeling gemaakt te worden.

Voor een wadi geldt dat het voldoende is om 1 mengmonster per laag te onderzoeken. Hierbij kan de verdeling van het nulsituatieonderzoek worden aangehouden. Echter als een speciaal geprepareerde laag aanwezig is direct op de bodem, dan moet rekening worden gehouden met de dikte hiervan. Als deze bijvoorbeeld 30 cm dik is, dan wordt de volgende verdeling aangehouden: 0 tot 0,1; 0,1 tot 0,3; 0,3 tot 0,50 m -mv en 0,5 tot 1 m -mv (als de laag 50 cm dik is, dan hoeft de verdeling uit paragraaf

6.2.3 niet te worden aangepast). Als de geprepareerde laag op een drainage-koffer is aangebracht, dan wordt alleen de geprepareerde grond onderzocht. Er moet verder rekening worden gehouden met mogelijk grote verschillen binnen een wadi, zie voor meer details het productblad.

Ondergrondse infiltratievoorzieningen worden op dezelfde manier bemonsterd als bij het nulonderzoek.

Het aantal te onderzoeken voorzieningen en mengmonsters is samengevat in tabel Bg.1

Voorziening	1 - 10	>10	Mengmonster(s)
Berm	Minimaal 1	10 %, minimaal 2	2 per 500 m, per laag
Wadi e.d.	Minimaal 1	10 %, minimaal 2	1 per wadi, per laag. Zie ook productblad
Ondergronds	Minimaal 2	20 % ³³ , minimaal 3	1 per voorziening, per laag

Tabel Bg.1 Selectie aantal te onderzoeken voorzieningen bij gelijkwaardig ontwerp en belasting

Monitoringsprotocollen per voorziening

Navolgend wordt de monitoring per voorziening beschreven. Het doel van de monitoring is de verificatie van de werking van de voorziening voor de behandeling van afstromend hemelwater. Als subdoel wordt door middel van monitoring onderzocht wanneer vervanging of onderhoud nodig is.

Het analysepakket voor de waterfase (veelal grondwater, in geval van een helofytenfilter kan het ook oppervlaktewater betreffen, soms kan ook het infiltrerende water worden onderzocht) wordt in tabel Bg.2 beschreven. Naast een basispakket zijn er additionele parameters voor wegen. Het basispakket is voor alle technieken/ categorieën gelijk. Afhankelijk van het type water dat wordt onderzocht, kunnen voorbehandelings- en analysemethoden verschillen. Voor grondwaterbemonstering en analyse moet worden uitgegaan van de eisen van het Besluit bodemkwaliteit (SIKB BRL 2000 en richtlijn AS3000). Wanneer de kwaliteit van het infiltrerende hemelwater getoetst wordt aan de eisen van het Infiltratiebesluit, moet worden uitgegaan van gefiltreerde monsters, zie ook verderop in deze bijlage.

Er vindt geen monitoring plaats bij infiltratie van categorie 1 geringe emissies en categorie 2 beperkte emissie bodeminfiltratie, wel bij berminfiltratie van categorie 2 beperkte emissies. In het laatste geval wordt alleen de kwaliteit van de vaste bodem na circa 25 jaar onderzocht.

³³ Indien >20 voorzieningen aanwezig zijn, het percentage verlagen naar 15

Parameter	Wanneer	Motivatie
pH, E.C.	Altijd	Algemene karakterisering
P, Ammonium-N, DOC	Altijd	Nutriënten, organische stof
Cu, Cr, Pb, Zn	Altijd	Belangrijkste metalen
PAK	Altijd	Algemeen voorkomend
Cl, totaal-CN	Wegen	Emissie strooizout
Minerale olie	(Altijd)	In woongebieden niet altijd relevant, eventueel na evaluatie schrappen
As, Cd, Ni	Bedrijven, hoofdwegen	Verhoogde concentraties mogelijk
MTBE/ETBE	Omgeving tankstations	Relatief mobiele componenten van benzine
Overig	Bedrijven	Activiteit bedrijf beoordelen

Tabel B9.2 Overzicht grondwateranalyses, pakket varieert per locatie

Behandeling van afstromend water in wadi's of verticale helofytenfilters

Afstromend hemelwater kan worden geïnfiltreerd via wadi's en verticaal doorstroomde helofytenfilters. In deze systemen zal de verontreiniging zich grotendeels ophopen in de toplagen, deze moeten periodiek met een lage frequentie worden geanalyseerd, zie hiervoor monitoring van de vaste bodem (Overwegen om bij wadi's en dergelijke onderscheid te maken tussen monsters rond de instroomopeningen en monsters op grotere afstand (van beide aparte mengmonsters onderzoeken, eventueel in combinatie met XRF-analyse). Daarnaast moet via onderzoek van het grondwater worden onderzocht of de voorziening in voldoende mate functioneert. Het grondwateronderzoek wordt navolgend beschreven.

Met een tussenafstand van 100 meter worden *direct* benedenstrooms, tegen de voorziening aan, minimaal 2 peilbuizen (Afhankelijk van het bodemtype kan de open boorgatmethode, zoals toegepast in het landelijk meetnet effecten mestbeleid (LMM), een alternatief zijn voor bepaling van de kwaliteit van het bovenste grondwater. Dit is echter geen geaccrediteerde methode volgens het Besluit bodemkwaliteit) geplaatst met de bovenkant van het peilfilter circa 0,5 m onder de grondwaterspiegel (uitgaande van de GLG). Dit omdat het van belang is de kwaliteit van het bovenste gedeelte van het grondwater vast te stellen. Hierin zal als eerste eventueel verontreiniging optreden. In aanvulling hierop wordt (indien mogelijk) circa 30 meter bovenstrooms van de infiltratievoorziening eveneens een peilbuis geplaatst om de kwaliteit van het instromende grondwater vast te stellen. Plaatsing van de peilbuizen en monsterneming moeten worden uitgevoerd volgens richtlijn SIKB BRL 2000 en onderliggende protocollen. Het totaal aantal peilbuizen is afhankelijk van de omvang van de voorziening. Indien echter duidelijk is dat de belasting en bodemkwaliteit weinig varieert, kan volstaan worden met monitoring van een gedeelte van de voorziening. Het aantal benedenstroomse peilbuizen dat moet worden gemonitord is minimaal 2, het aantal bovenstroomse peilbuizen is minimaal 1.

Voor deze situatie en het analysepakket zoals weergegeven in tabel Bg.2 worden de kosten voor de uitvoer van de grondwatermonitoring geschat op EUR 2.750,00 uitgaande van een relatief ondiepe grondwaterstand. Indien meerdere gelijkwaardige voorzieningen aanwezig zijn volstaat monitoring van een selectie, zie tabel Bg.1 voor richtlijnen.

Omdat de belasting van hemelwater relatief laag is, volstaat monitoring met een lage frequentie. We stellen voor elke 5 jaar de peilbuizen eenmaal te bemonsteren in de maand maart. Deze maand volgt na de winterperiode met veel neerslag en veel afvoer van hemelwater.

Uit kostenoverwegingen kan men ervoor kiezen om na het nulonderzoek de kwaliteit van het bovenstroomse water niet meer te controleren. Dit dient weer opgepakt te worden als benedenstrooms concentraties van verontreinigingen toenemen.

Naast de chemische kwaliteit van water of bodem kan het ook van belang zijn om de infiltrerende werking van tijd tot tijd te controleren, aangezien systemen verstopt kunnen raken. Het onderhoud is nader omschreven in de productsheets.

Behandeling van afstromend hemelwater in zuiverende voorzieningen

In een zuiverende constructie, zoals de reinigende wegberm, stroomt het hemelwater door een laag van adsorberend materiaal. De werking kan worden gemonitord door monsterneming van in- en uitstromend hemelwater. Hiervoor zullen bij aanleg voorzieningen aangebracht moeten worden, bijvoorbeeld goten of straatkolken van waaruit een monster genomen kan worden. Dit moet als eis worden gehanteerd bij toepassing van nieuwe technieken, voor bewezen technieken is dit niet noodzakelijk. Monsterneming is alleen zinvol tijdens regenval. Het installeren van automatische, volume-proportionele bemonsteringsapparatuur is ideaal, maar dit is voor routinedoeleinden niet haalbaar. Aangezien de belasting van hemelwater sterk kan variëren, dient monsterneming 2x per jaar plaats te vinden. Dit geldt voor een periode van 3 jaar. Als de werking van het systeem voldoende is bewezen, dan kan deze monitoring vervallen en kan verder worden gegaan met monitoring van alleen het grondwater.

Voor helofytenfilters geldt dat gedurende 3 jaar na de opstart in totaal 6x in- en uitstromend water moet worden bemonsterd, in verschillende seizoenen. Bemonstering moet plaatsvinden bij representatieve hydraulische verblijftijden (dus tijdens of meteen na regenval). Als voldaan wordt aan de ontwerpendementen, kan verdere bemonstering achterwege blijven. Voor verticale filters met een adsorberende laag is onderzoek van het uitstromende water tegen de tijd dat verzadiging van het adsorbens wordt verwacht, zinvol. Als dat mogelijk is, kan onderzoek van het adsorbens zelf achterwege blijven.

Er wordt meer inzicht verkregen in de werking van het systeem als in- en uitstromend water zowel ruw als na filtratie (over een membraanfilter 0,45 µm) worden geanalyseerd. Dit geldt met name voor zware metalen en organische verontreinigingen. Aangezien organische verontreinigingen sterk kunnen hechten aan kunststoffen, zijn hiervoor speciale filters nodig. Onderzoek heeft aangetoond dat filters van geregenereerd cellulose (zoals RC55 van Schleicher & Schuell) geschikt zijn. De filtratie-apparatuur dient eveneens inert te zijn, ongecoat RVS, porselein of glas zijn geschikte materialen.

Als een directe monsterneming van in- en uitstromend hemelwater van een zuiverende voorziening niet uitvoerbaar is, kan dezelfde strategie worden aangehouden als bij wadi's, dus peilbuizen direct benedenstrooms en bovenstrooms van de voorziening plaatsen. In geval van systemen waarmee nog weinig of geen ervaring is, wordt gestart met een onderzoeksfrequentie van 1x per 2 jaar (in maart). Deze frequentie wordt in beginsel gedurende 10 jaar aangehouden. Systemen die al bewezen zijn, worden bemonsterd met een frequentie van 1x per 5 jaar.

Een adsorbens zal na verloop van tijd verzadigd raken en moet dan vervangen worden. Hiervoor kan een vaste termijn aangehouden worden (op basis van specificaties van de leverancier) maar omdat de belasting van hemelwater in de praktijk varieert, is het zinvol om de werking tegen het verwachte einde van de levensduur te controleren. Dit kan door:

- Onderzoek kwaliteit in- en uitstromend water
- Als dit praktisch niet uitvoerbaar is, een monster nemen van het adsorbens en de werking in het laboratorium controleren

Ondergrondse infiltratie

Voor ondergrondse infiltratie gelden dezelfde basisrichtlijnen als voor wadi's, zie voorgaand. Er kan echter sprake zijn van meerdere puntbronnen (zoals infiltratieputten), hierop moet de strategie van de plaatsing van de peilbuizen worden aangepast. Voor het aantal te onderzoeken deellocaties zie tabel B7.1. Omdat de risico's van ondergrondse infiltratie groter zijn, wordt gestart met een frequentie van 1x per 2 jaar (monsterneming in maart).

Nieuwe technieken/maatwerktoeepassingen

Als technieken worden toegepast waarmee nog geen praktijkervaring is opgedaan of toepassingen afwijken van de vastgelegde regelgeving, dan moet, net als bij ondergrondse infiltratie, intensiever worden gemonitord. Er wordt uitgegaan van een frequentie van de grondwaterbemonstering van 1x per 2 jaar.

Samenvatting

Tabel B9.3 bevat een overzicht van de vereiste monitoringsinspanningen per techniek. Hierbij gelden de volgende kanttekeningen:

- Locaties in categorie 1 met geringe emissies worden niet gemonitord. Alleen moeten (als geen gegevens bekend zijn of als de bodemsamenstelling hier aanleiding toe geeft) humus- en lutumgehalten worden gecontroleerd
- Bij meerdere overeenkomstige voorzieningen is monitoring van 1 of 2 deellocaties voldoende
- De monitoring moet regelmatig worden geëvalueerd
- Voor details omtrent de monitoring wordt verwezen naar de voorgaande informatie
- Een alternatief voor monitoring van de vaste fase (bodem of adsorbentia) kan zijn om deze na afgesproken termijnen te vervangen

Techniek / categorie	Nulonderzoek Vaste fase	Nulonderzoek Grondwater	Verdere monitoring Vaste fase	Verdere monitoring Grondwater
Cat 1 en bodeminfiltratie cat 2	Nee	Nee	Nee	Nee
Berminfiltratie cat ≥2, bodeminfiltratie cat 3, wadi's in oorspr. bodem	Ja	Ja	Na ca. 25 jr., wadi na 20 jr	1x per 5 jr
Wadi met geprepareerde toplaag	Geprep. toplaag	ja	Toplaag na 20 jr	1x per 5 jr

Techniek / categorie	Nulonderzoek Vaste fase	Nulonderzoek Grondwater	Verdere monitoring Vaste fase	Verdere monitoring Grondwater
Reinigende wegberm en vgl adsorbentia	Nee	Ja	Ads. bij einde levensduur	1x per 5 jr ³⁴
Verticaal helofytenfilter met ads. laag	Nee	Nee	Als boven ³⁵	Water in/ uit ³⁶
Horizontaal helofytenfilter	Nee	Nee	Nee	Water in/ uit
Infiltratieput e.d.	Ja	Ja	Na ca. 10 jaar	1x per 2 jr
Nieuwe technieken	Ja	Ja	Ja/Nee ³⁷	1x per 2 jr ³⁸

Tabel B9.3 Samenvatting monitoring. Genoemde tijdsperioden voor onderzoek vaste fase zijn indicatief

Diepe grondwaterstanden

Als het grondwater op grote diepte aanwezig is, bijvoorbeeld 10 m -mv, dan kan het lang duren voordat een eventueel negatief effect tot uiting komt. In veel gevallen zal dit echter niet het geval zijn, aangezien infiltratie-voorzieningen een hoge hydraulische belasting hebben. De neerwaartse percolatie-snelheid van het water neemt hierdoor sterk toe, waardoor dezelfde onderzoeks-frequenties kunnen worden aangehouden als eerder aangegeven.

Navolgend wordt een *suggestie* gedaan voor onderzoek in situaties waarin ondergrondse infiltratie wordt toegepast met een relatief lage hydraulische belasting of als het lastig is om het diepe grondwater te bemonsteren. Dit is geen standaard monitoring, of dit zinvol is moet per situatie worden beoordeeld.

Houdt binnen 10 jaar na aanleg een bemonsteringscampagne waarbij zowel het slib dat zich gedurende 1 jaar in de voorziening ophoopt (aan het begin van de meetperiode moet deze worden schoongemaakt), de omringende of onderliggende bodem als het infiltrerende hemelwater worden onderzocht. Het hemelwater wordt gedurende 1 jaar op minstens 3 verschillende tijdstippen bemonsterd en onderzocht. Analyses vinden zowel voor als na filtratie plaats. Door de verschillende gegevens te combineren kan een massabalans worden opgesteld en kan worden afgeleid welk deel van de aanwezige verontreiniging achterblijft in slib en omringende bodem.

Toetsing van de resultaten is mogelijk door de concentraties in het infiltrerende water na filtratie te toetsen aan de eisen uit het Infiltratiebesluit. Daarnaast kan de concentratie in het infiltrerende

³⁴ Alternatief kan zijn om de kwaliteit van (in- en) uitstromend water te controleren, maar dit is praktisch gezien niet eenvoudig uitvoerbaar

³⁵ Alternatief kan zijn om de kwaliteit van uitstromend water te controleren tegen de tijd dat het adsorbens verzadigd kan zijn, als dit water niet (allemaal) in de bodem infiltreert

³⁶ Als het uitstromende water niet onderzocht kan worden, dan grondwater monitoren

³⁷ Nee als de nieuwe techniek niet gebaseerd is op bodempassage en als uit de monitoring blijkt dat deze goed werkt. Anders Ja

³⁸ Tevens de werking direct aantonen door in- en uitstromend hemelwater te onderzoeken gedurende de eerste 3 jaar (2x per jaar)

water, die is berekend op basis van de massabalans, worden getoetst aan de eisen van het Infiltratiebesluit.

Normen grond en grondwater

In tabel B9.4 zijn de normen vermeld uit het Infiltratiebesluit bodembescherming (bijlage 1) plus de streef-, tussen- en interventiewaarden voor grondwater. De streef- en interventiewaarden zijn overgenomen uit de Circulaire Bodemsanering (per 1 juli 2013, bijlage 1). De tussenwaarde (T-waarde) heeft geen formele status, maar is de waarde tussen de streef- en interventiewaarde. De waarden uit het infiltratiebesluit zijn bedoeld voor de toetsing van water dat (na behandeling) in de bodem wordt geïnfiltrerd. De T-waarden zijn bruikbaar voor de beoordeling van het grondwater, rekening houdend met de eerder gemaakte opmerkingen. De streefwaarden en interventie-waarden zijn voor de volledigheid bijgevoegd. Als de interventiewaarden worden overschreden is er sprake van een geval van ernstige bodemverontreiniging, mits het volume van de verontreiniging meer dan 25 m³ bodemvolume of 100 m³ poriënverzadigd bodemvolume in het geval van een grondwaterverontreiniging bedraagt.

Er zijn geen eisen voor pH, geleidbaarheid en DOC en er zijn beperkte eisen voor chloride (geen T- of I-waarde), fosfaat en stikstof (alleen eisen uit het Infiltratiebesluit). In grondwater kunnen deze stoffen dus niet direct worden getoetst. Veranderingen in de tijd geven echter wel inzicht in de effecten van infiltratie van afstromend hemelwater.

Metalen	Infiltratiebesluit	Streefwaarde	Tussenwaarde	Interventiewaarde
Arseen (As)	10	7,2	33,6	60
Cadmium (Cd)	0,4	0,06	3,0	6
Chroom (Cr)	2	2,5	16,3	30
Koper (Cu)	15	1,3	38,2	75
Nikkel (Ni)	15	2,1	38,6	75
Lood (Pb)	15	1,7	38,4	75
Zink (Zn)	65	24	412	800

Overige verbindingen	Infiltratiebesluit	Streefwaarde	Tussenwaarde	Interventiewaarde
Cyanide totaal (CN (tot))	10	-	-	-
Cyanide complex	-	10	755	1.500
Minerale olie	200	50	325	600

Chloride	200 mg/l ³⁹	100 mg/l	-	-
Fosfaat als P	400	-	-	-
Ammonium-N	2,5 mg/l	-	-	-

PAK	Infiltratie- besluit	Streef- waarde	Tussen- waarde	Interventie- waarde
Naftaleen	0,1	0,01	35	70
Fenantreen	0,02	0,003	2,5	5
Antraceen	0,02	0,0007	2,5	5
Chryseen	0,02	0,003	0,1	0,2
Fluorantheen	$\Sigma 0,1$ ⁴⁰	0,003	0,5	1
Benzo(a)antraceen	$\Sigma 0,1$	0,0001	0,25	0,5
Benzo(a)pyreen	$\Sigma 0,1$	0,0005	0,025	0,05
Benzo(k)fluorantheen	$\Sigma 0,1$	0,0004	0,025	0,05
Indeno(1,2,3cd) peryleen	$\Sigma 0,1$	0,0004	0,025	0,05
Benzo(ghi)peryleen	$\Sigma 0,1$	0,0003	0,025	0,05
PAK's (totaal) (som 10)	$\Sigma 0,1$	-	-	-

Tabellen B9.4 Overzicht normen Infiltratiebesluit en grondwater in µg/l, tenzij anders vermeld

In tabel B9.5 zijn de achtergrond-, tussen- en interventiewaarden voor grond weergegeven. De waarden voor grond zijn bodemtype-afhankelijk en gebaseerd op een standaardbodem met een lutum percentage van 25 % en een organische stof percentage van 10 %. Bij de beoordeling van de kwaliteit van de bodem worden de gemeten gehalten middels een bodemtypecorrectie omgerekend naar standaardbodem. De wijze van omrekening is beschreven in bijlage G onderdeel III van de Regeling bodemkwaliteit.

Als toetsingscriterium voor de grond wordt uitgegaan van de I-waarde als maximum. Als deze wordt overschreden, is er niet alleen formeel sprake van bodemverontreiniging (bij een volume van > 25

³⁹ Voor 70 dagen/ jaar is een concentratie van 300 mg/l toegestaan. Overigens blijkt uit onderzoek dat chloride (als gevolg van het gebruik van strooizout) geen bedreiging vormt voor de drinkwaterkwaliteit

⁴⁰ Deze somwaarde geldt voor fluorantheen plus de daaronder vermelde PAK

m³), maar er kunnen ook reële risico's ontstaan, bijvoorbeeld voor kinderen die spelen in wadi's in woonwijken. Echter, als uit grondwateronderzoek blijkt dat de concentraties ontoelaatbaar hoog worden en de zuivering berust op bodempassage, moet de grond sowieso vervangen worden, ook als de gehalten nog onder de interventie-waarde liggen.

Metalen	Achtergrondwaarde	Tussenwaarde	Interventiewaarde
Arseen (As)	20	48	76
Cadmium (Cd)	0,60	6,8	13
Chroom (Cr)	55	-	-
Chroom III	-	-	180
Chroom VI	-	-	78
Koper (Cu)	40	115	190
Nikkel (Ni)	35	67,5	100
Lood (Pb)	50	290	530
Zink (Zn)	140	430	720

Overige verbindingen	Achtergrondwaarde	Tussenwaarde	Interventiewaarde
Cyanide complex	5,5 ⁴¹	27,8	50
Minerale olie	190	2.595	5.000

PAK	Achtergrondwaarde	Tussenwaarde	Interventiewaarde
PAK's (totaal) (som 10)	1,5	20,8	40

Tabellen B9.5 Overzicht normen grond in mg/kg ds voor standaardbodem (10 % organische stof en 25 % lutum)

⁴¹ Het gehalte cyanide-complex is gelijk aan het gehalte cyanide-totaal minus het gehalte cyanide-vrij, bepaald conform NEN-EN-ISO 14403-1:2012, NEN-EN-ISO 14403-2:2012 en NEN-EN-ISO 17380:2013. Indien geen cyanide-vrij wordt verwacht, mag het gehalte cyanide-complex gelijk worden gesteld aan het gehalte cyanide-totaal (en hoeft dus alleen het gehalte cyanide-totaal te worden gemeten)

Colofon

Opdrachtgever: Provincie Utrecht
Vastgesteld door GS op: 4 juni 2024

Status: Definitief

Referentienummer: R001-1282957JZE-V04-rlk-NL

Auteurs:

Marian Langevoort / Tauw

Joanne van 't Zelfde / Tauw

Opmaak: Marjet van Rietschoten / Provincie Utrecht

Contact:

Vragen, opmerkingen en suggesties zijn welkom. Deze kunt u sturen naar grondwaterbescherming@provincie-utrecht.nl.

Bronvermelding:

Het overnemen van gegevens uit deze leidraad is toegestaan, mits bronvermelding wordt toegepast: Leidraad afkoppelen en infiltreren afstromend hemelwater Provincie Utrecht