

EmissieRegistratie Afvalwaterketen

Achtergrondrapport bij de in 2017 geactualiseerde factsheet
'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen,
overstorten en IBA's'



Datum : 15 juni 2017

PARTNERS4URBANWATER

Langeveld | Liefting | Schilperoort | De Haan

Javastraat 104 A

6524 MJ Nijmegen

E info@urbanwater.nl

I www.urbanwater.nl

Titel : EmissieRegistratie Afvalwaterketen
Ondertitel : Achtergrondrapport bij de in 2017 geactualiseerde factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's'
Opdrachtgever : Deltares, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Kenmerk : Deltares02_R_170615
Auteur : ir. Erik Liefting, ir. H. de Man
Collegiale toets : dr. ir. J.G. Langeveld
Status : Definitief
Datum : 15 juni 2017

Inhoudsopgave

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 1.1 | Aanleiding update EmissieRegistratie | 1 |
| 1.2 | Doelstelling | 1 |
| 1.3 | Afbakening project\ | 1 |
| 1.4 | Leeswijzer | 1 |
| 2 | Omschrijving emissiebron afvalwaterketen | 3 |
| 2.1 | Afvalwaterketen | 3 |
| 2.2 | Globale berekeningswijze | 4 |
| 2.3 | Afbakening emissiebron afvalwaterketen | 4 |
| 2.3.1 | Hemelwater | 5 |
| 2.3.2 | Afvalwater | 6 |
| 2.3.3 | Rioolvreemd water | 6 |
| 3 | Aanvoer van vervuiling | 9 |
| 3.1 | Emissieoorzaken en aanvoertypen | 9 |
| 3.2 | Kwantificering emissieoorzaken in EmissieRegistratie en correctie-emissies | 10 |
| 3.3 | Kwantificering bron rioolvreemd water | 12 |
| 4 | Emissieroutes | 15 |
| 5 | Hydraulisch model | 19 |
| 5.1 | Afvalwaterproductie (landelijk) | 19 |
| 5.2 | Naar de riolering afstromend hemelwater | 20 |
| 5.2.1 | Neerslag | 20 |
| 5.2.2 | Afvoerend oppervlak | 21 |
| 5.2.3 | Inloopmodel en afstromingscoëfficiënt | 22 |
| 5.2.4 | Hydraulische verliezen door verdamping | 23 |
| 5.2.5 | Verliezen door infiltratie | 24 |
| 5.3 | Rioolstelsels en hydraulische verdeling | 25 |
| 5.3.1 | (Verbeterd) gemengde stelsels | 25 |
| 5.3.2 | (Verbeterd) gescheiden stelsels | 26 |
| 5.3.3 | Mechanische riolering | 28 |
| 5.3.4 | Omvang en onderlinge verhouding stelseltypes | 28 |
| 5.3.5 | Foutaansluitingen | 30 |
| 5.4 | Waterbalans en restpost rioolvreemd water | 30 |
| 5.4.1 | Verdeling over de compartimenten | 30 |
| 5.4.2 | Aanvoer naar de RWZI: verwachting en metingen | 31 |
| 5.4.3 | Rioolvreemd water | 32 |
| 5.5 | Exfiltratie | 32 |
| 6 | Verwijderingen | 33 |
| 6.1 | Verwijderingen in kolken, riolen en gemalen | 33 |
| 6.2 | Verwijderingen in bergbezinkvoorzieningen | 35 |
| 6.3 | Verwijderingen door IBA's | 35 |
| 6.4 | Vermeerdering door resuspensie van slib tijdens overstortings-gebeurtenissen | 36 |
| 6.5 | Extrapolatie verwijderingsrendementen op basis van bindingseigenschappen | 37 |
| 6.6 | Bepaling verwijderingsrendementen waar biologische afbreekbaarheid een rol speelt | 39 |
| 7 | Regionalisatie | 41 |
| 7.1 | 'Oude' werkwijze | 41 |
| 7.2 | Tweetrapsregionalisatie | 41 |
| 7.2.1 | Lokatoren emissie per gemeente | 41 |
| 7.2.2 | Lokatoren emissie binnen gemeente | 41 |
| 7.3 | Emissie uit overstorten | 42 |
| 7.3.1 | Emissie per gemeente | 42 |

| | | |
|-------|---|----|
| 7.3.2 | Verdeling lozingen binnen en buiten het bebouwde gebied | 43 |
| 7.4 | Hemelwateruitlaten | 44 |
| 7.4.1 | Emissies verbonden aan afstromend hemelwater | 44 |
| 7.4.2 | Emissie door foutaansluitingen | 45 |
| 7.4.3 | Emissies door rioolvreemd water | 45 |
| 7.4.4 | Stofafhankelijke regionalisatie | 46 |
| 7.4.5 | Regionalisatie binnen de gemeente | 47 |
| 7.5 | IBA's | 47 |
| 7.6 | Emissie uit RWZI's | 48 |
| 7.7 | Aandachtspunten regionalisatie | 48 |
| 7.7.1 | Vorm afwateringseenheden | 48 |
| 7.7.2 | Extrapoleren regionalisatie naar eerdere jaren | 48 |
| 8 | Betrouwbaarheid | 49 |
| 8.1 | Aanvoer | 50 |
| 8.2 | Hydraulisch model | 50 |
| 8.3 | Verwijderingsrendementen | 51 |
| 8.4 | Landelijke emissie | 51 |
| 8.5 | Regionalisatie | 51 |
| 9 | Aanbevelingen | 53 |
| 10 | Literatuurlijst | 55 |

Bijlagen

Bijlage 1: Kengetallen afvalwaterketen per gemeente (2016)

Bijlage 2: Lozingen op Rijkswater

Bijlage 3: Verwijderingsrendementen en resuspensiefactoren

Bijlage 4: Stofafhankelijke regionalisatie van emissie van hemelwateruitlaten

Bijlage 5: Correctie-emissies (2014)

1 Inleiding

1.1 Aanleiding update EmissieRegistratie

In de EmissieRegistratie worden de emissies naar oppervlaktewater van circa 350 beleidsrelevante stoffen en stofgroepen vastgesteld. De emissiegegevens worden per emissiebron en per locatie opgeslagen in een centrale database. De database bevat gegevens van individueel geregistreerde puntbronnen (vaak op basis van metingen) en diffuse bronnen (op basis van berekeningen). Per emissiebron is een factsheet opgesteld met daarin de wijze van berekening van de emissie uit die bron.

Voor de emissiebron 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's' was de factsheet toe aan een update. De afgelopen jaren is er, vooral via metingen, meer informatie beschikbaar gekomen over de volumes, vuilconcentraties en -vrachten die via verschillende routes vanuit de afvalwaterketen op het oppervlaktewater wordt geloosd. Dit gaf aanleiding om na te gaan hoe deze aanvullende informatie in de factsheet verwerkt kan worden. In de update is oude methodiek tegen het licht gehouden en op diverse manieren aangepast om aan de sluiten op de huidige beschikbare kennis. In opdracht van Deltares en RIVM hebben Partners4UrbanWater en Sanitas Water de genoemde update uitgevoerd.

1.2 Doelstelling

Doelstelling van het project was actualisatie van de EmissieRegistratie voor de emissiebronnen die betrekking hebben op de afvalwaterketen volgens de laatste inzichten met medeneming van actuele meet- en monitoringsdata en eenduidige vastlegging van de gevolgde aanpak, om zodoende de relevante emissiebronnen voldoende accuraat, betrouwbaar en reproduceerbaar te kunnen kwantificeren binnen de EmissieRegistratie.

1.3 Afbakening project

De update had in eerste instantie betrekking op de emissies via overstorten en hemelwateruitlaten. Later zijn daar IBA's (Individuele Behandeling Afvalwater) bij gekomen. Dit betreft samen de min of meer diffuse bronnen binnen de afvalwaterketen. Emissies vanuit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) maken ook deel uit van de factsheet, maar de aanpak met betrekking tot deze emissies is in dit project niet geactualiseerd.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport volgt globaal de structuur van de factsheet. De factsheet geeft in beknopte zin weer wat in voorliggend rapport nader wordt onderbouwd en uitgelegd. Hoofdstuk 2 geeft een nadere beschrijving van de emissiebron afvalwaterketen. Hoofdstuk 3 en 4 geven respectievelijk een globale beschrijving van de 'input' van de afvalwaterketen en de emissieroutes binnen de keten. In hoofdstuk 5 wordt dit wat betreft de hydraulica verder uitgewerkt. Het hydraulisch model kwantificeert de emissie voor zover deze samenhangt met de waterstromen in de keten. Hoofdstuk 6 gaat in op de stofafhankelijke verliesfactoren die van invloed zijn op de stoffen in de keten. De hoofdstukken 2 t/m 6 beschrijven de landelijke situatie. De berekende emissies zijn vervolgens geografisch verdeeld door een regionalisatie. Deze regionalisatie wordt in hoofdstuk 7 toegelicht. Hoofdstuk 8 bevat een toelichting op de betrouwbaarheid, onzekerheden en verbeterpunten van de gekozen aanpak en de uitwerking daarvan in deze rapportage. Het rapport besluit met enkele aanbevelingen en een literatuurlijst.

2 Omschrijving emissiebron afvalwaterketen

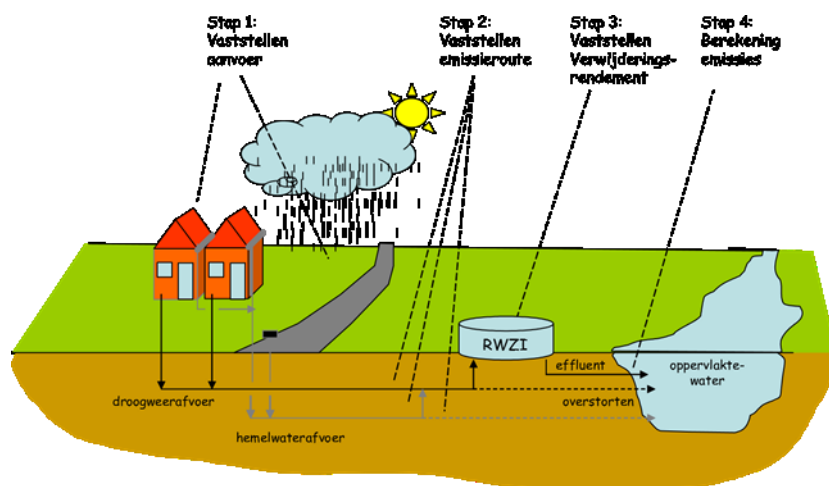
2.1 Afvalwaterketen

De afvalwaterketen (het stelsel van inzamelriolen, transportleidingen en RWZI's) in Nederland vangt vervuilde waterstromen op en behandelt deze zodanig dat de kwaliteit geschikt is voor lozing op het oppervlaktewater. Niet alle stoffen worden volledig verwijderd, daarom dragen de lozingen uit de afvalwaterketen bij aan de belasting van het oppervlaktewater. De factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's' bevat een rekenmethode en de berekende emissies van RWZI's, gemengde riolen, regenwaterriolen en IBA's.

De EmissieRegistratie telt ruim 2.500 afwateringseenheden waarop door de afvalwaterketen wordt geloosd. Nederland telt in zijn 388 gemeenten (stand 1 januari 2017) 13.000 overstorten, 40.000 hemelwateruitlaten van gescheiden en verbeterd gescheiden stelsels, 27.500 lozingspunten van IBA's en ongeveer 10.000 ongerioleerde panden (RIONED, 2016). Deze getallen wijzigen in de loop van de tijd:

- Het aantal gemengde overstorten blijft naar verwachting min of meer stabiel;
- Het aantal lozingspunten van hemelwateruitlaten zal toenemen door nieuwbouw en afkoppelen van hemelwater;
- Het aantal lozingspunten van IBA's en ongerioleerde panden zal dalen door aansluiting van deze panden op de riolering.

Regenwater en afvalwater van huishoudens en bedrijven wordt verzameld door het lokale rioleringsstelsel, voor het merendeel afgevoerd naar de RWZI en daar verder verwerkt. Het effluent wordt geloosd op het oppervlaktewater. Onderstaande figuur geeft een schets van de afvalwaterketen en de stappen die onderscheiden kunnen worden bij het kwantificeren van de emissies.



Figuur 2.1 Emissies uit de afvalwaterketen en de berekening daarvan. Bron: factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's'

In de praktijk worden allerlei varianten toegepast op de situatie zoals geschetst in Figuur 2.1. Wat betreft de vrijvervalriolering (die het grootste deel van de afvalwaterstroom voor zijn rekening neemt) kan onderscheid worden gemaakt tussen gemengde, gescheiden en verbeterd gescheiden rioleringen met de volgende kenmerken:

Gemengd:

- Afvalwater- en hemelwaterafvoer in één systeem;
- In geval van een grotere hydraulische aanvoer dan afvoercapaciteit naar de RWZI vindt lozing via overstorten plaats,

- Verbeterd gemengde stelsels hebben overstorten voorzien van randvoorzieningen (bergbezinkbassins);

Gescheiden:

- Afvalwater- en hemelwaterafvoer via separate systemen;
- Hemelwaterriolering voert via hemelwateruitlaten direct af naar het oppervlaktewater;
- In verbeterd gescheiden stelsels wordt hemelwater primair afgevoerd naar de RWZI; bij een grotere hydraulische aanvoer dan afvoercapaciteit naar de RWZI vindt lozing via hemelwateruitlaten plaats (de soms zo genoemde 'overstorten' van verbeterd gescheiden stelsel worden in dit rapport en in de EmissieRegistratie beschouwd en benoemd als hemelwateruitlaten).

2.2 Globale berekeningswijze

De wijze waarop de emissies vanuit de emissiebron 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's worden gekwantificeerd, wijkt af van de manier waarop de emissies voor de meeste andere bronnen in de EmissieRegistratie worden gekwantificeerd. Bij andere bronnen is de uiteindelijke emissie het product van een emissieverklarende variabele en een emissiefactor. Voor de emissiebron 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's gebeurt de bepaling in een aantal stappen (zie ook Figuur 2.1):

- Vaststellen aanvoer. De input voor de berekening is de vervuilingsvracht op het rioleringsstelsel. Deze informatie is afkomstig van de bronnen uit de EmissieRegistratie voor zowel diffuse als individuele bronnen.
- Emissieroutes. Vervolgens wordt de wijze vastgesteld waarop de vervuiling door de afvalwaterketen verder wordt verwerkt en welk deel van de vervuiling via welke route op welke plaats terecht komt. De verdeling van de vervuiling over de routes binnen de afvalwaterketen is gebaseerd op een hydraulisch model.
- Verwijderingsrendementen en verliesfactoren. Binnen de afzonderlijke onderdelen van de afvalwaterketen vinden processen plaats waardoor stoffen verwijderd worden. Dit zijn de zuiveringsrendementen van de RWZI, maar ook de verwijdering door reiniging van straatkolken, rioolbuizen en gemalen.
- Bepaling emissie. Ten slotte wordt de emissie van stof *i* op punt *j* uiteindelijk berekend als

$$E_{i,j} = \sum A_{i,s} B_{j,s} (1 - Eff_{i,j})$$

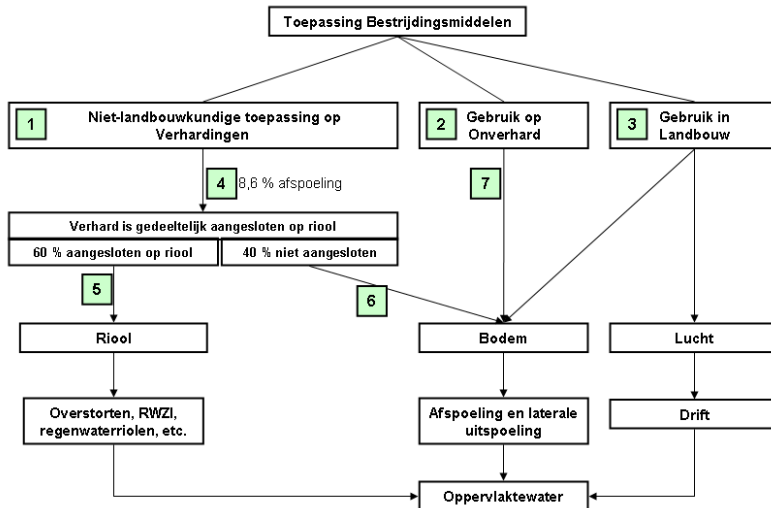
waarbij

| | |
|-------------|--|
| $E_{i,j}$ | = de emissie van stof <i>i</i> via emissieroute <i>j</i> (in kg/jr) |
| <i>s</i> | = het aanvoertype (hemelwater, afvalwater, rioolvreemd water) |
| $A_{i,s}$ | = de afvoer van stof <i>i</i> via het rioleringsstelsel voor aanvoertype <i>s</i> (in kg/jr) |
| $B_{j,s}$ | = het deel van de vervuiling van afvoertype <i>s</i> dat plaats <i>j</i> bereikt (in %) |
| $Eff_{i,j}$ | = de verwijdering van stof <i>i</i> via emissieroute <i>j</i> (in %) |

2.3 Afbakening emissiebron afvalwaterketen

Voor een sluitende 'emissieboekhouding' is het belangrijk om de afbakening van de emissiebron goed vast te leggen. In principe is de wijze van bepaling van de vervuilingslast naar het rioleringsstelsel vastgelegd in een reeks factsheets Emissieschattingen Diffuse Bronnen van RWS WVL. De afbakening is hierin echter niet altijd helder. Bijvoorbeeld: voor de bronnen bandenslijtage binnen de bebouwde kom, afspoeling van bestrijdingsmiddelen op verhardingen en vuurwerk wordt in alle drie de respectieve factsheets gerekend met een toedeling van 60% naar de riolering (zie voor een voorbeeld Figuur 2.2). Dit is opvallend, omdat het hier zeer verschillende processen betreft (vuurwerk valt bijvoorbeeld op daken, wegen en onverhard oppervlak, bandenslijtage alleen op wegen en andere bestrate oppervlakken). Bovendien is niet expliciet rekening gehouden met

verliezen die optreden voordat de riolering wordt bereikt, bijvoorbeeld infiltratie in de bodem via open verharding (klinkerbestrating). Aanbevolen wordt om de 'bovenliggende' factsheets (de genoemde reeks factsheets Emissieschattingen Diffuse Bronnen van RWS WVL die de belasting vormen voor de afvalwaterketen) bij de eerstvolgende actualisatie na te lopen op een juiste afbakening, die consistent is met de aanpak in de factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's'.



Figuur 2.2 Emissieroutes naar oppervlaktewater van bestrijdingsmiddelen uit factsheet 'Afspoeling verhardingen'.

Voor de factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's' is de volgende eenduidige afbakening gehanteerd. Gepoogd is hierbij om zoveel mogelijk aan te sluiten op de bestaande compartimenteringsmethodiek van de 'bovenliggende' factsheets. Het model onderscheidt de volgende aanvoertypen waarmee vervuiling de afvalwaterketen binnenkomt:

- Hemelwaterafvoer van daken (hwa-dak), wegen (hwa-weg) en van zowel daken als wegen (hwa-beide)
- Droogweerafvoer van huishoudens (dwa-hh) en van overige bronnen (dwa-ov)
- Rioolvreemd water (rv)

In de navolgende alinea's wordt de afbakening van deze aanvoertypen eenduidig gedefinieerd.

2.3.1 Hemelwater

Wat betreft hemelwaterafvoer (hwa-dak, hwa-weg, hwa-beide) wordt de input van het model gevormd door alle vervuiling verbonden aan afstromende neerslag van oppervlak dat afvoert naar een gemeentelijk rioolstelsel. Dit impliceert:

- Vuil van oppervlakken die niet zijn aangesloten op gemeentelijke rioleringsstelsels valt buiten de afbakening. Dit betreft bijvoorbeeld onverharde gebieden, autosnelwegen, luchthavens met een eigen hemelwaterriolering en waterzuivering (Schiphol), maar ook wegooppervlak in stedelijke gebieden waarbij een bovengrondse afvoer van het hemelwater naar oppervlaktewater of wadi's plaatsvindt, oppervlak dat rechtstreeks afwatert op oppervlaktewater en oppervlak waarvan het afstromende hemelwater op eigen terrein wordt verwerkt.
- Vuil dat zich op het oppervlak bevindt, maar niet tot afstroming komt (grofvuil, vuil dat met straatvegen wordt verwijderd, vuil dat zich aan voertuigen hecht etc.) valt buiten de afbakening.
- Vervuiling die tot afstroming komt op oppervlakken die afvoeren naar de riolering, maar de riolering niet bereikt, bijvoorbeeld door infiltratie in het wegooppervlak of door retentie in straatkolken maakt wel deel uit van het model (als verliezen, zie § 5.2.5 en § 6.1).

De totale hoeveelheid verhard oppervlak dat afvoert naar een gemeentelijk rioolstelsel, en ook de relatieve omvang hiervan ten opzichte van de totale hoeveelheid verhard oppervlak in Nederland, is door de jaren heen niet constant. Het beleid is er al langere tijd op gericht om hemelwater zoveel mogelijk lokaal te verwerken of althans niet meer in ondergrondse buizen in te zamelen. Dit betekent dat in de loop van de tijd het relatieve aandeel van de afstromende neerslag van verharde oppervlakken dat aan de afvalwaterketen wordt toegedeeld, afneemt. Dit is een aandachtspunt bij de actualisatie van de EmissieRegistratie voor de afvalwaterketen, maar ook voor de actualisatie van de modellen in de 'bovenliggende' factsheets die voor de input zorgen.

2.3.2 Afvalwater

Wat betreft droogweerafvoer (dwa-hh, dwa-ov) wordt de input van het model gevormd door

1. Alle vervuiling verbonden aan de totale hoeveelheid geproduceerd huishoudelijk afvalwater (afvalwater van huishoudens, kantoren, winkels en huishoudelijk afvalwater van bedrijven), ongeacht de emissieroute
2. Alle vervuiling verbonden aan het bedrijfsmatige afvalwater dat via gemeentelijke rioleringsstelsels wordt ingezameld.

Dit impliceert:

- Huishoudelijk afvalwater dat direct of via een IBA wordt geloosd, maakt deel uit van het model.
- Afvalwater van agrarische bedrijven dat afvoert via gemeentelijke (druk)riolering, valt binnen de afbakening. Afvalwater dat direct of via een IBA wordt geloosd, valt buiten de afbakening. N.B. Hiervan bestaan op dit moment geen gegevens binnen de EmissieRegistratie.
- Industrieel afvalwater dat wordt afgevoerd via een gemeentelijk rioolstelsel valt binnen de afbakening. Industrieel afvalwater dat direct of via een 'eigen' waterzuivering wordt geloosd, valt buiten de afbakening. Laatstgenoemde emissies zijn in de EmissieRegistratie als directe lozingen op het oppervlaktewater gekwantificeerd in de factsheet 'Wateremissies vanuit de industrie (individueel)', afkomstig uit het elektronisch milieujaarverslag.

2.3.3 Riolvreemd water

Riolvreemd water (rv) is al het water, niet zijnde afvalwater of regenwater, dat door de riolering wordt afgevoerd. Doorgaans is deze afvoer onbedoeld. Riolvreemd water is bijvoorbeeld grondwater dat via lekke leidingen of drainagesystemen in het riool terecht komt, of oppervlaktewater dat binnenstroomt via (lekke of te lage) overstortdrempels. De bron van riolvreemd water in het model bestaat uit alle vervuiling verbonden aan de totale aanvoer van riolvreemd water op alle typen gemeentelijke riolering.

N.B. (1) Foutaansluitingen van vuilwater op hemelwaterstelsels en van hemelwater op vuilwaterstelsels worden volgens deze afbakening niet tot de bron riolvreemd water gerekend. Van een foutaansluiting is sprake als bij (verbeterd) gescheiden stelsels hemelwaterafvoer via het vuilwaterriool plaatsvindt, of als vuilwater terecht komt in de hemelwaterriolering. De bron van foutaansluitingen is dus hemelwater (2.3.1) of afvalwater (§ 2.3.2).

N.B. (2) Deze definitie van riolvreemd water impliceert o.a. dat de afvoer van drainagesystemen die direct lozen op oppervlaktewater buiten de afbakening valt, terwijl de afvoer van drainagesystemen die via een gemeentelijk hemelwaterriool indirect op oppervlaktewater lozen binnen de afbakening valt. Hierbij treedt een bijzonder effect op. Drainage op zich wordt in de EmissieRegistratie niet beschouwd als een emissieoorzaak, hemelwateruitlaten wel. Wanneer een drainagesysteem op hemelwaterriolering is aangesloten, zal in de EmissieRegistratie de emissie van de hemelwateruitlaten stijgen, want het via de hemelwaterriolering afgevoerde grondwater bevat concentraties van voor de EmissieRegistratie relevante stoffen, zoals fosfaat en arseen. Wanneer hetzelfde drainagesysteem direct loost op het oppervlaktewater is geen sprake van emissie

volgens de afbakening van de EmissieRegistratie. De belasting van deze drainagesystemen op het oppervlaktewater is echter in beide gevallen gelijk.

3 Aanvoer van vervuiling

3.1 Emissieoorzaken en aanvoertypen

Tabel 3.1 geeft een overzicht van relevante emissieoorzaken en het aanvoertype per emissieoorzaak. Voor de berekeningswijze is onderscheid gemaakt tussen vervuilingsvracht via de volgende aanvoertypen:

- Hemelwaterafvoer van daken (hwa-dak)
- Hemelwaterafvoer van wegen (hwa-weg)
- Hemelwaterafvoer van zowel daken als wegen (hwa-beide)
- Droogweerafvoer van huishoudens (dwa-hh)
- Droogweerafvoer van overige bronnen (dwa-ov)
- Rioolvreemd water (rv)

In de vernieuwde aanpak is onderscheid gemaakt tussen de hemelwaterafvoer van daken en wegen. Daken en wegen hebben namelijk verschillende belastingen van vervuilende stoffen, maar ook verschillende afstroomcondities, waardoor andere verliesfactoren van toepassing zijn. In de oude aanpak werd bijvoorbeeld een verliespost kolkenslib aangehouden voor de volledige aanvoer via de bron hemelwater. Omdat het weggoppervlak afvoert via straatkolken, maar daken niet, moet de verliespost in straatkolken wel worden toegekend aan de hemelwaterafvoer van wegen, maar niet aan de afvoer van daken. In Tabel 3.1 is voor de hemelwatergerelateerde aanvoertypen op basis van de eigenschappen van de emissiebron het onderscheid tussen hwa-dak en hwa-weg toegekend. Voor aanvoertype hwa-beide geldt dat een deel via daken en een deel via wegen de riolering binnenkomt. De verhouding tussen op de riolering aangesloten dakoppervlak en weggoppervlak in Nederland is ongeveer 50%/50% (zie § 5.2.2). Omdat in de factsheets van de betrokken emissiebronnen geen nadere gegevens beschikbaar zijn over de verdeling van de emissies over beide aanvoertypen, is aangenomen dat deze verhouding ook 50%/50% is.

Ook nieuw in de aanpak is de toevoeging van het aanvoertype rioolvreemd water (rv). Met rioolvreemd water was tot dusver geen rekening gehouden in de EmissieRegistratie. Dit betekent dat geen vrachten kunnen worden afgeleid uit andere factsheets van de EmissieRegistratie. In het project zijn daarom vrachten toegevoegd die samenhangen met rioolvreemd water (§ 3.3).

Tabel 3.1: Overzicht van bronnen die lozen op de afvalwaterketen

| Emissieoorzaak | Emissieverklarende variabele | Naar afvalwaterketen [%] | Aanvoertype |
|---|---|--------------------------|-------------|
| Afspoeling verharding | Gebruik bestrijdingsmiddelen op verhard | 60 | hwa-weg |
| Afspoeling verharding | Gebruik bestrijdingsmiddelen op onverhard | | hwa-weg |
| Vuurwerk | Hoeveelheid afgestoken vuurwerk | 10* | hwa-beide |
| Depositie | Emissie naar lucht naar verhard oppervlak | 100 | hwa-beide |
| Bandenslijtage | Verkeersprestatie bebouwde kom | 60 | hwa-weg |
| Remslijtage | Verkeersprestatie bebouwde kom | 60 | hwa-weg |
| Wegdekslijtage | Verkeersprestatie bebouwde kom | 60 | hwa-weg |
| Lekkage motorolie | Verkeersprestatie bebouwde kom | 100 | hwa-weg |
| Corrosie gegalvaniseerd staal en bladzink | Blotgesteld oppervlak bladzink: | | |
| | # zinken daken/dakgoten woningen | 100 | hwa-dak |
| | # zinken daken utiliteitsbouw | 70 | hwa-dak |
| | Blotgesteld oppervlak gegalvaniseerd staal: | | |

| Emissieoorzaak | Emissieverklarende variabele | Naar afvalwaterketen [%] | Aanvoertype |
|--|--|--------------------------|-------------|
| | # in tuinbouwkassen | 45 | hwa-dak |
| | # staal van bouten en moeren | 70 | hwa-beide |
| | # constructies, skeletten, loodsen en gevels | 70 | hwa-beide |
| | # overige toepassingen, hekwerken e.d. | 70 | hwa-beide |
| | # straatmeubilair | 70 | hwa-weg |
| | # transport, trailers en aanhangers | 70 | hwa-weg |
| | # vangrails in de wegenbouw | | hwa-weg |
| Loden stroken en slabben woningen en utiliteitsbouw | Blootgesteld oppervlak loden stroken en slabben: | | |
| | # woningen | 100 | hwa-dak |
| | # utiliteitsbouw | 70 | hwa-dak |
| Roestvast staal industrie | Blootgesteld oppervlakte roest vast staal | 20 | hwa-beide |
| Corrosie waterleidingen kantoorgebouwen | Oppervlak kantoorgebouwen in Nederland | 100 | dwa-ov |
| Slijtage stroomafnemers en bovenleidingen spoorwegen | Elektriciteitsverbruik: | | |
| | # tram | 70 | hwa-weg |
| | # trein | | n.v.t. |
| Industrie | - | 100 | dwa-ov |
| Bijschatting industrie | - | 100 | dwa-ov |
| Lozingen vanuit tandartspraktijken | Lozingen vanuit tandartspraktijken | 100 | dwa-ov |
| Huishoudelijk afvalwater | Huishoudelijk afvalwater | 100 | dwa-hh |
| Rioolvreemd water | Rioolvreemd water | 100 | rv |

* Deze verdeling is aangepast ten opzichte van de factsheet Afsteken vuurwerk. De daar genoemde emissie naar de riolering is een duidelijke overschatting.

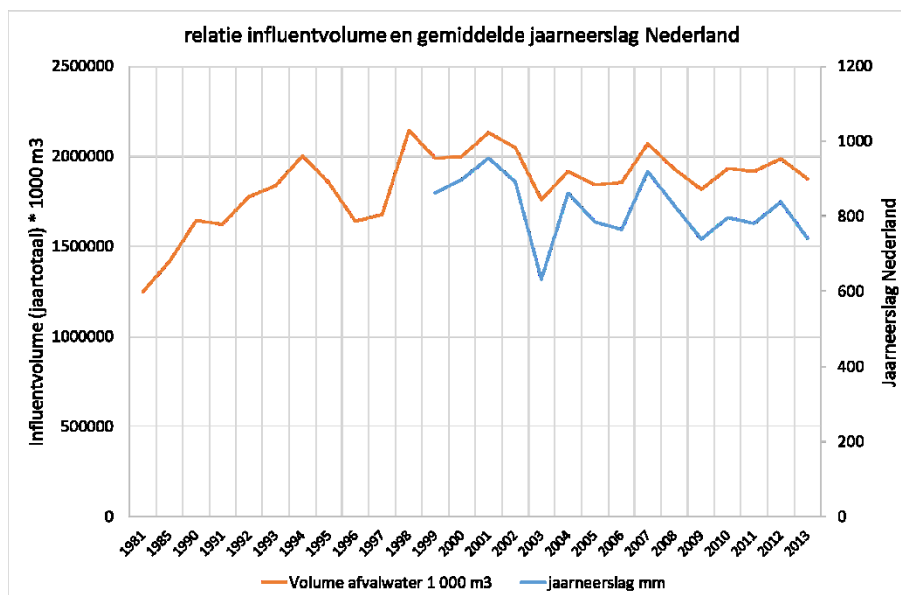
3.2 Kwantificering emissieoorzaken in EmissieRegistratie en correctie-emissies

De emissieoorzaken in Tabel 3.1 (met uitzondering van rioolvreemd water) zijn vastgesteld en de methode van vaststellen is vastgelegd in de reeks factsheets Emissieschattingen Diffuse Bronnen van RWS Water, Verkeer en Leefomgeving. Echter, tijdens de werkzaamheden voor de update van voorliggende factsheet zijn verschillende inhoudelijke verbeterpunten geconstateerd ten aanzien van deze emissiebronnen.

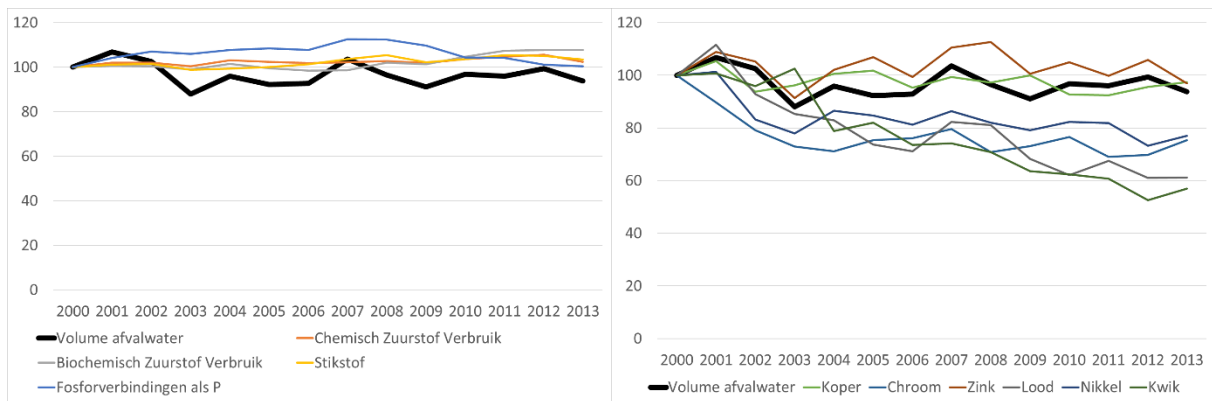
- De dominante bijdrage van koper in de rwa-stroom is vuurwerk (76.632 kg). De totale emissie van vuurwerk is 141.911 kg; daarvan gaat 10% naar de lucht. Voor de verdeling naar de compartimenten bodem en water is in de factsheet 'Afsteken vuurwerk' de verdeling aangehouden zoals gehanteerd bij de verdeling van emissies door wegdekslijtage binnen de bebouwde kom: 60% riool en 40% bodem. Impliciet veronderstelt dit dat de meeste emissie terecht komt op verhard oppervlak. Dit is niet helemaal realistisch; (sier)vuurwerk verspreidt zich over zowel verhard als onverhard stedelijk oppervlak en slechts 19% van het stedelijk oppervlak is aangesloten op de riolering. Daarom is de hoeveelheid koper en zink bijgesteld.
- De bijdrage van N-totaal in de rwa-stroom (3.441.060 kg) is volledig afkomstig van atmosferische depositie. Omgeslagen op de totale hoeveelheid afstromende neerslag op naar de riolering afvoerend oppervlak betekent dit een gemiddelde concentratie in het afstromende

hemelwater van 4,8 mg/l. Dit is zeer hoog in vergelijking met gemeten concentraties in afstromend hemelwater (gemiddeld 1,8 mg/l).

- Het gemeten influent N-totaal op RWZI's is hoger dan de input op het emissiemodel volgens de factsheets. Hetzelfde geldt voor arseen en zink in nog sterkere mate. Tenzij de totale input wordt vergroot is het niet mogelijk om met het model tot een sluitende influentvracht op de RWZI te komen.
- De bijdrage van P-totaal in de rwa-stroom is nihil. Dit wijkt af van ervaringen en metingen (o,a, STOWA 2016-05B) dat afstromend hemelwater wel degelijk een significante concentratie fosfaat bevat (bijvoorbeeld door vogel- en hondenpoep en bladval).
- De jaarvracht aan zink en andere metalen die meekomt met afstromend hemelwater is in de huidige EmissieRegistratie onafhankelijk van de jaarneerslag. Om te onderzoeken of deze aanname overeind kan blijven, is de relatie tussen jaarvracht die is gemeten in het influent van de RWZI's in Nederland vergeleken met het jaarvolume op de RWZI's. Figuur 3.1 geeft de relatie tussen de jaarneerslag (gemiddelde heel Nederland, bron: KNMI, 2017) en het gemeten influentvolume (jaarvolume, bron: CBS, 2017). Duidelijk zichtbaar is dat het jaarvolume eind jaren '80 nog steeg door vergroting van de aansluitingsgraad en dat de variatie in dit volume na 2000 vooral wordt bepaald door de jaarneerslag. De relatie tussen influentvolume en jaarvracht is uitgezet in Figuur 3.2. Uit deze figuur volgt dat voor een aantal stoffen de jaarvracht sinds 2000 flink is gedaald, dit geldt met name voor koper, cadmium, lood, chroom en nikkel. Voor andere stoffen, zoals stikstof en fosfaat, BZV en CZV geldt dat de jaarvrachten nauwelijks zijn veranderd en ook nauwelijks variëren met de jaarneerslag. Met andere woorden: voor de vracht aan nutriënten in het influent maakt het niet uit of het een nat of droog jaar is. Voor een aantal zware metalen geldt dat wel degelijk een correlatie aanwezig is, zie Tabel 3.2. Zeker voor zink verdient het aanbeveling om de jaarproductie in de factsheet 'Corrosie Gegalvaniseerd staal en bladzink' neerslagafhankelijk te maken. Dit geldt overigens ook voor de stoffen nikkel, lood en chroom.



Figuur 3.1 Relatie jaarneerslag (KNMI, 2017) en totaal influentvolume (CBS, 2017)



Figuur 3.2 Ontwikkeling vuilvrachten in influent en relatie met jaarlijks neerslagvolume sinds 2000 (2000 = 100). Links nutriënten, rechts metalen.

Tabel 3.2 Correlatie influentvracht met jaarneerslag

| Parameter | Correlatie |
|-------------------------------|------------|
| Zink | 0,72 |
| Nikkel | 0,68 |
| Lood | 0,57 |
| Chroom | 0,54 |
| Koper | 0,40 |
| Kwik | 0,23 |
| Arsenen | 0,22 |
| Cadmium | 0,21 |
| Stikstofverbindingen als N | 0,09 |
| Chemisch Zuurstof Verbruik | 0,09 |
| Fosforverbindingen als P | 0,02 |
| Biochemisch Zuurstof Verbruik | -0,14 |

Bovenstaande voorbeelden laten zien dat de input voor het model (buiten de afbakening van het eigenlijke model) zeer gevoelig is voor de aannames die daaraan ten grondslag liggen. De kwaliteit van de modeluitkomsten zullen niet beter zijn dan de kwaliteit van de input. Modelfinetuning zonder correctie van de input zal leiden tot onbetrouwbare resultaten. Daarom zijn voor diverse bronnen op basis van beschikbare metingen voorlopige correctie-emissies toegevoegd; deze zijn gegeven in bijlage 5. Deze zijn deels gebaseerd op het fitten van de modeluitkomsten op beschikbare metingen van de emissies naar de RWZI (influent) en de emissies uit hemelwateruitlaten op basis van concentratiemetingen (STOWA, 2016-05B en STOWA, 2017). De afgelopen jaren zijn in Nederland diverse meetprojecten in hemelwaterstelsels uitgevoerd waardoor een betrouwbaar beeld is ontstaan van de kwaliteit van het hemelwater dat via hemelwaterstelsels in Nederland wordt geloosd (STOWA, 2016-05B).

3.3 Kwantificering bron rioolvreemd water

De bron rioolvreemd water is gekwantificeerd door zowel de (hydraulische) kwantiteit als de kwaliteit van deze bron te schatten. De kwantiteit is bepaald door een waterbalans (§ 5.4). Voor de bepaling van de kwaliteit is gebruik gemaakt van rekenconcentraties die zijn gebaseerd op de RIVM-rapportage “De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland” (Van Vliet et al., 2010). De aanname is dat de kwaliteit van het grondwater representatief is voor de kwantiteit van de totale hoeveelheid rioolvreemde water. Als representatieve kwaliteit is uitgegaan van de

concentraties van ondiep grondwater in het homogeen deelgebied '5. s/antr' uit genoemde rapportage. Dit betreft zeeklei-, laagveengebied met bebouwing en een antropogene grondsoortklasse, ofwel het stedelijke gebied in West-Nederland. Een samenvatting van de metingen is gegeven in Tabel 3.3. Het aantal meetpunten (8) is beperkt en de spreiding in de meetwaarden is groot. De grondwaterkwaliteit kan op relatief kleine ruimtelijke schaal zeer variabel zijn. Dit maakt de onzekerheid in de kwantificering van deze bron groot.

Tabel 3.3 Metingen kwaliteit van ondiep grondwater in homogeen deelgebied '5. s/antr' uit Van Vliet et al. (2010). De mediaan is als rekenwaarde aangehouden voor de bepaling van de vrachten die zijn verbonden aan rioolvreemd water.

| Stof(groep) | Minimum | Mediaan (rekenwaarde) | Maximum |
|-----------------|---------|-----------------------|---------|
| Aluminium | 10 | 40 | 70 |
| Arseen | 0,8 | 1,2 | 1,6 |
| Cadmium | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Chloride | 90 | 150 | 250 |
| Chroom | 0,7 | 1,9 | 3,1 |
| Kalium | 4 | 22,5 | 40 |
| Koper | 0 | 0,8 | 3 |
| Lood | 0 | 0,1 | 0,2 |
| NH ₄ | 4 | 8,5 | 13,5 |
| Nikkel | 1 | 2 | 3 |
| NO ₃ | 0 | 0 | 0 |
| P-totaal | 0,3 | 1,85 | 3,4 |
| SO ₄ | 8 | 13 | 18 |
| Zink | 1 | 130 | 345 |

4 Emissieroutes

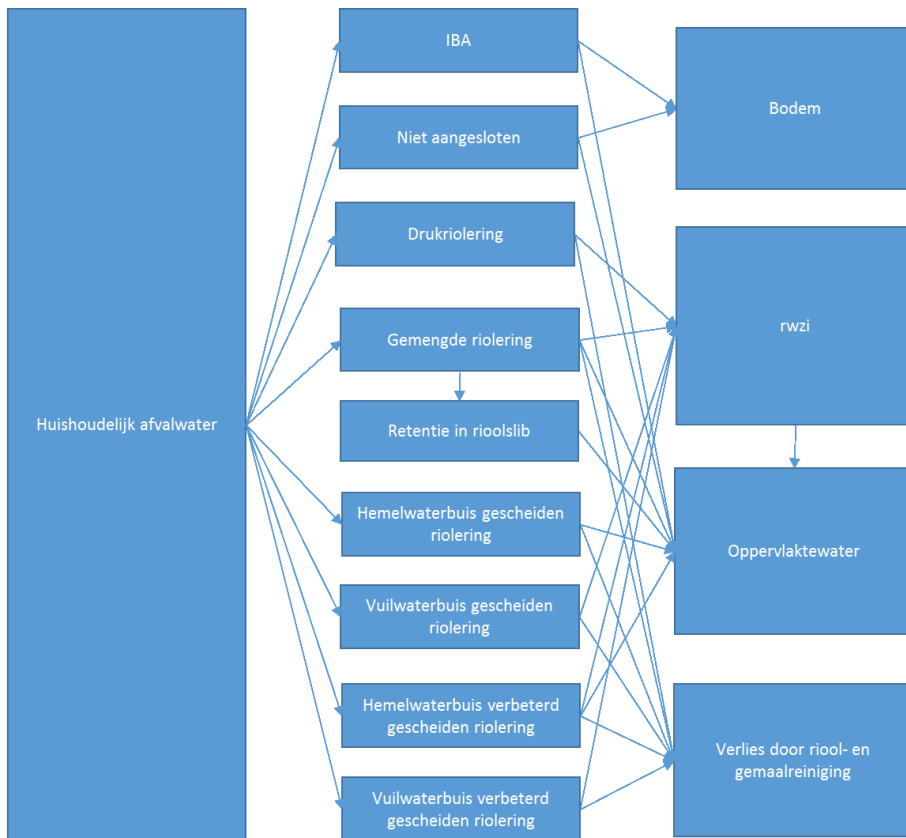
Nadat de emissies vanuit diverse bronnen de waterketen zijn binnengetroten, zijn er diverse emissieroutes waardoor de emissie uiteindelijk wordt verwijderd (door kolkenreiniging, rioolreiniging, IBA, RWZI) of wordt geloosd op de compartimenten oppervlaktewater en bodem (via hemelwateruitlaat, riooloverstort, RWZI, IBA).

De routes voor aanvoertype droogweerafvoer van huishoudens (dwa-hh) zijn schematisch weergegeven in Figuur 4.1. Aanvoertype dwa-hh maakt gebruik van alle routes, inclusief IBA's en ongezuiverd gerioleerde lozingen. Door foutaansluitingen is ook een deel van het afvalwater aangesloten op hemelwaterrioleringen. Van overig (industrieel, bedrijfsmatig) afvalwater (dwa-ov) wordt aangenomen dat de fracties individueel behandeld en ongezuiverd gerioleerd verwaarloosbaar klein zijn. In tegenstelling tot de aanname in het oude model van de EmissieRegistratie zijn wel bedrijven aangesloten op mechanische riolering (drukriolering). Dit is schematisch weergegeven in Figuur 4.2. Dezelfde routes gelden voor rioolvreemd water.

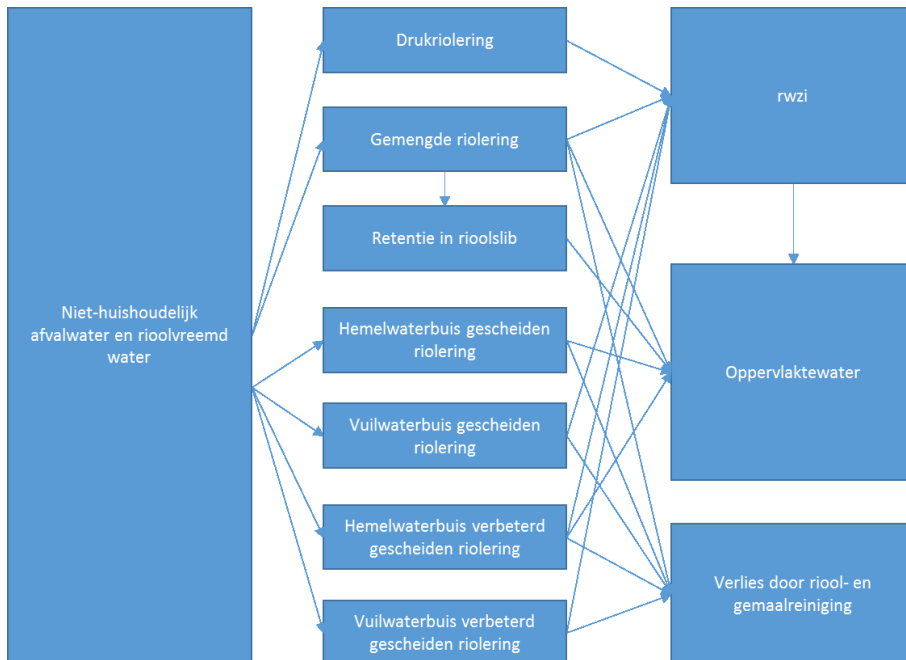
De routes voor aanvoertype hemelwaterafvoer (hwa-dak, hwa-weg, hwa-beide) zijn weergegeven in Figuur 4.3. Hemelwater is in principe alleen aangesloten op vrijvervalriolering, dus gemengd en (verbeterd) gescheiden. Er wordt niet gerekend met verdamping als emissieroute. Verdamping levert wel een hydraulisch verlies op, maar heeft vrijwel geen effect op de hoeveelheid verontreiniging omdat het verdampte water zo goed als geen verontreinigingen meeneemt. De netto neerslag (afstromend hemelwater minus verdamping) van aangesloten daken (hwa-dak) wordt volledig toegerekend aan de riolering. Hemelwater dat van wegoppervlakken afstroomt (hwa-weg), zal voor een deel infiltreren in het wegoppervlak (open verharding, zoals klinkerbestrating) en in de goten. Aangenomen is dat de kwaliteit van het water dat in de ondergrond infiltreert gelijk is aan de kwaliteit van het water dat de straatkolken binnenkomt. Door infiltratie verdwijnt dus water en tevens de door het water meegevoerde verontreinigingen. In de straatkolken treedt geen hydraulisch verlies op, maar er blijft wel sediment met daaraan verontreinigingen achter. Dit sediment wordt (typisch jaarlijks) verwijderd door reiniging en op die manier uit het systeem gehaald.

Door veranderingen en verbeteringen in de infrastructuur van de afvalwaterketen is de verdeling van de emissie via de verschillende emissieroutes in de loop van de jaren niet constant. Deels komt dit door veranderingen in de hydraulische structuur, zoals de aanleg van meer gescheiden rioolstelsels, deels door emissiebeperkende maatregelen, zoals bergbezinkbassins in gemengde stelsels.

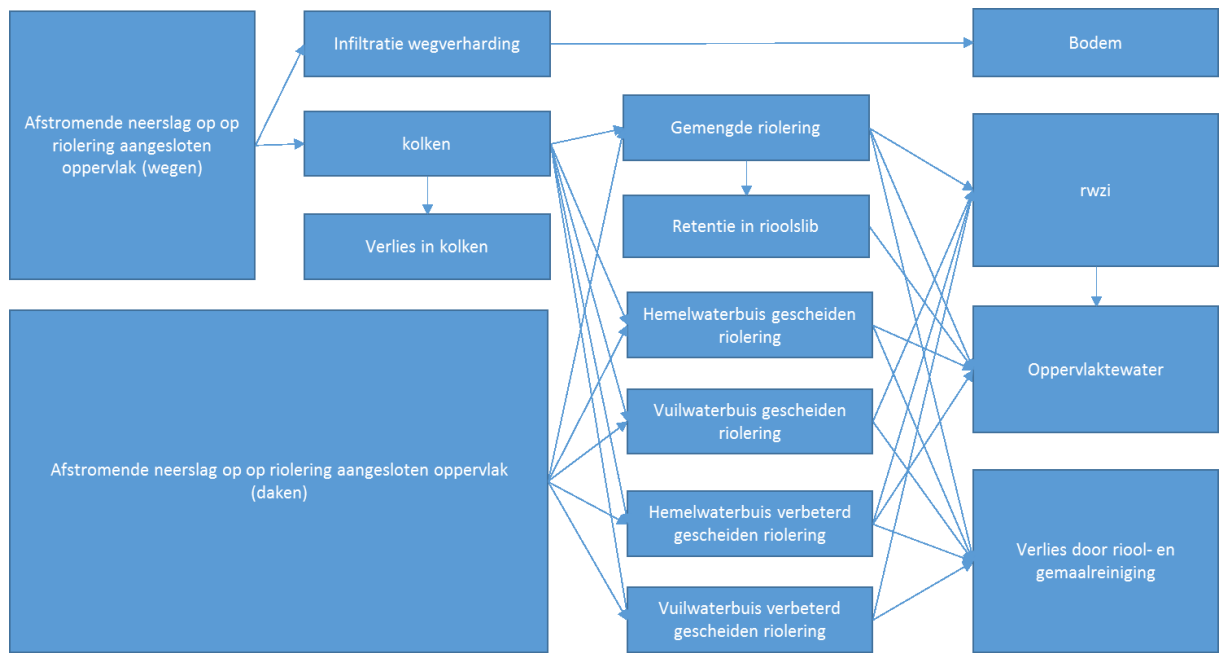
De wijze waarop de vervuiling door de afvalwaterketen verder wordt verwerkt en welk deel van de vervuilingsschade op welke plaats terechtkomt, wordt bepaald door welk deel van de waterafvoer wordt verwerkt door welk type riolering. Onder de emissieberekeningen ligt dus een hydraulisch model. Dit model wordt in het volgende hoofdstuk besproken.



Figuur 4.1 Routes binnen de afvalwaterketen voor aanvoertype droogweerafvoer van huishoudens (dwa-hh)



Figuur 4.2 Routes binnen de afvalwaterketen voor aanvoertypen droogweerafvoer van overige bronnen en rioolvreemd water (dwa-ov en rv)



Figuur 4.3 Routes binnen de afvalwaterketen voor aanvoertypen hemelwaterafvoer via daken en wegen (hwa-dak, hwa-weg en hwa-beide)

5 Hydraulisch model

Dit hoofdstuk geeft de uitgangspunten weer van het hydraulische model dat ten grondslag ligt aan de verdeling van de emissievracht over de routes binnen de afvalwaterketen. In het hydraulisch model zijn op landelijke schaal de waterstromen gekwantificeerd. Het hydraulisch model onder de emissieroutes is nodig voor de volgende doelen:

- Mogelijkheid van vergelijken van op landelijke schaal berekende vrachten (via overstorten en hemelwateruitlaten) met beschikbare concentratiemetingen;
- Kwantificeren van verliezen door infiltratie via verharde oppervlakken, waardoor vervuilende stoffen in de bodem terecht komen en niet in de riolering;
- Bepalen van hydraulisch percentage via overstorten en hemelwateruitlaten van VGS-hemelwaterstelsels, nodig voor bepaling van de vrachten;
- Bepalen van de hoeveelheid rioolvreemd water;
- Check op input uit bovenliggende factsheets.

5.1 Afvalwaterproductie (landelijk)

Afvalwater is afkomstig van huishoudens en bedrijven. Het aantal inwoners en huishoudens in NL is gegeven door het CBS (Tabel 5.1). Voor de navolgende berekeningen is het aantal woningen gelijkgetrokken met het aantal particuliere huishoudens.

Tabel 5.1 Inwoners, huishoudens en woningen in Nederland (miljoen) op 1 januari Bron: CBS (2017).

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Inwoners | 16,73 | 16,78 | 16,83 | 16,90 | 16,98 | 17,09 |
| Particuliere huishoudens | 7,51 | 7,57 | 7,59 | 7,67 | 7,72 | |
| Woningen | 7,39 | 7,45 | 7,54 | 7,59 | 7,64 | 7,69 |

Verreweg het meeste afvalwater is afkomstig van huishoudelijk en bedrijfsmatig drinkwaterverbruik. Gegevens over drinkwaterverbruik worden jaarlijks verstrekt door VEWIN (o.a. VEWIN, 2016). Deze gegevens worden overgenomen door het CBS (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Drinkwaterverbruik in miljoen m³ per jaar. Bron: jaarlijkse rapportage VEWIN/ CBS (2017)

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Huishoudens | 783 | 785 | 783 | 794 | n.b. |
| Zakelijke markt | 287 | 291 | 285 | 287 | n.b. |
| Totaal drinkwaterverbruik | 1.070 | 1.076 | 1.068 | 1.081 | n.b. |

Het drinkwaterverbruik Huishoudens volgens opgave van VEWIN ligt omgeslagen over het aantal inwoners in Nederland rond de 128 l/inwoner per dag (in 2015 794 miljoen m³ / 16,94 miljoen inwoners / 365 dag = 0,128 m³/inw/dag). Dit ligt hoger dan de bekende kengetallen uit het onderzoek naar het watergebruik in Nederland dat sinds 1992 in opdracht van VEWIN door TNS Nipo wordt uitgevoerd. De resultaten van dat onderzoek laten sinds 1992 een dalende trend zien met in 2013 119 l/inw/dag (VEWIN, 2016). VEWIN geeft een tweeledige verklaring voor de verschillen. Ten eerste is de onderzoeksaanpak verschillend (metingen via de watermeters vs. een steekproef met vragenlijsten door TNS Nipo). Daarnaast zit in het drinkwaterverbruik van huishoudens ook nog een aandeel kleinzakelijk verbruik. Voor het totale drinkwaterverbruik geeft de drinkwaterbalans in de jaarlijkse statistiek van VEWIN zoals weergegeven in Tabel 5.2 het beste beeld.

De afvalwaterproductie is niet gelijk aan het drinkwaterverbruik. Verliezen in huishoudens treden op door bijvoorbeeld tuinsproeien en verdamping uit wasgoed. Volgens Clemens (2003) zijn deze verliezen ongeveer 10%. Van verliezen in de zakelijke markt zijn geen betrouwbare schattingen bekend. Enerzijds zijn grotere verliezen mogelijk (bijvoorbeeld drinkwater verwerkt in producten), anderzijds wordt soms ook proceswater op de riolering geloosd dat afkomstig is van andere bronnen (grondwater). Aangenomen is dat de afvalwaterproductie in de zakelijke markt net als bij de huishoudens 90% is van het drinkwaterverbruik. De totale afvalwaterproductie in Nederland is daarmee geschat op 90% van het totale drinkwaterverbruik, zie Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Totale afvalwaterproductie in Nederland in miljoenen m³ per jaar op basis van drinkwaterverbruik minus 10%

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------|------|------|------|------|
| Huishoudens (~dwa-hh) | 705 | 707 | 705 | 715 | n.b. |
| Zakelijke markt (~dwa-ov) | 258 | 262 | 257 | 258 | n.b. |
| Afvalwaterproductie totaal [miljoen m ³] | 963 | 968 | 961 | 975 | n.b. |

5.2 Naar de riolering afstromend hemelwater

Voor de hydraulische kwantificering van de bron afstromende neerslag moeten de neerslaghoeveelheid en de hoeveelheid op de riolering aangesloten oppervlak bekend zijn. Niet alle neerslag komt in de riolering terecht; er is sprake van verliezen door verdamping en infiltratie. Verdamping heeft een verwaarloosbaar effect op de vuilstromen (waterdamp is schoon water), maar bij infiltratie van hemelwater infiltreert ook een deel van de verontreinigingen naar de bodem.

5.2.1 Neerslag

De neerslag in Nederland wordt gemeten en gerapporteerd door het KNMI. Het KNMI maakt voor zijn metingen gebruik van verschillende methoden, die ook separaat gerapporteerd worden. Naast 35 automatische weerstations in Nederland zijn er 320 stations voor handmatige meting van de neerslag, verspreid over het land. De 'maand- en jaaroverzichten *weer*' (KNMI, 2017) maken gebruik van metingen van de 35 automatische weerstations. De handmatig gemeten neerslag wordt gerapporteerd in 'maand- en jaaroverzichten *neerslag en verdamping*' (KNMI, 2017a). Tussen de gemiddelde neerslag gemeten door de automatische weerstations en de handmatig gemeten neerslag zit van jaar tot jaar een structurele afwijking, die kan oplopen tot meer dan 100 mm per jaar (op een totaal van jaarlijks ongeveer 800 mm). De constatering van dit verschil is met begeleidende vragen voorgelegd aan het KNMI. In zijn beantwoording stelt het KNMI dat de automatische weerstations mogelijk een onderschatting van de werkelijke totale neerslag geven doordat de daarin gebruikte neerslagmeters worden verwarmd (verdampingsverliezen). Bovendien is het aantal van 35 automatisch weerstations wellicht onvoldoende representatief voor Nederland. Daarom beveelt het KNMI aan om voor de meest betrouwbare bepaling van de jaarlijkse neerslag gebruik te maken van de handmetingen.

In een later persbericht (KNMI, 2017b) verklaart het KNMI echter ook dat bij een deel van de handmatige neerslagmeters meetafwijkingen zijn geconstateerd die mogelijk leiden tot een overschatting van de gevallen hoeveelheid neerslag. Met andere woorden: in de actuele situatie is er geen volledig betrouwbare kwantificering beschikbaar van de jaarlijks gevallen hoeveelheid neerslag in Nederland in de afgelopen jaren.

Voor deze studie is gebruik gemaakt van de resultaten van de handmatige neerslagmeters, zoals gerapporteerd in de afzonderlijke rapportages per neerslagstation en samengevat in de 'Jaaroverzichten neerslag en verdamping' van het KNMI. Mochten deze datareeksen en -

bestanden met terugwerkende kracht door het KNMI worden gecorrigeerd, dan zal de invloed op de berekeningen van de EmissieRegistratie opnieuw moeten worden onderzocht. Deze effecten kunnen betrekking hebben op de hoeveelheid rioolvreemd water (zie § 5.4) en op de regionalisatie van de emissie van overstorten en hemelwateruitlaten.

De neerslag is per gemeente bepaald door middel van kriging (Diggle & Ribeiro, 2007) van de resultaten van de handmatige neerslagstations over het areaal van de gemeente. De totale landelijke neerslag is berekend door deze berekende neerslag per gemeente te wegen met de hoeveelheid op de riolering aangesloten oppervlak per gemeente. Op deze manier telt neerslag in dicht bevolkte gebieden (West-Nederland) zwaarder dan de neerslag in dunner bevolkte gebieden. De afwijkingen met de landelijke ongewogen gemiddelde neerslag zoals die wordt bepaald door het KNMI is niet groot (< 3%, zie Tabel 5.4). Uit pragmatische overwegingen is gekozen om gebruik te maken van de gemiddelde neerslag uit het jaaroverzicht neerslag en verdamping van het KNMI.

Tabel 5.4 Jaarlijkse gemiddelde neerslag op naar de riolering afvoerend oppervlak in Nederland in mm

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|------|------|------|------|------|
| Neerslag op basis van Block Kriging en weging van op riolering aangesloten oppervlak per gemeente [mm] | 943 | 832 | 871 | 948 | 881 |
| Neerslag uit KNMI jaaroverzicht neerslag en verdamping [mm] | 937 | 816 | 855 | 945 | 857 |

5.2.2 Afvoerend oppervlak

Het op gemeentelijke riolering afvoerend oppervlak is als volgt bepaald. Een veelgebruikt kengetal is een op de riolering aangesloten oppervlak (inclusief wegen, bedrijventerreinen etc.) van gemiddeld 200 m² per woning (RIONED, 2013). RIONED (2016) geeft een schatting van in totaal 957 km² aangesloten op gemengde vrijvervalriolering en 550 km² op hemelwaterriolering. Dit komt neer op 197 m² per woning. Deze getallen zijn gebaseerd op basis van de opgaven van gemeenten in de driejaarlijkse benchmark via een enquête van de Stichting RIONED, plus bijschattingen.

Via een alternatieve benadering is dit getal geverifieerd en is tevens een onderscheid gemaakt tussen de diverse typen aangesloten oppervlak. Hiervoor is gebruik gemaakt van een studie van De Graaf et al. (2013). In deze studie is met een GIS-analyse de totale verharding in stedelijke gebieden in Nederland in kaart gebracht.

- **Stedelijk gebied.** Het stedelijk gebied is conform de CBS-categorieën ‘zeer sterk stedelijk’, ‘sterk stedelijk’ en ‘matig stedelijk’. In 2012 jaar is 65,8% van de Nederlandse bevolking woonachtig in stedelijk gebied. Tabel 5.5 bevat een overzicht van de door De Graaf et al. (2013) bepaalde omvang van de stedelijke verharding per soort in 2012. De aangesloten verharding van in totaal 952 km² komt neer op ruim 190 m² per woning.
- **Niet stedelijk gebied.** Het niet stedelijke gebied bevat 34,2% van de bevolking en van de woningen. In niet-stedelijk gebied ligt het aangesloten oppervlak per woning gemiddeld hoger dan in stedelijk gebied (minder hoogbouw, perceelsgrootte). Op basis van gegevens van RIONED is geschat dat het aangesloten oppervlak per op de riolering aangesloten woning in niet-stedelijke gebieden gemiddeld 30% hoger ligt dan in stedelijke gebieden, wat neerkomt op bijna 250 m² (190 m²*1,3) per woning. Wel moet ook rekening worden gehouden met woningen in niet-stedelijk gebied die niet op de vrijvervalriolering zijn aangesloten. Dit is 4,6% van de totale woningvoorraad in 2012 (RIONED, 2013); van de woningen in niet-stedelijk gebied is dat 13,4%. De resterende 86,6% van de woningen in niet-stedelijk gebied zorgen daarmee voor een totaal aangesloten areaal van 558 km².
- **Totaal aangesloten oppervlak.** Het landelijk totaal aangesloten oppervlak (de som van het aangesloten oppervlak in stedelijke en niet-stedelijke gebieden) komt hiermee op 952 km² + 558 km² = 1511 km² (incl. afrondingsverschil) in 2012, ofwel 201 m² per woning (Tabel 5.5).

Omdat de kengetallen van RIONED en het berekende oppervlak op basis van de GIS-analyse dicht bij elkaar liggen, is gerekend met een oppervlak van 201 m² per woning. Dit oppervlak per woning is als een constante over de verschillende jaren genomen, op basis waarvan het totale aangesloten oppervlak is vastgesteld (Tabel 5.6). Op basis van de beschikbare gegevens is geen betrouwbare trendanalyse te maken van de hoeveelheid aangesloten oppervlak per woning. Wel is de verwachting dat het aangesloten oppervlak per woning in de toekomst (verder) zal dalen. In peiljaar 2016 is volgens RIONED in totaal 162 km² (21 m² per woning) van het stedelijke verharde oppervlak niet meer aangesloten op enige vorm van riolering; deze oppervlakken voeren af op wadi's, goten, greppels en bermen. De verwachting is dat dit zal toenemen ten koste van naar de riolering afvoerend oppervlak. Toekomstige actualisaties zullen met deze trend rekening moeten houden.

Tabel 5.5 Typen verharding in stedelijk gebied in Nederland, peiljaar 2012. Bron: De Graaf et al. (2013). Het op de riolering aangesloten percentage is een schatting op basis van de aannamen in de laatste kolom.

| Soort verharding | Hoeveelheid in stedelijk gebied [km ²] | Aansluitgraad op riolering | Aangesloten oppervlak in stedelijk gebied [km ²] | Aangesloten oppervlak in Nederland totaal [km ²] | Aandeel van aangesloten verharding | Aannamen |
|-------------------|--|----------------------------|--|--|------------------------------------|---|
| Daken | 510 | 90% | 459 | 728 | 48% | 10% afgekoppeld |
| Asfalt-wegen | 263 | 70% | 184 | 292 | 19% | 30% niet aangesloten toegangswegen en snelwegen |
| Klinkerbestrating | 309 | 90% | 278 | 441 | 29% | 10% afgekoppeld |
| Privaat verhard | 618 | 5% | 31 | 49 | 3% | 95% verwerking van hemelwater op eigen terrein |
| Totaal | 1701 | | 952 | 1511 | 100% | |

Tabel 5.6 Totaal op de riolering aangesloten oppervlak in Nederland

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------|------|------|------|------|
| Totaal op de riolering aangesloten oppervlak [km ²] | 1511 | 1522 | 1526 | 1541 | 1552 |

5.2.3 Inloopmodel en afstromingscoëfficiënt

Voor rioleringsberekeningen in Nederland wordt doorgaans gebruik gemaakt van een inloopmodel dat rekening houdt met verdamping en infiltratie. Het meest gebruikte inloopmodel is dat uit de module C2100 van de Leidraad Riolering (RIONED, 2004). De hierin gebruikte defaultwaarden van de inloopparameters zijn afgeleid van literatuurwaarden (met een verwijzing naar NWRW, 1989). De verdamping is in het model ingebracht op basis van maandcijfers voor de verdamping van het KNMI volgens Penman (NWRW, 1989). Het verloop van de infiltratie is in het model aangenomen volgens Horton (1940). Bij de vaststelling van de parameters zijn 'veilige' waarden gehanteerd, die ervoor zorgen dat de inloop in de riolering niet wordt onderschat (worst-case benadering qua hydraulische belasting van de riolering). Het C2100-model geeft hierdoor een overschatting van de inloop in de riolering en een onderschatting van de werkelijke verdamping en infiltratie.

Op basis van de langjarige neerslagreeks 1955-1964 is de inloop naar de riolering volgens het C2100-model 71% van de totaal gevallen neerslag; dit is de zogenoemde afstromingscoëfficiënt. In werkelijkheid is de afstromingscoëfficiënt lager. Om deze coëfficiënt betrouwbaar in te schatten

is gebruik gemaakt van andere bronnen voor de verdamping en infiltratie. Het aandeel verdamping is daarbij bepaald op 24% (zie § 5.2.4). De netto neerslag is wat overblijft na verdamping en wat ofwel infiltreert, ofwel afstroomt naar de riolering: 76%.

Het aandeel infiltratie van de netto neerslag op wegverharding is 42% (zie § 5.2.5). Het aandeel weggoppervlak (asfalt + klinkerbestrating + privaat verhard) in het totale, op de riolering aangesloten, verharding is 52% (Tabel 5.5), wat het infiltratieverlies ten opzichte van het totaal aangesloten oppervlak brengt op $42\% \cdot 52\% = 22\%$ van de netto neerslag. De totale hydraulische verliezen van neerslag op de verharding die afvoert naar de riolering komt hiermee op $24\% + (76\% \cdot 22\%) = 41\%$. De afstromingscoëfficiënt is $100\% - 41\% = 59\%$. De genoemde afstromingscoëfficiënt is onafhankelijk van het stelselontwerp. Met andere woorden, de afstromingscoëfficiënt is geldig voor alle typen vrijvervalriolering: (verbeterd) gemengd en (verbeterd) gescheiden.

Tabel 5.7 Jaarlijkse afstromende neerslag naar de riolering in miljoen m³

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|--------------|------------|------------|--------------|--------------|
| Totale neerslag [mm] | 937 | 816 | 855 | 945 | 857 |
| Verdamping [mm] | 226 | 196 | 205 | 227 | 206 |
| Netto neerslag na verdamping [mm] | 711 | 620 | 650 | 718 | 651 |
| Netto neerslag na verdamping [miljoen m³] | 1.074 | 944 | 992 | 1.106 | 1.010 |
| Infiltratie [mm] | 155 | 135 | 141 | 156 | 142 |
| Afstroming naar de riolering [mm] | 556 | 486 | 509 | 562 | 509 |
| Afstroming naar de riolering [miljoen m³] | 840 | 739 | 776 | 866 | 791 |

5.2.4 Hydraulische verliezen door verdamping

In verschillende onderzoeken in Nederland is de verdamping van stedelijke gebieden gemeten of berekend. Tabel 5.8 geeft een overzicht van de gebruikte onderzoeken. Voor het bepalen van de verdamping van verharde oppervlakken is aangenomen dat de verdamping van onverharde oppervlakken 540 mm is, zoals gegeven door het KNMI (2017c). De verdamping over het verharde oppervlak is dan de totale verdamping – $(540 \text{ mm} \cdot (100\% - \text{percentage verhard}))$. Deze verdamping is als percentage van de jaarneerslag weergegeven in de laatste kolom van Tabel 5.8. Wanneer in de betreffende publicatie geen jaarneerslag is opgegeven, is een neerslag van 800 mm aangenomen.

De aldus berekende verdamping varieert slechts weinig, tussen 20% en 29%. Alleen de verdamping van 15% op de parkeerplaats in Lelystad wijkt hiervan af. Het betreft hier een onderzoekslocatie met andere eigenschappen dan van een gemiddeld stedelijk gebied. Zo is er geen sprake van dakoppervlakken, wat waarschijnlijk leidt tot een onderschatting. Om deze reden is deze verdampingswaarde verder buiten beschouwing gelaten. De rekenwaarde van de verdamping, 24%, is het gemiddelde van de berekende verdampingspercentages uit de overige onderzoeken. Dit percentage is als een constant procentueel verdampingsverlies afgetrokken van de jaarlijks variabele neerslagbelasting. Uiteraard is de verhouding tussen neerslag en verdamping de resultante van een complex meteorologisch proces waardoor deze verhouding van dag tot dag en van jaar tot jaar varieert. Het onderzoek van Jakobs et al. (2015) suggereert specifiek voor stedelijk verhard gebied wel een sterke correlatie tussen de hoeveelheid verdamping en de hoeveelheid neerslag, wat de toepassing van een constant verdampingspercentage enigszins onderbouwt.

Tabel 5.8 Overzicht onderzoeken verdamping van verharde oppervlakken in stedelijk gebied. Rekenwaarde EmissieRegistratie: 24%

| Locatie | Onderzoek | Percentage verhard | Totale verdamping [mm/jaar] | Verdamping van verhard oppervlak [% van jaarneerslag] |
|------------------------------------|---|--------------------|-----------------------------|---|
| Rivierenbuurt Amsterdam | Hoogvliet et al. (2013) | 68% | 292 | 22% |
| Arnhem Oost-Laag | Hoogvliet et al. (2013) | 47,8% | 382 | 26% |
| Arnhem Oost- Hoog | Hoogvliet et al. (2013) | 35,4% | 419 | 25% |
| Arnhem centrum 2013 | Jacobs et al. (2015) | 87% | 251 | 29% |
| Arnhem centrum 2014 | Jacobs et al. (2015) | 87% | 286 | 26% |
| Lelystad woonwijk | Van de Ven en Voortman (1985) | 41% | 316 | 20% |
| Lelystad parkeerplaats | Van de Ven en Voortman (1985) | 99,7% | 112 | 15% |
| Delft, Poptahof | Van Eijk (2002), in: De Graaf et al. (2013) | 60% | 312 | 20% |
| Heerhugowaard, De Draai | De Graaf (2009), in: De Graaf et al. (2013) | 34% | 414 | 21% |
| Referentiegewas-verdamping De Bilt | KNMI (2017c) | 0% | 540 | |

5.2.5 Verliezen door infiltratie

De rekenwaarde voor de infiltratie via verharde oppervlakken is vastgesteld op basis van langjarig onderzoek naar de waterbalans in stedelijk gebied door Van de Ven en Voortman (1985). Hierbij is de waterbalans van twee gebieden in Lelystad onderzocht (parkeerplaats en woonwijk). Van de netto neerslag (na aftrek van de verdamping) die op wegverharding valt infiltreert 38% in de parkeerplaats en 45% in de woonwijk. Het gemiddelde, 42%, is aangenomen als rekenwaarde voor de infiltratie via wegverharding. De infiltratie via dakverharding is nihil. Op basis van de genoemde bron bleek het niet mogelijk om betrouwbare afzonderlijke percentages te bepalen voor asfalt/ gesloten verharding en klinkers/ open verharding. Bij een aangenomen infiltratie van nihil voor gesloten verharding (asfaltverharding) wordt de berekende infiltratie voor open verharding in de woonwijk meer dan 100%. Blijkbaar klopt de aanname niet en bestaat er ook een significante infiltratie via asfaltverharding via scheuren en goten. Hier is verder geen onderzoek naar gedaan, omdat het globale cijfer voor wegverharding volstaat voor de berekeningen in het kader van de EmissieRegistratie.

Tabel 5.9 Gemiddelde neerslag, verdamping en infiltratie in Lelystad tussen 1970 en 1980 volgens Van de Ven en Voortman (1985). Rekenwaarde EmissieRegistratie: 42% van netto neerslag op wegverharding.

| | Lelystad parkeerplaats (verharde deel) | Lelystad woonwijk (verharde deel) |
|---|--|-----------------------------------|
| % dak | 0% | 32% |
| % asfalt | 45% | 41% |
| % open verharding (klinkers) | 55% | 27% |
| Totale neerslag [mm/jaar] | 737 | 698 |
| Verdamping [mm/jaar] | 112 | 138 |
| Netto neerslag [mm/jaar] | 625 | 560 |
| Infiltratie over totaal verhard oppervlak [mm/jaar] | 235 | 172 |
| Percentage van netto neerslag (na verdamping) dat infiltreert via wegverharding | 38% | 45% |

5.3 Rioolstelsels en hydraulische verdeling

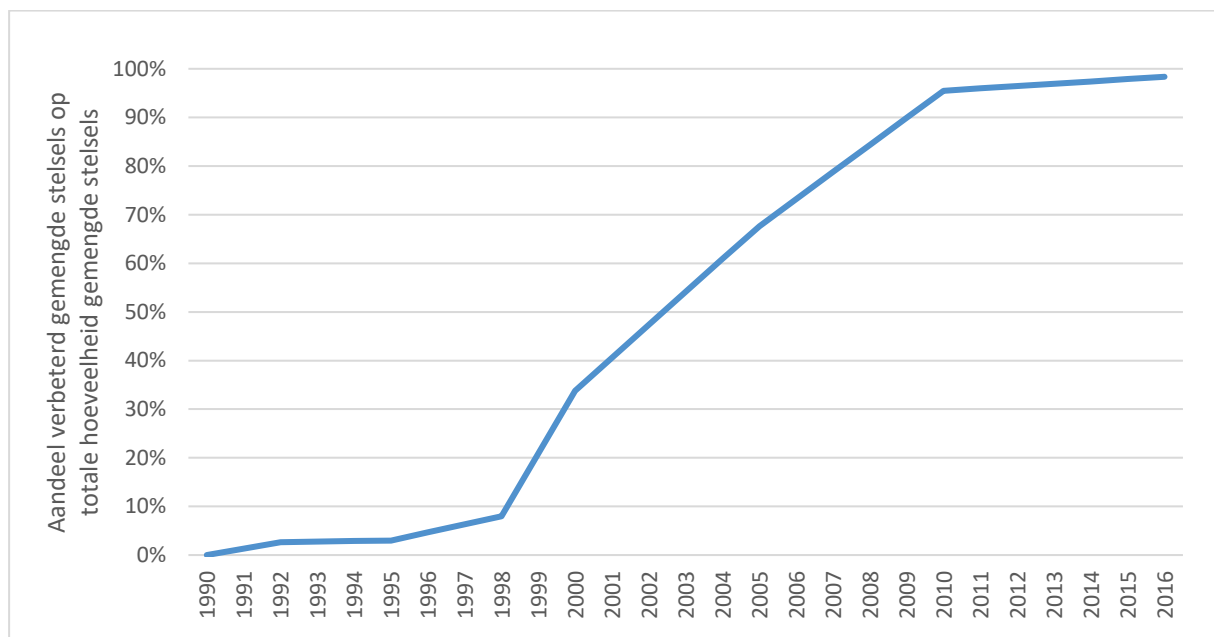
5.3.1 (Verbeterd) gemengde stelsels

Een gemengd rioolstelsel is te modelleren als een bak met een bepaalde berging en afvoercapaciteit via een rioolgemaal. De berging van het rioolstelsel en de capaciteit van het gemaal worden ontworpen op basis van de te verwachten vuilwater- en hemelwaterafvoer. (De voor de hemelwaterafvoer bestemde capaciteit bovenop de capaciteit voor vuilwaterafvoer wordt de pompovercapaciteit genoemd.) Standaard ontwerpwaarden (CIW, 2001) voor de berging en de hemelwaterafvoercapaciteit ofwel pompovercapaciteit zijn 7 mm en 0,7 mm/h respectievelijk (ofwel 70 m³ en 7 m³/h per ha aangesloten oppervlak). Voor verbeterd gemengde stelsels geldt dat deze emissietechnisch gezien gelijk presteren als een standaard gemengd stelsel met een aanvullende bergbezinkvoorziening van 2 mm inhoud. De werking van de bergbezinkvoorziening is tweeledig:

1. Vergroten van de berging van het rioolstelsel, zodat minder vaak overstortingen optreden;
2. Bezinking van verontreinigingen in het water voordat het overstort.

Wanneer de belasting op het rioolstelsel de berging en afvoercapaciteit overschrijdt, treden overstorten in werking, die het water ongezuiverd lozen op lokaal oppervlaktewater.

Gemengde rioleringsstelsels zijn nog steeds de meest voorkomende rioolstelsels in Nederland. Als gevolg van de Basisinspanning zijn in de afgelopen twee decennia vrijwel alle gemengde rioolstelsels omgebouwd tot verbeterd gemengde stelsels. Voor de berekening van de huidige en toekomstige emissies is het daarom niet meer zinvol om het onderscheid te hanteren en staat een gemengd stelsel gelijk aan een verbeterd gemengd stelsel. Voor het bepalen van de emissies in de jaren 1990 – 2010 is het wel noodzakelijk om dit onderscheid aan te houden.



Figuur 5.1 Ontwikkeling verbeterd gemengde stelsels in Nederland tussen 1990 en 2016. Bronnen: Deltares/TNO (2016), RIONED (1992, 1994, 1996, 1998)

Van zowel het afstromende hemelwater als van het vuilwater wordt een deel afgevoerd naar de RWZI, en wordt een deel geloosd via de overstort. In hydrodynamische rioleringsberekeningen wordt doorgaans geen onderscheid gemaakt naar de herkomst van het overstortende water, maar deze respectievelijke fracties zijn niet aan elkaar gelijk.

De verdeling van de totale hoeveelheid neerslagafvoer in een standaard gemengd en verbeterd gemengd stelsel met bovenstaande kenmerken is gegeven in Tabel 5.10. Voor de overstortende

percentages in een theoretisch (goed functionerend) rioelstelsel zijn de getallen gebaseerd op STOWA 2015-05. Een deel van het overstortende volume is te wijten aan suboptimaal presteren van het rioelstelsel (bijvoorbeeld gemaalstoringen). Korving (2004) heeft becijferd dat de overstortende volumes als gevolg van suboptimaal functioneren naar schatting 16% hoger zijn dan in een ideale (theoretische) situatie.

Om de omvang van het deel van de vuilwaterstroom dat via de overstorten wordt geloosd te bepalen, is aangenomen dat de vuilwaterbelasting op de riolering min of meer constant is in de tijd. De overstortende fractie is dan evenredig met de totale duur van alle overstortingsgebeurtenissen. Om de overstortingsduur te bepalen, is gebruik gemaakt van overstortmetingen in zuiveringskring Eindhoven van Waterschap De Dommel 2011-2013 (Waterschap De Dommel, 2013). Hieruit bleek dat gemiddeld 49 uur per jaar per overstort wordt geloosd, ofwel 0,6%. (De spreiding rondom het gemiddelde ligt in de orde van grootte van 100%, maar de zuiveringskring Eindhoven is met 750.000 inwonerequivalenten en met 44 bemeten grote overstorten zo groot dat de gemiddelde overstortduur voldoende representatief wordt geacht voor de landelijke situatie) De overstortende hoeveelheid in het hele gebied was geschat op basis van de gevallen neerslag 43 mm. Uit het gemaalontwerp kunnen we afleiden dat gedurende overstortingsituaties in dezelfde tijd 34 mm naar de RWZI wordt afgevoerd ($49 \text{ h} * 0,7 \text{ mm/h} = 34 \text{ mm}$). Tijdens overstortingsituaties wordt dus 56% (43 mm) van het totaal volume via de overstort geloosd en 44% (34 mm) gaat naar de RWZI. Aangenomen is dat deze verhouding ook opgaat voor de vuilwaterfractie. Dus 0,6% van de tijd wordt 56% van de vuilwaterfractie via de overstort geloosd: dit is 0,3% van het totaal. Naar de RWZI gaat de overige 99,7%. In deze berekening is geen onderscheid gemaakt tussen gemengde en verbeterd gemengde rioelstelsels. Het deel van de vuilwaterstroom dat via de overstorten wordt geloosd is dus erg klein, zowel ten opzichte van de hemelwaterfractie als ten opzichte van de totale vuilwaterstroom (Tabel 5.11).

Tabel 5.10 Hydraulische verdeling van naar de riolering afstromende neerslag (na verdampings- en infiltratieverliezen) in gemengde en verbeterd gemengde stelsels. N.B. het gebruikte inloopmodel heeft sterke invloed op de berekende overstortende fractie van het hemelwater. Bij gebruik van het C2100-inloopmodel is het absolute overstortende volume groter, maar relatief (ten opzichte van de naar de riolering afstromende hoeveelheid) kleiner. De in Tabel 5.10 genoemde percentages corresponderen met de afstromingscoëfficiënt van 0,59 (zie § 5.2.3).

| | Gemengd stelsel | Verbeterd gemengd stelsel |
|--|-----------------|---------------------------|
| Overgestort op basis van berging en pompovercapaciteit (theoretische berekening ideale situatie) | 10% | 7,1% |
| Overgestort als gevolg van pompstoringen/ falen systeem | 1,6% | 1,1% |
| Totaal afvoer via overstort | 11,6% | 8,2% |
| Afvoer naar RWZI | 88,4% | 91,8% |

Tabel 5.11 Hydraulische verdeling van het naar de riolering afgevoerde afvalwater in gemengde en verbeterd gemengde stelsels

| | Gemengd stelsel | Verbeterd gemengd stelsel |
|----------------------|-----------------|---------------------------|
| Afvoer via overstort | 0,3% | 0,3% |
| Afvoer naar RWZI | 99,7% | 99,7% |

5.3.2 (Verbeterd) gescheiden stelsels

Gescheiden stelsels hebben aparte buizen voor de inzameling van afvalwater en van afstromend hemelwater. Het vuilwaterstelsel voert af naar de RWZI; het hemelwaterstelsel loost, doorgaans ongezuiverd, op het lokale oppervlaktewater. Verontreinigingsrisico's voor het ontvangende

oppervlaktewater kunnen ontstaan door foutaansluitingen, een vervuilde hemelwater runoff en calamiteiten waardoor verontreinigingen via straatkolken in de hemelwaterriolering komt.

Een deel van de gescheiden stelsels is van het ‘verbeterde’ type. Verbeterd gescheiden stelsels zijn ontwikkeld om de risico’s van verontreiniging van het ontvangende oppervlaktewater te ondervangen. De hemelwaterriolering van verbeterd gescheiden stelsels hebben net als gemengde stelsels een berging en een gemaal dat afvoert naar de RWZI. Standaard ontwerpwaarden voor de berging en de hemelwaterafvoercapaciteit zijn 4 mm en 0,3 mm/h respectievelijk (ofwel 40 m³ en 3 m³/h per ha aangesloten oppervlak). Vrijwel al het water van foutaansluitingen en een groot deel van de hemelwaterafvoer wordt hierdoor naar de RWZI getransporteerd. De ontwikkeling van het aandeel verbeterd gescheiden stelsels ten opzichte van de totale omvang van de gescheiden stelsels is weergegeven in Figuur 5.2. Tot 1998 was ongeveer 10% van de gescheiden stelsels van het type ‘verbeterd’; na 2005 is dat ongeveer 25%.

Op basis van nieuwe inzichten over de kwaliteit van afstromend hemelwater (uitkomst van verschillende uitgebreide meetprojecten in hemelwaterstelsels in het land) is sinds 2015 een omgekeerde trend gaande. Bestaande ‘verbeterd’ gescheiden stelsels worden weer ingezet als ‘gewone’ gescheiden stelsels (soms door heel eenvoudig het gemaal uit te schakelen). Ook worden verbeteringen aan de ‘verbeterd’ gescheiden stelsels toegepast (zoals VGS 2.0 in STOWA, 2017-12), waardoor de fractie hemelwater die naar de RWZI wordt afgevoerd, wordt verminderd. Toekomstige actualisaties van de EmissieRegistratie moeten met deze trend rekening houden.

De verdeling van de waterstromen van het afgevoerde hemelwater bij gescheiden en verbeterd gescheiden stelsels met bovenstaande kenmerken is gegeven in Tabel 5.12. Voor de overstortende percentages in een verbeterd gescheiden rioolstelsel zijn de getallen gebaseerd op een reeksrekening van een bakmodel van een standaard ontworpen verbeterd gescheiden stelsel met de KNMI-neerslagreeks De Bilt 2001 – 2010 en een inloopmodel met een afstromingscoëfficiënt van 59% (§ 5.2.3).

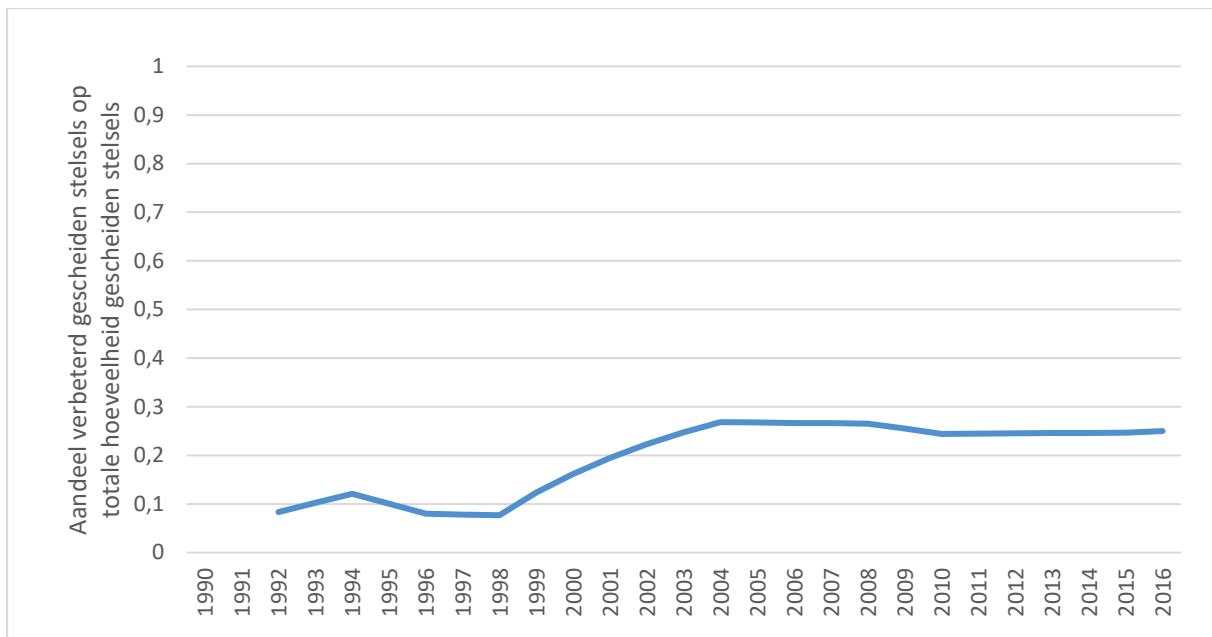
Door foutaansluitingen (§ 5.3.5) voert een hemelwaterstelsel ook een fractie vuilwater af. In gewone gescheiden stelsels wordt 100% van deze fractie op het lokale oppervlaktewater geloosd (Tabel 5.13). Goed functionerende verbeterd gescheiden stelsels voeren via het gemaal het grootste deel van de foutaansluitingstroom af naar de RWZI. Gedurende 1% van de tijd voert een verbeterd gescheiden stelsel af via de hemelwateruitlaat. Dit getal volgt uit de genoemde reeksrekening. Hierbij wordt 80% van de totale waterstroom via de hemelwateruitlaat geloosd en gaat 20% via het gemaal naar de RWZI (ook op basis van de genoemde reeksrekening). Aangenomen is dat deze verhouding ook opgaat voor de vuilwaterfractie. Dus in verbeterd gescheiden stelsels wordt gedurende 1 % van de tijd 80% van de vuilwaterfractie van foutaansluitingen via de overstort geloosd: dit is 0,8% van de totale vuilwaterfractie van foutaansluitingen. Naar de RWZI gaat de overige 99,2%.

Tabel 5.12 Hydraulische verdeling van naar de riolering afstromende neerslag (na verdampings- en infiltratieverliezen) in verbeterd gescheiden stelsels

| | Gescheiden stelsel | Verbeterd gescheiden stelsel |
|-----------------------|--------------------|------------------------------|
| Via hemelwateruitlaat | 100% | 34% |
| Afvoer naar RWZI | 0% | 66% |

Tabel 5.13 Hydraulische verdeling van het naar de riolering afgevoerde afvalwater in gescheiden en verbeterd gescheiden stelsels

| | Gescheiden stelsel | Verbeterd gescheiden stelsel |
|-----------------------|--------------------|------------------------------|
| Via hemelwateruitlaat | 100% | 0,8% |
| Afvoer naar RWZI | 0% | 99,2% |



Figuur 5.2 Ontwikkeling verbeterd gescheiden stelsels in Nederland tussen 1992 en 2016. Bron: Stichting RIONED (1992, 1994, 1996, 1998, 2005, 2009, 2010, 2013, 2016)

5.3.3 Mechanische riolering

Drukriolering is sinds de jaren 1990 in Nederland veel aangelegd in buitengebieden met een lage bevolkingsdichtheid. In 2016 is ongeveer 4% van de huishoudens aangesloten op drukriolering. In principe wordt via drukriolering alleen afvalwater en geen hemelwater afgevoerd naar de RWZI. In de praktijk is vaak wel sprake van enige belasting met hemelwater op de drukrioleringssystemen. Dit is verwerkt in de schatting van de foutaansluitingengraad van hemelwater op vuilwaterriolering (§ 5.3.5).

5.3.4 Omvang en onderlinge verhouding stelseltypes

De omvang van de verschillende stelseltypes en de aansluitgraad van huishoudens op deze stelsels wordt regelmatig gerapporteerd door Stichting RIONED. Tabel 5.14 geeft het verloop van de aansluitgraad van huishoudens in Nederland tussen 1992 en 2016. Tabel 5.15 geeft een overzicht van de totale omvang (in km) van de vrijvervalriolering in Nederland. Het valt op dat de totale lengte van de vrijvervalriolering volgens de cijfers van RIONED in 1992 en 1994 hoger ligt dan vanaf 1996. Waarschijnlijk is hier sprake van onvoldoende nauwkeurige getallen. Om deze reden zijn op basis van extrapolatie van de som van alle buislengtes de buislengtes in 1992 en 1994 in de berekeningen met 15% verminderd (Figuur 5.3). Onzekerheid/ onnauwkeurigheid is ook zichtbaar in afwijkende verhoudingen vuilwater-/ hemelwaterriolering.

De omvang van de gemengde riolering blijft door de jaren heen ongeveer gelijk (50.000 km), maar relatief is het aandeel gemengde riolering ten opzichte van de hemelwaterriolering afgenomen, doordat nieuw aangelegde stelsels vrijwel altijd vuilwater en hemelwater separaat inzamelen. Aangenomen is dat de verdeling van de naar de riolering afvoerende huishoudens en het naar de riolering afvoerende oppervlak over de stelseltypes evenredig is met de corresponderende stelsellengtes (Tabel 5.16).

Tabel 5.14 Aansluitgraad huishoudens op de riolering, inclusief IBA. Bron: Stichting RIONED (1992, 1994, 1996, 1998, 2005, 2009, 2010, 2013, 2016)

| | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2004 | 2008 | 2010 | 2013 | 2016 |
|--|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] |
| Aansluitingsgraad op de riolering | 97,0 | 96,5 | 96,9 | 97,2 | 98,6 | 99,6 | 99,2 | 99,4 | 99,5 |
| vrijvervalriolering | 96,0* | 95,5* | 95,9* | 96,2* | 95,8 | 96,0 | 95,2 | 95,5 | 95,4 |
| mechanische riolering | 1,0* | 1,0* | 1,0* | 1,0* | 2,8 | 3,6 | 4,0 | 3,9 | 4,1 |
| IBA (Individuele behandeling afvalwater) | 0,0* | 0,0* | 0,0* | 0,0* | 0,9 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| Geen aansluiting of zuivering | 3,0 | 3,5 | 3,1 | 2,8 | 0,5 | 0,0 | 0,5 | 0,3 | 0,1 |

* niet gerapporteerd, schatting

Tabel 5.15 Buislengte (km) vrijvervalriolering. De stelsellengte van (verbeterd) gescheiden stelsels is de helft van de totale buislengte van de vuilwater- en hemelwaterriolering. Getallen van 1992 en 1994 zijn in de berekeningen zijn met 15% verminderd t.o.v. de brondata in deze tabel. Bron: Stichting RIONED (1992, 1994, 1996, 1998, 2005, 2009, 2010, 2013, 2016)

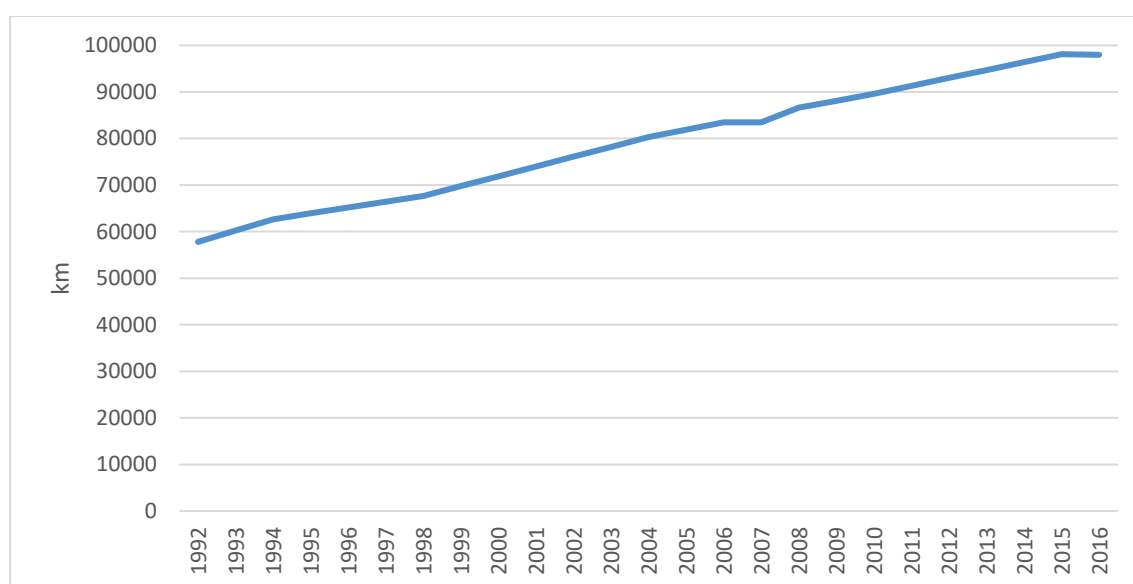
| | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2004 | 2008 | 2010 | 2013 | 2016 |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| (Verbeterd) gemengde riolering | 51.680 | 55.000 | 48.900 | 49.340 | 49.000 | 48.500 | 50.800 | 51.000 | 50.000 |
| (Verbeterd) gescheiden rioolstelsels | 16.320 | 18.200 | 16.290 | 18.330 | 31.300 | 38.100 | 38.800 | 43.700 | 48.000 |
| waarvan vuilwater | 8.160* | 9.200* | 8.145* | 9.165* | 14.900 | 17.000 | 20.400 ^a | 20.500 | 22.000 |
| waarvan hemelwater | 8.160* | 9.200* | 8.145* | 9.165* | 16.400 | 21.100 | 18.400 ^a | 23.200 | 26.000 |

* niet afzonderlijk gerapporteerd, schatting

^a mogelijk onnauwkeurige getallen, gezien de afwijkende verhouding vuilwater-/ hemelwater

Tabel 5.16 Verdeling aangesloten oppervlak over gemengde en (verbeterd) gescheiden stelsels

| | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2004 | 2008 | 2010 | 2013 | 2016 |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| (Verbeterd) gemengde riolering | 86% | 86% | 86% | 84% | 75% | 70% | n.b. | 69% | 66% |
| (Verbeterd) gescheiden rioolstelsels | 14% | 14% | 14% | 16% | 25% | 30% | n.b. | 31% | 34% |



Figuur 5.3 Ontwikkeling lengte vrijvervalriolering in Nederland tussen 1992 en 2016. Getallen vóór 1996 zijn met 15% verminderd t.o.v. de brondata. Bron: Stichting RIONED (1992, 1994, 1996, 1998, 2005, 2010, 2013, 2016)

5.3.5 Foutaansluitingen

Hoewel foutaansluitingen een belangrijke rol spelen in de emissie van hemelwaterrioleringen, is er weinig structureel onderzoek naar het voorkomen van foutaansluitingen in Nederland. Op projectbasis is wel veel onderzoek uitgevoerd. Op basis van deze onderzoeken kan worden geschat dat zeker 5% van de aansluitingen op de Nederlandse hemelwaterstelsels foutief zijn (Schilperoort et al., 2011; Moons, 2014). Mogelijk zit in deze getallen echter een bias, omdat veel van dit onderzoek alleen wordt uitgevoerd als er een gegrond vermoeden bestaat van een significante invloed van foutaansluitingen. De EmissieRegistratie is tot dusver uitgegaan van een percentage van 2%. Gekozen is om dit getal te handhaven, met de aanbeveling om meer structureel onderzoek te doen naar de prevalentie van foutaansluitingen.

5.4 Waterbalans en restpost rioolvreemd water

Op basis van voorgaande paragrafen is een balans opgesteld van de waterstromen in de afvalwaterketen. Op jaarbasis is het effect van berging in de keten verwaarloosbaar, dus de hoeveelheid water die uit de keten wordt geloosd is gelijk aan de hoeveelheid water die de riolering binnenkomt (uit = in).

Uit:

- Afvoer via hemelwateruitlaten (berekend)
- Afvoer via overstorten van gemengde riolering (berekend)
- Afvoer via RWZI (gemeten)
- Afvoer via IBA en overige ongerioleerde lozingen van huishoudelijk afvalwater (hydraulisch gezien verwaarloosbaar)

In:

- Afvalwaterproductie
- Hemelwaterafvoer
- Restpost rioolvreemd water

5.4.1 Verdeling over de compartimenten

Tabel 5.17 laat zien op basis van het hydraulisch model hoe de verdeling is van het huishoudelijke afvalwater via de emissieroutes in de afvalwaterketen op de ontvangende compartimenten RWZI, oppervlaktewater en bodem voor peiljaar 2014. De verdeling voor bedrijfsmatig afvalwater dat via gemeentelijke rioleringsstelsels wordt ingezameld is vrijwel identiek, alleen ontbreken hier lozingen via IBA's en ongezuiverd gerioleerd (Tabel 5.18). De verdeling voor hemelwater is opgenomen in Tabel 5.19. Voor de overige peiljaren heeft Deltares op basis van de ontwikkelingen in de relatieve omvang van de (verbeterd) gemengde en (verbeterd) gescheiden stelsels vergelijkbare overzichten opgesteld.

Tabel 5.17 Verdeling huishoudelijke afvalwater via de emissieroutes in de afvalwaterketen op de ontvangende compartimenten RWZI, oppervlaktewater en bodem (peiljaar 2014)

| Route | RWZI | oppervlaktewater | bodem |
|---|-------|------------------|-------|
| Gemengde riolering | 67,7% | 0,2% | 0,0% |
| Vuilwaterriolering van (verbeterd) gescheiden stelsels | 27,1% | 0,0% | 0,0% |
| Hemelwaterriolering gescheiden stelsels (foutaansluitingen) | 0,0% | 0,4% | 0,0% |
| Hemelwaterriolering verbeterd gescheiden stelsels (foutaansluitingen) | 0,1% | 0,0% | 0,0% |
| Mechanisch gerioleerd | 3,9% | 0,0% | 0,0% |
| IBA | 0,0% | 0,2% | 0,1% |
| Ongezuiverd gerioleerd | 0,0% | 0,2% | 0,1% |
| Totaal | 98,8% | 1,0% | 0,2% |

Tabel 5.18 Verdeling van bedrijfsmatige afvalwater dat via gemeentelijke rioleringsstelsels wordt ingezameld over de emissieroutes in de afvalwaterketen en de ontvangende compartimenten RWZI, oppervlaktewater en bodem (peiljaar 2014)

| Route | RWZI | oppervlaktewater | bodem |
|---|-------|------------------|-------|
| Gemengde riolering | 68,1% | 0,2% | 0,0% |
| Vuilwaterriolering van (verbeterd) gescheiden stelsels | 27,2% | 0,0% | 0,0% |
| Hemelwaterriolering gescheiden stelsels (foutaansluitingen) | 0,0% | 0,4% | 0,0% |
| Hemelwaterriolering verbeterd gescheiden stelsels (foutaansluitingen) | 0,1% | 0,0% | 0,0% |
| Mechanisch gerioleerd | 3,9% | 0,0% | 0,0% |
| Totaal | 99,4% | 0,6% | 0,0% |

Tabel 5.19 Verdeling afstromende neerslag van oppervlak dat afvoert naar een gemeentelijk rioolstelsel over de emissieroutes in de afvalwaterketen en de ontvangende compartimenten RWZI, oppervlaktewater en bodem (peiljaar 2014)

| Route | RWZI | oppervlaktewater | bodem |
|--|-------|------------------|-------|
| Gemengde riolering | 48,0% | 4,3% | 0,0% |
| Vuilwaterriolering van (verbeterd) gescheiden stelsels (foutaansluitingen) | 0,5% | 0,0% | 0,0% |
| Hemelwaterriolering gescheiden stelsels | 0,0% | 19,1% | 0,0% |
| Hemelwaterriolering verbeterd gescheiden stelsels | 4,1% | 2,1% | 0,0% |
| Infiltratie via wegverharding | 0,0% | 0,0% | 21,8% |
| Totaal | 52,7% | 25,6% | 21,8% |

5.4.2 Aanvoer naar de RWZI: verwachting en metingen

Op basis van de totale hoeveelheid afvalwater en hemelwater die naar de riolering afstroomt, en de verdeling over de emissieroutes binnen de afvalwaterketen, kan worden geschat hoe groot de verwachte totale jaarlijkse aanvoer op de RWZI's is, namelijk (voor 2014)

- 98,8% (voor de eenvoud van de berekening afgerond naar 100%) van de totale huishoudelijke afvalwaterproductie (Tabel 5.3: 705 miljoen m³),
- 99,4% (voor de eenvoud van de berekening afgerond naar 100%) van het bedrijfsmatige afvalwater dat via gemeentelijke rioleringsstelsels wordt ingezameld (Tabel 5.3: 257 miljoen m³),
- 52,7% van de netto neerslag op oppervlakken die zijn aangesloten op gemeentelijke riolering (Tabel 5.7: 992 miljoen m³ * 52,7% = 522 miljoen m³).

In totaal is in 2014 de afvalwaterstroom naar de RWZI 961 miljoen m³ en de hemelwaterstroom 522 miljoen m³ (Tabel 5.20). Wanneer deze waarden worden vergeleken met de werkelijk gemeten aanvoer op de RWZI, dan blijkt deze werkelijke aanvoer groter. Ruim 20% van de totale gemeten aanvoer op jaarbasis kan niet worden verklaard als gevolg van afstromend hemelwater of afvalwater van huishoudens of bedrijven. Deze restpost is het rioolvreemde water.

Tabel 5.20 Verwachte en gemeten aanvoer van afvalwater (influent) op Nederlandse RWZI's. Bron gemeten influent: CBS

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|-------|-------|-------|-------|--------|
| Afvalwater naar RWZI [miljoen m ³] | 963 | 968 | 961 | 973 | n.b. |
| Hemelwater naar RWZI [miljoen m ³] | 586 | 507 | 522 | 577 | 487 |
| Volume influent uit afvalwater en hemelwater [miljoen m ³] | 1.549 | 1.475 | 1.483 | 1.547 | 1.460* |
| Volume influent totaal gemeten [miljoen m ³] | 1.985 | 1.873 | 1.841 | 1.957 | n.b. |
| Aandeel 'rioolvreemd' water | 22% | 21% | 19% | 21% | n.b. |

* voorlopige schatting uitgaande van dezelfde afvalwaterproductie als 2015

5.4.3 Riolvreemd water

Riolvreemd water in het influent van de RWZI is afkomstig uit gemengde riolen, vuilwaterriolen en hemelwaterriolen van verbeterd gescheiden stelsels. Een deel van het riolvreemde water voert niet af naar de RWZI, maar wordt geloosd op lokaal oppervlaktewater. Voor het overgrote deel betreft dit de afvoer via de hemelwaterrioleringen van (niet-verbeterd) gescheiden stelsels die niet afvoeren naar de RWZI. Hemelwaterriolering betreft ongeveer 20% van de totale stelsellengte (zie Tabel 5.15). Aangenomen is dat de hoeveelheid riolvreemd water evenredig is met de stelsellengte en dat deze hoeveelheid in deze hemelwaterriolen even groot is als in de vrijvervalriolering die wel afvoert naar de RWZI. Tabel 5.21 geeft een overzicht van de op deze manier bepaalde totale hoeveelheid riolvreemd water. Tabel 5.22 laat op basis van het hydraulisch model zien hoe deze bron wordt verdeeld over de verschillende stelseltypes en ontvangende compartimenten.

Tabel 5.21 Geschatte omvang riolvreemd water op totale waterbalans

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------|------|------|------|------|
| Volume riolvreemd water op RWZI [miljoen m ³] | 436 | 398 | 357 | 410 | n.b. |
| Volume riolvreemd water op oppervlaktewater [miljoen m ³] | 93 | 90 | 86 | 105 | n.b. |
| Totaal volume riolvreemd water [miljoen m ³] | 529 | 488 | 443 | 516 | n.b. |

Tabel 5.22 Verdeling van riolvreemd water dat via gemeentelijke rioleringsstelsels wordt ingezameld over de emissieroutes in de afvalwaterketen en de ontvangende compartimenten RWZI, oppervlaktewater en bodem (peiljaar 2014)

| Route | RWZI | oppervlaktewater | bodem |
|--|-------|------------------|-------|
| Gemengde riolering | 52,7% | 0,2% | 0,0% |
| Vuilwaterriolering van (verbeterd) gescheiden stelsels | 21,3% | 0,0% | 0,0% |
| Hemelwaterriolering gescheiden stelsels | 0,0% | 19,5% | 0,0% |
| Hemelwaterriolering verbeterd gescheiden stelsels | 6,3% | 0,0% | 0,0% |
| Totaal | 80,3% | 19,7% | 0,0% |

5.5 Exfiltratie

Riolvreemd water is vaak water dat infiltreert in lekke rioolbuizen. De omgekeerde route is ook mogelijk: exfiltratie naar de bodem. Infiltratie in de buis vindt plaats bij grondwaterstanden boven de buis; exfiltratie naar de bodem kan plaatsvinden bij lage grondwaterstanden. Hydraulisch gezien is de hoeveelheid veel kleiner dan de hoeveelheid riolvreemd water. De schattingen variëren zeer, maar voor de Nederlandse situatie lijkt ongeveer 25 mm op jaarbasis (bijna 2% van de totale waterbalans) het maximum. Landelijk gemiddeld zal het percentage lager liggen dan 1%, omdat exfiltratie in grote delen van Nederland überhaupt niet voorkomt (namelijk de gebieden met een grondwaterstand boven het niveau van de riolering). Omdat over de omvang van de exfiltratie geen consistente (meet)gegevens beschikbaar zijn, is aangenomen dat deze emissie nihil is. Lopend onderzoek aan de TU Delft geeft hierover waarschijnlijk in de toekomst wel betere informatie, op basis waarvan kan worden besloten om exfiltratie als emissieroute alsnog in de EmissieRegistratie op te nemen.

6 Verwijderingen

6.1 Verwijderingen in kolken, riolen en gemalen

In totaal wordt in Nederland jaarlijks ongeveer 84 miljoen kg sediment en slib verwijderd uit de Nederlandse kolken, riolen en gemalen (peiljaar 2014; CBS, 2017). Dit betreft de totale hoeveelheid slib. Het drogestofpercentage hiervan is aangenomen op 40% (STOWA 2016-05B). Op basis van metingen in Almere (STOWA 2016-05B) is geschat dat het aandeel kolkenslib op de totale verwijdering ongeveer 50% is. Dit betekent dat jaarlijks bijna 17 miljoen kg droge stof (DS) uit kolken en een even grote hoeveelheid uit leidingen en gemalen wordt verwijderd. Evenredig verdeeld over kolken en riolen en over het totaal aangesloten oppervlak van 1526 km² (2014) betreft het 110 kg DS uit kolken en 110 kg DS uit riolen en gemalen per ha per jaar. Deze getallen liggen in dezelfde orde van grootte als bij onderzoeksbevindingen uit Almere (78 kg DS /ha uit kolken) en Frankrijk (116 kg DS/ha uit riolen).

In het influent van de RWZI's is gemiddeld ongeveer 250 mg/l aan onopgeloste bestanddelen aanwezig (CBS, 2017). De jaarlijkse vracht op Nederlandse RWZI's komt hiermee jaarlijks op ongeveer 470 miljoen kg. Op een vergelijkbare manier is de vracht onopgeloste bestanddelen in de emissie via overstorten en hemelwateruitlaten bepaald, beide ongeveer 8 miljoen kg per jaar. Dit betekent dat de totale jaarlijkse hoeveelheid onopgeloste bestanddelen in de afvalwaterketen neerkomt op ongeveer 520 miljoen kg per jaar. Hiervan wordt 3% verwijderd uit kolken en 3% uit leidingen.

Deze percentages liggen duidelijk lager dan het constante percentage van 9% voor emissiereductie door kolken-, riool- en gemalenreiniging dat in de oude aanpak van de EmissieRegistratie als uitgangspunt werd genomen. Het aandeel van 9% was afgeleid van een jaarproductie van 200 miljoen kg riool- en kolkenslib in 1991. Zoals hierboven genoemd, ligt het actuele verwijderingsgetal met 84 miljoen kg veel lager.

Daarnaast werd in de 'oude' aanpak van de EmissieRegistratie geen rekening gehouden met de volgende punten:

- *Emissiereductie is stofafhankelijk*
De emissiereductie hangt samen met het verwijderen van sediment en slib uit de kolken, riolen en gemaalkelders. De stoffen die worden verwijderd, zijn dus gebonden aan onopgeloste bestanddelen. Stoffen die goed oplosbaar zijn en niet binden aan onopgeloste bestanddelen worden niet of nauwelijks verwijderd.
- *Emissiereductie is afhankelijk van de route die het water aflegt*
Voor zover emissiereductie in straatkolken plaatsvindt, betreft dit alleen de deelstroom afstromend hemelwater van wegooppervlak die via straatkolken de riolering binnentreedt. Hemelwater van daken, vuilwater en rioolvreemd water voert niet af via straatkolken. Emissiereductie in straatkolken mag dus alleen aan de deelstroom hwa-weg (en deels aan hwa-beide) worden toegekend.

Met behulp van metingen uit het regenwaterproject Almere (STOWA 2016-05B) is verkend of de aanname van een vast percentage kon worden vervangen door stofafhankelijke verliespercentages voor kolken (voor de deelstromen hwa-weg en hwa-beide) en riolen en gemalen (voor de totale emissiestroom). Tabel 6.1 toont rekenconcentraties en de daarvan afgeleide totale verwijderingsvrachten voor de parameters waarvan meetgegevens beschikbaar zijn. Voor deze stoffen zijn in Tabel 6.2 de verwijderingsvrachten afgezet tegen de totale vuilstroom via de kolken en de riolen, wat een procentuele verwijdering oplevert. De vuilvracht die de kolken passeert, is gelijk aan de vracht van aanvoertype hwa-weg plus een aandeel (aanname: 50%) van hwa-beide. De rest van het de emissie naar de riolering passeert geen straatkolken, dus daarover treedt geen verlies op. Het verwijderingsrendement van onopgeloste bestanddelen kan hierbij

worden gezien als een theoretische bovengrens. Voor een aantal stoffen ligt het berekende rendement boven deze theoretische bovengrens. Deze overschrijdingen geven een indruk van de (on)nauwkeurigheid van deze benadering. Wel blijkt duidelijk dat verwijderingsrendementen inderdaad sterk stofafhankelijk zijn. Daarmee is de nieuwe benadering een duidelijke verbetering ten opzichte van het eerder gebruikte vaste percentage.

Tabel 6.1 Samenstelling kolken- en rioolslib op basis van metingen en jaarlijkse verwijdering door reiniging van kolken en leidingen in Nederland. Samenstelling kolkenslib gebaseerd op (STOWA, 2016-05B); rekenwaarden voor samenstelling rioolslib gebaseerd op Ashley et al. (2004), Houhou et al. (2009), Houhou et al. (2009a), Michelbach & Wohrle,(1993), Michelbach & Wohrle,(1994).

| Verwijdering per stof | Kolken | | | Riolen en gemalen | | | Totaal |
|--|--------|---------------|--------------------|-------------------|---------------|------------|--------------------|
| | Stof | mg/kg DS slib | kg/ha/jaar | kg/jaar | mg/kg DS slib | kg/ha/jaar | kg/jaar |
| Cadmiumverb. (als Cd) | 0,30 | 0,0000 | 5 | 0,54 | 0,0001 | 9 | 14 |
| Chroomverb. (als Cr) | 39,8 | 0,0044 | 668 | 49 | 0,0054 | 823 | 1491 |
| Koperverb. (als Cu) | 64 | 0,0070 | 1074 | 118 | 0,0130 | 1981 | 3055 |
| Kwikverb. (als Hg) | 0,11 | 0,0000 | 2 | 1,9 | 0,0002 | 32 | 34 |
| Loodverb. (als Pb) | 28 | 0,0031 | 470 | 26 | 0,0029 | 436 | 907 |
| N - Totaal | 6969 | 0,7666 | 116992 | 7500 | 0,8250 | 125906 | 242898 |
| Nikkelverb. (als Ni) | 17 | 0,0019 | 285 | 19 | 0,0021 | 319 | 604 |
| P - Totaal | 1871 | 0,2058 | 31409 | 1700 | 0,1870 | 28539 | 59948 |
| PAK (10 van VROM) | 2 | 0,0002 | 34 | | | | 34 |
| PAK (16 van EPA) | | | | 1,9 | 0,0002 | 32 | 32 |
| Zinkverb. (als Zn) | 337 | 0,0371 | 5657 | 313 | 0,0344 | 5254 | 10912 |
| Droge stof van onopgeloste bestanddelen (OB) | | | 17*10 ⁶ | | | | 17*10 ⁶ |

Tabel 6.2 Procentuele verliezen in kolken en riolen + gemalen door reiniging op basis van gemeten samenstelling kolken- en rioolslib.

| Stof | Verwijdering door reiniging van kolken | Verwijdering door reiniging van riolen en gemalen |
|--|---|---|
| | (ten opzichte van hwa-weg en 50% van hwa-beide) | (ten opzichte van totale emissie naar riool, peiljaar 2014) |
| Cadmiumverb. (als Cd) | 7,8% | 1,4% |
| Chroomverb. (als Cr) | 14,8% | 3,8% |
| Koperverb. (als Cu) | 6,2% | 1,2% |
| Kwikverb. (als Hg) | 3,8% | |
| Loodverb. (als Pb) | 29,8% | 0,9% |
| N - Totaal | 10,7% | 0,1% |
| Nikkelverb. (als Ni) | 12,8% | 1,52% |
| P - Totaal | 25,4% | 0,20% |
| PAK (10 van VROM) | 3,1% | |
| PAK (16 van EPA) | | 1,3% |
| Zinkverb. (als Zn) | 12,9% | 1,1% |
| Droge stof van onopgeloste bestanddelen (OB) | 30%* | 3% |

* schatting op basis van metingen Regenwaterproject Almere

6.2 Verwijderingen in bergbezinkvoorzieningen

Nederland telde bij de Benchmark in 2016 ongeveer 13.000 overstorten. Daarvan waren er 2.700 voorzien van bergbezinkvoorzieningen met een totaal volume van 1,79 miljoen m³ (RIONED, 2016). Door bezinking in bergbezinkvoorzieningen is er sprake van een stofafhankelijke reductie van de emissie via overstorten. Voor zwevende stof ligt het bezinkingsrendement op ongeveer 45% (CIW, 2001); dit is de bovengrens voor de verwijdering van (deels) gebonden verontreinigingen. Tabel 6.3 geeft een overzicht van de beschikbare gemeten bezinkingsrendementen van enkele stoffen, gebaseerd op metingen (STOWA, 2017).

Niet alle emissies via overstorten passeren een bergbezinkvoorziening. Daarom moet een schatting worden gedaan van het volume waarvoor bezinking optreedt. Hoewel slechts 19% van de overstorten is voorzien van een bergbezinkvoorziening, is dit percentage geen goede maat, omdat bergbezinkvoorzieningen typisch worden geïnstalleerd bij de grootste en meest gebruikte overstorten. Het werkelijke percentage ligt hoger. Geschat is dat 87% van de hydraulische emissie vanuit overstorten via bergbezinkbassins verloopt. Deze schatting is gebaseerd op de totale berging van 1,79 miljoen m³ of 0,35 m² per woning in 2016 (van de 7,72 miljoen woningen is 66% aangesloten op gemengde riolering, afgeleid uit Tabel 5.1, Tabel 5.14 en Tabel 5.15). Bij een aangesloten oppervlak per woning van 201 m² is de beschikbare berging in bergbezinkvoorzieningen 1,75 mm over het aangesloten verhard oppervlak. Dit oppervlak is gedeeld door de typische ontwerpgrootte van 2,0 mm waarvoor het genoemde bezinkingsrendement van 45% geldt ($1,75/2,0 = 87\%$).

In 2013 noemde de Benchmark Riolering van Stichting RIONED nog een lager totaal volume in bergbezinkbassins, namelijk 1,56 miljoen m³ of 1,57 mm over het aangesloten oppervlak. Het corresponderende volumeaandeel waarvoor een bezinkingsrendement mag worden berekend, ligt met dit volume op 78%. In de berekening is uitgegaan van het meest recente cijfer, dus 87% uit 2016.

Tabel 6.3 Procentuele verliezen in kolken en riolen + gemalen door reiniging op basis van gemeten samenstelling kolken- en rioolslib.

| Stof | Emissiereductie bij toepassing van bergbezinkvoorziening |
|---|--|
| Chemisch Zuurstof Verbruik | 35% |
| N - Totaal | 5% |
| P – Totaal | 32% |
| PAK (10 van VROM) | 18% |
| Zinkverb. (als Zn) | 10% |
| (zwevende stof, bovengrens bezinkingsrendement) | 45% |

6.3 Verwijderingen door IBA's

Systemen voor de individuele behandeling van afvalwater (IBA) zuiveren het afvalwater van huishoudens waar een aansluiting op de riolering niet doelmatig is. Nederland telt ongeveer 24500 IBA's, daarnaast lozen nog zo'n 8000 percelen volledig ongezuiverd op oppervlaktewater.

Er is onderscheid tussen 4 verschillende IBA klassen, namelijk IBA klasse 1, 2, 3a en 3b. Een IBA klasse 1 is een bijzondere septische put, met een inhoud van minimaal 6 m³ verdeeld in 3 compartimenten in een verhouding van 2:1:1. Verwijdering van stoffen in een IBA klasse 1 (ook wel verbeterde septic tank genoemd) vindt plaats door bezinking. Een IBA klasse 2 of 3 kan bestaan uit twee of drie tanks of compartimenten, namelijk 1) een voorbezinktank waar de zwaardere (niet-organische) delen bezinken, 2) een actief-slibtank met beluchtingsinstallatie,

gevolgd door 3) een nabezinktank waar de vaste stoffen en bacterievlokken bezinken. De zuivering vindt in tegenstelling tot een septische put plaats onder aerobe omstandigheden. In een IBA klasse 2 of 3 breken bacteriën het organisch materiaal af. Voor IBA klasse 3A geldt dat deze stikstof dient te verwijderen, IBA klasse 3B verwijdert daarnaast ook fosfaat.

De IBA 2 en 3 systemen zijn aangelegd in de periode tussen ruwweg 2000 en 2010 op grond van Lozingenbesluiten bij de Wet bodembescherming en de Wet verontreiniging oppervlaktewateren. Inmiddels is de wetgeving gewijzigd, waardoor een verbeterde septic tank (ook wel IBA-I systeem genoemd) voor particuliere huishoudens een voldoende voorziening is.

Bij IBA 1 systemen kunnen stoffen alleen worden verwijderd door adsorptie. Voor enkele stofgroepen zijn recente internationale metingen (Toor et al., 2014, Eliasson, 2004) beschikbaar over verwijdering in deze systemen (zie Tabel 6.4). Deze verwijderingsrendementen liggen in dezelfde orde van grootte als metingen uit de jaren 80 in Nederland (VROM, 1989).

Tabel 6.4 Verwijderingsrendement bij IBA 1 systemen. Bronnen: Gurpal et al (2014), Eliasson (2004)

| Stof | Gemeten verwijderingsrendement |
|---------------|--------------------------------|
| Triclosan | 65% |
| EDTA | 65% |
| 4-nonylphenol | 90% |
| N-totaal | 10% |
| P-totaal | 25% |
| Fat | 70% |

Voor IBA 2 en 3 systemen is het verwijderingsrendement groter dan voor IBA 1 systemen. Er is echter geen significant verschil in het verwijderingsrendement voor IBA 2 en 3 systemen. Dit blijkt uit analyses die uitgevoerd zijn door Nederlandse waterschappen (STOWA, 2014-34). Stikstofverwijdering en fosfaatverwijdering vormen vaak een knelpunt bij deze systemen. Verwijdering van BZV en CZV vindt deels plaats, maar in praktijk blijkt dat slechts 50-70% van deze systemen voldoet aan de lozingseisen. Tabel 2 toont de gemiddelde concentraties van stoffen in effluent van IBA klasse 2 en 3 met de bijbehorende geschatte verwijderingsrendementen voor de verschillende stoffen.

Tabel 6.5 Concentratie stoffen in effluent en geschat verwijderingsrendement bij IBA 2 en 3 systemen. Bron: Stowa (2014-34)

; en meetresultaten waterschappen

| Stof | Gemiddelde concentratie in effluent van IBA 2 en IBA 3 | Geschat Verwijderingsrendement |
|-----------------|--|--------------------------------|
| BZV | 41 | 70% |
| CZV | 162 | 65% |
| NH ₄ | 47 | 50% |
| N-totaal | 55 | 10% |
| Zwevend stof | 55 | 85% |

6.4 Vermeerdering door resuspensie van slib tijdens overstortingsgebeurtenissen

Een rioolstelsel is geen eenvoudig transportstelsel waarbij de emissie direct wordt doorgezet naar de ontvangende compartimenten. Er is sprake van rioolslib, waarin retentie plaatsvindt. Een typisch patroon is bezinking van rioolslib en gebonden verontreinigingen tijdens droogweer en het

resuspenderen (uitspoelen) van het rioolslib tijdens regenweer, door hogere stroomsnelheden en meer turbulentie. Dit zorgt ervoor dat de emissie vanuit de afvalwaterketen op de compartimenten tijdens regenweer doorgaans veel hoger ligt dan alleen kan worden verklaard vanuit alleen de omvang van de vuilwater- en hemelwaterstroom op dat moment. Een dagvracht aan Chemisch Zuurstof Verbruik in het influent van een RWZI kan tijdens regenweer twee tot vijf keer zo hoog zijn als tijdens droogweer (Langeveld et al., 2013). Het grootste deel hiervan is afkomstig van uitgespoeld slib uit de riolering.

Op een grotere tijdschaal ontstaat een evenwicht, waardoor de jaarlijkse emissie naar de RWZI ongeveer in evenwicht is met de aanvoer op de riolering. Hetzelfde geldt voor de emissie vanuit hemelwaterstelsels van gescheiden riolering op het oppervlaktewater. De effecten van slibopbouw en -uitspoeling kunnen daardoor worden genegeerd. Dit is echter niet van toepassing op de emissie via riooloverstorten van de gemengde riolering. Deze lozen in situaties dat er vrijwel altijd een significante verhoging van de emissie is door slibuitspoeling. Deze bijdrage kan afhankelijk van de stof zelfs dominant zijn (Gasperi et al., 2010).

De bijdrage door slibuitspoeling vanuit de gemengde riolering is bepaald door beschikbare kennis over emissies bij overstorten uit metingen (Langeveld, 2016, NWRW, 1989a, Liefding, 2016) te vergelijken met de berekende overstortemissies op basis van het hydraulisch model zonder slibuitspoeling.

Tabel 6.6 Aanvulling van emissie via overstorten door slibuitspoeling, op basis van gemeten concentraties van lozingen vanuit overstorten

| Stof | Rekenconcentratie overstort zonder bezinking in bergbezinkvoorziening [mg/l] | Aanvulling door resuspensie als percentage van de emissie op basis van het hydraulisch model zonder slibuitspoeling [%] |
|-----------------------|--|---|
| Cadmiumverb. (als Cd) | 0,004 | |
| Chroomverb. (als Cr) | 0,015 | +260% |
| Koperverb. (als Cu) | 0,084 | +160% |
| Kwikverb. (als Hg) | 0,012 | +245% |
| Loodverb. (als Pb) | 0,090 | +170% |
| N - Totaal | 9,9 | +50% |
| Nikkelverb. (als Ni) | 0,012 | +130% |
| P - Totaal | 2,3 | +150% |
| Zinkverb. (als Zn) | 0,30 | +130% |

6.5 Extrapolatie verwijderingsrendementen op basis van bindingseigenschappen

De verwijdering in kolken, riolen, gemalen, bergbezinkbassins en septic tanks en de effecten van de resuspensie tijdens extreme afvoersituaties hebben gemeen dat ze alle sterk samenhangen met het gedrag van de deeltjes en de binding van de verontreinigingen aan deze deeltjes. Voor de meeste stoffen in de EmissieRegistratie zijn geen directe metingen van verwijdering uit de afvalwaterketen, maar is wel enige informatie beschikbaar over de bindingseigenschappen van de stof. Voor deze stoffen is daarom een verwijderingsrendement afgeleid met behulp van de zogenoemde adsorptievergelijking:

$$K_D = \frac{C_S}{C_W}$$

Hierin is K_D de verdelingscoëfficiënt tussen slib en water, C_s de geadsorbeerde concentratie [g stof/g slib] en C_w de concentratie in oplossing [g stof/ml oplossing]. Met behulp van deze K-waarden zijn de adsorptie-eigenschappen van de diverse organische verontreinigingen direct met elkaar vergeleken. Stoffen met een lage log k-waarde (lager dan 1) lossen goed op in water, terwijl stoffen met een hoge log k-waarde (groter dan 5) slecht oplossen in water en hechten aan de organische stoffractie van het slib.

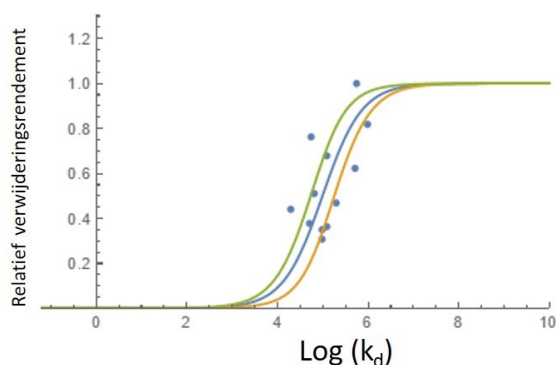
Voor de meeste stoffen uit de EmissieRegistratie zijn log K_{ow} -waarden (de verdelingscoëfficiënt octanol-water) bekend. De grootte van K_{ow} wordt bepaald door de eigenschappen van de adsorberende verbinding en is onafhankelijk van het type slib. Voor de diverse stofgroepen in de EmissieRegistratie zijn echter geen K_{ow} waarden vanuit literatuur beschikbaar, maar wel (praktische) K_D waarden. De relatie tussen K_{ow} en K_D kan benaderd worden door $\log K_D = 1.00 \log K_{ow} - 0.21$ (Karickhoff & Brown, 1979). Bijlage 3 geeft de log K_{ow} -waarden en de log K_D -waarden voor stof(groepen) uit de EmissieRegistratie.

Voor de stofgroepen waarvoor de verwijderingsrendementen zijn gemeten of waarvoor op basis van metingen het verwijderingsrendement kon worden geschat (zie Tabel 6.2, Tabel 6.3, Tabel 6.4 en Tabel 6.6) is het relatieve verwijderingsrendement ten opzichte van het totaal aan onopgeloste bestanddelen berekend. Ook de vermeerdering van de emissie door resuspensie is hierin meegenomen. De relatieve verwijdering ten opzichte van zwevende stof is berekend door door $R_I = \frac{r_i}{r_{zwevend\ stof}}$. Hierin is r_i het geschatte en/of berekende verwijderingsrendement van stof i en $r_{zwevend\ stof}$ is het verwijderingsrendement voor zwevend stof. Tabel 6.7 geeft de berekende relatieve verwijderingsrendementen voor stoffen waarvoor metingen beschikbaar zijn.

Tabel 6.7 Berekende relatieve verwijderingsrendementen voor stoffen waarvoor metingen beschikbaar zijn. Voor N-totaal en EDTA is het relatieve verwijderingsrendement niet berekend omdat deze binden aan respectievelijk organisch materiaal en metalen.

| Stof | Log Kd (benadering) | Verwijdering door reiniging van kolken | Verwijdering door reiniging van riolen en gemalen | Verwijdering door bezinking en reiniging van | Vermeerdering door resuspensie tijdens overstort-gebeurtenissen | Verwijdering door IBA1 | Gemiddeld relatief verwijderingsrendement |
|-----------------------|---------------------|--|---|--|---|------------------------|---|
| Zwevend stof | | 30% | 3% | 45% | 300% | 85% | 100% |
| Cadmiumverb. (als Cd) | 5 | 22% | 47% | | | | 35% |
| Chroomverb. (als Cr) | 5,1 | 49% | | | 87% | | 68% |
| Koperverb. (als Cu) | 4,7 | 21% | 40% | | 53% | | 38% |
| Kwikverb. (als Hg) | 5,3 | 13% | | | 82% | | 47% |
| Loodverb. (als Pb) | 5,7 | 99% | 30% | | 57% | | 62% |
| Nikkelverb. (als Ni) | 4,3 | 38% | 50% | | 43% | | 44% |
| P - Totaal | 4,8 | 76% | 7% | 71% | 50% | 29% | 51% |
| PAK (16 van EPA) | 4,99 | 10% | 43% | 40% | | | 31% |
| Zinkverb. (als Zn) | 5,1 | 43% | 37% | 22% | 43% | | 36% |
| Triclosan | 4,76 | | | | | 76% | 76% |
| 4-Nonylphenol | 5,76 | | | | | 100% | 100% |
| Vet | 6 | | | | | 82% | 82% |

De relatieve verwijderingsrendementen uit Tabel 6.7 zijn met behulp van Wolfram Mathematica Online geëxtrapoleerd om de procentuele verliezen en vermeerderingen (in het geval van overstorten) voor de andere stoffen binnen de EmissieRegistratie te berekenen. Figuur 6.1 geeft inzicht in deze extrapolatie. De blauwe trendlijn wordt beschreven door de functie $R_I = \frac{1}{1+10^{5.0 \cdot \log(Kd)}}$, terwijl de omliggende groene en oranje lijn de onzekerheid van deze extrapolatie weergeven. Het relatieve rendement vermenigvuldigd met het rendement voor zwevende stof (bovenste regel in Tabel 6.7) levert het absolute verwijderingsrendement c.q. de vermeerderingsfactor. Bijlage 3 geeft de procentuele verliezen en vermeerderingen voor de diverse stoffen die via de verschillende routes geloosd worden op oppervlaktewater.



Figuur 6.1 Extrapolatie relatieve verwijderingsrendementen op basis van stoffeigenschappen (Log K_d)

N.B. Nadere analyse en toevoegen van nieuwe metingen heeft in mei 2017 geresulteerd in een vernieuwde trendlijn die licht afwijkt van de eerder opgeleverde trendlijn waarmee in 2017 berekeningen zijn uitgevoerd. Deze eerdere berekening geeft voor stoffen met een k_d waarde tussen 3,5 en 5 een lichte onderschatting van het verwijderingsrendement en voor stoffen met een k_d waarde tussen 5 en 6,5 een kleine overschatting van het verwijderingsrendement (grotendeels binnen de onzekerheidsmarges in Figuur 6.1). Aanbevolen wordt om bij nieuwe berekeningen in de EmissieRegistratie de hierboven beschreven functie $R_I = \frac{1}{1+10^{5.0 \cdot \log(Kd)}}$, aan te houden.

6.6 Bepaling verwijderingsrendementen waar biologische afbreekbaarheid een rol speelt

Het gemiddelde verwijderingsrendement voor IBA 1,2,3 systemen is berekend op basis van de schatting dat circa 60% van de IBA-systemen in Nederland een IBA 1 betreffen en de overige 40% IBA 2 en 3 systemen zijn (RIONED, 2009; zie ook § 7.5).

Het verwijderingsrendement van IBA 2 en 3 systemen wordt voornamelijk bepaald door de biologische afbreekbaarheid van de stof, terwijl bij IBA 1 systemen het verwijderingsrendement afhankelijk is van de bindingseigenschap van de stof aan slib. Om deze reden zijn de verwijderingsrendementen voor IBA 2 en 3 afgeleid van het verwijderingsrendement voor CZV bij RWZI's volgens de volgende formule:

$$R_{IBA2enIBA3_stof} = R_{RWZI_stof} \times \frac{R_{IBA2en3_CZV}}{R_{RWZI_CZV}}$$

Hierin is $R_{IBA2enIBA3_stof}$ het te schatten verwijderingsrendement van een specifieke stof bij een IBA, R_{RWZI_stof} het verwijderingsrendement van deze stof bij een RWZI, $R_{IBA2en3_CZV}$ het rendement voor CZV-verwijdering bij een IBA, namelijk 65% (zie tabel 1) en R_{RWZI_CZV} het rendement voor CZV-verwijdering bij een RWZI, namelijk 93% (Deltares/TNO, 2016).

Voor stoffen met een relatief hoge K_d -waarde, waar het berekende verwijderingsrendement bij IBA 1 systemen hoger bleek dan het berekende verwijderingsrendement bij IBA 2 en 3 systemen is gekozen om het verwijderingsrendement van IBA 1 te hanteren bij IBA 2 en 3. Deze stoffen worden immers voornamelijk verwijderd door binding aan slib en niet door de biologische afbreekbaarheid van de stof.

Het gemiddelde verwijderingsrendement voor IBA-systemen is vervolgens berekend door:

$$R_{IBA123_gemiddeld} = R_{IBA2enIBA3_stof} * 0.4 + R_{IBA1_stof} * 0.6$$

Waarin R_{IBA1_stof} het verwijderingsrendement is van IBA 1 systemen op basis van de extrapolatie van bindingseigenschappen.

7 Regionalisatie

7.1 'Oude' werkwijze

Voor de regionalisatie van de emissies vanuit de waterketen is in voorgaande jaren gebruik gemaakt van de zgn. 'lokatoren' genoemd in Tabel 7.1. Vanwege de beperkte kwaliteit van de lokatoren (niet compleet, verouderd, verkeerde aanname van evenredige verdeling) levert de regionalisatie een onvoldoende betrouwbaar resultaat op.

Tabel 7.1 Lokatoren gebruikt t/m 2016

| Onderdeel | Lokatoren |
|--------------------|---|
| Overstorten | Evenredige verdeling over locaties van overstorten (gegevens eind jaren '90) |
| Hemelwateruitlaten | Evenredige verdeling over locaties van hemelwateruitlaten (gegevens eind jaren '90) |
| IBA's | Niet aangesloten inwoners (2003) vs. totaal aantal inwoners (2007) per 25 ha |
| Niet aangesloten | Niet aangesloten inwoners (2003) vs. totaal aantal inwoners (2007) per 25 ha |

7.2 Tweetrapsregionalisatie

7.2.1 Lokatoren emissie per gemeente

Doordat gegevens van individuele rioleringsstelsels en lozingspunten op dit moment onvoldoende beschikbaar zijn, is gekozen voor een regionalisatie op gemeentelijk niveau. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de lokatoren genoemd in Tabel 7.2. De totale, landelijke emissie wordt verdeeld over de gemeenten op basis van deze kengetallen, die op gemeentelijk niveau actueel en beschikbaar zijn door de driejaarlijkse benchmark van Stichting RIONED.

Tabel 7.2 Lokatoren regionalisatie 2017 voor bepalen emissie per gemeente

| Onderdeel | Lokatoren |
|--------------------|--|
| Overstorten | Aangesloten oppervlak op gemengde riolering, neerslag |
| Hemelwateruitlaten | Aangesloten oppervlak op hemelwaterriolering, neerslag, stelsellengte 'gewoon' en verbeterd gescheiden Aangesloten inwoners op vrijvervalriolering, % hemelwaterriolering Stelsellengte hemelwaterriolering ('gewoon' gescheiden), % zettingsgevoelige bodem |
| IBA's | Aantal per gemeente |
| Niet aangesloten | Aantal per gemeente |

7.2.2 Lokatoren emissie binnen gemeente

Door regionalisatie op gemeentelijk niveau wordt de totale emissie die wordt toegekend aan een gemeente verdeeld over alle afwateringseenheden binnen de gemeentegrenzen. Het voordeel hiervan boven de eerder gebruikte benadering is dat geen schijnnaauwkeurigheid meer wordt gecreëerd. Het nadeel is dat door het 'uitsmeren' potentieel emissies worden toegekend aan afwateringseenheden waar in werkelijkheid niet of weinig wordt geloosd. Vanwege de wens om de emissie uit overstorten en hemelwateruitlaten toch per afwateringseenheid min of meer betrouwbaar in beeld te krijgen, is in een tweede regionalisatiesrap de emissie binnen de gemeentegrenzen verder onderverdeeld.

Tabel 7.3 Lokatoren regionalisatie 2017 voor toedelen emissie binnen de gemeente

| Onderdeel | Lokatoren |
|--------------------|---|
| Overstorten | Primair + secundair bebouwd gebied (LGN7) per gemeente, overstorten op Rijkswater |
| Hemelwateruitlaten | Primair + secundair bebouwd gebied (LGN7) |
| IBA's | LNG7 Code 26 – Bebouwing in buitengebied |
| Niet aangesloten | LNG7 Code 26 – Bebouwing in buitengebied |

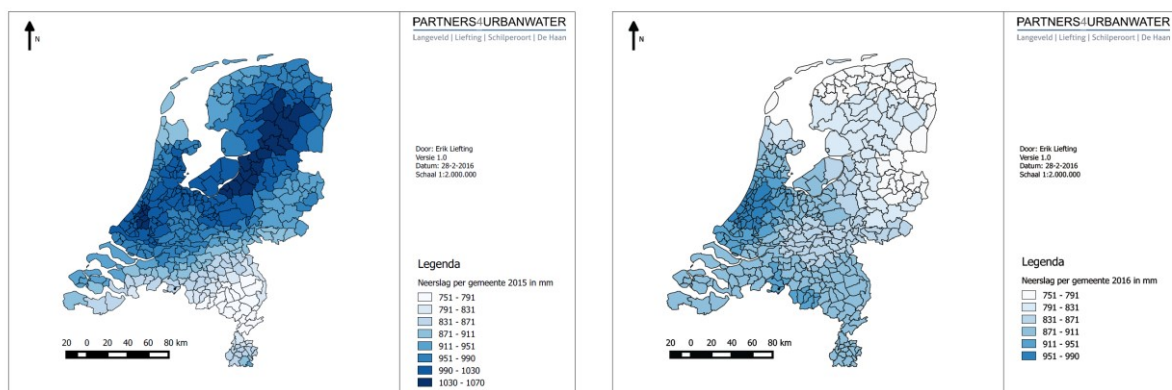
Bebouwd gebied betreft primair en secundair bebouwd gebied volgens de LGN7 (het landsdekkende bestand Landelijk Grondgebruik Nederland). Het primair bebouwd gebied is het bebouwd gebied zoals gedefinieerd door het Bestand BodemGebruik BBG2003 klassen woongebied, detailhandel en horeca, bedrijfsterreinen en bouwterreinen. Het semi/secundair bebouwd gebied zijn de niet in het primair bebouwd gebied opgenomen vliegvelden, openbare voorzieningen, sociaal-culturele voorzieningen, stortplaatsen, wrakkenopslag-, begraaf- en delfstofwinplaatsen uit het BBG2003 bestand. Verder bevat het de parken en plantsoenen, sportterreinen, volkstuinen, dagrecreatieve terreinen en verblijfsrecreatie uit het BBG2003 bestand.

7.3 Emissie uit overstorten

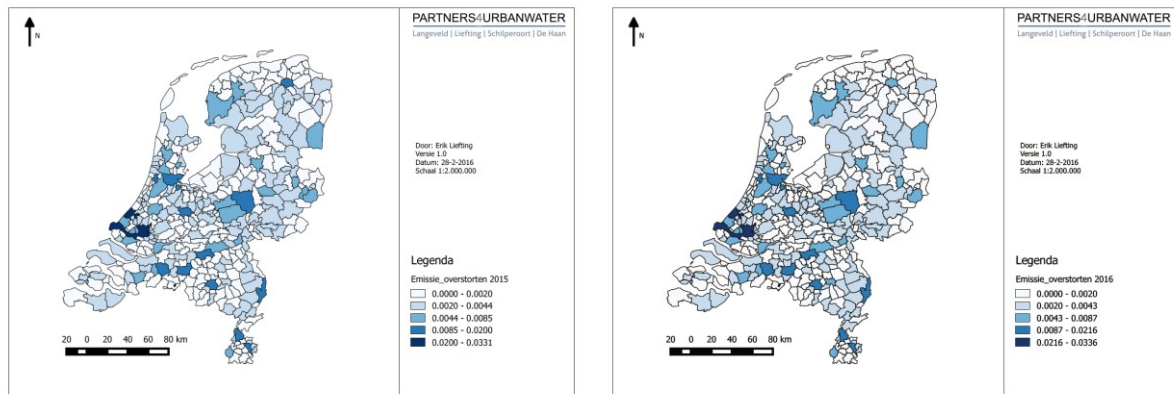
7.3.1 Emissie per gemeente

Als lokatoren voor de regionalisatie van de emissie van gemengde overstorten zijn het aangesloten oppervlak op de gemengde riolering en de neerslag genomen. Hiermee is de emissie evenredig verondersteld met de afvoer van hemelwater in het stelsel. Hierbij is aangenomen dat verschillende keuzes ten aanzien van het stelselontwerp in verschillende gemeenten geen significante rol spelen. Alle gemengde rioolstelsels van alle gemeenten zijn onderling vergelijkbaar qua emissie. Voor sommige gemeenten zal deze aanname niet voor 100% opgaan. Hier is verder geen onderzoek naar gedaan, omdat de hiervoor benodigde gegevens niet centraal beschikbaar zijn.

De verdeling van de neerslag over Nederland verschilt van jaar tot jaar, zie Figuur 7.1. Daarom is de regionalisatie per jaar toegepast, waarbij kleine verschillen optreden in de relatieve emissie per gemeente. De meest bepalende lokator is echter het aangesloten oppervlak per gemeente (Figuur 7.2). Kanttekening bij de betrouwbaarheid van deze lokator is dat het aangesloten verhard oppervlak slechts door 51% van de gemeenten aan Stichting Rioned is aangeleverd. RIONED heeft het oppervlak van de overige gemeenten bijgeschat op basis van het inwoneraantal per gemeente.



Figuur 7.1 Verdeling van de cumulatieve neerslag in 2015 (links) en 2016 (rechts) over Nederland. In 2015 was het westen, midden en noorden relatief nat; in 2016 viel de meeste neerslag in het westen en zuiden van het land.



Figuur 7.2 Verdeling van de emissie uit overstorten per gemeente in 2015 (links) en 2016 (rechts).

7.3.2 Verdeling lozingen binnen en buiten het bebouwd gebied

Overstorten lozen soms vanuit het stedelijke gebied op een aangrenzende afwateringseenheid. Vaak betreft het overstorten of overstortbemalingen op relatief groot buitenwater, bijvoorbeeld overstorten op de grote rivieren of op meren. Om een schatting te kunnen maken van het aandeel van de emissie uit overstorten die buiten het stedelijke gebied op een andere afwateringseenheid lozen, is gebruik gemaakt van een overzicht van Rijkswaterstaat van alle overstorten die lozen op Rijkswater. Het betreft de overstorten en de ontvangende wateren in Figuur 7.3. Naast de ontvangende wateren in Figuur 7.3 zijn er wellicht nog meer GAF-90 afwateringseenheden die emissies uit naastgelegen stedelijke gebieden ontvangen. Om hier inzicht in te krijgen, is het echter nodig om van alle overstorten in Nederland het lozingspunt en het relatieve aandeel in de emissie te weten. Met de beschikbare informatie was deze benadering niet mogelijk en daarom is deze analyse beperkt tot de Rijkswateren binnen de GAF-90 afwateringseenheden.



Figuur 7.3 GAF-90 afwateringseenheden die Rijkswater betreffen met overstorten van gemengde stelsels die op Rijkswater lozen.

Om het aandeel van de emissie op de Rijkswateren te schatten, is een steekproef uitgevoerd onder 11 gemeenten, waarbij op basis van informatie uit het BRP of uit opgave van de gemeente het aandeel van de lozingen op Rijkswateren is bepaald. In totaal is van 9 gemeenten bruikbare informatie ontvangen, zie Tabel 7.3 voor het aandeel van de totale emissie via de overstorten op Rijkswater per gemeente.

Uit Tabel 7.4 blijkt dat het overgestorte percentage per gemeente sterk verschilt. Deels kunnen deze verschillen worden verklaard door de geomorfologie binnen de gemeente. Als er sprake is van een hellend gebied in een rivierdal (Nijmegen, Rheden, Arnhem, Venlo), dan wordt veel via overstorten op het laagste punt in de rivier geloosd. Het aandeel overgestort volume op Rijkswater is in deze gemeenten hoog. Als er sprake is van een vlak gebied in een polderlandschap (Zaanstad, Amsterdam), dan zijn de overstortende volumes evenrediger over de stad verdeeld en is het lozingspercentage op Rijkswater kleiner. Omdat de steekproef klein is, is echter besloten geen verder onderscheid te maken tussen verschillende groepen, maar is verder gerekend met de mediaan van de percentages uit Tabel 7.4, 28%. Dit percentage is aangehouden voor de overige gemeenten die door Rijkswaterstaat zijn aangemerkt als lozers op Rijkswater. Dit betreft 79 Nederlandse gemeenten, zie voor een overzicht bijlage 2. De ontvangende afwateringseenheden zijn bepaald door de lozingspunten op basis van hun coördinaten aan de selectie van Rijkswateren binnen de GAF-90 afwateringseenheden te koppelen. Het overzicht van deze ontvangende afwateringseenheden is ook opgenomen in bijlage 2.

Van de 79 gemeenten die lozen op Rijkswater, wordt dus een deel van de emissie toegekend aan de afwateringseenheden van het Rijkswater binnen de gemeentegrens. Het resterende deel van de emissie van deze gemeenten, en 100% van de emissie via overstorten van de overige 311 gemeenten wordt toegerekend aan het bebouwde gebied binnen de gemeente. Dit deel van de regionalisatie is door het RIVM uitgevoerd.

Tabel 7.4 Aandeel overgestort volume op Rijkswater op basis van informatie uit basisrioleringsplannen of opgave door de gemeente

| Gemeente | Aandeel overgestort volume op Rijkswater [%] |
|----------------------|--|
| Nijmegen | 64% |
| Rheden | 50% |
| Utrecht | 16% |
| Venlo | 97% |
| Terneuzen | 20% |
| Arnhem | 92% |
| Amsterdam (Waternet) | 16% |
| Vlaardingen | 28% |
| Zaanstad | 2% |
| Mediaan | 28% |

7.4 Hemelwateruitlaten

7.4.1 Emissies verbonden aan afstromend hemelwater

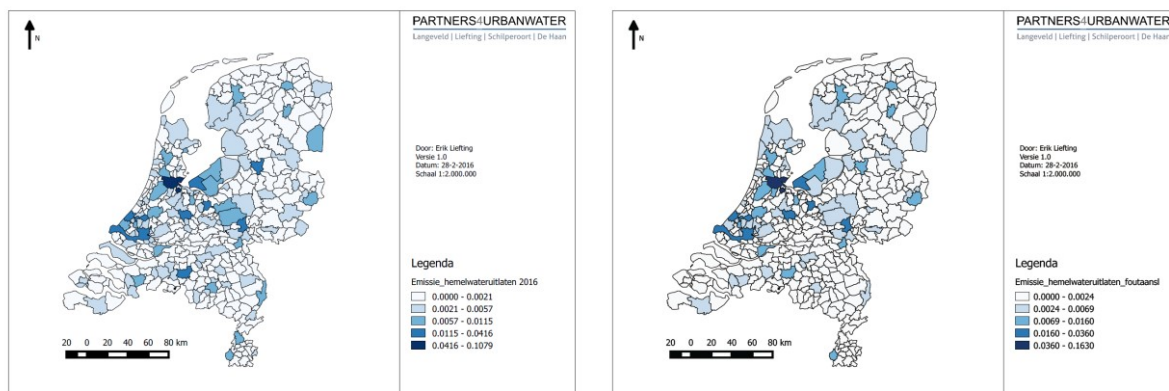
De emissie uit hemelwateruitlaten bestaat uit verontreinigingen die samenhangen met hemelwater, maar ook afvalwater (door foutaansluitingen) en rioolvreemd water (vooral grondwater). Deze verschillende oorsprong werkt door in de regionalisatie. Als lokatoren voor de regionalisatie van hemelwater zijn, net als voor gemengde overstorten, het (op hemelwaterriolerings) aangesloten oppervlak en de neerslag genomen. Hiermee is de emissie evenredig verondersteld met de afvoer van hemelwater via het hemelwaterriool. De 'gewone' gescheiden stelsels lozen 100%; de

verbeterd gescheiden stelsels lozen 66%. De verhouding 'gewoon' en verbeterd gescheiden verschilt per gemeente en is dus ook als lokator gebruikt.

7.4.2 Emissie door foutaansluitingen

Naast de lozingen van hemelwater is een deel van de emissie toe te rekenen aan foutaansluitingen. Als lokatoren zijn gebruikt het inwoneraantal (dat evenredig is aan het aantal huisaansluitingen) en het aandeel hemelwaterriolering op de totale buislengte. Het voorkomen van foutaansluitingen is dus evenredig verondersteld met het aantal vuilwateraansluitingen op de vrijvervalriolering en het aandeel van de hemelwaterriolering in de totale stelselomvang. Hemelwaterriolering van verbeterd gescheiden stelsels is hiervan uitgesloten, omdat de emissie van foutaansluitingen vanuit verbeterd gescheiden stelsels verwaarloosbaar klein is ten opzichte van de emissie uit gewone gescheiden stelsels.

De regionalisatie van emissie door foutaansluitingen verschilt door de gekozen lokatoren van de emissie die aan hemelwater is gebonden. Heeft een gemeente alleen of voornamelijk verbeterd gescheiden stelsels, dan is er wel een emissie van verontreinigingen die aan hemelwater zijn gebonden, maar weinig tot geen emissie van verontreinigingen die zijn gebonden aan vuilwater. De gemeente Amsterdam heeft bijvoorbeeld naar verhouding weinig verbeterd gescheiden stelsels (7% tegen 25% landelijk gemiddeld) en een hoge bevolkingsdichtheid (veel huisaansluitingen per km buis). De relatieve emissie als gevolg van foutaansluitingen in Amsterdam (16% van het landelijk totaal) ligt daardoor hoger dan de emissie door hemelwaterafvoer (11%).



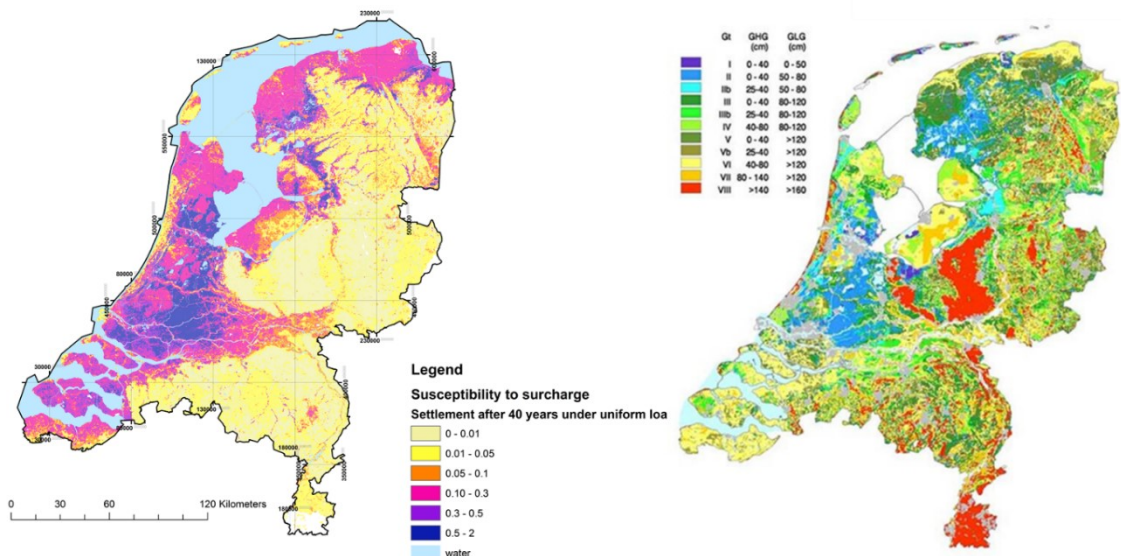
Figuur 7.4 Regionalisatie emissie door verontreiniging aan hemelwaterafvoer (links) en door foutaansluitingen (rechts).

7.4.3 Emissies door rioolvreemd water

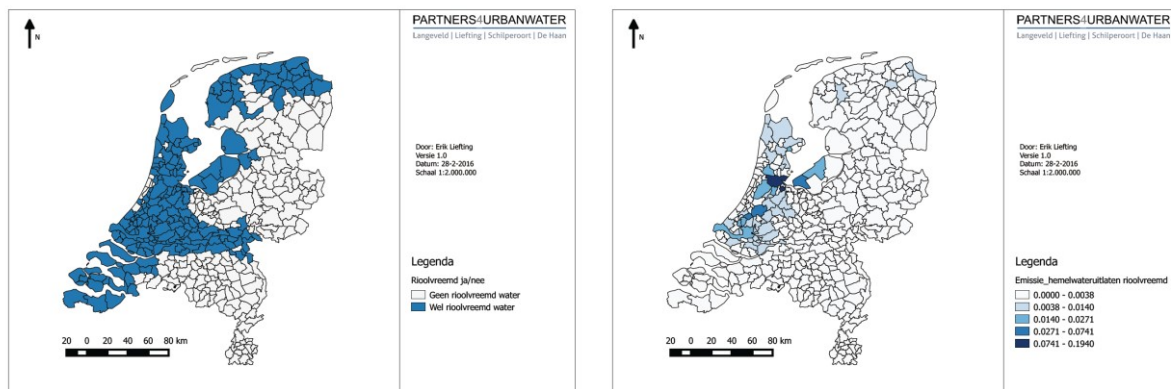
Wat betreft de emissie van rioolvreemd water vanuit hemelwaterstelsels is aangenomen dat dit vooral grondwater betreft dat de riolering binnentreedt door drainage en door zetting van de riolering, waarbij kieren en scheuren ontstaan. Andere mogelijke bronnen, zoals tijdelijke bemalingen, zijn qua omvang veel kleiner en worden daarom verwaarloosd. Nodig hierbij is een grondwaterstand tot boven het niveau van de rioolbuis. De grootste hoeveelheid intredend grondwater wordt verwacht in gebieden met een hoge grondwaterstand en veel zetting, waardoor rioolleidingen eerder lek raken. In Nederland betreft dit doorgaans de klei- en veengebieden in het westen van het land. Als lokator is gebruik gemaakt van de totale lengte van de hemelwaterriolering (zonder de verbeterd gescheiden stelsels) en de zettingsgevoeligheid het percentage slechte grond in het kader van de Maatstaven Financiële-verhoudingswet (Fvw), zoals opgegeven door het CBS (2017). De hoeveelheid rioolvreemd water is hiermee evenredig verondersteld met de buislengte van de hemelwaterriolering, vermenigvuldigd met het percentage zettingsgevoelige bodem. Grondwaterstand is als aparte lokator niet gebruikt vanwege de sterke correlatie tussen

zettingsgevoeligheid en grondwaterstand (Figuur 7.5). Ook de kwaliteit van het intredend grondwater is niet gebruikt als lokator voor de regionalisatie. Er zijn weliswaar grondwaterkwaliteitsmetingen in stedelijk gebieden in Nederland, maar deze zijn onvoldoende gedetailleerd om op basis hiervan verdergaand te regionaliseren.

De resulterende relatieve emissie als gevolg van rioolvreemd water is gegeven in Figuur 7.6. Ook hier is weer te zien dat de gemeente Amsterdam een groot aandeel levert; dit komt door de grote omvang van de (gewoon) gescheiden hemelwaterstelsels en door de ligging laag-Nederland.



Figuur 7.5 Zettingsgevoeligheid (links) en grondwaterstand (rechts) in Nederland



Figuur 7.6 Voorkomen van (links) en omvang emissie (rechts) door inloop van grondwater (rioolvreemd water) in de hemelwaterriolering

7.4.4 Stofafhankelijke regionalisatie

De regionalisatie van de emissie van hemelwateruitlaten verschilt dus per bron: afstromend hemelwater, foutaansluitingen of rioolvreemd water. Per stof is nagegaan wat de dominante bron is voor deze stof. Per stof is op basis hiervan een keuze gemaakt voor een van de drie regionalisatiemethoden. Bijlage 4 geeft per stof de gekozen regionalisatiemethode.

7.4.5 Regionalisatie binnen de gemeente

Na de bepaling van de emissie op gemeentelijk niveau is in de tweede trap van de regionalisatie de emissie toegerekend aan het bebouwde gebied binnen de gemeente. Dit deel van de regionalisatie is door het RIVM uitgevoerd.

7.5 IBA's

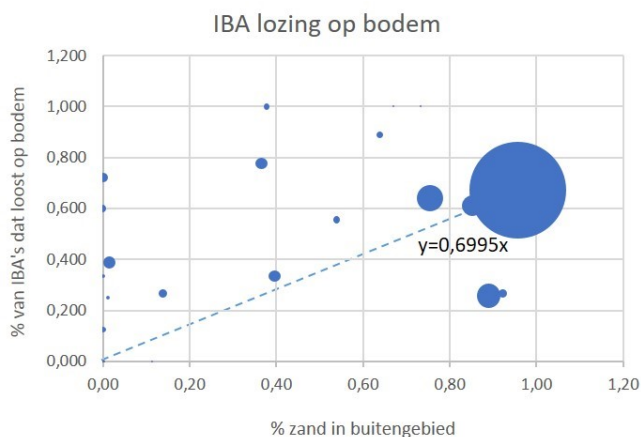
Voor de regionalisatie van IBA's op gemeentelijk niveau is gebruik gemaakt van de gegevens van RIONED (2016). Uit deze gegevens blijkt dat van de 390 gemeenten:

- in 52 gemeenten alle percelen zijn aangesloten op de riolering (hier zijn geen IBA's aanwezig);
- 219 gemeenten het aantal IBA's heeft opgegeven;
- 119 gemeenten geen informatie over IBA's beschikbaar hebben gesteld.

Voor de gemeenten die geen informatie hebben aangeleverd, is het Gemeentelijk Rioleringsplan geraadpleegd. Op deze wijze is voor 53 van de 119 gemeenten het aantal IBA's achterhaald. Vervolgens is voor de overige 66 van de 119 gemeenten het aantal IBA's geschat op basis van expert judgement, met behulp van gegevens uit Rioleringsatlas 2005 en het inwoneraantal per gemeente. Het totale aantal IBA's in Nederland wordt geschat op 24.688 (0,34% van totaal aantal aansluitingen), daarnaast lozen circa 8.000 percelen ongezuiverd op oppervlaktewater (0,10% van totaal aantal aansluitingen).

Voor 36 gemeenten (die 4200 IBA's beheren, 16% van totaal) is inzicht verkregen in het percentage IBA 1,2,3a en 3b systemen, dit varieert van 0% tot 100% IBA klasse 2 en 3 per gemeente. Voor de overige gemeenten is de gemiddelde landelijke klassenverdeling aangehouden op basis van beschikbare aanleg gegevens uit 2006, op basis hiervan kan worden geschat dat de totale verhouding van IBA 1, IBA 2 en IBA3-systemen respectievelijk 60%, 20% en 20% bedraagt (Riool in Cijfers, 2009). Bijlage 1 geeft het aantal IBA Klasse 1,2 en 3 systemen per gemeente.

De verhouding van het aantal IBA's dat op oppervlaktewater respectievelijk de bodem loost is voor 24 gemeenten (ruim 2500 IBA's, 10% van totaal) achterhaald, voor overige gemeentes is geen informatie. Zie Figuur 7.7 geeft het percentage IBA's dat loost op bodem in relatie tot het percentage zandgrond in het onbebouwde gebied van een gemeente. De stipgrootte geeft het relatieve aandeel van een gemeente neer, hieruit blijkt dat de gemeente Dalfsen voornamelijk de trendlijn bepaald (doordat hier 78% van de ruim 2500 IBA's aanwezig zijn).



Figuur 7.7 Percentage IBA's dat loost op bodem in relatie tot het percentage zandgrond in het onbebouwde gebied van een gemeente. (Informatie is gevonden voor 21 gemeentes uit Limburg en de gemeente Dalfsen)

Op basis van deze (beperkte) gegevens kan het aantal IBA's dat loost op de bodem ($N_{IBA \text{ op bodem}}$) worden beschreven door de vergelijking $N_{IBA \text{ op Bodem}} = 0,7 * \eta$, waarin η het percentage zandgrond is in het buitengebied ($R^2=0,5$). In bijlage 1 is het percentage zandgrond in het buitengebied per gemeente weergegeven, de data in is afkomstig van de grondsoortenkaart 2006. Op basis van bovenstaande vergelijking is het aantal IBA's dat loost op oppervlaktewater en bodem geschat voor alle gemeenten in Nederland (zie bijlage 1). Hieruit blijkt dat naar schatting 28% van alle IBA's lozen op de bodem en 72% op het oppervlaktewater.

Na de bepaling van de emissie op gemeentelijk niveau is in de tweede trap van de regionalisatie de emissie toegerekend aan bebouwing in het buitengebied van de gemeente (code 26 in de LNG7). Dit deel van de regionalisatie is door het RIVM uitgevoerd.

7.6 Emissie uit RWZI's

De regionalisatie van emissies vanuit RWZI's (berekend en gemeten) voldeed al en behoefde niet te worden aangepast. Hiervoor wordt verwezen naar de factsheet.

7.7 Aandachtspunten regionalisatie

7.7.1 Vorm afwateringseenheden

In de EmissieRegistratie zijn de afwateringseenheden zelf niet altijd even logisch ingedeeld. Bijvoorbeeld natuurgebied Oostvaardersplassen (waar geen emissie vanuit de afvalwaterketen wordt verwacht) vormt in de EmissieRegistratie één afwateringseenheid met een deel van het bebouwd gebied van Almere Buiten (waar wel emissie optreedt van hemelwateruitlaten). De indeling van de afwateringseenheden zijn vaste polygonen in de EmissieRegistratie die zijn aangeleverd door de waterbeheerders. Aanpassing van deze polygonen viel buiten de afbakening van het project. De samenstelling van de afwateringseenheden in de EmissieRegistratie is wellicht een verbeterpunt voor de toekomst.

7.7.2 Extrapoleren regionalisatie naar eerdere jaren

De regionalisatie van 2016 is niet zonder meer bruikbaar voor eerdere jaren voor bijvoorbeeld groeikernen (Vinex etc.). Het aangesloten oppervlak per gemeente is echter alleen beschikbaar voor 2016. De mogelijkheid is onderzocht om de omvang van het bebouwd gebied als lokator te gebruiken door de verhouding tussen de omvang van het bebouwd gebied en het op de riolering aangesloten oppervlak per gemeente in 2016 als een vast getal per gemeente aan te houden. De beschikbare gegevens m.b.t. omvang bebouwd gebied lopen echter niet verder terug dan ongeveer 2000 (LGN4). In overleg met de opdrachtgever zijn de eventuele meerwaarde en inspanning afgewogen en is de keuze gemaakt om de regionalisatie van 2016 toch constant aan te nemen over de afgelopen jaren. Hier zit voor de jaren voor 2000 een redelijk grote onzekerheid, vooral als het gemeenten betreft waarin relatief veel ruimtelijke ontwikkeling heeft plaatsgevonden.

8 Betrouwbaarheid

Aan elk onderdeel van de emissieberekening is een betrouwbaarheidspercentage toegekend. De volgende betrouwbaarheidspercentages zijn hierbij gehanteerd: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 100%, 200% en 400%. Een betrouwbaarheid van 1% wil zeggen dat het desbetreffende onderdeel zeer betrouwbaar is; een betrouwbaarheid van 400% betekent een grote onzekerheid in het desbetreffende onderdeel. Alle percentages ertussen geven van laag naar hoog een steeds kleinere betrouwbaarheid en een grotere onzekerheid. Voor elk van de onderdelen is de betrouwbaarheid ingeschat door een groep experts. Hierbij zijn onder andere de volgende punten in overweging genomen:

- Metingen: zijn er metingen beschikbaar? Om hoeveel metingen gaat het? Zijn ze recent, realistisch en representatief? Hoe groot is de variatie?
- Als er geen metingen voorhanden zijn: is er veel literatuur of andere informatiebronnen beschikbaar?
- Als de emissie door middel van een model wordt verkregen: wat is de schaal van het model en is het model gevalideerd?
- Aannames: moeten er veel aannames gedaan worden en hoe groot zijn die?

Tabel 8.1 Schatting van de betrouwbaarheid van verschillende onderdelen van de emissieberekening

| Onderdeel emissieberekening | Betrouwbaarheidspercentage (%) |
|--|--------------------------------|
| Aanvoer | |
| Nutriënten | 10 |
| Metalen | 25 |
| PAK | 200 |
| Overige stoffen | 200 |
| Hydraulisch model: aanvoer | |
| Afvalwaterproductie | 10 |
| Jaarlijkse neerslag | 10 (voorlopig) |
| Naar riolering afstromende oppervlak | 25 |
| Verdamping | 10 |
| Infiltratie | 25 |
| Totale hemelwaterafvoer naar afvalwaterketen | 50 |
| Totale hoeveelheid rioolvreemd water (sluitpost) | 50 |
| Totale waterbalans afvalwaterketen incl. hemelwaterstelsels | 10 |
| Hydraulisch model: verdeling over routes binnen de keten | |
| Hydraulische verdeling van aanvoer over stelseltypes 2016 | 10 |
| Hydraulische verdeling van aanvoer over stelseltypes 1990 | 25 |
| Percentage foutaansluitingen | 100 |
| Afvoer via overstorten in (verbeterd) gemengde stelsels | 50 |
| Afvoer via hemelwateruitlaten van (verbeterd) gescheiden stelsels | 25 |
| Afvoer via RWZI's | 5 |
| Afvoer IBA effluent naar compartimenten bodem/ oppervlaktewater | 50 |
| Exfiltratie | niet bepaald |
| Verwijderingen | |
| Verwijderingen in kolken, riolen en gemalen (stoffen met metingen beschikbaar) | 100 |
| Verwijderingen in kolken, riolen en gemalen (afgeleid van stoffeigenschappen) | 200 |
| Verwijderingen in bergbezinkvoorzieningen (stoffen met metingen beschikbaar) | 50 |
| Verwijderingen in bergbezinkvoorzieningen (afgeleid van stoffeigenschappen) | 100 |
| Resuspensie van slib tijdens overstortgebeurtenissen (metingen) | 100 |
| Resuspensie van slib tijdens overstortgebeurtenissen (afgeleid) | 200 |

| Onderdeel emissieberekening | Betrouwbaarheidspercentage (%) |
|---|--------------------------------|
| Zuiveringsrendementen IBA | |
| Stoffen waarvan zuiveringsrendementen zijn gemeten | 50% |
| Stoffen waarvoor zuiveringsrendementen zijn afgeleid | 100% |
| Landelijke emissie | |
| Emissie van overstorten (stoffen met metingen beschikbaar) | 50 |
| Emissie van overstorten (geen metingen beschikbaar) | 200 |
| Emissie van hemelwateruitlaten (stoffen met metingen beschikbaar) | 50 |
| Emissie van hemelwateruitlaten (geen metingen beschikbaar) | 200 |
| Emissie van IBA's (effluentmetingen beschikbaar) | 50 |
| Emissie van IBA's (geen metingen beschikbaar) | 200 |
| Regionalisatie per gemeente | |
| Regionalisatie emissie overstorten per gemeente | 100 |
| Regionalisatie emissie hemelwateruitlaten (hemelwater) per gemeente | 50 |
| Regionalisatie emissie hemelwateruitlaten (foutaansluitingen) per gemeente | 100 |
| Regionalisatie emissie hemelwateruitlaten (rioolvreemd water) per gemeente | 200 |
| Regionalisatie emissie IBA per compartiment per gemeente | 50 |
| Regionalisatie binnen gemeentegrenzen | |
| Regionalisatie emissie overstorten binnen gemeente | 200 |
| Regionalisatie emissie hemelwateruitlaten (hemelwater) binnen gemeente | 100 |
| Regionalisatie emissie hemelwateruitlaten (foutaansluitingen) binnen gemeente | 100 |
| Regionalisatie emissie hemelwateruitlaten (rioolvreemd water) binnen gemeente | 100 |
| Regionalisatie emissie IBA per compartiment binnen gemeente | 100 |

8.1 Aanvoer

De nauwkeurigheid van de aanvoer van stoffen naar een rioolstelsel is afhankelijk van de wijze waarop deze aanvoer in de bovenliggende factsheets is gekwantificeerd. In sommige gevallen is deze gebaseerd op een redelijk nauwkeurig model, aangevuld met metingen. In andere gevallen is het een schatting. In hoofdstuk 3 zijn verbeterpunten ten aanzien van de aanvoer van vervuiling benoemd. Gesteld kan worden dat de totale aanvoer van de stofgroepen nutriënten en metalen nog altijd beter in beeld is dan die van de overige stofgroepen. Er vindt een jaarlijkse check plaats door het CBS op de gemeten emissies versus de geschatte emissies op het riool. De nutriënten krijgen op basis van die check een betrouwbaarheidspercentage van 10%, de metalen 25%. Voor de PAK en overige stoffen wordt de betrouwbaarheid geschat op 200%.

8.2 Hydraulisch model

Het onderliggende hydraulische model dat de aanvoer van stoffen verdeelt over de routes binnen de afvalwaterketen wordt vrij betrouwbaar geacht. Het meest betrouwbaar is de hoeveelheid afvalwater in de balans (10%). Van de jaarlijkse hoeveelheid hemelwaterafvoer wordt de betrouwbaarheid op 50% geschat. Hierbij is het wel van belang deze jaarlijks te actualiseren met de actuele neerslag en recente informatie over het aangesloten oppervlak. De hoeveelheid rioolvreemd water is de sluitpost: geschatte betrouwbaarheid 50%.

De emissieroutes in de afvalwaterketen zijn gebaseerd op een gedetailleerd model, gebaseerd op veel praktijkervaring. De betrouwbaarheid van influenten van RWZI's, waar veruit het grootste deel van het rioolwater terecht komt, wordt geschat op 5%. Het deel dat via regenwaterriolen wordt afgevoerd is redelijk bekend en wordt gesteld op 25%. Overstorten zijn minder goed in beeld. Daarvoor wordt een betrouwbaarheidspercentage van 50% aangehouden. De niet aangesloten huishoudens en IBA voorzieningen worden op een percentage van 50% gesteld. Aangezien de

route en emissie naar de RWZI veruit de belangrijkste en grootste afvoerroute is, gevolgd door regenwater, kan een overall percentage van 10% worden aangehouden.

8.3 Verwijderingsrendementen

De verwijderingsrendementen door kolken-, riool- en gemaalreiniging zijn onderbouwd door een relatief beperkte hoeveelheid meetdata. Voor stoffen waarvan metingen beschikbaar zijn (zie Tabel 6.1), wordt daarom een betrouwbaarheidspercentage van 100% aangehouden. Voor stoffen waarvan de verwijdering is afgeleid op basis van de bindingseigenschappen is de onzekerheid nog groter: 200%. De werking van bergbezinkbassins is in Nederland op diverse locaties onderzocht en daardoor beter in beeld dan de verwijdering in kolken, riolen en gemalen. Het betrouwbaarheidspercentage voor de verwijdering in bergbezinkbassins is 50% voor de stoffen waarvan metingen beschikbaar zijn en 100% voor de stoffen waarvan de verwijdering is afgeleid op basis van de bindingseigenschappen. De resuspensie is een sluitpost op de balans, afgeleid van gemeten concentraties bij de overstorten. Deze factor is gevoelig voor veranderingen in de input en de betrouwbaarheid is daarom ingeschat op 100% voor de stoffen waarvan concentratiemetingen bij overstorten beschikbaar zijn (zie Tabel 6.6), en 200% voor stoffen waarvan dit niet het geval is.

8.4 Landelijke emissie

De betrouwbaarheid van de emissies voor stoffen waarvan metingen beschikbaar zijn, is afhankelijk van de betrouwbaarheid en representativiteit van de concentratiemetingen zelf en van het hydraulisch model. Voor deze stoffen is het betrouwbaarheidspercentage op 50% gezet voor overstorten, hemelwateruitlaten en IBA's. Voor de stoffen waarvan geen concentratiemetingen beschikbaar zijn, is de betrouwbaarheid afhankelijk van het hydraulisch model en de berekende verlies- en resuspensiefactoren. In deze factoren zit relatief veel onzekerheid. Daarom is het percentage voor de stoffen waarvan geen metingen beschikbaar zijn op 200% gezet voor overstorten, hemelwateruitlaten en IBA's.

8.5 Regionalisatie

De betrouwbaarheid van de verdeling van de emissie van overstorten over de gemeenten is afhankelijk van de geldigheid van de aanname dat de stelselkenmerken per gemeente gelijk zijn. Dit gaat niet altijd op, daarom is het percentage op 100% gezet. Voor hemelwaterafvoer via de hemelwateruitlaten zijn de verschillen naar verwachting minder groot: 50%. Het voorkomen van foutaansluitingen kan per gemeente sterk verschillen, afhankelijk van het gemeentelijke beleid ten aanzien van foutaansluitingen (toezicht op de aanleg, opsporen etc.). Het percentage is op 100% gezet. Rioolvreemd water is het meest onzeker, enerzijds door de verschillen in hydraulische aanvoer, anderzijds door de soms sterk variërende lokale grondwaterkwaliteit. Deze heeft daarom een factor 200 gekregen. Van het merendeel van de gemeentes is het aantal IBA's goed in beeld, maar er kunnen verschillen zijn in de zuiveringsrendementen.

De regionalisatie van de emissie van overstorten binnen de gemeente is relatief onzeker doordat deze sterk afhangt van lokale geomorfologie en lokale keuzes in het stelselontwerp (200%). Voor hemelwateruitlaten en IBA's geldt dit minder, omdat er daar meer van zijn en de emissie evenrediger over deze lozingspunten is verdeeld (100%).

9 Aanbevelingen

- Aanbevolen wordt om de 'bovenliggende' factsheets (de genoemde reeks factsheets Emissieschattingen Diffuse Bronnen van RWS Waterdienst die de belasting vormen voor de afvalwaterketen) bij de eerstvolgende actualisatie na te lopen op een juiste afbakening, die consistent is met de aanpak in de factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's'.
- De input op het emissiemodel (zonder correctie-emissies) is een gegeven uit andere onderdelen van de EmissieRegistratie (zie Tabel 3.1 voor de bronnen). In diverse gevallen is deze input vatbaar voor verbeteringen. Vooral nog is uitgegaan van correctie-emissies (bijlage 5).
- De jaarvracht aan zink en andere metalen die meekomt met afstromend hemelwater is in de EmissieRegistratie onafhankelijk van de jaarneerslag. Om te onderzoeken of deze aanname overeind kan blijven, is de relatie tussen jaarvracht die is gemeten in het influent van de RWZI's in Nederland vergeleken met het jaarvolume op de RWZI's. Bij een hoge correlatie tussen jaarvracht en jaarvolume is het noodzakelijk om hier de systematiek op aan te passen. Voor een aantal zware metalen geldt dat een hoge correlatie aanwezig is.
- Voortdurende toetsing van de modeluitkomsten aan beschikbare metingen blijft nodig. Vooral voor de overstorten en de rendementen van bergbezinkvoorzieningen is de beschikbare hoeveelheid metingen relatief schaars. Er valt te verwachten dat in de komende jaren meer data beschikbaar komen, o.a. via de STOWA Stimuleringsregeling voor metingen aan overstorten.
- De onzekerheid ten aanzien van foutaansluitingen op hemelwaterriolering is relatief groot, terwijl het effect op de emissie van hemelwateruitlaten ook groot is. De EmissieRegistratie is tot dusver uitgegaan van een percentage van 2%. Gekozen is om dit getal te handhaven, bij gebrek aan een betrouwbaarder percentage. Aanbevolen wordt om meer structureel onderzoek te doen naar de prevalentie van foutaansluitingen in Nederland.
- Exfiltratie van rioolwater naar de bodem is niet als emissie opgenomen bij gebrek aan consistente (meet)gegevens over de omvang van exfiltratie vanuit de riolering in Nederland. Bij een exfiltratiepercentage van 1% wordt deze emissie ten opzichte van de andere emissies naar de bodem wel significant of zelfs dominant. Dit geldt vooral voor de stoffen die voornamelijk in huishoudelijk of overig afvalwater voorkomen (dwa-hh en dwa-ov). Overwogen kan worden om deze emissieroute te verkennen met schattingen of gevoeligheidsanalyses.
- In de jaarlijkse neerslag van het KNMI zit mogelijk een significante meetfout. Het KNMI komt naar verwachting in de loop van 2017 met een update van de neerslagrapportages. Aanbevolen wordt deze update mee te nemen in de EmissieRegistratie.

10 Literatuurlijst

- Ashley, R.M., Bertrand-Krajewski, J.-L., Hvitved-Jakobsen, T., Verbanck, M., (ed), 2004. Solids in sewers; Characteristics, effects and control of sewer solids and associated pollutants. IWA Publishing.
- CBS, 2017. CBS Statline. Website Centraal Bureau voor de statistiek. Geraadpleegd via <http://statline.cbs.nl/Statweb/>, mei 2017.
- CIW, 2001. Riooloverstorten; Deel 2: Eenduidige basisinspanning; Nadere uitwerking van de definitie van de basisinspanning. Commissie Integraal Waterbeheer
- Clemens, F.H.L.R., 2003. Riolering. Collegedictaat Civiele Gezondheidstechniek CT3420, TUDelft, faculteit Civiele techniek en geowetenschappen.
- Deltares/TNO, 2016. Emissieschattingen Diffuse bronnen Emissieregistratie. Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's. Versie november 2016.
- Deltares/TNO, 2016a. Emissieschattingen Diffuse bronnen Emissieregistratie. Bandenslijtage wegverkeer. Versie mei 2016.
- Deltares/TNO, 2016b. Emissieschattingen Diffuse bronnen Emissieregistratie. Bestrijdingsmiddelengebruik bij niet-landbouwkundige toepassingen. Versie mei 2016.
- Deltares/TNO, 2016c. Emissieschattingen Diffuse bronnen Emissieregistratie. Afsteken vuurwerk. Versie mei 2016
- Diggle, P.J., Ribeiro jr., P.J. (2007). Model-based Geostatistics. Springer Science+Business Media, LLC.
- Eliasson, J., 2004. Septic Tank Effluent Values. Technical report. Washington State Department of Health. <http://www.doh.wa.gov/portals/1/Documents/Pubs/337-105.pdf>
- Gasperi, J., Gromaire, M.C., Kafi, M., Moilleron, R., Chebbo, G., 2010. Contributions of wastewater, runoff and sewer deposit erosion to wet weather pollutant loads in combined sewer systems.
- Graaf, R.E. de, Roeffen, B. Ouden, T. den, Souwer, B., 2013. Studie naar de huidige en toekomstige waterbehoefte van stedelijke gebieden. Deltasync Waterbased Urban Development, Delft.
- Hoogvliet, M., Buma, J., Brolsma, R., Lange, G. de, Landwehr, H., Coenders-Gerrits, M., Rutten, P., Landa, P. (2013). Naar een bestendige stedelijke waterbalans. Kenmerk 1206329-000-BGS-0013, Deltares, Utrecht.
- Horton RE. 1940. An approach towards physical interpretation of infiltration capacity. Proceedings of the Soil Science Society of America, vol. 5: 399– 417.
- Houhou, J., Lartiges, B.S., Hofmann, A., Frappier, G., Ghanbaja, J., Temgoua, A., 2009. Phosphate dynamics in an urban sewer: A case study of Nancy, France. Water research 43 (2009) 1088-1100
- Houhou, J., Lartiges, B.S., Montarges-Pelletier, E., Sieliechi, J., Ghanbaja, J., Kohler A., 2009a. Sources, nature, and fate of heavy metal-bearing particles in the sewer system. Science of the total environment 407 pp 6052-6062
- Jacobs, C., Elbers, J., Moors, E., Hove, B. van, (2015). Hoeveel water verdampt de stad? H2O Water Matters, oktober 2015.
- KNMI, 2017. Jaaroverzichten weer. Geraadpleegd via <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/mow>, mei 2017
- KNMI, 2017a. Jaaroverzichten neerslag en verdamping. Geraadpleegd via <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/monv>, mei 2017
- KNMI, 2017b. KNMI constateert meetafwijking door defect handmatige regenmeters. Nieuwsbericht 2 mei 2017. Geraadpleegd via <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/knmi-constateert-meetafwijking-door-defect-handmatige-regenmeters>, mei 2017.
- KNMI, 2017c. Verdamping in Nederland. Geraadpleegd via <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/verdamping-in-nederland>, mei 2017.

- Karickhoff S. W, Brown D. S. 1979 Determination of octanol/water distribution coefficients, water solubilities, and sediment/water partition coefficients for hydrophobic organic pollutants. EPA-600/4-79-032, Athens.
- Korving, J.L. , 2004. Probabilistic assessment of the performance of combined sewer systems. Blz. 181. Proefschrift TU Delft.
- Langeveld, J.G., Schilperoort, R.P.S., Weijers, S.R., 2013. Climate change and urban wastewater infrastructure: There is more to explore. Journal of Hydrology, Volume 476, 7 January 2013, Pages 112–119
- Langeveld, J.G., 2016. Verzameling emissiecijfers riooloverstorten en toelichting. Notitie Rioned11_N_160422. Partners4UrbanWater, Nijmegen.
- Liefing, H.J., 2016. 161101 Concentraties overstorten.xlsx; Rekenconcentraties op basis van diverse meetprojecten in Nederland. Partners4UrbanWater, Nijmegen
- Michelbach, S., Wohrle, C., 1993. Settleable solids in a combined sewer system, settling characteristics, heavy metals, efficiency of storm water tanks. Water Science & Technology 27 (5-6). Pp 153-164
- Michelbach, S., Wohrle, C., 1994. Settleable solids from combined sewers: settling, storm water treatment, and sedimentation rates in rivers. Water Science & Technology 29 (1-2). Pp 92-102
- Moons, J., 2014. Met geluidsmeting foutaansluitingen opsporen. Vakblad Riolering, januari 2014.
- NWRW, 1989. Beschrijving en analyse van een neerslag – inloop – overstortmodel. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, rapportnr. 4.3. Uitgave van Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 's Gravenhage. ISBN 90 346 2098 0.
- NWRW, 1989a. Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982 – 1989. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit. Uitgave van Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 's Gravenhage. ISBN 90 346 2111 1.
- Rijkswaterstaat, 2017 Lijst met alle gemeentelijke vuilwater overstorten inclusief risicobeoordeling.xlsx.
- RIONED, 1992. Het Riool in Cijfers; 1992. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 1994. Het Riool in Cijfers; 1994. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 1996. Het Riool in Cijfers; 1996. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 1998. Het Riool in Cijfers; 1998/99. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 2003. Riool in Cijfers; 2002-2003. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 2004. Leidraad Riolering. Module C2100, Rioleringsberekeningen, hydraulisch functioneren. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 2005. Riool in Cijfers; 2005-2006. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 2009. Riool in Cijfers; 2009-2010. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 2010. Riolering in beeld; Benchmark rioleringszorg 2010. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 2013. Riolering in beeld; Benchmark rioleringszorg 2013. Stichting RIONED, Ede.
- RIONED, 2016. Het nut van stedelijk waterbeheer. Monitor gemeentelijke watertaken 2016. Stichting RIONED, Ede.
- Schilperoort, R.P.S., Haan, C.J. de, Langeveld, J.G., 2011 Opsporen en classificeren van foutaansluitingen met DTS. Vakblad Riolering, 2011
- STOWA, 2014-34. Naar meer doelmatigheid bij IBA-systemen. Rapport 2014-34. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- STOWA 2015-05. Reductie hydraulische belasting RWZI. Rapport 2015-05. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- STOWA, 2016-05B. Regenwaterproject Almere; Volledige rapportage. Rapport 2016-05B. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- STOWA, 2017. Emissie- en rendementsmetingen. Digitale gegevensdragers uit project Stimuleringsregeling emissiemetingen (niet gepubliceerd). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.

- STOWA, 2017-12. Anders omgaan met VGS: goed voor rwzi, oppervlaktewater én portemonnee. Rapport 2017-12. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- Toor, G.S., Lusk, M., Obreza, T., 2014. Onsite Sewage Treatment and Disposal Systems: Trace Organic Chemicals. SL352, one of a series of the Soil and Water Science Department, UF/IFAS Extension <http://edis.ifas.ufl.edu/ss554>
- Ven, F.H.M. van de, Voortman, B.R. (1985). De waterbalans van een stedelijk gebied; ervaringen in twee meetgebieden in Lelystad. H2O (18) 1985, nr. 8. 170-176.
- VEWIN, 2016. Kerngegevens drinkwater 2016. VEWIN Vereniging van waterbedrijven in Nederland, Den Haag.
- Vliet, M.E. van, Vrijhoef, A., Boumans, L.J.M., Wattel-Koekkoek, E.J.W., 2010. De Kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland; in het jaar 2008 en de verandering daarvan in 1984-2008. RIVM rapport 680721005/2010.
- VROM, 1989. Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing (IBA), Onderzoek fase 2C, Evaluatie van het praktijkonderzoek IBA. Samenvattend Eindrapport. September 1989, werkno. Vrom.10.5BS/60
- Waterschap De Dommel, 2013. Overstortmetingen cluster Eindhoven; 2011-2013. Ruwe meetdata.

Bijlage 1: Kengetallen afvalwaterketen per gemeente (2016)

Tabel B1.1 Lengte vrijverriolering inclusief bijstellingen, aangesloten oppervlak en aantallen IBA's op basis van de benchmark van Stichting RIONED (2016). De gegevens zijn door RIONED aangeleverd specifiek voor de EmissieRegistratie en niet zonder meer voor andere doeleinden geschikt. Bijstellingen zijn vetgedrukt. Percentage slechte bodem volgens CBS (2017), percentage zandgrond volgens Grondsoortenkaart 2006.

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|---------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Aa en Hunze | 175 | 54 | 0 | 46 | 39 | 162 | 71 | 0 | 79 |
| Aalburg | 48 | 22 | 0 | 27 | 4 | 62 | 0 | 25 | 0 |
| Aalsmeer | 76 | 44 | 0 | 47 | 0 | 144 | 12 | 56 | 0 |
| Aalten | 111 | 41 | 15 | 20 | 41 | 173 | 76 | 0 | 97 |
| Achtkarspelen | 142 | 20 | 8 | 42 | 400 | 180 | 79 | 1 | 60 |
| Alblasserdam | 53 | 15 | 8 | 32 | 0 | 87 | 103 | 88 | 0 |
| Albrandswaard | 91 | 35 | 10 | 28 | 73 | 162 | 71 | 58 | 0 |
| Alkmaar | 223 | 119 | 22 | 140 | 22 | 492 | 387 | 24 | 2 |
| Almelo | 308 | 61 | 16 | 52 | 6 | 664 | 285 | 0 | 79 |
| Almere | 0 | 642 | 25 | 667 | 23 | 0 | 1981 | 62 | 2 |
| Alphen aan den Rijn | 105 | 193 | 23 | 239 | 22 | 740 | 470 | 81 | 0 |
| Alphen-Chaam | 37 | 43 | 0 | 10 | 13 | 71 | 10 | 0 | 99 |
| Ameland | 15 | 6 | 2 | 4 | 14 | 20 | 9 | 0 | 74 |
| Amersfoort | 137 | 352 | 3 | 431 | 0 | 279 | 1025 | 0 | 77 |
| Amstelveen | 202 | 68 | 9 | 126 | 4 | 342 | 210 | 91 | 0 |
| Amsterdam | 607 | 1045 | 110 | 1569 | 89 | 894 | 5081 | 69 | 0 |
| Apeldoorn | 539 | 190 | 17 | 106 | 5 | 1182 | 290 | 0 | 97 |
| Appingedam | 52 | 17 | 1 | 29 | 28 | 86 | 37 | 82 | 0 |
| Arnhem | 174 | 286 | 40 | 291 | 2 | 379 | 792 | 1 | 71 |
| Assen | 191 | 145 | 0 | 222 | 56 | 269 | 463 | 0 | 77 |
| Asten | 67 | 8 | 5 | 9 | 0 | 167 | 24 | 0 | 85 |
| Baarle-Nassau | 52 | 8 | 2 | 4 | 0 | 52 | 8 | 0 | 0 |
| Baarn | 89 | 17 | 2 | 10 | 0 | 202 | 11 | 0 | 74 |
| Barendrecht | 171 | 66 | 18 | 53 | 137 | 306 | 135 | 81 | 0 |
| Barneveld | 141 | 107 | 11 | 103 | 17 | 734 | 426 | 0 | 98 |
| Bedum | 42 | 11 | 3 | 6 | 132 | 84 | 6 | 88 | 0 |
| Beek | 92 | 7 | 4 | 2 | 0 | 117 | 50 | 0 | 0 |
| Beemster | 36 | 15 | 4 | 11 | 81 | 50 | 22 | 78 | 0 |
| Beesel | 65 | 6 | 4 | 4 | 1 | 160 | 9 | 0 | 67 |
| Bellingwedde | 76 | 1 | 1 | 0 | 209 | 51 | 23 | 0 | 55 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|------------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Berg en Dal | 123 | 48 | 13 | 38 | 99 | 221 | 97 | 1 | 34 |
| Bergeijk | 114 | 15 | 3 | 14 | 4 | 131 | 56 | 0 | 98 |
| Bergen (L.) | 72 | 33 | 4 | 3 | 136 | 98 | 17 | 0 | 75 |
| Bergen (NH.) | 62 | 96 | 4 | 78 | 48 | 86 | 94 | 8 | 67 |
| Bergen op Zoom | 184 | 88 | 25 | 84 | 36 | 371 | 231 | 9 | 54 |
| Berkelland | 141 | 144 | 17 | 67 | 8 | 270 | 154 | 0 | 86 |
| Bernheze | 118 | 17 | 8 | 20 | 0 | 204 | 36 | 0 | 99 |
| Best | 104 | 40 | 11 | 32 | 41 | 185 | 81 | 0 | 98 |
| Beuningen | 99 | 8 | 13 | 9 | 0 | 180 | 87 | 2 | 0 |
| Beverwijk | 106 | 45 | 20 | 64 | 1 | 214 | 102 | 9 | 39 |
| Binnenmaas | 103 | 40 | 11 | 32 | 83 | 185 | 81 | 74 | 0 |
| Bladel | 84 | 34 | 20 | 23 | 0 | 100 | 174 | 0 | 96 |
| Blaricum | 38 | 16 | 4 | 16 | 13 | 33 | 23 | 0 | 56 |
| Bloemendaal | 114 | 4 | 0 | 12 | 25 | 166 | 17 | 0 | 99 |
| Bodegraven-Reeuwijk | 120 | 46 | 13 | 37 | 96 | 214 | 94 | 81 | 0 |
| Boekel | 34 | 8 | 3 | 10 | 0 | 79 | 30 | 0 | 100 |
| Borger-Odoorn | 226 | 22 | 3 | 12 | 110 | 110 | 55 | 0 | 82 |
| Borne | 86 | 30 | 6 | 13 | 30 | 179 | 33 | 0 | 74 |
| Borsele | 83 | 25 | 8 | 38 | 130 | 90 | 40 | 30 | 1 |
| Boxmeer | 150 | 7 | 2 | 6 | 126 | 280 | 4 | 0 | 72 |
| Boxtel | 105 | 24 | 21 | 14 | 2 | 195 | 86 | 0 | 97 |
| Breda | 728 | 231 | 70 | 125 | 4 | 1983 | 229 | 0 | 83 |
| Brielle | 56 | 10 | 5 | 11 | 0 | 118 | 51 | 41 | 0 |
| Bronckhorst | 137 | 21 | 8 | 24 | 89 | 209 | 70 | 0 | 63 |
| Brummen | 106 | 16 | 8 | 18 | 15 | 135 | 59 | 0 | 66 |
| Brunssum | 166 | 11 | 0 | 25 | 6 | 287 | 26 | 0 | 33 |
| Bunnik | 75 | 19 | 5 | 16 | 0 | 106 | 45 | 6 | 0 |
| Bunschoten | 31 | 44 | 14 | 33 | 0 | 108 | 100 | 0 | 1 |
| Buren | 130 | 22 | 0 | 21 | 90 | 168 | 74 | 37 | 0 |
| Capelle aan den IJssel | 128 | 61 | 15 | 76 | 0 | 372 | 232 | 94 | 0 |
| Castricum | 124 | 32 | 0 | 42 | 4 | 217 | 109 | 4 | 49 |
| Coevorden | 128 | 50 | 14 | 40 | 103 | 229 | 101 | 0 | 77 |
| Cranendonck | 98 | 16 | 7 | 17 | 0 | 211 | 51 | 0 | 96 |
| Cromstrijen | 56 | 17 | 4 | 14 | 50 | 92 | 39 | 34 | 0 |
| Cuijk | 95 | 30 | 39 | 5 | 6 | 159 | 70 | 1 | 29 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|-------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Culemborg | 98 | 53 | 16 | 3 | 49 | 163 | 10 | 62 | 0 |
| Dalfsen | 89 | 38 | 20 | 25 | 1918 | 166 | 80 | 0 | 96 |
| Dantumadiel | 97 | 24 | 9 | 7 | 3 | 137 | 59 | 0 | 39 |
| De Bilt | 173 | 0 | 15 | 13 | 2 | 325 | 120 | 0 | 79 |
| De Fryske Marren | 142 | 68 | 20 | 65 | 200 | 287 | 178 | 0 | 21 |
| De Marne | 44 | 13 | 3 | 11 | 68 | 73 | 31 | 18 | 17 |
| De Ronde Venen | 85 | 106 | 7 | 59 | 36 | 274 | 121 | 50 | 0 |
| De Wolden | 85 | 33 | 9 | 27 | 68 | 152 | 67 | 0 | 84 |
| Delft | 113 | 115 | 0 | 158 | 6 | 228 | 365 | 72 | 0 |
| Delfzijl | 175 | 26 | 1 | 58 | 172 | 164 | 72 | 65 | 0 |
| Den Helder | 160 | 72 | 0 | 104 | 2 | 316 | 197 | 28 | 88 |
| Deurne | 133 | 31 | 34 | 10 | 1 | 205 | 90 | 0 | 84 |
| Deventer | 321 | 94 | 56 | 57 | 182 | 715 | 267 | 0 | 79 |
| Diemen | 19 | 54 | 4 | 69 | 14 | 37 | 143 | 92 | 0 |
| Dinkelland | 93 | 36 | 10 | 29 | 75 | 167 | 74 | 0 | 76 |
| Doesburg | 50 | 15 | 4 | 12 | 4 | 82 | 35 | 0 | 9 |
| Doetinchem | 171 | 89 | 33 | 70 | 123 | 316 | 197 | 0 | 70 |
| Dongen | 83 | 35 | 29 | 14 | 12 | 164 | 72 | 0 | 87 |
| Dongeradeel | 111 | 36 | 5 | 62 | 39 | 178 | 68 | 32 | 1 |
| Dordrecht | 248 | 132 | 25 | 156 | 25 | 546 | 430 | 38 | 1 |
| Drechterland | 84 | 25 | 7 | 20 | 75 | 139 | 60 | 71 | 0 |
| Drimmelen | 122 | 16 | 1 | 16 | 81 | 175 | 4 | 0 | 10 |
| Dronten | 71 | 125 | 0 | 128 | 181 | 260 | 114 | 4 | 6 |
| Druten | 67 | 18 | 0 | 25 | 14 | 154 | 53 | 5 | 1 |
| Duiven | 92 | 36 | 10 | 29 | 9 | 165 | 72 | 0 | 1 |
| Echt-Susteren | 115 | 45 | 12 | 36 | 9 | 206 | 91 | 0 | 54 |
| Edam-Volendam | 79 | 60 | 7 | 60 | 82 | 228 | 100 | 92 | 0 |
| Ede | 366 | 103 | 20 | 160 | 122 | 512 | 404 | 0 | 99 |
| Eemnes | 9 | 20 | 21 | 10 | 0 | 16 | 22 | 0 | 28 |
| Eemswoud | 104 | 40 | 24 | 14 | 291 | 101 | 26 | 20 | 3 |
| Eersel | 89 | 20 | 0 | 26 | 0 | 132 | 57 | 0 | 99 |
| Eijsden-Margraten | 90 | 35 | 10 | 28 | 18 | 161 | 71 | 0 | 0 |
| Eindhoven | 787 | 163 | 150 | 150 | 0 | 1730 | 680 | 0 | 69 |
| Elburg | 82 | 32 | 9 | 26 | 8 | 147 | 65 | 0 | 80 |
| Emmen | 455 | 258 | 37 | 223 | 10 | 774 | 514 | 0 | 61 |
| Enkhuisen | 80 | 24 | 6 | 19 | 26 | 132 | 57 | 73 | 0 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|--------------------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Enschede | 314 | 262 | 36 | 233 | 250 | 728 | 573 | 0 | 90 |
| Epe | 117 | 84 | 7 | 11 | 5 | 221 | 21 | 0 | 84 |
| Ermelo | 79 | 38 | 25 | 14 | 6 | 164 | 48 | 0 | 96 |
| Etten-Leur | 104 | 78 | 103 | 1 | 18 | 541 | 477 | 1 | 66 |
| Ferwerderadiel | 41 | 11 | 0 | 8 | 463 | 49 | 22 | 21 | 0 |
| Franekeradeel | 73 | 28 | 8 | 23 | 80 | 131 | 58 | 4 | 0 |
| Geertruidenberg | 86 | 24 | 16 | 12 | 5 | 186 | 123 | 0 | 5 |
| Geldermalsen | 125 | 13 | 2 | 11 | 367 | 247 | 2 | 63 | 0 |
| Geldrop-Mierlo | 146 | 32 | 9 | 36 | 1 | 250 | 110 | 0 | 92 |
| Gemert-Bakel | 123 | 26 | 0 | 26 | 42 | 190 | 84 | 0 | 96 |
| Gennep | 16 | 73 | 0 | 20 | 27 | 124 | 53 | 1 | 40 |
| Giessenlanden | 34 | 16 | 5 | 17 | 49 | 48 | 46 | 87 | 0 |
| Gilze en Rijen | 77 | 51 | 24 | 15 | 32 | 280 | 319 | 0 | 100 |
| Goeree-Overflakkee | 202 | 53 | 9 | 64 | 0 | 315 | 193 | 8 | 9 |
| Goes | 134 | 52 | 14 | 42 | 117 | 239 | 105 | 43 | 1 |
| Goirle | 88 | 20 | 5 | 31 | 2 | 195 | 72 | 0 | 99 |
| Gooise Meren | 148 | 61 | 25 | 46 | 22 | 315 | 196 | 6 | 24 |
| Gorinchem | 92 | 34 | 17 | 44 | 4 | 163 | 116 | 82 | 0 |
| Gouda | 62 | 85 | 3 | 35 | 0 | 132 | 25 | 98 | 0 |
| Grave | 62 | 3 | 5 | 7 | 1 | 92 | 40 | 2 | 66 |
| Groningen | 591 | 118 | 42 | 147 | 67 | 920 | 725 | 53 | 2 |
| Grootegast | 70 | 15 | 2 | 13 | 420 | 40 | 26 | 2 | 51 |
| Gulpen-Wittem | 90 | 25 | 0 | 29 | 23 | 126 | 52 | 0 | 0 |
| Haaksbergen | 93 | 21 | 6 | 29 | 1 | 187 | 79 | 0 | 91 |
| Haaren | 59 | 18 | 5 | 14 | 19 | 97 | 42 | 0 | 96 |
| Haarlem | 460 | 24 | 0 | 21 | 0 | 1057 | 39 | 4 | 10 |
| Haarlemmerliede en Spaarnwoude | 13 | 5 | 5 | 7 | 26 | 31 | 6 | 33 | 1 |
| Haarlemmermeer | 300 | 160 | 30 | 189 | 30 | 662 | 521 | 52 | 2 |
| Halderberge | 111 | 16 | 4 | 12 | 112 | 241 | 32 | 1 | 49 |
| Hardenberg | 186 | 137 | 19 | 98 | 24 | 273 | 208 | 0 | 81 |
| Harderwijk | 119 | 92 | 0 | 60 | 0 | 260 | 141 | 0 | 87 |
| Hardinxveld-Giessendam | 36 | 15 | 24 | 2 | 2 | 85 | 96 | 85 | 0 |
| Haren | 83 | 25 | 6 | 20 | 73 | 136 | 58 | 3 | 41 |
| Harlingen | 79 | 14 | 5 | 29 | 4 | 114 | 49 | 4 | 0 |
| Hatterum | 57 | 12 | 0 | 16 | 0 | 75 | 5 | 0 | 49 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|---------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Heemskerk | 101 | 49 | 32 | 2 | 5 | 252 | 111 | 5 | 73 |
| Heemstede | 107 | 1 | 0 | 18 | 1 | 171 | 75 | 0 | 90 |
| Heerde | 81 | 24 | 6 | 20 | 72 | 133 | 57 | 0 | 68 |
| Heerenveen | 220 | 117 | 46 | 72 | 196 | 281 | 175 | 1 | 42 |
| Heerhugowaard | 87 | 133 | 113 | 33 | 112 | 300 | 187 | 7 | 0 |
| Heerlen | 333 | 64 | 42 | 50 | 7 | 1120 | 80 | 0 | 13 |
| Heeze-Leende | 93 | 6 | 6 | 4 | 2 | 184 | 20 | 0 | 97 |
| Heiloo | 81 | 31 | 9 | 25 | 65 | 145 | 64 | 0 | 47 |
| Hellendoorn | 37 | 145 | 12 | 21 | 5 | 197 | 68 | 0 | 87 |
| Hellevoetsluis | 140 | 54 | 15 | 44 | 112 | 250 | 110 | 19 | 2 |
| Helmond | 328 | 100 | 109 | 20 | 7 | 502 | 313 | 0 | 82 |
| Hendrik-Ido-Ambacht | 64 | 35 | 2 | 49 | 1 | 188 | 83 | 73 | 0 |
| Hengelo | 225 | 108 | 31 | 102 | 44 | 454 | 282 | 0 | 79 |
| het Bildt | 46 | 14 | 4 | 11 | 41 | 76 | 33 | 1 | 0 |
| Heumen | 76 | 10 | 5 | 5 | 3 | 109 | 11 | 0 | 50 |
| Heusden | 155 | 60 | 17 | 48 | 61 | 278 | 122 | 0 | 51 |
| Hillegom | 76 | 29 | 8 | 24 | 61 | 136 | 60 | 20 | 96 |
| Hilvarenbeek | 60 | 12 | 2 | 15 | 21 | 156 | 11 | 0 | 99 |
| Hilversum | 64 | 205 | 24 | 177 | 0 | 149 | 411 | 0 | 88 |
| Hof van Twente | 156 | 119 | 27 | 19 | 10 | 280 | 98 | 0 | 66 |
| Hollands Kroon | 137 | 102 | 0 | 103 | 11 | 306 | 135 | 46 | 12 |
| Hoogeveen | 152 | 73 | 21 | 69 | 27 | 307 | 191 | 0 | 79 |
| Hoogezand-Sappemeer | 155 | 32 | 3 | 32 | 85 | 221 | 97 | 1 | 65 |
| Hoorn | 84 | 176 | 29 | 157 | 13 | 155 | 420 | 90 | 0 |
| Horst aan de Maas | 150 | 58 | 16 | 47 | 12 | 268 | 118 | 0 | 83 |
| Houten | 171 | 36 | 12 | 20 | 11 | 289 | 54 | 42 | 0 |
| Huizen | 80 | 80 | 9 | 97 | 0 | 266 | 117 | 0 | 64 |
| Hulst | 142 | 23 | 5 | 35 | 102 | 245 | 107 | 10 | 9 |
| IJsselstein | 29 | 88 | 71 | 15 | 1 | 68 | 170 | 39 | 0 |
| Kaag en Braassem | 91 | 11 | 0 | 31 | 10 | 166 | 73 | 68 | 0 |
| Kampen | 143 | 67 | 0 | 75 | 5 | 288 | 179 | 1 | 6 |
| Kapelle | 55 | 16 | 4 | 13 | 40 | 90 | 39 | 44 | 0 |
| Katwijk | 158 | 38 | 1 | 56 | 1 | 305 | 98 | 1 | 40 |
| Kerkrade | 168 | 65 | 18 | 52 | 14 | 300 | 132 | 0 | 0 |
| Koggenland | 30 | 38 | 3 | 38 | 32 | 144 | 64 | 87 | 1 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|--------------------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Kollumerland en Nieuwkruisland | 78 | 4 | 7 | 0 | 14 | 85 | 5 | 12 | 22 |
| Korendijk | 47 | 14 | 4 | 11 | 2 | 78 | 33 | 40 | 1 |
| Krimpen aan den IJssel | 127 | 15 | 10 | 34 | 0 | 153 | 79 | 90 | 0 |
| Krimpenerwaard | 150 | 72 | 21 | 68 | 8 | 303 | 189 | 93 | 1 |
| Laarbeek | 78 | 52 | 2 | 30 | 2 | 145 | 85 | 0 | 65 |
| Landerd | 67 | 20 | 5 | 16 | 59 | 110 | 47 | 0 | 94 |
| Landgraaf | 135 | 52 | 14 | 42 | 1 | 241 | 106 | 0 | 11 |
| Landsmeer | 14 | 24 | 0 | 21 | 18 | 15 | 47 | 90 | 0 |
| Langedijk | 52 | 75 | 20 | 54 | 62 | 78 | 100 | 0 | 1 |
| Lansingerland | 161 | 77 | 22 | 73 | 8 | 325 | 203 | 89 | 0 |
| Laren | 64 | 3 | 4 | 8 | 42 | 83 | 34 | 0 | 98 |
| Leek | 85 | 48 | 21 | 42 | 24 | 182 | 53 | 3 | 65 |
| Leerdam | 74 | 29 | 8 | 23 | 3 | 132 | 58 | 68 | 3 |
| Leeuwarden | 224 | 119 | 23 | 141 | 421 | 494 | 390 | 19 | 0 |
| Leeuwarderadeel | 45 | 13 | 3 | 11 | 40 | 74 | 32 | 50 | 0 |
| Leiden | 314 | 19 | 25 | 19 | 0 | 267 | 0 | 42 | 0 |
| Leiderdorp | 81 | 11 | 4 | 14 | 0 | 126 | 57 | 67 | 0 |
| Leidschendam-Voorburg | 169 | 36 | 0 | 70 | 0 | 330 | 146 | 48 | 5 |
| Lelystad | 0 | 322 | 0 | 349 | 198 | 0 | 412 | 35 | 0 |
| Leudal | 212 | 22 | 29 | 34 | 90 | 340 | 138 | 0 | 85 |
| Leusden | 28 | 72 | 30 | 48 | 0 | 25 | 65 | 0 | 99 |
| Lingewaal | 34 | 9 | 0 | 14 | 104 | 141 | 96 | 69 | 0 |
| Lingewaard | 129 | 73 | 22 | 78 | 17 | 279 | 327 | 4 | 0 |
| Lisse | 69 | 1 | 0 | 15 | 1 | 149 | 20 | 30 | 68 |
| Littenseradiel | 48 | 14 | 4 | 12 | 43 | 78 | 34 | 40 | 0 |
| Lochem | 120 | 46 | 13 | 37 | 96 | 214 | 94 | 0 | 78 |
| Loon op Zand | 83 | 21 | 2 | 27 | 0 | 201 | 38 | 0 | 99 |
| Lopik | 62 | 19 | 5 | 15 | 55 | 101 | 44 | 75 | 0 |
| Loppersum | 56 | 13 | 3 | 10 | 22 | 28 | 31 | 62 | 0 |
| Losser | 92 | 46 | 5 | 31 | 2 | 101 | 23 | 0 | 77 |
| Maasdriel | 98 | 8 | 9 | 8 | 69 | 156 | 69 | 19 | 0 |
| Maasgouw | 145 | 20 | 0 | 21 | 8 | 332 | 18 | 0 | 38 |
| Maassluis | 83 | 14 | 0 | 17 | 0 | 159 | 52 | 64 | 3 |
| Maastricht | 255 | 136 | 26 | 160 | 14 | 562 | 443 | 0 | 0 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|-------------------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Marum | 62 | 22 | 0 | 27 | 150 | 74 | 32 | 0 | 82 |
| Medemblik | 92 | 91 | 8 | 75 | 811 | 281 | 124 | 88 | 0 |
| Meerssen | 83 | 25 | 6 | 20 | 74 | 137 | 59 | 0 | 0 |
| Menameradiel | 59 | 18 | 5 | 14 | 53 | 98 | 42 | 2 | 0 |
| Menterwolde | 81 | 23 | 10 | 14 | 133 | 88 | 38 | 1 | 45 |
| Meppel | 124 | 45 | 12 | 42 | 6 | 211 | 93 | 0 | 57 |
| Middelburg | 179 | 36 | 53 | 49 | 118 | 258 | 270 | 23 | 0 |
| Midden-Delfland | 37 | 25 | 7 | 27 | 138 | 62 | 63 | 80 | 0 |
| Midden-Drenthe | 167 | 89 | 53 | 0 | 123 | 220 | 94 | 0 | 86 |
| Mill en Sint Hubert | 43 | 9 | 7 | 7 | 9 | 78 | 33 | 0 | 93 |
| Moerdijk | 172 | 19 | 2 | 22 | 549 | 335 | 35 | 13 | 1 |
| Molenwaard | 57 | 52 | 9 | 32 | 72 | 187 | 82 | 90 | 0 |
| Montferland | 144 | 108 | 23 | 36 | 46 | 218 | 35 | 0 | 63 |
| Montfoort | 60 | 18 | 5 | 14 | 2 | 98 | 42 | 56 | 0 |
| Mook en Middelaar | 32 | 13 | 4 | 9 | 9 | 43 | 19 | 1 | 64 |
| Neder-Betuwe | 88 | 17 | 10 | 7 | 120 | 98 | 51 | 15 | 0 |
| Nederweert | 108 | 39 | 0 | 22 | 30 | 154 | 12 | 0 | 77 |
| Neerijnen | 41 | 10 | 0 | 14 | 48 | 62 | 43 | 51 | 0 |
| Nieuwegein | 45 | 157 | 190 | 15 | 0 | 70 | 570 | 34 | 0 |
| Nieuwkoop | 65 | 49 | 0 | 43 | 94 | 175 | 77 | 69 | 0 |
| Nijkerk | 147 | 57 | 16 | 46 | 15 | 263 | 116 | 0 | 67 |
| Nijmegen | 334 | 190 | 24 | 151 | 2 | 620 | 530 | 1 | 18 |
| Nissewaard | 290 | 23 | 19 | 106 | 1 | 465 | 197 | 55 | 0 |
| Noord-Beveland | 47 | 17 | 1 | 28 | 14 | 51 | 22 | 32 | 3 |
| Noordenveld | 188 | 70 | 2 | 50 | 73 | 194 | 72 | 1 | 70 |
| Noordoostpolder | 154 | 70 | 12 | 67 | 270 | 222 | 147 | 4 | 23 |
| Noordwijk | 92 | 36 | 10 | 29 | 4 | 165 | 73 | 0 | 92 |
| Noordwijkerhout | 47 | 9 | 5 | 13 | 16 | 83 | 14 | 0 | 98 |
| Nuenen, Gerwen en Nederwetten | 89 | 24 | 27 | 2 | 0 | 174 | 87 | 0 | 81 |
| Nunspeet | 100 | 32 | 3 | 9 | 42 | 172 | 76 | 0 | 93 |
| Nuth | 113 | 4 | 0 | 12 | 3 | 177 | 30 | 0 | 0 |
| Oegstgeest | 57 | 11 | 1 | 35 | 4 | 107 | 40 | 0 | 6 |
| Oirschot | 79 | 24 | 6 | 19 | 26 | 130 | 56 | 0 | 94 |
| Oisterwijk | 93 | 36 | 10 | 29 | 36 | 166 | 73 | 0 | 96 |
| Oldambt | 194 | 53 | 0 | 76 | 80 | 295 | 156 | 24 | 8 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|--------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Oldebroek | 83 | 32 | 9 | 26 | 66 | 148 | 65 | 0 | 63 |
| Oldenzaal | 86 | 91 | 22 | 79 | 1 | 207 | 91 | 0 | 87 |
| Olst-Wijhe | 78 | 23 | 6 | 19 | 69 | 128 | 55 | 0 | 48 |
| Ommen | 59 | 38 | 2 | 34 | 998 | 144 | 54 | 0 | 86 |
| Onderbanken | 32 | 13 | 4 | 9 | 15 | 44 | 19 | 0 | 14 |
| Oost Gelre | 108 | 40 | 49 | 20 | 58 | 190 | 84 | 0 | 98 |
| Oosterhout | 206 | 59 | 53 | 49 | 0 | 344 | 187 | 0 | 76 |
| Ooststellingwerf | 124 | 72 | 9 | 47 | 100 | 165 | 73 | 0 | 80 |
| Oostzaan | 38 | 16 | 4 | 11 | 83 | 51 | 23 | 75 | 0 |
| Opmeer | 25 | 26 | 11 | 14 | 265 | 32 | 38 | 61 | 1 |
| Opsterland | 154 | 32 | 0 | 29 | 112 | 195 | 66 | 0 | 64 |
| Oss | 371 | 63 | 15 | 43 | 18 | 556 | 180 | 1 | 30 |
| Oud-Beijerland | 85 | 33 | 9 | 27 | 68 | 153 | 67 | 40 | 0 |
| Oude IJsselstreek | 143 | 55 | 15 | 44 | 114 | 255 | 112 | 0 | 58 |
| Ouder-Amstel | 10 | 19 | 5 | 3 | 0 | 96 | 41 | 87 | 0 |
| Oudewater | 22 | 13 | 5 | 4 | 0 | 42 | 34 | 93 | 0 |
| Overbetuwe | 127 | 78 | 31 | 78 | 49 | 302 | 133 | 5 | 0 |
| Papendrecht | 84 | 32 | 37 | 2 | 1 | 157 | 64 | 81 | 4 |
| Peel en Maas | 157 | 61 | 17 | 49 | 117 | 280 | 123 | 0 | 89 |
| Pekela | 80 | 7 | 20 | 8 | 26 | 116 | 38 | 0 | 99 |
| Pijnacker-Nootdorp | 28 | 100 | 20 | 110 | 18 | 287 | 178 | 86 | 0 |
| Purmerend | 221 | 106 | 30 | 100 | 112 | 445 | 277 | 66 | 0 |
| Putten | 43 | 52 | 18 | 4 | 9 | 90 | 51 | 0 | 88 |
| Raalte | 132 | 51 | 14 | 41 | 48 | 236 | 104 | 0 | 88 |
| Reimerswaal | 76 | 23 | 6 | 18 | 23 | 142 | 63 | 46 | 2 |
| Renkum | 157 | 6 | 0 | 9 | 28 | 232 | 13 | 0 | 86 |
| Renswoude | 13 | 8 | 2 | 8 | 0 | 30 | 2 | 0 | 95 |
| Reusel-De Mierden | 56 | 17 | 4 | 14 | 0 | 120 | 24 | 0 | 98 |
| Rheden | 157 | 61 | 17 | 49 | 126 | 281 | 124 | 0 | 60 |
| Rhenen | 80 | 12 | 0 | 6 | 9 | 117 | 35 | 0 | 72 |
| Ridderkerk | 163 | 63 | 17 | 51 | 0 | 291 | 128 | 85 | 0 |
| Rijnwaarden | 48 | 14 | 4 | 12 | 42 | 79 | 34 | 1 | 0 |
| Rijssen-Holtten | 118 | 55 | 36 | 21 | 43 | 244 | 107 | 0 | 83 |
| Rijswijk | 136 | 7 | 0 | 75 | 5 | 229 | 161 | 8 | 0 |
| Roerdalen | 141 | 8 | 0 | 10 | 6 | 133 | 59 | 0 | 64 |
| Roermond | 281 | 36 | 6 | 44 | 27 | 319 | 199 | 0 | 37 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|---------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Roosendaal | 243 | 103 | 60 | 103 | 215 | 522 | 461 | 0 | 95 |
| Rotterdam | 1913 | 75 | 104 | 352 | 49 | 2976 | 724 | 43 | 4 |
| Rozendaal | 6 | 3 | 1 | 2 | 1 | 8 | 4 | 0 | 100 |
| Rucphen | 86 | 13 | 3 | 20 | 202 | 201 | 52 | 0 | 100 |
| Schagen | 97 | 119 | 8 | 110 | 1029 | 123 | 57 | 58 | 43 |
| Scherpenzeel | 31 | 11 | 0 | 23 | 0 | 91 | 49 | 0 | 100 |
| Schiedam | 167 | 43 | 9 | 56 | 19 | 430 | 268 | 93 | 0 |
| Schiermonnikoog | 4 | 2 | 0 | 1 | 8 | 5 | 2 | 0 | 81 |
| Schijndel | 85 | 33 | 9 | 26 | 68 | 152 | 67 | 0 | 95 |
| Schinnen | 73 | 6 | 0 | 6 | 3 | 158 | 11 | 0 | 0 |
| Schouwen-Duiveland | 122 | 47 | 13 | 38 | 107 | 218 | 96 | 17 | 17 |
| 's-Gravenhage | 841 | 292 | 103 | 296 | 7 | 2785 | 904 | 6 | 30 |
| 's-Hertogenbosch | 473 | 142 | 57 | 92 | 71 | 1284 | 337 | 0 | 43 |
| Simpelveld | 47 | 14 | 4 | 11 | 3 | 78 | 33 | 0 | 0 |
| Sint Anthonis | 51 | 15 | 4 | 12 | 16 | 84 | 36 | 0 | 99 |
| Sint-Michielsgestel | 106 | 10 | 12 | 12 | 16 | 128 | 11 | 0 | 93 |
| Sint-Oedenrode | 78 | 24 | 6 | 19 | 25 | 129 | 55 | 0 | 94 |
| Sittard-Geleen | 471 | 41 | 0 | 57 | 31 | 1012 | 327 | 0 | 2 |
| Sliedrecht | 65 | 23 | 4 | 45 | 0 | 93 | 20 | 87 | 0 |
| Slochteren | 68 | 20 | 5 | 17 | 32 | 112 | 48 | 2 | 22 |
| Sluis | 86 | 33 | 9 | 27 | 69 | 153 | 67 | 7 | 6 |
| Smallingerland | 225 | 142 | 0 | 143 | 80 | 278 | 92 | 0 | 58 |
| Soest | 164 | 63 | 17 | 51 | 0 | 293 | 129 | 0 | 86 |
| Someren | 82 | 53 | 4 | 23 | 0 | 171 | 45 | 0 | 93 |
| Son en Breugel | 70 | 30 | 0 | 27 | 0 | 148 | 151 | 0 | 88 |
| Stadskanaal | 174 | 30 | 22 | 52 | 377 | 210 | 92 | 0 | 97 |
| Staphorst | 72 | 22 | 6 | 17 | 21 | 118 | 51 | 0 | 60 |
| Stede Broec | 77 | 30 | 8 | 24 | | 138 | 61 | 76 | 0 |
| Steenbergen | 99 | 12 | 16 | 30 | 347 | 152 | 67 | 13 | 6 |
| Steenwijkerland | 147 | 153 | 2 | 98 | 52 | 367 | 10 | 0 | 30 |
| Stein | 125 | 15 | 10 | 3 | 4 | 328 | 24 | 0 | 1 |
| Stichtse Vecht | 113 | 93 | 15 | 101 | 51 | 192 | 239 | 51 | 1 |
| Strijen | 25 | 18 | 13 | 0 | 144 | 45 | 32 | 74 | 0 |
| Súdwest-Fryslân | 351 | 117 | 14 | 108 | 329 | 560 | 212 | 18 | 2 |
| Ten Boer | 32 | 9 | 0 | 9 | 6 | 42 | 18 | 65 | 0 |
| Terneuzen | 151 | 72 | 21 | 69 | 29 | 305 | 190 | 1 | 8 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|------------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Terschelling | 20 | 8 | 2 | 6 | 19 | 27 | 12 | 0 | 76 |
| Texel | 39 | 58 | 0 | 41 | 302 | 27 | 35 | 3 | 68 |
| Teylingen | 103 | 23 | 0 | 34 | 1 | 189 | 101 | 18 | 41 |
| Tholen | 92 | 35 | 10 | 29 | 74 | 164 | 72 | 52 | 0 |
| Tiel | 137 | 47 | 42 | 10 | 15 | 252 | 190 | 31 | 0 |
| Tilburg | 441 | 235 | 44 | 278 | 44 | 971 | 766 | 0 | 95 |
| Tubbergen | 76 | 29 | 8 | 24 | 28 | 136 | 60 | 0 | 90 |
| Twenterand | 147 | 48 | 27 | 19 | 179 | 251 | 63 | 0 | 65 |
| Tynaarlo | 175 | 74 | 4 | 69 | 10 | 210 | 92 | 0 | 74 |
| Tytsjerksteradiel | 158 | 27 | 13 | 27 | 635 | 285 | 45 | 0 | 44 |
| Uden | 137 | 66 | 24 | 53 | 3 | 305 | 125 | 0 | 100 |
| Uitgeest | 21 | 30 | 13 | 10 | 23 | 47 | 37 | 47 | 2 |
| Uithoorn | 59 | 36 | 0 | 47 | 1 | 185 | 81 | 100 | 0 |
| Urk | 86 | 26 | 7 | 21 | 81 | 142 | 61 | 46 | 52 |
| Utrecht | 631 | 288 | 104 | 518 | 6 | 1552 | 724 | 6 | 2 |
| Utrechtse Heuvelrug | 190 | 53 | 1 | 42 | 2 | 310 | 137 | 0 | 79 |
| Vaals | 40 | 16 | 5 | 12 | 3 | 54 | 24 | 0 | 0 |
| Valkenburg aan de Geul | 105 | 8 | 0 | 20 | 10 | 165 | 25 | 0 | 0 |
| Valkenswaard | 162 | 18 | 5 | 12 | 7 | 290 | 58 | 0 | 98 |
| Veendam | 212 | 41 | 0 | 80 | 65 | 211 | 76 | 0 | 98 |
| Veenendaal | 176 | 84 | 24 | 80 | 2 | 355 | 221 | 0 | 92 |
| Veere | 79 | 31 | 8 | 25 | 69 | 141 | 62 | 23 | 10 |
| Veghel | 102 | 128 | 50 | 45 | 9 | 360 | 267 | 0 | 95 |
| Veldhoven | 159 | 62 | 17 | 50 | 62 | 284 | 125 | 0 | 99 |
| Velsen | 203 | 21 | 0 | 76 | 43 | 354 | 150 | 9 | 44 |
| Venlo | 461 | 101 | 0 | 112 | 1 | 1063 | 295 | 0 | 73 |
| Venray | 186 | 80 | 12 | 48 | 20 | 386 | 126 | 0 | 93 |
| Vianen | 34 | 47 | 22 | 25 | 26 | 137 | 289 | 50 | 1 |
| Vlaardingen | 181 | 32 | 7 | 33 | 0 | 401 | 250 | 89 | 0 |
| Vlagtwedde | 121 | 26 | 13 | 16 | 33 | 0 | 50 | 0 | 96 |
| Vlieland | 16 | 7 | 0 | 1 | 0 | 5 | 2 | 0 | 83 |
| Vlissingen | 160 | 62 | 17 | 50 | 0 | 286 | 126 | 26 | 2 |
| Voerendaal | 85 | 11 | 0 | 14 | 8 | 124 | 19 | 0 | 0 |
| Voorschoten | 76 | 16 | 4 | 13 | 2 | 136 | 5 | 9 | 28 |
| Voorst | 93 | 29 | 2 | 27 | 3 | 157 | 12 | 0 | 41 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|--------------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Vught | 0 | 100 | 0 | 106 | 2 | 0 | 235 | 0 | 79 |
| Waalre | 79 | 10 | 0 | 12 | 0 | 121 | 52 | 0 | 99 |
| Waalwijk | 200 | 46 | 22 | 46 | 8 | 361 | 63 | 0 | 29 |
| Waddinxveen | 68 | 8 | 14 | 8 | 0 | 165 | 73 | 92 | 0 |
| Wageningen | 103 | 40 | 0 | 30 | 4 | 243 | 107 | 0 | 46 |
| Wassenaar | 123 | 3 | 0 | 18 | 0 | 177 | 18 | 0 | 80 |
| Waterland | 75 | 23 | 6 | 18 | 66 | 123 | 53 | 82 | 0 |
| Weert | 243 | 78 | 52 | 0 | 15 | 400 | 118 | 0 | 92 |
| Weesp | 54 | 6 | 0 | 13 | 32 | 122 | 39 | 19 | 0 |
| Werkendam | 130 | 18 | 10 | 35 | 89 | 205 | 92 | 19 | 1 |
| West Maas en Waal | 81 | 24 | 6 | 20 | 72 | 134 | 57 | 18 | 0 |
| Westerveld | 146 | 51 | 0 | 25 | 8 | 137 | 59 | 0 | 83 |
| Westervoort | 59 | 5 | 3 | 14 | 1 | 108 | 46 | 0 | 0 |
| Westland | 220 | 119 | 67 | 107 | 0 | 429 | 414 | 26 | 22 |
| Weststellingwerf | 151 | 11 | 1 | 30 | 100 | 164 | 72 | 0 | 45 |
| Westvoorne | 62 | 18 | 5 | 15 | 55 | 101 | 43 | 23 | 36 |
| Wierden | 86 | 33 | 9 | 27 | 69 | 154 | 68 | 0 | 78 |
| Wijchen | 147 | 57 | 16 | 46 | 118 | 263 | 116 | 5 | 25 |
| Wijdmeren | 84 | 32 | 9 | 26 | 67 | 149 | 66 | 3 | 16 |
| Wijk bij Duurstede | 67 | 20 | 19 | 2 | 3 | 127 | 41 | 16 | 0 |
| Winsum | 60 | 18 | 5 | 15 | 53 | 99 | 43 | 73 | 0 |
| Winterswijk | 109 | 55 | 0 | 52 | 100 | 144 | 109 | 0 | 88 |
| Woensdrecht | 66 | 57 | 0 | 63 | 75 | 46 | 153 | 14 | 72 |
| Woerden | 108 | 89 | 4 | 92 | 0 | 283 | 176 | 72 | 0 |
| Wormerland | 69 | 21 | 5 | 17 | 61 | 113 | 49 | 47 | 1 |
| Woudenberg | 35 | 12 | 3 | 12 | 1 | 198 | 80 | 0 | 99 |
| Woudrichem | 59 | 21 | 7 | 19 | 78 | 104 | 44 | 54 | 2 |
| Zaanstad | 315 | 168 | 32 | 199 | 31 | 695 | 548 | 67 | 0 |
| Zaltbommel | 99 | 38 | 10 | 31 | 79 | 176 | 78 | 39 | 1 |
| Zandvoort | 55 | 10 | 0 | 12 | 0 | 105 | 5 | 0 | 97 |
| Zederik | 60 | 18 | 5 | 15 | 53 | 99 | 42 | 75 | 1 |
| Zeewolde | 0 | 97 | 0 | 100 | 90 | 0 | 425 | 10 | 1 |
| Zeist | 189 | 29 | 12 | 35 | 0 | 331 | 82 | 0 | 84 |
| Zevenaar | 116 | 45 | 12 | 36 | 93 | 208 | 91 | 0 | 5 |
| Zoetermeer | 3 | 358 | 5 | 398 | 3 | 45 | 1000 | 67 | 0 |
| Zoeterwoude | 19 | 9 | 0 | 8 | 5 | 38 | 13 | 86 | 0 |

| Gemeente | Lengte (verbeterd) gemengde riool [km] | Lengte vuilwater-riool [km] | Lengte hemelwater-riool verbeterd gescheiden stelsel [km] | Lengte hemelwater-riool gescheiden stelsel [km] | Aantal IBA | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gemengde riolering [ha] | Afvoerend verhard oppervlak (verbeterd) gescheiden riolering [ha] | Percentage zettingsgevoelige bodem [%] | Percentage zandgrond [%] |
|-----------------|--|-----------------------------|---|---|------------|---|---|--|--------------------------|
| Zuidhorn | 82 | 25 | 6 | 20 | 203 | 135 | 58 | 54 | 2 |
| Zuidplas | 94 | 46 | 0 | 71 | 6 | 70 | 33 | 88 | 0 |
| Zundert | 65 | 13 | 3 | 17 | 36 | 141 | 28 | 0 | 98 |
| Zutphen | 154 | 51 | 0 | 51 | 11 | 243 | 81 | 0 | 54 |
| Zwartewaterland | 80 | 31 | 8 | 25 | 64 | 143 | 63 | 4 | 5 |
| Zwijndrecht | 160 | 62 | 17 | 50 | 129 | 287 | 126 | 79 | 0 |
| Zwolle | 260 | 195 | 26 | 250 | 188 | 526 | 703 | 0 | 39 |

Tabel B1.2 Onderverdeling IBA klassen voor 38 gemeenten

| Gemeente | Aantal IBA klasse 2/3 | Aantal IBA klasse 1 |
|-------------------|-----------------------|---------------------|
| Appingedam | 15 | 13 |
| Assen | 23 | 33 |
| Bedum | 132 | 0 |
| Beesel | 1 | 0 |
| Bergen (L.) | 130 | 6 |
| Brunssum | 6 | 0 |
| Dalfsen | 0 | 1918 |
| De Marne | 68 | 0 |
| Delfzijl | 87 | 85 |
| Echt-Susteren | 9 | 0 |
| Eemsum | 291 | 0 |
| Eijsden-Margraten | 18 | 0 |
| Gennep | 26 | 1 |
| Groningen | 44 | 23 |
| Groetegast | 96 | 324 |
| Landgraaf | 1 | 0 |
| Leek | 17 | 7 |
| Leudal | 90 | 0 |
| Loppersum | 12 | 10 |
| Maasgouw | 8 | 0 |
| Maastricht | 14 | 0 |
| Marum | 105 | 45 |
| Mook en Middelaar | 9 | 0 |
| Noordenveld | 67 | 6 |
| Nuth | 3 | 0 |
| Onderbanken | 15 | 0 |

| Gemeente | Aantal IBA klasse 2/3 | Aantal IBA klasse 1 |
|----------------|-----------------------|---------------------|
| Peel en Maas | 112 | 5 |
| Roerdalen | 6 | 0 |
| Roermond | 27 | 0 |
| Schinnen | 3 | 0 |
| Sittard-Geleen | 31 | 0 |
| Stein | 4 | 0 |
| Vaals | 3 | 0 |
| Venlo | 1 | 0 |
| Voerendaal | 8 | 0 |
| Weert | 15 | 0 |
| Winsum | 53 | 0 |
| Zuidhorn | 203 | 0 |

Bijlage 2: Lozingen op Rijkswater

Tabel B2.1 Gemeenten die lozen op Rijkswateren. Bron: Rijkswaterstaat (2017)

| Gemeente | GAF-90 naam van Rijkswater(en) waarop wordt geloosd |
|------------------------|---|
| Albrandswaard | OUDE MAAS |
| Amsterdam | NOORDZEEKANAAL IJ |
| Arnhem | NEDERRIJN VAN WESTERVOORT TOT DRIEL |
| Beesel | WESSEM-HEUMEN |
| Bergen (L.) | WESSEM-HEUMEN |
| Bergen op Zoom | ZOOMMEER-EENDRACHT |
| Best | WILHELMINAKANAAL VAN SLUIS HAGHORST-LIESHOUT (5E PAND) 2959 |
| Beverwijk | NOORDZEEKANAAL IJ |
| Boxmeer | WESSEM-HEUMEN MAAS VAN SAMBEEK TOT GRAVE |
| Bunschoten | EEMMEER |
| Cuijk | MAAS VAN SAMBEEK TOT GRAVE HEUMEN-LITH |
| De Fryske Marren | IJSSELMEER (RWS-DEEL) |
| Deventer | IJSSEL VAN DEVENTER TOT WIJHE |
| Echt-Susteren | LEIGRAAF |
| Edam-Volendam | MARKERMEER (RWS-DEEL) GOUWZEE |
| Eijsden-Margraten | TERNAAIJEN-BORGHAREN |
| Elburg | VELUWEMEER DRONTERMEER |
| Enschede | TWENTEKANAAL BOVEN SLUIS HENGELO |
| Geertruidenberg | BERGSCHIE MAAS |
| Gennep | MAAS VAN SAMBEEK TOT GRAVE |
| Goes | VEERSEMEER |
| Gorinchem | BOVEN MERWEDE |
| Harderwijk | VELUWEMEER |
| Harlingen | HARLINGEN HAVEN |
| Hellevoetsluis | HARINGVLIET |
| Helmond | ZUID-WILLEMSVAART DERDE, VIERDE EN VIJFDE PAND (KANAAL) |
| Hengelo | TWENTEKANAAL VAN SLUIS BIJ DE LOEN TOT HENGELO |
| Heumen | MAAS WAAL KANAAL |
| Hilvarenbeek | WILHELMINAKANAAL VAN SLUIS HAGHORST-LIESHOUT (5E PAND) 2959 |
| Horst aan de Maas | WESSEM-HEUMEN |
| Houten | AMSTERDAM RIJNKANAAL |
| Huizen | GOOIMEER |
| Kampen | IJSSEL VAN ZWOLLE TOT KAMPEN IJSSEL BENEDEN KAMPEN |
| Krimpen aan den IJssel | HOLLANDSCHE IJSSEL NLRWS3 |
| Krimpenerwaard | LEK TOT SCHOONHOVEN NIEUWE MAAS, OUDE MAAS (BENEDENSTROOMS HARTELKANAAL) NL94_8a |

| Gemeente | GAF-90 naam van Rijkswater(en) waarop wordt geloosd |
|-------------------|---|
| Leudal | MAAS TUSSEN STUW LINNE EN STUW ROERMOND (DE WEERD) KANAAL WESSEM-NEDERWEERT WESSEM-HEUMEN |
| Lochem | TWENTEKANAAL VAN ZUTPHEN TOT DE GRENS VAN OVERIJSSSEL (RWS-DEEL) |
| Maasdriel | AFGEDAMDE MAAS EN HEUSDENSCH KANAAL LITH-WELL WAAL: AMSTERDAM-RIJNKANAAL - ZALTBOMMEL |
| Maasgouw | MAAS TUSSEN STUW LINNE EN STUW ROERMOND (DE WEERD) WESSEM-HEUMEN LEIGRAAF |
| Maastricht | TERNAAIJEN-BORGHAREN |
| Medemblik | IJSSELMEER (RWS-DEEL) |
| Molenwaard | LEK TOT SCHOONHOVEN LEK,HAGESTEIN-SCHOONHOVEN |
| Mook en Middelaar | MAAS VAN SAMBEEK TOT GRAVE |
| Nederweert | ZUID-WILLEMSVAART DERTIENDE PAND INCLUSIEF WEERT |
| Nijmegen | WAAL: MILLINGEN - MAAS-WAALKANAAL |
| Noord-Beveland | VEERSEMEER |
| Olst-Wijhe | IJSSEL VAN WIJHE TOT ZWOLLE |
| Oosterhout | WILHELMINAKANAAL 2 MARK |
| Oud-Beijerland | SPUI |
| Papendrecht | NIEUWE MERWEDE NLRWS1c |
| Peel en Maas | WESSEM-HEUMEN DE BRAND VOORTSE AANWAS |
| Renkum | NEDERRIJN DRIEL-RHENEN NEDERRIJN VAN WESTERVOORT TOT DRIEL |
| Rheden | GEBIEDEN LOZEND OP DE IJSSEL VAN VELP TOT DIEREN RNOO_1956 |
| Rhenen | NEDERRIJN VAN RHENEN TOT STUW BIJ AMERONGEN |
| Rijnwaarden | RIJN TUSSEN LOBITH EN MILLINGEN |
| Roermond | WESSEM-HEUMEN |
| Rotterdam | NIEUWE MAAS, OUDE MAAS (BENEDENSTROOMS HARTELKANAAL) NL94_8b |
| Schiedam | NIEUWE MAAS, OUDE MAAS (BENEDENSTROOMS HARTELKANAAL) NL94_8b |
| 's-Gravenhage | HAVEN SCHEVENINGEN |
| Sittard-Geleen | MAAS TUSSEN STUW LINNE EN STUW ROERMOND (DE WEERD) |
| Sliedrecht | NIEUWE MERWEDE NLRWS1c |
| Stein | MAAS TUSSEN STUW LINNE EN STUW ROERMOND (DE WEERD) JULIANAKANAAL |
| Terneuzen | WESTERSCHELDE |
| Terschelling | WADDENZEE,WANTIJ VLIELAND-TERSCH. |
| Tilburg | WILHELMINAKANAAL VAN SLUIS HAGHORST-LIESHOUT (5E PAND) 2959 |
| Urk | IJSSELMEER (RWS-DEEL) |
| Utrecht | AMSTERDAM RIJNKANAAL |

| Gemeente | GAF-90 naam van Rijkswater(en) waarop wordt geloosd |
|---------------------|--|
| Utrechtse Heuvelrug | NEDERRIJN VAN RHENEN TOT STUW BIJ AMERONGEN NEDERRIJN STUW AMERONG.-A.RIJNKAN |
| Veghel | ZUID-WILLEMSVAART DERDE, VIERDE EN VIJFDE PAND (KANAAL) |
| Velsen | NOORDZEEKANAAL IJ IJMUIDEN HAVEN |
| Venlo | WESSEM-HEUMEN |
| Venray | TIENDSCHUURLOSSING BIJ BLITTERSWIJCK WESSEM-HEUMEN |
| Vlaardingen | NIEUWE MAAS, OUDE MAAS (BENEDENSTROOMS HARTELKANAAL) NL94_8b NIEUWE WATERWEG, HARTEL-, CALAND-, BEERKANAAL NL94_103 |
| Vlieland | WADDENZEE,WANTIJ VLIELAND-TERSCH. |
| Wageningen | NEDERRIJN DRIEL-RHENEN |
| Waterland | GOUWZEE |
| Zaanstad | NOORDZEEKANAAL IJ |
| Zwartewaterland | ZWARTE WATER: VAN DE MOND VAN DE VECHT TOT ZWARTSLUIS ZWARTE WATER VAN ZWARTSLUIS TOT HET ZWOLSCHE DIEP |
| Zwolle | HET ZWARTE WATER VAN IJSSEL TOT DE VECHT BIJ ZWOLLE |

Bijlage 3: Verwijderingsrendementen en resuspensiefactoren

Tabel B3.1 Verwijderingsrendementen IBA's kolken, rioolreiniging, bergbezinkbassins en resuspensiefactor gemengde overstorten

| Verwijderingsrendementen | log K _{ow} | log K _b | benadering log K _b | referentie | Verwijdering door IBA 1,2,3 gemiddeld | Verwijdering door reiniging van kolken | Verwijdering door reiniging van riolen en gemalen | Verwijdering in bergbezinkbassins | Vermeerdering door resuspensie tijdens overstortgebeurtenissen |
|--------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|------------|---------------------------------------|--|---|-----------------------------------|--|
| Zwevend stof | | | | | | 30% | 7% | 45% | 300% |
| 1,1,1-Trichloorethaan | 2,44 | 0,00 | 2,23 | 1 | 26% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 1,1,2-Trichloorethaan | 2,09 | 0,00 | 1,88 | 1 | 18% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 1,1-Dichloorethaan | 2,02 | 0,00 | 1,81 | 1 | 25% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 1,2-Dichloorbenzeen | 3,24 | 0,00 | 3,03 | 1 | 22% | 0% | 0% | 0% | 3% |
| 1,2-Dichloorethaan | 1,69 | 0,00 | 1,48 | 1 | 20% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 1,2-Dichlooretheen | 1,78 | 0,00 | 1,57 | 1 | 25% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 1,3-Dichloorbenzeen | 3,40 | 0,00 | 3,32 | 1 | 25% | 0% | 0% | 1% | 5% |
| 2,3,4,5-Tetrachloorfenol | 4,40 | 0,00 | 4,00 | 1 | 10% | 2% | 1% | 3% | 22% |
| 2,3,4,6-Tetrachloorfenol | 4,40 | 0,00 | 4,24 | 1 | 13% | 4% | 1% | 5% | 36% |
| 2,3,6-Trichloorfenol | 3,70 | 0,00 | 3,56 | 1 | 6% | 1% | 0% | 1% | 8% |
| 2,4,5-Trichloorfenol | 3,70 | 0,00 | 3,51 | 1 | 6% | 1% | 0% | 1% | 8% |
| 2,4-Dichloorfenoxy | 3,64 | 0,00 | 3,43 | 2 | 7% | 1% | 0% | 1% | 6% |
| Acenaftheen | 3,99 | 0,00 | 3,78 | 1 | 26% | 1% | 0% | 2% | 14% |
| Acenafthyleen | 3,59 | 0,00 | 3,38 | 1 | 25% | 1% | 0% | 1% | 6% |
| Aluminiumverb. (als Al) | 0,00 | 4,80 | 4,80 | 2 | 42% | 10% | 2% | 15% | 100% |
| Anthraceen | 4,46 | 0,00 | 4,25 | 1 | 30% | 4% | 1% | 6% | 37% |
| Antimoonverb. (als Sb) | 0,00 | 4,80 | 4,80 | 2 | 43% | 10% | 2% | 15% | 100% |
| Arseenverb. (als As) | 0,00 | 4,00 | 4,00 | 2 | 19% | 2% | 1% | 3% | 22% |
| Azithromycine | 4,02 | 0,00 | 3,81 | 3 | 12% | 1% | 0% | 2% | 15% |
| Bariumverb. (als Ba) | 0,00 | 4,00 | 4,00 | 2 | 27% | 2% | 1% | 3% | 22% |
| Benzeen | 2,13 | 0,00 | 1,92 | 4 | 28% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Benzo(a)Anthraceen | 2,12 | 0,00 | 1,91 | 1 | 25% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Benzo(a)Pyreen | 5,79 | 0,00 | 5,58 | 1 | 65% | 23% | 5% | 34% | 225% |
| Benzo(b)Fluorantheen | 5,97 | 0,00 | 5,76 | 1 | 70% | 25% | 6% | 37% | 246% |
| Benzo(ghi)Peryleen | 6,73 | 0,00 | 6,52 | 1 | 82% | 29% | 7% | 43% | 289% |
| Benzo(k)Fluorantheen | 6,73 | 0,00 | 6,52 | 1 | 82% | 29% | 7% | 43% | 289% |
| Berillium | 0,00 | 4,10 | 4,10 | 1 | 33% | 3% | 1% | 4% | 27% |
| Bezafibraat | 6,02 | 0,00 | 5,81 | 1 | 71% | 25% | 6% | 38% | 251% |
| Bisfenol A | 2,20 | 0,00 | 1,99 | 3 | 24% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Boriumverb. (als B) | 0,00 | 3,00 | 3,00 | 4 | 1% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| BTEX | 2,60 | 0,00 | 2,39 | 15 | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% |

| Verwijderingsrendementen | log K _{ow} | log K _D | benadering log K _D | referentie | Verwijdering door IBA 1,2,3 gemiddeld | Verwijdering door reiniging van kolken | Verwijdering door reiniging van riolen en gemalen | Verwijdering in bergbezinkbassins | Vermeerdering door resuspensie tijdens overstortgebeurtenissen |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|------------|--|---|---|--------------------------------------|--|
| Cadmiumverb. (als Cd) | 0,00 | 5,00 | 5,00 | 2 | 41% | 7% | 1% | 20% | 133% |
| Carbamazepine | 2,30 | 0,00 | 2,09 | 3 | 8% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Carbendazim | 1,48 | 0,00 | 1,27 | 5 | 13% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Chemisch Zuurstof Verbruik | nb | nb | nb | | | | | | |
| Chloorbenzenen | 0,00 | 2,64 | 2,64 | 4 | 24% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Chloorfenolen | 0,00 | 4,20 | 4,20 | 4 | 13% | 3% | 1% | 5% | 34% |
| Chloorparaffines (C1-C3) | 0,00 | 6,00 | 6,00 | 4 | 75% | 27% | 6% | 40% | 266% |
| Chloorprofam | 3,51 | 0,00 | 3,30 | 5 | 4% | 0% | 0% | 1% | 5% |
| Chloorthalonil | 3,05 | 0,00 | 2,84 | 3 | 1% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Chloriden | 0,00 | 0,00 | -0,21 | 6 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Chloriden anorganisch (als HCl) | 0,00 | 0,00 | -0,21 | 6 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Chroomverb. (als Cr) | 0,00 | 5,10 | 5,10 | 2 | 50% | 15% | 4% | 23% | 260% |
| Chroom-VI-verb. (als Cr) | 0,00 | 5,10 | 5,10 | 2 | 43% | 15% | 4% | 23% | 150% |
| Chryseen | 5,78 | 0,00 | 5,57 | 1 | 63% | 22% | 5% | 34% | 224% |
| Claritromycine | 3,20 | 0,00 | 2,99 | 7 | 16% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Clozapine | 3,23 | 0,00 | 3,02 | 3 | 19% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Cyaniden | 0,00 | 0,66 | 0,66 | 8 | 20% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| DDT | 5,00 | 0,00 | 4,79 | | 64% | 10% | 2% | 15% | 99% |
| DEET (Diethyl-m-Toluamide) | 2,02 | 0,00 | 1,81 | 3 | 22% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Di(2-Ethylhexyl)Ftalaat | 2,50 | 0,00 | 2,29 | 4 | 27% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| dibenzo(ah)anthraceen | 6,75 | 0,00 | 6,54 | 3 | 82% | 29% | 7% | 43% | 289% |
| Dibutylftalaat | 4,55 | 0,00 | 4,34 | 4 | 29% | 4% | 1% | 7% | 44% |
| Dichlobenil | 2,74 | 0,00 | 2,53 | 3 | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Dichloormethaan | 1,42 | 0,00 | 1,21 | 1 | 24% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Dichlorvos | 1,90 | 0,00 | 1,69 | 3 | 13% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Diclofenac | 1,90 | 0,00 | 1,69 | 3 | 11% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Diethylftalaat | 2,47 | 0,00 | 2,26 | 1 | 27% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Diisobutylftalaat | 4,46 | 0,00 | 4,25 | 1 | 20% | 4% | 1% | 6% | 37% |
| Dimethylftalaat | 1,45 | 0,00 | 1,24 | 1 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Dioxinen (PCDD/PCDF, I-TEQ) | 0,00 | 5,50 | 5,50 | 9 | 63% | 21% | 5% | 32% | 215% |
| Dipyridamol | 2,70 | 0,00 | 2,49 | 9 | 28% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Drins (Aldrin, Dieldrin) | 6,50 | 0,00 | 6,29 | 7 | 80% | 28% | 7% | 42% | 282% |
| Endosulfan | 3,62 | 0,00 | 3,41 | 3 | 4% | 1% | 0% | 1% | 6% |
| Ethylbenzeen | 3,23 | 0,00 | 3,02 | 1 | 26% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Extraheerbaar org. Chloor | 3,23 | 0,00 | 3,02 | 1 | 1% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Fenanthreen | 4,40 | 0,00 | 4,19 | 1 | 24% | 3% | 1% | 5% | 33% |
| Fenol en Fenolaten | 1,60 | 0,00 | 1,39 | 1 | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% |

| Verwijderingsrendementen | log K _{ow} | log K _D | benadering log K _D | referentie | Verwijdering door IBA 1,2,3 gemiddeld | Verwijdering door reiniging van kolken | Verwijdering door reiniging van riolen en gemalen | Verwijdering in bergbezinkbassins | Vermeerdering door resuspensie tijdens overstortgebeurtenissen |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|------------|--|---|---|--------------------------------------|--|
| Fenolen (als totaal C) | 1,60 | 0,00 | 1,39 | 1 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Fentinacetaat | 3,43 | 0,00 | 3,22 | 5 | 2% | 0% | 0% | 1% | 4% |
| Fluorantheen | 4,97 | 0,00 | 4,76 | 1 | 41% | 9% | 2% | 14% | 94% |
| Fluoreen | 4,18 | 0,00 | 3,97 | 4 | 27% | 2% | 0% | 3% | 21% |
| Fluoriden anorganisch (als HF) | 4,18 | 0,00 | 3,97 | 4 | 6% | 2% | 0% | 3% | 21% |
| Fluorverb., anorg.(als F) | 0,00 | 0,00 | -0,21 | 6 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Formaldehyde | 0,35 | 0,00 | 0,14 | 4 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Ftalaten | 8,39 | 0,00 | 8,18 | 4 | 85% | 30% | 7% | 45% | 300% |
| Gabapentine | -1,10 | 0,00 | -1,31 | 3 | 10% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Gebromeerde Difenylethers, PBDE | 0,00 | 6,70 | 6,70 | 9 | 83% | 29% | 7% | 44% | 293% |
| Gemfibrozil | 4,77 | 0,00 | 4,56 | 3 | 31% | 7% | 2% | 10% | 67% |
| Glyfosaat | -3,40 | 0,00 | -3,61 | 5 | 16% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Hexabromocyclododecaan | 7,70 | 0,00 | 7,49 | 4 | 85% | 30% | 7% | 45% | 299% |
| Hexachloorbenzeen | 5,80 | 0,00 | 5,59 | 4 | 64% | 23% | 5% | 34% | 227% |
| Hexachloorbutadieen | 4,70 | 0,00 | 4,49 | 4 | 17% | 6% | 1% | 9% | 59% |
| Hexachloorcyclohexaan | 4,70 | 0,00 | 4,49 | 4 | 20% | 6% | 1% | 9% | 59% |
| Hexachloorcyclohexaan, gamma- | 3,62 | 0,00 | 3,41 | 1 | 16% | 1% | 0% | 1% | 6% |
| Hexachloorcyclohexaan,Alfa- | 3,70 | 0,00 | 3,49 | 1 | 11% | 1% | 0% | 1% | 7% |
| Hexachloorcyclohexaan,Beta- | 3,61 | 0,00 | 3,40 | 1 | 11% | 1% | 0% | 1% | 6% |
| Hydrochloorthiazide | -0,10 | 0,00 | -0,31 | 7 | 24% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Ibuprofen | 3,97 | 0,00 | 3,76 | 3 | 30% | 1% | 0% | 2% | 13% |
| IJzerverb. (als Fe) | 3,97 | 0,00 | 3,76 | 3 | 4% | 1% | 0% | 2% | 13% |
| Imidacloprid | 0,57 | 0,00 | 0,36 | 3 | 13% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Indeno (1,2,3-c,d)Pyreen | 6,73 | 0,00 | 6,52 | 1 | 82% | 29% | 7% | 43% | 289% |
| Irbesartan | 5,31 | 0,00 | 5,10 | 3 | 43% | 15% | 4% | 23% | 150% |
| Isopropylbenzeen | 3,66 | 0,00 | 3,45 | 3 | 27% | 1% | 0% | 1% | 7% |
| Isoproturon | 2,50 | 0,00 | 2,29 | 3 | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Kobaltverb. (als Co) | 0,00 | 4,70 | 4,70 | 2 | 34% | 9% | 2% | 13% | 85% |
| Koperverb. (als Cu) | 0,00 | 4,70 | 4,70 | 2 | 41% | 6% | 1% | 13% | 160% |
| Kwikverb. (als Hg) | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | 53% | 4% | 9% | 28% | 245% |
| KWS alif.gehalogeneerd | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| KWS alif.gehalogeneerd | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| KWS alif.niet gehalogen. | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| KWS alif.niet gehalogen. | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| KWS arom.gehalogeneerd | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |

| Verwijderingsrendementen | log K _{ow} | log K _D | benadering log K _D | referentie | Verwijdering door IBA 1,2,3 gemiddeld | Verwijdering door reiniging van kolken | Verwijdering door reiniging van riolen en gemalen | Verwijdering in bergbezinkbassins | Vermeerdering door resuspensie tijdens overstortgebeurtenissen |
|--------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|------------|--|---|---|--------------------------------------|--|
| KWS arom.gehalogeneerd | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| KWS arom.niet gehalogeneerd | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| KWS arom.niet gehalogeneerd | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| KWS niet-gehalogeneerd | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| KWS niet-gehalogeneerd | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| KWS2000, Totaal | 0,00 | 5,30 | 5,30 | 2 | | 18% | 4% | 28% | 184% |
| Levetiracetam | -0,49 | 0,00 | -0,70 | 5 | 23% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Lidocaine | 2,26 | 0,00 | 2,05 | 3 | 11% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Loodverb. (als Pb) | 0,00 | 5,70 | 5,70 | 2 | 66% | 30% | 1% | 36% | 170% |
| Magnesium | 2,26 | 0,00 | 2,05 | 3 | 12% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Mangaanverb. (als Mn) | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 10 | 12% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| MCPA | 3,25 | 0,00 | 3,04 | 3 | 11% | 0% | 0% | 0% | 3% |
| MCPP | 3,13 | 0,00 | 2,92 | 3 | 17% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Mecoprop | 3,13 | 0,00 | 2,92 | 3 | 45% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Metformine | -1,43 | 0,00 | -1,64 | 3 | 27% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Methyl-T-butylether | -1,43 | 0,00 | -1,64 | 3 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Metoprolol | 1,88 | 0,00 | 1,67 | 3 | 9% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Minerale olien | 0,00 | 6,00 | 6,00 | 9 | 73% | 27% | 6% | 40% | 266% |
| Molybdeenverb. (als Mo) | 0,00 | 2,94 | 2,94 | 4 | 21% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| N - Totaal | 0,00 | 0,00 | -0,21 | 6 | 30% | 10% | 0% | 5% | 30% |
| Naftaleen | 3,30 | 0,00 | 3,09 | 1 | 23% | 0% | 0% | 0% | 3% |
| Naproxen | 3,30 | 0,00 | 3,09 | 11 | 26% | 0% | 0% | 0% | 3% |
| Natriumverb. (als Na) | 3,30 | 0,00 | 3,09 | 11 | 1% | 0% | 0% | 0% | 3% |
| Nikkelverb. (als Ni) | 0,00 | 4,30 | 4,30 | 2 | 23% | 12% | 1% | 6% | 130% |
| NMVOS | 0,00 | 4,30 | 4,30 | 2 | 12% | 4% | 1% | 6% | 41% |
| Nonylfenol | 0,00 | 4,30 | 4,30 | 2 | 24% | 4% | 1% | 6% | 41% |
| Nonylfenol/Ethoxylaten(Np/Npe) | 5,71 | 0,00 | 5,50 | 3 | 59% | 21% | 5% | 32% | 215% |
| Organotinverbindingen | 0,00 | 3,38 | 3,38 | 2 | 2% | 1% | 0% | 1% | 6% |
| Organotinverbindingen (als Sn) | 0,00 | 3,38 | 3,38 | 2 | 1% | 1% | 0% | 1% | 6% |
| Oxazepam | 2,24 | 0,00 | 2,03 | 3 | 14% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| P - Totaal | 0,00 | 4,78 | 4,78 | 12 | 38% | 23% | 0% | 32% | 150% |
| PAK (16 van EPA) | 5,20 | 0,00 | 4,99 | 15 | 37% | 3% | 1% | 18% | 131% |
| PAK (4 van PRTR) | 6,90 | 0,00 | 6,69 | 15 | 83% | 29% | 7% | 44% | 292% |
| PAK (6 van Borneff) | 6,50 | 0,00 | 6,29 | 15 | 71% | 28% | 7% | 42% | 282% |
| PCB's | 0,00 | 6,50 | 6,50 | 9 | 76% | 29% | 7% | 43% | 289% |
| PCB's en PCT's | 6,50 | 0,00 | 6,29 | 4 | 75% | 28% | 7% | 42% | 282% |
| Pentachloorfenol | 5,12 | 0,00 | 4,91 | 5 | 35% | 12% | 3% | 18% | 118% |

| Verwijderingsrendementen | log K _{ow} | log K _D | benadering log K _D | referentie | Verwijdering door IBA 1,2,3 gemiddeld | Verwijdering door reiniging van kolken | Verwijdering door reiniging van riolen en gemalen | Verwijdering in bergbezinkbassins | Vermeerdering door resuspensie tijdens overstortgebeurtenissen |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|------------|--|---|---|--------------------------------------|--|
| Pyreen | 4,88 | 0,00 | 4,67 | 3 | 39% | 8% | 2% | 12% | 81% |
| Seleenverb. (als Se) | 0,00 | 3,80 | 3,80 | 2 | 26% | 1% | 0% | 2% | 14% |
| Siliciumverb. (als Si) | nb | nb | nb | | | | | | |
| Simazine | 2,30 | 0,00 | 2,09 | 3 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Sotalol | 1,10 | 0,00 | 0,89 | 3 | 10% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Strontiumverb (als Sr) | nb | nb | nb | | | | | | |
| Styreen | 2,95 | 0,00 | 2,74 | 3 | 23% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Sulfamethoxazol | 0,89 | 0,00 | 0,68 | 3 | 19% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Sulfaten (als SO ₄) | nb | nb | nb | | | | | | |
| Tetrachlooretheen | 3,18 | 0,00 | 2,97 | 1 | 26% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Tetrachloormethaan | 2,83 | 0,00 | 2,62 | 1 | 26% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Tinverb. (als Sn) | 0,00 | 4,90 | 4,90 | 2 | 46% | 12% | 3% | 17% | 116% |
| Titaanverb. (als Ti) | 0,00 | 3,00 | 3,00 | 4 | 1% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Tolueen | 2,73 | 0,00 | 2,52 | 5 | 28% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Totaal organisch koolstof | 2,44 | 0,00 | 2,23 | 1 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Trichloorbenzenen | 2,44 | 0,00 | 2,23 | 1 | 24% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Trichlooretheen | 2,62 | 0,00 | 2,41 | 1 | 26% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Trichloormethaan | 2,10 | 0,00 | 1,89 | 1 | 24% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Trimethoprim | 0,91 | 0,00 | 0,70 | 5 | 15% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Vanadiumverb. (als V) | 0,00 | 3,00 | 3,00 | 2 | 25% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Vinylchloride | 1,24 | 0,00 | 1,03 | 13 | 26% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| VOS | 1,24 | 0,00 | 1,03 | 13 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Wolframverb. (als W) | nb | nb | nb | | | | | | |
| Xylenen (Totaal) | 3,10 | 0,00 | 2,89 | 1 | 26% | 0% | 0% | 0% | 2% |
| Zilververb. (als Ag) | 0,00 | 5,20 | 5,20 | 2 | 47% | 17% | 4% | 25% | 167% |
| Zinkverb. (als Zn) | 0,00 | 5,10 | 5,10 | 2 | 48% | 13% | 1% | 10% | 130% |
| Zirkoonverb. (als Zr) | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 2 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Zwavel | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 2 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

Bijlage 4: Stofafhankelijke regionalisatie van emissie van hemelwateruitlaten

Tabel B4.1 Stofgroepen m.b.t. de regionalisatie van de emissie van hemelwateruitlaten

| Stofgroep foutaansluitingen | | Stofgroep grondwater/ rioolvremd water | | Stofgroep hemelwater | |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Code | Stof | Code | Stof | Code | Stof |
| 610 | 1,1,1-Trichloorethaan | 101 | Aluminiumverb. (als Al) | 656 | 2,4-Dichloorfenoxiazijnzuur |
| 611 | 1,2-Dichloorethaan | 103 | Arseenverb. (als As) | 942 | Acenaftheen |
| 690 | 1,2-Dichlooretheen | 403 | Chloriden | 943 | Acenafthyleen |
| 674 | 1,4-Dichloorbenzeen | 410 | Sulfaten (als SO4) | 535 | Anthraceen |
| 948 | Azithromycine | | | 102 | Antimoonverb. (als Sb) |
| 922 | Bezafibraat | | | 122 | Bariumverb. (als Ba) |
| 937 | Bisfenol A | | | 515 | Benzeen |
| 643 | Carbendazim | | | 538 | Benzo(a)Anthraceen |
| 546 | Chemisch Zuurstof verbruik | | | 539 | Benzo(a)Pyreen |
| 601 | Chloorbenzenen | | | 540 | Benzo(b)Fluorantheen |
| 645 | Chloorparaffines (C1- C3) | | | 542 | Benzo(ghi)Peryleen |
| 412 | Chloriden anorganisch (als HCl) | | | 541 | Benzo(k)Fluorantheen |
| 106 | Chroom-VI-verb. (als Cr) | | | 414 | Boriumverb. (als B) |
| 404 | Cyaniden | | | 507 | BTEX |
| 940 | DEET (Diethyl-m- Toluamide) | | | 104 | Cadmiumverb. (als Cd) |
| 594 | Di(2- Ethylhexyl)Ftalaat | | | 920 | Carbamazepine |
| 532 | Dibutylftalaat | | | 625 | Chloorfenolen |
| 613 | Dichloormethaan | | | 105 | Chroomverb. (als Cr) |
| 921 | Diclofenac | | | 537 | Chryseen |
| 614 | Dioxinen (PCDD/PCDF, I- TEQ) | | | 944 | dibenzo(ah)anthraceen |
| 512 | Ethylbenzeen | | | 736 | Dichlobenil |
| 694 | Extraheerbaar org. Chloor | | | 663 | Drins (Aldrin, Dieldrin) |
| 518 | Fenol en Fenolaten | | | 664 | Endosulfan |
| 508 | Fenolen (als totaal C) | | | 534 | Fenanthreen |
| 413 | Fluoriden anorganisch (als HF) | | | 536 | Fluorantheen |
| 405 | Fluorverb., anorg.(als F) | | | 945 | fluoreen |
| 519 | Formaldehyde | | | 698 | Gebromeerde Difenylethers, PBDE |
| 520 | Ftalaten | | | 726 | Glyfosaat |

| Stofgroep futaansluitingen | | Stofgroep grondwater/ rioolvremd water | | Stofgroep hemelwater | |
|----------------------------|------------------------------------|---|------|----------------------|------------------------------------|
| Code | Stof | Code | Stof | Code | Stof |
| 949 | Gabapentine | | | 676 | Hexachloorbenzeen |
| 615 | Halogeenverb.org. | | | 616 | Hexachloorcyclohexaan |
| 941 | Hexabromocyclohexaan | | | 543 | Indeno (1,2,3-c,d)Pyreen |
| 692 | Hexachloorbutadieen | | | 108 | Kobaltverb. (als Co) |
| 938 | Ibuprofen | | | 109 | Koperverb. (als Cu) |
| 107 | IJzerverb. (als Fe) | | | 110 | Kwikverb. (als Hg) |
| 531 | Isopropylbenzeen | | | 111 | Loodverb. (als Pb) |
| 626 | KWS alif.gehalogeneerd | | | 112 | Mangaanverb. (als Mn) |
| 504 | KWS alif.niet gehalogen. | | | 568 | MCPA |
| 627 | KWS arom.gehalogeneerd | | | 547 | Methyl-T-butylether |
| 505 | KWS arom.niet gehalogeneerd | | | 530 | Minerale olien |
| 503 | KWS niet- gehalogeneerd | | | 113 | Molybdeenverb. (als Mo) |
| 502 | KWS2000, Totaal | | | 545 | Naftaleen |
| 950 | Levetiracetam | | | 114 | Nikkelverb. (als Ni) |
| 689 | Mecoprop | | | 550 | Nonylfenol/Ethoxylaten(Np/ Npe) |
| 939 | Metformine | | | 522 | PAK (10 van VROM) |
| 932 | Metoprolol | | | 947 | PAK (16 van EPA) |
| 303 | N - Totaal | | | 598 | PAK (4 van PRTR) |
| 933 | Naproxen | | | 527 | PAK (6 van Borneff) |
| 130 | Natriumverb. (als Na) | | | 681 | PCB's |
| 506 | NMVOS | | | 618 | PCB's en PCT's |
| 544 | Organotinverbindinge n | | | 679 | Pentachloorfenol |
| 554 | Organotinverbindinge n (als Sn) | | | 946 | pyreen |
| 951 | Oxazepam | | | 115 | Seleenverb. (als Se) |
| 302 | P - Totaal | | | 133 | Siliciumverb. (als Si) |
| 934 | Sotalol | | | 134 | Strontiumverb (als Sr) |
| 525 | Styreen | | | 619 | Tetrachlooretheen |
| 935 | Sulfamethoxazol | | | 116 | Tinverb. (als Sn) |
| 620 | Tetrachloormethaan | | | 117 | Titaanverb. (als Ti) |
| 526 | Tolueen | | | 621 | Trichlooretheen |
| 549 | Totaal organisch koolstof | | | 118 | Vanadiumverb. (als V) |
| 675 | Trichloorbenzenen | | | 501 | VOS |
| 622 | Trichloormethaan | | | 138 | Wolframverb. (als W) |
| 936 | Trimethoprim | | | 120 | Zinkverb. (als Zn) |

| Stofgroep futaansluitingen | | Stofgroep grondwater/ rioolvreemd water | | Stofgroep hemelwater | |
|----------------------------|----------------------|--|------|----------------------|-----------------------|
| Code | Stof | Code | Stof | Code | Stof |
| 529 | Xylenen (Totaal) | | | 139 | Zirkoonverb. (als Zr) |
| 119 | Zilververb. (als Ag) | | | 140 | Zwavel |

Bijlage 5: Correctie-emissies (2014)

Tabel B5.1 Correctie-emissies [kg] als aanvulling op de emissies naar de riolering volgens de EmissieRegistratie

| STOF | Correctie-emissie [kg] | Aanvoerroute | Reden correctie |
|-----------------------|------------------------|--------------|---|
| Cadmiumverb. (als Cd) | -330 | dwa-hh | Fitten op metingen emissie rwzi |
| Cadmiumverb. (als Cd) | 20 | hwa | Fitten op metingen hemelwater |
| Chroomverb. (als Cr) | 4500 | hwa-weg | Fitten op metingen hemelwater |
| Chroomverb. (als Cr) | 10500 | dwa | Fitten op metingen emissie rwzi |
| Koperverb. (als Cu) | -58432 | hwa | Correctie vuurwerk |
| Kwikverb. (als Hg) | -40 | dwa-hh | Fitten op metingen emissie rwzi |
| Loodverb. (als Pb) | 7500 | dwa | Fitten op metingen emissie rwzi |
| N - Totaal | -1000627 | hwa | Correctie atmosferische depositie |
| N - Totaal | 6000000 | dwa | Fitten op metingen emissie rwzi |
| Nikkelverb. (als Ni) | 4500 | dwa | Fitten op metingen emissie rwzi |
| Nikkelverb. (als Ni) | 3500 | hwa | Fitten op metingen hemelwater |
| P - Totaal | -1200000 | dwa | Fitten op metingen emissie rwzi |
| P - Totaal | 273848 | hwa | Concentratie aan afstromend hemelwater toegevoegd |
| Zinkverb. (als Zn) | 140000 | dwa | Fitten op metingen emissie rwzi |
| Zinkverb. (als Zn) | -5851 | hwa | Correctie vuurwerk |