

# Ketenanalyse RWZI



	Voor akkoord, opsteller	Voor collegiale toets	Voor vrijgave
<b>Naam</b>	P.T.M. Wouters	M. van Rossum	G. J. van de Pol
<b>Functie</b>	KAM-manager	Procestechnoloog	Algemeen directeur
<b>Datum</b>	21-2-2017	21-2-2017	21-2-2017
<b>Handtekening</b>			

## Inhoudsopgave

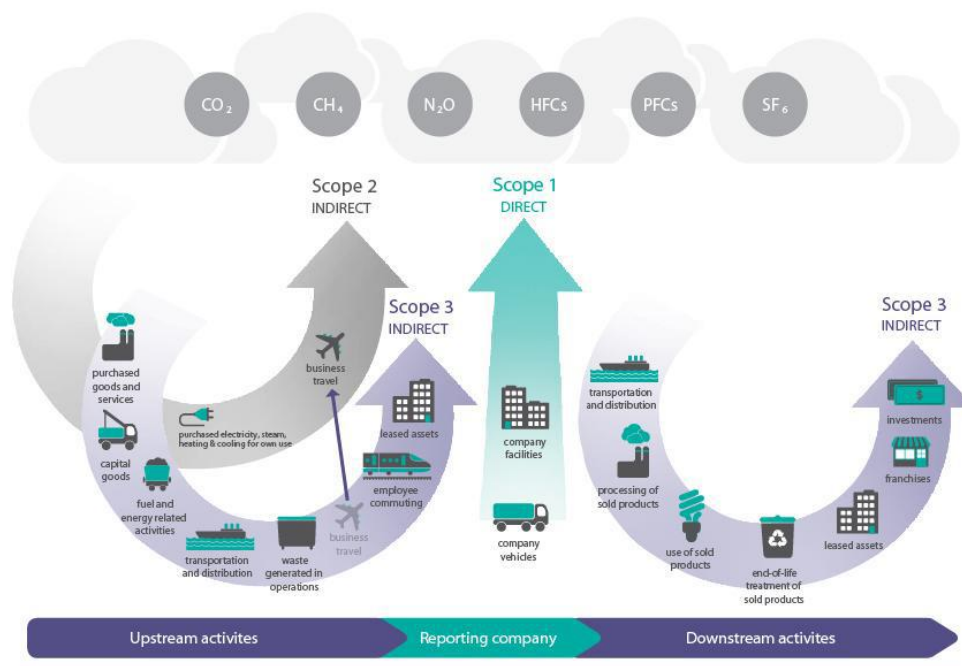
<b>Ketenanalyse RWZI's</b> .....	1
1 Extern commentaar .....	2
2 Inleiding.....	3
3 Stap 1: Afvalwaterketen.....	4
3.1 Industrieel en huishoudelijk afvalwater.....	4
3.2 Rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) .....	5
4 Stap 2: Bepaal welke scope 3 categorieën relevant zijn.....	6
5 Stap 3: Identificeer partners in de keten .....	7
6 Kwantificering van CO <sub>2</sub> emissies .....	8
7 Mogelijke maatregelen voor CO <sub>2</sub> reductie .....	9
7.1 Beluchting .....	9
7.2 Voorstuwers.....	9
7.3 Besturing .....	9
7.4 Pompen .....	9
7.5 Nereda technologie.....	10
7.6 Reductiedoelstellingen door GMB.....	11
8 Revisie .....	12
8.1 Wijzigingen.....	12
8.2 Revisies.....	13

### 1 Extern commentaar

RHDHV heeft de ketenanalyse RWZI niet ondertekend maar wel meegewerkt aan de totstandkoming van de actualisering van de ketenanalyse. Zij hebben input geleverd en naar de feedback gegeven.

## 2 Inleiding

Dit document beschrijft de analyse die door GMB is uitgevoerd om relevante scope 3 emissies in kaart te brengen. Het betreft een analyse in de categorie "Use of sold products" (zie figuur 1).



Figuur 1: CO<sub>2</sub>-Prestatieladder scoped diagram, gebaseerd op scoped diagram van GHG-Protocol Corporate Value Chain

GMB is een koersbepalende onderneming in de waterbouwsector. De waterbouwkundige installaties die GMB ontwerpt en realiseert verbruiken in de beheerfase energie. Voorbeeld installaties zijn pomputten, gemalen en rioolwaterzuiveringen. In de ontwerpfase kan de invloed op het uiteindelijke energieverbruik in de gebruikersfase groot zijn.

GMB houdt in de ontwerp- en realisatiefase rekening met het energieverbruik van de installatie. De opdrachtgevers van GMB die de aanbiedingen van dit soort projecten beoordelen, nemen steeds vaker het energieverbruik mee in de beoordeling van de aanbieders. De aanbiedingen worden veelal gewogen op basis van TCO (Total Costs of Ownership). In de TCO methodiek wordt een aanbieder niet alleen beoordeeld op de hoogte van de stichtingskosten, maar worden ook operationele kosten, zoals onderhoud en het energieverbruik gedurende de gebruikersfase meegenomen in de feitelijke beoordeling. Daarnaast komt het voor dat opdrachtgevers extra waardering geven voor het criterium duurzaamheid, waar energie een onderdeel van is.

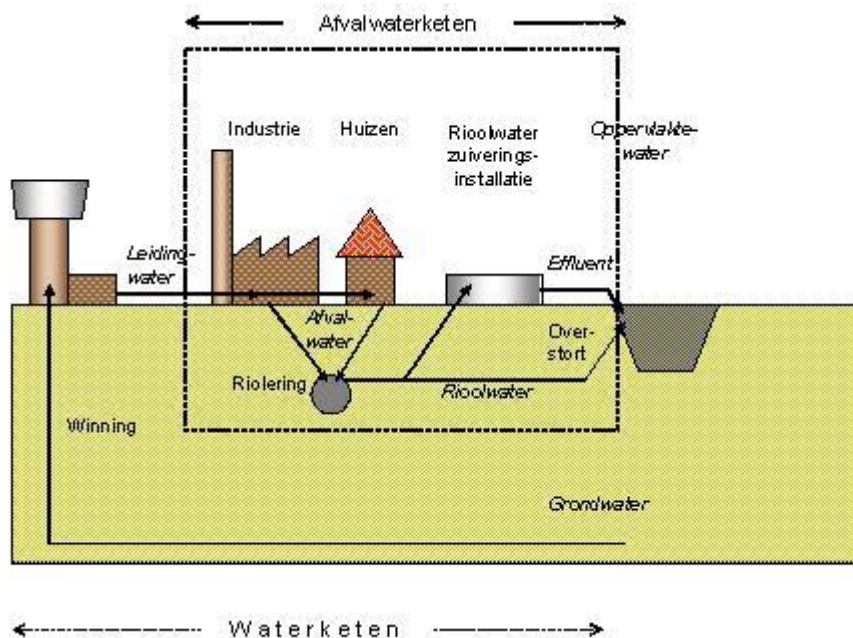
Om de ketenanalyse af te bakenen, wordt alleen gekeken naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). De ketenanalyse wordt uitgevoerd conform de 4 stappen zoals die zijn beschreven in het GHG protocol.

- Stap 1: Bepaal de waardeketen (hoofdstuk 3);
- Stap 2: Bepaal welke scope 3 categorieën relevant zijn (hoofdstuk 4)
- Stap 3: Identificeer partners in de keten (hoofdstuk 5)
- Stap 4: Kwantificeer emissies (hoofdstuk 6).

Tenslotte zal in hoofdstuk 7 worden bekeken welke reductiedoelstellingen voor GMB interessant kunnen zijn.

### 3 Stap 1: Afvalwaterketen

In figuur 2 is de afvalwaterketen schematisch weergegeven. In de paragrafen die volgen na het schema wordt de afvalwaterketen beschreven.



Figuur 2: (Afwal)waterketen, bron: website Reest en Wieden

#### 3.1 Industrieel en huishoudelijk afvalwater

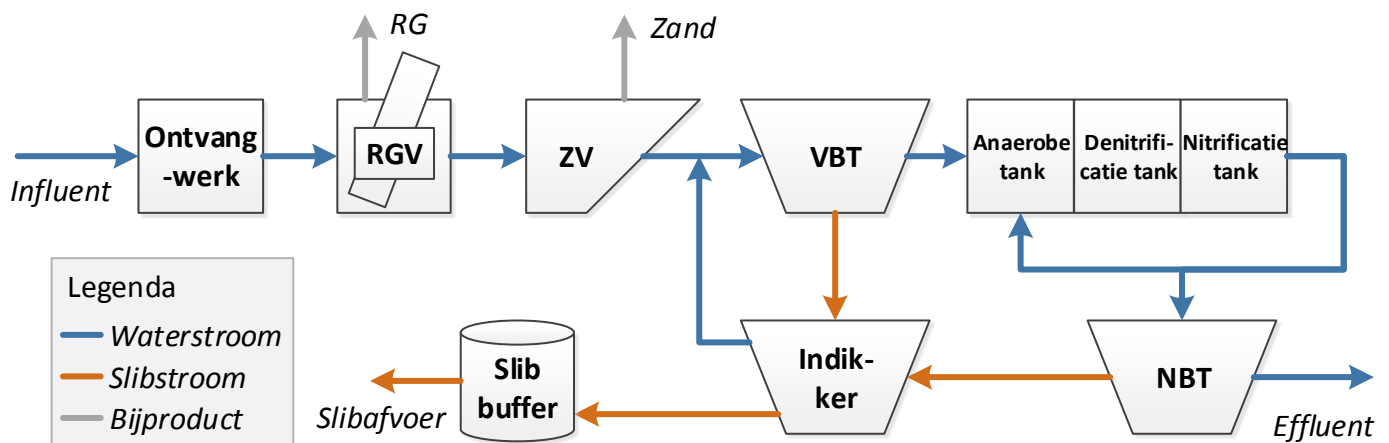
##### Afwalwater

Huishoudens en bedrijven verbruiken drinkwater voor verschillende doeleinden, bijvoorbeeld douchen, toiletspoeling of het wassen van verschillende producten. Het afvalwater dat hierbij vrijkomt, wordt geloosd op de riolering. Hemelwater is veelal niet ontkoppeld en zal via het hoofdriool naar de afvalwaterzuivering getransporteerd worden. Vanuit het hoofdriool wordt het afvalwater (in vrij-verval of met een transportgemaal) getransporteerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie.

##### Energieverbruik

Het energieverbruik van de afvalwaterketen begint het transport van het afvalwater. Energieverbruik in deze stap zit met name in het transporteren van het afvalwater naar de rioolwaterzuivering. Het transport gebeurt meestal met behulp van een transportgemaal. De pompen in het transportgemaal gebruiken energie. Het vermogen van de pompen is afhankelijk van het vereiste debiet, de transportafstand, weerstand en opvoerhoogte.

## 3.2 Rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI)



Figuur 3: voorbeeld schema van het rioolwater zuiveringsproces RWZI

### Zuiveringsproces

In figuur 3 is een voorbeeldschema van een RWZI (zonder slibvergisting) opgenomen. Hieronder wordt het schema toegelicht.

Het afvalwater (influent) komt veelal op de RWZI binnen in een ontvang-werk. Eerst wordt het grove vuil verwijderd met een rooster, vervolgens wordt eventueel het zand verwijderd door een zandvang. In een voorbezinktank (VBT) worden de onopgeloste delen die dan nog in het water aanwezig zijn grotendeels bezinken. Deze delen worden samen primair slib genoemd. Dit slib wordt verwerkt in een indikker en van de RWZI afgevoerd. Het voorbezonden afvalwater gaat door naar de biologische ruimte.

De biologische ruimte bestaat uit verschillende tanks waarin actief-slib (bacteriën) de organische stoffen en nutriënten oxideert en verwijdert. In de biologische ruimtes worden verschillende condities gerealiseerd voor de effectieve groei van het actief-slib. In bovenstaand schema is de eerste tank een anaerobe tank. Deze tank is nodig indien biologische defosfatering gewenst is; de procescondities leveren de micro-organismen die hiervoor verantwoordelijk zijn een voordeel op waardoor zij zich kunnen handhaven. Vervolgens is een denitrificatietank opgenomen. In de denitrificatietank wordt CZV en BZV afgebroken en nitraat omgezet in stikstofgas. In de daaropvolgende nitrificatietank wordt CZV en BZV afgebroken en ammonium omgezet in nitraat. Het actief-slib heeft hiervoor zuurstof nodig. In de nitrificatietank zijn dan ook beluchtingselementen opgenomen. Met behulp van voortstuwers of beluchters wordt het actief-slib in suspensie gehouden en in beweging gebracht. De tanks worden optimaal bedreven door het toepassen van recirculatiestromen. Het actief-slib van de nitrificatietank wordt teruggepompt (grecirculeerd) naar de denitrificatietank.

Vervolgens stroomt het actief-slib naar de nabezinktank. Hier bezinken de slibvlokken door de zwaartekracht. Het actief-slib wordt teruggepompt naar de beluchtingstank. Het schone water uit de nabezinktank wordt op het oppervlaktewater geloosd, bijvoorbeeld in een rivier of kanaal. Het gezuiverde water noemen we het effluent.

In de biologische ruimte vindt slibgroei plaats. Het overtollige slib (spuislib) wordt behandeld in de sliblijn. In de sliblijn wordt het slib ingedikt door gravitaire of mechanische indikers. Achtereenvolgens wordt, afhankelijk van de schaalgrootte van de RWZI, het slib vergist en ontwaterd. In de gistingstank wordt het organische deel van het slib anaeroob afgebroken, waarbij

biogas vrijkomt. Het biogas wordt met behulp van een warmte-kracht-koppelingsinstallatie omgezet in elektriciteit en warmte. Het slib uit de gistingstank wordt ontwaterd, voordat het op transport (m.b.v. vrachtwagens met een capaciteit van 30 ton) gaat naar de eindverwerking. Hierdoor wordt de hoeveelheid slib dat moet worden getransporteerd beperkt.

### Energieverbruik

Het energieverbruik op de rioolwaterzuivering bestaat uit pompenergie (opvoerpompen, recirculatiepompen, effluentpompen), energieverbruik voor beluchting, menging, voortstuwing, slibindikking en slibontwatering. Het energieverbruik van een zuivering kan worden uitgedrukt in kWh per inwoners equivalent (ie). De capaciteit van een RWZI wordt eveneens uitgedrukt uitgedrukt in i.e.'s; de gemiddelde hoeveelheid vervuiling in het afvalwater die één persoon in huis veroorzaakt.

## 4 Stap 2: Bepaal welke scope 3 categorieën relevant zijn.

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar welke onderdelen het meest interessant zijn voor de reductie van CO<sub>2</sub>. Het energieverbruik zit met name in het verbruik door werktuigbouwkundige installaties. Hierbij kan gedacht worden aan pompen en beluchtingssystemen (blowers en compressoren). Met de werkzaamheden die GMB uitvoert, is zij betrokken bij alle activiteiten zoals beschreven in het vorige hoofdstuk.

GMB is actief op het gebied van aanleg en onderhoud van rioleringsstelsels, de aanleg van transportgemalen en leidingen, de bouw van zuiveringsinstallaties en de compostering van slib.

Op basis van het energieverbruik zijn het transportstelsel en de RWZI zelf de meest interessante objecten. Een mogelijke reductie van de benodigde energie voor transport is het verminderen van de hoeveelheid afvalwater. Echter om de ketenanalyse enigszins af te bakenen, wordt in deze rapportage gekeken naar het energieverbruik van de RWZI.

### Invloed op energieverbruik

Met de komst van multidisciplinaire (civiel, werktuigbouw en elektrotechniek) en geïntegreerde contracten (ontwerp en uitvoering) wordt de invloed van GMB groter op het energieverbruik in de gebruikersfase. De keuzes die gemaakt worden in de ontwerpfase hebben namelijk een grote invloed op het uiteindelijke energieverbruik van de installatie.

Met alle disciplines (civiel, werktuigbouw, elektrotechniek en procesttechnologie) wordt gezocht naar het optimale ontwerp in kosten en ook in energieverbruik, resulterend in een optimale TCO. Zo worden er keuzes gemaakt in het technologische proces die grote invloed kunnen hebben op het energieverbruik. Daarnaast wordt er bijvoorbeeld een optimum gezocht in afmetingen van buizen en capaciteit van pompen.

## 5 Stap 3: Identificeer partners in de keten

GMB is als aannemer een van de partijen in de keten van afvalwater. Hieronder volgt een overzicht van de overige partners in de afvalwaterketen.

### Waterschappen

De waterschappen zijn veelal eigenaar van het transportstelsel en RWZI's. De waterschappen zijn vaak opdrachtgever voor GMB. Waterschappen zijn een overheidsorgaan die verantwoordelijk zijn voor water kwaliteit en kwantiteit. Eén van hun taken is het zuiveren van het afvalwater. In Nederland zijn 22 waterschappen. In totaal zijn er ongeveer 330 communale waterzuiveringsinstallaties die door deze waterschappen worden bedreven. De grootte van deze installaties varieert van 1.000 tot 1.000.000 i.e. Het waterschap heeft de rol als opdrachtgever in RWZI projecten.

### Advies- en ingenieursbureaus

Er zijn verschillende advies- en ingenieursbureaus die gespecialiseerd zijn in afvalwaterbehandeling. Alle grote adviesbureaus zoals Witteveen+Bos, Royal HaskoningDHV, Sweco en Tauw hebben een afdeling die gespecialiseerd is in het ontwerpen van zuiveringsinstallaties. GMB maakt in de ontwerpfase meestal gebruik van specifieke kennis van één van deze adviesbureaus.

### Productontwerpers/ leveranciers

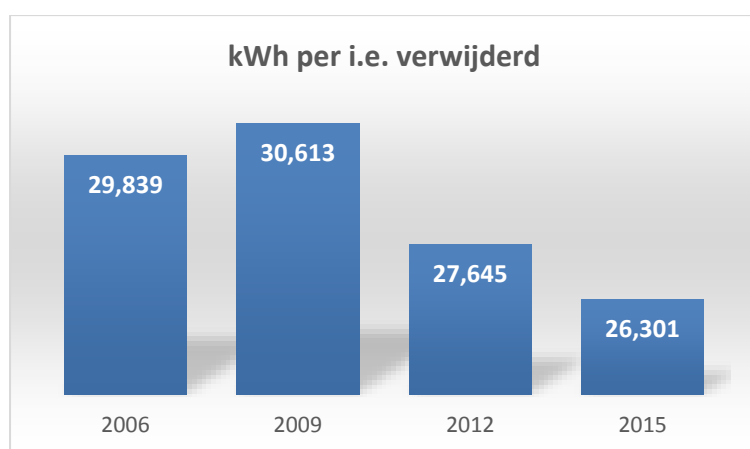
Een belangrijke energieverbruiker op een rioolwaterzuivering zijn de werktuigbouwkundige installaties (W). De werktuigbouwkundige installaties moeten ook elektrisch worden aangesloten en qua besturing worden ingeregeld (E).

GMB beschikt over een eigen bedrijfsonderdeel dat gespecialiseerd is in werktuigbouw en elektrotechniek: "GMB Installatietechniek". Er wordt daarnaast ook vaak samengewerkt met partijen die gespecialiseerd zijn op dit gebied, bijvoorbeeld GTI, Landustrie, Koldijk, Visser & Smit Hanab, Alewijnse, Croon, etc.

## 6 Kwantificering van CO<sub>2</sub> emissies

### Energieverbruik RWZI

Het energieverbruik van een RWZI kan worden uitgedrukt in kWh per i.e. (inwoners equivalent). Het landelijk gemiddelde energieverbruik van een RWZI bedroeg in 2015 26,3 kWh per i.e./ jaar<sup>1</sup>. De trend is dat de afgelopen jaren het totale energieverbruik van RWZI's is afgenomen. Hieraan is te zien dat waterschappen actief deelnemen aan de Meerjarenaafspraken Energie-Efficiency (MJA-3). Dit convenant betreft afspraken tussen de overheid en bedrijven over het effectiever en efficiënter inzetten van energie. De doelstelling van MJA-3 is om bij de aangesloten bedrijven en sectoren 30% energie-efficiëntieverbetering te bereiken in de periode 2005-2020. In figuur 4 is de gemiddelde hoeveelheid energie te zien die benodigd is om één i.e. aan vuilvracht (150 g TZV per dag) te verwijderen.



Figuur 4: Gemiddeld specifiek elektriciteitsverbruik zuiveren afvalwater per i.e. <sup>1</sup>

Het energieverbruik per zuivering kan sterk verschillen. Dit heeft te maken met de omvang van de zuivering, gestelde eisen aan effluentkwaliteit, type beluchtingssysteem, inrichting van de slibverwerking en het hydraulische verhang.

Het energieverbruik van een RWZI is goed in kaart te brengen. Op basis van de verbruikerslijst (apparaten die elektriciteit verbruiken) en de ontwerpbelasting van de zuivering kan het energieverbruik worden gemodelleerd.

Een belangrijk aandeel in het energieverbruik heeft de beluchtingsinstallatie. De beluchting kan verantwoordelijk zijn voor circa 60% van het totale energieverbruik. Daarnaast heeft een ontwateringsinstallatie een belangrijke bijdrage aan het energieverbruik.

### CO<sub>2</sub> emissie

Om een beeld te geven van de CO<sub>2</sub> emissie van een RWZI per jaar, wordt hieronder een berekening gemaakt voor een RWZI met een capaciteit van 60.000 i.e. (gemiddelde zuivering). Gemiddeld is het verwijderingsrendement van een Nederlandse communale zuivering 92,5%<sup>1</sup>. Het energieverbruik per jaar van deze fictieve zuivering is dan: (26,301 \* 92,5% \* 60.000 ≈) 1.460.000 kWh. Dit komt neer op ongeveer 664 ton CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Gebaseerd op: Unie van Waterschappen, "Bedrijfsvergelijking Zuiveringsbeheer 2015"

<sup>2</sup> Omrekenfactor kWh naar gCO<sub>2</sub>, afkomstig uit het handboek versie 2.1 van de CO<sub>2</sub> prestatieladder



## 7 Mogelijke maatregelen voor CO<sub>2</sub> reductie

Op basis van de uitgevoerde analyse volgen hieronder een aantal mogelijke maatregelen die kunnen leiden tot het reduceren van de CO<sub>2</sub> emissie van een RWZI.

### 7.1 Beluchting

Op basis van de vorige hoofdstukken hebben we kunnen concluderen dat het beluchtingssysteem een groot aandeel heeft in het energieverbruik van een RWZI. De voornaamste besparing van energie dient dan ook in het ontwerpen van het beluchtingssysteem te worden gezocht.

Het energieverbruik van de beluchting kan op een aantal manieren worden geoptimaliseerd. Hieronder volgen de mogelijkheden:

- Bellenbeluchting toe passen in plaats van puntbeluchting;
- Koppel de zuurstofinbreng aan zuurstofmetingen en redoxmetingen/ ammonium- en nitraatmetingen;
- Houdt het zuurstofgehalte zo laag mogelijk door setpointverlaging beluchtingsregeling;
- Houdt de zuurstofvraag zo laag mogelijk door het slibgehalte te verlagen tot de ontwerpbelasting. Daarnaast zorgt een laag slibgehalte voor een hogere zuurstofoverdracht waardoor er minder beluchting nodig is.

### 7.2 Voorstuwers

Een ander onderdeel waarin energie kan worden bespaard zijn de voorstuwers. Dit kan op de volgende manieren:

- Relateer de in te brengen energie voor voorstuwning aan de hoeveelheid ingebrachte beluchtingsenergie;
- Evalueer de locaties van de voorstuwers. Een slimmer gekozen locatie kan leiden tot een beter voortstuwend rendement en daarmee kan energie worden bespaard.
- Ontwerp de beluchtingstank zodanig dat deze zo min mogelijk weerstand veroorzaakt. Dit kan in een omloopsysteem bijvoorbeeld door geleidewanden en ronde bochten toe te passen.

### 7.3 Besturing

Energiebesparingen bij bestaande zuiveringen zijn de te behalen in de besturing van de zuiveringsprocessen. De aansturing van het beluchtingsproces, de aansturing van de voorstuwers en recirculatiepompen. De investeringen blijven hierbij gering, daarbij moet gedacht worden aan monitoren, frequentieomvormers, aanpassen software. Bijvoorbeeld een goede beluchtingsregeling biedt een besparingspotentieel. Door het energieverbruik van een beluchtingsinstallatie met 5-10% te reduceren, kan circa 3-6 % op het energieverbruik van de totale installatie worden bespaard<sup>3</sup>.

### 7.4 Pompen

Het vervangen van bestaande pompen door energiezuinige pompen. Pompen kunnen ook worden voorzien van toerenregeling. De terugverdientijd voor de investering van nieuwe pompen kan eenvoudig worden uitgerekend.

---

<sup>3</sup> A. van Bentem & K. van Schagen (DHV) artikel H2O "Energiebesparing op RWZI's is een kwestie van goed regelen"

Optimaliseren hydraulische lijn. Hoe optimaler de hydraulische lijn van de RWZI hoe minder er hoeft te worden verpompt.

## 7.5 Nereda technologie

Nereda is een nieuwe zuiveringstechnologie voor rioolwaterzuiveringsinstallaties. In de Nereda-technologie zuiveren aerobe en anaerobe bacteriën die in compacte korrels groeien het afvalwater, daar waar conventionele systemen gebruik maken van vlokkig materiaal. Dit biedt grote voordelen voor chemicaliën- en energieverbruik, een significant kleiner bouwoppervlak en een sterke vermindering van kosten.

De fundamenteën van Nereda zijn gelegd door de Technische Universiteit Delft, vervolgens is de technologie doorontwikkeld door het Nationaal Nereda onderzoeksprogramma (NNOP).

Het NNOP een is publiek private samenwerking, hierin werken de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), advies- en ingenieursbureau Royal HaskoningDHV en zes waterschappen samen. Voor meer informatie zie: [www.neredannop.nl](http://www.neredannop.nl).

Onder de beschermde naam Nereda wordt de innovatieve technologie nu verder in binnen- en buitenland toegepast voor de kosteneffectieve en duurzame behandeling van huishoudelijk en industrieel afvalwater.

GMB heeft twee RWZI's met de Nereda techniek opgeleverd (RWZI Epe en RWZI Garmerwolde) en is op dit moment een derde "Nereda RWZI" aan het bouwen in Utrecht. Dit wordt de wereldwijd grootste Nereda zuivering tot nu toe.

Op vier belangrijke punten levert de Nereda technologie CO<sub>2</sub> reductie ten opzichte van de conventionele zuivering: energieverbruik, chemicaliënverbruik, grondstofwinning/slibverwerking en materiaalgebruik<sup>4</sup>.

### Energie

Royal HaskoningDHV heeft onderzocht bij de bestaande Nereda installaties dat het energieverbruik van het systeem 25 – 35% lager is dan een klassiek actief slib systeem zoals is uitgedrukt in bijgaand figuur (CAS staat voor Conventioneel Actiefslib Systeem):



Zoals eerder genoemd is het landelijk gemiddelde energieverbruik van een RWZI 26,3 kWh per i.e. verwijderd/ jaar. Voor een RWZI van 60.000 i.e. betekende dit een CO<sub>2</sub> productie voor energie van

<sup>4</sup> <https://www.royalhaskoningdhv.com/en-gb/nereda/performance/sustainable>

664 ton CO<sub>2</sub> per jaar. De Nereda techniek kan dus een CO<sub>2</sub> reductie van 166 tot 232 ton CO<sub>2</sub> opleveren voor een dergelijke zuivering.

### Chemicaliëngebruik

Het chemicaliën verbruik van de Nereda zuivering is lager dan op conventionele zuiveringen. Dit heeft met de volgende punten te maken:

- Er is geen chemicaliën dosering nodig voor de preventie van licht slib, de korrels van Nereda bezinken goed.
- Er zijn geen chemicaliën nodig voor additionele stikstofverwijdering.
- Er zijn weinig tot geen chemicaliën nodig voor fosfaatverwijdering. Nereda maakt gebruik van biologische fosfaatverwijdering, waardoor alleen bij erg strenge effluenteisen er additionele chemische fosfaatverwijdering nodig is.
- Omdat het slib goede indikeigenschappen heeft, is er minder PE nodig om het slib in te dikken.

### Grondstofwinning/slibverwerking

Daarnaast draagt het feit dat alginaat kan worden gewonnen uit de Nereda-korrels bij aan de reductie van de slibverwerkingskosten. In plaats van slib verbranden of slib omzetten in biogas, kan een hoogwaardig materiaal gewonnen worden, en de hoeveelheid te verwerken slib substantieel worden verminderd.

In 2016 zijn grote stappen gezet op het gebied van alginaat. Onder coördinatie van de STOWA wordt via het NAOP (Nationaal Alginaat OnderzoeksProgramma) door Vechtstromen, Vallei & Veluwe, Rijn & IJssel, TU Delft en Royal HaskoningDHV veel kennis opgedaan over het extraheren van alginaat uit Nereda® korrelslib. In het GAOP (Gelderse Alginaat OnderzoeksProgramma) wordt deze kennis door waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap Rijn en IJssel en Royal HaskoningDHV omgezet naar ontwerpen voor de realisatie van twee alginaat extractie installaties (demonstratie alginaat extractie installatie (AEI) op praktijkschaal). Op de RWZI Apeldoorn wordt een AEI voorzien voor de behandeling van huishoudelijk korrelslib, afkomstig vanuit Epe, Dinxperlo en Vroomshoop en op de RWZI Zutphen voor het industriële afvalwater van Friesland Campina.

### Materiaalgebruik

De verschillende processen van de zuivering vinden op een conventionele zuivering in verschillende tanks plaats, omdat voor sommige processen zuurstof nodig is en voor andere juist niet. In de Nereda variant vinden de processen in één tank plaats, omdat de Nereda-korrel een zuurstof gradiënt heeft, van buiten naar binnen in de korrel. Daarnaast zijn er geen extra nabezinktanks nodig, omdat de bezinking van het slib in de Nereda tank zelf plaatsvindt. Doordat een Nereda-installatie compacter is, is het materiaalgebruik (vooral civiel) lager dan bij klassieke actief slib installaties.

## 7.6 Reductiedoelstellingen door GMB

Uit bovenstaande getallen blijkt dat GMB op verschillende manieren invloed kan uitoefenen op de CO<sub>2</sub> productie van een RWZI.

De verwachting is dat Waterschappen bij de aanbesteding van RWZI renovaties en nieuwbouw steeds vaker gaat beoordelen op energieverbruik en duurzaamheid, mede door de afspraken in de MJA-3. Met de bovengenoemde manieren kan GMB hierop inspringen.

## 8 Revisie

In 2017 is de ketenanalyse RWZI geactualiseerd i.s.m. RHDHV. In paragraaf 8.1 worden alle wijzigingen (gewijzigde informatie) getoond. Paragraaf 8.2 bied een overzicht van data van revisie.

### 8.1 Wijzigingen

#### **Wijziging 1**

Toevoeging Nereda technologie door RHDHV en M. van Rossum in hoofdstuk 6.5.

#### **Wijziging 2**

Toevoeging hoofdstuk 2 en hoofdstuk 8. Revisie is van het voorblad verwijderd en naar hoofdstuk 8 verplaatst.

#### **Wijziging 3**

Ondertekening ketenanalyse geactualiseerd.

#### **Wijziging 4**

Ketenanalyse voorzien van apart hoofdstuk extern commentaar vanwege eis CO2-Prestatieladder. RHDHV ondertekend de ketenanalyse niet, maar heeft input en feedback geleverd.

#### **Wijziging 5**

Nieuwe huisstijl toegepast.

## 8.2 Revisies

Revisie	Auteur	Datum	Toelichting
0.1	Reinoud Goudswaard	18-01-2013	Bij deze revisie is de CO <sub>2</sub> reductie door het toepassen van groene energie gekwantificeerd en is de techniek "Nereda" toegevoegd als mogelijk besparingsmaatregel.
1	G.J. van de Pol	31-01-2013	Akkoord en ondertekening ketenanalyse.
1.1	RHDHV	07-02-2017	Toevoeging Nereda technologie aan ketenanalyse RWZI.
1.2	M. van Rossum	13-2-2017	Actualiseren ketenanalyse RWZI.
1.3	P.T.M. Wouters	21-02-2017	Toevoeging hoofdstuk 2 Extern commentaar en hoofdstuk 8 Revisie.
1.4	RHDHV	01-06-2017	Extern commentaar actualisering ketenanalyse RWZI 2017.
1.5	M. van Rossum	21-02-2017	Collegiale toets en ondertekening.
1.6	P.T.M. Wouters	21-02-2017	Ondertekening en akkoord ketenanalyse.
1.7	G.J. van de Pol	21-02-2017	Akkoord en ondertekening ketenanalyse.
1.8	P.T.M. Wouters	14-07-2017	Nieuwe huisstijl aangebracht