

**Emissieschattingen Diffuse bronnen
Emissieregistratie**

Afspoeling nutriënten naar riolering

Versie juni 2019

De gepresenteerde methode voor emissieberekening van de genoemde emissieoorzaken in deze factsheet is actueel, maar vanaf 2020 worden de nieuwe emissiecijfers niet meer toegevoegd. Ga voor de meest recente emissiecijfers naar de website van EmissieRegistratie (www.emissieregistratie.nl).

In opdracht van RIJKSWATERSTAAT - WV
Uitgevoerd door DELTARES en Partners4UrbanWater

Afspoeling nutriënten naar riolering

1 Omschrijving emissiebron

Het stelsel van riolen en rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) in Nederland vangt vervuilde waterstromen op en behandelt deze zodanig dat de kwaliteit geschikt is voor lozing op het oppervlaktewater. De aanvoer bestaat uit de belasting door huishoudelijk en bedrijfsmatig afvalwater, hemelwater en 'rioolvreemd' water (grond- en oppervlaktewater) dat door de riolering wordt ingezameld. Het afstromend hemelwater voert onder andere nutriënten N-totaal en P-totaal mee naar de riolering.

Voorliggende factsheet beschrijft de belasting van N-totaal en P-totaal op het op de riolering aangesloten verharde oppervlak, ofwel de invoer van N-totaal en P-totaal voor het model dat wordt gebruikt in de factsheet "Effluenten RWZI's (berekend), regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's" [1].

De emissiebronnen worden binnen de landelijke Emissieregistratie toegekend aan de doelgroep overig.

2 Toelichting berekeningswijze

De emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier het op de riolering aangesloten verhard oppervlak in km², met een emissiefactor (EF).

$$\text{Emissie} = \text{EVV} * \text{EF}$$

Waarbij:

EVV = Het op de riolering aangesloten oppervlak (ha),

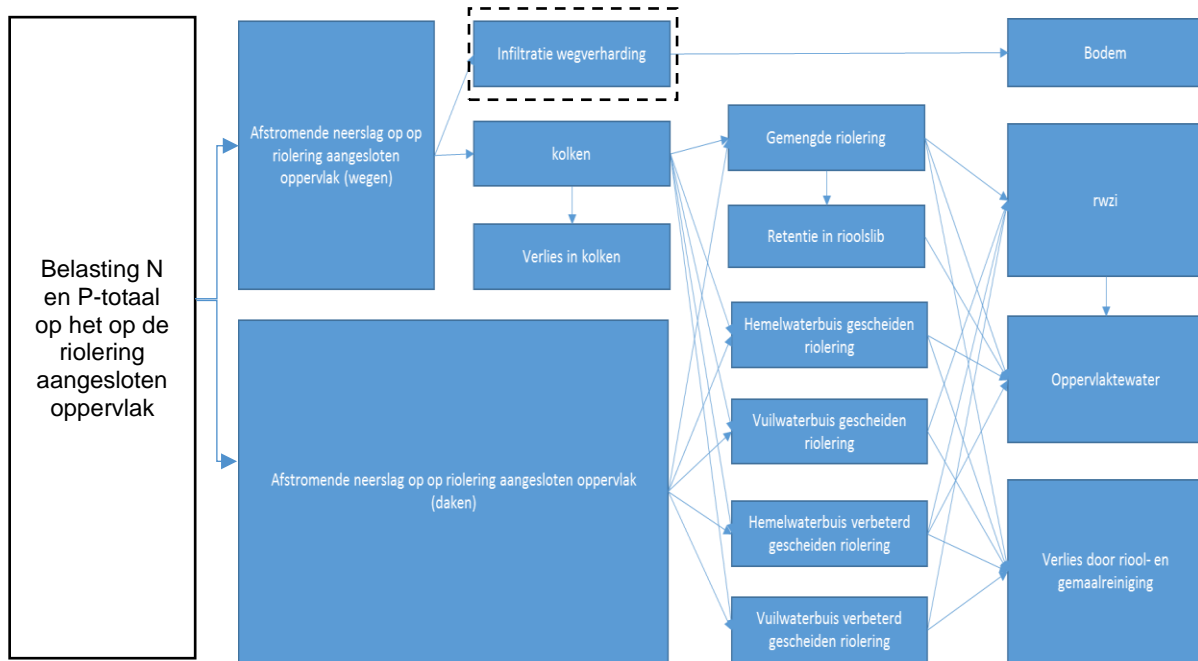
EF = Belasting van N-totaal of P-totaal op het verharde oppervlak (kg/ha/jaar).

Hoe de emissies vanuit het riool in het oppervlaktewater terecht komen, wordt uitgewerkt in de berekeningswijze van het model "Effluenten RWZI's (berekend), regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's" [5] in de EmissieRegistratie. Dit is schematisch zichtbaar gemaakt in figuur 2.

De bepaling van de belasting van N-totaal en P-totaal op het op de riolering aangesloten oppervlak is voornamelijk gebaseerd op metingen van hemelwater- en slibkwaliteit in de hemelwaterriolering. In Nederland is inmiddels vrij uitgebreid onderzoek gedaan naar de concentraties van N-totaal en P-totaal in hemelwater bij hemelwateruitlaten [3]. Deze informatiebron is op dit moment de meest concrete informatie die beschikbaar is over de belasting van het aangesloten verhard oppervlak.

De belasting die deze concentraties teweegbrengt, is teruggerekend met behulp van het model "Effluenten RWZI's (berekend), regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's". Hierbij is uitgegaan van een sluitende waterbalans. De stoffenbalans is opgesteld door de waterbalans te vermenigvuldigen met bekende concentraties. Zie voor een uitgebreidere toelichting op de berekeningswijze het bijbehorende achtergrondrapport [2].

Vanuit de totale belasting is teruggerekend naar de individuele bijdragen genoemd in de paragraaf Emissiefactoren. De onderbouwing voor de individuele emissiefactoren is meestal echter minder 'hard' dan voor de totale belasting.



Figuur 1: Geheel links: de belasting van N-totaal en P-totaal op het op de riolering aangesloten oppervlak (voorliggende factsheet). Rechts daarvan routes binnen de afvalwaterketen voor afstromend hemelwater van daken en wegen (factsheet "Effluënten RWZI's (berekend), regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's"). Merk op dat dit model ook een aandeel directe infiltratie via wegooppervlak kent (gestreept omkaderd). Dit aandeel belandt dus niet in de riolering, maar maakt wel deel uit van het model "Effluënten RWZI's (berekend), regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's".

3 Emissieverklarende variabele

De emissieverklarende variabele (EVV) is het areaal van het op de riolering aangesloten verharde oppervlak. In Nederland is ongeveer 1.566 km² (2017) verhard oppervlak aangesloten op de riolering, zie tabel 1. Hiervan is 50% dakoppervlak en 50% wegooppervlak.

De EVV wordt bepaald door het aantal huishoudens in Nederland te vermenigvuldigen met het gemiddelde totaal op riool aangesloten oppervlak per woning. Dit woningoppervlak is bepaald op 201 m² per woning [5]. Het gaat hierbij om het landelijk totaal aangesloten oppervlak: de som van het aangesloten oppervlak in stedelijke en niet-stedelijke gebieden. Dit oppervlak per woning is als een constante over de verschillende jaren genomen, op basis waarvan het totale aangesloten oppervlak is vastgesteld. De verwachting is dat het aangesloten oppervlak per woning in de toekomst (verder) zal dalen.

Tabel 1: Op de riolering aangesloten verhard oppervlak (ha)

Jaar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Aangesloten verhard oppervlak	121.800	130.000	136.700	142.500	148.500	154.100	155.200	156.600

Het areaal van op de riolering aangesloten oppervlak neemt in de loop van de tijd toe. Hierdoor neemt ook de belasting van N-totaal en P-totaal op de riolering (evenredig) toe. Door het toepassen van gescheiden riolering en lokale infiltratievoorzieningen zullen de emissies van RWZI's in de toekomst naar het lokale oppervlaktewater en grondwater verschuiven. Deze verschuiving is al opgenomen in het model "Effluënten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's".

4 Emissiefactoren

De emissiefactor (EF) is de belasting op het aangesloten verharde oppervlak van de bronnen genoemd in tabel 2 in kilogram per hectare per jaar. Diverse bronnen dragen bij aan de verhoging van de N-totaal- en P-totaal-concentratie in afstromend hemelwater tijdens afspoeling over het verharde oppervlak van daken en wegen.

De totale berekende belasting is gebaseerd op concentratiemetingen in hemelwaterrioleringsstelsels. Op basis van deze metingen is een model opgezet. Gemeten concentraties zijn hierbij vermenigvuldigd met de berekende waterbalans op basis van de hoeveelheid afvoerend oppervlak. Het model is beschreven in het achtergrondrapport [2] en in meer detail in het achtergrondrapport bij de factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's' [5].

Vanuit de in het model afgeleide totale emissiefactor is teruggerekend naar de individuele bijdragen aan deze emissiefactor. De bronnen worden nader toegelicht in het achtergrondrapport [2]. Het betreft de bronnen:

- Atmosferische depositie (hwa-beide). Dit betreft N-totaal en P-totaal in neerslag en als droge atmosferische depositie. De N-totaal depositie is beschreven in de factsheet "Atmosferische Depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat" [4]. Naast N-totaal komt ook een (relatief kleiner) aandeel P-totaal via natte en droge atmosferische depositie op het oppervlak. De natte depositie is gebaseerd op het landelijk meetnet regenwater van het RIVM. De droge depositie is afkomstig uit literatuur.
- Bladval (hwa-beide): Afstromend hemelwater bevat een deel organisch materiaal van bladeren, bloesem en ander plantaardig materiaal. Dit organisch materiaal is grotendeels gebonden aan onopgeloste bestanddelen. Op basis van metingen aan water en slib in hemelwaterstelsels is geschat hoeveel organisch materiaal wordt meegevoerd naar de riolering.
- Uitspoeling grond (hwa-weg). Afstromend hemelwater bevat een niet-organische fractie die wordt toegeschreven aan de afspoeling van zand, grond en stof van het verharde oppervlak. Het meeste zal afstromen van wegen, maar ook een deel van daken (depositie door wind).
- Urine en uitwerpselen van huisdieren (hwa-weg) In het stedelijke gebied komen urine en uitwerpselen van huisdieren op straat terecht en worden door afspoelend hemelwater meegenomen. Hier is alleen gekeken naar honden, onder de aanname dat andere huisdieren meestal binnenshuis hun behoefte doen en anders (katten) gewoonlijk op onverharde oppervlakken. Geschat wordt dat uiteindelijk 10% van de totale geproduceerde hoeveelheid N-totaal en P-totaal in feces en urine in het stedelijke gebied wordt meegenomen met afstromend hemelwater.
- Overig / onbekend (hwa-beide). De P-totaal belasting opgeteld van de individuele emissiefactoren is lager dan de belasting die blijkt uit de gemeten concentraties en afgeleide vrachten in hemelwater en slib. Er is sprake van een onbekende bijdrage van P-totaal op het op de riolering aangesloten oppervlak.

Er wordt onderscheid gemaakt in de manier waarop de bronnen door het hemelwater worden afgevoerd (hwa). Atmosferische depositie en bladval komen in het hemelwaterriool terecht via zowel dak- als wegoppervlak (hwa-beide), uitspoeling van zand en grond, urine en uitwerpselen van huisdieren alleen via het wegoppervlak (hwa-weg). De bronnen worden nader toegelicht in het achtergrondrapport [2].

Tabel 2: Emissiefactor voor N-totaal en P-totaal voor het op de riolering aangesloten verhard oppervlak (kg/ha/jaar)

Bron	N-totaal [kg/ha/jaar]	P-totaal [kg/ha/jaar]
Atmosferische depositie (hwa-beide)	11	0,47
Bladval (hwa-beide)	3,2	0,32
Uitspoeling grond (hwa-weg)	0	0,08
Urine en uitwerpselen van huisdieren (hwa-weg)	3,9	0,74
Overig / onbekend (hwa-beide)	0	0,7
<i>Totaal vanuit model</i>	<i>18</i>	<i>2,3</i>

5 Maatregelen en effecten

De totale atmosferische belasting van N-totaal is in de afgelopen decennia eerst afgenomen, en daarna gestabiliseerd, zie tabel 3. Voor de achtergrond van deze tabel zie paragraaf 5.1 van het achtergrondrapport [2], dat is gebaseerd op de gerapporteerde emissies in de factsheet "Atmosferische Depositie" [4]. Te verwachten valt dat vergelijkbaar met de totale N-totaal belasting op het aangesloten verhard oppervlak de vracht N-totaal in afstromend hemelwater eveneens (evenredig) afneemt.

Tabel 3: Ontwikkeling atmosferische depositie N-totaal per ha aangesloten verhard oppervlak (2017 = 1,00)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
N-totaal atmosferische depositie [2017 = 1,00]	2,63	2,14	1,79	1,58	1,24	1,02	1,01	1,00

De overige belastingen zijn stabiel verondersteld per ha aangesloten oppervlak.

6 Emissies

De resulterende emissies (EVV * EF) voor N-totaal en P-totaal staan weergegeven in respectievelijk tabel 4 en tabel 5.

Tabel 4: Totale belasting N-totaal op het op de riolering aangesloten verhard oppervlak [kg]

Jaar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Atmosferische depositie*	3.523.674	3.060.200	2.691.623	2.476.650	2.025.540	1.729.002	1.724.272	1.722.600
Bladval	389.760	416.000	437.440	456.000	475.200	493.120	496.640	501.120
Uitspoeling grond	0	0	0	0	0	0	0	0
Huisdieren	475.020	507.000	533.130	555.750	579.150	600.990	605.280	610.740
Totaal ER ex depositie	864.780	923.000	970.570	1.011.750	1.054.350	1.094.110	1.101.920	1.111.860

* depositie van N-totaal wordt niet aan EmissieRegistratie gerapporteerd. Het getal voor depositie komt uit factsheet "atmosferische depositie"

Tabel 5: Totale belasting P-totaal op het op de riolering aangesloten verhard oppervlak [kg]

Jaar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Atmosferische depositie	57.246	61.100	64.249	66.975	69.795	72.427	72.944	73.602
Bladval	38.976	41.600	43.744	45.600	47.520	49.312	49.664	50.112
Uitspoeling grond	9.744	10.400	10.936	11.400	11.880	12.328	12.416	12.528
Huisdieren	90.132	96.200	101.158	105.450	109.890	114.034	114.848	115.884
Overig / onbekend	85.260	91.000	95.690	99.750	103.950	107.870	108.640	109.620
Totaal ER	196.098	209.300	220.087	229.425	239.085	248.101	249.872	252.126

7 Verdeling compartimenten

De volledige berekende emissie is de invoer van het model "Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's". In dit model wordt vervolgens de verdeling over de verschillende compartimenten berekend. In het model gaat een deel van de emissie tijdens het afstromingsproces naar de bodem door infiltratie via open (weg)verharding. De rest wordt terecht in de riolering en loost via effluenten, hemelwateruitlaten of overstorten op het compartiment oppervlaktewater.

8 Emissieroutes via riool naar water

Emissies naar water vinden plaats door middel van indirecte emissies uit het rioleringssysteem via overstorten, hemelwateruitlaten en effluenten van RWZI's. In de factsheet "Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's" wordt dit verder beschreven.

9 Regionalisatie

Regionalisatie vindt plaats op basis van het verharde oppervlak dat is aangesloten op gemengde riolering en op de hemelwaterriolering, zoals weergegeven in tabel 6. Deze lokator is op gemeentelijk niveau actueel en beschikbaar door de driejaarlijkse benchmark van Stichting RIONED.

Tabel 6: overzicht van wijze van regionalisatie van emissies

Onderdeel	Lokatoren
Emissie naar riool	Aangesloten oppervlak op gemengde riolering en hemelwaterriolering

Het aangesloten oppervlak volgens Stichting RIONED ligt qua omvang lager dan het elders in de Emissieregistratie aangenomen aangesloten verharde oppervlak op basis van het CBS-bestand Bodemgebruik. Onder andere de factsheet Atmosferische depositie en de factsheet Bestrijdingsmiddelengebruik bij niet-landbouwkundige toepassingen (alias Afspoeling verhardingen) gebruiken deze grotere hoeveelheid aangesloten oppervlak. In de toekomst zal dit oppervlak worden geactualiseerd.

N.B. De beschreven regionalisatie is een regionalisatie van de belasting op het rioleringsstelsel, niet van de uiteindelijke emissie vanuit het rioleringsstelsel op de compartimenten water en bodem. De uiteindelijke emissie en de regionalisatie daarvan is beschreven in de factsheet van "Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's" [1].

10 Opmerkingen en wijzigingen ten opzichte van voorgaande jaren

De versie maart 2019 is de eerste gepubliceerde versie van deze factsheet. In vergelijking met voorgaande jaren is de N- en P-belasting door afspoelend hemelwater op het rioolmodel uitgesplitst naar achterliggende bronnen en getoetst aan metingen.

Originele factsheets:

Liefink, E. (P4UW) en N. van Duijnhoven (Deltares); Afspoeling nutriënten, juni 2019

11 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Aan elk onderdeel van de emissieberekening is een betrouwbaarheid 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 d.m.v. 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?
- Regionalisatie: geeft de EVV een goed beeld van de ruimtelijke verdeling van de bron? Hoe groot is de variatie van de emissie in de ruimte en kan deze variatie door de EVV wel goed over Nederland verdeeld worden?

Onderdeel emissieberekening	Betrouwbaarheidspercentage (%)
Emissieverklarende variabele (op riolering aangesloten oppervlak)	25%
Emissiefactor (belasting N-totaal en P-totaal per ha)	
- vanuit model	50%
- vanuit onderliggende bronnen:	
- Atmosferische depositie N-totaal (hwa-beide)	50%
- Atmosferische depositie P-totaal (hwa-beide)	100%
- Bladval (hwa-beide)	100%
- Uitspoeling grond (hwa-weg)	100%
- Huisdieren (hwa-weg)	100%
- Overig / onbekend (hwa-beide)	100%
Verdeling compartimenten	n.v.t.
Emissieroutes naar water	n.v.t.
Regionalisatie	50%

De nauwkeurigheid van de totale belasting is gebaseerd op metingen aan de water- en stoffenbalans van hemelwaterrioleringssystemen. Op basis van deze metingen is een redelijk nauwkeurig model opgezet. Dit model is beschreven in het achtergrondrapport [2] en in meer detail in het achtergrondrapport bij de factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's' [5]. De emissieverklarende variabele, het aangesloten oppervlak, heeft hierin een betrouwbaarheidspercentage van 25%. Het is van belang dit oppervlak regelmatig te actualiseren. Aan de bepaling van de emissiefactor, de totale belasting N-totaal en P-totaal via afstromend hemelwater per hectare, is een geschat betrouwbaarheidspercentage van 50% gegeven.

Vanuit de totale emissiefactor is teruggerekend naar de onderliggende bronnen aan de emissiefactor. De onderbouwing voor de onderliggende bronnen is meestal echter minder 'hard' dan voor de totale emissiefactor, waardoor de betrouwbaarheidspercentages voor de onderliggende bronnen hoger uitvallen dan voor de totale emissiefactor.

De bijdrage van de atmosferische depositie van N-totaal is redelijk nauwkeurig bepaald conform de factsheet Atmosferische depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat [4]. Het in deze factsheet genoemde onzekerheidspercentage van 200% voor de indirecte emissie via het riool is kleiner door een betere inschatting van het aangesloten oppervlak en door een kwantificering van de verliezen in het model 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's'. Aan de atmosferische depositie van N-totaal is daarom een geschat betrouwbaarheidspercentage van 50% gegeven.

De nauwkeurigheid van de individuele bijdragen van de overige bronnen aan de totale belasting is gebaseerd op kengetallen en schattingen met een lagere nauwkeurigheid, zoals beschreven in het bijbehorende achtergrondrapport [2]. Aan deze individuele emissiefactoren is daarom een indicatief betrouwbaarheidspercentage van 100% gegeven.

Een nauwkeurigheidsbepaling van de verdeling over de compartimenten is niet van toepassing, want 100% gaat naar model riolering. Dit is inherent aan de gevolgde aanpak. Hetzelfde geldt voor de betrouwbaarheid van de emissieroutes naar water, want 0% van de emissie gaat (direct) naar water. De betrouwbaarheid van de indirecte emissie naar water is beschreven in de factsheet Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's [1].

Gegeven het feit dat een meerderheid van de gemeenten behoorlijk goed het aangesloten oppervlak bijhoudt en rapporteert (betrouwbaarheidspercentage <50%), is het mogelijk om voor de resterende gemeenten een redelijke schatting te maken. Het betrouwbaarheidspercentage wordt daarom op 50% gesteld.

Kanttekeningen en verbeterpunten:

Voor wat betreft N-totaal is er een overlap met de factsheet "Atmosferische Depositie" [4]. Echter het in deze factsheet gebruikte hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak (2300 ha) wijkt af van het gebruikte oppervlak van voorliggende factsheet (1566 ha). Nader onderzoek naar de schattingen van de hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak is een verbeterpunt.

12 Reacties

Voor vragen naar aanleiding van dit werkdocument of opmerkingen kan contact worden opgenomen met Nanette van Duijnhoven, Deltares, 06-10399534, e-mail Nanette.vanDuijnhoven@deltares.nl en/of met Erik Liefing, Partners4UrbanWater, 06-18976268, e-mail Erik.Liefing@urbanwater.nl.

13 Referenties

- [1] Deltares, 2018. Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's. Factsheet Emissieschatting Diffuse bronnen Emissieregistratie, versie juni 2018.
- [2] Partners4UrbanWater, 2018. Afstroming van N en P; achtergrondrapport. Kenmerk Deltares06_R_181218
- [3] Jeroen Langeveld, Erik Liefing en Rémy Schilperoort, 2016. Regenwaterproject Almere. Volledige rapportage. STOWA 2016-05B

- [4] Deltares, 2018. Atmosferische depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat. Factsheet Emissieschatting Diffuse bronnen EmissieRegistratie, versie juni 2018.
- [5] Liefing, Erik en H. de Man, EmissieRegistratie Afvalwaterketen, Achtergrondrapport bij de in 2017 geactualiseerde factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's', Deltares02_R_170615