

Stichting RIONED

# Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies?

*Vergelijkende analyse van vervuilingbronnen en maatregelen aan het afvalwatersysteem, beoordeeld op hun effect op de kwaliteit van diverse oppervlaktewateren*

© januari 2009

**Stichting RIONED, Ede**

Stichting RIONED is zich volledig bewust van haar taak een zo betrouwbaar mogelijke uitgave te verzorgen. Niettemin kunnen Stichting RIONED en de auteurs geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventueel in deze uitgave voorkomende onjuistheden.

*Auteurs:* Hans Aalderink (ARCADIS), Jeroen Langeveld (Haskoning), Erik Liefing (Haskoning) en Anne de Weme (ARCADIS)

*Tekstadvies:* LijnTekst, Utrecht

*Omslag foto:* bvbeeld

*Vormgeving:* Grafisch Atelier Wageningen

*Druk:* Modern, Bennekom

ISBN: 97 890 73645 257

# Voorwoord

In de emissiereductie van afvalwatersystemen is de afgelopen decennia veel bereikt; in het kader van de basisinspanning, als resultaat van een optimalisatiestudie of ter implementatie van een stedelijk waterplan. Voor een effectieve verdere verbetering van de waterkwaliteit is een goede analyse van bronnen en effecten steeds noodzakelijker. Deze publicatie geeft een aanzet tot een dergelijke analyse.

Uit de voorliggende onderzoeksresultaten blijkt dat sommige vervuilingsbronnen zoals eendjes voeren en bladval vaak een grotere invloed hebben dan de vuiluitworp vanuit de overstorten. Daarom is een op de lokale situatie toegesneden mix van maatregelen nodig. Deze mix van maatregelen volgt uit een stapsgewijze onderzoeksmethodiek. Allereerst is het van belang vast te stellen welke waterkwaliteit gewenst is. Een bronnenanalyse brengt alle relatieve bijdragen aan de oppervlaktewaterbelasting met de probleemveroorzakende stoffen in beeld. De effecten van de belasting op het oppervlaktewater en van de doorspoeling met het geloosde water bieden tenslotte inzicht in de te verwachten waterkwaliteit; zowel zonder als met eventuele maatregelen. Duidelijk is dat daarbij de waterbalans als drager van de emissies alle aandacht verdient: een gelijke emissievracht uit een gescheiden of uit een gemengd stelsel heeft een heel ander effect op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

| 3

Voorliggende publicatie identificeert volgens de beschreven stappen de relevante emissies voor vijf typen oppervlaktewater. Met een gevoeligheidsanalyse is bepaald of de onzekerheid in de concentratie van de emissies van doorslaggevend belang is voor de te verwachten oppervlaktewaterkwaliteit. STOWA en Stichting RIONED zullen in vervolgonderzoek de bandbreedte in de relevante rekenconcentraties versmallen zodat u nog beter kunt vaststellen wat de oorzaak van waterkwaliteitsproblemen is. Een analyse van de lokale situatie is en blijft echter de beste weg naar het kiezen van effectieve maatregelen. Wij hopen dat dit rapport u hiertoe stimuleert.

**Jacques Leenen**  
Directeur STOWA

**Hugo Gastkemper**  
Directeur Stichting RIONED

**Januari 2009**

# Inhoud

|   |    |
|---|----|
| <b>Samenvatting</b>   | 9  |
| <b>1 Inleiding</b>  | 12 |
| 1.1 Aanleiding  | 12 |
| 1.2 Onderzoeksdoel en -aanpak   | 12 |
| 1.3 Opstellers en begeleidingscommissie   | 14 |
| 1.4 Leeswijzer  | 14 |
| <b>2 Beschrijving karakteristieke watersystemen</b>                                   | 15 |
| 2.1 Inleiding   | 15 |
| 2.2 Stadsvijver   | 15 |
| 2.2.1 Kenmerken   | 15 |
| 2.2.2 Onderzoeksvraag 1:<br>welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?            | 16 |
| 2.3 Stadssingel   | 17 |
| 2.3.1 Kenmerken   | 17 |
| 2.3.2 Onderzoeksvraag 1:<br>welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?            | 18 |
| 2.4 Lokaal boezemsysteem  | 19 |
| 2.4.1 Kenmerken   | 20 |
| 2.4.2 Onderzoeksvraag 1:<br>welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?            | 20 |
| 2.5 Regionaal stroomgebied: rivierstelsel   | 21 |
| 2.5.1 Kenmerken   | 21 |
| 2.5.2 Onderzoeksvraag 1:<br>welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?            | 22 |
| 2.6 Landelijke schaal   | 22 |
| <b>3 Uitgangspunten berekeningen</b>  | 23 |
| 3.1 Onderscheid emissies, belasting en waterkwaliteitseffecten                        | 23 |
| 3.2 Uitgangspunten berekening belasting vanuit het afvalwatersysteem                  | 24 |
| 3.3 Stofconcentraties in stromen vanuit het afvalwatersysteem                         | 25 |
| 3.4 Uitgangspunten andere bronnen op de kleine schaal<br>(stadsvijver en stadssingel) | 26 |
| 3.4.1 Belasting door honden   | 26 |
| 3.4.2 Belasting door eenden   | 27 |
| 3.4.3 Belasting door het voeren van eenden  | 27 |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.4.4    | Belasting door bladval  | 28        |
| 3.4.5    | Neerslag op open water  | 29        |
| 3.4.6    | Uit- en afspoeling vanuit oevers  | 29        |
| 3.4.7    | Belasting door recreatievissers   | 30        |
| 3.5      | Uitgangspunten andere bronnen op de middelgrote schaal<br>(lokale boezem en regionaal stroomgebied)   | 30        |
| 3.5.1    | Belasting vanuit landelijk gebied: Nutricalc  | 30        |
| 3.5.2    | Belasting vanuit overige bronnen: Emissieregistratie 2004   | 31        |
| 3.6      | Uitgangspunten belasting landelijke schaal  | 33        |
| 3.7      | Uitgangspunten berekening effect belasting op waterkwaliteit  | 33        |
| 3.7.1    | Zijn zware metalen in oppervlaktewater een probleem?  | 39        |
| 3.8      | Uitgangspunten verkennen effecten maatregelen   | 40        |
| 3.8.1    | Lamellenfilter  | 40        |
| 3.8.2    | Bodempassage  | 41        |
| 3.8.3    | Ombouw naar verbeterd gescheiden stelsel (VGS)  | 41        |
| 3.8.4    | Straatreinigen  | 41        |
| 3.8.5    | Afkoppelen via infiltratie  | 41        |
| 3.8.6    | Groene berging  | 41        |
| 3.8.7    | Realiseren hoge effluentkwaliteit rwzi: N = 4, P = 0,5  | 42        |
| <b>4</b> | <b>Stadsvijver: beschouwing onderzoeksvragen</b>  | <b>43</b> |
| 4.1      | Inleiding   | 43        |
| 4.2      | Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage vanuit<br>het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?  | 43        |
| 4.2.1    | Fosfaathuishouding  | 43        |
| 4.2.2    | Stikstofhuishouding   | 46        |
| 4.2.3    | Zuurstofhuishouding   | 47        |
| 4.2.4    | Zware metalen   | 48        |
| 4.2.5    | PAK10   | 51        |
| 4.2.6    | Hygiënische betrouwbaarheid   | 51        |
| 4.2.7    | Bestrijdingsmiddelen: glyfosaat   | 52        |
| 4.2.8    | Resultaten onderzoeksvraag 2  | 53        |
| 4.3      | Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage aan<br>de waterkwaliteitsproblemen te beïnvloeden door maatregelen<br>in het afvalwatersysteem? | 53        |
| 4.3.1    | Effect maatregelen op fosfaathuishouding  | 54        |
| 4.3.2    | Effect maatregelen op stikstofhuishouding   | 55        |
| 4.3.3    | Effect maatregelen op zuurstofhuishouding   | 55        |
| 4.3.4    | Effect maatregelen op zware metalen   | 55        |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.3.5 | Effect maatregelen op PAK10                       | 59 |
| 4.3.6 | Effect maatregelen op hygiënische betrouwbaarheid | 59 |
| 4.3.7 | Resultaten onderzoeksvraag 3                      | 62 |

## 5 Stadssingel: beschouwing onderzoeksvragen 63

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.1   | Inleiding   | 63 |
| 5.2   | Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?                                     | 63 |
| 5.2.1 | Fosfaathuishouding  | 63 |
| 5.2.2 | Stikstofhuishouding   | 64 |
| 5.2.3 | Zuurstofhuishouding   | 65 |
| 5.2.4 | Zware metalen   | 65 |
| 5.2.5 | PAK10   | 67 |
| 5.2.6 | Hygiënische betrouwbaarheid   | 67 |
| 5.2.7 | Resultaten onderzoeksvraag 2  | 68 |
| 5.3   | Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem? | 69 |
| 5.3.1 | Effect maatregelen op fosfaathuishouding  | 69 |
| 5.3.2 | Effect maatregelen op stikstofhuishouding   | 70 |
| 5.3.3 | Effect maatregelen op zware metalen   | 71 |
| 5.3.4 | Effect maatregelen op PAK10   | 75 |
| 5.3.5 | Effect maatregelen op zuurstofhuishouding   | 75 |
| 5.3.6 | Effect maatregelen op hygiënische betrouwbaarheid   | 75 |
| 5.3.7 | Resultaten onderzoeksvraag 3  | 75 |

## 6 Lokaal boezemsysteem: beschouwing onderzoeksvragen 76

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.1   | Inleiding   | 76 |
| 6.2   | Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?                                     | 76 |
| 6.2.1 | Fosfaathuishouding  | 76 |
| 6.2.2 | Stikstofhuishouding   | 77 |
| 6.2.3 | Zware metalen   | 78 |
| 6.2.4 | PAK's   | 81 |
| 6.2.5 | Bestrijdingsmiddelen: glyfosaat   | 81 |
| 6.2.6 | Resultaten onderzoeksvraag 2  | 81 |
| 6.3   | Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem? | 82 |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 6.3.1    | Effect maatregelen op fosfaathuishouding  | 82        |
| 6.3.2    | Effect maatregelen op stikstofhuishouding   | 84        |
| 6.3.3    | Effect maatregelen op zware metalen   | 85        |
| 6.3.4    | Effect maatregelen op PAK's   | 88        |
| 6.3.5    | Effect maatregelen op bestrijdingsmiddelen  | 89        |
| 6.3.6    | Resultaten onderzoeksvraag 3  | 89        |
| <b>7</b> | <b>Regionaal stroomgebied (rivierstelsel): beschouwing onderzoeksvragen</b>   | <b>90</b> |
| 7.1      | Inleiding   | 90        |
| 7.2      | Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?                                     | 90        |
| 7.2.1    | Fosfaathuishouding  | 90        |
| 7.2.2    | Stikstofhuishouding   | 91        |
| 7.2.3    | Zware metalen   | 91        |
| 7.2.4    | PAK's   | 92        |
| 7.2.5    | Bestrijdingsmiddelen  | 93        |
| 7.3      | Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem? | 93        |
| 7.3.1    | Effect maatregelen op fosfaathuishouding  | 93        |
| 7.3.2    | Effect maatregelen op stikstofhuishouding   | 94        |
| 7.3.3    | Effect maatregelen op zware metalen   | 96        |
| 7.3.4    | Effect maatregelen op PAK's   | 96        |
| 7.3.5    | Effect maatregelen op bestrijdingsmiddelen  | 96        |
| 7.3.6    | Resultaten onderzoeksvraag 3  | 97        |
| <b>8</b> | <b>Landelijke schaal</b>  | <b>98</b> |
| 8.1      | Inleiding   | 98        |
| 8.2      | Kenmerken   | 98        |
| 8.3      | Emissies  | 99        |
| 8.3.1    | Nutriënten  | 99        |
| 8.3.2    | Metalen   | 100       |
| 8.3.3    | PAK's   | 100       |
| 8.3.4    | Bestrijdingsmiddelen  | 102       |
| 8.3.5    | Geneesmiddelen  | 103       |
| 8.3.6    | Tributyltin   | 103       |
| 8.4      | Maatregelen   | 103       |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| <b>9</b>  | <b>Synthese</b>   | 104 |
| 9.1       | Inleiding   | 104 |
| 9.2       | Onderzoeksvraag 1: welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?   | 105 |
| 9.3       | Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage aan deze waterkwaliteitsproblemen?                                | 105 |
| 9.4       | Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem? | 108 |
| 9.5       | Effect toegepaste methodiek op bepalen waterkwaliteitseffecten  | 110 |
| 9.6       | Resulterende onderzoeksbehoefte   | 112 |
| <b>10</b> | <b>Referenties</b>  | 113 |
| 8         | <b>Bijlage 1</b> Overzicht resultaten onderzoeksvraag 2 per schaalniveau  | 114 |
|           | <b>Summary</b>  | 116 |



# Samenvatting

Het doel van het project 'Gevoeligheidsanalyse stofstromen' is de benodigde kennis over stofstromen vanuit de afvalwaterketen te bepalen. Hiermee hangen drie hoofdonderzoeksvragen samen:

- 1 Wat is erg? Ofwel: welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren in het watersysteem?
- 2 Wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan deze waterkwaliteitsproblemen?
- 3 In hoeverre is deze relatieve bijdrage te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?

Het project heeft voor vijf uiteenlopende en kenmerkende oppervlaktewatertypen en schaalniveaus de relatieve bijdrage van de emissie vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen onderzocht. Deze vijf systemen zijn:

- 1 stadsvijver;
- 2 stadssingel;
- 3 lokale boezem;
- 4 regionaal stroomgebied;
- 5 landelijke schaal.

## *Onderzoeksaanpak*

Voor elk van de schaalniveaus zijn de kenmerkende waterkwaliteitsproblemen in beeld gebracht. Vervolgens is de relatieve bijdrage van de waterketen aan de totale belasting van het watersysteem bepaald. Hierbij is het essentiële onderscheid gemaakt tussen:

- Emissie: hoeveel loost een bepaalde bron in het milieu?
- Belasting: hoeveel van deze emissie komt uiteindelijk in het watersysteem terecht?

De belasting is in beeld gebracht voor de normale 'gemiddelde' situatie en bijbehorende rekenconcentraties, en voor een reële onder- en bovengrens voor deze rekenconcentraties. Vervolgens is per belastingsituatie berekend tot welke waterkwaliteitsproblemen deze per schaalniveau leidt. De hierbij gebruikte relaties tussen belasting en waterkwaliteitsprobleem zijn zo eenvoudig mogelijk gehouden. Op kleine schaalniveaus (stadsvijver en stadssingel) is voor metalen en PAK de waterbodempkwaliteit geanalyseerd, aangezien daar de maatgevende problemen te verwachten zijn.

Ten slotte zijn de effecten van gangbare maatregelen op de geconstateerde waterkwaliteitsproblemen geanalyseerd. Omdat deze studie is gericht op identificatie van relevante emissies van het afvalwatersysteem zijn inrichtingsmaatregelen of maatregelen ter reductie van andere bronnen dan het afvalwatersysteem buiten beschouwing gebleven. Gekeken is naar de effecten van maatregelen als:

- een bodempassage of ombouw naar een verbeterd gescheiden stelsel (VGS) bij gescheiden rioolstelsels;
- afkoppelen of een groene berging bij gemengde rioolstelsels;
- een vergaande effluentbehandeling (zandfiltratie of gelijkwaardig) bij de rwzi.

#### *Onderzoeksresultaten*

Uit het onderzoek blijkt dat de volgende soorten maatregelen op een of meerdere schaalniveaus effectief kunnen zijn:

- zuiverende voorzieningen in gescheiden rioolstelsels met meer dan gemiddeld 70% rendement voor de meeste parameters (zoals een bodempassage);
- ombouw naar VGS;
- maatregelen met effect op vuilloop in gescheiden riolering (zoals straatreinigen of voorzieningen in kolken);
- vergroten van pompovertcapaciteit en stelselberging in gemengde rioolstelsels (bijvoorbeeld via afkoppelen);
- aanvullende berging in gemengde stelsels (zoals groene berging);
- realiseren van rwzi-effluent met hoge kwaliteit (bijvoorbeeld door zandfiltratie, een ombouw naar membraanbioreactor, het optimaal bedrijven van ultralaagbelaste rwzi). De rwzi blijft verder buiten beschouwing, omdat diverse STOWA-projecten deze naar verwachting afdoende onderzoeken.

De studie heeft duidelijk gemaakt dat een gelijke emissievracht uit een gescheiden of uit een gemengd stelsel een heel verschillend effect heeft op de kwaliteit van het oppervlaktewater omdat een gescheiden stelsel die emissievracht met veel meer water verdunt.

### *Verdere onderzoeksbehoefte*

De resultaten zijn vertaald naar een benodigde onderzoeksbehoefte voor de rekenconcentraties. Hieruit volgt dat alleen een aanvullende onderzoeksbehoefte bestaat als:

- de afvalwaterketen een significante bijdrage levert aan een waterkwaliteitsprobleem (tabel 9.2 en bijlage 1);
- de mate waarin het waterkwaliteitsprobleem zich manifesteert afhankelijk is van de toe te passen rekenconcentraties (tabel 9.3);
- er in de praktijk ook iets aan te doen is door maatregelen in het afvalwatersysteem te treffen (tabel 9.5). Maatregelen in het watersysteem blijven hierbij buiten beschouwing.

Dit levert als resultaat de volgende onderzoeksbehoefte voor rekenconcentraties:

- gescheiden rioolstelsel: fosfaat, zware metalen, PAK, hygiënische betrouwbaarheid;
- gemengd rioolstelsel: zwaar metaal koper, BZV;
- rwzi: zware metalen, PAK, bestrijdingsmiddelen, hormoonverstorende stoffen.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De invulling van het hemelwaterbeleid door gemeenten en waterschappen staat nu meer dan ooit volop in de belangstelling. Verwerking van hemelwater kan via gescheiden of gemengde stelsels, en/of lokale behandeling. In een aantal onderzoeksprojecten van STOWA en/of Stichting RIONED is onderzocht welke invloed de keuzes voor de verwerking van hemelwater hebben op de lokale en de totale emissie vanuit de afvalwaterketen. In deze studies bleek dat de landelijk beschikbare gegevens over de samenstelling van het hemelwater een enorme spreiding vertonen, die voor een deel te wijten is aan de onderzoeksopzet van de onderliggende meetprojecten. Gezien het grote belang van het op orde hebben van de gegevens over samenstelling van het hemelwater dat via de verschillende lozingspunten het afvalwatersysteem verlaat hebben Stichting RIONED en STOWA besloten een gevoeligheidsanalyse te laten uitvoeren. Deze gevoeligheidsanalyse moet antwoord geven op de vraag of het noodzakelijk is meer kennis te vergaren over de samenstelling van hemelwater.

12 |

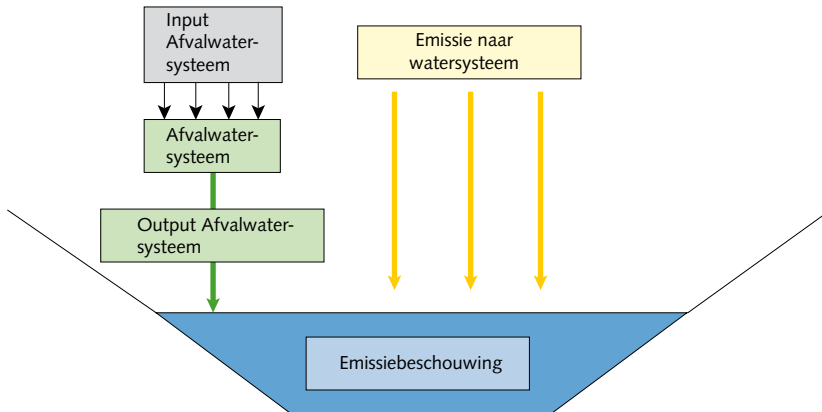
## 1.2 Onderzoeksdoel en -aanpak

Het project 'Stofstromen' wil de benodigde kennis over stofstromen vanuit de afvalwaterketen bepalen. Figuur 1.1 geeft schematisch aan welke stofstromen hierbij in beeld zijn. Het gewenste kennisniveau is afhankelijk van de informatiebehoefte die beheerders hebben bij de keuze voor maatregelen in de afvalwaterketen. Met dit onderzoeksdoel hangen drie hoofdonderzoeksvragen samen:

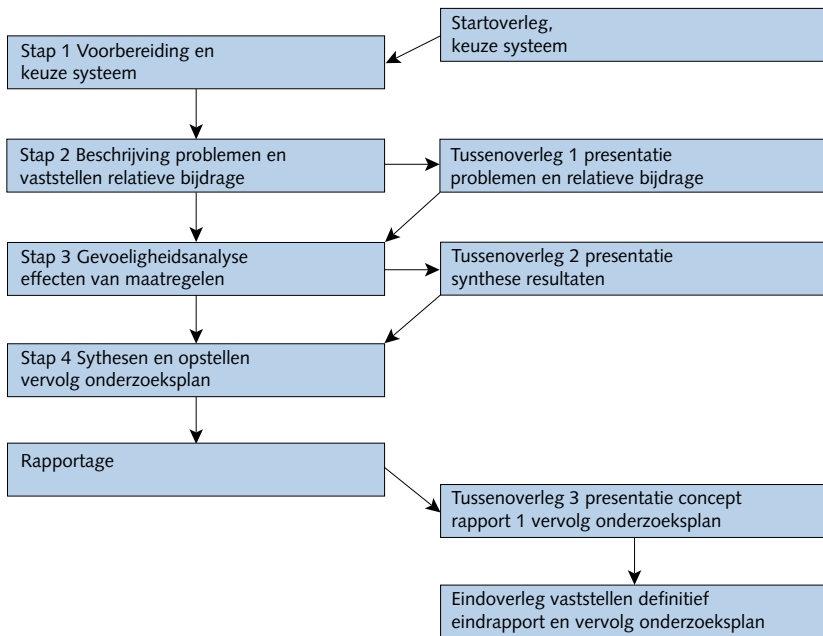
- 1 Wat is erg? Ofwel: welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren in het watersysteem? (Blauwe vak in figuur 1.1.)
- 2 Wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan deze waterkwaliteitsproblemen? (Vergelijking verhouding groene en gele pijlen in figuur 1.1.)
- 3 In hoeverre is deze relatieve bijdrage te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem? Met andere woorden: welk emissieniveau is te verwachten bij een bepaalde systeemkeuze en aanvullende maatregelen in het afvalwatersysteem? Systeemkeuze houdt hier in: de manier waarop een gemeente het hemel-, afval- en grondwater verzamelt en verwerkt. (Grootte groene pijl in figuur 1.1.)

### *Onderzoeksaanpak*

Het onderzoek bestaat uit vier inhoudelijke stappen (zie figuur 1.2). Dit rapport beschrijft de resultaten van deze vier stappen.



Figuur 1.1 Schematisch overzicht stofstromen



Figuur 1.2 Stappenplan

Het project heeft voor vijf uiteenlopende en kenmerkende oppervlaktewatersystemen en schaalniveaus de relatieve bijdrage van de emissie vanuit de afvalwaterketen aan de waterkwaliteitsproblemen onderzocht. De vijf systemen zijn:

- 1 stadsvijver;
- 2 stadssingel;
- 3 lokale boezem;
- 4 regionaal stroomgebied;
- 5 landelijke schaal.

### **1.3 Opstellers en begeleidingscommissie**

Deze publicatie is opgesteld door een projectteam vanuit de gezamenlijke opdrachtnemers:

Hans Aalderink – ARCADIS  
Jeroen Langeveld – Royal Haskoning  
Erik Liefthing – Royal Haskoning  
Anne de Weme – ARCADIS

Een stuurgroep vanuit de Taakgroep Onderzoek Riolerings heeft het project begeleid:

Egbert Baars - Waternet  
Ton Beenen – Stichting RIONED  
Wopke Bosch - Leeuwarden  
Bert Palsma – STOWA  
Wicher Worst - ONRI

### **1.4 Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 beschrijft het achterliggende beeld van de vijf genoemde schaalniveaus. Hierbij gaat het hoofdstuk in op de eerste onderzoeksvraag: welke waterkwaliteitsproblemen worden op dit schaalniveau in het watersysteem ervaren?

Hoofdstuk 3 beschrijft de uitgangspunten van de berekeningen op de verschillende schaalniveaus.

De hoofdstukken 4 tot en met 8 doorlopen per schaalniveau de andere twee onderzoeksvragen:

- Wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan deze waterkwaliteitsproblemen?
- In hoeverre is deze relatieve bijdrage te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?

Hoofdstuk 9 geeft de synthese van de resultaten en de doorkijk naar benodigde en nog ontbrekende (fundamentele) kennis.

Bijlage 1 geeft een overzicht van de resultaten van onderzoeksvraag 2 per schaalniveau.

## 2 Beschrijving karakteristieke watersystemen

### 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft per schaalniveau de algemene kenmerken van het watersysteem en een kenmerkend beeld van de invloed van de afvalwaterketen op de waterkwaliteit. Daarnaast geeft het hoofdstuk per systeem de belangrijkste ervaren waterkwaliteitsproblemen aan.

### 2.2 Stadsvijver

Een stadsvijver is een relatief klein, hydraulisch geïsoleerd oppervlaktewatersysteem in een woonwijk. De oevers kunnen deels zijn beschoeid en deels begroeid met riet. Dit type systeem staat ook model voor een kopsloot waarop een overstort of regenwateruitlaat loost.

| 15



Figuur 2.1 Voorbeelden stadsvijver

#### 2.2.1 Kenmerken

De kenmerken van het oppervlaktewatersysteem zijn:

- Afmeting  $30 \times 100 \text{ m}^2$ , met een maximale peilstijging van 30 cm.
- Diepte (twee varianten): diepe vijver (1,5 m) of ondiepe vijver (0,5 m).

- Oeverinrichting: beschoeiing 50%, riet 50%.
- Veel bomen rondom stadsvijvers: schaduw door bomen: 50%.
- Bladval op 50% van oppervlak.
- Onderhoud/baggeren: beperkt (eens per 20 jaar).
- Doorspoeling: hydraulisch geïsoleerd, geen doorspoeling maar wel afvoer-mogelijkheid via stuw.
- Geen belasting met kwel, geen wegzijging.
- Flinke eendenpopulatie (20 - 40 dieren) die intensief wordt gevoerd.
- Gebruik van het oppervlaktewater: vissen, visuele verfraaiing van de wijk, kinderen met bootjes.
- Grondsoort: gezien het beperkte onderhoud is de ondergrond niet van belang, maar sliblaag is altijd aanwezig.

16 |

De kenmerken van het aangesloten afvoerende oppervlak zijn:

- Woonwijk met afvoerend oppervlak van 2 ha.
- Stelseltype (twee uitersten):
  - 2 ha gescheiden, met alleen lozing via regenwateruitlaten;
  - 2 ha gemengd, met alleen lozing van overstort.

### 2.2.2 Onderzoeksvraag 1: welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?

Een stadsvijver is een kwetsbaar systeem. Hierin zijn veel waterkwaliteitsproblemen denkbaar:

(achter elk probleem staat cursief welke parameter medebepalend is)

- 1 botulisme: *warmte (ondiepte), stagnant water;*
- 2 dode vissen: *zuurstof, acute toxiciteit;*
- 3 algen: *N en P;*
- 4 kroos: *N en P;*
- 5 visuele verontreiniging: *zwerfvuil;*
- 6 stank: *organische stof, zwavel, lage vetzuren;*
- 7 ecologische achteruitgang, biodiversiteit: *organische vervuiling, N en P, toxiciteit (metalen) (zie EPT-index), ook afhankelijk van inrichting (bijvoorbeeld oevers), morfologie;*
- 8 hygiënische aspecten: *bacteriën (E-coli);*
- 9 problemen met beleving (schoonheid, uiterlijk);
- 10 bodemkwaliteit (slib): *PAK's, zware metalen, PCB's, bestrijdingsmiddelen.*

Dit onderzoek naar stofstromen kijkt naar stoffen. Dit betekent dat een vertaalslag nodig is van waterkwaliteitsproblemen naar chemische waterkwaliteitsparameters die sturend zijn voor de kwaliteit in brede zin. Een aantal problemen heeft geen (directe) relatie met de chemische waterkwaliteit. Denk aan botulisme, visuele verontreiniging en de ecologische achteruitgang. Daar gaat het om effecten die de inrichting van het



systeem veroorzaakt. Voor de andere problemen is er wel een directe of indirecte relatie met de chemische waterkwaliteit. Zo heeft vissterfte een directe oorzaak in de aanwezigheid van een toxische stof. Maar ook het indirecte effect van een hoge belasting met organische stof op de zuurstofhuishouding kan tot vissterfte leiden.

Op basis van de genoemde problemen zijn de volgende chemische waterkwaliteitsparameters gekozen, die voor dit systeem zijn meegenomen in de verdere analyse:

- Stikstof en fosfaat, in verband met de van eutrofiëring afgeleide effecten.
- BZV en zuurstof, in verband met het directe effect op vissterfte, maar ook als mogelijke oorzaak van stank en de effecten op het functioneren van het ecosysteem.
- E-coli als maat voor de hygiënische betrouwbaarheid.
- Zware metalen en PAK's als maat voor de accumulatie van verontreinigingen in de waterbodem.
- Glyfosaat als bestrijdingsmiddel.

| 17

### 2.3 Stadssingel

Een stadssingel is over het algemeen een stuk groter dan een stadsvijver. De stadssingel is hydraulisch niet volledig geïsoleerd, waarmee de lokale invloeden kleiner zijn. Onder dit type systeem vallen ook stadsgrachten.

#### 2.3.1 Kenmerken

De kenmerken van het oppervlaktewatersysteem zijn:

- Afvoerend oppervlak: 40 ha.
- Oppervlak water: 10 m breed, 2 km lang.
- Diepte: 1,5 m.
- Oever: beschoeiing 50%, riet 50%; grasveld langs oever. Bij stadsgrachten is een groter percentage harde oever. De invloed hiervan wordt meegenomen in de analyse.
- Onderhoud: beter onderhoud dan stadsvijvers, gericht op waterhuishouding, soms ecologisch beheer, regelmatig gebaggerd.
- Doorspoeling: hoeveelheid afhankelijk van neerslagtekort: aanvoer uit landelijk gebied om peil vast te houden; gemiddelde snelheid < 5 cm/sec; verblijftijd > 10 dagen.
- Kwel mogelijk.
- Watervogels (in verhouding minder dan in stadsvijver).
- Gebruik van oppervlaktewater: vissen, rubberbootjes, eendjes voeren (niet intensief).
- Belasting van oppervlaktewater vanuit stedelijke omgeving, zoals door bladval. Daarnaast nemen stadsgrachten een extra belasting mee door rechtstreeks invallend/inwaaiend vuil.



Figuur 2.2 Voorbeeld stadssingel

Kenmerken van het afvalwatersysteem:

- Woonwijk met afvoerend oppervlak van 40 ha.
- Stelseltype (twee uitersten):
  - 40 ha gescheiden, met alleen lozing via regenwateruitlaten;
  - 40 ha gemengd, met alleen lozing van overstort.
- Alleen stedelijke lozingen, geen rwzi.

### 2.3.2 Onderzoeksvraag 1: welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?

De waterkwaliteitsproblemen voor een stadssingel zijn:

(achter elk probleem staat cursief welke parameter medebepalend is)

- 1 botulisme;
- 2 dode vissen: *zuurstof, acute toxiciteit*;
- 3 algen: *N en P*;
- 4 kroos: *N en P*;
- 5 ecologische achteruitgang, biodiversiteit (minder erg dan stadsvijver): *organische vervuiling, N en P, toxiciteit (metalen)*;
- 6 hygiënische aspecten (minder erg dan stadsvijver): *bacteriën (E-coli)*;
- 7 problemen met beleving (schoonheid, uiterlijk);
- 8 bodemkwaliteit (slib): *PAK's, zware metalen, PCB's, bestrijdingsmiddelen*.

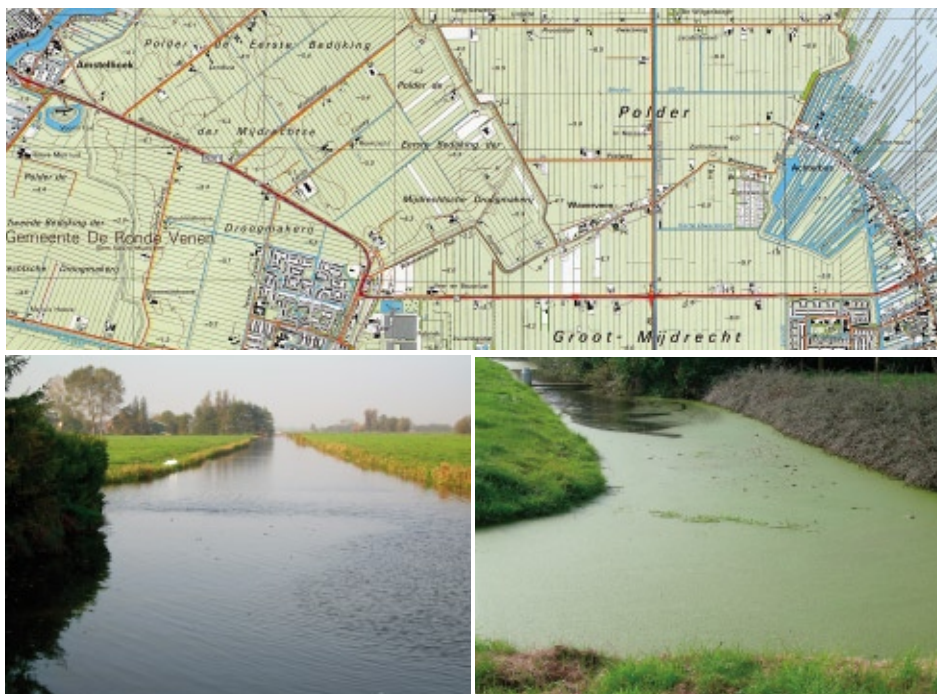
Voor dit systeem gelden ongeveer dezelfde problemen als voor de stadsvijver. De waterkwaliteitsparameters zijn dan ook gelijk. Dit betekent dat de volgende stoffen in de analyse zijn meegenomen:

- Stikstof en fosfaat, in verband met de van eutrofiëring afgeleide effecten.
- BZV en zuurstof, in verband met het directe effect op vissterfte, maar ook als mogelijke oorzaak van stank en de effecten op het functioneren van het ecosysteem.
- E-coli als maat voor de hygiënische betrouwbaarheid.
- Zware metalen en PAK's als maat voor de accumulatie van verontreinigingen in de waterbodem.
- Glyfosaat als bestrijdingsmiddel.

## 2.4 Lokaal boezemsysteem

Een lokaal boezemsysteem staat symbool voor een polder in het westen of noorden van Nederland. In de polder liggen een of meerdere kernen, de landbouw beslaat het grootste deel van het gebied en de rwzi watert niet af binnen het gebied. Een mooi voorbeeld van een dergelijk systeem is de polder rond de gemeente De Ronde Venen, met de kernen Mijdrecht, Wilnis, Vinkeveen en Amstelhoek en een groot landbouw-areaal binnen de polder.

| 19



Figuur 2.3 Voorbeeld boezemsysteem

Lokale waterkwaliteitsproblemen in poldersloten of stadssingels blijven hier buiten beschouwing. Op hoofdlijnen wordt gekeken naar de algemene waterkwaliteit in de hoofdwatgangen in het gehele gebied.

#### 2.4.1 Kenmerken

De kenmerken van het oppervlaktewatersysteem zijn:

- Totale oppervlak: 800 ha.
- Oppervlakteverhouding: stadsgebied 20%, landbouw 80%. Landbouw (nutriënten) beïnvloedt het oppervlaktewatersysteem dus sterk. Bodemgebruik landbouw: vooral veeteelt, deels maïs.
- Wateroppervlak: 10% van totale oppervlak.
- Diepte: 1,5 m.
- Oever: graskanten 50%, beschoeiing 50%.
- Onderhoud: ingericht op waterhuishouding: ontwateringssysteem.
- Doorspoeling: geïsoleerd systeem (wel zoete kwel 1 mm/dag: geen waterinlaat nodig).
- Gebruik van oppervlaktewater: vissen, eventueel veedrenking.
- Grondsoort: veen of klei. (In gevoeligheidsanalyse invloed van kwel en lokaal grondwaterregime meenemen.)

20 |

Kenmerken van het afvalwatersysteem:

- Kernen met afvoerend oppervlak van 80 ha (50% verhard van 160 ha).
- Stelseltype (twee uitersten):
  - 80 ha gescheiden, met alleen lozing via regenwateruitlaten;
  - 80 ha gemengd, met alleen lozing van overstort.
- Alleen stedelijke lozingen, geen rwzi.

#### 2.4.2 Onderzoeksvraag 1: welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?

De waterkwaliteitsproblemen in een lokaal boezemsysteem zijn:

(achter elk probleem staat cursief welke parameter medebepalend is)

- 1 groene soep, kroos: *N en P*;
- 2 ecologische achteruitgang, biodiversiteit: *organische vervuiling, N en P, toxiciteit (metalen)*;
- 3 problemen met beleving (schoonheid);
- 4 bodemkwaliteit (relatief minder problematisch);
- 5 (veedrenking is geen actueel probleem meer).

Bij een lokaal boezemsysteem spelen de kortetermijneffecten een kleinere rol. Lokaal kunnen direct in de omgeving van een lozingspunt problemen ontstaan met bijvoorbeeld de zuurstofhuishouding of de bacteriologische kwaliteit. Maar door de grootte

van het ontvangende water en de hiermee samenhangende verdunning zijn deze problemen naar aard en omvang niet ernstig. Op deze schaal gaat het vooral om de langetermijneffecten, zoals die gerelateerd aan eutrofiëring en de belasting met accumulerende stoffen. De volgende stoffen zijn in de verdere analyse meegenomen:

- Stikstof en fosfaat, in verband met de van eutrofiëring afgeleide effecten.
- Zware metalen en PAK's als maat voor de accumulatie van verontreinigingen in de waterbodem.
- Glyfosaat als bestrijdingsmiddel.

## 2.5 Regionaal stroomgebied: rivierstelsel

Voor het regionale stroomgebied is gekozen voor een groot beekstelsel/klein rivierstelsel zonder aanvoer van buiten het stroomgebied. De waterkwaliteit en waterkwantiteitsproblemen worden beschouwd benedenstrooms in het systeem. Onder dergelijke systemen vallen ook oppervlaktewateren als de Amstel of de Eem en het Apeldoorns kanaal.

| 21

### 2.5.1 Kenmerken

De kenmerken van het oppervlaktewatersysteem zijn:

- Totale oppervlak: 50 x 30 km<sup>2</sup>
- Oppervlakteverhouding: stadsgebied 10%, landbouw 70%, natuur 20%.
- Wateroppervlak: 5 - 10% van totale oppervlak.
- Diepte: 0,5 - 1,0 m.
- Oever: deels hard, deels natuurvriendelijk.
- Doorspoeling: bronbeken, stromend water, verder geïsoleerd systeem, geen kwel.
- Gebruik van oppervlaktewater: zwemwater, recreatie, leefgebied vissen.
- KRW-systeem.
- Vervuilingsbronnen: emissie, verkeer, atmosfeer, landbouw.

De kenmerken van het afvalwatersysteem in dit gebied zijn:

- Rwwi met capaciteit 1.250.000 i.e.
- Verschillende stedelijke kernen.
- Afvoerend oppervlak op rioolstelsel: 7.500 ha.
- Voor de riolering is de gemiddelde situatie voor Nederland het uitgangspunt:
  - 76% gemengd stelsel, met 7 + 2 mm berging en 0,7 mm/h pompovercapaciteit;
  - 6% verbeterd gescheiden stelsel, met 4 mm berging en 0,3 mm/h pompovercapaciteit;
  - 18% gescheiden stelsel.

### 2.5.2 Onderzoeksvraag 1: welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?

In een regionaal stroomgebied spelen de volgende waterkwaliteitsproblemen een rol: (achter elk probleem staat cursief welke parameter medebepalend is)

- 1 biodiversiteit (beschermde soorten, migrerende soorten, barrières):  
*zuurstofloosheid, pieken NH<sub>4</sub>/toxische stoffen;*
- 2 dode vis: *propstroming, ammoniumpiek;*
- 3 hygiënische kwaliteit;
- 4 waterbodem/slib: *PAK's, zware metalen, PCB's, bestrijdingsmiddelen;*
- 5 invloed van *hormoonverstorende stoffen;*
- 6 belevingswaarde.

Ook bij een stroomgebied gaat het vooral om de langetermijneffecten. Op basis van de genoemde problemen is gekozen voor de volgende stoffen:

- Stikstof en fosfaat, in verband met de van eutrofiëring afgeleide effecten.
- Zware metalen en PAK's als maat voor de accumulatie van verontreinigingen in de waterbodem.
- Glyfosaat als bestrijdingsmiddel.

Voor hormoonverstorende stoffen is onvoldoende informatie beschikbaar om de analyse verder uit te werken.

Ook in dit soort systemen kan acute toxiciteit of zuurstofloosheid tot vissterfte leiden. Dit geldt vooral bij grote lozingen uit gemengde stelsels op kleine stromende systemen. Dan kan een prop zuurstofloos water ontstaan die zich naar benedenstrooms verplaatst. Het hangt sterk af van de lokale omstandigheden (verhouding lozing - afvoer beek) of dergelijke problemen zich voordoen. Dit vraagt om een relatief complexe analyse, die niet past in het kader van dit onderzoek.

## 2.6 Landelijke schaal

De landelijke schaal komt in zijn geheel in hoofdstuk 8 aan de orde.

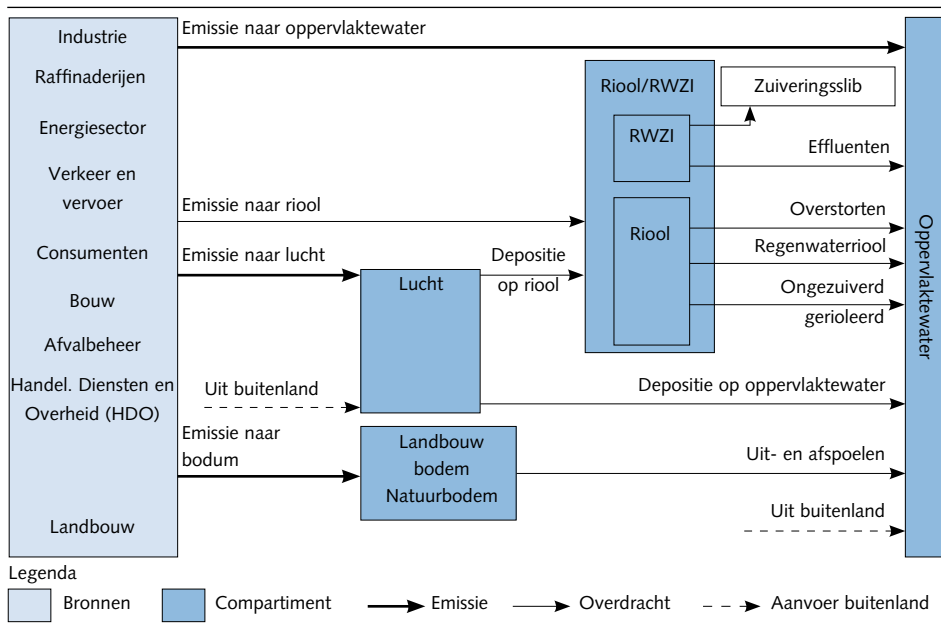
# 3 Uitgangspunten berekeningen

## 3.1 Onderscheid emissies, belasting en waterkwaliteitseffecten

Het project 'Stofstromen' gebruikt diverse termen voor de stofstromen van het ene naar het andere compartiment. Ten eerste is het onderscheid tussen 'emissie' en 'belasting' relevant. Emissies zijn de vrachten van verontreiniging die uit een bron vrijkomen. De belasting is de vervuiling die daadwerkelijk het oppervlaktewater bereikt.

De belasting bestaat uit de som van directe emissies, de effluenten, overstorten en regenwaterriolen. Verder komen hierbij nog de overdrachten van de vervuiling tussen milieucompartimenten (bodem en lucht): de atmosferische depositie op het oppervlaktewater en uit- en afspoeling van bodems. De aanvoer van vervuiling via rivieren uit het buitenland is niet in de belasting meegenomen, omdat buitenlandse bronnen deze veroorzaken.

Bij emissies is onderscheid mogelijk in directe emissies naar het oppervlaktewater en indirecte emissies naar het rioolstelsel. De indirecte emissies bereiken slechts deels het oppervlaktewater, omdat een deel door zuivering achterblijft of afbreekt in rwzi's. De restvervuiling loost via het gezuiverde afvalwater (effluent) op het oppervlaktewater, of voert af via het zuiveringsslib. Bij sterke regenval treden soms riooloverstorten in werking, waardoor een deel van het afvalwater ongezuiverd in het oppervlaktewater terecht komt. Figuur 3.1 geeft inzicht in de onderscheiden stromen.



Figuur 3.1 Onderscheid emissie en belasting (Bron: [www.natuurenmilieucompendium.nl](http://www.natuurenmilieucompendium.nl))

Ten tweede is het onderscheid tussen ‘belasting’ en ‘waterkwaliteitseffect’ van belang. Afhankelijk van de feitelijke toestand en eigenschappen van het oppervlaktewater, leidt de belasting (in termen van hoeveelheid vervuiling per tijdseenheid op oppervlaktewater) tot een bepaald waterkwaliteitseffect in het oppervlaktewater. In de praktijk ontstaat de verwarring door het gebruik van het woord ‘immissie’ voor zowel de belasting als het effect. In deze rapportage is immissie synoniem voor belasting. Dit project gaat uit van de belasting en de effecten daarvan op het oppervlaktewater op verschillende schaalniveaus.

### 3.2 Uitgangspunten berekening belasting vanuit het afvalwatersysteem

In tabel 3.1 staan de uitgangspunten voor de berekeningen van het afvalwatersysteem. Tabel 3.2 geeft het theoretische overstortingsgedrag voor een gemengd stelsel met een berging van 7 + 2 mm en een pompovercapaciteit van 0,7 mm/h. De berekeningen van de jaaremmissies zijn gemaakt met het STOWA-EMOS-model, met toepassing van de lozingsbenadering. EMOS berekent de emissie in m<sup>3</sup> per lozingslocatie (uitlaat, overstort, rwzi), waarna dit volume wordt vermenigvuldigd met een rekenconcentratie. Deze rekenconcentraties staan in tabel 3.3.

24 |

**Tabel 3.1 Uitgangspunten afvalwatersysteem**

| Parameter                                | Eenheid        | Grootte |
|--|----------------|---------|
| Aangesloten verhard oppervlak per woning | m <sup>2</sup> | 150     |
| Aantal inwoners per woning               |                | 2,5     |
| Dwa per inwoner per dag                  | m <sup>3</sup> | 0,120   |
| Duur dwa per dag                         | uur            | 10      |
| Infiltratie/vreemd water                 | % van dwa      | 0       |
| Foutaansluitingen dwa op rwa             | %              | 0       |
| Foutaansluitingen rwa op dwa             | %              | 0       |
| Berging gemengd stelsel                  | mm             | 7 + 2   |
| Poc gemengd stelsel                      | mm/h           | 0,7     |
| Berging verbeterd gescheiden stelsel     | mm             | 4       |
| Poc verbeterd gescheiden stelsel         | mm/h           | 0,3     |

**Tabel 3.2 Overstortgebeurtenissen/pieklozingen per type stelsel per ha voor tienjaarreeks 1955 - 1964**

| Herhalingstijd (jaar)          | Eenheid              | Type rioolstelsel |                      |         |
|--------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------|
|                                |                      | Gescheiden        | Verbeterd gescheiden | Gemengd |
| T = 10                         | m <sup>3</sup>       | 1.026             | 752                  | 401     |
| T = 5                          | m <sup>3</sup>       | 911               | 443                  | 372     |
| T = 2                          | m <sup>3</sup>       | 520               | 329                  | 146     |
| T = 1                          | m <sup>3</sup>       | 474               | 230                  | 84      |
| T = 0,5                        | m <sup>3</sup>       | 383               | 158                  | 50      |
| T = 0,2                        | m <sup>3</sup>       | 275               | 98                   | 1       |
| T = 0,1                        | m <sup>3</sup>       | 166               | 54                   | 0       |
| T = 1 maand                    | m <sup>3</sup>       | 152               | 44                   | 0       |
| T = 0,5 maand                  | m <sup>3</sup>       | 79                | 8                    | 0       |
| Aantal overstortingen/lozingen | per jaar             | 78                | 27                   | 5       |
| Totaal overstortend volume     | m <sup>3</sup> /jaar | 5.820             | 1.526                | 305     |



### 3.3 Stofconcentraties in stromen vanuit het afvalwatersysteem

In tabel 3.3 staan de rekenconcentraties van de stoffen vanuit gemengde stelsels, (verbeterd) gescheiden stelsels en de rwzi. Als vertrekpunt zijn de gegevens uit EMOS en de rapportage 'Systeemkeuze riolering bij afkoppelvraagstukken' (STOWA, 2007) gebruikt. Voor regenwater zijn de laatste gegevens uit de 'Database regenwater' (STOWA, 2007) gebruikt. De minimum- en maximumconcentraties zijn reële rekenwaarden, niet de in de literatuur terug te vinden extremen. Verder komen concentraties bij overstorten uit de 'NWRW-eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982 – 1989' (NWRW, 1989). De effluentconcentraties behorend bij een hoge effluentkwaliteit komen uit de STOWA-rapportages 'Vergelijkend onderzoek MBR en zandfiltratie rwzi Maasbommel' (STOWA, 2004) en 'Effluentnabehandeling op de rwzi Maasbommel' (STOWA, 2007).

Tabel 3.3 Stofconcentraties in afvalwatersysteem

| Parameter   | Eenheid    | Norm (MTR) in oppervlaktewater | Overstort (gemengd rioolstelsel) |         |         | Afstromend van daken en wegen (staat model voor gescheiden en verbeterd gescheiden stelsels uit regenwaterdatabase STOWA) |         |         |
|-------------|------------|--------------------------------|----------------------------------|---------|---------|---|---------|---------|
|             |            |                                | min.                             | gem.    | max.    | min.  | gem.    | max.    |
| N-totaal    | mg/l       | 2,2                            | 10                               | 12,5    | 15      | 1,2   | 1,7     | 5,2     |
| P-totaal    | mg/l       | 0,15                           | 2,1                              | 3,1     | 4,8     | 0,08  | 0,26    | 0,97    |
| Cu          | µg/l       | 3,8                            | 67                               | 92      | 113     | 3   | 10      | 47      |
| Zn          | µg/l       | 40                             | 357                              | 431     | 472     | 22  | 95      | 450     |
| PAK         | µg/l       | 4,3                            | 0,1                              | 0,3     | 1,2     | 0,1   | 0,3     | 1,2     |
| Glyfosaat   | µg/l       | –                              | 2,4                              | 4,4     | 6,1     | 2,4   | 4,4     | 6,1     |
| BZV         | mg/l       | –                              | 40                               | 82      | 124     | 2,5   | 4       | 14      |
| Totaal coli | per 100 ml | 5,0E+02                        | 1,0E+05                          | 1,0E+06 | 1,0E+07 | 1,2E+03   | 1,2E+04 | 1,2E+05 |
| Cr          | µg/l       | 84                             | 10                               | 15,5    | 21      | 0,4   | 1,1     | 11      |
| Cd          | µg/l       | 2                              | 1                                | 5,5     | 10      | 0,08  | 0,15    | 0,49    |
| Pb          | µg/l       | 220                            | 42                               | 102     | 162     | 5   | 12      | 75      |
| Ni          | µg/l       | 6,3                            | 8                                | 13,5    | 19      | 3,5   | 3,5     | 10      |
| Hg          | µg/l       | 1,2                            | 0,5                              | 21,75   | 43      | 0,02  | 0,06    | 0,08    |

| Parameter   | Eenheid    | Afstromend bij 100% schone wegen (aanneمة o.b.v. kwaliteit afstromend regenwater en kwaliteit neerslag) |         |         | Effluent zuivering |         |         | Hoge kwaliteit effluent |
|-------------|------------|---|---------|---------|--------------------|---------|---------|-------------------------|
|             |            | min.  | gem.    | max.    | min.               | gem.    | max.    | vaste waarde            |
| N-totaal    | mg/l       | 1,2   | 1,45    | 3,35    | 5                  | 9       | 15      | 4                       |
| P-totaal    | mg/l       | 0,08  | 0,17    | 0,57    | 0,5                | 2       | 4       | 0,5                     |
| Cu          | µg/l       | 3   | 10      | 47      | 6                  | 10      | 95      | 5,2                     |
| Zn          | µg/l       | 22  | 28,5    | 90,5    | 46                 | 50      | 210     | 23                      |
| PAK         | µg/l       | 0,1   | 0,1     | 0,1     | 0,02               | 0,06    | 0,24    | –                       |
| Glyfosaat   | µg/l       | –   | –       | –       | 2,4                | 4,4     | 6,1     | 3,5                     |
| BZV         | mg/l       | 2,5   | 2,75    | 3       | 2                  | 4       | 10      | –                       |
| Totaal coli | per 100 ml | 1,2E+03   | 1,2E+04 | 1,2E+05 | 1,0E+05            | 1,0E+06 | 1,0E+07 | –                       |
| Cr          | µg/l       | 0,4   | 0,75    | 7,5     | –                  | 1,9     | –       | 1,9                     |
| Cd          | µg/l       | 0,08  | 0,11    | 0,49    | 0,05               | 0,2     | –       | 0,05                    |
| Pb          | µg/l       | 5   | 12      | 75      | 1                  | 4,1     | –       | 0,5                     |
| Ni          | µg/l       | 1,5   | 1,5     | 3       | 1,6                | 4,5     | –       | 1,8                     |
| Hg          | µg/l       | 0,02  | 0,02    | 0,04    | –                  | 0,1     | –       | 0,03                    |

Lege velden zijn niet ingevuld bij gebrek aan betrouwbare informatie.

### 3.4 Uitgangspunten andere bronnen op de kleine schaal (stadsvijver en stadssingel)

De uitgangspunten voor de emissie vanuit andere bronnen dan het afvalwatersysteem zijn verschillend voor de kleine systemen (de stadsvijver en de stadssingel) en de middelgrote systemen (het boezemstelsel en het regionale stroomgebied). De uitgangspunten voor de andere bronnen op de kleine schaal komen per bron aan de orde.

#### 3.4.1 Belasting door honden

Voor honden staat in een Amsterdamse studie (DWR, 1997) een richtwaarde voor de stikstof- en fosfaatbelasting van het oppervlaktewater op jaarbasis. Uit urine en fecaliën tezamen en de afname van 25 - 50% afspoeling komt dit per hond op het volgende neer:

- 160 - 320 g-P/jaar;
- 840 - 1.660 g-N/jaar.

26 |

Het aantal honden is vastgesteld op basis van het gemiddelde hondenbezit in Nederland (21 honden per 100 huishoudens) en het aantal huishoudens dat de vijver/singel voor recreatieve doeleinden gebruikt (40 huishoudens/ha). Dit brengt het totale aantal honden in de deelsystemen op:

- stadsvijver: 21 honden/100 huishoudens x 40 huishouden/ha x 2 ha = 16,8 honden;
- stadssingel: 21 honden/100 huishoudens x 40 huishouden/ha x 40 ha = 336 honden.

Hierdoor is de nutriëntenbelasting:

- stadsvijver: 2,7 - 5,4 kg-P/jaar en 14,1 - 27,9 kg-N/jaar;
- stadssingel: 54 - 108 kg-P/jaar en 282 - 556 kg-N/jaar.

Om de emissie van metalen door honden te bepalen, is gekeken naar de concentratie metalen in hondenontlasting en de hoeveelheid ontlasting per hond per jaar. Bij gebrek aan beschikbare gegevens is de veronderstelling dat het metaalgehalte in hondenontlasting gelijk is aan het gehalte in mensenontlasting. Een hond produceert dagelijks 0,3 kg ontlasting, tegenover 0,10 - 0,15 kg per dag voor mensen. Dit betekent dat de belasting per hond twee tot drie keer groter is.

Omdat niet alle ontlasting in het oppervlaktewater terecht komt, is het uitgangspunt dat 50% van alle ontlasting in de vijver afspoelt en 25% in de singel. (In een groter gebied komt de ontlasting relatief minder tot uitspoeling naar het oppervlaktewater.)

Tabel 3.4 Concentraties zware metalen in fecaliën

| Stof | Zware metalen in fecaliën (mg/persoon/dag) | Zware metalen in fecaliën (mg/hond/dag) |        |
|------|--|---|--------|
|      |  | Min.                                    | Max.   |
| Cu   | 0,0011                                     | 0,0022                                  | 0,0033 |
| Zn   | 10,8                                       | 21,6                                    | 32,4   |

De belasting met zware metalen door honden is:

- stadsvijver: 6,7 - 10,1 mg-Cu/jaar en 66 - 99 g-Zn/jaar;
- stadssingel: 67 - 101 mg-Cu/jaar en 660 - 990 g-Zn/jaar.

### 3.4.2 Belasting door eenden

Voor de nutriëntenbelasting door uitwerpselen van eenden zijn in de literatuur twee waarden gevonden:

- 0,23 kg-N/eend/jaar en 0,16 kg-P/eend/jaar (STOWA, 2002);
- 0,85 kg-N/eend/jaar en 0,14 kg-P/eend/jaar (ARCADIS en Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard, 2006).

De hoeveelheid eenden in de systemen is vastgesteld op:

- stadsvijver: 20 - 40 dieren;
- stadssingel: 100 - 200 dieren.

| 27

Hierdoor is de nutriëntenbelasting:

- stadsvijver: 2,8 - 6,4 kg-P/jaar en 4,6 - 34 kg-N/jaar;
- stadssingel: 14 - 32 kg-P/jaar en 23 - 170 kg-N/jaar.

Om de emissie van metalen door eenden te bepalen, is gekeken naar de concentratie metalen in de ontlasting van eenden en de hoeveelheid ontlasting per eend per jaar. Bij gebrek aan beschikbare gegevens is de veronderstelling dat het metaalgehalte in eendenontlasting gelijk is aan het gehalte in mensenontlasting. Een eend produceert dagelijks 0,09 kg ontlasting, tegenover 0,10 - 0,15 kg per dag voor mensen. Dit betekent dat de belasting per eend zo'n anderhalf keer kleiner is. De veronderstelling is dat alle ontlasting in het oppervlaktewater terecht komt.

Tabel 3.5 Concentraties zware metalen in fecaliën

| Stof | Zware metalen in fecaliën (mg/persoon/dag) | Zware metalen in fecaliën (mg/eend/dag) |       |
|------|--|---|-------|
|      |  | Min.                                    | Max.  |
| Cu   | 0,0011                                     | 0,001                                   | 0,001 |
| Zn   | 10,8                                       | 6,48                                    | 9,71  |

De belasting met zware metalen door eenden is:

- stadsvijver: 5 - 14 mg-Cu/jaar en 47 - 141 g-Zn/jaar;
- stadssingel: 24 - 72 mg-Cu/jaar en 236 - 707 g-Zn/jaar.

### 3.4.3 Belasting door het voeren van eenden

In stadswateren voeren omwonenden eenden vaak met bijvoorbeeld brood. Doordat de eenden niet al het voer kunnen opeten, ontstaat een extra nutriëntenbelasting op het oppervlaktewater. Daarnaast bevat brood metalen die in het oppervlaktewater belanden.

In de stadsvijver krijgen de eenden intensiever voer van omwonenden dan in de stadssingel. Uitgangspunt is een gemiddelde voerbijdrage van 50 sneden brood per dag voor de vijver en 100 sneden per dag voor de singel. Een snede brood weegt 30 - 35 gram. Hiervan verdwijnt 50% naar de bodem, het resterende deel kunnen de eenden opeten. De voedselinname van eenden (50 gram per dag) is mogelijk een beperkende factor. Tabellen 3.6 en 3.7 laten respectievelijk het voerrestant en de broodsamenstelling zien.

**Tabel 3.6 Restant eenden voeren**

| Systeem               | Eenden   | Consumptie per eend (gram/dag)                 | Consumptie per eend (kg/jaar)               | Consumptie eenden (kg/jaar)                               |   |
|-----------------------|--|--|---|---|---|
| Vijver                | 20 - 40  | 50   | 18,3  | 365 - 730   |   |
| Singel                | 100 - 200  | 50   | 18,3  | 1.800 - 3.600   |   |
|                       | <b>Brood (sneden/dag)</b>                            | <b>Gewicht snede brood (gram)</b>              | <b>Brood (kg/dag)</b>                       | <b>Brood (kg/jaar)</b>                                    |   |
| Vijver                | 50   | 30 - 35  | 1,6   | 600   |   |
| Singel                | 100  | 30 - 35  | 3,3   | 1.200   |   |
| <b>Totaal gevoerd</b> | <b>Gedeelte gevoerde dat bezinkt (50%) (kg/jaar)</b> | <b>Deel dat eenden kunnen opeten (kg/jaar)</b> | <b>Maximale consumptie eenden (kg/jaar)</b> | <b>Hoeveelheid die de eenden niet op kunnen (kg/jaar)</b> | <b>Totale directe bijdrage aan oppervlaktewater (kg/jaar)</b> |
| 600                   | 300  | 300  | 365 - 730                                   | 0   | 300   |
| 1.200                 | 600  | 600  | 1.800 - 3.600                               | 0   | 600   |

**Tabel 3.7 Broodsamenstelling**

| Stof               | Gemiddeld |
|--------------------|-----------|
| Stikstof (g/100 g) | 1,3       |
| Fosfor (g/100 g)   | 0,4       |
| Zink (mg/100 g)    | 1,8       |
| Koper (mg/100 g)   | 0,4       |

De belasting met nutriënten en zware metalen door het voeren van eenden is:

- stadsvijver: 4,0 kg-N/jaar en 1,2 kg-P/jaar;
- stadssingel: 8,0 kg-N/jaar en 2,4 kg-P/jaar.
- stadsvijver: 1,2 g-Cu/jaar en 5,4 g-Zn/jaar;
- stadssingel: 2,4 g-Cu/jaar en 10,8 g-Zn/jaar.

### 3.4.4 Belasting door bladval

Uit de studie van Cusell (1997) (uit: *ARCADIS en Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard, 2006*) blijkt een bladval in stadswateren van 50 - 100 gram blad per m<sup>2</sup> wateroppervlak. Het stikstofgehalte van dit blad is 1,5 - 3,0% en het fosforgehalte 0,3 - 0,6%. Uitgangspunt is dat bladval optreedt op 50% van het wateroppervlak, bij zowel de stadsvijver als de stadssingel.

Witteveen & Bos melden een nutriëntenbelasting van 0,003 kg-P/meter oever/jaar en 0,032 kg-N/meter oever/jaar (Witteveen & Bos, 2006).

**Tabel 3.8 Nutriëntenbelasting door bladval**

| Systeem     | Stof               | Minimum | Gemiddeld | Maximum |
|-------------|--------------------|---------|-----------|---------|
| Stadsvijver | Stikstof (kg/jaar) | 0,7     | 2,6       | 4,5     |
|             | Fosfaat (kg/jaar)  | 0,1     | 0,4       | 0,9     |
| Stadssingel | Stikstof (kg/jaar) | 4,7     | 18        | 30      |
|             | Fosfaat (kg/jaar)  | 0,5     | 2,8       | 6,0     |

Het vallende blad bevat behalve nutriënten ook metalen. In literatuur (IBW, 2001) zijn meetwaarden beschikbaar van de concentraties zware metalen in bladval (zie tabel 3.9).

**Tabel 3.9 Concentratie zware metalen in bladval**

| Stof          | Minimum | Gemiddeld | Maximum |
|---------------|---------|-----------|---------|
| Zink (mg/kg)  | 49      | 54        | 62      |
| Koper (mg/kg) | 4,3     | 5,2       | 6,2     |

| 29

**Tabel 3.10 Emissie zware metalen door bladval**

| Systeem     | Stof           | Minimum | Gemiddeld | Maximum |
|-------------|----------------|---------|-----------|---------|
| Stadsvijver | Zink (g/jaar)  | 3,7     | 6,5       | 9,8     |
|             | Koper (g/jaar) | 0,3     | 0,6       | 0,9     |
| Stadssingel | Zink (g/jaar)  | 24,5    | 43,1      | 65,0    |
|             | Koper (g/jaar) | 2,2     | 3,9       | 6,2     |

### 3.4.5 Neerslag op open water

De emissie door neerslag op open water is ingeschat op basis van het RIVM-rapport 'Landelijk meetnet regenwatersamenstelling' (RIVM, 2001), dat een beeld schetst van de regenwaterkwaliteit in 2000. De in het regenwater aanwezige, gemiddelde landelijke concentraties zijn vertaald naar emissies door vermenigvuldiging met het wateroppervlak. Dit betekent dat geen rekening is gehouden met oppervlakkige afvoer vanuit taluds. De gebruikte neerslagdepositie staat in tabel 3.11.

**Tabel 3.11 Neerslagdepositie per jaar**

| Stof     | Depositie             | Stadsvijver  | Stadssingel  |
|----------|-----------------------|--------------|--------------|
| Stikstof | 1,62 g/m <sup>2</sup> | 4,86 kg/jaar | 32,4 kg/jaar |
| Fosfaat  | 0,01 g/m <sup>2</sup> | 0,03 kg/jaar | 0,2 kg/jaar  |
| Zink     | 9,1 mg/m <sup>2</sup> | 27,3 g/jaar  | 182 g/jaar   |
| Koper    | 2,2 mg/m <sup>2</sup> | 6,6 g/jaar   | 44 g/jaar    |

### 3.4.6 Uit- en afspoeling vanuit oevers

Vanuit de oevers van de stadsvijver en de stadssingel spoelen nutriënten naar het oppervlaktewater. Voor het bepalen van de hoeveelheid uit- en afspoeling is het metamodel Nutricalc gebruikt (STOWA, 2003). Hoewel dit model niet direct toepasbaar is op dit

kleine schaalniveau, geeft het een indruk van de bijdrage van de uit- en afspoeling van de oevers aan de totale nutriëntenvracht. Veronderstelling is dat de oevers fosfaatarm zijn en niet bemest. De gemiddelde lengte van de oevers in dit stedelijke systeem is geschat op 5 m. Tabel 3.12 laat de resultaten voor de nutriëntenbelasting vanuit de oevers zien.

**Tabel 3.12 Nutriëntenbelasting door uit- en afspoeling vanuit oevers**

| Systeem     | Oppervlakte oevers    | Nutricalc (stikstof) |              | Nutricalc (fosfaat) |              |
|-------------|-----------------------|----------------------|--------------|---------------------|--------------|
| Stadsvijver | 1.400 m <sup>2</sup>  | 22,7 kg/ha.jaar      | 3,2 kg/jaar  | 0,74 kg/ha.jaar     | 0,10 kg/jaar |
| Stadssingel | 10.300 m <sup>2</sup> | 22,7 kg/ha.jaar      | 23,4 kg/jaar | 0,74 kg/ha.jaar     | 0,76 kg/jaar |

### 3.4.7 Belasting door recreatievissers

30 | Uitgangspunt is dat het aantal vissers in de kleine systemen te klein is om grote invloed te hebben op de totale emissie van stikstof, fosfaat, koper en zink.

## 3.5 Uitgangspunten andere bronnen op de middelgrote schaal (lokale boezem en regionaal stroomgebied)

Voor de emissie vanuit andere bronnen in de middelgrote systemen (het boezemstelsel en het regionale stroomgebied) is een andere benadering gekozen. Hiervoor zijn het metamodel Nutricalc en de Emissieregistratie 2004 gebruikt.

### 3.5.1 Belasting vanuit landelijk gebied: Nutricalc

Het metamodel Nutricalc legt een relatie tussen de uitspoeling van nutriënten vanuit het landelijke gebied naar het oppervlaktewater en de variabelen grondwaterstanden, bodem(gebruik), kwel en wegzijging en fosfaatverzadiging (STOWA, 2003). Tabellen 3.13 en 3.14 laten voor beide systemen de invoerparameters in Nutricalc en de spreiding daarin zien.

**Tabel 3.13 Invoerparameters Nutricalc voor lokaal boezemsysteem**

| Parameter                                      | Lokaal boezemsysteem (Mijdrecht)            |
|--|---|
| Geschaald oppervlak                            | 800 ha                                      |
| Gemiddelde grondwaterstand                     | GWT: II                                     |
| Landgebruik                                    | 60% grasland<br>20% mais                    |
| Bodemtype                                      | overwegend klei                             |
| Kwel op 13 meter diepte                        | 1 mm/dag                                    |
| Wegzijging op 13 meter diepte                  | 0 mm/dag                                    |
| Nutriëntenconcentraties in de kwel op 13 meter | 2 - 6 - 11 mgN/l,<br>0,15 - 0,8 - 2,5 mgP/l |
| Fosfaatverzadiging van de bovenste meter bodem | 3.500 +/- 25%                               |

Tabel 3.14 Invoerparameters NutriCalc voor regionaal stroomgebied

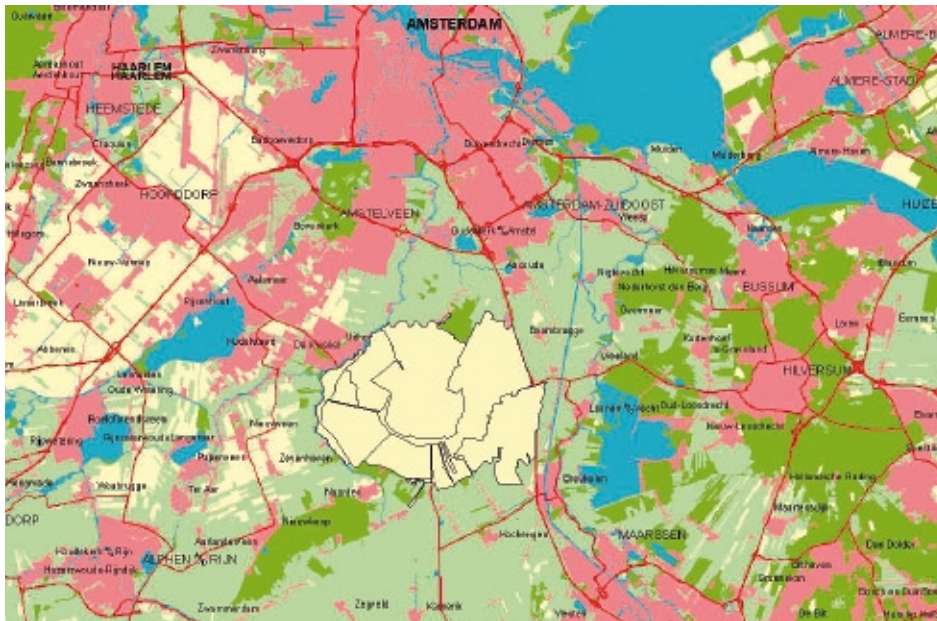
| Parameter                                      | Regionaal stroomgebied (Apeldoorns kanaal) |
|--|--|
| Geschaald oppervlak                            | 30 x 50 km <sup>2</sup>                    |
| Gemiddelde grondwaterstand                     | GWT: VII/VIII                              |
| Landgebruik                                    | 60% grasland<br>20% natuur<br>10% mais     |
| Bodemtype                                      | gemengd klei/zand                          |
| Kwel op 13 meter diepte                        | 0 mm/dag                                   |
| Wegzijing op 13 meter diepte                   | 0 mm/dag                                   |
| Nutriëntenconcentraties in de kwel op 13 meter | -  |
| Fosfaatverzadiging van de bovenste meter bodem | 3.800 +/- 25%                              |

### 3.5.2 Belasting vanuit overige bronnen: Emissieregistratie 2004

De Emissieregistratie is een landelijke database die emissies naar bodem, lucht en water vastlegt (*Emissieregistratie, 2004*). Deze emissies zijn onder te verdelen in puntbronnen en diffuse bronnen, en gekoppeld aan afwateringseenheden. Voor de systeem-niveaus zijn representatieve afwateringseenheden gekozen. Omdat het gezamenlijke oppervlak van deze eenheden niet gelijk is aan het oppervlak van het theoretisch gekozen systeem, zijn de waarden geschaald.

| 31

Voor de systeem-niveaus zijn de volgende gebieden representatief:



Figuur 3.2 Lokaal boezemsysteem: polder rond gemeente De Ronde Venen





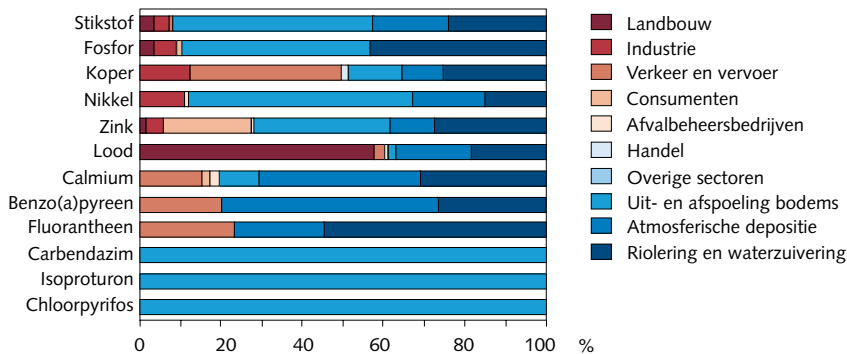
Tabel 3.16 Gecorrigeerde emissie zware metalen, PAK's en glyfosaat voor regionaal stroomgebied

| Stof      | Totale emissie (kg/jaar) | % Riolering | Gecorrigeerde emissie (kg/jaar) |
|-----------|--------------------------|-------------|---------------------------------|
| Zink      | 4.324                    | 8,97        | 3.936                           |
| Koper     | 1.197                    | 10,58       | 1.058                           |
| PAK10     | 174                      | 6,54        | 162                             |
| Glyfosaat | 0,77                     | 0           | 0,77                            |

### 3.6 Uitgangspunten belasting landelijke schaal

Een sluitend landelijk beeld over de selectie van probleemstoffen is lastig te geven. Voor de analyse zijn verschillende landelijke rapportages gebruikt: 'Water in beeld 2007' (V&W, 2007) en 'Van inzicht naar doorzicht' (RIVM/MNP, 2004) en 'Milieubalans 2007' (MNP, 2007). Uiteindelijk verwijzen de meeste rapportages naar dezelfde brongegevens: de landelijke emissieregistratie 2004. De gegevens uit de emissieregistratie zijn dan ook in de analyse gebruikt.

Het milieu- en natuurcompendium zet alle feiten en cijfers over het milieu en de natuur in Nederland overzichtelijk bij elkaar. U krijgt een recent beeld (2005) van de belasting van oppervlaktewater op [www.milieuenatuurcompendium.nl](http://www.milieuenatuurcompendium.nl).



Figuur 3.4 Belasting oppervlaktewater 2005

De gegevens in figuur 3.4 zijn gebruikt voor de landelijke analyse.

### 3.7 Uitgangspunten berekening effect belasting op waterkwaliteit

Om de vertaalslag te maken van belasting naar effecten van maatregelen, zijn waar mogelijk eenvoudige methoden gebruikt. In het kader van dit project was het niet de bedoeling uitgebreide waterkwaliteitsmodellen toe te passen. Hiervoor ontbrak de tijd en bovendien geven de eenvoudige methoden een voldoende eerste beeld voor de gevoeligheidsanalyse.

Voor de verschillende schaalniveaus zijn verschillende methoden toegepast. Tabel 3.17 geeft per systeem voor de verschillende parameters de gebruikte methode aan. Daarna volgt een korte beschrijving van de methoden. Hierbij staat ook de betrouwbaarheid van de methode en in hoeverre de gebruikte methode de resultaten bepaalt.

Voor het landelijke schaalniveau zijn geen effecten van maatregelen berekend.

**Tabel 3.17 Toegepaste modellering per stofgroep en schaalniveau**

|                | Stadsvijver              | Stadssingel              | Lokale boezemsysteem     | Regionaal stroomgebied |
|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| Fosfaat        | Empirisch P-model        | Empirisch P-model        | Empirisch P-model        | Mengmodel met retentie |
| Stikstof       | Eerste orde verwijdering | Eerste orde verwijdering | Eerste orde verwijdering | Mengmodel met retentie |
| BZV            | Volledig mengmodel       | Volledig mengmodel       | –                        | –                      |
| Zuurstof/ BZV  | Tewor-model              | Tewor-model              | –                        | –                      |
| E-coli         | Volledig mengmodel       | Volledig mengmodel       | n.v.t.                   | n.v.t.                 |
| Zware metalen* | Mengmodel waterbodem     | Mengmodel waterbodem     | –                        | –                      |
| Pak's          | Mengmodel waterbodem     | Mengmodel waterbodem     | –                        | –                      |
| Glyfosaat      | –                        | –                        | –                        | –                      |

\* De overweging voor het beschouwen van de effecten op waterbodem i.p.v. waterfase vindt u in paragraaf 3.7.1.

Voor glyfosaat zijn de effecten van maatregelen op de waterkwaliteit niet berekend, omdat onvoldoende (betrouwbare) gegevens voor de belasting beschikbaar zijn.

#### *Empirisch P-model*

De vrachten zijn vertaald naar een effect op het oppervlaktewater met een eenvoudig empirisch model, gebaseerd op onderzoek van Hosper (1997) en Meijer (2000). Dit model relateert de te verwachten fosfaatconcentratie aan de belasting, de verblijftijd en de diepte. Op basis van het model zijn ook het doorzicht en de mogelijkheden voor de groei van waterplanten in te schatten. Op basis hiervan is aan te geven of er een troebel door algen gedomineerd systeem ontstaat of een helder systeem met waterplanten. Het gaat hier om stationaire gemiddelde concentraties, niet om piekconcentraties na een gebeurtenis.

Het model is gebaseerd op gegevens van vele meren en plassen in Nederland. Door regressie worden de karakteristieke eigenschappen en de belasting gerelateerd aan de zomergemiddelde fosfaatconcentratie. Algemeen geldt dat in dergelijke empirische modellen de niet-verklaarde spreiding groot is. Dat betekent dat de resultaten voor een individueel watersysteem aanzienlijk kunnen afwijken van het gemiddelde. Dit geldt zeker als er locatiespecifieke factoren zijn die sterk afwijken van de situatie zoals die geldt voor de systemen in de dataset, waarvan de regressievergelijkingen zijn afgeleid. In dit onderzoek is de methode toegepast op relatief kleine systemen vergeleken met de gebruikte systemen voor het regressiemodel. Daarnaast ligt in veel stadswateren een dikke sliblaag, een situatie die minder vaak voorkomt in de

oorspronkelijke dataset. Hecht daarom niet te veel waarde aan de absolute waarden van de berekende concentraties.

Het model geeft wél inzicht in de belangrijkste sturende factoren voor de gemiddelde fosfaatconcentratie. Belangrijk zijn verblijftijd, diepte en belasting. Bij korte verblijftijden is de belasting de belangrijkste verklarende factor. Voor dergelijke systemen is de betrouwbaarheid van de berekende concentratie het grootst. In dit onderzoek zijn dat de systemen met een belasting vanuit een gescheiden stelsel. Voor (stagnante) systemen met een belasting vanuit een gemengd stelsel is de verblijftijd veel groter en spelen ook andere processen en lokale factoren (zoals een dikke sliblaag) een belangrijke rol. Het model berekent dan veel hogere concentraties, wat overeenkomt met de verwachting: meer accumulatie is het systeem, meer invloed van de bodem. Maar de betrouwbaarheid van de berekende concentraties is veel lager.

| 35

#### *Mengmodel met retentie*

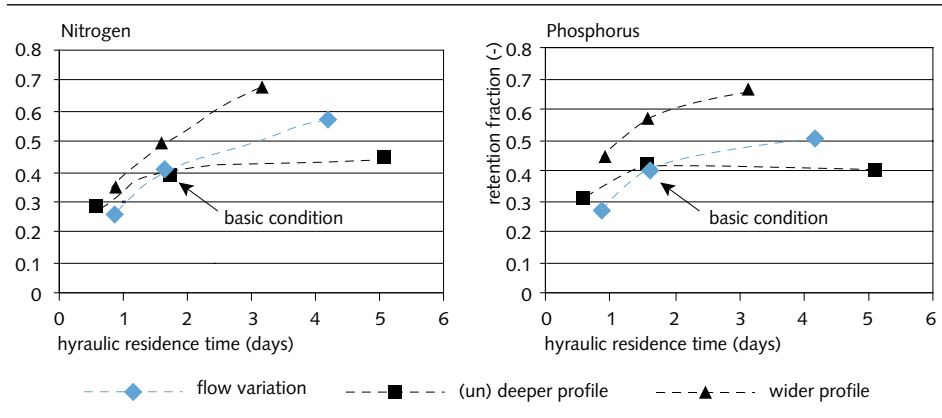
Deze methode is toegepast voor het berekenen van de effecten op de fosfaat- en stikstofconcentraties in het regionale stroomgebied. De concentraties zijn berekend uit de water- en stofbalansen door de totale vracht (aan het eind van het systeem) te delen door de totale afvoer benedenstrooms. Deze gemiddelde stationaire concentratie is een maat voor de kwaliteit. Over de belasting vanuit de landbouw is voor fosfaat een retentiefactor van 0,6 toegepast. Deze representeert zowel de retentie van fosfaat in de haarvaten als in de watergangen van het stroomgebied zelf. Over de belasting vanuit de rwzi is geen retentie in rekening gebracht. De aanname is dat deze ergens benedenstrooms loost op het hoofdwatersysteem. Voor stikstof is een retentiefactor van 0,7 gebruikt. Alle processen die invloed hebben op de fosfaat- en stikstofhuishouding worden gevat in de retentievoëfficiënt. Deze gecombineerde parameter brengt vooral de effecten van processen in de haarvaten van het stroomgebied in rekening. De in de literatuur gerapporteerde reikwijdte van de retentievoëfficiënten is groot.

Ter illustratie staan in tabel 3.18 enkele fosfaatretenties voor de stroomgebieden van een aantal beeksystemen in het beheergebied van het waterschap Vallei en Eem (onderverdeeld naar seizoen). Voor de zomer varieert de retentievoëfficiënt voor fosfaat tussen de 0,3 en 0,7. Met name de grootte van het stroomgebied, de dichtheid van sloten (haarvaten), de verblijftijd en de aanwezigheid van vegetatie in de haarvaten bepalen de retentie. Figuur 3.5 toont de afhankelijkheid van de verblijftijd (*De Klein, 2008*).

**Tabel 3.18 Retentiecoëfficiënten voor fosfaat in stroomgebied beken beheergebied waterschap Vallei en Eem**

| Waterlichaam                 | Gemiddelde   |       |              | Standaarddeviatie |       |              |
|------------------------------|--------------|-------|--------------|-------------------|-------|--------------|
|                              | Winter begin | Zomer | Winter einde | Winter begin      | Zomer | Winter einde |
| Benedenloop Barneveldse Beek | -0,02        | -0,17 | -0,05        | -0,17             | 0,22  | 0,29         |
| Eem                          | 0,23         | 0,39  | 0,13         | 0,09              | 0,10  | 0,10         |
| Esvelderbeek                 | 0,27         | 0,62  | 0,72         | 0,39              | 0,21  | 0,19         |
| Grote Valkse Beek            | 0,54         | 0,59  | 0,64         | 0,11              | 0,09  | 0,09         |
| Heiligenbergerbeek           | 0,14         | 0,40  | 0,02         | 0,17              | 0,15  | 0,45         |
| Hoewelakense Beek            | 0,04         | 0,70  | 0,75         | 0,50              | 0,14  | 0,12         |
| Kleine Barneveldse Beek      | 0,35         | 0,67  | 0,74         | 0,48              | 0,22  | 0,15         |
| Lunterse Beek                | 0,47         | 0,58  | 0,47         | 0,25              | 0,16  | 0,36         |
| Middenloop Barneveldse Beek  | 0,52         | 0,66  | 0,67         | 0,31              | 0,15  | 0,19         |
| Modderbeek                   | 0,48         | 0,71  | 0,67         | 0,14              | 0,19  | 0,10         |
| Moorsterbeek                 | 0,19         | 0,44  | 0,36         | 0,41              | 0,19  | 0,56         |
| Valleikanaal                 | 0,17         | 0,29  | 0,34         | 0,21              | 0,14  | 0,16         |
| Zijdeweteing                 | 0,63         | 0,71  | 0,60         | 0,17              | 0,18  | 0,15         |

36 |



**Figuur 3.5 Relatie tussen retentiecoëfficiënt en verblijftijd (De Klein, 2008)**

In de tabellen 3.19 en 3.20 staat de gevoeligheid van de retentiecoëfficiënt voor respectievelijk fosfaat en stikstof. De tabellen geven bij negen verschillende combinaties van belastingen uit de afvalwaterketen en landbouw (andere bronnen) de berekende concentratie weer. Deze combinaties komen tot stand door drie reële situaties voor de afvalwaterketen (lage, gemiddelde en hoge literatuurwaarden voor rekenconcentraties) te combineren met drie reële situaties voor de overige bronnen (lage, gemiddelde en hoge literatuurwaarden). Voor elke combinatie is bepaald in hoeverre de resulterende fosfaatconcentratie voldoet aan de gewenste kwaliteit. Voor fosfaat is de gewenste kwaliteit het MTR. In de tabel staat in het groen een belastingcombinatie die leidt tot een te verwachten fosfaatconcentratie kleiner dan het MTR. Uitkomsten tussen het MTR en  $2 \cdot \text{MTR}$  staan in het geel en uitkomsten groter dan  $2 \cdot \text{MTR}$  staan in het rood. Zo is direct duidelijk of er combinaties van belastingen vanuit afvalwaterketen en overige bronnen zijn die wel en niet voldoen aan de gewenste kwaliteit.

**Tabel 3.19 Gevoeligheid retentievoëfficiënt voor fosfaat**

**Fosfaatconcentratie (mg/l) in stroomgebied bij een retentie van 0,6**

|                             |         | Andere bronnen (kg/jaar) |        |        |
|-----------------------------|---------|--------------------------|--------|--------|
|                             |         | 23.200                   | 32.000 | 44.000 |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 48.418  | 0,19                     | 0,22   | 0,25   |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 183.947 | 0,56                     | 0,59   | 0,62   |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 369.306 | 1,07                     | 1,09   | 1,12   |

**Fosfaatconcentratie (mg/l) in stroomgebied bij een retentie van 0,3**

|                             |         | Andere bronnen (kg/jaar) |        |        |
|-----------------------------|---------|--------------------------|--------|--------|
|                             |         | 40.600                   | 56.000 | 77.000 |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 48.418  | 0,24                     | 0,28   | 0,34   |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 183.947 | 0,61                     | 0,65   | 0,71   |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 369.306 | 1,11                     | 1,15   | 1,21   |

**Tabel 3.20 Gevoeligheid retentievoëfficiënt voor stikstof**

**Stikstofconcentratie (mg/l) in stroomgebied bij een retentie van 0,7**

|                             |           | Andere bronnen (kg/jaar) |         |         |
|-----------------------------|-----------|--------------------------|---------|---------|
|                             |           | 476.027                  | 725.507 | 725.507 |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 468.479   | 2,6                      | 3,2     | 3,2     |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 830.640   | 3,5                      | 4,2     | 4,2     |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 1.393.033 | 5,1                      | 5,7     | 5,7     |

**Stikstofconcentratie (mg/l) in stroomgebied bij een retentie van 0,35**

|                             |           | Andere bronnen (kg/jaar) |           |           |
|-----------------------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|
|                             |           | 975.000                  | 1.495.000 | 1.495.000 |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 468.479   | 3,9                      | 5,3       | 5,3       |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 830.640   | 4,9                      | 6,3       | 6,3       |
| afvalwatersysteem (kg/jaar) | 1.393.033 | 6,4                      | 7,8       | 7,8       |

Tabel 3.19 laat zien dat de fosfaatconcentraties bij een lagere retentie weliswaar iets hoger worden, maar dat het beeld hetzelfde blijft. Dit komt omdat de belasting vanuit de keten overheersend is. Voor stikstof (zie tabel 3.20) is het effect van een halvering van de retentie veel groter. Hier zijn de belastingen vanuit de keten en de landbouw ongeveer even groot.

#### *Eerste orde verwijdering voor stikstof*

Voor stikstof zijn de belastingen omgerekend naar een gemiddelde concentratie met een eenvoudig stationair eerste orde afbraakmodel. Aanname is dat de vijver volledig is gemengd. Er is gerekend met een overall afbraaksnelheidsconstante van 0,03 per dag. Deze constante representeert de totale verwijdering van stikstof door nitrificatie en denitrificatie. Voor de lozing vanuit gescheiden en verbeterd gescheiden stelsels is de aanname dat de stikstof volledig in de waterkolom afbreekt. Voor de lozingen uit gemengde stelsels is de aanname dat 50% van de stikstof zeer snel sedimenteert en niet in de waterkolom afbreekt. De gevoeligheid voor dit percentage is laag, omdat voor de stadsvijver, de singel en het lokale boezemsysteem de relatieve bijdrage vanuit de andere bronnen de concentratie in hoge mate bepaalt.

Belangrijker is de keuze van de afbraaksnelheidsconstante. Deze gecombineerde parameter omvat het effect van alle processen die een rol spelen in de stikstofhuishouding. Denk aan accumulatie in de waterbodem, nitrificatie en denitrificatie, en de vastlegging in biomassa. Het effect van deze processen neemt toe bij een langere verblijftijd in het systeem. Vooral in de systemen belast vanuit gemengde stelsels zal de keuze van de afbraaksnelheid veel invloed hebben op de berekende concentraties. Voor systemen met een korte verblijftijd (belast uit gescheiden stelsels) is vooral de belasting van belang. Hiervoor zullen de resultaten betrouwbaarder zijn.

#### *Volledig mengmodel*

Deze methode is toegepast om de BZV en de E-coliconcentraties te berekenen voor de stadsvijver en de stadssingel. Op basis van het volume, de hydraulische belasting en de belasting van stof wordt de initiële concentratie direct na een gebeurtenis berekend. Uitgangspunt hierbij is volledige menging van het ontvangende watersysteem. Of dit geldt, hangt sterk af van de lokale lozingsituatie én de grootte en geometrie van het systeem. De berekende concentraties geven dan ook slechts een theoretische benadering van de werkelijkheid en zijn een conservatieve schatting daarvan. De werkelijke piekconcentraties kunnen bij onvolledige menging hoger zijn. Dit betekent dat de conclusies voor E-coli (problemen met hygiënische betrouwbaarheid voor alle relevante systemen) geldig blijven. Voor BZV (van belang voor de zuurstofhuishouding) geldt sowieso een theoretische benadering (zie hierna onder het kopje 'TEWOR').

#### *TEWOR*

De effecten op de zuurstofhuishouding zijn berekend met een zuurstofmodel. Dit model beschrijft de processen in de zuurstofhuishouding op dezelfde manier als TEWOR. Ook zijn de standaardprocescoëfficiënten uit de TEWOR-methodiek toegepast. Als invoer van het model is de maximale piekconcentratie BZV gebruikt, die ontstaat na volledige menging van de geloosde vracht over de hele vijver. Aanname is dat 50% van de BZV-vracht uit de gemengde stelsels zeer snel sedimenteert en geen zuurstofvraag heeft in de waterkolom. Om rekening te houden met dit proces, zijn de piekconcentraties na menging gehalveerd.

De benadering volgens TEWOR wordt algemeen gebruikt bij het beoordelen van effecten van lozingen uit rioolstelsels op stadswateren. Het is een gestandaardiseerde methode die lokale omstandigheden niet meeneemt, zoals een dikke sliblaag en achtergrondconcentraties. TEWOR is bedoeld als een theoretisch model om het effect van een lozing inzichtelijk te maken. Uitgangspunt daarbij is dat de achtergrondsituatie voldoet aan het MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico). Toepassing van dit model in het kader van dit onderzoek sluit goed aan bij het in de praktijk gehanteerde toetsingskader.

### *Mengmodel waterbodem*

Voor de stadsvijver en de stadsingel is een schatting gemaakt van de waterbodemkwaliteit op basis van de belasting met metalen en zwevende stof. De concentratie metalen in het slib (uitgedrukt in ug/kg droge stof) is berekend door de totale belasting met een metaal te delen door de totale belasting met zwevende stof. De berekende concentratie reflecteert de kwaliteit van de waterbodemtoplaag. Aanname is dat het slib zich gelijkmatig over het totale bodemoppervlak van het systeem verspreidt. Voor een klein systeem als de stadsvijver is deze aanname gerechtvaardigd. Ook voor de stadssingel gaat deze wel op, mits de belasting verspreid over verschillende lozingspunten in het systeem komt. Voor de grotere systemen (de lokale boezem en het regionale stroomgebied) geldt deze aanname zeker niet en is deze benadering ook niet toe te passen. Deze benadering is meer een 'worst case'-schatting. In werkelijkheid liggen de gehalten naar verwachting lager, omdat een deel van de metalen uitloopt uit de waterbodem. De resultaten moet u dan ook zien als een 'worst case'-benadering. Voor situaties waarin deze methode geen problemen voorspelt, zijn die er in werkelijkheid ook niet.

| 39

### **3.7.1 Zijn zware metalen in oppervlaktewater een probleem?**

De Europese Kader Richtlijn Water (KRW) hanteert een andere normering dan de 4<sup>e</sup> Nota Water. Bij de toetsing van zwaremetalengehalten aan de KRW-normen blijkt dat er veel minder overschrijdingen zijn. Voor de KRW worden de analyseresultaten van gefiltreerde gehalten getoetst.

Stoffen komen in oppervlaktewater voor als:

- gebonden aan zwevende stof;
- anorganisch (metaal) complex;
- gebonden aan DOC;
- vrij opgelost.

Niet-opgeloste metalen of metalen gebonden aan opgeloste organische koolstof tasten volgens de nieuwste inzichten de waterkwaliteit nauwelijks aan en vergiftigen de levende wezens niet. Dit houdt feitelijk in dat alleen de fractie vrij opgeloste metalen zou moeten worden getoetst.

In Nederland is het MTR een harde norm. Totale gehalten aan zware metalen worden getoetst aan het MTR, met een correctie voor standaardwater. (Standaardwater is water waarin 30 mg/l zwevende stof zit. Uitgangspunt is dat deze zwevende stof 20% organische stof en 40% lutum bevat.)

Vooralsnog is er geen verandering in de Nederlandse normen. De Unie van Waterschappen gaat de normen bespreken met de ministeries van VROM en Verkeer & Waterstaat. Voorlopig is de Nederlandse normering het uitgangspunt.

### 3.8 Uitgangspunten verkennen effecten maatregelen

Dit onderzoek verkent de effecten van enkele gangbare maatregelen in het afvalwaterstelsel op de waterkwaliteitsproblemen per schaalniveau. Uitgangspunt zijn de volgende maatregelen:

#### *Kleine en middelgrote schaal*

Maatregelen in het gescheiden stelsel:

- lamellenfilter;
- bodempassage;
- ombouw naar verbeterd gescheiden stelsel;
- straatreinigen.

40 |

Maatregelen in het gemengde stelsel:

- afkoppelen via infiltratie;
- groene berging.

#### *Stroomgebied*

Behalve de genoemde maatregelen ook het realiseren van een verhoogde effluentkwaliteit. Bijvoorbeeld door een extra zuiveringstrap of optimalisatie van het zuiveringsproces bij de rwzi.

De subparagrafen 3.8.1 tot en met 3.8.7 beschrijven per maatregel de gehanteerde uitgangspunten bij het doorrekenen van de maatregelen.

#### **3.8.1 Lamellenfilter**

Het maximale effect van lamellenfilters wordt behaald als alle regenwateruitlaten lamellenfilters hebben. Uitgangspunt is dat de filters zodanig op een maatgevende afvoer zijn ontworpen, dat 90% van het jaarvolume via het lamellenfilter afvoert. De rendementen van de lamellenfilters zijn gebaseerd op recent onderzoek in de gemeente Arnhem, aangevuld met schattingen (zie tabel 3.21).

**Tabel 3.21 Verwijderingsrendementen lamellenfilters**

| Parameter | Rendement lamellenfilter | Parameter   | Rendement lamellenfilter |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| N-totaal  | 0,2                      | Totaal coli | 0,2                      |
| P-totaal  | 0,3                      | Cr          | 0,2                      |
| Cu        | 0,2                      | Cd          | 0,2                      |
| Zn        | 0,3                      | Pb          | 0,4                      |
| PAK       | 0,2                      | Ni          | 0,2                      |
| Glyfosaat | 0,2                      | Hg          | 0,2                      |
| BZV       | 0,2                      |             |                          |



### 3.8.2 Bodempassage

Het maximale effect van bodempassages wordt behaald als alle regenwateruitlaten afvoeren via een bodempassage. Uitgangspunt is dat de bodempassages zodanig op een maatgevende afvoer zijn ontworpen, dat 67% van het jaarvolume via de bodempassage afvoert. De rendementen zijn gebaseerd op recent onderzoek in de gemeente Arnhem, aangevuld met schattingen (zie tabel 3.22).

Tabel 3.22 Verwijderingsrendementen bodempassages

| Parameter | Rendement bodempassage | Parameter   | Rendement bodempassage |
|-----------|------------------------|-------------|------------------------|
| N-totaal  | 0,5                    | Totaal coli | 0,8                    |
| P-totaal  | 0,4                    | Cr          | 0,7                    |
| Cu        | 0,7                    | Cd          | 0,7                    |
| Zn        | 0,8                    | Pb          | 0,7                    |
| PAK       | 0,8                    | Ni          | 0,7                    |
| Glyfosaat | niet bekend            | Hg          | 0,7                    |
| BZV       | 0,6                    |             |                        |

| 41

### 3.8.3 Ombouw naar verbeterd gescheiden stelsel (VGS)

Bij het ombouwen van een gescheiden stelsel naar een VGS is uitgegaan van standaard-kengetallen voor een VGS van 4 mm en een pompovercapaciteit van 0,3 mm/h.

### 3.8.4 Straatreinigen

Het effect van straatreinigen is berekend door de aan te nemen dat:

- 50% van de belasting bestaat uit water met de kwaliteit van vallende neerslag;
- 50% van de belasting bestaat uit afstromend regenwater van daken.

Cijfers over de kwaliteit van neerslag en afstromend regenwater van daken zijn beschikbaar, maar zijn schaarser dan die van afstromend regenwater van daken en wegen. Voor koper is uitgegaan van geen verschil, omdat het grootste deel van de belasting van daken/dakgoten afkomstig is.

### 3.8.5 Afkoppelen via infiltratie

De aanname is dat maximaal 20% van het totale oppervlak via infiltratie is af te koppelen. De pompcapaciteit van het stelsel blijft gelijk, zodat de pompovercapaciteit toeneemt van 0,7 naar 0,9 mm/h. Hierdoor is het effect op de riooloverstortingen maximaal.

### 3.8.6 Groene berging

Het uitgangspunt is de aanleg van maximaal 14 mm groene berging. De totale berging wordt dan 7 mm voor het stelsel + 2 mm voor de randvoorziening + 14 mm groene berging. Dit systeem heeft een overstortingsfrequentie van eens per twee jaar.

### **3.8.7 Realiseren hoge effluentkwaliteit rwzi: N = 4, P = 0,5**

Voor het schaalniveau stroomgebied is onderzocht welk effect het verhogen van de effluentkwaliteit heeft op de waterkwaliteit. Het uitgangspunt is een effluentkwaliteit met een N-totaal van 4 mg N/l en een P-totaal van 0,5 mg N/l. Afhankelijk van de situatie is deze kwaliteit te bereiken met een ultralaagbelaste rwzi, een MBR of aanvullende zandfiltratie. Voor de effluentconcentraties van de overige parameters is het uitgangspunt de effluentkwaliteit als opgenomen in de STOWA-rapportage 'Effluentna-behandeling op rwzi Zaltbommel' (2007).

# 4 Stadsvijver: beschouwing onderzoeksvragen

## 4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt voor de stadsvijver de onderzoeksvragen 2 en 3:

- Wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?
- In hoeverre is die relatieve bijdrage te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?

De kenmerken van een stadsvijver vindt u in paragraaf 2.2.1.

## 4.2 Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?

De relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen is uitgewerkt per stofgroep. In deze paragraaf komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- Fosfaathuishouding (zie paragraaf 4.2.1).
- Stikstofhuishouding (zie paragraaf 4.2.2).
- Zuurstofhuishouding (zie paragraaf 4.2.3).
- Zware metalen (zie paragraaf 4.2.4).
- PAK10 (zie paragraaf 4.2.5).
- Hygiënische betrouwbaarheid (zie paragraaf 4.2.6).
- Bestrijdingsmiddelen: glyfosaat (zie paragraaf 4.2.7).
- Resultaten onderzoeksvraag 2 (zie paragraaf 4.2.8).

| 43

### 4.2.1 Fosfaathuishouding

De relatieve bijdrage aan de fosfaathuishouding is bepaald voor een stadsvijver van 0,5 m diep met lozing vanuit een gemengd stelsel en lozing vanuit een gescheiden stelsel. Op basis van de belasting vanuit verschillende bronnen (afvalwatersysteem en andere bronnen), hydraulische verblijftijd en de diepte is de resulterende fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater bepaald met een eenvoudig empirisch model (Meijer, 2000; zie paragraaf 3.7). Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor negen combinaties van belastingen vanuit de afvalwaterketen en overige bronnen. Deze combinaties komen tot stand door drie reële situaties voor de afvalwaterketen (lage, gemiddelde en hoge literatuurwaarden voor rekenconcentraties) te combineren met drie reële situaties voor de overige bronnen (lage, gemiddelde en hoge literatuurwaarden). Voor elke combinatie is bepaald in hoeverre de resulterende fosfaatconcentratie voldoet aan de gewenste kwaliteit. Voor fosfaat is de gewenste kwaliteit het MTR.

Tabel 4.1 toont de resultaten voor de stadsvijver waarop een gescheiden rioolstelsel loost. In het groen staat hier een belastingcombinatie die tot een te verwachten fosfaatconcentratie leidt die kleiner is dan het MTR. Uitkomsten tussen het MTR en

2\*MTR staan in het geel en uitkomsten groter dan 2\*MTR staan in het rood. Zo is direct duidelijk of er combinaties van belastingen vanuit afvalwaterketen en overige bronnen zijn die wel en niet voldoen aan de gewenste kwaliteit.

**Tabel 4.1 P-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|---|------|--|------|------|
|   |      | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,9  | 0,04                                   | 0,30 | 0,54 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 3,0  | 0,12                                   | 0,37 | 0,62 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 11,3 | 0,42                                   | 0,67 | 0,92 |

De waarden in de gekleurde cellen van tabel 4.1 zijn de resulterende fosfaatconcentraties in de stadsvijver. De waarden boven de gekleurde cellen zijn de belasting van overige bronnen, oplopend van links naar rechts. De waarden links van de gekleurde cellen zijn de emissies vanuit de afvalwaterketen, oplopend van boven naar beneden. De reikwijdtes van de belasting vanuit overige bronnen (0,2 tot 14 kg P/j) en de afvalwaterketen (0,9 tot 11,3 kg P/j) komen aardig overeen, waardoor geen van beide altijd de dominante belastingsbron is.

44 |

Tabel 4.1 laat zien dat bij een lage belasting vanuit overige bronnen (0,2 kg P/j) en een lage tot gemiddelde belasting vanuit de afvalwaterketen (0,9 tot 3,0 kg P/j) is te voldoen aan het MTR voor P-totaal. De maximale rekenbelasting vanuit de afvalwaterketen is dermate hoog, dat de waterkwaliteit onafhankelijk van de overige bronnen altijd onvoldoende blijft. Ook laat de tabel zien dat bij een gemiddelde tot hoge belasting vanuit overige bronnen de emissiegrootte vanuit het afvalwatersysteem niet meer van belang is. De waterkwaliteit is dan in alle gevallen onvoldoende.

Tabel 4.2 laat de resultaten van een vergelijkbare exercitie zien voor de situatie waarin alleen een gemengd rioolstelsel op de stadsvijver loost. De reikwijdte van de belasting vanuit het gemengde stelsel is veel kleiner dan bij het gescheiden riool. De maximale belasting vanuit het gemengde riool ligt met 2,9 kg P/j zelfs bijna 75% lager dan die vanuit het gescheiden rioolstelsel. Desondanks is de score op te verwachten oppervlaktewaterkwaliteit duidelijk slechter dan in tabel 4.1. Dit komt door de berekeningswijze, waar de verblijftijd in de stadsvijver een grote rol speelt. Dus hoewel de belasting van het gemengde stelsel lager ligt, is de resulterende oppervlaktewaterkwaliteit juist slechter. Deze conclusie is van belang met het oog op de beoordeling van de ernst van een bepaalde emissie.

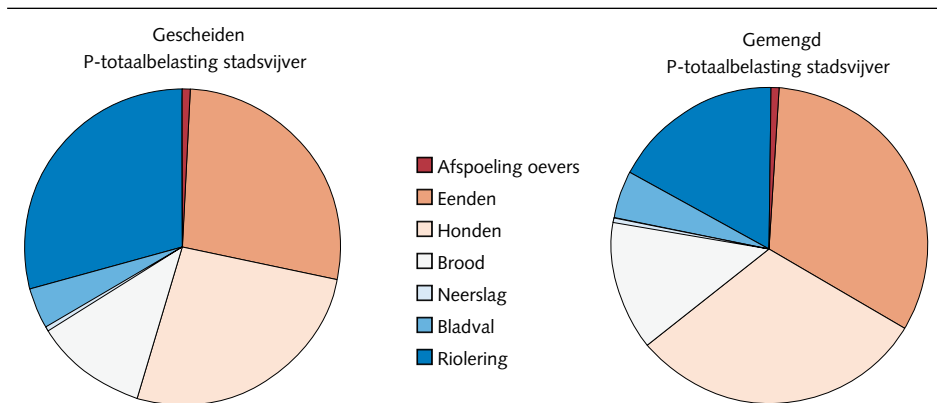
**Tabel 4.2 P-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

|  |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|--|-----|--|------|------|
|  |     | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                        |     |  |      |      |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 1,3 | 0,30                                   | 1,71 | 3,07 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 1,9 | 0,42                                   | 1,83 | 3,19 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 2,9 | 0,63                                   | 2,04 | 3,40 |

De bijdrage door honden, eenden en het voeren van eenden domineert de belasting vanuit de overige bronnen (zie tabel 4.3 en figuur 4.1). In de minimale variant is het uitgangspunt dat deze bronnen afwezig zijn. Dit biedt ook direct een doorkijk naar mogelijke maatregelen. Als in de stadsvijver problemen met de fosfaathuishouding niet wenselijk zijn, dan is het voorkomen van belasting door honden en eenden een harde randvoorwaarde voor succes.

**Tabel 4.3 Jaarvrucht P op stadsvijver (kg)**

| Emissiebron                   | P-totaal kg/jaar |             |              |
|-------------------------------|------------------|-------------|--------------|
|                               | Laag             | Gemiddeld   | Hoog         |
| Afspoeling oevers             | 0,10             | 0,10        | 0,10         |
| Eenden                        | 0                | 2,80        | 6,40         |
| Honden                        | 0                | 2,69        | 5,38         |
| Brood                         | 0                | 1,20        | 1,20         |
| Neerslag                      | 0,03             | 0,03        | 0,03         |
| Bladval                       | 0,08             | 0,41        | 0,90         |
| <b>Totaal overige bronnen</b> | <b>0,21</b>      | <b>7,23</b> | <b>14,01</b> |
| Gescheiden riolering          | 0,90             | 3,00        | 11,30        |
| Gemengde riolering            | 1,30             | 1,90        | 2,90         |



N.B. Links de verdeling bij gescheiden riolering, rechts bij gemengde riolering  
 Figuur 4.1 Verdeling nutriëntenbelasting naar bron (gemiddelde waarden)

#### 4.2.2 Stikstofhuishouding

De in paragraaf 4.2.1 voor fosfaat beschreven presentatiemethode geldt ook voor stikstof. Hierbij is de waterkwaliteit getoetst aan het MTR. De reikwijdte van belastingen vanuit de afvalwaterketen en overige bronnen is voor stikstof vergelijkbaar met die voor fosfaat (17 - 78 kg N/j vanuit overige bronnen, 14 - 61 kg N/j voor gescheiden rioolstelsels). De berekeningswijze van de waterkwaliteit vindt u in paragraaf 3.7.

Tabel 4.4 geeft de resultaten voor de stadsvijver waarop een gescheiden rioolstelsel loost. Bij de combinatie met de laagste belasting (minimale literatuurwaarden voor afvalwaterketen en overige bronnen) voldoen de waarden ruim aan het MTR, terwijl bij de hoogste belastingen de concentratie boven 2\* MTR uitkomt. Dit houdt in dat de bijdrage vanuit het gescheiden rioolstelsel aan de waterkwaliteitsproblemen significant kan zijn. Daarom is goed inzicht in de feitelijke bijdrage vanuit het gescheiden rioolstelsel van belang.

46 |

**Tabel 4.4 N-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

| Norm (MTR): 2,2 mg/l                            |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|---|------|--|------|------|
|   |      | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 14,0 | 1,09                                   | 2,18 | 3,22 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 19,8 | 1,29                                   | 2,38 | 3,43 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 60,5 | 2,72                                   | 3,80 | 4,85 |

Tabel 4.5 geeft juist een heel ander beeld. De emissie vanuit het gemengde rioolstelsel is een factor 3 tot 9 kleiner dan de belasting vanuit overige bronnen. De waterkwaliteit voor stikstof is hiermee onafhankelijk van de emissiegrootte vanuit het gemengde rioolstelsel. Hieruit is te concluderen dat:

- 1 het niet noodzakelijk is op dit schaalniveau meer inzicht in de stikstofemissie vanuit gemengde rioolstelsels te hebben;
- 2 maatregelen in het gemengde rioolstelsel niet kunnen bijdragen aan het bereiken van de gewenste waterkwaliteit voor N-totaal.

**Tabel 4.5 N-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

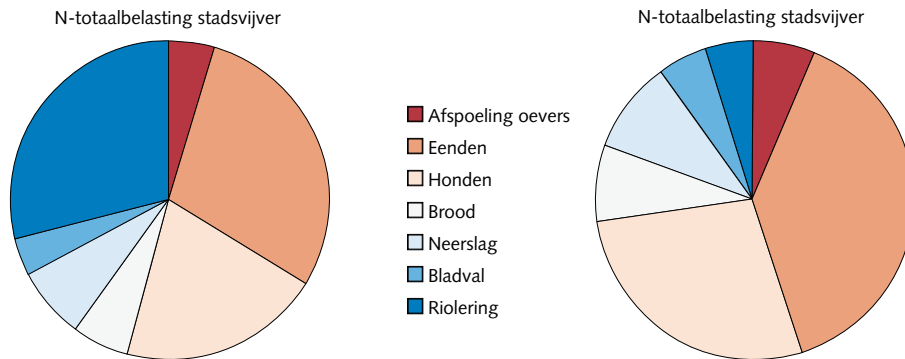
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|--|-----|--|------|------|
|  |     | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 6,1 | 0,66                                   | 1,54 | 2,40 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 7,9 | 0,72                                   | 1,60 | 2,45 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 9,1 | 0,75                                   | 1,63 | 2,48 |

Ter illustratie geven tabel 4.6 en figuur 4.2 een beeld van de herkomst van de jaarlijkse stikstofbelasting op de stadsvijver. Ook voor stikstof blijken uitwerpselen van eenden en honden een significante bijdrage aan de totale belasting te leveren.

Tabel 4.6 Belasting stikstof op stadsvijver (kg)

| Emissiebron                   | N-totaal kg/jaar |             |             |
|-------------------------------|------------------|-------------|-------------|
|                               | Laag             | Gemiddeld   | Hoog        |
| Afspoeling oevers             | 3,2              | 3,2         | 3,2         |
| Eenden                        | 4,6              | 19,7        | 34,0        |
| Honden                        | 0                | 14,1        | 27,9        |
| Brood                         | 4,0              | 4,0         | 4,0         |
| Neerslag                      | 4,9              | 4,9         | 4,9         |
| Bladval                       | 0,7              | 2,6         | 4,5         |
| <b>Totaal overige bronnen</b> | <b>17,3</b>      | <b>48,4</b> | <b>78,4</b> |
| Gescheiden riolering          | 14,0             | 19,8        | 60,5        |
| Gemengde riolering            | 6,1              | 7,9         | 9,1         |

N.B. De tabel toont per bron een boven- en ondergrens.



Figuur 4.2 Verdeling nutriëntenbelasting naar bron (gemiddelde waarden)

N.B. Links de verdeling bij gescheiden riolering, rechts bij gemengde riolering.

#### 4.2.3 Zuurstofhuishouding

De zuurstofhuishouding is in beeld gebracht op basis van een zuurstofmodel net als in TEWOR. Hierbij is de zuurstofhuishouding voor piekgebeurtenissen bepaald, waarbij de overige bronnen niet zijn meegenomen. De gehanteerde werkwijze is als volgt:

- bepalen lozingsvolume per piekgebeurtenis;
- bepalen BZV-lozing per piekgebeurtenis met lage, gemiddelde en hoge concentratie uit literatuur;
- bepalen minimale zuurstofconcentratie in stadsvijver;
- bepalen score:
  - minimale zuurstofconcentratie > 5 mg O<sub>2</sub>/l (groen in de tabellen 4.7 en 4.8);
  - 2 mg O<sub>2</sub>/l < minimale zuurstofconcentratie < 5 mg O<sub>2</sub>/l (geel in de tabellen 4.7 en 4.8);
  - minimale zuurstofconcentratie < 2 mg O<sub>2</sub>/l (rood in de tabellen 4.7 en 4.8).

Zoals verwacht leidt voor gescheiden rioolstelsels de emissie bij geen enkele herhalingstijd tot problemen in de stadsvijver (zie tabel 4.7). Voor gemengde rioolstelsels

(zie tabel 4.8) treden wel degelijk problemen op. Afhankelijk van de gehanteerde rekenconcentratie doen zich al problemen voor bij een bui T = 0,5 bij hoge rekenconcentraties en een bui T = 5 bij lage rekenconcentraties. Dit houdt in dat het specifieke ontwerp en beheer van het gemengde rioolstelsel bepalen in hoeverre de zuurstofhuishouding in de stadsvijver van 0,5 m diep problematisch is.

**Tabel 4.7 Minimale zuurstofconcentratie (mg/l) in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

| gescheiden rioolstelsel     |                          | concentratie geloosd water (mg BZV/l) |     |     |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----|-----|
| herhalingsstijd bui: (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 2,5                                   | 4   | 14  |
| T = 10                      | 2.053                    | 8,9                                   | 8,4 | 5,1 |
| T = 5                       | 1.821                    | 8,9                                   | 8,5 | 5,3 |
| T = 2                       | 1.040                    | 9,1                                   | 8,7 | 6,3 |
| T = 1                       | 947                      | 9,1                                   | 8,8 | 6,5 |
| T = 0,5                     | 765                      | 9,1                                   | 8,8 | 6,9 |
| T = 0,2                     | 549                      | 9,2                                   | 9,0 | 7,4 |
| T = 0,1                     | 331                      | 9,3                                   | 9,1 | 8,1 |
| T = 1 maand                 | 304                      | 9,3                                   | 9,1 | 8,2 |
| T = 0,5 maand               | 158                      | 9,3                                   | 9,3 | 8,7 |

**Tabel 4.8 Minimale zuurstofconcentratie (mg/l) in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

| gemengd rioolstelsel        |                          | concentratie geloosd water (mg BZV/l) |     |     |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----|-----|
| herhalingsstijd bui: (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 40                                    | 82  | 124 |
| T = 10                      | 802                      | 1,6                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 5                       | 744                      | 2,0                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 2                       | 292                      | 5,8                                   | 1,8 | 0,0 |
| T = 1                       | 168                      | 7,1                                   | 4,7 | 2,3 |
| T = 0,5                     | 101                      | 8,0                                   | 6,5 | 4,9 |
| T = 0,2                     | 2                        | 9,4                                   | 9,4 | 9,3 |

#### 4.2.4 Zware metalen

De belasting van het oppervlaktewater met zware metalen is voor de oppervlaktewaterkwaliteit alleen nadelig als de zware metalen ook (bio)beschikbaar zijn in de waterfase. Het bepalen van het daadwerkelijk beschikbare gehalte aan zware metalen is moeilijk. In de waterfase kunnen de zware metalen namelijk in een aantal vormen voorkomen en deze verdeling is lastig te bepalen. Naar het zich nu laat aanzien, vormen de zware metalen in de waterfase geen groot probleem in Nederland.

Een probleem dat lokaal wél een rol speelt, is de oplading van slib op de waterbodem met zware metalen. Om dit probleem te kunnen inschatten, is de belasting vanuit de afvalwaterketen en overige bronnen vertaald naar een te verwachten kwaliteit van het slib in de waterbodem van de stadsvijver. Dit is gebeurd op basis van het in paragraaf 3.7 beschreven mengmodel, waarbij de jaarlijkse metaalbelasting is verdeeld over de jaarlijkse slibaanwas door zwevende stof. De jaarlijkse metaalbelasting vindt u in tabel 4.10.



De presentatie is identiek aan die van fosfaat en stikstof. De kwaliteit van de waterbodem is getoetst aan de waarden uit tabel 4.9. De kleurcoderingen in tabellen 4.10 tot en met 4.13 staan voor:

- groen: berekende concentratie < toegestane concentratie verspreiding in zoet water;
- geel: berekende concentratie > toegestane concentratie verspreiding in zoet water en < interventiewaarde;
- rood: berekende concentratie > interventiewaarde.

**Tabel 4.9 Toetsingskader slibkwaliteit**

| Toetsingswaarde  | Koper     | Zink        | PAK10    |
|--|-----------|-------------|----------|
| Maximale concentratie toegestaan voor verspreiding van slib/bagger in zoet water | 96 mg/kg  | 563 mg/kg   | 10 mg/kg |
| Interventiewaarde slib   | 190 mg/kg | 2.000 mg/kg | 40 mg/kg |

| 49

Tabel 4.10 laat zien dat de te verwachten slibkwaliteit varieert met de aangehouden rekenconcentratie voor koper in regenwateruitlaten. Alleen bij een lage rekenconcentratie en daarmee een lage jaarbelasting in g/j ontstaan in de stadsvijver geen problemen met de slibkwaliteit. Bij de gemiddelde samenstelling van regenwater uit gescheiden rioolstelsels komt de slibkwaliteit al snel boven de interventiewaarde uit, zij het slechts met een kleine overschrijding. Ondanks de eenvoudige berekeningswijze blijkt de reikwijdte van de berekende waarden goed overeen te komen met de in de praktijk gemeten slibkwaliteit in een regenwatervijver in Nijmegen, voor zowel koper als zink.

**Tabel 4.10 Concentratie koper in slib waterbodem: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

|  |             | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|--|-------------|---------------------------------------|---------|---------|
|  |             | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 35 (105)    | 89                                    | 83      | 78      |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 116 (233)   | 204                                   | 192     | 182     |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 547 (1.746) | 261                                   | 257     | 253     |

Naast de jaarlijkse metaalbelasting vanuit het gescheiden stelsel en de overige bronnen geeft tabel 4.10 de jaarlijkse slibaanwas in kg/jaar tussen (). Deze slibaanwas is berekend op basis van kengetallen voor droge stof per bron.

Voor gemengde stelsels (zie tabel 4.11) is de variatie in belasting een stuk minder en liggen de waarden vrijwel allemaal tussen de interventie- en verspreidingswaarde in. Bij de maximale belasting vanuit de overige bronnen is in tabel 4.11 één vakje groen. De verbetering van de slibkwaliteit is hier toe te schrijven aan de hogere slibaanwas vanuit de overige bronnen.

**Tabel 4.11 Concentratie koper in slib waterbodem: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

|   |    |       | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|---|----|-------|---------------------------------------|---------|---------|
|   |    |       | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 41 | (64)  | 110                                   | 102     | 95      |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 56 | (130) | 126                                   | 118     | 111     |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 69 | (195) | 134                                   | 126     | 119     |

Naast de jaarlijkse metaalbelasting vanuit het gemengde stelsel en de overige bronnen geeft tabel 4.11 de jaarlijkse slibaanwas in kg/jaar tussen (). Deze slibaanwas is berekend op basis van kengetallen voor droge stof per bron.

De resultaten voor zink staan in de tabellen 4.12 en 4.13. Het beeld is vergelijkbaar met dat van koper. Voor gescheiden stelsels is de lozing vanuit de afvalwaterketen dominant en bepalend voor de slibkwaliteit. Bij gemengde rioolstelsels is de variatie in belasting op basis van de rekenconcentraties uit de literatuur dermate klein, dat dit geen effect heeft op de te verwachten slibkwaliteit.

50 |

**Tabel 4.12 Concentratie zink in slib waterbodem: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

|  |       |         | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|--|-------|---------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|  |       |         | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 256   | (105)   | 844                                   | 910       | 968       |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 1.106 | (233)   | 2063                                  | 2044      | 2029      |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 5.238 | (1.746) | 2539                                  | 2525      | 2512      |

Naast de jaarlijkse metaalbelasting vanuit het gescheiden stelsel en de overige bronnen geeft de tabel de jaarlijkse slibaanwas in kg/jaar tussen (). Deze slibaanwas is berekend op basis van kengetallen voor droge stof per bron.

**Tabel 4.13 Concentratie zink in slib waterbodem: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

|   |     |       | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|---|-----|-------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|   |     |       | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 217 | (64)  | 834                                   | 907       | 970       |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 262 | (130) | 815                                   | 880       | 938       |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 287 | (195) | 766                                   | 827       | 882       |

Naast de jaarlijkse metaalbelasting vanuit het gemengde stelsel en de overige bronnen geeft de tabel de jaarlijkse slibaanwas in kg/jaar tussen (). Deze slibaanwas is berekend op basis van kengetallen voor droge stof per bron.

Voor de zware metalen leidt dit op het niveau van de stadsvijver tot de volgende conclusies:

- Goed inzicht in de belasting vanuit gescheiden stelsels en daarmee in de rekenconcentraties bij de uitlaten is belangrijk.
- Voor de riooloverstorten is geen extra inzicht nodig in de emissie van koper en zink.

#### 4.2.5 PAK10

Voor PAK10 zijn in de waterfase nauwelijks problemen te verwachten, omdat alle rekenconcentraties onder het MTR liggen. Maar PAK accumuleert wel in bodemslib, waar net als bij zware metalen op termijn wel degelijk overschrijding van de slibkwaliteitsnormen mogelijk is. Tabel 4.14 toont de rekenconcentratie in slib. Net als voor metalen is hierbij getoetst aan de waarden in tabel 4.9. In geen van de doorgerkende combinaties komt de rekenconcentratie boven de toetswaarden uit. Maar de bijdrage van lokale bronnen is hier niet in beeld gebracht. Een kleine bijdrage hiervan (enkel g/j) zorgt direct voor een overschrijding van de toetswaarden. Maar de interventiewaarde met 40 mg/kg droge stof is nog lang niet aan de orde.

Tabel 4.14 Concentratie PAK in slib waterbodem in mg PAK10/kg droge stof: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel

|  |            | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|--|------------|---------------------------------------|---------|---------|
|  |            | 0 (376)                               | 0 (414) | 0 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 1 (105)    | 2                                     | 2       | 2       |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 3 (233)    | 6                                     | 5       | 5       |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 14 (1.746) | 7                                     | 6       | 6       |

N.B. De belasting in PAK staat in g/jaar, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.

Tabel 4.15 Concentratie PAK in slib waterbodem in mg PAK10/kg droge stof: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel

|   |         | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|---|---------|---------------------------------------|---------|---------|
|   |         | 0 (376)                               | 0 (414) | 0 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 0 (64)  | 0                                     | 0       | 0       |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 0 (130) | 0                                     | 0       | 0       |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 1 (195) | 1                                     | 1       | 1       |

N.B. De belasting in PAK staat in g/jaar, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.

#### 4.2.6 Hygiënische betrouwbaarheid

De hygiënische betrouwbaarheid is getoetst aan de EU-zwemwaternorm van 500 coliformen/100 ml. De presentatie komt overeen met die van de zuurstofhuishouding. Want ook hier moet het effect op de waterkwaliteit per gebeurtenis worden beoordeeld en is de bijdrage van de overige bronnen op deze belasting niet in beeld.

In tabel 4.16 staan de piekconcentraties voor totaal coliformen door overstortingen vanuit het gemengde stelsel. De grootte van de overstortingsgebeurtenis en de te hanteren aantallen coliformen in overstortend water blijken nauwelijks iets uit te maken voor de hygiënische betrouwbaarheid. Behalve bij de bui met een herhalings-tijd van vijf keer per jaar ( $T = 0,2$ ) en minimale aantallen coliformen is de hygiënische betrouwbaarheid overal onvoldoende. Met andere woorden: na elke overstorting is de vijver hygiënisch onbetrouwbaar.

**Tabel 4.16 Totaal coli door overstorting gemengd rioolstelsel in ondiepe vijver (0,5 m) per 100 ml**

| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | concentratie geloosd water (#/100 ml) |          |          |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------|----------|
|                           |                          | 100.000                               | 100.0000 | 100.0000 |
| T = 10                    | 802                      | 4E+04                                 | 3E+05    | 3E+06    |
| T = 5                     | 744                      | 3E+04                                 | 3E+05    | 3E+06    |
| T = 2                     | 292                      | 2E+04                                 | 2E+05    | 2E+06    |
| T = 1                     | 168                      | 1E+04                                 | 1E+05    | 1E+06    |
| T = 0,5                   | 101                      | 7E+03                                 | 6E+04    | 6E+05    |
| T = 0,2                   | 2                        | 4E+02                                 | 2E+03    | 2E+04    |

Voor gescheiden rioolstelsels ligt de situatie iets genuanceerder (zie tabel 4.17). Alleen bij kleine buien en lage rekenconcentraties (in termen van aantallen coliformen/100 ml) leidt de emissie niet tot problemen. Al bij een concentratie van 10<sup>4</sup> coliformen/100 ml is de vijver bij alle buien hygiënisch onbetrouwbaar. Dit is een belangrijke bevinding met het oog op het inpassen van water in de leefomgeving.

52 |

**Tabel 4.17 Totaal coli door overstorting gescheiden rioolstelsel in ondiepe vijver (0,5 m) per 100 ml**

| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | concentratie geloosd water (#/100 ml) |        |         |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------|---------|
|                           |                          | 1200                                  | 120.00 | 120.000 |
| T = 10                    | 2.053                    | 8E+02                                 | 7E+03  | 7E+04   |
| T = 5                     | 1.821                    | 8E+02                                 | 7E+03  | 7E+04   |
| T = 2                     | 1.040                    | 6E+02                                 | 5E+03  | 5E+04   |
| T = 1                     | 947                      | 6E+02                                 | 5E+03  | 5E+04   |
| T = 0,5                   | 765                      | 6E+02                                 | 4E+03  | 4E+04   |
| T = 0,2                   | 549                      | 5E+02                                 | 3E+03  | 3E+04   |
| T = 0,1                   | 331                      | 4E+02                                 | 2E+03  | 2E+04   |
| T = 1 maand               | 304                      | 4E+02                                 | 2E+03  | 2E+04   |
| T = 0,5 maand             | 158                      | 3E+02                                 | 1E+03  | 1E+04   |

#### 4.2.7 Bestrijdingsmiddelen: glyfosaat

De rekenconcentraties glyfosaat in afstromende neerslag liggen ruim onder het MTR, dat ligt op 77 µg/l. De belasting met glyfosaat levert hiermee gemiddeld gezien geen probleem op voor de lokale waterkwaliteit. Maar dit is geen garantie dat deze stof nooit tot problemen leidt. Het risico op hoge pieklozingen door bijvoorbeeld onvoorzichtig gedrag van consumenten of het niet opvolgen van de beleidslijnen voor duurzame onkruidbestrijding (dob) blijft uiteraard bestaan.

#### 4.2.8 Resultaten onderzoeksvraag 2

Tabel 4.18 geeft een overzicht van de resultaten voor het niveau stadsvijver voor onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen? De laatste kolom van tabel 4.18 geeft aan of de bijdrage aan het waterkwaliteitsprobleem afhankelijk is van de toegepaste rekenconcentraties voor de belasting vanuit de waterketen.

Tabel 4.18 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen stadsvijver

| Stofgroep              | Type stelsel | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem? | Is de waterketen de oorzaak? | Is probleem afhankelijk van rekenconcentraties? |
|------------------------|--------------|--|---------------------|------------------------------|---|
| Fosfaathuishouding     | gescheiden   | 30%                                      | 2*MTR               | mede                         | ja  |
| Fosfaathuishouding     | gemengd      | 25%                                      | >> 2*MTR            | ja, door geringe verversing  | ja  |
| Stikstofhuishouding    | gescheiden   | 30%                                      | 1 - 2*MTR           | mede                         | ja  |
| Stikstofhuishouding    | gemengd      | 15%                                      | nee                 | nee                          | nee   |
| Zuurstofhuishouding    | gescheiden   | n.v.t.                                   | geen                | n.v.t.                       | n.v.t.  |
| Zuurstofhuishouding    | gemengd      | n.v.t.                                   | ja, T = 0,5, T = 1  | ja                           | ja  |
| Zware metalen          | gescheiden   | Cu 90%, Zn 84%                           | ja: Cu en Zn > IW   | ja                           | ja  |
| Zware metalen          | gemengd      | Cu 83%, Zn 55%                           | ja: Cu en Zn > VW   | ja                           | nee   |
| PAK10                  | gescheiden   | 100%                                     | nee                 | overige bronnen              | onbekend  |
| PAK10                  | gemengd      | 100%                                     | nee                 | overige bronnen              | onbekend  |
| Hygiënisch betrouwbaar | gescheiden   | n.v.t.                                   | >>zwemwater-norm    | ja                           | ja  |
| Hygiënisch betrouwbaar | gemengd      | n.v.t.                                   | >>zwemwater-norm    | ja                           | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen   | gescheiden   | 100%                                     | nee, << MTR         | overige bronnen              | onbekend  |
| Bestrijdingsmiddelen   | gemengd      | 100%                                     | nee, << MTR         | overige bronnen              | onbekend  |

| 53

#### 4.3 Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?

Bij de uitwerking van de derde onderzoeksvraag zijn dezelfde indeling en presentatie aangehouden als in paragraaf 4.2. Voor elke maatregel zijn ook dezelfde soort tabellen opgesteld. Daarmee zijn de effecten van maatregelen eenvoudig te beoordelen door te kijken naar de verandering in de kleurverdeling in de tabellen per situatie. Als na toepassing van de maatregelen veel verandert in de score op een bepaald waterkwaliteitsprobleem, is deze maatregel effectief. Verandert er niet veel, dan heeft de maatregel nauwelijks effect. De beschouwde maatregelen op het schaalniveau stadsvijver zijn:

Maatregelen in het gescheiden stelsel:

- lamellenfilter;
- bodempassage;
- ombouw naar VGS;
- straatreinigen.

Maatregelen in het gemengde stelsel:

- afkoppelen via infiltratie;
- groene berging.

### 4.3.1 Effect maatregelen op fosfaathuishouding

Tabel 4.19 geeft een overzicht van de effecten van maatregelen in gescheiden rioolstelsels. Zoals verwacht zetten deze maatregelen nauwelijks zoden aan de dijk, omdat de fosfaatbelasting uit de omgeving medebepalend is. Daarnaast speelt bij bijvoorbeeld het toepassen van een VGS dat de belasting weliswaar afneemt, maar de verblijftijd toeneemt. Hierdoor kan het totale effect zelfs negatief uitpakken.

**Tabel 4.19 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op fosfaathuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)**

| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|---|------|--|------|------|
|   |      | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,9  | 0,04                                   | 0,30 | 0,54 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 3,0  | 0,12                                   | 0,37 | 0,62 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 11,3 | 0,42                                   | 0,67 | 0,92 |
|   |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|   |      | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 0,7  | 0,03                                   | 0,29 | 0,53 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 2,2  | 0,09                                   | 0,34 | 0,59 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 8,2  | 0,31                                   | 0,56 | 0,81 |
|   |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|   |      | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 0,2  | 0,04                                   | 0,69 | 1,32 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 0,6  | 0,07                                   | 0,73 | 1,35 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 2,1  | 0,22                                   | 0,87 | 1,50 |
|   |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|   |      | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 0,9  | 0,04                                   | 0,30 | 0,54 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 2,0  | 0,08                                   | 0,33 | 0,58 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 6,6  | 0,25                                   | 0,50 | 0,75 |
|   |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|   |      | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 0,2  | 0,04                                   | 0,69 | 1,32 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 0,8  | 0,09                                   | 0,75 | 1,37 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 3,0  | 0,29                                   | 0,95 | 1,58 |

De maatregelen in de gemengde stelsels leiden tot minder via de overstort geloosd volume. Hierdoor neemt de emissie af en neemt de verblijftijd toe. De groene berging van 14 mm heeft hierbij alleen een positief effect als de bijdrage van de overige bronnen (honden/eenden) minimaal is. Zonder reductie hiervan heeft deze groene berging geen effect (zie tabel 4.20).

**Tabel 4.20 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op fosfaathuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)**

| Norm (MTR): 0,15 mg/l                        |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|--|-----|--|------|------|
|  |     | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 1,3 | 0,30                                   | 1,71 | 3,07 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 1,9 | 0,42                                   | 1,83 | 3,19 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 2,9 | 0,63                                   | 2,04 | 3,40 |
|  |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|  |     | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 0,7 | 0,21                                   | 1,87 | 3,47 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 1,0 | 0,29                                   | 1,95 | 3,55 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 1,6 | 0,42                                   | 2,08 | 3,68 |
|  |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|  |     | 0,2                                    | 7,2  | 14,0 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 0,2 | 0,12                                   | 2,06 | 3,92 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 0,4 | 0,16                                   | 2,09 | 3,95 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 0,6 | 0,21                                   | 2,14 | 4,00 |

#### 4.3.2 Effect maatregelen op stikstofhuishouding

Tabel 4.21 geeft een overzicht van de effecten van maatregelen in gescheiden rioolstelsels op de stikstofhuishouding. Het algehele beeld verandert niet veel: alleen bij een lage belasting vanuit de overige bronnen en de afvalwaterketen is een goede waterkwaliteit haalbaar. Met een ombouw naar een VGS is de goede waterkwaliteit ook te realiseren, zodra de overige bronnen een lage belasting leveren.

Doordat de overige bronnen dominant zijn, kunnen de maatregelen in een gemengd stelsel voor de stikstofhuishouding niet zorgen voor een omslag in de waterkwaliteit (zie tabel 4.22).

#### 4.3.3 Effect maatregelen op zuurstofhuishouding

Het effect van maatregelen op de zuurstofhuishouding is alleen beschouwd voor gemengde rioolstelsels (zie tabel 4.23), omdat bij een gescheiden rioolstelsel hiervoor geen problemen optraden. Zowel 20% afkoppelen als de aanleg van groene berging zorgt voor een vermindering van de problemen met de zuurstofhuishouding. In alle gevallen speelt de rekenconcentratie nog steeds een rol: bij lage rekenconcentraties treden minder problemen op.

#### 4.3.4 Effect maatregelen op zware metalen

Tabel 4.24 toont het effect van maatregelen in het gescheiden rioolstelsel op de slibkwaliteit in de stadsvijver. Zoals verwacht op basis van de relatief grote bijdrage vanuit het gescheiden rioolstelsel, werken de maatregelen sterk door. Bij het ombouwen naar een verbeterd gescheiden stelsel (VGS) of het aanbrengen van een bodempassage wordt de slibkwaliteit goed, behalve bij de hoogste rekenconcentraties.

**Tabel 4.21 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op stikstofhuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)**

| Norm (MTR): 2,2 mg/l                            |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|---|------|--|------|------|
|   |      | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 14,0 | 1,09                                   | 2,18 | 3,22 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 19,8 | 1,29                                   | 2,38 | 3,43 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 60,5 | 2,72                                   | 3,80 | 4,85 |
|   |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|   |      | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 11,5 | 1,00                                   | 2,09 | 3,13 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 16,2 | 1,17                                   | 2,25 | 3,30 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 49,6 | 2,34                                   | 3,42 | 4,47 |
|   |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|   |      | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 2,7  | 0,99                                   | 2,54 | 4,04 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 3,8  | 1,05                                   | 2,60 | 4,09 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 11,5 | 1,44                                   | 2,98 | 4,48 |
|   |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|   |      | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 14,0 | 1,09                                   | 2,18 | 3,22 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 17,5 | 1,21                                   | 2,30 | 3,34 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 39,6 | 1,98                                   | 3,07 | 4,12 |
|   |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|   |      | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 3,7  | 1,04                                   | 2,59 | 4,09 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 5,2  | 1,12                                   | 2,67 | 4,16 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 15,9 | 1,65                                   | 3,20 | 4,70 |

**Tabel 4.22 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op stikstofhuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)**

| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|--|-----|--|------|------|
|  |     | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 6,1 | 0,66                                   | 1,54 | 2,40 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 7,9 | 0,72                                   | 1,60 | 2,45 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 9,1 | 0,75                                   | 1,63 | 2,48 |
|  |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|  |     | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 3,3 | 0,59                                   | 1,47 | 2,32 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 4,3 | 0,61                                   | 1,49 | 2,35 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 5,0 | 0,63                                   | 1,51 | 2,36 |
|  |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |      |
|  |     | 17,3                                   | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 1,2 | 0,52                                   | 1,41 | 2,26 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 1,5 | 0,53                                   | 1,42 | 2,27 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 1,8 | 0,54                                   | 1,42 | 2,27 |



**Tabel 4.23 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op zuurstofhuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)**

| Stadsvijver: minimale zuurstofconcentratie in oppervlaktewater (mg/l) |                          | concentratie geloosd water (mg BZV/l) |     |     |
|---|--------------------------|---------------------------------------|-----|-----|
| gemengd rioolstelsel  | volume (m <sup>3</sup> ) | 40                                    | 82  | 124 |
| herhalingstijd bui (jaar)   |                          |                                       |     |     |
| T = 10  | 802                      | 1,6                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 5   | 744                      | 2,0                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 2   | 292                      | 5,8                                   | 1,8 | 0,0 |
| T = 1   | 168                      | 7,1                                   | 4,7 | 2,3 |
| T = 0,5   | 101                      | 8,0                                   | 6,5 | 4,9 |
| T = 0,2   | 2                        | 9,4                                   | 9,4 | 9,3 |
| GEM-20% afk   |                          | concentratie geloosd water (mg BZV/l) |     |     |
| herhalingstijd bui (jaar)   | volume (m <sup>3</sup> ) | 40                                    | 82  | 124 |
| T = 10  | 546                      | 3,4                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 5   | 487                      | 3,9                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 2   | 178                      | 7,0                                   | 4,5 | 1,9 |
| T = 1   | 93                       | 8,1                                   | 6,7 | 5,3 |
| T = 0,5   | 25                       | 9,1                                   | 8,7 | 8,3 |
| GEM + 14 mm gr b  |                          | concentratie geloosd water (mg BZV/l) |     |     |
| herhalingstijd bui (jaar)   | volume (m <sup>3</sup> ) | 40                                    | 82  | 124 |
| T = 10  | 518                      | 3,6                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 5   | 461                      | 4,1                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 2   | 9                        | 9,3                                   | 9,1 | 9,0 |

| 57

**Tabel 4.24 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op koper in bodemslib in ondiepe vijver (0,5 m)**

| Cu-concentratie in slib (mg/kg)                |             | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|--|-------------|---------------------------------------|---------|---------|
|  |             | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 35 (105)    | 89                                    | 83      | 78      |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 116 (233)   | 204                                   | 192     | 182     |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 547 (1.746) | 261                                   | 257     | 253     |
|  |             | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|  |             | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 29 (67)     | 82                                    | 76      | 71      |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 95 (149)    | 196                                   | 184     | 173     |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 449 (1.118) | 306                                   | 298     | 291     |
|  |             | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|  |             | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 7 (20)      | 36                                    | 34      | 32      |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 22 (44)     | 71                                    | 66      | 61      |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 104 (332)   | 158                                   | 150     | 143     |
|  |             | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|  |             | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 35 (105)    | 89                                    | 83      | 78      |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 116 (175)   | 225                                   | 211     | 199     |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 547 (931)   | 424                                   | 413     | 402     |
|  |             | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|  |             | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 9 (27)      | 42                                    | 39      | 36      |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 31 (61)     | 87                                    | 81      | 76      |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 143 (458)   | 181                                   | 174     | 167     |

**Tabel 4.25 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op koper in bodemslib in ondiepe vijver (0,5 m)**

| Cu-concentratie in slib (mg/kg)             |          | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|---|----------|---------------------------------------|---------|---------|
|   |          | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 41 (64)  | 110                                   | 102     | 95      |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 56 (130) | 126                                   | 118     | 111     |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 69 (195) | 134                                   | 126     | 119     |
|   |          | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|   |          | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 22 (35)  | 73                                    | 67      | 63      |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 31 (71)  | 86                                    | 79      | 74      |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 38 (106) | 94                                    | 87      | 82      |
|   |          | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |         |         |
|   |          | 8 (376)                               | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 8 (12)   | 40                                    | 37      | 35      |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 11 (25)  | 46                                    | 43      | 40      |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 13 (37)  | 50                                    | 47      | 44      |

58 |

**Tabel 4.26 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op zink in bodemslib in ondiepe vijver (0,5 m)**

| Zn-concentratie in slib (mg/kg)                |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|--|---------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|  |               | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 256 (105)     | 844                                   | 910       | 968       |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 1.106 (233)   | 2063                                  | 2.044     | 2.029     |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 5.238 (1.746) | 2539                                  | 2.525     | 2.512     |
|  |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|  |               | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 187 (67)      | 760                                   | 838       | 905       |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 807 (149)     | 1823                                  | 1.818     | 1.815     |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 3.824 (1.118) | 2661                                  | 2.638     | 2.617     |
|  |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|  |               | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 49 (20)       | 501                                   | 610       | 703       |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 210 (44)      | 856                                   | 930       | 994       |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 995 (332)     | 1.618                                 | 1.625     | 1.632     |
|  |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|  |               | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 256 (105)     | 844                                   | 910       | 968       |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 407 (175)     | 1.012                                 | 1.059     | 1.102     |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 1.281 (931)   | 1.094                                 | 1.112     | 1.130     |
|  |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|  |               | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 67 (27)       | 537                                   | 641       | 730       |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 290 (61)      | 1.006                                 | 1.065     | 1.117     |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 1.373 (458)   | 1.827                                 | 1.823     | 1.821     |

Ook voor een gemengd rioelstelsel is de relatieve bijdrage van de riolering groot. Maatregelen werken daarmee sterk door op de slibkwaliteit in de waterbodem (zie tabel 4.25). Zowel 20% afkoppelen als de aanleg van een groene berging leidt tot een goede slibkwaliteit voor koper.

Maatregelen in gescheiden rioelstelsels leiden voor zink wel degelijk tot een verbetering van de slibkwaliteit. Dit effect is wederom het grootst bij een bodempassage (zie tabel 4.26).

De maatregelen in het gemengde stelsel leiden ook tot een verbetering van de slibkwaliteit (zie tabel 4.27). Maar in dit geval is de invloed van de overige bronnen relatief groot, waardoor zij een dominante rol spelen in de eindsituatie.

**Tabel 4.27 Effect maatregelen gemengd rioelstelsel op zink in bodemslib in ondiepe vijver (0,5 m)**

| Zn-concentratie in slib (mg/kg)             |           | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|---|-----------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|   |           | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioelstelsel (g/j) | 217 (64)  | 834                                   | 907       | 970       |
| Belasting vanuit gemengd rioelstelsel (g/j) | 262 (130) | 815                                   | 880       | 938       |
| Belasting vanuit gemengd rioelstelsel (g/j) | 287 (195) | 766                                   | 827       | 882       |
|   |           | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|   |           | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 119 (35)  | 653                                   | 745       | 825       |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 143 (71)  | 655                                   | 741       | 815       |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 157 (106) | 635                                   | 716       | 788       |
|   |           | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|   |           | 149 (376)                             | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 42 (12)   | 493                                   | 604       | 699       |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 50 (25)   | 499                                   | 607       | 699       |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 55 (37)   | 495                                   | 601       | 691       |

#### 4.3.5 Effect maatregelen op PAK10

De effecten van maatregelen op PAK10 zijn niet in beeld gebracht, omdat in de huidige situatie geen problemen optreden.

#### 4.3.6 Effect maatregelen op hygiënische betrouwbaarheid

Tabel 4.28 toont het effect van maatregelen in gescheiden rioelstelsels op de hygiënische betrouwbaarheid van de stadsvijver. De verschillende maatregelen hebben wel effect, maar dit effect is te klein om voor alle rekenconcentraties een hygiënisch betrouwbare situatie te krijgen. Zelfs bij een verbeterd gescheiden stelsel of bodempassage kunnen buien met een herhalingsstijd van  $T = 0,5$  leiden tot een overschrijding van de zwemwaternorm. In feite is de conclusie dat het oppervlaktewater na een bui altijd in hygiënische zin 'verdacht' is.

Bij een gemengd rioelstelsel (zie tabel 4.29) schiet de hygiënische kwaliteit na elke overstoring in het rood. Maar de maatregelen verlagen wel de frequentie waarmee dit gebeurt.

**Tabel 4.28 Effect maatregelen gescheiden rioelstelsel op hygiënische betrouwbaarheid in ondiepe vijver (0,5 m)**

| gescheiden rioelstelsel    |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |        |         |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------|---------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 1.200                                 | 12.000 | 120.000 |
| T = 10                     | 2.053                    | 8E+02                                 | 7E+03  | 7E+04   |
| T = 5                      | 1.821                    | 8E+02                                 | 7E+03  | 7E+04   |
| T = 2                      | 1.040                    | 6E+02                                 | 5E+03  | 5E+04   |
| T = 1                      | 947                      | 6E+02                                 | 5E+03  | 5E+04   |
| T = 0,5                    | 765                      | 6E+02                                 | 4E+03  | 4E+04   |
| T = 0,2                    | 549                      | 5E+02                                 | 3E+03  | 3E+04   |
| T = 0,1                    | 331                      | 4E+02                                 | 2E+03  | 2E+04   |
| T = 1 maand                | 304                      | 4E+02                                 | 2E+03  | 2E+04   |
| T = 0,5 maand              | 158                      | 3E+02                                 | 1E+03  | 1E+04   |

| GS + lamellenfilter        |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |       |        |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------|--------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 984                                   | 9.840 | 98.400 |
| T = 10                     | 2.053                    | 7E+02                                 | 6E+03 | 6E+04  |
| T = 5                      | 1.821                    | 7E+02                                 | 6E+03 | 5E+04  |
| T = 2                      | 1.040                    | 6E+02                                 | 4E+03 | 4E+04  |
| T = 1                      | 947                      | 5E+02                                 | 4E+03 | 4E+04  |
| T = 0,5                    | 765                      | 5E+02                                 | 3E+03 | 3E+04  |
| T = 0,2                    | 549                      | 4E+02                                 | 3E+03 | 3E+04  |
| T = 0,1                    | 331                      | 4E+02                                 | 2E+03 | 2E+04  |
| T = 1 maand                | 304                      | 4E+02                                 | 2E+03 | 2E+04  |
| T = 0,5 maand              | 158                      | 3E+02                                 | 1E+03 | 1E+04  |

| GS + bodempassage          |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |       |        |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------|--------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 476,4                                 | 4.764 | 47.640 |
| T = 10                     | 1.503                    | 4E+02                                 | 3E+03 | 2E+04  |
| T = 5                      | 886                      | 3E+02                                 | 2E+03 | 2E+04  |
| T = 2                      | 658                      | 3E+02                                 | 2E+03 | 1E+04  |
| T = 1                      | 461                      | 3E+02                                 | 1E+03 | 1E+04  |
| T = 0,5                    | 315                      | 3E+02                                 | 1E+03 | 8E+03  |
| T = 0,2                    | 195                      | 3E+02                                 | 8E+02 | 6E+03  |
| T = 0,1                    | 108                      | 3E+02                                 | 6E+02 | 3E+03  |
| T = 1 maand                | 88                       | 3E+02                                 | 5E+02 | 3E+03  |
| T = 0,5 maand              | 16                       | 3E+02                                 | 3E+02 | 7E+02  |

| GS - 100% straatvuil       |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |       |        |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------|--------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 120                                   | 1.200 | 120.00 |
| T = 10                     | 2.053                    | 2E+02                                 | 8E+02 | 7E+03  |
| T = 5                      | 1.821                    | 2E+02                                 | 8E+02 | 7E+03  |
| T = 2                      | 1.040                    | 2E+02                                 | 6E+02 | 5E+03  |
| T = 1                      | 947                      | 2E+02                                 | 6E+02 | 5E+03  |
| T = 0,5                    | 765                      | 2E+02                                 | 6E+02 | 4E+03  |
| T = 0,2                    | 549                      | 2E+02                                 | 5E+02 | 3E+03  |
| T = 0,1                    | 331                      | 2E+02                                 | 4E+02 | 2E+03  |
| T = 1 maand                | 304                      | 2E+02                                 | 4E+02 | 2E+03  |
| T = 0,5 maand              | 158                      | 2E+02                                 | 3E+02 | 1E+03  |

| VGS                       |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |        |         |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------|---------|
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 1.200                                 | 12.000 | 120.000 |
| T = 10                    | 1.503                    | 7E+02                                 | 6E+03  | 6E+04   |
| T = 5                     | 886                      | 6E+02                                 | 5E+03  | 4E+04   |
| T = 2                     | 658                      | 5E+02                                 | 4E+03  | 4E+04   |
| T = 1                     | 461                      | 5E+02                                 | 3E+03  | 3E+04   |
| T = 0,5                   | 315                      | 4E+02                                 | 2E+03  | 2E+04   |
| T = 0,2                   | 195                      | 4E+02                                 | 2E+03  | 1E+04   |
| T = 0,1                   | 108                      | 3E+02                                 | 1E+03  | 8E+03   |
| T = 1 maand               | 88                       | 3E+02                                 | 9E+02  | 7E+03   |
| T = 0,5 maand             | 16                       | 3E+02                                 | 4E+02  | 1E+03   |

**Tabel 4.29 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op hygiënische betrouwbaarheid in ondiepe vijver (0,5 m)**

| gemengd rioolstelsel      |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |           |            |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|------------|
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 100.000                               | 1.000.000 | 10.000.000 |
| T = 10                    | 802                      | 4E+04                                 | 3E+05     | 3E+06      |
| T = 5                     | 744                      | 3E+04                                 | 3E+05     | 3E+06      |
| T = 2                     | 292                      | 2E+04                                 | 2E+05     | 2E+06      |
| T = 1                     | 168                      | 1E+04                                 | 1E+05     | 1E+06      |
| T = 0,5                   | 101                      | 7E+03                                 | 6E+04     | 6E+05      |
| T = 0,2                   | 2                        | 4E+02                                 | 2E+03     | 2E+04      |

| GEM-20% afk               |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |           |            |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|------------|
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 100.000                               | 1.000.000 | 10.000.000 |
| T = 10                    | 546                      | 3E+04                                 | 3E+05     | 3E+06      |
| T = 5                     | 487                      | 2E+04                                 | 2E+05     | 2E+06      |
| T = 2                     | 178                      | 1E+04                                 | 1E+05     | 1E+06      |
| T = 1                     | 93                       | 6E+03                                 | 6E+04     | 6E+05      |
| T = 0,5                   | 25                       | 2E+03                                 | 2E+04     | 2E+05      |

| GEM + 14 mm gr b          |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |           |            |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|------------|
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 100.000                               | 1.000.000 | 10.000.000 |
| T = 10                    | 518                      | 3E+04                                 | 3E+05     | 3E+06      |
| T = 5                     | 461                      | 2E+04                                 | 2E+05     | 2E+06      |
| T = 2                     | 9                        | 8E+02                                 | 6E+03     | 6E+04      |

### 4.3.7 Resultaten onderzoeksvraag 3

Paragrafen 4.3.1 tot en met 4.3.6 onderzochten per stofgroep in hoeverre maatregelen in de waterketen de totale belasting van de stadsvijver op een niveau kunnen brengen, waarbij de waterkwaliteitsproblemen niet meer optreden.

Tabel 4.30 geeft een overzicht van de resultaten voor het niveau stadsvijver voor onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen?

**Tabel 4.30 Effect maatregelen op terugdringen waterkwaliteitsproblemen stadsvijver**

| Stofgroep                   | Type stelsel | Hebben maatregelen effect op reductie waterkwaliteitsprobleem? | Percentage bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem? |
|-----------------------------|--------------|--|---|---------------------|
| Fosfaathuishouding          | gescheiden   | beperkt  | 30%   | 2*MTR               |
| Fosfaathuishouding          | gemengd      | geen   | 25%   | >> 2*MTR            |
| Stikstofhuishouding         | gescheiden   | beperkt  | 30%   | 1 - 2*MTR           |
| Stikstofhuishouding         | gemengd      | geen   | 15%   | nee                 |
| Zuurstofhuishouding         | gescheiden   | n.v.t.   | n.v.t.  | geen                |
| Zuurstofhuishouding         | gemengd      | afkoppelen/groene berging                                      | n.v.t.  | ja                  |
| Zware metalen               | gescheiden   | bodempassage, ombouw VGS                                       | Cu 90%, Zn 84%                                      | ja: Cu en Zn > I.W. |
| Zware metalen               | gemengd      | groene berging, (afkoppelen alleen voor koper)                 | Cu 83%, Zn 55%                                      | ja: Cu en Zn > V.W. |
| PAK10                       | gescheiden   | nee  | 100%  | nee                 |
| PAK10                       | gemengd      | nee  | 100%  | nee                 |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gescheiden   | beperkt  | n.v.t.  | >> zwemwater-norm   |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gemengd      | beperkt  | n.v.t.  | >> zwemwater-norm   |
| Bestrijdingsmiddelen        | gescheiden   | geen effect  | 100%  | nee                 |
| Bestrijdingsmiddelen        | gemengd      | geen effect  | 100%  | nee                 |

I.W. = interventiewaarde

V.W. = verspreidingswaarde: maximale concentratie waarbij verspreiding van slib in waterfase is toegestaan

# 5 Stadssingel: beschouwing onderzoeksvragen

## 5.1 Inleiding

Een stadssingel is over het algemeen een stuk groter dan een stadsvijver. De kenmerken vindt u in paragraaf 2.3.1.

Net als voor de stadsvijver zijn voor de stadssingel de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen en de effecten van mogelijke maatregelen onderzocht. De wijze van berekenen en presenteren is identiek.

## 5.2 Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?

De relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen is uitgewerkt per stofgroep. In deze paragraaf komen de volgende onderwerpen aan de orde:

| 63

- Fosfaathuishouding (zie paragraaf 5.2.1).
- Stikstofhuishouding (zie paragraaf 5.2.2).
- Zuurstofhuishouding (zie paragraaf 5.2.3).
- Zware metalen (zie paragraaf 5.2.4).
- PAK10 (zie paragraaf 5.2.5).
- Hygiënische betrouwbaarheid (zie paragraaf 5.2.6).
- Resultaten onderzoeksvraag 2 (zie paragraaf 5.2.7).

### 5.2.1 Fosfaathuishouding

De reikwijdte van de jaarlijkse fosfaatbelasting vanuit het gescheiden rioolstelsel en overige bronnen is vergelijkbaar met die van de stadsvijver. Tabel 5.1 toont de berekende fosfaatconcentratie in de stadssingel. Net als bij de stadsvijver is alleen een goede waterkwaliteit te bereiken als de belastingen vanuit het gescheiden rioolstelsel en de overige bronnen laag zijn. Is een van beide hoog, dan is een goede waterkwaliteit niet in zicht. Voor de overige bronnen zijn wederom de honden en eenden bepalend. Zij maken het verschil tussen de lage, gemiddelde en hoge belasting.

**Tabel 5.1 P-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadssingel 1,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|---|-------|--|------|-------|
|   |       | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 18,6  | 0,05                                   | 0,21 | 0,38  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 60,5  | 0,14                                   | 0,30 | 0,48  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 225,8 | 0,52                                   | 0,68 | 0,85  |

Bij een gemengd rioolstelsel is de fosfaathuishouding in alle gevallen problematisch. Ondanks het feit dat de belasting vanuit het gemengde stelsel soms zelfs lager ligt dan

bij gescheiden rioolstelsels. Net als bij de stadsvijver speelt de hydraulische verblijftijd hier ook een belangrijke rol.

**Tabel 5.2 P-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadssingel 1,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

|  | Norm (MTR): 0,15 mg/l | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|--|-----------------------|--|------|-------|
|  |                       | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 25,6                  | 0,51                                   | 1,86 | 3,27  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 37,8                  | 0,74                                   | 2,09 | 3,50  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 58,5                  | 1,12                                   | 2,48 | 3,89  |

De conclusies voor fosfaat zijn op het schaalniveau stadssingel vergelijkbaar met die van de stadsvijver. Bij een gescheiden rioolstelsel is de te bereiken waterkwaliteit afhankelijk van zowel de afvalwaterketen als de overige bronnen. Bij het gemengde rioolstelsel is een goede waterkwaliteit niet in beeld.

64 |

### 5.2.2 Stikstofhuishouding

De belasting met stikstof vanuit de gescheiden rioolstelsels is vergelijkbaar met die uit de overige bronnen (zie tabel 5.3, de niet-gekleurde vakken). De variatie in de belasting door overige bronnen is niet van doorslaggevend belang bij het al dan niet voldoen aan het MTR. Hiervoor is de variatie in rekenconcentraties bij gescheiden rioolstelsels bepalend. Bij de maximale rekenconcentratie voor stikstof uit gescheiden rioolstelsels is niet meer te voldoen aan het MTR. Zelfs niet zonder de belasting van eenden en honden of als de belasting vanuit overige bronnen slechts 61 kg N/jaar bedraagt.

**Tabel 5.3 N-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadssingel 1,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

|                            | Norm (MTR): 2,2 mg/l | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|----------------------------|----------------------|--|-------|-------|
|                            |                      | 60,5                                   | 386,2 | 821,5 |
| Belasting vanuit GS (kg/j) | 279,4                | 0,60                                   | 1,18  | 1,95  |
| Belasting vanuit GS (kg/j) | 395,8                | 0,81                                   | 1,38  | 2,15  |
| Belasting vanuit GS (kg/j) | 1210,7               | 2,25                                   | 2,82  | 3,59  |

Tabel 5.4 toont dat bij een gemengd rioolstelsel in geen enkele situatie problemen met de stikstofhuishouding te verwachten zijn. Dit in tegenstelling tot de situatie op het schaalniveau stadsvijver, waar bij een maximale belasting vanuit overige bronnen de waarden wel degelijk boven het MTR uitkwamen. Voor stikstof geldt hiermee een compleet ander beeld dan voor fosfaat (zie tabel 5.2).



**Tabel 5.4 N-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadssingel 1,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|--|-------|--|-------|-------|
|  |       | 60,5                                   | 386,2 | 821,5 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 36,6  | 0,14                                   | 0,61  | 1,24  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 48,8  | 0,16                                   | 0,63  | 1,26  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 121,9 | 0,26                                   | 0,74  | 1,37  |

### 5.2.3 Zuurstofhuishouding

De zuurstofhuishouding is op dezelfde manier berekend als voor de stadsvijver. Ook hier blijkt dat bij gescheiden rioolstelsels geen problemen zijn te verwachten en bij de gemengde rioolstelsels wel (zie tabellen 5.5 en 5.6). De uitkomsten voor gemengde rioolstelsels zijn toevallig identiek aan die van de stadsvijver van 0,5 m diep. Dit komt doordat de verhouding tussen het oppervlaktewatervolume en de emissiegrootte vanuit het rioolstelsel toevallig gelijk is. De conclusie is dus ook identiek: om de effecten beter te kunnen beoordelen, is voor gemengde rioolstelsels inzicht wenselijk in de daadwerkelijk via de overstort geloosde concentraties.

| 65

**Tabel 5.5 Zuurstofconcentratie in oppervlaktewater: stadssingel 1,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

| gescheiden rioolstelsel     |                          | concentratie geloosd water (mg BZV/l) |     |     |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----|-----|
| herhalingsstijd bui: (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 2,5                                   | 4   | 14  |
| T = 10                      | 41.055                   | 8,9                                   | 8,4 | 5,1 |
| T = 5                       | 36.425                   | 8,9                                   | 8,5 | 5,3 |
| T = 2                       | 20.803                   | 9,1                                   | 8,7 | 6,3 |
| T = 1                       | 18.946                   | 9,1                                   | 8,8 | 6,5 |
| T = 0,5                     | 15.307                   | 9,1                                   | 8,8 | 6,9 |
| T = 0,2                     | 10.989                   | 9,2                                   | 9,0 | 7,4 |
| T = 0,1                     | 6.628                    | 9,3                                   | 9,1 | 8,1 |
| T = 1 maand                 | 6.086                    | 9,3                                   | 9,1 | 8,2 |
| T = 0,5 maand               | 3.158                    | 9,3                                   | 9,3 | 8,7 |

**Tabel 5.6 Zuurstofconcentratie in oppervlaktewater: stadssingel 1,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

| gemengd rioolstelsel        |                          | concentratie geloosd water (mg BZV/l) |     |     |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----|-----|
| herhalingsstijd bui: (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 40                                    | 82  | 124 |
| T = 10                      | 16.043                   | 1,6                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 5                       | 14.872                   | 2,0                                   | 0,0 | 0,0 |
| T = 2                       | 5.833                    | 5,8                                   | 1,8 | 0,0 |
| T = 1                       | 3.369                    | 7,1                                   | 4,7 | 2,3 |
| T = 0,5                     | 2.018                    | 8,0                                   | 6,5 | 4,9 |
| T = 0,2                     | 46                       | 9,4                                   | 9,4 | 9,3 |

### 5.2.4 Zware metalen

De berekeningsmethode en het toetsingskader voor zware metalen zijn dezelfde als voor de stadsvijver (zie ook paragraaf 4.2.4). In een gescheiden rioolstelsel overschrijdt de koperconcentratie in slib in alle gevallen de interventiewaarde (zie tabel 5.7).

Hierbij is de belasting vanuit de gescheiden rioolstelsels enkele malen hoger dan vanuit de overige bronnen. Opvallend is dat de concentratie in het slib bij de maximale belasting (bijna 11 kg Cu/jaar) lager ligt dan bij de gemiddelde belasting, die ligt op 2 kg Cu/jaar. Dit komt doordat in de maximale situatie door een grotere emissie aan zwevende stof meer slib aanwezig is. Voor gemengde rioolstelsels geldt dit nog sterker: hier is bij de maximale koperbelasting vanuit de riolering de slibkwaliteit beter dan bij de minimale koperbelasting. Voor zink geldt een soortgelijke uitkomst (zie de tabellen 5.9 en 5.10).

De resultaten van de beschouwing van de zware metalen hebben dus een sterke relatie met de onderliggende berekening van de emissie zwevende stof vanuit de rioolstelsels. Voor zowel koper als zink domineert de waterketen de belasting van het watersysteem.

66 |

**Tabel 5.7 Koperconcentratie in slib waterbodem (mg/kg): stadssingel 1,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

|  |                 | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|--|-----------------|---------------------------------------|------------|------------|
|  |                 | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 698 (2.095)     | 232                                   | 216        | 202        |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 2.328 (4.656)   | 412                                   | 395        | 380        |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 10.943 (34.923) | 305                                   | 303        | 301        |

**N.B. De metaalbelasting staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.**

**Tabel 5.8 Koperconcentratie in slib waterbodem (mg/kg): stadssingel 1,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

|   |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|---|---------------|---------------------------------------|------------|------------|
|   |               | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 817 (1.280)   | 361                                   | 328        | 300        |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 1.121 (2.596) | 315                                   | 296        | 279        |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 1.377 (3.900) | 284                                   | 271        | 259        |

**N.B. De metaalbelasting staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.**

**Tabel 5.9 Zinkconcentratie in slib waterbodem (mg/kg): stadssingel 1,5 m diep, gescheiden rioolstelsel**

|  |                  | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|--|------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|
|  |                  | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 5.122 (2.095)    | 1.948                                 | 1.929         | 1.916         |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 22.118 (4.656)   | 4.032                                 | 3.935         | 3.846         |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 104.769 (34.923) | 2.939                                 | 2.930         | 2.922         |

**N.B. De metaalbelasting staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.**

**Tabel 5.10 Zinkconcentratie in slib waterbodem (mg/kg): stadssingel 1,5 m diep, gemengd rioolstelsel**

|   |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|---|---------------|---------------------------------------|---------------|---------------|
|   |               | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 4.351 (1.280) | 2.291                                 | 2.233         | 2.190         |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 5.253 (2.596) | 1.719                                 | 1.718         | 1.719         |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 5.753 (3.900) | 1.371                                 | 1.386         | 1.402         |

N.B. De metaalbelasting staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.

### 5.2.5 PAK10

Voor de stadssingel is voor PAK10 dezelfde analyse uitgevoerd als voor de stadsvijver. Bij gescheiden rioolstelsels overschrijdt de combinatie van PAK10-lozing en slibaanwas voor de gemiddelde situatie de toetswaarde voor verspreiding in oppervlaktewater (zie tabel 5.11). Voor de gemengde stelsels voldoet de berekende concentratie PAK10 in het slib ruim aan de toetswaarden uit tabel 4.9 (zie tabel 5.12).

| 67

**Tabel 5.11 Concentratie PAK in slib waterbodem in mg PAK10/kg droge stof: stadssingel, gescheiden rioolstelsel**

|  |              | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|--|--------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|  |              | 0 (1.103)                             | 0 (1.355) | 0 (1.607) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 23 (2.095)   | 7                                     | 7         | 6         |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 70 (4.656)   | 12                                    | 12        | 11        |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 279 (34.923) | 8                                     | 8         | 8         |

N.B. De belasting in PAK staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.

**Tabel 5.12 Concentratie PAK in slib waterbodem in mg PAK10/kg droge stof: stadssingel, gescheiden rioolstelsel**

|   |            | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|---|------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|   |            | 0 (1.103)                             | 0 (1.355) | 0 (1.607) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 1 (1.280)  | 1                                     | 0         | 0         |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 4 (2.596)  | 1                                     | 1         | 1         |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 15 (3.900) | 3                                     | 3         | 3         |

N.B. De belasting in PAK staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.

### 5.2.6 Hygiënische betrouwbaarheid

Net als voor de zuurstofhuishouding zijn de resultaten voor de hygiënische betrouwbaarheid toevallig identiek aan die van de stadsvijver. De tabellen 5.13 en 5.14 zijn getalsmatig identiek aan de tabellen 4.14 en 4.15. Daarmee geldt dat ook op stadssingelniveau zowel bij een gemengd als gescheiden rioolstelsel de hygiënische betrouwbaarheid bij gemiddelde tot hoge aantallen coliformen per 100 ml bij elke bui in het geding komt.

**Tabel 5.13 Totaal coli door lozing gescheiden stelsel in stadssingel (1,5 m) per 100 ml**

| gescheiden rioolstelsel    |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |        |         |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------|---------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 1200                                  | 12.000 | 120.000 |
| T = 10                     | 41.055                   | 8E+02                                 | 7E+03  | 7E+04   |
| T = 5                      | 36.425                   | 8E+02                                 | 7E+03  | 7E+04   |
| T = 2                      | 20.803                   | 6E+02                                 | 5E+03  | 5E+04   |
| T = 1                      | 18.946                   | 6E+02                                 | 5E+03  | 5E+04   |
| T = 0,5                    | 15.307                   | 6E+02                                 | 4E+03  | 4E+04   |
| T = 0,2                    | 10.989                   | 5E+02                                 | 3E+03  | 3E+04   |
| T = 0,1                    | 6.628                    | 4E+02                                 | 2E+03  | 2E+04   |
| T = 1 maand                | 6.086                    | 4E+02                                 | 2E+03  | 2E+04   |
| T = 0,5 maand              | 3.158                    | 3E+02                                 | 1E+03  | 1E+04   |

**Tabel 5.14 Totaal Coli door overstorting gemengd stelsel in stadssingel (1,5 m) per 100 ml**

| gemengd rioolstelsel       |                          | concentratie geloosd water (#/100 ml) |           |            |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|------------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m <sup>3</sup> ) | 100.000                               | 1.000.000 | 10.000.000 |
| T = 10                     | 16.043                   | 4E+04                                 | 3E+05     | 3E+06      |
| T = 5                      | 14.872                   | 3E+04                                 | 3E+05     | 3E+06      |
| T = 2                      | 5.833                    | 2E+04                                 | 2E+05     | 2E+06      |
| T = 1                      | 3.369                    | 1E+04                                 | 1E+05     | 1E+06      |
| T = 0,5                    | 2.018                    | 7E+03                                 | 6E+04     | 6E+05      |
| T = 0,2                    | 46                       | 4E+02                                 | 2E+03     | 2E+04      |

68 |

## 5.2.7 Resultaten onderzoeksvraag 2

Tabel 5.15 geeft een overzicht van de relatieve bijdrage vanuit de waterketen op de waterkwaliteitsproblemen in de stadssingel.

**Tabel 5.15 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen stadssingel**

| Stofgroep                   | Type stelsel | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem?       | Is de waterketen de oorzaak? | Is probleem afhankelijk van rekenconcentraties? |
|-----------------------------|--------------|--|---------------------------|------------------------------|---|
| Fosfaathuishouding          | gescheiden   | 44%                                      | 2*MTR                     | mede                         | ja  |
| Fosfaathuishouding          | gemengd      | 35%                                      | >> 2*MTR                  | ja, door geringe verversing  | nee   |
| Stikstofhuishouding         | gescheiden   | 50%                                      | 0,5-1,5*MTR               | mede                         | ja  |
| Stikstofhuishouding         | gemengd      | 11%                                      | nee                       | nee                          | nee   |
| Zuurstofhuishouding         | gescheiden   | n.v.t.                                   | geen                      | n.v.t.                       | n.v.t.  |
| Zuurstofhuishouding         | gemengd      | n.v.t.                                   | ja, vanaf T=1             | ja                           | ja  |
| Zware metalen               | gescheiden   | Cu 98%,<br>Zn 84%                        | ja: Cu en<br>Zn > IW      | ja                           | ja: Zn;<br>nee: Cu                              |
| Zware metalen               | gemengd      | Cu 96%,<br>Zn 55%                        | ja: Cu > IW en<br>Zn > VW | ja                           | ja  |
| PAK10                       | gescheiden   | 100%                                     | ja, > VW                  | overige bronnen onbekend     | ja  |
| PAK10                       | gemengd      | 100%                                     | nee                       | overige bronnen onbekend     | nee   |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gescheiden   | n.v.t.                                   | >> zwemwater-norm         | ja                           | ja  |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gemengd      | n.v.t.                                   | >> zwemwater-norm         | ja                           | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen        | gescheiden   | 100%                                     | nee                       | n.v.t.                       | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen        | gemengd      | 100%                                     | nee                       | n.v.t.                       | nee   |

### 5.3 Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?

Voor de stadssingel zijn dezelfde maatregelen meegenomen als voor de stadsvijver.

In deze paragraaf komen de effecten van de volgende maatregelen aan de orde:

- lamellenfilters op alle uitlaten;
- bodempassage op alle uitlaten;
- straatvuil 100% verwijderen;
- ombouwen alle gescheiden rioolstelsels naar verbeterd gescheiden rioolstelsels;
- afkoppelen 20% verhard oppervlak;
- aanleg groene berging 14 mm achter elke overstort.

#### 5.3.1 Effect maatregelen op fosfaathuishouding

Tabel 5.16 geeft een overzicht van het effect van maatregelen in gescheiden rioolstelsels. De ombouw naar een verbeterd gescheiden stelsel (de laatste maatregel uit tabel 5.16) leidt tot een kleinere belasting, maar ook tot een langere verblijftijd.

| 69

**Tabel 5.16 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op berekende fosfaatconcentratie (mg P/l) in stadssingel**

|   |       |  |      |       |
|---|-------|--|------|-------|
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|   |       | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 18,6  | 0,05                                   | 0,21 | 0,38  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 60,5  | 0,14                                   | 0,30 | 0,48  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 225,8 | 0,52                                   | 0,68 | 0,85  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|   |       | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 15,3  | 0,04                                   | 0,20 | 0,37  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 49,6  | 0,12                                   | 0,28 | 0,45  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 185,2 | 0,42                                   | 0,59 | 0,76  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|   |       | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 3,5   | 0,03                                   | 0,50 | 1,00  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 11,5  | 0,08                                   | 0,56 | 1,05  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 42,9  | 0,29                                   | 0,76 | 1,25  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|   |       | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 18,6  | 0,05                                   | 0,21 | 0,38  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 39,6  | 0,09                                   | 0,26 | 0,43  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 132,7 | 0,30                                   | 0,47 | 0,64  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|   |       | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit VGS                            | 4,9   | 0,04                                   | 0,51 | 1,00  |
| Belasting vanuit VGS                            | 15,9  | 0,11                                   | 0,59 | 1,08  |

Bij een gelijke belasting van 60 kg P/j uit de afvalwaterketen (de gemiddelde belasting bij het gescheiden rioolstelsel, de hoogste bij het VGS) en de laagste belasting vanuit overige bronnen ligt de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater bij het gescheiden rioolstelsel met 0,14 mg P/l onder het MTR en bij het VGS met 0,40 mg/l zelfs boven 2\*MTR. Dit onderstreept het belang van het beschouwen van effecten in plaats van emissies. De verblijftijd, en in feite de verdunning, speelt bij alle maatregelen die een verandering van het geloosde volume opleveren een rol. Dit geldt zeker ook voor de maatregelen in de gemengde stelsels (zie tabel 5.17). Bij de gemengde stelsels is het onmogelijk om door maatregelen in de keten te voldoen aan het MTR. Bij de stadssingel is hiermee nog minder te bereiken dan bij de stadsvijver.

**Tabel 5.17 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op berekende fosfaatconcentratie (mg P/l) in stadssingel**

| Norm (MTR): 0,15 mg/l                        |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|--|------|--|------|-------|
|  |      | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 25,6 | 0,51                                   | 1,86 | 3,27  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 37,8 | 0,74                                   | 2,09 | 3,50  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 58,5 | 1,12                                   | 2,48 | 3,89  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                        |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|  |      | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 14,0 | 0,39                                   | 2,20 | 4,08  |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 20,6 | 0,55                                   | 2,36 | 4,25  |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 31,9 | 0,84                                   | 2,65 | 4,53  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                        |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |      |       |
|  |      | 1,5                                    | 73,7 | 148,9 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 4,9  | 0,22                                   | 2,75 | 5,38  |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 7,2  | 0,30                                   | 2,83 | 5,46  |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 11,2 | 0,44                                   | 2,97 | 5,60  |

### 5.3.2 Effect maatregelen op stikstofhuishouding

De stikstofconcentratie ligt bij gescheiden rioolstelsels bij maximale rekenconcentraties bijna op het niveau van het MTR. Dit houdt in dat maatregelen in het gescheiden rioolstelsel naar verwachting wel degelijk effect kunnen sorteren. Tabel 5.18 bevestigt deze verwachting. De tabel laat zien dat maatregelen in gescheiden rioolstelsels kunnen leiden tot een goede waterkwaliteit voor stikstof.

De maatregelen in gemengde rioolstelsels komen hier niet aan bod, omdat in deze stelsels geen problemen met de stikstofhuishouding optraden (zie tabel 5.4).

**Tabel 5.18 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op berekende stikstofconcentratie (mg N/l) in stadssingel**

|  |        |  |       |       |
|--|--------|--|-------|-------|
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |        | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|  |        | 60,5                                   | 386,2 | 821,5 |
| Belasting vanuit GS (kg/j)                   | 279,4  | 0,60                                   | 1,18  | 1,95  |
| Belasting vanuit GS (kg/j)                   | 395,8  | 0,81                                   | 1,38  | 2,15  |
| Belasting vanuit GS (kg/j)                   | 1210,7 | 2,25                                   | 2,82  | 3,59  |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |        | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|  |        | 60,5                                   | 386,2 | 821,5 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)  | 229,1  | 0,51                                   | 1,09  | 1,86  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)  | 324,6  | 0,68                                   | 1,26  | 2,03  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)  | 992,7  | 1,86                                   | 2,44  | 3,21  |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |        | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|  |        | 60,5                                   | 386,2 | 821,5 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)    | 53,1   | 0,29                                   | 1,12  | 2,22  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)    | 75,2   | 0,34                                   | 1,17  | 2,28  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)    | 230,0  | 0,74                                   | 1,57  | 2,67  |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |        | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|  |        | 60,5                                   | 386,2 | 821,5 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j) | 279,4  | 0,60                                   | 1,18  | 1,95  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j) | 349,2  | 0,72                                   | 1,30  | 2,07  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j) | 791,6  | 1,51                                   | 2,08  | 2,85  |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |        | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|  |        | 60,5                                   | 386,2 | 821,5 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                  | 73,2   | 0,34                                   | 1,17  | 2,27  |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                  | 103,8  | 0,42                                   | 1,25  | 2,35  |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                  | 317,4  | 0,96                                   | 1,79  | 2,89  |

| 71

### 5.3.3 Effect maatregelen op zware metalen

De belasting vanuit gescheiden rioolstelsels leidt bij gemiddelde of hoge rekenwaarden uit de literatuur tot een overschrijding van de interventiewaarde voor zink in slib. Hierbij is de belasting vanuit de gescheiden rioolstelsels dominant ten opzichte van die uit de overige bronnen. Ondanks het feit dat de maatregelen de belasting behoorlijk kunnen terugdringen, laat tabel 5.19 zien dat de slibkwaliteit nog steeds niet overal onder de interventiewaarde komt. Dit komt vooral doordat de hoeveelheid sediment nog sterker afneemt dan de metaalbelasting.

Overigens komt de slibkwaliteit nergens onder de maximale toegestane waarde voor de verspreiding van slib in zoet water. De slibkwaliteit is hiermee dus nog niet goed te noemen.

**Tabel 5.19 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op berekende zinkconcentratie in waterbodemslib (mg/kg) in stadssingel**

|  |                  | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|--|------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|
|  |                  | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 5.122 (2.095)    | 1.948                                 | 1.929         | 1.916         |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 22.118 (4.656)   | 4.032                                 | 3.935         | 3.846         |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 104.769 (34.923) | 2.939                                 | 2.930         | 2.922         |
|  |                  | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|  |                  | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 4.200 (1.341)    | 2.172                                 | 2.127         | 2.093         |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 18.137 (2.980)   | 4.713                                 | 4.538         | 4.384         |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 85.911 (22.351)  | 3.710                                 | 3.689         | 3.668         |
|  |                  | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|  |                  | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 973 (398)        | 1.386                                 | 1.430         | 1.468         |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 4.202 (885)      | 2.671                                 | 2.561         | 2.478         |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 19.906 (6.635)   | 2.715                                 | 2.683         | 2.654         |
|  |                  | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|  |                  | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 5.122 (2.095)    | 1.948                                 | 1.929         | 1.916         |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 8.149 (3.492)    | 2.014                                 | 1.997         | 1.984         |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 25.610 (18.626)  | 1.354                                 | 1.358         | 1.363         |
|  |                  | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|  |                  | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 1.343 (549)      | 1.483                                 | 1.510         | 1.537         |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 5.798 (1.221)    | 2.972                                 | 2.846         | 2.748         |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 27.464 (9.155)   | 2.785                                 | 2.759         | 2.735         |

**N.B. De metaalbelasting staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.**

Bij gemengde rioolstelsels heeft afkoppelen of de aanleg van extra berging een positieve invloed op de slibkwaliteit. Maar de kwaliteit ligt nog steeds boven de toetswaarde voor verspreiding van baggerslib (zie tabel 5.20).

Voor koper hebben de maatregelen in gescheiden én gemengde rioolstelsels effecten op de slibkwaliteit (zie de tabellen 5.21 en 5.22). Slechts in één geval is de slibsamenvatting goed te noemen. Het toepassen van een bodempassage, een VGS of groene berging achter de riooloverstort zorgt voor een verbetering van de slibkwaliteit tot onder de interventiewaarde. Maatregelen in de afvalwaterketen blijken hiermee wel degelijk enig effect te kunnen sorteren op de slibkwaliteit.



**Tabel 5.20 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op berekende zinkconcentratie in waterbodemblijb (mg/kg) in stadssingel**

|   |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|---|---------------|---------------------------------------|---------------|---------------|
|   |               | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 4.351 (1.280) | 2.291                                 | 2.233         | 2.190         |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 5.253 (2.596) | 1.719                                 | 1.718         | 1.719         |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 5.753 (3.900) | 1.371                                 | 1.386         | 1.402         |
|   |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|   |               | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 2.373 (698)   | 1.933                                 | 1.903         | 1.885         |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 2.865 (1.416) | 1.577                                 | 1.587         | 1.600         |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 3.138 (2.127) | 1.314                                 | 1.341         | 1.368         |
|   |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |               |               |
|   |               | 1.108 (1.103)                         | 1.532 (1.355) | 1.970 (1.607) |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 833 (245)     | 1.439                                 | 1.479         | 1.514         |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 1.006 (497)   | 1.321                                 | 1.371         | 1.414         |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 1.101 (747)   | 1.194                                 | 1.253         | 1.305         |

**N.B. De metaalbelasting staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.**

**Tabel 5.21 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op berekende koperconcentratie in waterbodemblijb (mg/kg) in stadssingel**

|  |                 | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|--|-----------------|---------------------------------------|------------|------------|
|  |                 | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 698 (2.095)     | 232                                   | 216        | 202        |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 2.328 (4.656)   | 412                                   | 395        | 380        |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 10.943 (34.923) | 305                                   | 303        | 301        |
|  |                 | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|  |                 | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 573 (1.341)     | 252                                   | 230        | 211        |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 1.909 (2.980)   | 478                                   | 451        | 427        |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 8.973 (22.351)  | 384                                   | 381        | 377        |
|  |                 | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|  |                 | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 133 (398)       | 118                                   | 103        | 91         |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 442 (885)       | 245                                   | 219        | 198        |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 2.079 (6.635)   | 274                                   | 266        | 258        |
|  |                 | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|  |                 | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 698 (2.095)     | 232                                   | 216        | 202        |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 2.328 (3.492)   | 516                                   | 490        | 466        |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 10.943 (18.626) | 557                                   | 550        | 543        |
|  |                 | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|  |                 | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 183 (549)       | 137                                   | 121        | 108        |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 610 (1.221)     | 282                                   | 255        | 233        |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 2.868 (9.155)   | 284                                   | 277        | 271        |

**N.B. De metaalbelasting staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.**

**Tabel 5.22 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op berekende koperconcentratie in waterbodembloot (mg/kg) in stadssingel**

|   |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|---|---------------|---------------------------------------|------------|------------|
|   |               | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 817 (1.280)   | 361                                   | 328        | 300        |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 1.121 (2.596) | 315                                   | 296        | 279        |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 1.377 (3.900) | 284                                   | 271        | 259        |
|   |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|   |               | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 445 (698)     | 272                                   | 240        | 215        |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 612 (1.416)   | 260                                   | 238        | 219        |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j)   | 751 (2.127)   | 246                                   | 229        | 215        |
|   |               | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |            |            |
|   |               | 44 (1.103)                            | 47 (1.355) | 50 (1.607) |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 156 (245)     | 149                                   | 127        | 111        |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 215 (497)     | 162                                   | 141        | 126        |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j)     | 264 (747)     | 166                                   | 148        | 133        |

N.B. De metaalbelasting staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.

74 |

**Tabel 5.23 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op berekende PAK10-concentratie in waterbodembloot (mg/kg) in stadssingel**

|  |              | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|--|--------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|  |              | 0 (1.103)                             | 0 (1.355) | 0 (1.607) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 23 (2.095)   | 7                                     | 7         | 6         |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 70 (4.656)   | 12                                    | 12        | 11        |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 279 (34.923) | 8                                     | 8         | 8         |
|  |              | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|  |              | 0 (1.103)                             | 0 (1.355) | 0 (1.607) |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 17 (1.341)   | 7                                     | 6         | 6         |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 51 (2.980)   | 12                                    | 12        | 11        |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j)     | 204 (22.351) | 9                                     | 9         | 9         |
|  |              | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|  |              | 0 (1.103)                             | 0 (1.355) | 0 (1.607) |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 4 (398)      | 3                                     | 3         | 2         |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 13 (885)     | 7                                     | 6         | 5         |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j)       | 53 (6.635)   | 7                                     | 7         | 6         |
|  |              | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|  |              | 0 (1.103)                             | 0 (1.355) | 0 (1.607) |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 23 (2.095)   | 7                                     | 7         | 6         |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 23 (3.492)   | 5                                     | 5         | 5         |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j)    | 23 (18.626)  | 1                                     | 1         | 1         |
|  |              | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) |           |           |
|  |              | 0 (1.103)                             | 0 (1.355) | 0 (1.607) |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 6 (549)      | 4                                     | 3         | 3         |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 18 (1.221)   | 8                                     | 7         | 6         |
| Belasting vanuit VGS (g/j)                     | 73 (9.155)   | 7                                     | 7         | 7         |

N.B. De metaalbelasting staat in g/j, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.

### 5.3.4 Effect maatregelen op PAK10

Tabel 5.23 geeft het effect van maatregelen in gescheiden rioolstelsels op de rekenconcentratie PAK10 in het bodemslib. Op het lamellenfilter na hebben alle maatregelen een positief effect.

### 5.3.5 Effect maatregelen op zuurstofhuishouding

De effecten van maatregelen op de zuurstofhuishouding zijn identiek aan die van de stadsvijver (zie tabel 4.23). De maatregelen afkoppelen en de aanleg van groene berging leveren weliswaar een verbetering op, maar kunnen niet altijd zuurstofloosheid voorkomen.

### 5.3.6 Effect maatregelen op hygiënische betrouwbaarheid

Net als bij de zuurstofhuishouding zijn de resultaten voor de hygiënische betrouwbaarheid identiek aan die van de stadsvijver (zie tabellen 4.28 en 4.29). Maatregelen in de rioolstelsels kunnen problemen met de hygiënische betrouwbaarheid nauwelijks beperken.

| 75

### 5.3.7 Resultaten onderzoeksvraag 3

Tabel 5.24 Effect maatregelen op terugdringen waterkwaliteitsproblemen stadssingel

| Stofgroep                  | Type stelsel | Hebben maatregelen effect op reductie waterkwaliteitsprobleem? | Percentage bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem?    |
|----------------------------|--------------|--|---|------------------------|
| Fosfaathuishouding         | gescheiden   | beperkt  | 44%   | 2*MTR                  |
| Fosfaathuishouding         | gemengd      | geen   | 35%   | >> 2*MTR               |
| Stikstofhuishouding        | gescheiden   | beperkt  | 50%   | 0,5 - 1,5*MTR          |
| Stikstofhuishouding        | gemengd      | geen   | 11%   | nee                    |
| Zuurstofhuishouding        | gescheiden   | n.v.t.   | n.v.t.  | geen                   |
| Zuurstofhuishouding        | gemengd      | afkoppelen/groene berging                                      | n.v.t.  | ja, vanaf T = 1        |
| Zware metalen              | gescheiden   | beperkt bodempassage   | Cu 98%, Zn 84%                                      | ja: Cu en Zn > IW      |
| Zware metalen              | gemengd      | beperkt zink en groene berging effectief koper                 | Cu 96%, Zn 55%                                      | ja: Cu > IW en Zn > VW |
| PAK10                      | gescheiden   | bodempassage, VGS  | 100%  | ja, > VW               |
| PAK10                      | gemengd      | nee  | 100%  | nee                    |
| Hygiënischebetrouwbaarheid | gescheiden   | beperkt  | n.v.t.  | >> zwemwaternorm       |
| Hygiënischebetrouwbaarheid | gemengd      | beperkt  | n.v.t.  | >> zwemwaternorm       |
| Bestrijdingsmiddelen       | gescheiden   | geen effect  | 100%  | nee                    |
| Bestrijdingsmiddelen       | gemengd      | geen effect  | 100%  | nee                    |

## 6 Lokaal boezemsysteem: beschouwing onderzoeksvragen

### 6.1 Inleiding

De kenmerken van een lokaal boezemsysteem vindt u in paragraaf 2.4.1. Bij het lokale boezemsysteem wordt het oppervlaktewatersysteem in zijn geheel beschouwd. Dit houdt in dat lokale waterkwaliteitsproblemen in poldersloten of stadssingels buiten beschouwing blijven. Op hoofdlijnen wordt gekeken naar de algemene waterkwaliteit in de hoofdwatgangen in het gehele gebied. Dit heeft direct een doorwerking op de te beschouwen waterkwaliteitsproblemen. Zo vallen de zuurstofhuishouding en hygiënische betrouwbaarheid op dit schaalniveau weg, maar komen PAK en glyfosaat als bestrijdingsmiddel wel aan de orde. De opzet van dit hoofdstuk en de presentatie zijn gelijk aan die van de hoofdstukken 4 en 5.

76 |

### 6.2 Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?

De relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen is uitgewerkt per stofgroep. In deze paragraaf komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- Fosfaathuishouding (zie paragraaf 6.2.1).
- Stikstofhuishouding (zie paragraaf 6.2.2).
- Zware metalen (zie paragraaf 6.2.3).
- PAK's (zie paragraaf 6.2.4).
- Bestrijdingsmiddelen: glyfosaat (zie paragraaf 6.2.5).
- Resultaten onderzoeksvraag 2 (zie paragraaf 6.2.6).

#### 6.2.1 Fosfaathuishouding

Net als bij de stadsvijver en stadssingel is de fosfaathuishouding voor de lokale boezem berekend met het empirisch P-model (zie paragraaf 3.7). Voor de belasting vanuit de overige bronnen (voornamelijk landbouw) is gerekend met een retentiefactor van 0,6. Deze factor representeert de retentie van fosfaat in de haarvaten. Deze waarde is gebaseerd op onderzoek van *De Klein e.a. (2006)*. Dit houdt in dat van elke kg fosfaat die van een weiland afstroomt, uiteindelijk maar 0,4 kg in de boezem terechtkomt. Het overige wordt onderweg opgenomen of vastgelegd.

Bij de boezem is de belasting vanuit andere bronnen een factor 5 - 10 groter. Dit houdt in dat de bijdrage vanuit het afvalwatersysteem relatief gezien een stuk minder groot is. Dit is direct zichtbaar in de resultaten in de tabellen 6.1 en 6.2. In zowel gescheiden als gemengde rioolstelsels blijft het oppervlaktewater bij elke rekenconcentratie het MTR significant overschrijden. Op dit schaalniveau zijn voor fosfaat de overige bron-

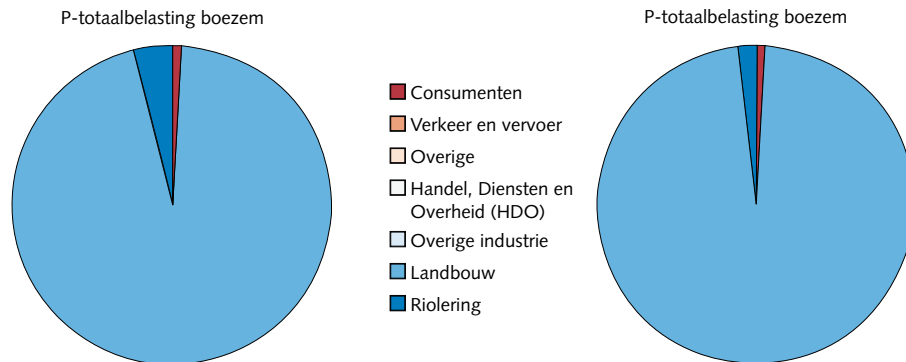
nen dominant (zie figuur 6.1). Duidelijk zichtbaar is de dominante invloed van de landbouw.

**Tabel 6.1 Fosfaatconcentratie in oppervlaktewater boezem bij 100% gescheiden riolering**

|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|---|-----|--|-------|-------|
|   |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 37  | 0,27                                   | 0,29  | 0,59  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 121 | 0,29                                   | 0,30  | 0,61  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 452 | 0,36                                   | 0,38  | 0,68  |

**Tabel 6.2 Fosfaatconcentratie in oppervlaktewater boezem bij 100% gemengde riolering**

|  |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|--|-----|--|-------|-------|
|  |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 51  | 0,34                                   | 0,36  | 0,74  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 76  | 0,35                                   | 0,37  | 0,75  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 117 | 0,36                                   | 0,38  | 0,76  |



**Figuur 6.1 Verdeling fosfaatbelasting naar bron (gemiddelde waarden)**

N.B. Links de verdeling bij gescheiden riolering, rechts bij gemengde riolering.

### 6.2.2 Stikstofhuishouding

Voor de stikstofhuishouding is ook gerekend met een retentiefactor voor de omrekening van de landbouwemissie naar belasting van de boezem. Hierbij geldt een retentiefactor van 0,7. De belasting vanuit overige bronnen is nog steeds groter dan die vanuit gescheiden of gemengde rioolstelsels. De belasting uit de overige bronnen is hiermee dominant ten opzichte van de emissie vanuit de afvalwaterketen. Hierdoor doet de rekenconcentratie vanuit de afvalwaterketen er niet toe. De waterkwaliteit is op dit schaalniveau onafhankelijk van de emissie vanuit de afvalwaterketen (zie de tabellen 6.3 en 6.4). Zelfs bij een toename in de belasting vanuit gescheiden rioolstelsels van 560 naar 2.400 kg stikstof/jaar verandert de oppervlaktewaterkwaliteit vrijwel

niet. In alle gevallen blijven de waarden ruim onder het MTR. Net als bij fosfaat is de landbouw de grootste leverancier van stikstof (zie figuur 6.2).

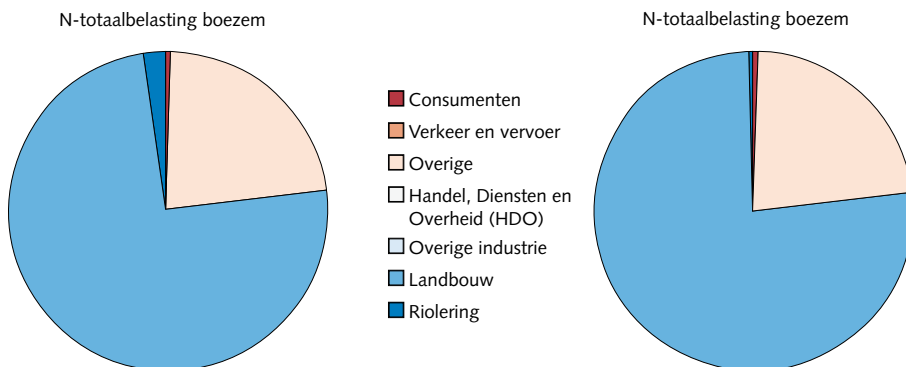
**Tabel 6.3 Stikstofconcentratie in oppervlaktewater boezem bij 100% gescheiden riolering**

|   | Norm (MTR): 2,2 | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
|---|-----------------|--|-------|--------|
|   |                 | 8.400                                  | 9.900 | 12.000 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 559             | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 792             | 0,6                                    | 0,7   | 0,9    |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 2.421           | 0,7                                    | 0,8   | 1,0    |

**Tabel 6.4 Stikstofconcentratie (mg/l) in oppervlaktewater boezem bij 100% gemengde riolering**

|  | Norm (MTR): 2,2 | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
|--|-----------------|--|-------|--------|
|  |                 | 8.400                                  | 9.900 | 12.000 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 244             | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 317             | 0,6                                    | 0,7   | 0,9    |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 366             | 0,6                                    | 0,7   | 0,9    |

78 |



**Figuur 6.2 Verdeling stikstofbelasting naar bron (gemiddelde waarden)**  
**N.B. Links de verdeling bij gescheiden riolering, rechts bij gemengde riolering.**

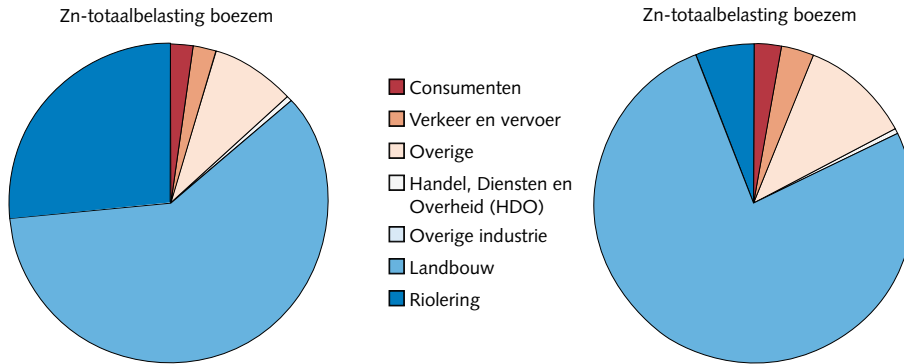
### 6.2.3 Zware metalen

Voor de lokale boezem is het bij de stadssingel en stadsvijver gebruikte mengmodel voor de waterbodembodem niet meer geldig, doordat de effecten op de waterbodembodem lokaal zijn. Voor de boezem is de impact van zware metalen betrokken op de waterfase, waarbij het totale jaargemiddelde gehalte is berekend. Dit houdt wel in dat de berekende concentraties een bovengrens zijn. In de praktijk zal een deel bezinken en niet langer in het oppervlaktewater beschikbaar blijven. De zink- en koperconcentraties zijn hierbij getoetst aan de MTR-waarden:

- Zink: 40 µg/l.
- Koper: 3,8 µg/l.

De tabellen 6.5 en 6.6 geven de berekende concentraties voor zink bij respectievelijk gescheiden en gemengde rioolstelsels. Voor de overige bronnen is gewerkt met slechts één waarde, omdat de literatuur op dit schaalniveau geen goede indicatie geeft voor de toe te passen spreiding.

De gescheiden rioolstelsels dragen significant bij aan de totale belasting, gemengde rioolstelsels nauwelijks (zie figuur 6.3). Ook hier is de bijdrage van de landbouw dominant.



**Figuur 6.3** Verdeling zinkbelasting naar bron (gemiddelde waarden)  
 N.B. Links de verdeling bij gescheiden riolerings, rechts bij gemengde riolerings.

**Tabel 6.5** Zinkconcentratie (µg/l) in oppervlaktewater boezem bij 100% gescheiden riolerings

|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|---|-----|--|-----|-----|
|   |     | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 10  | 76                                     | 76  | 76  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 44  | 95                                     | 95  | 95  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 210 | 190                                    | 190 | 190 |

**Tabel 6.6** Zinkconcentratie (µg/l) in oppervlaktewater boezem bij 100% gemengde riolerings

|  |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|--|----|--|-----|-----|
|  |    | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 9  | 100                                    | 100 | 100 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 11 | 102                                    | 102 | 102 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 12 | 102                                    | 102 | 102 |

Bij een minimale belasting vanuit gescheiden rioolstelsels bij de laagste rekenconcentratie ligt de berekende waterkwaliteit lager dan 2\*MTR, bij hogere rekenconcentraties ligt deze er duidelijk boven. Wederom is het effect van de verdunning opvallend: een jaarvrucht van 10 kg zink vanuit gescheiden rioolstelsels leidt tot een concentratie in

het oppervlaktewater van 76 µg/l. Eenzelfde vracht uit riooloverstorten leidt tot een rekenconcentratie van ongeveer 100 µg/l. Ook dit onderstreept de eerdere bevinding dat een emissiebeschouwing op zich tot verkeerde conclusies kan leiden over het belang van deze emissies.

De tabellen 6.7 en 6.8 tonen de resultaten voor koper. Zelfs bij de laagste rekenconcentraties voor zowel gescheiden als gemengde rioolstelsels ligt de concentratie in het oppervlaktewater ruim boven het MTR. Dit houdt in dat zelfs bij een minimale emissie vanuit de afvalwaterketen theoretisch niet is te voldoen aan het MTR. Ook voor koper is de bijdrage van de landbouw significant (zie figuur 6.4).

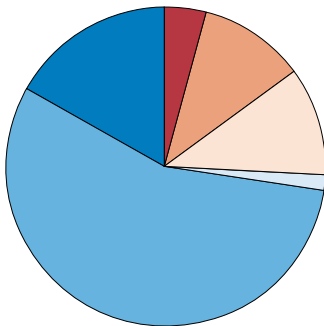
**Tabel 6.7 Koperconcentratie (µg/l) in oppervlaktewater boezem bij 100% gescheiden riolering**

|   |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|---|----|--|----|----|
|   |    | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 1  | 14                                     | 14 | 14 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 5  | 16                                     | 16 | 16 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 22 | 25                                     | 25 | 25 |

**Tabel 6.8 Koperconcentratie (µg/l) in oppervlaktewater boezem bij 100% gemengde riolering**

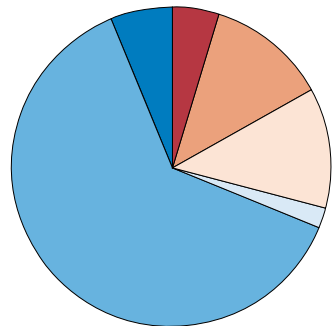
|  |   | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|--|---|--|----|----|
|  |   | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 2 | 19                                     | 19 | 19 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 2 | 19                                     | 19 | 19 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 3 | 19                                     | 19 | 19 |

Cu-totaalbelasting boezem



Cu-totaalbelasting boezem

- Consumenten
- Verkeer en vervoer
- Overige
- Handel, Diensten en Overheid (HDO)
- Overige industrie
- Landbouw
- Riolering



**Figuur 6.4 Verdeling metalenbelasting naar bron (gemiddelde waarden)**  
N.B. Links de verdeling bij gescheiden riolering, rechts bij gemengde riolering.



## 6.2.4 PAK's

De overige bronnen domineren de jaarlijkse belasting van PAK op het oppervlaktewater. De belasting vanuit de overige bronnen is hierbij een orde van grootte hoger dan die vanuit de afvalwaterketen. De berekende waterkwaliteit ligt voor zowel gescheiden als gemengde rioolstelsels (zie de tabellen 6.9 en 6.10) onder het MTR, dat ligt op 4,3 µg/l. Dit betekent dat op dit schaalniveau geen behoefte bestaat aan meer gedetailleerde kennis over de emissie vanuit PAK's.

**Tabel 6.9 PAK-concentratie (µg/l) in oppervlaktewater boezem bij 100% gescheiden riolering**

|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|---|-----|--|----|----|
|   |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,1 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,6 | 3                                      | 3  | 3  |

**Tabel 6.10 PAK-concentratie (µg/l) in oppervlaktewater boezem bij 100% gemengde riolering**

|  |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|--|-----|--|----|----|
|  |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |

## 6.2.5 Bestrijdingsmiddelen: glyfosaat

Glyfosaat is het actieve bestanddeel dat wordt gebruikt in 'Round up' en tientallen andere producten. Glyfosaat bevindt zich in de afstromende neerslag. Voor de overige bronnen is voor glyfosaat geen informatie gevonden, waardoor de analyse niet is afgerond. Overigens liggen de concentraties glyfosaat in afstromende neerslag onder het MTR, zodat geen problemen voor de waterkwaliteit zijn te verwachten.

## 6.2.6 Resultaten onderzoeksvraag 2

Tabel 6.11 geeft een overzicht van de relatieve bijdrage vanuit de waterketen op de waterkwaliteitsproblemen in het boezemsysteem.

Tabel 6.11 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen boezem

| Stofgroep                   | Type stelsel | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem? | Is de waterketen de oorzaak? | Is probleem afhankelijk van rekenconcentraties? |
|-----------------------------|--------------|--|---------------------|------------------------------|---|
| Fosfaathuishouding          | gescheiden   | 9%                                       | 2*MTR               | beperkt                      | beperkt   |
| Fosfaathuishouding          | gemengd      | 6%                                       | 2*MTR               | nee                          | nee   |
| Stikstofhuishouding         | gescheiden   | 8%                                       | nee                 | nee                          | nee   |
| Stikstofhuishouding         | gemengd      | 3%                                       | nee                 | nee                          | nee   |
| Zuurstofhuishouding         | gescheiden   | n.v.t.                                   | n.v.t.              | n.v.t.                       | n.v.t.  |
| Zuurstofhuishouding         | gemengd      | n.v.t.                                   | n.v.t.              | n.v.t.                       | n.v.t.  |
| Zware metalen               | gescheiden   | Cu 17%, Zn 26%                           | ja, > 2*MTR         | mede                         | ja  |
| Zware metalen               | gemengd      | Cu 8%, Zn 8%                             | ja, > 2*MTR         | mede                         | nee   |
| PAK10                       | gescheiden   | 1%                                       | nee                 | nee                          | nee   |
| PAK10                       | gemengd      | < 1%                                     | nee                 | nee                          | nee   |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gescheiden   | n.v.t.                                   | n.v.t.              | n.v.t.                       | n.v.t.  |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gemengd      | n.v.t.                                   | n.v.t.              | n.v.t.                       | n.v.t.  |
| Bestrijdingsmiddelen        | gescheiden   | niet in beeld                            | nee                 | niet in beeld                | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen        | gemengd      | niet in beeld                            | nee                 | niet in beeld                | nee   |

### 6.3 Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?

Voor de lokale boezem zijn dezelfde maatregelen meegenomen als voor de stadsvijver en de stadssingel. In deze paragraaf komen de effecten van de volgende maatregelen aan de orde:

- lamellenfilters op alle uitlaten;
- bodempassage op alle uitlaten;
- straatvuil 100% verwijderen;
- ombouwen alle gescheiden rioolstelsels naar verbeterd gescheiden rioolstelsels;
- afkoppelen 20% verhard oppervlak;
- aanleg groene berging 14 mm achter elke overstort.

#### 6.3.1 Effect maatregelen op fosfaathuishouding

In paragraaf 6.2.1 staat de conclusie dat voor fosfaat de overige bronnen (in casu de landbouw) dominant zijn. Op basis hiervan is te verwachten dat maatregelen in de riolering nauwelijks zoden aan de dijk zetten. De resultaten in tabel 6.12 bevestigen deze verwachting. Bij geen enkele maatregel in de afvalwaterketen neemt de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater significant af. In alle gevallen blijft de concentratie ver boven 2\*MTR.

**Tabel 6.12 Fosfaatconcentratie (mg/l) in oppervlaktewater boezem bij diverse maatregelen in gescheiden en gemengde riolering**

| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|---|-----|--|-------|-------|
|   |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 37  | 0,27                                   | 0,29  | 0,59  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 121 | 0,29                                   | 0,30  | 0,61  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 452 | 0,36                                   | 0,38  | 0,68  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|   |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 27  | 0,27                                   | 0,28  | 0,59  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 88  | 0,28                                   | 0,30  | 0,60  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 330 | 0,33                                   | 0,35  | 0,65  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|   |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 7   | 0,31                                   | 0,33  | 0,69  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 23  | 0,31                                   | 0,33  | 0,69  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 86  | 0,33                                   | 0,35  | 0,71  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|   |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 37  | 0,33                                   | 0,36  | 0,74  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 79  | 0,35                                   | 0,37  | 0,75  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 265 | 0,40                                   | 0,42  | 0,80  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|   |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 10  | 0,31                                   | 0,33  | 0,69  |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 32  | 0,32                                   | 0,34  | 0,70  |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 118 | 0,34                                   | 0,36  | 0,72  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|   |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 51  | 0,34                                   | 0,36  | 0,74  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 76  | 0,35                                   | 0,37  | 0,75  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 117 | 0,36                                   | 0,38  | 0,76  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|   |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 28  | 0,33                                   | 0,36  | 0,74  |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 41  | 0,34                                   | 0,36  | 0,74  |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 64  | 0,34                                   | 0,37  | 0,75  |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                           |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|   |     | 1.160                                  | 1.240 | 2.600 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)        | 10  | 0,33                                   | 0,35  | 0,74  |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)        | 14  | 0,33                                   | 0,35  | 0,74  |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)        | 22  | 0,33                                   | 0,36  | 0,74  |

### 6.3.2 Effect maatregelen op stikstofhuishouding

Net als voor fosfaat zijn voor stikstof de overige bronnen (met name landbouw) bepalend voor de jaarlijkse belasting (zie tabel 6.13). Geen enkele maatregel in de afvalwaterketen leidt tot een verbetering van de stikstofhuishouding. Voor stikstof geldt derhalve dat op het niveau van de boezem het afvalwatersysteem (exclusief de rwzi) geen bepalende invloed heeft.

**Tabel 6.13 Stikstofconcentratie (mg/l) in oppervlaktewater boezem bij diverse maatregelen in gescheiden en gemengde riolering**

|   |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
|---|-------|--|-------|--------|
|   |       | 8.400                                  | 9.900 | 12.000 |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                            |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 559   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 792   | 0,6                                    | 0,7   | 0,9    |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 2421  | 0,7                                    | 0,8   | 1,0    |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                            |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 458   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 649   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 1.985 | 0,7                                    | 0,8   | 0,9    |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                            |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 106   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 150   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 460   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                            |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 559   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 698   | 0,6                                    | 0,7   | 0,9    |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 1.583 | 0,7                                    | 0,8   | 0,9    |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                            |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 146   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 208   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 635   | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |

|  |     |  |       |        |
|--|-----|--|-------|--------|
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
|  |     | 8.400                                  | 9.900 | 12.000 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 244 | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 317 | 0,6                                    | 0,7   | 0,9    |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 366 | 0,6                                    | 0,7   | 0,9    |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
|  |     | 8.400                                  | 9.900 | 12.000 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 133 | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 173 | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)   | 199 | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                         |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |        |
|  |     | 8.400                                  | 9.900 | 12.000 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 47  | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 61  | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)     | 70  | 0,6                                    | 0,7   | 0,8    |

### 6.3.3 Effect maatregelen op zware metalen

Voor zink is de berekende waterkwaliteit mede afhankelijk van de rekenconcentratie in het via de regenwaterwateruitlaten geloosde regenwater. Dit zorgt ervoor dat maatregelen met een duidelijk effect op deze concentratie positief kunnen bijdragen aan de waterkwaliteit. Dit geldt bijvoorbeeld voor een bodempassage of het volledig verwijderen van straatvuil (zie tabel 6.14). De ombouw naar VGS werkt negatief door op de waterkwaliteit. Dit komt doordat minder verdunning met regenwater optreedt. Bij gemengde rioolstelsels helpen de maatregelen nauwelijks. De via de riooloverstorten geloosde vracht is hierbij al verwaarloosbaar ten opzichte van de overige bronnen. Dus een verdere reductie draagt nauwelijks bij.

**Tabel 6.14 Zinkconcentratie ( $\mu\text{g/l}$ ) in oppervlaktewater boezem bij diverse maatregelen in gescheiden en gemengde riolering**

|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|---|-----|--|-----|-----|
|   |     | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 10  | 76                                     | 76  | 76  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 44  | 95                                     | 95  | 95  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 210 | 190                                    | 190 | 190 |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|   |     | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 7   | 74                                     | 74  | 74  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 32  | 88                                     | 88  | 88  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 153 | 158                                    | 158 | 158 |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|   |     | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 2   | 71                                     | 71  | 71  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 8   | 75                                     | 75  | 75  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 40  | 93                                     | 93  | 93  |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|   |     | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 10  | 76                                     | 76  | 76  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 16  | 79                                     | 79  | 79  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 51  | 99                                     | 99  | 99  |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|   |     | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 3   | 89                                     | 89  | 89  |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 12  | 95                                     | 95  | 95  |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 55  | 126                                    | 126 | 126 |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|   |     | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 9   | 100                                    | 100 | 100 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 11  | 102                                    | 102 | 102 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 12  | 102                                    | 102 | 102 |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|   |     | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 5   | 98                                     | 98  | 98  |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 6   | 99                                     | 99  | 99  |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 6   | 99                                     | 99  | 99  |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|   |     | 122                                    | 122 | 122 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)        | 2   | 96                                     | 96  | 96  |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)        | 2   | 97                                     | 97  | 97  |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)        | 2   | 97                                     | 97  | 97  |

Voor koper leidt geen van de maatregelen in de riolering tot een afdoende verbetering van de waterkwaliteit (zie tabel 6.15).

**Tabel 6.15 Koperconcentratie ( $\mu\text{g/l}$ ) in oppervlaktewater boezem bij diverse maatregelen in gescheiden en gemengde riolering**

|   |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|---|----|--|----|----|
|   |    | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 1  | 14                                     | 14 | 14 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 5  | 16                                     | 16 | 16 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 22 | 25                                     | 25 | 25 |
|   |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |    | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 1  | 14                                     | 14 | 14 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 4  | 15                                     | 15 | 15 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 18 | 23                                     | 23 | 23 |
|   |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |    | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 0  | 13                                     | 13 | 13 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 1  | 13                                     | 13 | 13 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 4  | 15                                     | 15 | 15 |
|   |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |    | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 1  | 14                                     | 14 | 14 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 5  | 16                                     | 16 | 16 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 22 | 25                                     | 25 | 25 |
|   |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |    | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 0  | 16                                     | 16 | 16 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 1  | 17                                     | 17 | 17 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 6  | 20                                     | 20 | 20 |
|   |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |    | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 2  | 19                                     | 19 | 19 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 2  | 19                                     | 19 | 19 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 3  | 19                                     | 19 | 19 |
|   |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |    | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 1  | 18                                     | 18 | 18 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 1  | 18                                     | 18 | 18 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 2  | 19                                     | 19 | 19 |
|   |    | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |    | 23                                     | 23 | 23 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)        | 0  | 18                                     | 18 | 18 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)        | 0  | 18                                     | 18 | 18 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j)        | 1  | 18                                     | 18 | 18 |

### 6.3.4 Effect maatregelen op PAK's

De relatieve bijdrage vanuit de rioolstelsels op de jaarlijkse PAK-belasting is verwaarloosbaar (zie paragraaf 6.2.4). Dit zorgt ervoor dat de te treffen maatregelen geen effect hebben op de waterkwaliteit (zie tabel 6.16).

**Tabel 6.16 PAK-concentratie ( $\mu\text{g/l}$ ) in oppervlaktewater boezem bij diverse maatregelen in gescheiden en gemengde riolering**

|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|---|-----|--|----|----|
|   |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,1 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,6 | 3                                      | 3  | 3  |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 0,1 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j)     | 0,4 | 3                                      | 3  | 3  |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j)       | 0,1 | 3                                      | 3  | 3  |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j)    | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit VGS (kg/j)                     | 0,1 | 3                                      | 3  | 3  |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j)    | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
|   |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|   |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j)      | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |



|  |     | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |    |    |
|--|-----|--|----|----|
|  |     | 11                                     | 11 | 11 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j) | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j) | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j) | 0,0 | 3                                      | 3  | 3  |

### 6.3.5 Effect maatregelen op bestrijdingsmiddelen

Door gebrek aan gegevens niet uitgewerkt.

### 6.3.6 Resultaten onderzoeksvraag 3

De effecten van maatregelen in de waterketen op het terugdringen van waterkwaliteitsproblemen in de lokale boezem zijn zeer klein. Dit komt mede doordat de relatieve invloed van de waterketen op de totale belasting klein is (zie tabel 6.17).

Tabel 6.17 Effect maatregelen op terugdringen waterkwaliteitsproblemen lokale boezem

| Stofgroep                   | Type stelsel | Hebben de maatregelen effect op reductie van het waterkwaliteitsprobleem? | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem? |
|-----------------------------|--------------|---|--|---------------------|
| Fosfaathuishouding          | gescheiden   | geen  | 9%                                       | 2*MTR               |
| Fosfaathuishouding          | gemengd      | geen  | 6%                                       | 2*MTR               |
| Stikstofhuishouding         | gescheiden   | geen  | 8%                                       | nee                 |
| Stikstofhuishouding         | gemengd      | geen  | 3%                                       | nee                 |
| Zuurstofhuishouding         | gescheiden   | n.v.t.  | n.v.t.                                   | n.v.t.              |
| Zuurstofhuishouding         | gemengd      | n.v.t.  | n.v.t.                                   | n.v.t.              |
| Zware metalen               | gescheiden   | geen koper, beperkt zink  | Cu 17%, Zn 26%                           | ja, > 2*MTR         |
| Zware metalen               | gemengd      | geen  | Cu 8%, Zn 8%                             | ja, > 2*MTR         |
| PAK10                       | gescheiden   | nee   | 1%                                       | nee                 |
| PAK10                       | gemengd      | nee   | < 1%                                     | nee                 |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gescheiden   | n.v.t.  | n.v.t.                                   | n.v.t.              |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gemengd      | n.v.t.  | n.v.t.                                   | n.v.t.              |
| Bestrijdingsmiddelen        | gescheiden   | niet in beeld   | niet in beeld                            | nee                 |
| Bestrijdingsmiddelen        | gemengd      | niet in beeld   | niet in beeld                            | nee                 |

# 7 Regionaal stroomgebied (rivierstelsel): beschouwing onderzoeksvragen

## 7.1 Inleiding

In het regionale stroomgebied is een rwzi aanwezig. Dit is een belangrijk verschil met de lokale boezem. De overige kenmerken van het regionale stroomgebied vindt u in paragraaf 2.5.1.

## 7.2 Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?

Voor het regionale stroomgebied zijn dezelfde waterkwaliteitsproblemen onderzocht als voor de lokale boezem. In deze paragraaf komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- Fosfaathuishouding (zie paragraaf 7.2.1).
- Stikstofhuishouding (zie paragraaf 7.2.2).
- Zware metalen (zie paragraaf 7.2.3).
- PAK's (zie paragraaf 7.2.4).
- Bestrijdingsmiddelen (zie paragraaf 7.2.5).
- Resultaten onderzoeksvraag 2 (zie paragraaf 7.2.6).

### 7.2.1 Fosfaathuishouding

Het toegepaste model bij de andere systemen is hier niet te gebruiken. Dat model is alleen toepasbaar bij stagnante systemen. Voor het stroomgebied zijn de concentraties berekend uit de water- en stofbalansen. Over de belasting vanuit de landbouw is voor fosfaat een retentiefactor van 0,6 toegepast. Deze representeert zowel de retentie van fosfaat in de haarvaten als in de watergangen van het stroomgebied zelf. Op de belasting vanuit de rwzi is geen retentie toegepast. Aanname is dat de rwzi ergens benedenstrooms loost op het hoofdwatersysteem. De fosfaatbelasting vanuit het afvalwatersysteem is dominant ten opzichte van de belasting vanuit overige bronnen, die voornamelijk uit landbouw bestaan.

De fosfaatconcentratie is wederom getoetst aan het MTR. Alleen bij de minimale rekenconcentraties vanuit de afvalwaterketen (bij een fosfaatgehalte in het effluent van 0,5 mg/l) is de overschrijding van het MTR beperkt (zie tabel 7.1). Bij hogere rekenconcentraties neemt de overschrijding sterk toe. Hiermee bepaalt in feite de rwzi op dit schaalniveau de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater.

**Tabel 7.1 Fosfaatconcentratie (mg/l) in stroomgebied**

| Norm (MTR): 0,15 mg/l                 |         | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |        |        |
|---------------------------------------|---------|--|--------|--------|
|                                       |         | 23.200                                 | 32.000 | 44.000 |
| Belasting situatie: referentie (kg/j) | 48.418  | 0,19                                   | 0,22   | 0,25   |
| Belasting situatie: referentie (kg/j) | 183.947 | 0,56                                   | 0,59   | 0,62   |
| Belasting situatie: referentie (kg/j) | 369.306 | 1,07                                   | 1,09   | 1,12   |

### 7.2.2 Stikstofhuishouding

Voor stikstof is dezelfde methode gebruikt als voor fosfaat, met een retentiefactor van 0,7. Deze is hoger dan voor fosfaat, mede doordat stikstof onderweg ook afbreekt. De stikstofconcentratie voldoet zelfs bij een lage rekenconcentratie vanuit de afvalwaterketen (5 mg N/l bij rwzi) en vanuit de overige bronnen niet aan het MTR (zie tabel 7.2). Hierbij is de belasting vanuit de afvalwaterketen even groot als die van de landbouw. Bij hoge rekenconcentraties voor rwzi-effluent (15 mg N/l) ligt de te bereiken concentratie in het oppervlaktewater ruim boven 2\*MTR. Duidelijk is wel dat de afvalwaterketen, in het bijzonder de rwzi, bepalend is voor de te bereiken oppervlaktewaterkwaliteit.

| 91

**Tabel 7.2 Stikstofconcentratie (mg/l) in stroomgebied**

| Norm (MTR): 2,2 mg/l                  |           | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |         |         |
|---------------------------------------|-----------|--|---------|---------|
|                                       |           | 476.027                                | 725.507 | 725.507 |
| Belasting situatie: referentie (kg/j) | 468.479   | 2,6                                    | 3,2     | 3,2     |
| Belasting situatie: referentie (kg/j) | 830.640   | 3,5                                    | 4,2     | 4,2     |
| Belasting situatie: referentie (kg/j) | 1.393.033 | 5,1                                    | 5,7     | 5,7     |

### 7.2.3 Zware metalen

Voor de metalen is dezelfde aanpak gekozen als voor fosfaat. Over de emissie vanuit de landbouw is een retentiefactor van 0,6 toegepast. Deze representeert de retentie in de haarvaten van het systeem. De invloed van de zware metalen is net als bij de boezem getoetst aan het MTR voor oppervlaktewater:

- Zink: 40 µg/l.
- Koper: 3,8 µg/l.

Tabel 7.3 toont de resultaten voor zink en tabel 7.4 voor koper. Voor beide metalen is de afvalwaterketen de dominante bron en daarmee bepalend voor de berekende waterkwaliteit. Bij de laagste en gemiddelde rekenconcentraties voldoen de zinkwaarden aan het MTR. Bij de maximale rekenconcentraties overschrijden de waarden het MTR met 50%. Aangezien de toegepaste methode de hoeveelheid zink in het oppervlaktewater overschat, betekent dit voor de praktijk dat er eigenlijk geen problemen zijn te verwachten.

Voor koper geldt in feite hetzelfde, zij het dat de waarden bij de hoge rekenconcentraties voor de afvalwaterketen het MTR significant (factor 6) overschrijden.

De conclusie is dat de afvalwaterketen nog sterker dan bij de nutriënten bepalend is voor de te bereiken waterkwaliteit.

**Tabel 7.3 Zinkconcentratie ( $\mu\text{g/l}$ ) in stroomgebied**

|                                     |        | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|-------------------------------------|--------|--|-------|-------|
|                                     |        | 1.574                                  | 1.574 | 1.574 |
| Belastingsituatie referentie (kg/j) | 4.864  | 17                                     | 17    | 17    |
| Belastingsituatie referentie (kg/j) | 5.952  | 20                                     | 20    | 20    |
| Belastingsituatie referentie (kg/j) | 23.181 | 67                                     | 67    | 67    |

92 |

**Tabel 7.4 Koperconcentratie ( $\mu\text{g/l}$ ) in stroomgebied**

|                                     |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|-------------------------------------|-------|--|-----|-----|
|                                     |       | 428                                    | 428 | 428 |
| Belastingsituatie referentie (kg/j) | 671   | 3                                      | 3   | 3   |
| Belastingsituatie referentie (kg/j) | 1.127 | 4                                      | 4   | 4   |
| Belastingsituatie referentie (kg/j) | 8.974 | 26                                     | 26  | 26  |

#### 7.2.4 PAK's

Voor PAK is de belasting vanuit de overige bronnen dominant ten opzichte van de belasting vanuit de afvalwaterketen. Daarnaast voldoen de PAK-waarden in alle gevallen ruim aan het MTR, dat ligt op  $4.3 \mu\text{g/l}$  (zie tabel 7.5). Voor PAK zijn hiermee geen problemen te verwachten.

**Tabel 7.5 PAK-concentratie ( $\mu\text{g/l}$ ) in stroomgebied**

|                                     |      | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|-------------------------------------|------|--|-----|-----|
|                                     |      | 162                                    | 162 | 162 |
| Belastingsituatie referentie (kg/j) | 2,8  | 0,4                                    | 0,4 | 0,4 |
| Belastingsituatie referentie (kg/j) | 8,4  | 0,5                                    | 0,5 | 0,5 |
| Belastingsituatie referentie (kg/j) | 33,5 | 0,5                                    | 0,5 | 0,5 |

## 7.2.5 Bestrijdingsmiddelen

Vanwege gebrek aan gegevens over de emissie vanuit overige bronnen niet uitgewerkt.

## 7.2.6 Resultaten onderzoeksvraag 2

Tabel 7.6 geeft een overzicht van de relatieve bijdrage vanuit de waterketen op de waterkwaliteitsproblemen in het boezemsysteem.

Tabel 7.6 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen stroomgebied

| Stofgroep                   | bijdrage waterketen aan | Is er een probleem bij de gemiddelde rekenconcentraties? | Ligt de oorzaak in de waterketen? | Is het optreden van het probleem afhankelijk van totale belasting rekenconcentratie? |
|-----------------------------|-------------------------|--|-----------------------------------|--|
| Fosfaathuishouding          | 85%                     | > 2*MTR  | mede                              | ja, rwzi-effluent  |
| Stikstofhuishouding         | 53%                     | 1 - 2 MTR  | mede                              | ja, rwzi-effluent  |
| Zuurstofhuishouding         | n.v.t.                  | n.v.t.   | n.v.t.                            | nee  |
| Zware metalen               | Cu 72%, Zn 80%          | koper: ja, > MTR zink: nee                               | mede                              | ja, rwzi-effluent  |
| PAK10                       | 5%                      | nee  | nee                               | nee  |
| Hygiënische betrouwbaarheid | n.v.t.                  | n.v.t.   | n.v.t.                            | nee  |
| Bestrijdingsmiddelen        | niet in beeld           | nee, << MTR  | niet in beeld                     | nee  |

| 93

## 7.3 Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?

Bij het stroomgebied speelt ook de rwzi een rol. Dit houdt in dat ook maatregelen in de rwzi zijn meegenomen. In deze paragraaf komen de effecten van de volgende maatregelen aan de orde:

- lamellenfilters op alle uitlaten;
- bodempassage op alle uitlaten;
- straatvuil 100% verwijderen;
- ombouwen alle gescheiden rioolstelsels naar VGS;
- afkoppelen 20% verhard oppervlak;
- aanleg groene berging 14 mm achter elke overstort;
- zandfiltratie bij rwzi.

### 7.3.1 Effect maatregelen op fosfaathuishouding

In de huidige situatie domineert de lozing van rwzi-effluent de fosfaathuishouding. Dit is direct te zien in de resultaten die met de verschillende maatregelen zijn te bereiken. Alleen bij aanvullende maatregelen in de rwzi (de laatste maatregel in tabel 7.7) verbetert de waterkwaliteit. Overigens voldoen de waarden dan nog steeds niet aan het MTR.

**Tabel 7.7 Effect maatregelen op fosfaatconcentratie (mg/l) in stroomgebied**

|   |         |  |        |        |
|---|---------|--|--------|--------|
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                                 |         | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |        |        |
|   |         | 23.200                                 | 32.000 | 44.000 |
| Belasting situatie: referentie (kg/j)                 | 48.418  | 0,19                                   | 0,22   | 0,25   |
| Belasting situatie: referentie (kg/j)                 | 183.947 | 0,56                                   | 0,59   | 0,62   |
| Belasting situatie: referentie (kg/j)                 | 369.306 | 1,07                                   | 1,09   | 1,12   |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                                 |         | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |        |        |
|   |         | 23.200                                 | 32.000 | 44.000 |
| Belasting situatie: lamellenfilters (kg/j)            | 48.295  | 0,19                                   | 0,22   | 0,25   |
| Belasting situatie: lamellenfilters (kg/j)            | 183.547 | 0,56                                   | 0,59   | 0,62   |
| Belasting situatie: lamellenfilters (kg/j)            | 367.814 | 1,06                                   | 1,09   | 1,12   |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                                 |         | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |        |        |
|   |         | 23.200                                 | 32.000 | 44.000 |
| Belasting situatie: bodempassages (kg/j)              | 48.052  | 0,19                                   | 0,22   | 0,25   |
| Belasting situatie: bodempassages (kg/j)              | 182.756 | 0,56                                   | 0,58   | 0,62   |
| Belasting situatie: bodempassages (kg/j)              | 364.863 | 1,05                                   | 1,08   | 1,11   |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                                 |         | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |        |        |
|   |         | 23.200                                 | 32.000 | 44.000 |
| Belasting situatie: GS - 100% straatvuil (kg/j)       | 48.418  | 0,19                                   | 0,22   | 0,25   |
| Belasting situatie: GS - 100% straatvuil (kg/j)       | 183.178 | 0,56                                   | 0,58   | 0,62   |
| Belasting situatie: GS - 100% straatvuil (kg/j)       | 365.888 | 1,06                                   | 1,08   | 1,11   |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                                 |         | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |        |        |
|   |         | 23.200                                 | 32.000 | 44.000 |
| Belasting situatie: alle GS - VGS (kg/j)              | 50.852  | 0,20                                   | 0,22   | 0,26   |
| Belasting situatie: alle GS - VGS (kg/j)              | 194.031 | 0,59                                   | 0,61   | 0,65   |
| Belasting situatie: alle GS - VGS (kg/j)              | 386.864 | 1,11                                   | 1,14   | 1,17   |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                                 |         | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |        |        |
|   |         | 23.200                                 | 32.000 | 44.000 |
| Belasting situatie: GEM - 20% verh opp (kg/j)         | 43.831  | 0,18                                   | 0,21   | 0,24   |
| Belasting situatie: GEM - 20% verh opp (kg/j)         | 169.795 | 0,52                                   | 0,55   | 0,58   |
| Belasting situatie: GEM - 20% verh opp (kg/j)         | 342.110 | 0,99                                   | 1,02   | 1,05   |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                                 |         | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |        |        |
|   |         | 23.200                                 | 32.000 | 44.000 |
| Belasting situatie: GEM + 14 mm groene berging (kg/j) | 46.163  | 0,19                                   | 0,21   | 0,24   |
| Belasting situatie: GEM + 14 mm groene berging (kg/j) | 182.387 | 0,56                                   | 0,58   | 0,61   |
| Belasting situatie: GEM + 14 mm groene berging (kg/j) | 368.157 | 1,06                                   | 1,09   | 1,12   |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l                                 |         | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |        |        |
|   |         | 23.200                                 | 32.000 | 44.000 |
| Belasting situatie: 3e zuiveringstrap (kg/j)          | 48.418  | 0,19                                   | 0,22   | 0,25   |
| Belasting situatie: 3e zuiveringstrap (kg/j)          | 51.695  | 0,20                                   | 0,23   | 0,26   |
| Belasting situatie: 3e zuiveringstrap (kg/j)          | 60.718  | 0,23                                   | 0,25   | 0,28   |

### 7.3.2 Effect maatregelen op stikstofhuishouding

Net als bij de fosfaathuishouding domineert de lozing van rwzi-effluent de huidige situatie. Ook voor de stikstofhuishouding zorgt alleen een verbeterde effluentkwaliteit

bij de rwzi (de laatste maatregel in tabel 7.8) voor een betere waterkwaliteit. Met de verbeterde rwzi-effluentkwaliteit en de laagste rekenbelasting van de overige bronnen voldoen de waarden wel bijna aan het MTR.

**Tabel 7.8 Effect maatregelen op stikstofconcentratie (mg/l) in stroomgebied**

| Norm (MTR): 2,2 mg/l                                  |           | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |         |         |
|---|-----------|--|---------|---------|
|   |           | 476.027                                | 725.507 | 725.507 |
| Belasting situatie: referentie (kg/j)                 | 468.479   | 2,6                                    | 3,2     | 3,2     |
| Belasting situatie: referentie (kg/j)                 | 830.640   | 3,5                                    | 4,2     | 4,2     |
| Belasting situatie: referentie (kg/j)                 | 1.393.033 | 5,1                                    | 5,7     | 5,7     |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                                  |           | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |         |         |
|   |           | 476.027                                | 725.507 | 725.507 |
| Belasting situatie: lamellenfilters (kg/j)            | 466.634   | 2,6                                    | 3,2     | 3,2     |
| Belasting situatie: lamellenfilters (kg/j)            | 828.025   | 3,5                                    | 4,2     | 4,2     |
| Belasting situatie: lamellenfilters (kg/j)            | 1.385.034 | 5,1                                    | 5,7     | 5,7     |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                                  |           | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |         |         |
|   |           | 476.027                                | 725.507 | 725.507 |
| Belasting situatie: bodempassages (kg/j)              | 462.983   | 2,5                                    | 3,2     | 3,2     |
| Belasting situatie: bodempassages (kg/j)              | 822.853   | 3,5                                    | 4,2     | 4,2     |
| Belasting situatie: bodempassages (kg/j)              | 1.369.216 | 5,0                                    | 5,7     | 5,7     |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                                  |           | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |         |         |
|   |           | 476.027                                | 725.507 | 725.507 |
| Belasting situatie: GS - 100% straatvuil (kg/j)       | 468.479   | 2,6                                    | 3,2     | 3,2     |
| Belasting situatie: GS - 100% straatvuil (kg/j)       | 828.931   | 3,5                                    | 4,2     | 4,2     |
| Belasting situatie: GS - 100% straatvuil (kg/j)       | 1.377.651 | 5,0                                    | 5,7     | 5,7     |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                                  |           | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |         |         |
|   |           | 476.027                                | 725.507 | 725.507 |
| Belasting situatie: alle GS - VGS (kg/j)              | 490.499   | 2,6                                    | 3,3     | 3,3     |
| Belasting situatie: alle GS - VGS (kg/j)              | 872.942   | 3,7                                    | 4,3     | 4,3     |
| Belasting situatie: alle GS - VGS (kg/j)              | 1.449.815 | 5,2                                    | 5,9     | 5,9     |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                                  |           | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |         |         |
|   |           | 476.027                                | 725.507 | 725.507 |
| Belasting situatie: GEM - 20% verh opp (kg/j)         | 431.315   | 2,5                                    | 3,1     | 3,1     |
| Belasting situatie: GEM - 20% verh opp (kg/j)         | 767.706   | 3,4                                    | 4,1     | 4,1     |
| Belasting situatie: GEM - 20% verh opp (kg/j)         | 1.293.425 | 4,8                                    | 5,5     | 5,5     |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                                  |           | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |         |         |
|   |           | 476.027                                | 725.507 | 725.507 |
| Belasting situatie: GEM + 14 mm groene berging (kg/j) | 461.411   | 2,5                                    | 3,2     | 3,2     |
| Belasting situatie: GEM + 14 mm groene berging (kg/j) | 824.957   | 3,5                                    | 4,2     | 4,2     |
| Belasting situatie: GEM + 14 mm groene berging (kg/j) | 1.392.947 | 5,1                                    | 5,7     | 5,7     |
| Norm (MTR): 2,2 mg/l                                  |           | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |         |         |
|   |           | 476.027                                | 725.507 | 725.507 |
| Belasting situatie: 3e zuiveringstrap (kg/j)          | 380.311   | 2,3                                    | 3,0     | 3,0     |
| Belasting situatie: 3e zuiveringstrap (kg/j)          | 389.799   | 2,3                                    | 3,0     | 3,0     |
| Belasting situatie: 3e zuiveringstrap (kg/j)          | 423.184   | 2,4                                    | 3,1     | 3,1     |

### 7.3.3 Effect maatregelen op zware metalen

Voor de zware metalen geldt hetzelfde als voor de nutriënten. De rwzi-lozing is dominant en alleen aanvullende maatregelen bij de rwzi zorgen voor een afdoende verbetering van de waterkwaliteit. Tenminste, als wordt gerekend met de maximale rekenwaarden voor de effluentconcentratie van de rwzi. In de overige gevallen voldoen de waarden al aan het MTR. Tabel 7.9 toont alleen de bereikte zinkconcentratie in het oppervlaktewater bij aanvullende rwzi-maatregelen, tabel 7.10 laat de koperconcentratie zien.

**Tabel 7.9 Effect inzet zandfiltratie op zinkconcentratie ( $\mu\text{g/l}$ ) in stroomgebied**

|                   |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |       |       |
|-------------------|-------|--|-------|-------|
|                   |       | 1.574                                  | 1.574 | 1.574 |
| Belastingsituatie | 2.837 | 12                                     | 12    | 12    |
| 3e zuiveringstrap | 3.572 | 14                                     | 14    | 14    |
| (kg/j)            | 6.694 | 22                                     | 22    | 22    |

**Tabel 7.10 Effect inzet zandfiltratie op koperconcentratie ( $\mu\text{g/l}$ ) in stroomgebied**

|                   |       | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) |     |     |
|-------------------|-------|--|-----|-----|
|                   |       | 428                                    | 428 | 428 |
| Belastingsituatie | 601   | 3                                      | 3   | 3   |
| 3e zuiveringstrap | 704   | 3                                      | 3   | 3   |
| (kg/j)            | 1.057 | 4                                      | 4   | 4   |

### 7.3.4 Effect maatregelen op PAK's

Voor PAK zijn geen maatregelen uitgewerkt, omdat de waarden in de huidige situatie al ruim voldoen aan het MTR.

### 7.3.5 Effect maatregelen op bestrijdingsmiddelen

Vanwege gebrek aan gegevens over toelevering vanuit overige bronnen, zijn voor de bestrijdingsmiddelen geen maatregelen uitgewerkt. Wel is duidelijk dat de rekenconcentraties in het effluent voor glyfosaat veel lager liggen dan het MTR. Hierdoor zijn hier in feite geen maatregelen noodzakelijk.



### 7.3.6 Resultaten onderzoeksvraag 3

Tabel 7.11 geeft een overzicht van de relatieve bijdrage vanuit de waterketen op de waterkwaliteitsproblemen in het regionale stroomgebied.

Tabel 7.11 Effect maatregelen waterketen op waterkwaliteitsproblemen stroomgebied

| Stofgroep                   | Maatregelen met effect op reductie waterkwaliteitsprobleem | bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem?         | Ligt de oorzaak in de waterketen? |
|-----------------------------|--|--|-----------------------------|-----------------------------------|
| Fosfaathuishouding          | hoge kwaliteit effluent                                    | 85 %                                     | > 2 * MTR                   | mede                              |
| Stikstofhuishouding         | hoge kwaliteit effluent                                    | 53 %                                     | 1 - 2 * MTR                 | mede                              |
| Zuurstofhuishouding         | n.v.t.   | n.v.t.                                   | n.v.t.                      | n.v.t.                            |
| Zware metalen               | hoge kwaliteit effluent                                    | Cu 72 %, Zn 80 %                         | koper: ja, > MTR, zink: nee | mede                              |
| PAK10                       | nee  | 5 %                                      | nee                         | nee                               |
| Hygiënische betrouwbaarheid | n.v.t.   | n.v.t.                                   | n.v.t.                      | n.v.t.                            |
| Bestrijdingsmiddelen        | niet waarschijnlijk doordat effluent-concentraties << MTR  | niet in beeld                            | nee                         | niet in beeld                     |

## 8 Landelijke schaal

### 8.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bespreekt de waterkwaliteitsproblemen en emissies op landelijke schaal. De bevindingen hebben betrekking op zowel rijkswater als regionaal water.

### 8.2 Kenmerken

De kenmerken van de oppervlaktewatersystemen zijn zeer divers. Grote rivieren, het IJsselmeer, de Deltawateren en kleinere regionale wateren hebben allemaal zeer verschillende kenmerken.

#### *Waterkwaliteitsproblemen*

De toestand van het Nederlandse oppervlaktewater is sterk verbeterd ten opzichte van enkele decennia terug. Maar gevoelige functies als 'natuur', 'recreatie', en 'drinkwater' ondervinden nog steeds problemen bij de huidige waterkwaliteit.

Waterkwaliteitsproblemen op landelijke schaal zijn:

- 1 Meststoffen in eutrofiëringgevoelige wateren: N en P. De ontwikkeling van de waterkwaliteit voor stikstof is de laatste jaren verbeterd, voor fosfaat stagneert de verbetering.
- 2 Ecologische effecten op organismen: geneesmiddelen en hormoonontregelende stoffen. De verwachting is dat de aanwezigheid van geneesmiddelen in regionale en rijkswateren de komende jaren toeneemt.
- 3 Ecologische doelen halen en drinkwaterbereiding. De in dit rapport beschouwde stof glyfosaat vormt geen probleem voor het MTR en is ook geen prioritaire stof. Maar voor de drinkwaterbereiding komt glyfosaat (en het afbraakproduct AMPA) wel degelijk in te hoge concentraties in de emissies vanuit de waterketen voor. Daarnaast zijn tien gewasbeschermingsmiddelen Europees aangewezen als prioritaire stof. In Nederland zijn hiervan drie toegelaten: chloorfenvinfos (beperkt, als bestrijdingsmiddel), chloorpyrifos als biocide tegen ongedierte en isoproturon als bestrijdingsmiddel.
- 4 Zware metalen: cadmium, chroom, kwik, koper, lood, nikkel en zink. Via doorvergiftiging naar hogere organismen zijn er risico's voor het ecosysteem. Zware metalen zijn over het algemeen carcinogeen en toxisch. De verbetering van de waterkwaliteit stagneert voor zware metalen.
- 5 PAK's: (6 en 10) langdurige blootstelling aan PAK's kan kanker en/of beschadiging van het genetische materiaal veroorzaken. Volgens de emissieregistratie 2004 neemt de belasting van het oppervlaktewater met PAK's af. Maar de waterkwaliteit stagneert al jaren.

6 Tributyltin (TBT). TBT is in het zeemilieu zeer giftig voor onder andere schelpdieren. Het hecht zich eenvoudig aan slibdeeltjes en zwevende stof. Zo komt het gemakkelijk in voedselketens terecht. De belangrijkste toepassing is in aangroeiwerende verf op schepen. De ecologische effecten (met name imposex) zijn eenduidig aan deze bron toe te schrijven.

(Bronnen: Water in beeld, 2007 (V&W, 2007) en Van inzicht naar doorzicht (RIVM/MNP, 2004).)

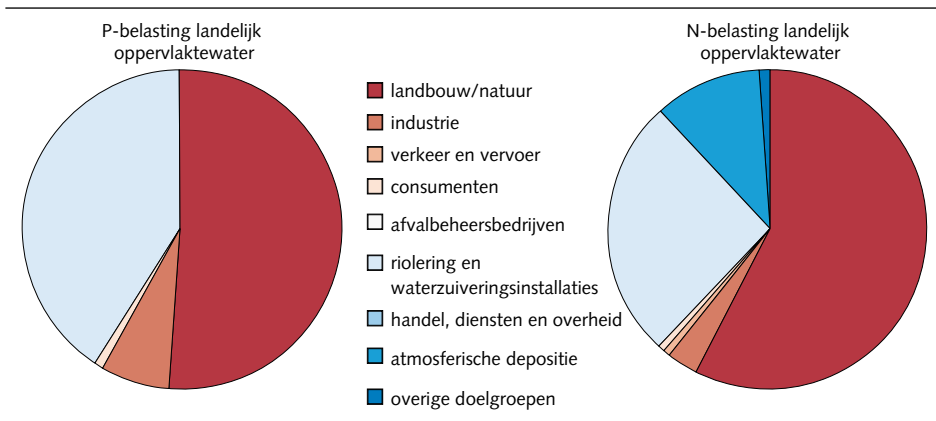
### 8.3 Emissies

De aanvoer van vervuiling via rivieren in het buitenland is niet meegenomen, omdat buitenlandse bronnen deze veroorzaken. Maar de buitenlandse aanvoer bepaalt wel voor een groot deel (bijna 75%) de waterkwaliteit van de grote rivieren, het IJsselmeer en de Deltawateren.

#### 8.3.1 Nutriënten

Voor de nutriënten stikstof en fosfaat is de ‘af- en uitspoeling van landbouw- en natuurgebieden’ de belangrijkste bron. Deze is zeer gevoelig voor de variatie in jaarlijkse neerslag en zorgt voor een grote jaarlijkse fluctuatie.

Het gezuiverde afvalwater (rwzi-effluent), de overstorten en de regenwaterriolen zijn voor nutriënten een belangrijke belastingsbron. Figuur 8.1 geeft een overzicht van de verdeling van de nutriëntenbelasting per bron.



**Figuur 8.1** Verdeling nutriëntenbelasting naar bron.  
**N.B.** Links de verdeling van fosfaatbelasting, rechts van stikstofbelasting.

### 8.3.2 Metalen

Het gezuiverde afvalwater (rwzi-effluent), de overstorten en de regenwaterriolen zijn voor zware metalen een belangrijke belastingsbron.

- Voor chroom en kwik zijn de rwzi's de belangrijkste binnenlandse bronnen.
- Voor nikkel en lood is 'af- en uitspoeling van landbouw- en natuurgebieden' de grootste belastingsbron. 'Riolering en rwzi's' en 'atmosferische depositie' leveren een kleinere bijdrage aan de vervuiling in oppervlaktewater. Voor lood heeft 'af- en uitspoeling van landbouw- en natuurgebieden' zelfs een vervuilingsaandeel van meer dan 75%.
- Voor zink is 'verkeer en vervoer' de grootste bron van vervuiling in oppervlaktewater. Op de tweede plaats komt 'af- en uitspoeling vanuit landbouw- en natuurgebieden' en op de derde plaats komen de bijdragen uit rwzi's en riolering.
- Voor koper levert de bron 'verkeer en vervoer' bijna de helft van de vervuiling in oppervlaktewater. De bron 'riolering en rwzi's' levert ongeveer een vijfde deel en 'af- en uitspoeling van landbouw- en natuurgebieden' ongeveer een zesde deel.
- De belangrijkste binnenlandse bronnen voor cadmium in oppervlaktewater zijn lozingen vanuit de industrie en van rwzi-effluenten. Ook 'atmosferische depositie' en 'af- en uitspoeling van landbouw- en natuurgebieden' dragen significant bij.

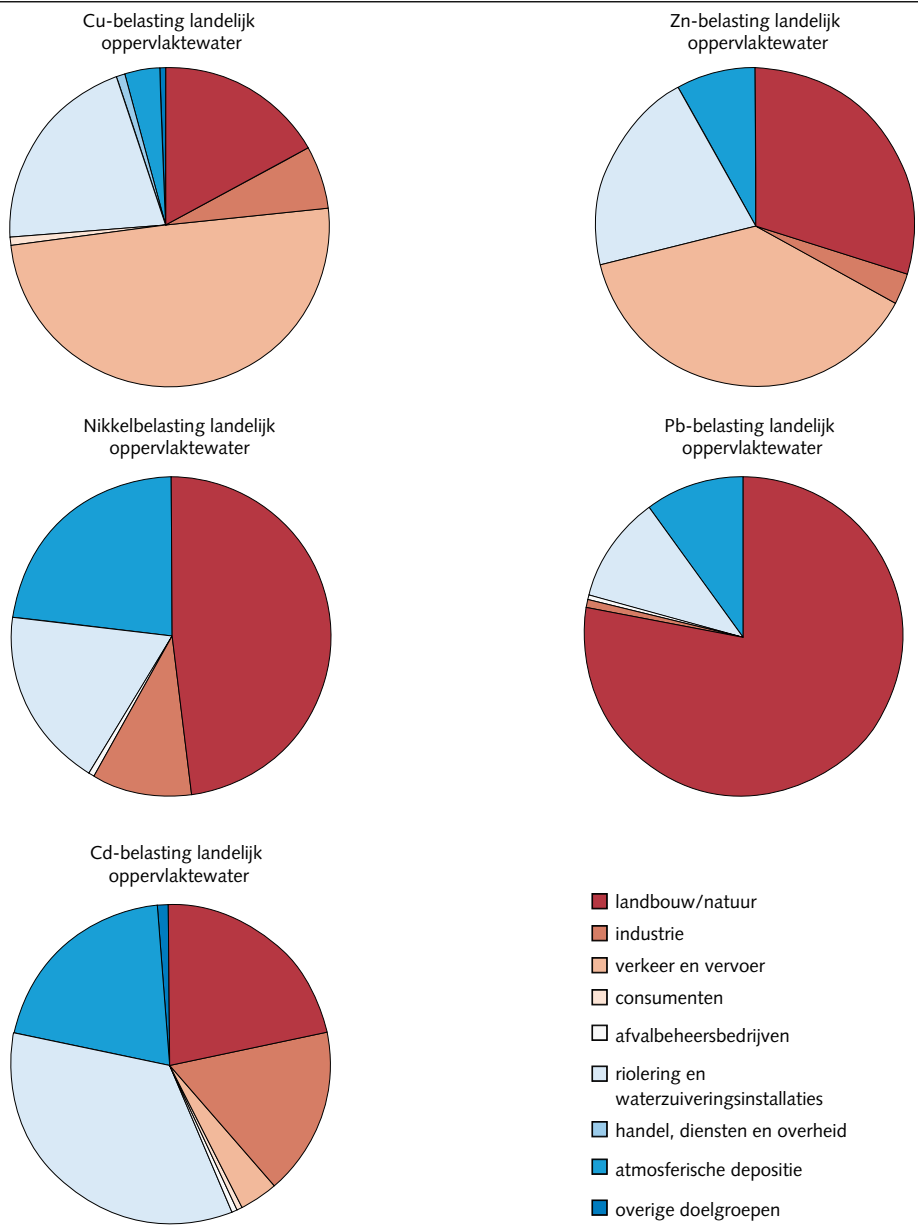
De belasting van de bodem met zware metalen komt vooral van het gebruik van dierlijke en kunstmest. De jacht, compost en atmosferische depositie dragen in kleine mate bij aan de bodembelasting.

Figuur 8.2 geeft een overzicht van het relatieve aandeel per bron aan de totale belasting van verschillende zware metalen op het oppervlaktewater.

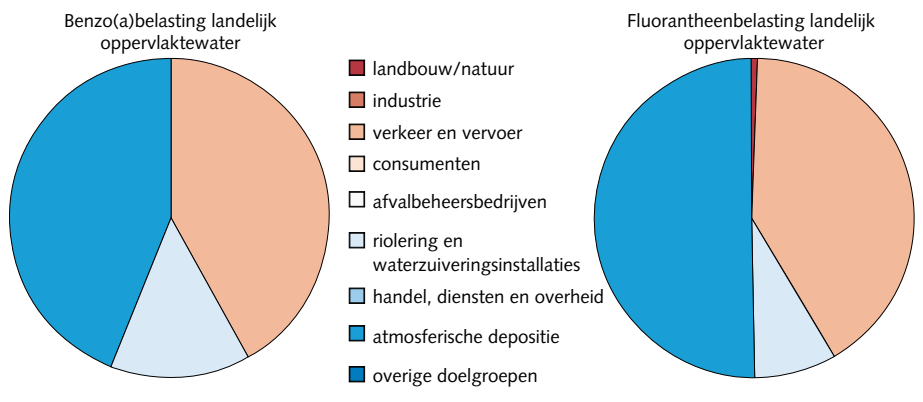
### 8.3.3 PAK's

De belangrijkste bronnen voor de belasting met PAK's in het oppervlaktewater zijn 'de atmosferische depositie' en 'verkeer en vervoer'. Daarnaast zijn verkeer en vervoer aanwijsbare oorzaken voor de uitloging van scheepscoatings, lekkage van motorolie en verbranding van brandstoffen.

Figuur 8.3 geeft een overzicht van het relatieve aandeel per bron aan de totale belasting van de PAK's benzo(a)pyreen en fluorantheen op het oppervlaktewater.



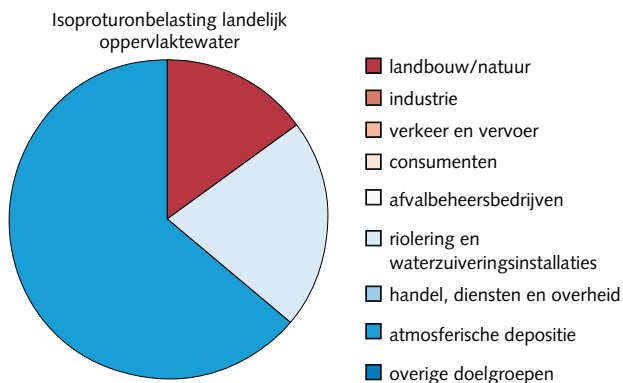
Figuur 8.2 Verdeling metaalbelasting naar bron



Figuur 8.3 Verdeling belasting benzo (a) pyreen (links) en fluorantheen (rechts) naar bron

### 8.3.4 Bestrijdingsmiddelen

De belasting op oppervlaktewater van carbendazim en chloorpyrifos komt voornamelijk uit de landbouw en natuur. Figuur 8.4 geeft een overzicht van het relatieve aandeel per bron aan de totale belasting van isotroturon op het oppervlaktewater. Ook voor isotroturon is het aandeel vanuit de lucht ('atmosferische depositie') de grootste vervuilsbron voor oppervlaktewater. Een tweede, kleinere bron is de vervuiling uit 'riolering en rwzi's'. De derde bron is de 'af- en uitspoeling vanuit landbouw- en natuurgebieden'.



Figuur 8.4 Verdeling isotroturonbelasting naar bron

### 8.3.5 Geneesmiddelen

Diergeneesmiddelen komen via af- en uitspoeling van landbouwgronden in het oppervlaktewater, menselijke geneesmiddelen onder meer via rwzi's.

### 8.3.6 Tributyltin

De belangrijkste bron voor organotinverbindingen is de zeescheepvaart.

## 8.4 Maatregelen

De grootste emissiereducties zijn behaald in de periode vóór 1990, vooral door maatregelen bij de industriële bronnen. De laatste jaren zijn de emissies vanuit de industrie vrij stabiel. Door verbeterde zuiveringsrendementen neemt de belasting via rwzi-effluenten de laatste jaren licht af. Van veel diffuse bronnen en huishoudens stijgen de emissies licht, onder andere door de bevolkingsgroei en verkeerstoename. De atmosferische depositie vertoont een dalende trend voor stikstof en zware metalen.

| 103

Tabel 8.1 geeft een overzicht van belastingsbronnen voor het oppervlaktewater en lopende maatregelen (uit *Van inzicht naar doorzicht, 2002/2003*).

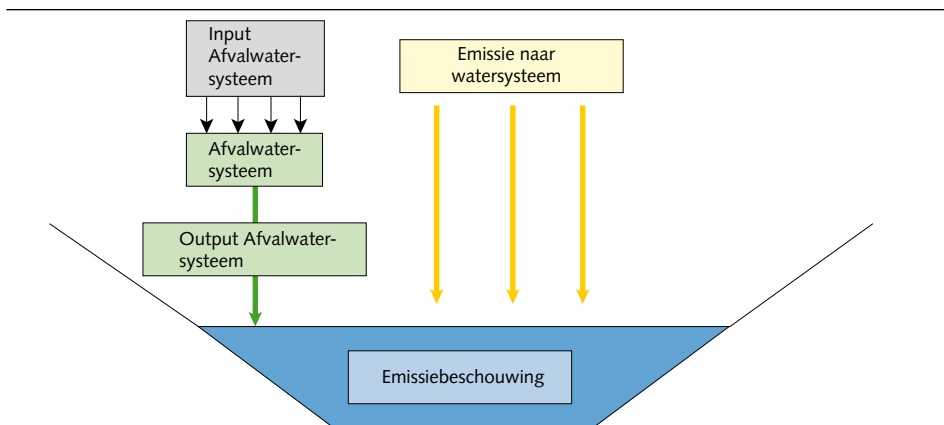
# 9 Synthese

## 9.1 Inleiding

Figuur 9.1 geeft een schematisch overzicht van de stofstromen vanuit de waterketen en de overige bronnen naar het watersysteem. Van deze figuur zijn drie onderzoeksvragen afgeleid die dit project heeft onderzocht:

- 1 Wat is erg? Ofwel: welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren in het watersysteem?
- 2 Wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan deze waterkwaliteitsproblemen? Ofwel: wat is de verhouding tussen de groene en gele pijlen in figuur 9.1?
- 3 In hoeverre is deze relatieve bijdrage te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem? Met andere woorden: welk emissieniveau is te verwachten bij een bepaalde systeemkeuze en aanvullende maatregelen in het afvalwatersysteem? (Systeemkeuze is hier de manier waarop een gemeente het hemel-, afval- en grondwater verzamelt en verwerkt.)

104 |



Figuur 9.1 Schematisch overzicht stofstromen

De onderzoeksvragen zijn op vijf schaalniveaus onderzocht:

- Stadsvijver.
- Stadssingel.
- Lokale boezem.
- Regionaal stroomgebied.
- Landelijke schaal.



Dit hoofdstuk beschrijft de synthese van de resultaten op de verschillende schaalniveaus.

## 9.2 Onderzoeksvraag 1: welke waterkwaliteitsproblemen worden ervaren?

Tabel 9.1 geeft een overzicht van de resultaten van onderzoeksvraag 1. Enkele waterkwaliteitsproblemen spelen alleen lokaal (botulisme), terwijl andere op vrijwel alle schaalniveaus een rol spelen (diverse uitingen van eutrofiëring).

**Tabel 9.1 Resultaten onderzoeksvraag 1: waterkwaliteitsproblemen per schaalniveau**

| Waterkwaliteitsprobleem                               | Schaalniveau |             |        |              |           |
|---|--------------|-------------|--------|--------------|-----------|
|   | stadsvijver  | stadssingel | boezem | stroomgebied | landelijk |
| Botulisme   | X            | X           |        |              |           |
| Vissterfte (BZV, bestrijdingsmiddelen)                | X            | X           |        | X            |           |
| Algen (N en P)  | X            | X           | X      |              | X         |
| Kroos (N en P)  | X            | X           | X      |              |           |
| Visuele verontreiniging                               | X            |             |        |              |           |
| Stank (organische stof, lage vetzuren)                | X            |             |        |              |           |
| Ecologische achteruitgang, biodiversiteit (N en P)    | X            | X           | X      | X            |           |
| Hygiënische betrouwbaarheid (bacteriën)               | X            | X           |        |              |           |
| Problemen met beleving                                | X            | X           |        | X            |           |
| Bodemkwaliteit (metalen, PAK)                         | X            | X           | X      | X            | X         |
| Hormoonverstorende stoffen                            |              |             |        | X            | X         |
| Eisen voor drinkwaterbereiding (bestrijdingsmiddelen) |              |             |        |              | X         |

| 105

## 9.3 Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage aan deze waterkwaliteitsproblemen?

De tweede onderzoeksvraag is per schaalniveau opgepakt. Voor de waterkwaliteitsproblemen uit tabel 9.1 is in beeld gebracht welke stoffen of stofgroepen hiervoor bepalend zijn. Voor deze stofgroepen is een analyse gemaakt van de relatieve bijdrage vanuit de afvalwaterketen en vanuit overige bronnen op basis van de belasting van het oppervlaktewater.

Hierbij is met nadruk onderscheid gemaakt tussen:

- Emissie: hoeveel wordt geloosd?
- Belasting: hoeveel komt hiervan terecht in het oppervlaktewater?
- Waterkwaliteitsprobleem: welke problemen veroorzaakt deze belasting van het oppervlaktewater?

Het onderscheid tussen emissie en belasting speelt bijvoorbeeld een grote rol bij de emissie vanuit de landbouw, die voor een belangrijk deel achterblijft in de 'haarvaten' van het systeem. Het onderscheid tussen belasting en waterkwaliteitsprobleem speelt sterk bij fosfaat op de lagere schaalniveaus. Daar is zowel de belasting in kilogrammen als de hydraulische verblijftijd van belang, mede beïnvloed door het type rioolstelsel.

De relatieve bijdrage per schaalniveau vindt u in de resultaattabellen in de betreffende hoofdstukken. Tabel 9.2 geeft als voorbeeld de resultaten voor het schaalniveau stadsvijver per beschouwde stofgroep.

**Tabel 9.2 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen stadsvijver**

| Stofgroep                   | Type stelsel | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem?     | Is de waterketen de oorzaak? | Is probleem afhankelijk van rekenconcentraties? |
|-----------------------------|--------------|--|-------------------------|------------------------------|---|
| Fosfaathuishouding          | gescheiden   | 30%                                      | 2*MTR                   | mede                         | ja  |
| Fosfaathuishouding          | gemengd      | 25%                                      | >> 2*MTR                | ja, door geringe verversing  | ja  |
| Stikstofhuishouding         | gescheiden   | 30%                                      | 1 - 2*MTR               | mede                         | ja  |
| Stikstofhuishouding         | gemengd      | 15%                                      | nee                     | nee                          | nee   |
| Zuurstofhuishouding         | gescheiden   | n.v.t.                                   | geen                    | n.v.t.                       | n.v.t.  |
| Zuurstofhuishouding         | gemengd      | n.v.t.                                   | ja, T = 0,5, T = 1      | ja                           | ja  |
| Zware metalen               | gescheiden   | Cu 90%,<br>Zn 84%                        | ja: Cu en<br>Zn > IW    | ja                           | ja  |
| Zware metalen               | gemengd      | Cu 83%,<br>Zn 55%                        | ja: Cu en ja<br>Zn > VW | nee                          |   |
| PAK10                       | gescheiden   | 100%                                     | nee                     | overige bronnen onbekend     | nee   |
| PAK10                       | gemengd      | 100%                                     | nee                     | overige bronnen onbekend     | nee   |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gescheiden   | n.v.t.                                   | >> zwemwater-norm       | ja                           | ja  |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gemengd      | n.v.t.                                   | >> zwemwater-norm       | ja                           | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen        | gescheiden   | 100%                                     | nee, << MTR             | overige bronnen onbekend     | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen        | gemengd      | 100%                                     | nee, << MTR             | overige bronnen onbekend     | nee   |

Met het resultaat uit tabel 9.2 is de stap te maken naar de achterliggende onderzoeksvraag: waarvoor zijn aanvullende kennis en inzicht nodig? Ofwel: welke onderzoeksbehoefte bestaat op basis van de resultaten van onderzoeksvraag 2? Hierbij is de volgende redenering gevolgd:

- 1 Waar het afvalwatersysteem geen significante bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen levert, is ook geen extra aanvullend inzicht nodig in de exacte hoogte van deze bijdrage. Dit geldt voor de stof(groepen) waar óf geen waterkwaliteitsprobleem aanwezig is (4<sup>e</sup> kolom in tabel 9.2) óf de oorzaak niet in de waterketen ligt (5<sup>e</sup> kolom in tabel 9.2).
- 2 Waar het afvalwatersysteem wél een significante bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen levert, is mogelijk wel aanvullend inzicht in de hoogte van deze bijdrage nodig.
- 3 Dit aanvullende inzicht is alleen nodig als de mate waarin een waterkwaliteitsprobleem optreedt, afhankelijk is van de toegepaste rekenconcentratie (6<sup>e</sup> kolom in tabel 9.2).
- 4 Alleen voor dié stofgroepen waarvoor een waterkwaliteitsprobleem is, waarvan de oorzaak op dat schaalniveau in de waterketen ligt en de mate van het probleem afhankelijk is van de rekenconcentraties, bestaat behoefte om meer kennis te ver-

garen over de toe te passen rekenconcentraties. De achtergrond van deze variaties in rekenconcentraties (zoals het type woonwijk en industrie) is hierbij vooralsnog buiten beschouwing gebleven.

Dit houdt voor het schaalniveau stadsvijver in dat:

- Voor het gemengde rioelstelsel behoefte bestaat aan meer inzicht in de fosfaathuishouding en BZV-huishouding.
- Voor de gescheiden rioelstelsels behoefte bestaat aan meer inzicht in de fosfaathuishouding, stikstofhuishouding, zware metalen en hygiënische betrouwbaarheid.

Deze afleiding is doorgevoerd voor alle schaalniveaus. Een samenvatting van de resultaten hiervan vindt u in tabel 9.3. Bijlage 1 geeft een totaaloverzicht van alle schaalniveaus.

**Tabel 9.3** Overzicht aanvullende behoefte inzicht in rekenconcentraties

| Stofgroep<br>(waterkwaliteitsprobleem)                | Lozingsbron | Schaalniveau |             |          |              |           |
|---|-------------|--------------|-------------|----------|--------------|-----------|
|   |             | stadsvijver  | stadssingel | boezem   | stroomgebied | landelijk |
| Fosfaathuishouding<br>(algen/kroos/ecologie)          | gescheiden  | ja           | ja          | beperkt  | nee          | nee       |
|   | gemengd     | ja           | nee         | nee      | nee          | nee       |
|   | rwzi        | n.v.t.       | n.v.t.      | n.v.t.   | ja           | beperkt   |
| Stikstofhuishouding<br>(algen/kroos/ecologie)         | gescheiden  | ja           | ja          | nee      | nee          | nee       |
|   | gemengd     | nee          | nee         | nee      | nee          | nee       |
|   | rwzi        | n.v.t.       | n.v.t.      | n.v.t.   | ja           | beperkt   |
| Zuurstofhuishouding gescheiden<br>(vissterfte, stank) | nee         | nee          | n.v.t.      | n.v.t.   | n.v.t.       | n.v.t.    |
|   | gemengd     | ja           | ja          | n.v.t.   | n.v.t.       | n.v.t.    |
|   | rwzi        | n.v.t.       | n.v.t.      | n.v.t.   | n.v.t.       | n.v.t.    |
| E-coli (hygiënische gescheiden<br>betrouwbaarheid)    | ja          | ja           | n.v.t.      | n.v.t.   | n.v.t.       | n.v.t.    |
|   | gemengd     | nee          | nee         | n.v.t.   | n.v.t.       | n.v.t.    |
|   | rwzi        | n.v.t.       | n.v.t.      | n.v.t.   | n.v.t.       | n.v.t.    |
| Zink (slibkwaliteit waterbodem)                       | gescheiden  | ja           | ja          | ja       | nee          | nee       |
|   | gemengd     | nee          | nee         | nee      | nee          | nee       |
|   | rwzi        | n.v.t.       | n.v.t.      | n.v.t.   | ja           | beperkt   |
| Koper (slibkwaliteit waterbodem)                      | gescheiden  | ja           | nee         | ja       | nee          | nee       |
|   | gemengd     | nee          | ja          | nee      | nee          | nee       |
|   | rwzi        | n.v.t.       | n.v.t.      | n.v.t.   | ja           | beperkt   |
| PAK (slibkwaliteit waterbodem)                        | gescheiden  | nee          | ja          | nee      | nee          | nee       |
|   | gemengd     | nee          | nee         | nee      | nee          | nee       |
|   | rwzi        | n.v.t.       | n.v.t.      | n.v.t.   | nee          | beperkt   |
| Glyfosaat (acute toxiciteit)                          | gescheiden  | nee          | nee         | nee      | nee          | nee       |
|   | gemengd     | nee          | nee         | nee      | nee          | nee       |
|   | rwzi        | n.v.t.       | n.v.t.      | n.v.t.   | nee          | beperkt   |
| Hormoonverstorende stoffen                            | gescheiden  | onbekend     | onbekend    | onbekend | nee          | nee       |
|   | gemengd     | onbekend     | onbekend    | onbekend | nee          | nee       |
|   | rwzi        | n.v.t.       | n.v.t.      | n.v.t.   | ja           | ja        |

Tabel 9.4 maakt snel zichtbaar welke aanvullende kennis per lozingsbron vanuit de waterketen wenselijk is op basis van onderzoeksvraag 2. Deze informatie komt uit tabel 9.3.

**Tabel 9.4 Gewenst aanvullend inzicht in toe te passen rekenconcentraties per type lozingspunt**

| Type lozingspunt        | Stofgroepen   |
|-------------------------|---|
| Gescheiden rioolstelsel | fosfaat, zware metalen, PAK, hygiënische betrouwbaarheid                                |
| Gemengd rioolstelsel    | fosfaat, zwaar metaal koper, BZV  |
| Rwzi                    | fosfaat, stikstof, zware metalen, PAK, bestrijdingsmiddelen, hormoonverstorende stoffen |

#### **9.4 Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?**

Om de derde onderzoeksvraag te beantwoorden, zijn de volgende maatregelen door-gerekend voor alle schaalniveaus (behalve de landelijke):

- lamellenfilters op alle uitlaten;
- bodempassage op alle uitlaten;
- straatvuil 100% verwijderen;
- ombouw alle gescheiden rioolstelsels naar verbeterd gescheiden rioolstelsels;
- afkoppelen 20% verhard oppervlak;
- aanleg groene berging 14 mm achter elke overstort;
- zandfiltratie bij rwzi.

Maatregelen in het watersysteem zijn niet meegenomen in de analyse.

Tabel 9.5 toont voor de situaties waarin het afvalwatersysteem significant bijdraagt aan de waterkwaliteitsproblemen in hoeverre maatregelen in het afvalwatersysteem deze problemen kunnen voorkómen.

Samenvattend zijn de volgende soorten maatregelen in enkele gevallen effectief:

- Zuiverende voorzieningen gescheiden rioolstelsels met rendement > gemiddeld 70% voor de meeste parameters (bijvoorbeeld bodempassage).
- Ombouw naar verbeterd gescheiden stelsel (VGS).
- Maatregelen met effect op vuilloop gescheiden riolering (bijvoorbeeld straatreinigen of voorzieningen in kolken).
- Vergroten pompoevercapaciteit en stelselberging gemengde rioolstelsels (bijvoorbeeld door afkoppelen).
- Aanvullende berging gemengde stelsels (bijvoorbeeld groene berging).
- Realiseren hoge kwaliteit rwzi-effluent (bijvoorbeeld door inzet zandfiltratie, ombouw naar MembraanBioReactor, optimaal bedrijven ultralaagbelaste rwzi). De rwzi blijft verder buiten beschouwing, aangezien diverse STOWA-projecten deze naar verwachting afdoende onderzoeken.

**Tabel 9.5 Maatregelen met significant effect op relatieve bijdrage aan waterkwaliteitsproblemen door afvalwatersysteem**

| Stofgroep (waterkwaliteitsprobleem)        | Lozingsbron                   | Schaalniveau  | stadsvisier   | stadsringel   | boezem                                | stroomgebied            | landelijk                             |
|--|-------------------------------|---|---|---|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Fosfaathuishouding (algen/kroos/ecologie)  | gescheiden                    | ombouw VGS; bodem-passage; straatvuil verwijderen <sup>*1</sup> | ombouw VGS; bodem-passage; straatvuil verwijderen <sup>*1</sup> | ombouw VGS; bodem-passage; straatvuil verwijderen <sup>*1</sup> | geen                                  | hoge kwaliteit effluent | beperkt                               |
| Stikstofhuishouding (algen/kroos/ecologie) | gemengd<br>nwzi<br>gescheiden | ombouw VGS; bodem-passage; straatvuil verwijderen <sup>*1</sup> | ombouw VGS; bodem-passage; straatvuil verwijderen <sup>*1</sup> | ombouw VGS; bodem-passage; straatvuil verwijderen <sup>*1</sup> | geen                                  | hoge kwaliteit effluent | beperkt                               |
| Zuurstofhuishouding (vissterfte, stank)    | gescheiden<br>gemengd<br>nwzi | afkoppelen, groene berging                                      | afkoppelen, groene berging                                      | afkoppelen, groene berging                                      | geen                                  | hoge kwaliteit effluent | beperkt                               |
| E-coli (hygiënische betrouwbaarheid)       | gescheiden<br>gemengd<br>nwzi | ombouw VGS; bodem-passage; straatvuil verwijderen <sup>*2</sup> | ombouw VGS; bodem-passage; straatvuil verwijderen <sup>*2</sup> | ombouw VGS; bodem-passage; straatvuil verwijderen <sup>*2</sup> | geen                                  | hoge kwaliteit effluent | beperkt                               |
| Zink (silikwaliteit waterbodem)            | gescheiden<br>gemengd<br>nwzi | bodem-passage; ombouw VGS                                       | bodem-passage   | bodem-passage   | bodem-passage; straatvuil verwijderen | hoge kwaliteit effluent | hoge kwaliteit effluent <sup>*3</sup> |
| Koper (silikwaliteit waterbodem)           | gescheiden<br>gemengd<br>nwzi | bodem-passage; ombouw VGS                                       | bodem-passage groene berging                                    | bodem-passage groene berging                                    | geen                                  | hoge kwaliteit effluent | hoge kwaliteit effluent <sup>*3</sup> |
| PAK (silikwaliteit waterbodem)             | gescheiden<br>gemengd<br>nwzi | bodem-passage; ombouw VGS                                       | bodem-passage; ombouw VGS                                       | bodem-passage; ombouw VGS                                       | geen                                  | hoge kwaliteit effluent | hoge kwaliteit effluent <sup>*3</sup> |
| Glyfosaat (acute toxiciteit)               | gescheiden<br>gemengd<br>nwzi | onbekend  | onbekend  | onbekend  | onbekend                              | hoge kwaliteit effluent | hoge kwaliteit effluent <sup>*3</sup> |
| Hormoonverstorende stoffen                 | gescheiden<br>gemengd<br>nwzi | onbekend  | onbekend  | onbekend  | onbekend                              | actief kool             | ja                                    |

<sup>\*1</sup> Grote en richting effect afhankelijk van belasting vanuit omgeving.

<sup>\*2</sup> Rekenconcentraties regenwater bepalend voor effect maatregelen (ofwel: variatie in rekenconcentraties groter dan effect maatregelen).

<sup>\*3</sup> Beperkt effect op landelijke waterkwaliteit.

## 9.5 Effect toegepaste methodiek op bepalen waterkwaliteitseffecten

Bij de doorvertaling van belasting van de watersystemen op verschillende schaalniveaus naar waterkwaliteitseffecten zijn zo eenvoudig mogelijke modelbenaderingen het uitgangspunt. De hierin gemaakte keuzes hebben in beperkte mate effect op het in dit hoofdstuk gepresenteerde resultaat (zie ook paragraaf 3.7). Tabel 9.6 vat de analyse van de betrouwbaarheid van de modellen nog eens samen. Ook geeft de tabel aan wat het effect is op de conclusies in dit hoofdstuk.

Voor fosfaat en stikstof is de betrouwbaarheid voor systemen (stadsvijver, stadssingel en het lokale boezemsysteem) belast vanuit gemengde stelsels minder groot. Maar dit heeft geen effect op de conclusies van het onderzoek, omdat:

- De oorzaak vooral ligt in de geringe verversing en niet in de belasting vanuit de waterketen.
- De fosfaatconcentraties vaak twee maal boven het MTR liggen. De afwijking zal niet zó groot zijn, dat er in werkelijkheid geen probleem is. Voor stikstof zijn er eigenlijk geen problemen met de waterkwaliteit.
- Maatregelen in de afvalwaterketen geen effect hebben. De oplossingen liggen in het ontvangende systeem.

Voor het regionale stroomgebied heeft de onzekerheid in de retentievoëfficiënt voor stikstof mogelijk een effect op de conclusies. Dit komt doordat de belasting vanuit de waterketen en de landbouw ongeveer even groot zijn. Voor fosfaat is de belasting vanuit de waterketen bepalend. Het effect van de retentievoëfficiënt is dan gering.

Voor E-coli heeft de gebruikte methode (met de aanname van volledige menging) geen effect op de conclusies van het onderzoek.

Voor zware metalen en PAK's heeft de gebruikte methode om de waterbodempkwaliteit te schatten mogelijk een beperkt effect op de onderzoeksresultaten. Dit geldt niet voor alle systemen. Alleen waar een probleem optreedt en maatregelen effect hebben, zou de conclusie kunnen veranderen.

**Tabel 9.6 Effect gebruikte methode op resultaten en conclusies**

|               | <b>Stadsrijver</b>   | <b>Stadssingel</b>   | <b>Lokaal boezemsysteem</b>  | <b>Regionaal stroomgebied</b>  |
|---------------|--|--|--|--|
| Fosfaat       | Empirisch P-model.<br>Betrouwbaarheid minder voor systeem belast vanuit gemengde stelsels.<br>Geen effect op de conclusies.<br>Eerste orde verwijdering.                                   | Empirisch P-model.<br>Betrouwbaarheid minder voor systeem belast vanuit gemengde stelsels.<br>Geen effect op de conclusies.<br>Eerste orde verwijdering.                                   | Empirisch P-model.<br>Betrouwbaarheid minder voor systeem belast vanuit gemengde stelsels.<br>Geen effect op de conclusies.<br>Eerste orde verwijdering. | Mengmodel met retentie.<br>Gevoeligheid voor de retentiecoëfficiënt is gering.<br>Mengmodel met retentie.<br>Gevoeligheid voor de retentiecoëfficiënt is significant.<br>Mogelijk effect op de conclusies. |
| Stikstof      | Betrouwbaarheid minder voor systeem belast vanuit gemengde stelsels.<br>Geen effect op de conclusies.<br>Volledig mengmodel.   | Betrouwbaarheid minder voor systeem belast vanuit gemengde stelsels.<br>Geen effect op de conclusies.<br>Volledig mengmodel.   | Betrouwbaarheid minder voor systeem belast vanuit gemengde stelsels.<br>Geen effect op de conclusies.  | Mengmodel met retentie.<br>Gevoeligheid voor de retentiecoëfficiënt is significant.<br>Mogelijk effect op de conclusies.   |
| BZV           | Theoretische benadering die aansluit bij TEWOR.  | Theoretische benadering die aansluit bij TEWOR.  | -  | -  |
| Zuurstof/ BZV | TEWOR-model.   | TEWOR-model.   | -  | -  |
| E-coli        | Theoretische Benadering.<br>Volledig mengmodel.<br>Vrijwel altijd overschrijding van de norm, ook bij aanname volledige menging.<br>Geen effect op de conclusies.<br>Mengmodel waterbodem. | Theoretische benadering.<br>Volledig mengmodel.<br>Vrijwel altijd overschrijding van de norm, ook bij aanname volledige menging.<br>Geen effect op de conclusies.<br>Mengmodel waterbodem. | -  | -  |
| Zware metalen | Worstcase-benadering.<br>Mogelijk beperkt effect op conclusies.<br>Mengmodel waterbodem.   | Worstcase-benadering.<br>Mogelijk beperkt effect op conclusies.<br>Mengmodel waterbodem.   | -  | -  |
| PAK's         | Worstcase-benadering.<br>Geen effect op de conclusies.   | Worstcase-benadering.<br>Mogelijk beperkt effect op conclusies.<br>Mengmodel waterbodem.   | -  | -  |
| Glyfosaat     | -  | Mogelijk beperkt effect op conclusies.   | -  | -  |

## 9.6 Resulterende onderzoeksbehoefte

De onderzoeksvragen uit dit project moeten uiteindelijk inzicht geven in de onderzoeksbehoefte die met het oog op de bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen bestaat binnen het afvalwatersysteem. Door de onderzoeksvragen in deze opzet te bekijken, komt het erop neer dat er alleen een onderzoeksbehoefte bestaat als:

- het afvalwatersysteem een significante bijdrage levert aan het waterkwaliteitsprobleem (zie tabel 9.2 en bijlage 1);
- het voor het al dan niet optreden van het waterkwaliteitsprobleem verschil maakt hoe hoog de toe te passen rekenconcentratie vanuit het afvalwatersysteem is (zie tabel 9.3);
- er in de praktijk ook iets aan te doen is door het treffen van maatregelen (zie tabel 9.5).

112 |

Tabel 9.7 vat het op basis van deze redenering benodigde extra inzicht samen. Voor de rwzi zijn fosfaat en stikstof stuurparameters op de zuivering. De variatie in toegepaste rekenconcentraties in het effluent is een gevolg van de keuze van de beheerder in ontwerp en procesvoering, en niet van onbekendheid met de processen. Dit betekent dat voor beide stoffen in dit kader in feite geen onderzoeksbehoefte bestaat en zij dus niet in tabel 9.7 staan.

**Tabel 9.7 Gewenst aanvullend inzicht in toe te passen rekenconcentraties per type lozingspunt**

| Type lozingspunt        | Stofgroepen  |
|-------------------------|--|
| Gescheiden rioolstelsel | fosfaat, zware metalen, PAK, hygiënische betrouwbaarheid             |
| Gemengd rioolstelsel    | zwaar metaal koper, BZV  |
| Rwzi                    | zware metalen, PAK, bestrijdingsmiddelen, hormoonverstorende stoffen |



## 10 Referenties

Klein, J. de, From Ditch to Delta; nutrient retention in running waters, proefschrift WUR, 2008.

Maatregelenmatrix emissie-/waterkwaliteitsspoor, STOWA, 2002.

Landelijk meetnet regenwatersamenstelling, meetresultaten 2000, RIVM-rapport 73101 057/2001, RIVM 2001.

Waterkwaliteitsspooronderzoek singelsysteem deelgemeente Noord te Rotterdam, gemeentewerken Rotterdam, januari 2001.

| 113

Natuurlijke verjonging van het Zonienwoud: rapport 3, Ministerie voor Vlaamse gemeenschap: Instituut voor bouw en wildbeheer, 2001.

Zink in stedelijk water, TNO bouw en ondergrond, 2005.

Voedingswaardetabel, The Good Taste Guardian BV, [www.voedingswaardetabel.nl](http://www.voedingswaardetabel.nl).

Waterkwaliteitsspoor Moordrecht, Witteveen & Bos, Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard, 2006.

Waterkwaliteitsspoor Schollevaer, ARCADIS en Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard, 2006.

Uitleg emissieregistratie, 2004, <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/content/explanation.nl.aspx>.

Waterkwaliteit in Waterlood; deel 6, STOWA, 2003.

# Bijlage 1 Overzicht resultaten onderzoeksvraag 2 per schaalniveau

Tabel B1.1 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen per schaalniveau: stadsvijver

| Stofgroep                   | Type stelsel | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem? | Is de waterketen de oorzaak? | Is probleem afhankelijk van rekenconcentraties? |
|-----------------------------|--------------|--|---------------------|------------------------------|---|
| Fosfaathuishouding          | gescheiden   | 30%                                      | 2*MTR               | mede                         | ja  |
| Fosfaathuishouding          | gemengd      | 25%                                      | >> 2*MTR            | ja, door geringe verversing  | ja  |
| Stikstofhuishouding         | gescheiden   | 30%                                      | 1 - 2*MTR           | mede                         | ja  |
| Stikstofhuishouding         | gemengd      | 15%                                      | nee                 | nee                          | nee   |
| Zuurstofhuishouding         | gescheiden   | n.v.t.                                   | geen                | n.v.t.                       | n.v.t.  |
| Zuurstofhuishouding         | gemengd      | n.v.t.                                   | ja, T = 0,5, T = 1  | ja                           | ja  |
| Zware metalen               | gescheiden   | Cu 90%, Zn 84%                           | ja, Cu en Zn > IW   | ja                           | ja  |
| Zware metalen               | gemengd      | Cu 83%, Zn 55%                           | ja, Cu en Zn > VW   | ja                           | nee   |
| PAK10                       | gescheiden   | 100%                                     | nee                 | overige bronnen onbekend     | nee   |
| PAK10                       | gemengd      | 100%                                     | nee                 | overige bronnen onbekend     | nee   |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gescheiden   | n.v.t.                                   | >> zwemwater-norm   | ja                           | ja  |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gemengd      | n.v.t.                                   | >> zwemwater-norm   | ja                           | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen        | gescheiden   | 100%                                     | nee, << MTR         | overige bronnen onbekend     | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen        | gemengd      | 100%                                     | nee, << MTR         | overige bronnen onbekend     | nee   |

Tabel B1.2 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen per schaalniveau: stadssingel

| Stofgroep                   | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem?    | Is de waterketen de oorzaak? | Is probleem afhankelijk van rekenconcentraties? |
|-----------------------------|--|------------------------|------------------------------|---|
| Fosfaathuishouding          | 44%                                      | 2*MTR                  | mede                         | ja  |
| Fosfaathuishouding          | 35%                                      | >> 2*MTR               | ja, door geringe verversing  | nee   |
| Stikstofhuishouding         | 50%                                      | 0,5 -1,5*MTR           | mede                         | ja  |
| Stikstofhuishouding         | 11%                                      | nee                    | nee                          | nee   |
| Zuurstofhuishouding         | n.v.t.                                   | geen                   | n.v.t.                       | n.v.t.  |
| Zuurstofhuishouding         | n.v.t.                                   | ja, vanaf T = 1        | ja                           | ja  |
| Zware metalen               | Cu 98%, Zn 84%                           | ja, Cu en Zn > IW      | ja                           | ja Zn; nee Cu                                   |
| Zware metalen               | Cu 96%, Zn 55%                           | ja, Cu > IW en Zn > VW | ja                           | ja  |
| PAK10                       | 100%                                     | ja, > VW               | overige bronnen onbekend     | ja  |
| PAK10                       | 100%                                     | nee                    | idem                         | nee   |
| Hygiënische betrouwbaarheid | n.v.t.                                   | >> zwemwater-norm      | ja                           | ja  |
| Hygiënische betrouwbaarheid | n.v.t.                                   | >> zwemwater-norm      | ja                           | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen        | 100%                                     | nee                    | n.v.t.                       | nee   |
| Bestrijdingsmiddelen        | 100%                                     | nee                    | n.v.t.                       | nee   |

**Tabel B1.3 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen per schaalniveau: lokale boezem**

| Stofgroep                   | Type stelsel | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem? | Is de waterketen de oorzaak? | Is probleem afhankelijk van reken-concentraties? |
|-----------------------------|--------------|--|---------------------|------------------------------|--|
| Fosfaathuishouding          | gescheiden   | 9%                                       | 2 * MTR             | beperkt                      | beperkt  |
| Fosfaathuishouding          | gemengd      | 6%                                       | 2 * MTR             | nee                          | nee  |
| Stikstofhuishouding         | gescheiden   | 8%                                       | nee                 | nee                          | nee  |
| Stikstofhuishouding         | gemengd      | 3%                                       | nee                 | nee                          | nee  |
| Zuurstofhuishouding         | gescheiden   | n.v.t.                                   | n.v.t.              | n.v.t.                       | n.v.t.   |
| Zuurstofhuishouding         | gemengd      | n.v.t.                                   | n.v.t.              | n.v.t.                       | n.v.t.   |
| Zware metalen               | gescheiden   | Cu 17%, Zn 26%                           | ja, > 2 * MTR       | mede                         | ja   |
| Zware metalen               | gemengd      | Cu 8%, Zn 8%                             | ja, > 2 * MTR       | mede                         | nee  |
| PAK10                       | gescheiden   | 1%                                       | nee                 | nee                          | nee  |
| PAK10                       | gemengd      | < 1%                                     | nee                 | nee                          | nee  |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gescheiden   | n.v.t.                                   | n.v.t.              | n.v.t.                       | n.v.t.   |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gemengd      | n.v.t.                                   | n.v.t.              | n.v.t.                       | n.v.t.   |
| Bestrijdingsmiddelen        | gescheiden   | niet in beeld                            | nee                 | niet in beeld                | nee  |
| Bestrijdingsmiddelen        | gemengd      | niet in beeld                            | nee                 | niet in beeld                | nee  |

| 115

**Tabel B1.4 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen per schaalniveau: stroomgebied**

| Stofgroep                   | Bron stroom-gebied | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem?            | Is de waterketen de oorzaak? | Is probleem afhankelijk van reken-concentraties? |
|-----------------------------|--------------------|--|--------------------------------|------------------------------|--|
| Fosfaathuishouding          | totale keten       | 85%                                      | > 2 * MTR                      | mede                         | ja, rwzi-effluent                                |
| Stikstofhuishouding         | totale keten       | 53%                                      | 1 - 2 * MTR                    | mede                         | ja, rwzi-effluent                                |
| Zuurstofhuishouding         | totale keten       | n.v.t.                                   | n.v.t.                         | n.v.t.                       | nee  |
| Zware metalen               | totale keten       | Cu 72%, Zn 80%                           | koper: ja, > MTR,<br>zink: nee | mede                         | ja, rwzi-effluent                                |
| PAK10                       | totale keten       | 5%                                       | nee                            | nee                          | nee  |
| Hygiënische betrouwbaarheid | totale keten       | n.v.t.                                   | n.v.t.                         | n.v.t.                       | nee  |
| Bestrijdingsmiddelen        | totale keten       | niet in beeld                            | nee, << MTR                    | niet in beeld                | nee  |

# Summary

The research project 'Urban surface water quality; sensitivity analysis of mass fluxes' aimed at identification of the knowledge gaps on mass fluxes from the urban waste water system. This aim has been reached through three questions:

1. which water quality problems occur in receiving waters?
2. to what extent does the urban waste water system contribute to the total load affecting receiving water quality?
3. can the contribution of the urban waste water system be mitigated sufficiently to solve the surface water quality problem?

The research analyzed the relative contribution of the urban waste water system to quality problems in five typical receiving waters :

116 |

1. a small urban pond;
2. an urban canal;
3. a semi rural polder;
4. a regional water body;
5. the national water system of The Netherlands.

## *Methodology*

For each typical size of water system specific pollutants have been appointed to be the dominant pollutant causing a specific water quality problems. Accordingly, the relative contribution of the urban waste water system to the total load of these pollutants in the water system has been identified. In that respect it is essential to notice the difference between:

- Emission: how much pollutants emits a certain source towards the urban water system?
- Loads: how much of these pollutants effectively end up in the water system?

The polluting loads are calculated for respectively an average, a realistic upper and lower value for the concentrations to be taken into account. For each type of water system and for each combination of pollutant loads the resulting water quality has been calculated. The dose-response relationships are kept as much simple as reasonably possible. For ponds and canals, the impact of heavy metals and PAH's have been related to the chemical quality of the sludge layer in the receiving waters .

Finally, the effects of commonly used improvements of the urban waste water system have been analyzed, including:

- reconstruction of a separate sewer system to a improved separate sewer system;
- application of a soil filter at the outlets of separated systems;
- introduction of sustainable urban drainage systems
- high level effluent polishing at the wwtp.

#### *Results*

The research has shown the following measures to be effective with respect to one or more water quality problems in at least one type of receiving waters:

- treatment of rain water outlets with a high removal ratio for most parameters, like a soil filter;
- reconstruction to an improved separated system;
- source control;
- enlargement of inline sewer storage and/or treatment capacity;
- addition of relatively large offline storage facilities downstream of cso's;
- high level effluent polishing par example with sand filtration, use of a Bio-membrane reactor, optimal operation of ultra-low-loaded wwtp's.

| 117

#### *Research needs*

The results of the sensitivity analysis have been translated to needs for further investigation of applicable concentration levels of pollutants from the urban waste water system. Further need for research exist if:

- the urban waste water system contributes significantly to surface water quality problems (see table 9.2 and appendix 1);
- the severeness of the surface water quality problem depends on the bandwidth in the applicable concentration levels of the contributing pollutant (see table 9.3);
- and, the surface water quality problem can be solved by improvement of the urban waste water system (table 9.5). Improvements as changing the lay-out of the surface water systems haven't been analyzed.

The research has concluded that the following parameters need further research to downsize the bandwidth in the concentrations of pollutants emitted from the urban waste water system:

- for separated sewer systems: Phosphorus, heavy metals, PAH, bacteria;
- for combined sewer systems: Copper and BOD;
- wwtp: Heavy metals, PAH, crop protection substances and endocrine disruptors.





