

stowa

HANDLEIDING MODEL MILIEUIMPACT EN ENERGIEBEHOEFTE VAN RWZI'S



RAPPORT

2012
30

HANDLEIDING MODEL MILIEUIMPACT EN ENERGIEBEHOEFTE VAN RWZI'S

RAPPORT

2012

30

ISBN 978.90.5773.579.0



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

David van der Elst, Waterschap Noorderzijlvest
Chris Kaper, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Enna Klaversma, Waternet
Heleen Pinkse, Waterschap Groot Salland
Paul Versteeg, Hoogheemraadschap van Rijnland
Roger Vingerhoeds, Waterschap Brabantse Delta
Frerik van der Pas, AgentschapNL
Arné Boswinkel, AgentschapNL
Cora Uijterlinde, STOWA

PROJECTUITVOERING

Mirabella Mulder, Mirabella Mulder Waste Water Management

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2012-30

ISBN 978.90.5773.579.0

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

BEGRIPPENLIJST

Term	Betekenis
Allocatie	Hoe milieueffecten worden toegekend aan verschillende ketenstappen of verschillende coproducten.
Bovenwaarde	De hoeveelheid warmte die vrijkomt bij volledige verbranding van een stof inclusief de warmte die gewonnen wordt als de waterdamp in de rookgassen gecondenseerd wordt. Engels: HHV (Higher Heating Value).
Chemicaliën	Een toeslagstof die bij het productieproces gebruikt wordt. Het kan om chemische en niet-chemische stoffen gaan en het kan gaan om verbruiksartikelen en stoffen die niet echt verbruikt worden.
CED	Cumulative Energy Demand, dit is de LCA-benaming voor de impactanalyse methode om de GER-waarde te berekenen. De CED geeft de primaire energie weer, die benodigd is voor een hoeveelheid finaal product. Het gaat om de totale primaire energie die de productie van een stof vergt over de hele voorketen, waarbij alle energiestromen worden geteld, inclusief de chemische energie die is ingesloten in de ruwe materialen (de verbrandingswaarde).
CZV	Chemisch Zuurstof Verbruik.
EcoInvent	Een breed gedragen transparante LCI-database van hoge kwaliteit van meer dan > 4.000 industriële processen in de energie, chemie, transport, bouwmaterialen, wasmiddelen, landbouw, etc. De database vormt een basis voor onderliggende gegevens van veel LCA-studies.
Energieanalyse	Onderzoek naar de hoeveelheid energie die het maken van enig product vereist.
GER-waarde	Gross Energy Requirement, de bruto energie-inhoud van een stof, uitgedrukt in primaire energie, volgend uit een energieanalyse. Zie ook CED.
Hulpstoffen	Zie chemicaliën.
i.e.	Afkorting voor inwonerequivalent.
Inwonerequivalent	Belasting van het afvalwater (verontreiniging) die een inwoner gemiddeld per dag produceert.
LCA	Levenscyclusanalyse, een methode om de milieubelasting te bepalen van een product, aspecten meenemend over de gehele levenscyclus.
LCI	Levenscyclusinventarisatie: de directe milieugegevens van een stof of product. Dit omvat een lange lijst met emissies naar bodem, lucht en water, alsmede gegevens over landgebruik en energieverbruik.
LHV	Lower Heating Value, zie Onderwaarde.
Nkj	Afkorting voor Nkjeldahl.
Onderwaarde	De hoeveelheid warmte die vrijkomt bij volledige verbranding van een stof, de waterdamp in de rookgassen condenseert niet. Engels: LHV (Lower Heating Value).
Primaire energie	Een energiehoeveelheid uitgedrukt in de vorm zoals wordt aangetroffen in de oorspronkelijk gewonnen energiedrager (bijv. steenkool, olie, aardgas en uranium).
ReCiPe	Een wetenschappelijke methode voor milieu-impactanalyse, om de lange lijst aan emissies (LCI) te kunnen duiden. Deze methode is voortgekomen uit een harmonisatie van de CML-methode en de Ecoindicator 99-methode en maakt het zowel mogelijk om verschillende milieueffecten te berekenen, als deze door normalisatiestappen en weging te kunnen herleiden tot een enkele milieu-indicator. Er is een keuze uit normalisatieniveaus en weegmethodes.
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie: installatie voor het zuiveren van gemeentelijk afvalwater (hulpstoffen voor industriële afvalwaterzuiveringen zijn niet expliciet onderzocht in deze studie).
TZV	Totaal Zuurstof Verbruik.
Verbrandingswaarde	De warmte die uit een stof gewonnen kan worden door deze volledig te verbranden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen onderwaarde en bovenwaarde.
WKK	Warmte Kracht Koppeling.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

HANDLEIDING MODEL MILIEUIMPACT EN ENERGIEBEHOEFTE VAN RWZI'S

INHOUD

	BEGRIPPENLIJST	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Achtergrond	1
	1.2 Spreadsheetmodel	1
	1.3 Leeswijzer rapportage	2
2	METHODIEK	3
	2.1 Afbakening	3
	2.2 Methodologie	5
	2.3 Milieu-impact	6
	2.4 Primaire energiebehoefte	10
3	CASES AFVALWATERZUIVERING	12
	3.1 Inleiding	12
	3.2 Uitgangspunten	12
	3.3 Resultaten	15
	3.4 Richtlijnen invullen model	17
4	INVLOED NIEUWE BEREKENING	20
	4.1 Inleiding	20
	4.2 Oude en nieuwe waarden	20
	4.3 Aanbeveling voor verder gebruik	22
	LITERATUURLIJST	23
	BIJLAGEN	
A	GER-WAARDEN EN RECIPE-SCORES HULPSTOFFEN IN AFVALWATERZUIVERING	24
B	SCREENDUMP INVULSCHERMEN CASES	26

1

INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Voor de behandeling van afvalwater in een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) bestaan verschillende processen. Binnen het platform Afvalwater en Energie voortkomend uit De Energiefabriek worden hiervoor verschillende varianten onderzocht. Een aantal ervan zorgen voor dosering van meer chemische hulpstoffen in het zuiveringsproces. Een belangrijk aandachtspunt is of de energiebesparing of energieproductie, die behaald wordt met een variant, opweegt tegen de energie-impact van de productie van de chemicaliën die hiervoor nodig zijn. Om deze reden is besloten onderzoek te doen naar het energieverbruik van de productie van hulpstoffen die gebruikt worden in het zuiveringsproces en berekeningwijzen hiervoor te ontwikkelen.

Deze rapportage vormt een vervolg op de STOWA-rapportage 2012-06 GER-waarden en milieu-impactscores productie van hulpstoffen in de waterketen. In deze studie zijn de GER-waarden en milieuimpacts van de productie van hulpstoffen bepaald, welke gebruikt worden in communale afvalwaterzuivering. *De opgestelde tabelwaarden zijn weergegeven in bijlage A en geven inzage in de effecten van de productie van een hulpstof. Deze waarden kunnen gebruikt worden om in de context van het afvalwaterzuiveringsproces inzicht te verkrijgen in 'hotspots' op het gebied van milieubelasting en energie-impact. Deze rapportage heeft tot doel om handvatten te bieden voor het gebruik van de gerapporteerde tabelwaarden en om te bekijken wat de invloed is van de nieuw gerapporteerde tabelwaarden voor hulpstoffen in de STOWA-rapportage 2012-06 ten opzichte eerdere aannamen in De Energiefabriek.*

1.2 SPREADSHEETMODEL

Om het gebruik te vergemakkelijken van de GER-waarden en milieuimpactscores van de hulpstoffen in bijlage A, is een spreadsheetmodel opgesteld. Het doel van het spreadsheetmodel is tweeledig:

- Inzage geven in het juiste gebruik van de energie- en milieu-impact van de productie van gedoseerde hulpstoffen.
- Vergemakkelijking van het maken van een vergelijking van energie- en milieu-impact van zuiveringsvarianten, waarbij het effect van gedoseerde hulpstoffen meegenomen kan worden in relatie tot energieaspecten van de RWZI.

In deze rapportage wordt beschreven welke uitgangspunten gebruikt zijn om de vergelijking van zuiveringsvarianten mogelijk te maken.

Het spreadsheetmodel berekent geen absolute primaire energiebehoefte of milieuimpact van het afvalwaterzuiveringsproces. Met het model kunnen wel in relatieve zin twee situaties met elkaar worden vergeleken. Zo worden in deze rapportage een aantal cases uitgewerkt, welke een verschillende score geven op primaire energiebehoefte en milieuimpact. Het verschil in

scores laat zien in welke mate een gekozen variant meer of minder primaire energiebehoefte of milieupact heeft. Hierdoor ontstaat inzicht in de invloed van keuzes op het gebied van inzet van energie, productie van energie en hulpstoffengebruik.

Met dit model kan dus op hoofdlijnen van verschillende zuiveringsvarianten worden vergeleken wat de energie- en milieupact is. Bij het interpreteren van de uitkomsten geldt wel het volgende: de gepresenteerde vergelijking van milieupact van zuiveringsvarianten geeft een indicatie van mogelijke verschillen in milieupact. Een vergelijking van bestaande zuiveringsinstallaties middels levenscyclus analyse vereist het uitvoeren van een complete locatiespecifieke LCA. Dit gaat verder dan het doel van dit rekenmodel. Zo zijn niet alle milieupacts in alle ketenstappen beschouwd en kunnen effecten ontbreken, vanwege vereenvoudigingen in het model.

In deze rapportage wordt uitgelegd hoe het spreadsheetmodel tot stand is gekomen, welke keuzes hierin zijn gemaakt en op welke manier het gebruikt kan worden. Vervolgens worden een aantal voorbeeldcases uitgewerkt, waarmee de werking van het model gedemonstreerd wordt.

1.3 LEESWIJZER RAPPORTAGE

Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van de totstandkoming van het model en de keuzes die hierin zijn gemaakt. De afbakening, methodologische achtergrond en gebruikte bronnen worden toegelicht. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 aan de hand van een viertal voorbeeldcases toegelicht hoe het model gebruikt kan worden. In Hoofdstuk 4 worden de verkregen resultaten uit Hoofdstuk 3 vergeleken met aannamen die eerder zijn gedaan in De Energiefabriek en wordt aangegeven wat de invloed is van de nieuw gerapporteerde tabelwaarden voor hulpstoffen in de STOWA-rapportage 2012-06 "GER-waarden en milieupactscores productie van hulpstoffen in de waterketen".

2

METHODIEK

2.1 AFBAKENING

Het spreadsheetmodel berekent de primaire energiebehoefte en milieupact van het afvalwaterzuiveringsproces op basis van de volgende in te geven uitgangspunten. Deze uitgangspunten worden ingevuld in hoeveelheden per jaar:

- Influentkarakteristiek: behandelde hoeveelheid afvalwater in kubieke meters, CZV- en Nkj-vracht
- Geloosde hoeveelheid stikstof via effluent
- Geproduceerde hoeveelheid ontwaterd slib
- Getransporteerde hoeveelheid vloeibaar en ontwaterd slib en transportafstanden.
- Ingekochte energie
- Opgewekte energie
- Levering van energie vanuit de rwzi aan derden
- Ingekochte hulpstoffen en brandstoffen
- Hoeveelheid gewapend beton
- Levensduur gewapend beton

De keuze voor deze invulparameters is gemaakt op basis van de volgende uitgangspunten:

- Het model moet eenvoudig hanteerbaar zijn voor technologen en ontwerpers van afvalwaterzuiveringsprocessen. Parameters welke normaliter niet beschikbaar zijn in technologische jaarverslagen of ontwerptrajecten dienen niet te hoeven worden ingevuld.
- Aspecten welke een kleiner invloed hebben dan 1% op de primaire energiebehoefte of milieupact van een zuiveringsproces worden niet in het model meegenomen. Bovenstaande betekent dat voor materiaalgebruik alleen gewapend beton kan worden ingevoerd. Overige bouwmaterialen zoals PVC, RVS, GVK, HDPE etcetera worden niet meegenomen. Hetzelfde geldt voor de inzet van filtermaterialen en de verwerking van afvalstromen zoals roostergoed, vet, afgewerkte olie, kantoorafval etcetera.
- De slibeindverwerking is gestandaardiseerd op het drogen en verbranden van ontwaterd slib door middel van monoverbranding. Deze slibeindverwerkingsroute is gemodelleerd op basis van gegevens van SNB. Het uitzoeken van de exacte milieupact en primaire energiebehoefte van alle slibeindverwerkingsroutes viel buiten de scope van het onderhavige project. Om deze reden is gekozen voor het opnemen van de route van monoverbranding, welke momenteel wordt gebruikt voor het verwerken van circa 50% van het Nederlandse communale ontwaterde slib.
- De lozing van stoffen via het effluent is niet meegenomen in het model. Het blijkt dat de beschikbare LCA-gegevens hiervoor niet afdoende zijn (zie paragraaf 2.2).
- De productie van stoffen uit afvalwater zoals cellulose en struviet is niet meegenomen in het model. Hiervoor ontbreekt momenteel informatie ten aanzien van de energie- en milieupact van de wijze waarop deze stoffen worden ingezet na winning uit afvalwater ten opzichte van andere ketens van grondstoffen. In het geval van bijvoorbeeld fosfaatwinningswinning kan fosfor als een hoogwaardige grondstof worden ingezet voor vele

doeleinden. Struviet of kunstmest kunnen alleen als zodanig worden ingezet. Vergelijking van een kunstmeststof zoals diammoniumfosfaat met struviet is ook niet mogelijk omdat struviet één mol ammonium per mol fosfaat bevat en diammoniumfosfaat twee. Bovendien is de werkingsgraad van struviet anders. Het bepalen van de energie- en milieupact van ketens van producten die uit afvalwater kunnen worden gemaakt valt buiten de scope van deze studie en is daarom niet meegenomen in het model¹.

De afbakening van de STOWA-studie GER-waarden en milieupactscores productie van hulpstoffen in de waterketen is cradle to factory gate. Dit betekent dat alleen de milieueffecten van de productie van de hulpstoffen in kaart worden gebracht, van de winning van de primaire grondstoffen tot en met de productielocatie waar de stof de laatste bewerking ondergaat.

De vereenvoudigingen die zijn doorgevoerd leiden tot de volgende afbakening van het model:

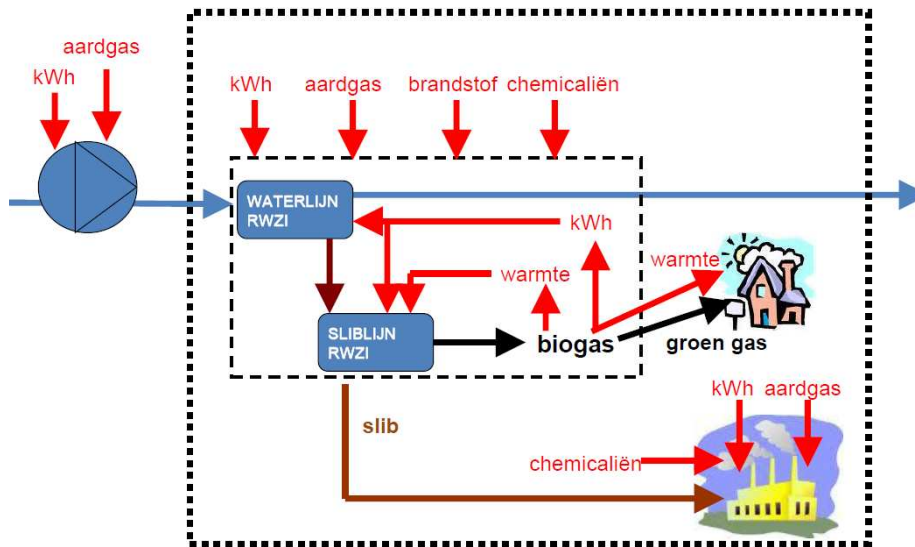
- Alleen het afvalwaterzuiveringsproces op een RWZI inclusief slibeindverwerking is in beschouwing genomen. Primaire energiebehoefte en milieupact veroorzaakt door kantooractiviteiten, woonwerkverkeer, dienstreizen etcetera zijn niet meegenomen.
- De impact van materiaalgebruik met uitzondering van gewapend beton is niet meegenomen. Hetzelfde geldt voor de inzet van filtermaterialen en de verwerking van afvalstromen zoals roostergoed, vet, afgewerkte olie, bedrijfsafval etc.
- Luchtemissies anders dan broeikasgasemissies zijn niet meegenomen vanwege ontbrekende data over vervluchtiging van stoffen naar de atmosfeer in afvalwaterzuiveringsprocessen en ReCiPe-scores hiervoor. Broeikasgasemissies zijn berekend conform STOWA 2008.
- Emissies naar water via effluent van de rwzi zijn niet meegenomen. Het blijkt dat in SimaPro te weinig kengetallen aanwezig zijn voor het berekenen van de effecten van lozingen van stoffen op zoete waterlichamen zoals in Nederland gebruikelijk is. SimaPro is gericht op het kwantificeren van globale effecten waarin bijvoorbeeld wordt aangenomen dat de milieupact van lozing van stikstof en vele zware metalen op zoete wateren verwaarloosbaar is (Goedkoop et al, 2009). Dit is tegenstrijdig met het waterkwaliteitspoor en daarom niet meegenomen in het model.
- De verwerkingsroute voor ontwaterd slib is beperkt tot monoverbranding conform het droog- en verbrandingsproces bij SNB

De afbakening van het model is grafisch weergegeven in figuur 1.

1 Voor meer informatie over fosfaatterugwinning uit afvalwater, inclusief de doorrekening van een aantal cases op het gebied van struvietproductie en fosfor- en kunstmestproductie uit verbrandingassen van RWZI-slib, wordt verwezen naar de STOWA rapporten 2011-24: Fosfaatterugwinning in communale afvalwaterzuiveringsinstallaties en 2007-31: fosfaatterugwinning uit ijzerarm slib van rioolwaterzuiveringsinrichtingen.

FIGUUR 1

AFBAKENING MODEL



Bovenstaande leidt tot de conclusie dat het spreadsheetmodel geen absolute waarde berekent voor de primaire energiebehoefte of milieupact van het afvalwaterzuiveringsproces. Met het model kunnen wel in relatieve zin twee situaties met elkaar worden vergeleken. Zo worden in deze rapportage een aantal cases uitgewerkt, welke een verschillende score geven op primaire energiebehoefte en milieupact. Het verschil in scores laat zien in welke mate een gekozen variant meer of minder primaire energiebehoefte of milieupact heeft. Hierdoor ontstaat inzicht in de invloed van keuzes op het gebied van inzet van energie, productie van energie en hulpstoffengebruik.

In de navolgende paragrafen wordt nader beargumenteerd welke waarden gebruikt zijn in het model. Allereerst wordt in paragraaf 2.2 ingegaan op afbakening de gebruikte methodologie. In de paragrafen 2.3 en 2.4 wordt vervolgens ingegaan op de keuzes die gemaakt zijn voor de berekening van respectievelijk de milieupact en de primaire energiebehoefte.

2.2 METHODOLOGIE

In deze studie is aangesloten bij de methodologie van de STOWA-rapportage 2012-06 "GERwaarden en milieupactscores productie van hulpstoffen in de waterketen". Voor de milieupact is daarom gebruik gemaakt van het softwareprogramma SimaPro. SimaPro is gericht op het uitvoeren van levenscyclusanalyse en maakt zowel het modelleren van stoffen als het milieukundig analyseren ervan mogelijk. SimaPro bevat uitgebreide databases met levenscyclusinformatie van materialen, stoffen en (industriële) processen, waarvan gebruik wordt gemaakt bij het modelleren. De EcoInvent-database is de meest uitgebreide en kwalitatief hoogwaardige op dit terrein en is gebruikt in deze rapportage². De parameters welke gebruikt worden in het spreadsheetmodel zijn geanalyseerd op energie-inhoud en milieueffecten door middel van de binnen SimaPro aanwezige analysemethoden CED (Cumulative Energy Demand) en ReCiPe³.

² Europe ReCiPe H/H'

³ Ecoinvent-database versie 2.2 (2010)

De GER-waarde wordt bepaald door middel van de impactanalysemethode 'Cumulative Energy Demand' (CED). Hoewel de termen verschillend zijn, drukken GER en CED hetzelfde uit: de primaire energie-inhoud van een materiaal, waarbij het energieverbruik in de gehele keten van winning tot productie van de stof is meegeteld, dus 'cradle to factory gate'. De eenheid is MJ/kg.

De ReCiPe-score kan beschouwd worden als een dimensieloos getal die een maat is voor de hoeveelheid milieuschade van de productie van een stof. De eenheid van de ReCiPe-indicator is zo gekozen dat een waarde van 1 punt representatief is voor een duizendste van de jaarlijkse milieubelasting van een gemiddelde West Europeaan.

Als meer specifieke informatie ontbreekt in de EcoInvent-database, dan gelden de volgende aannames:

- De functionele levensduur van een fabriek is 50 jaar.
- Bij productie van een hulpstof binnen Europa geldt een transportafstand van 600 kilometer per spoor en 100 kilometer over de weg.
- Voor opwekking van energie wordt uitgegaan van het huidige Europees gemiddelde conform de EcoInvent-database. Voor warmte uit aardgas wordt het EcoInvent-proces "Heat, natural gas burned in industrial furnace >100 kW" gebruikt en voor elektriciteit "Electricity, medium voltage, production mix UCTE⁴."

AgentschapNL beheert ook een (generieke) database met GER-waarden voor stoffen. Deze lijst is te verkrijgen via de website van AgentschapNL⁵. De primaire functie van deze database is dat bedrijven die deelnemen aan MJA/MEE-convenanten met de database de energie-impact van reducties in het gebruik van grondstoffen of hulpstoffen kunnen becijferen. De lijst bevat generieke GER-waarden voor bouwmaterialen, kunststoffen, brandstoffen, en veel andere stoffen. Van deze database is gebruik gemaakt voor de GER-waarden voor gewapend beton.

Voor meer achtergronden achter deze twee methoden wordt verwezen naar het STOWA-rapport 2012-06.

2.3 MILIEU-IMPACT

Uit de EcoInvent-database konden de meeste ReCiPe-scores direct herleid worden. Het gaat hierbij om de volgende onderwerpen:

- Inkoop van energie in de vorm van elektriciteit, aardgas en warmte
- Opgewekte energie in de vorm van elektriciteit, biogas, aardgas en warmte
- Ingekochte brandstoffen
- Transport van ontwaterd slib en vloeibaar slib
- Gebruik gewapend beton

Voor de ReCiPe-scores welke verband houden met de de uitstoot van broeikasgassen en de slibeindverwerking zijn aanvullende berekeningen gemaakt.

4 UCTE is de Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity. Dit is het gesynchroniseerde hoogspanningsnet van continentaal Europa, exclusief voormalige Sovjet-Unie en exclusief de NORDEL-landen (Noorwegen, Zweden, Finland).

5 <http://www.agentschapnl.nl/content/ger-waarden-database-mja>

BROEIKASGASSEN

Broeikgasgasemissie uit rwzi's bestaan uit CO₂-, NO- en N₂O- (lachgas)emissies. CO₂-emissies worden in dit rapport als kortcyclisch beschouwd conform de IPCC-protocollen en op nul gesteld. In STOWA 2012-20 wordt geconcludeerd, dat metingen voor het inschatten van de uitstoot van lachgas en methaan vanuit een rwzi noodzakelijk zijn en dat de emissies voor een individuele zuivering niet kunnen worden ingeschat aan de hand van kengetallen. Er wordt echter ook geconcludeerd dat methaan- en lachgasemissies een groot gedeelte van de CO₂-footprint veroorzaken tot 85%. Uit eerdere CO₂-footprints bleek een bijdrage van 51% voor methaan en lachgas (STOWA 2008-17). In deze STOWA-rapportage uit 2008 worden de overige broeikasgasemissies als volgt berekend:

$$\text{CH}_4 \text{ (RWZI)} = \text{CH}_4 \text{ (waterlijn)} + \text{CH}_4 \text{ (slibvergister)} = 0,0085 * \text{CZV (influent)}$$

$$\text{N}_2\text{O (RWZI)} = 0,005 * \text{Nkj (influent)}$$

$$\text{N}_2\text{O (effluent RWZI)} = 0,005 * \text{Ntot (effluent)} * 44/28$$

NB Voor lachgas geldt dat deze berekening afwijkt van de bepaling van de directe emissies conform Protocol 7138 Afvalwater voor (VROM, 2007a):

$$\text{N}_2\text{O (RWZI)} = 0,01 * \text{Nkj (influent)}$$

$$\text{N}_2\text{O (effluent RWZI)} = 0,01 * \text{Ntot (effluent)} * 44/28$$

De reden dat in de genoemde rapportage is afgeweken van de IPCC-protocollen is omdat over de juistheid van deze factoren in zowel Nederland als in andere Europese landen veel discussie ontstaan. Met name op het gebied van lachgas zijn er (wetenschappelijke) onderzoeken die andere factoren voorstellen dan in het Protocol Afvalwater van VROM worden voorgesteld.

Voor de meeste RWZI's zijn geen meetgegevens voorhanden. Het niet meenemen van een berekening van lachgas- en methaanemissies onderschat de milieuimpact in sterke mate. In dit model is er daarom voor gekozen om de hoogte van de overige broeikasgasemissies wel mee te nemen conform de uitgangspunten welke gehanteerd worden in STOWA 2008-17.

Conform dezelfde rapportage STOWA 2008 wordt rekening gehouden met het feit dat bij de verbranding van biogas lachgas en methaan ontstaan. Ondanks dat de emissies als kortcyclisch worden beschouwd, schrijft de IPCC-richtlijn voor dat de methaan- en lachgasemissies hiervan worden meegenomen in de klimaatvoetafdruk, omdat methaan en lachgas veel sterkere broeikasgassen zijn als koolstofdioxide. De factoren die gebruikt worden om de lachgasemissies te berekenen zijn ontleend aan het Protocol 7141 Biomassa (VROM 2007b) en bedragen:

- 0,1 kg N₂O /TJ
- 5 kg CH₄/TJ

bij een energie-inhoud van biogas van 23,3 MJ/Nm³.

Deze berekening geldt voor lachgas zowel bij de verbranding van biogas voor nuttige toepassing als in het geval van affakkelen. Voor de methaanemissie hoeft deze berekening alleen te worden uitgevoerd voor het biogas dat wordt afgefakkeld (STOWA, 2008). Voor de milieuimpact van de N₂O- en NO-emissies is uitgegaan van de milieuimpactscore op basis van het Europees gemiddelde conform processen EcoInvent-database:

- Methaan: 9,74 Pt/kg
- Lachgas: 116 dPt/kg

Bovenstaande leidt tot de volgende ReCiPe-scores voor de uitstoot van broeikasgassen:

- 0,083 dPt/kg influent CZV
- 0,58 dPt/kg influent Nkj
- 0,91 dPt/kg effluent Ntotaal
- 0,12 dPt/GJ geproduceerd biogas
- 0,49 dPt/GJ afgefakkeld biogas

SLIBEINDVERWERKING

In SimaPro is het drogings- en verbrandingsproces gemodelleerd zoals dit in de huidige situatie⁶ plaatsvindt bij SNB gebaseerd op de situatie in 2011. Hierin zijn gegevens verwerkt op het gebied van inkoop van energie en energieopwekking, afvalproductie en lucht- en wateremissies. Deze modellering is weergegeven in figuur 2. Uit deze modellering blijkt dat de inkoop van energie circa 50% van de milieupact veroorzaakt. De totale ReCiPe-score komt uit op 0,0811 dPt/kg ontwaterd slib.

De ReCiPe-scores zoals deze door bovenstaande informatie en berekeningen zijn herleid, zijn weergegeven in tabel 1 exclusief de reeds berekende ReCiPe-scores van hulpstoffen, deze zijn weergegeven in bijlage A.

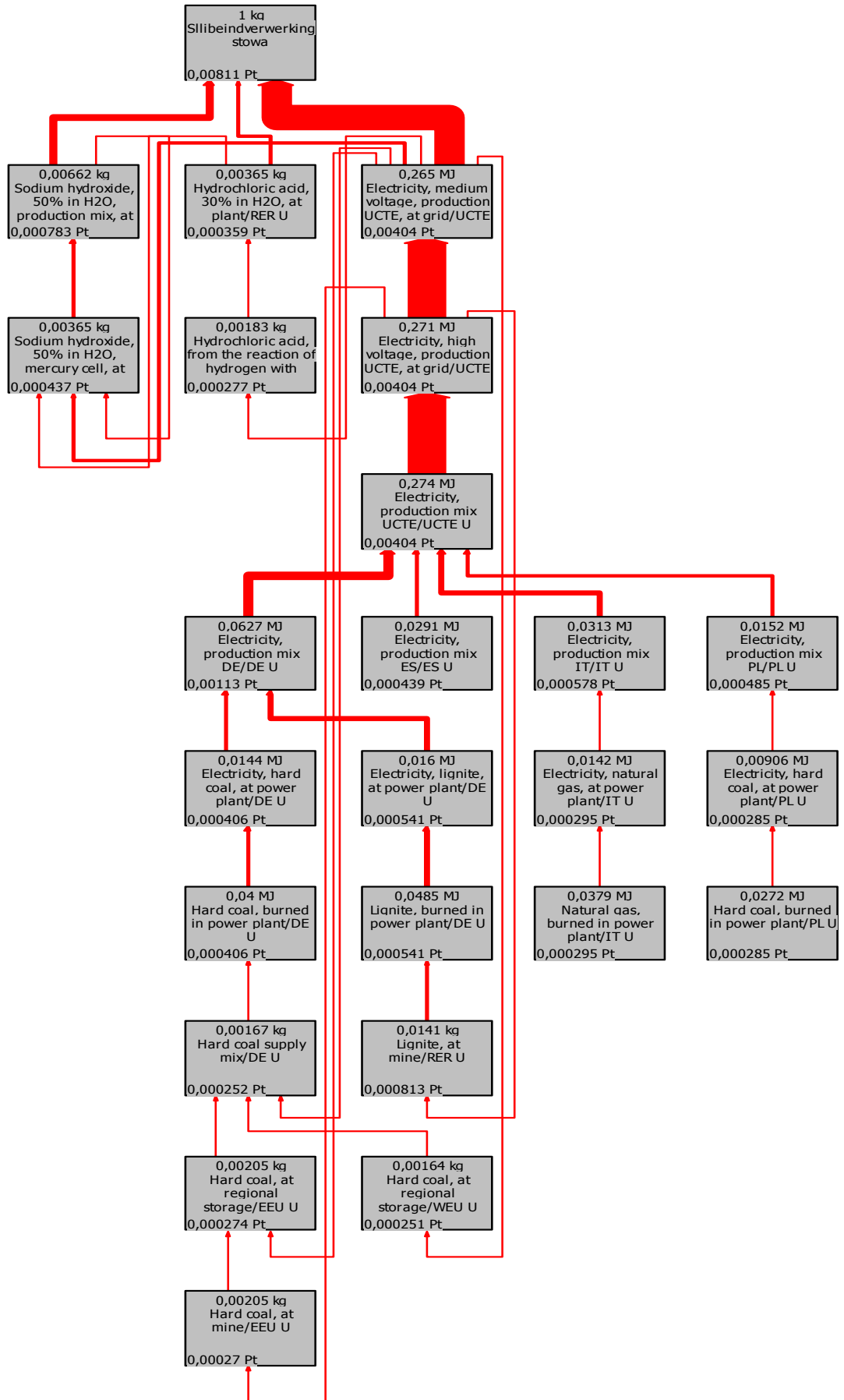
TABEL 1 OVERZICHT RECIPE-SCORES

	Eenheid	ReCiPe-score (dpt/eenheid)	Proces EcoInvent-database of ander informatiebron
Inkoop energie			
Inkoop elektriciteit	kWh	0,55	Electricity, medium voltage, production UCTE
Inkoop aardgas	Nm ³	2,83	Heat, natural gas burned in industrial furnace low NOx >100 kW
Inkoop warmte	GJ	89,4	Heat, natural gas burned in industrial furnace low NOx >100 kW
Inkoop brandstoffen			
Inkoop diesel	kg	4,9	Diesel, burned in building machine/GLO U
Opwekking energie			
Elektriciteit uit biogas	kWh	0,16	Electricity at cogen with biogas; 50% use of heat in digestion
Elektriciteit uit windmolens	kWh	0,0014	Electricity at wind power plant RER/U
Elektriciteit uit zonnecellen	kWh	0,0054	Electricity at solar power plant RER/U
Elektriciteit uit aardgas	kWh	0,74	Electricity, natural gas, at power plant UCTE/ U
Broeikasgasemissies			
Methaanemissie	kg influent CZV	0,083	STOWA 2008-17
Lachgasemissie influent	kg influent Nkj	0,58	STOWA 2008-17
Lachgasemissie effluent	kg effluent Ntotaal	0,90	STOWA 2008-17
Lachgasemissie geproduceerd biogas	GJ geproduceerd biogas	0,12	STOWA 2008-17
Methaanemissie afgefakkeld biogas	GJ afgefakkeld biogas	0,49	STOWA 2008-17
Materialen			
Gewapend beton	m ³	331	Reinforcing steel at plant RER/U Concrete extracting at plant RER/U
Transport slib	tonkm	0,16	Transport, lorry > 16 ft, fleet average RER/U
Verwerking ontwaterd slib	kg ontwaterd slib	0,081	Modellering conform figuur 2 gebaseerd op het droog- en verbrandingsproces bij SNB

6 Gebaseerd op SimaPro proces Disposal digested sewage sludge to municipal incineration plant CH

FIGUUR 2

MODELLERING SLIBEINDVERWERKING



2.4 PRIMAIRE ENERGIEBEHOEFTE

Voor de berekening van de primaire energiebehoefte wordt aangesloten bij de voorgestelde rekenregels van het rapport "Afwalwaterzuivering – Energie onder één noemer", wat is opgesteld in opdracht van AgentschapNL en de waterschappen om te komen eenduidige kengetallen, definities en systeemgrenzen van het energieverbruik in zuiveringsbeheer (Mulder en Frijs 2011). Hierin worden een aantal belangrijke definities gedefinieerd welke tevens in deze rapportage worden gebruikt.

- **Primaire energie**

Dit is energie gewonnen uit de natuur zoals aardolie, aardgas en steenkool. De energie-inhoud van de diverse energiedragers wordt uitgedrukt in joules. Voor conventionele elektriciteit, ingekocht van het net wordt een opwekkingsrendement van 40% gebruikt en voor warmte een standaard opwekkingsrendement van 90%. Ook voor inkoop van andere primaire energiedragers zoals brandstof, zijn factoren vastgesteld waarmee gerekend moet worden.

De belangrijkste omrekenfactoren voor de afvalwaterzuivering zijn:

- 1 kWh_e = 9 MJ_p
- 1 Nm³ aardgas = 31,65 MJ_p
- 1 kg diesel = 54,8 MJ_p
- 1 kg huisbrandolie = 42,7 MJ_p
- 1 Nm³ biogas = 23,3 MJ_p
- 1 GJ warmte = 1,11 GJ_p

- **Opwekking van energie uit biogas**

De opwekking van energie uit biogas wordt berekend op basis van de energie-inhoud van biogas. Deze kan worden berekend aan de hand van het methaanpercentage en de energie-inhoud van het gas methaan. Aangezien het methaanpercentage niet veelvuldig wordt gemeten wordt in het model uitgegaan van een standaardwaarde: 65%. De energie-inhoud van 1 Nm³ biogas wordt dan 35,8 MJ/Nm³ (energie-inhoud methaan) * 65 % = 23,3 MJ.

- **Totaal energiegebruik**

Het energiegebruik van een inrichting betreft het direct, energetisch gebruikte, primaire energiesaldo, inclusief inzet van duurzame energie. Dit is het energiegebruik in het proces, gebruikt voor opwarmen, aandrijven van pompen, elektriciteit voor verlichting etc. *Om het directe energiegebruik te bepalen geldt de inkoop plus eigen opwekking van energie minus de terug-/doorlevering daarvan.* Daarbij is het niet van belang of de energiebron fossiel of duurzaam is. Het werkelijk energieverbruik daalt hierdoor niet als er meer elektriciteit uit biogas wordt opgewekt door biogas- of rendementstoename. Let op: waterschappen berekenen het werkelijk energieverbruik vaak op basis van energie-inkoop minus doorgeleverde energie. Energie die opgewekt wordt door een WKK en vervolgens gebruikt wordt binnen de inrichting wordt niet meegeteld in de berekening. Vooralsnog is binnen MJA-3 met de waterschappen afgesproken dat deze methode niet wordt gehanteerd. In dit rapport wordt de huidige methode van MJA-3 dan ook aangehouden.

- **Zelfvoorzienendheid**

Een RWZI is energieneutraal als de energie-opwekking minimaal gelijk is aan het energiegebruik van de gehele RWZI. Om dit te bepalen wordt de term 'Opwekking ten opzicht van eigen gebruik' gehanteerd. Bij "100% of hoger" is er sprake van een Energiefabriek. Intern opgewekte WKK-warmtestromen die volledig gebruikt worden in de gisting, tellen niet mee in de bepaling van de totale hoeveelheid opgewekte duurzame energie. Als de opgewerkte warmte aan derden buiten de RWZI wordt geleverd telt deze wel mee, aangezien het eigen energiegebruik gedefinieerd is als inkoop plus eigen opwekking minus externe levering.

SLIBEINDVERWERKING

Voor de slibeindverwerking is een nieuwe GER-waarde gemodelleerd. Op basis van cijfers over het jaar 2011 van SNB, is vastgesteld dat het drogen en verbranden van 1 kg ontwaterd slib door monoverbranding 0,80 MJp kost (zie tabel 2).

TABEL 2

GER-WAARDE DROGING EN VERBRANDING 1 KG ONTWATERD SLIB

	Eenheid/kg	MJp/eenheid	MJp/kg ontwaterd slib
Inkoop energie			
Inkoop elektriciteit grijs/groen	0,056	9	0,50
Inkoop aardgas	0,0012	31,7	0,037
Inkoop chemicaliën			
Kalksteen & Krijt (reactief CaCO ₃)	0,019	0,4	0,0074
Kalkhydraat	0,0015	4,4	0,0064
Hardoencokes (HOK, actief kool)	0,00013	68,9	0,0087
Zoutzuur	0,0036	7	0,025
Natronloog	0,0066	22,8	0,15
Opwekking hernieuwbare energie			
Elektriciteit	0,0076	9	0,069
		Totaal	0,80

3

CASES AFVALWATERZUIVERING

3.1 INLEIDING

Voor het bepalen van de invloed van chemicaliën ten opzichte van energieverbruik in een afvalwaterzuiveringsproces zijn de volgende varianten uitgewerkt:

- 1 RWZI met voorbezinking en gisting, gebaseerd op biologische en aanvullende chemische fosfaatverwijdering in de waterlijn
- 2 RWZI met voorbezinking en gisting, gebaseerd op volledige chemische fosfaatverwijdering in de waterlijn
- 3 RWZI met preprecipitatie in de vorm van een gecombineerde polymeer- en metaalzoutdosering op de voorbezinking, biologische fosfaatverwijdering in de waterlijn en gisting
- 4 RWZI met voorbezinking en gisting, gebaseerd op biologische en aanvullende chemische fosfaatverwijdering in de waterlijn, waarbij het slib thermodynamisch wordt gehydrolyseerd
- 5 RWZI met voorbezinking en gisting, gebaseerd op biologische en aanvullende chemische fosfaatverwijdering in de waterlijn, waarbij het slib thermodynamisch wordt gehydrolyseerd en het elektrische WKK-rendement wordt verhoogd van 32% naar 40%.

De keuze voor de basisvariant en de subvarianten zijn tot stand gekomen op basis van het gedachtegoed van De Energiefabriek. Hierbij moet zoveel mogelijk organische stof dat beschikbaar is in het afvalwater wordt aangewend voor energieproductie.

In paragraaf 3.2 worden de uitgangspunten samengevat voor de cases welke zijn doorgerekend. Paragraaf 3.3 bestaat uit een weergave van de resultaten. In paragraaf 3.4 worden een aantal richtlijnen besproken voor de invulling van het model voor andere cases.

3.2 UITGANGSPUNTEN

Voor de verschillende cases is een RWZI gemodelleerd met een capaciteit van 310.000 i.e. 150 g TZV met een influentsamenstelling en vereiste effluentkwaliteit zoals weergegeven in de tabellen 3 en 4.

TABEL 3

INFLUENT		
	Eenheid	Hoeveelheid/jaar
Behandeld afvalwater	m ³	16.142.000
CZV	kg	11.862.500
BZV	kg	4.600.000
Nkj	kg	1.113.250
Ptotaal	kg	185.420
Onopgeloste stoffen	kg	4.600.000
i.e.'s influent	150 g TZV	309.590

TABEL 4 EFFLUENTEISEN

	Eenheid	Eis	Opmerking
CZV	mg/l	125	Maximale overschrijding 100% in maximaal 6 monsters
BZV	mg/l	20	Maximale overschrijding 100% in maximaal 6 monsters
Ntotaal	mg /l	10	Jaargemiddelde over een kalenderjaar
Ptotaal	mg/l	1,0	Voortschrijdend gemiddelde over 10 waarnemingen
Onopgeloste stoffen	mg/l	30	Maximale overschrijding 150% in max aantal monsters

Voor de doorrekening van de verschillende cases zijn verder de ontwerpparameters gebruikt zoals samengevat in tabel 5.

TABEL 5 ONTWERPPARAMETERS CASES

		Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5
		Bio-P	Chem-P	Pre-precipitatie	TDH	TDH+ WKK
Voorbezinking						
Aantal	-	2	2	2	2	2
Diameter	m	30	30	30	30	30
Primair slibproductie	kg ds/d	6630	6630	10750	6630	6630
waarvan chemisch	kg ds/d	0	0	1470	0	0
Volume selector	m ³	-	2092	-	-	-
Volume ananeroebe tank	m ³	3530	-	3530	3530	3530
Beluchttingsvolume	m ³	32560	36140	20400	32560	32560
Slibgehalte totaal	g/l	5,0	5,0	5,5	5,0	5,0
Slibgehalte biologisch	g/l	4,4	4,0	5,5	4,4	4,4
Zuurstoftoevoervermogen	kg O ₂ /h	2253	2253	1786	2253	2253
Nabezinking						
Aantal	-	6	6	6	6	6
Diameter	m	42	42	41	42	42
Spuislibproductie	kg ds/d	7430	8250	4140	7430	7430
waarvan chemisch	kg ds/d	915	1730	0	915	915
Biogasproductie	Nm ³ /d	6219	6219	6530	7152	7152
Ontwaterd slib productie	ton/d	51	54	47	37	37
Ds-gehalte ontwaterd slib	%	21,1	22,6	22,6	27,4	27,4
Dosering chemicaliën						
IJzerchloride 40% oplossing	kg/d	2192	4164	2608	2192	2192
Polymeer vloeibaar kationisch	kg/d	479	532	482	378	378
Polymeer vloeibaar anionisch	kg/d	0	0	21	0	0
WKK rendement elektrisch	%	32	32	32	32	40
Gewapend beton	m ³	11.440	12.275	7.470	10.740	10.740

Hierbij is uitgegaan van de volgende aannamen:

Chemicaliëngebruik

- (Aanvullende) chemische defosfatering: 1,5 mol Metaal/mol P te verwijderen
- Preprecipitatie: 1,5 mol Metaal/mol P influent, 0,7 g actief kationisch vloeibaar PE/m³ DWA en 0,3 g actief anionisch vloeibaar PE/m³ DWA
- Slibindikking: 4 kg PE actief vloeibaar kationisch /ton ds
- Slibontwatering: 10 kg PE actief vloeibaar kationisch/ton ds

Elektriciteitsgebruik

- Elektriciteitgebruik beluchting: 3,0 kWh/kg O₂
- Elektriciteitgebruik slibontwatering: 0,06 kWh/kg ds

Biogasproductie

- Verblijftijd gisting: 20 dagen
- Temperatuur gisting: 32 °C
- Afbraak drogestof mengsel primair en secundair slib: 30%
- Specifieke gasproductie: 1,1 Nm³/kg ds afgebroken

Thermische Druk Hydrolyse (STOWA 2012-25)

- 35% meer afbraak organische stof
- 20% meer biogasproductie⁷.
- 30 % verbetering drogestofgehalte ontwaterd slib
- 10% meer specifiek PE-verbruik voor slibontwatering per kg ds.
- Door toepassing van Thermische Druk Hydrolyse (TDH) wordt 380 gram meer stikstof vrijgemaakt per toegevoerde m³ slib ten opzichte van een situatie zonder TDH. In onderhavige case betekent dit een toename van de stikstofbelasting naar de waterlijn van 3%. Er wordt van uitgegaan dat deze hoeveelheid door de waterlijn kan worden verwerkt.
- Er is geen rekening gehouden met een extra fosfaatbelasting naar de waterlijn. Uit het pilotonderzoek wat gerapporteerd wordt in STOWA 2012-25 blijkt, dat er geen eenduidig verband is tussen een verhoogde organische stofafbraak en de fosfaatconcentratie in het rejectiewater. Waarschijnlijk precipiteert een deel van het vrijkomende fosfaat direct in het slib. Nader onderzoek hiernaar is niet verricht, waardoor geen aannamen konden worden gedaan voor een extra fosfaatbelasting op de waterlijn in deze case.
- Bij bovenstaande wordt opgemerkt dat in onderhavige case enkel het effect van de TDH wordt bekeken. TDH wordt echter meestal overwogen bij centralisatie van de slibverwerking. Deze centralisatie leidt tot een extra stikstof- en fosfaatvrucht op de waterlijn via het rejectiewater. Indien nog geen centrale slibverwerking plaatsvindt en men hiertoe wil overgaan eventueel in combinatie met TDH, dan dient goed bekeken te worden of de waterlijn de extra stikstof- en fosfaatbelasting vanuit het rejectiewater kan behandelen.

⁷ Hierbij is uitgegaan van 15% inzet van biogas voor het verpompen, opwarmen en mengen van het ingaande slib

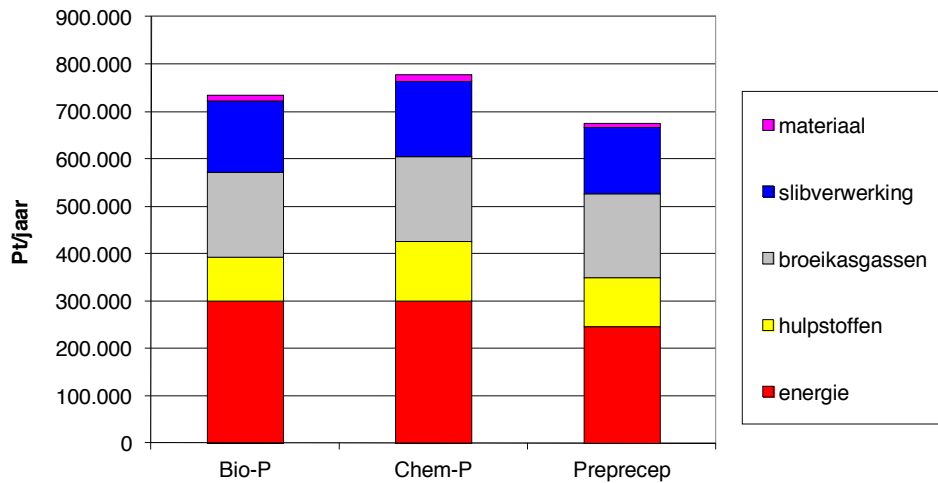
3.3 RESULTATEN

De resultaten van de berekeningen van de verschillende cases zijn weergegeven in de figuren 3 en 4 voor de varianten 1 tot en met 3 en in de figuren 5 en 6 voor de varianten 4 en 5. Van de cases gepresenteerd in dit hoofdstuk zijn de screendumps van de invulbladen opgenomen in bijlage A.

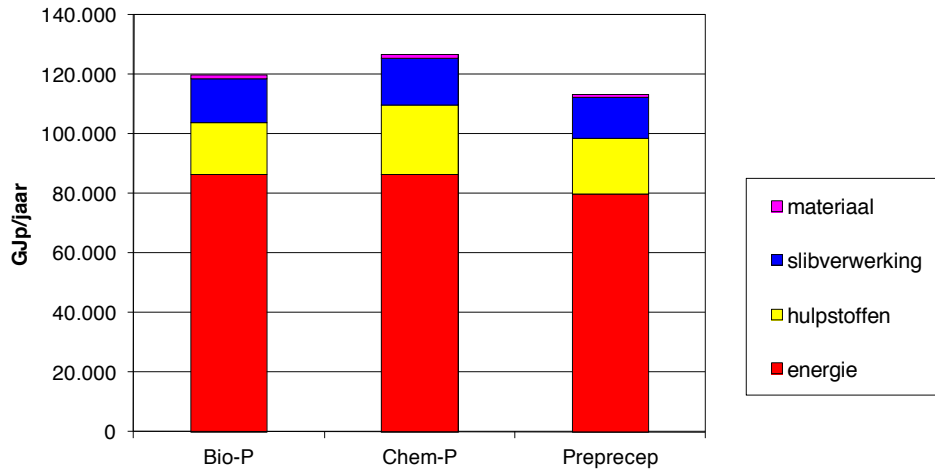
WIJZE VAN FOSFAATVERWIJDERING TEN OPZICHT VAN PREPRECIPITATIE.

Uit de figuren 3 en 4 blijkt dat volledige chemische defosfatering in de waterlijn zowel qua milieuimpact als qua primaire energiebehoefte het slechtst scoort. Preprecipitatie scoort in alle gevallen het best. Het verschil in milieuscore tussen variant 2 met volledige chemische fosfaatverwijdering en variant 3 met preprecipitatie en biologische fosfaatverwijdering bedraagt respectievelijk +6% en -8%. Voor de primaire energiebehoefte bedraagt dit verschil respectievelijk +6% en -9%.

FIGUUR 3 MILEUIMPACT VARIANTEN 1 - 3



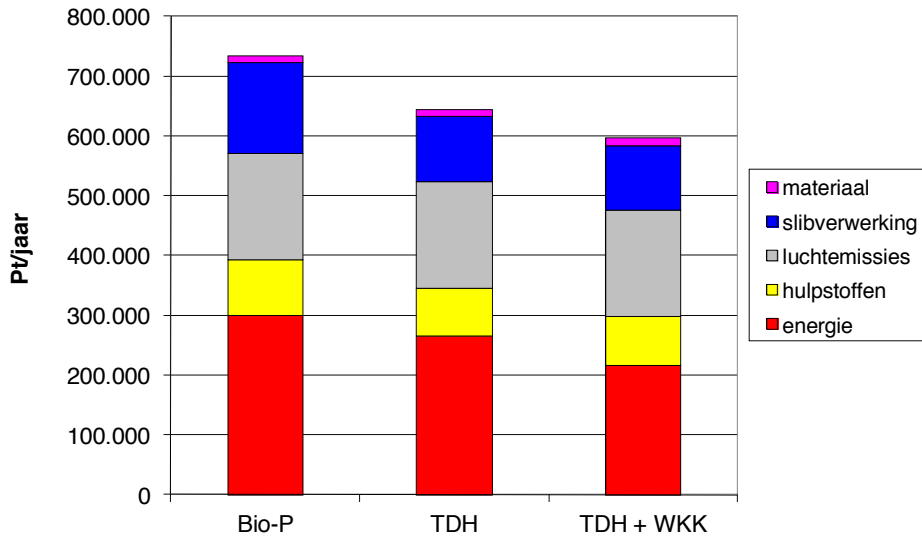
FIGUUR 4 PRIMAIRE ENERGIEBEHOEFTE VARIANTEN 1 - 3



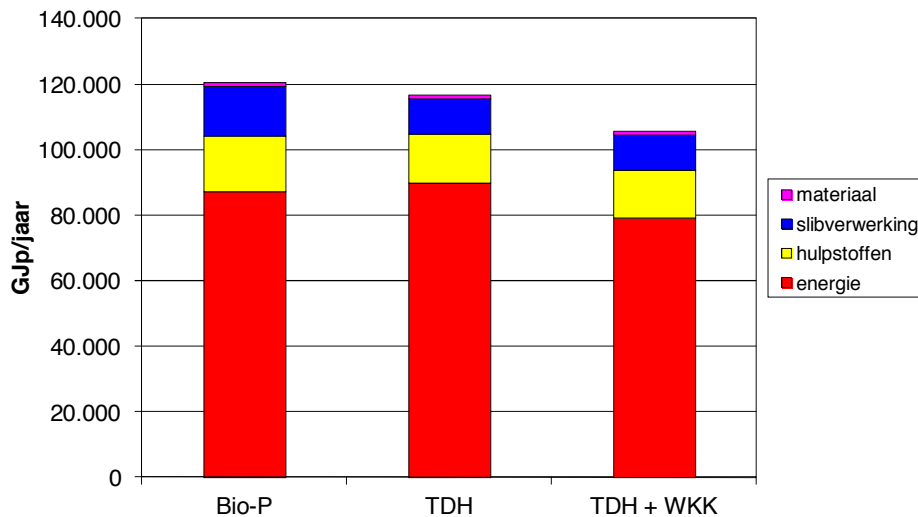
WIJZE VAN GISTING EN ENERGIE-OPWEKKING UIT BIOGAS

Uit de figuren 5 en 6 blijkt dat het toepassen van thermische druk hydrolyse in combinatie met een verhoging van het WKK rendement zowel qua milieupact als qua primaire energiebehoefte het best scoort. De basissituatie zonder TDH en een WKK-rendement van 32% in plaats van 40% scoort in alle gevallen het slechtst. Het verschil in milieuscore tussen de basisvariant en variant 5 met TDH en verhoging rendement WKK bedraagt respectievelijk -12% en -19%. Voor de primaire energiebehoefte bedraagt dit verschil respectievelijk -10% en -13%.

FIGUUR 5 MILIEUIMPACT VARIANTEN 1, 4 EN 5



FIGUUR 6 PRIMAIRE ENERGIEBEHOEFTE VARIANTEN 1, 4 EN 5



3.4 RICHTLIJNEN INVULLEN MODEL

Van de cases gepresenteerd in dit hoofdstuk zijn de screendumps van de invulbladen opgenomen in bijlage A. Deze voorbeeldcases vergemakkelijken het invullen van het model voor eigen cases. In deze paragraaf worden een aantal punten specifiek benoemd waarmee rekening moet worden gehouden in het model

- Aan- en afvoer van slib
- Biogasproductie
- Hulpstoffen in oplossing

AAN- EN AFVOER VAN SLIB

Transport van slib beïnvloedt de milieu-impact en GER-waarde van het model. Hoe meer slib er getransporteerd moet worden over grotere afstand hoe groter de impact. Voor de ontwaterd slibafvoer is dit over het algemeen duidelijk. Als er slib wordt ontwaterd dient dit afgevoerd te worden naar de eindverwerker. De tonnen en km kunnen worden ingevuld in het model. Bij centralisatie van slibverwerking speelt echter regelmatig dat vloeibare slibben worden

aangevoerd ter vergisting en soms zelfs indikking en vervolgens centraal worden ontwaterd. In het model is er conform de ISO-standaarden voor gekozen om deze aanvoer van vloeibaar slib toe te rekenen aan de ontvangende en verwerkende installatie. Een RWZI die alleen vloeibaar slib afvoert heeft hierdoor een lagere milieu-impact en primaire energiebehoefte dan een RWZI die dit vloeibare slib ontvangt. Samengevat geldt het volgende:

Transport van vloeibaar en ontwaterd slib wordt toegerekend aan de verwerkende installatie

Bij studies rondom centralisatie van slibverwerking dienen hiervoor altijd de parameters ingevuld te worden voor zowel de RWZI's waar het slib geproduceerd wordt als waar het verwerkt wordt. Als dit niet wordt gedaan kan de milieu-impact van een RWZI waarin geen slib wordt ingedikd en ontwaterd kunstmatig naar beneden worden gebracht, omdat het slib elders wordt ingedikd en ontwaterd.

BIOGASPRODUCTIE

In het model dient ingevoerd te worden hoeveel biogas er bruto wordt geproduceerd. Er dient geen verrekening plaats te vinden met gebruikers zoals CV-ketels, WKK-installaties, opwerkingsinstallaties voor groen gas etcetera. Deze posten kunnen apart in het model worden ingevuld, waarna verrekening hiervan plaatsvindt in de milieu-impactscores en primaire energiebehoefte.

HULPSTOFFEN IN OPLOSSING

In het model dienen de daadwerkelijke aangeleverde kilogrammen aangevoerde oplossing te worden ingegeven inclusief het percentage oplossing van de stof. Uitzondering hierop vormen kalkmelk en polymeerproducten aangezien voor deze groepen de GER-waarde en ReCiPe-score is berekend op basis van het opgeloste product. De achtergrond achter deze berekening is als volgt:

De GER-waarden en ReCiPe-scores in bijlage A gelden voor het pure product. Sommige stoffen worden verhandeld en gebruikt in een waterige oplossing. Over het algemeen is alleen bekend hoeveel kg van deze waterige oplossing wordt gebruikt. De GER-waarde en ReCiPe-score van deze oplossing kunnen berekend worden door te vermenigvuldigen met het oplossingspercentage. De GER-waarde van (industrie-) water is dermate laag dat deze in berekeningen niet significant is. Een rekenvoorbeeld voor een 30% oplossing van natronloog is weergegeven in Tabel 6.

TABEL 6

REKENVOORBEELD GER-WAARDE VOOR EEN STOF IN OPLOSSING

	GER-waarde (MJ/kg)	Massa fractie	Resultaat (MJ/kg)
Natronloog puur (membraan)	20,7	0,30	6,2
Water	0,012(*)	0,70	0,01
Natronloog 30% opl.			6,2

(*) Ecoinvent: Water, ultrapure, at plant/GLO

De GER-waarde van de oplossing is dus 30% van de GER-waarde van de droge stof.
Voor het omrekenen van de ReCiPe-score bij stoffen in oplossing wordt dezelfde benadering voorgeschreven.

N.B. Bovenstaande rekenmethode geldt niet voor kalkmelk en polymeren. In de GER-waarde en ReCiPe-score van deze stoffen is reeds rekening gehouden met verdunning met een oliehoudend product. Dit is noodzakelijk aangezien de GER-waarde van oliën niet te verwaarlozen is.

Bovenstaande omrekening wordt in het model standaard uitgevoerd indien aangeleverde kilogrammen inclusief opgeloste concentratie correct worden ingevoerd.

4

INVLOED NIEUWE BEREKENING

4.1 INLEIDING

De ontwikkeling van het spreadsheetmodel en de eerder verschenen STOWA-rapportage 2012-06 “GER-waarden en milieumimpactscores productie van hulpstoffen in de waterketen” zijn voortgevloeid uit initiatieven die zijn ontplooid vanuit De Energiefabriek. Deze initiatieven zorgen in sommige gevallen voor dosering van meer chemische hulpstoffen in het zuiveringsproces en minder inkoop van fossiele energie. In dit rapport is door een aantal voorbeeldcases inzicht gegeven in het verschil in milieumimpact en primaire energiebehoefte tussen zuiveringsvarianten die juist veel chemicaliën vergen en weinig chemicaliën. In dit hoofdstuk wordt samengevat wat de verschillen zijn tussen de oude wijze van berekenen en de nieuwe gepresenteerde berekening.

Allereerst wordt in paragraaf 4.2 ingegaan op de verschillen tussen de huidige gerapporteerde tabelwaarden voor hulpstoffen in afvalwaterzuivering en waarden welke tot op het moment van verschijnen van deze rapportage werden gebruikt. In paragraaf 4.3 wordt duidelijk gemaakt welke invloed verschillende aannamen voor de gebruikte waarden voor hulpstoffen in afvalwaterzuivering hebben op de milieumimpact en primaire energiebehoefte en wordt een aanbeveling gedaan voor de omgang met de nieuwe kennis en GER-waarden.

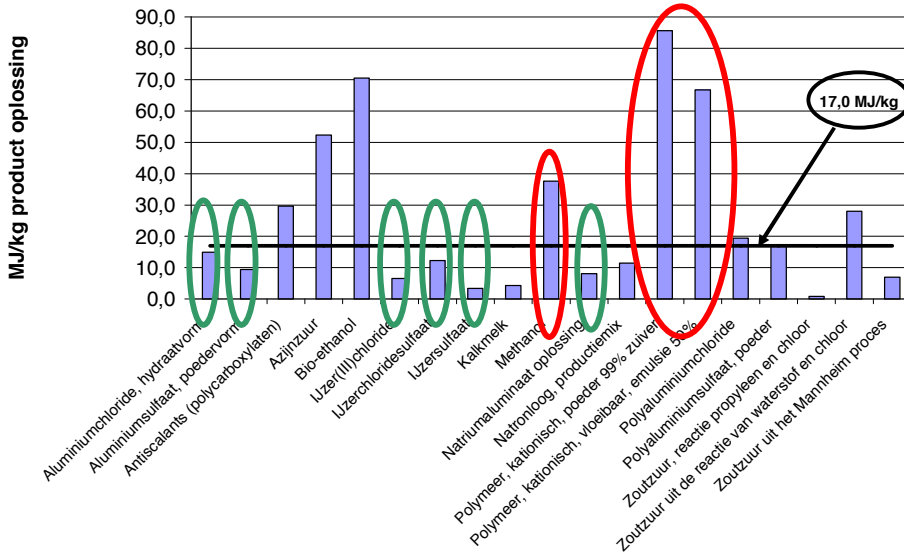
4.2 OUDE EN NIEUWE WAARDEN

Vanwege ontbrekende kennis werd voor business cases in het kader van de Energiefabriek over het algemeen gewerkt met een energie-inhoud van hulpstoffen in afvalwaterzuivering van 17,0 MJ/kg product. Deze waarde is overigens niet in alle rapportages consistent gebruikt. In een aantal business cases zijn hulpstoffen niet, deels of met een andere waarde meegenomen. In figuur 7 is voor een selectie van hulpstoffen aangegeven wat de verschillen zijn met de huidige berekende GER-waarden en de waarde van 17,0 MJ/kg zoals deze voorgeschreven wordt in het werkrapport van De Energiefabriek (2009).

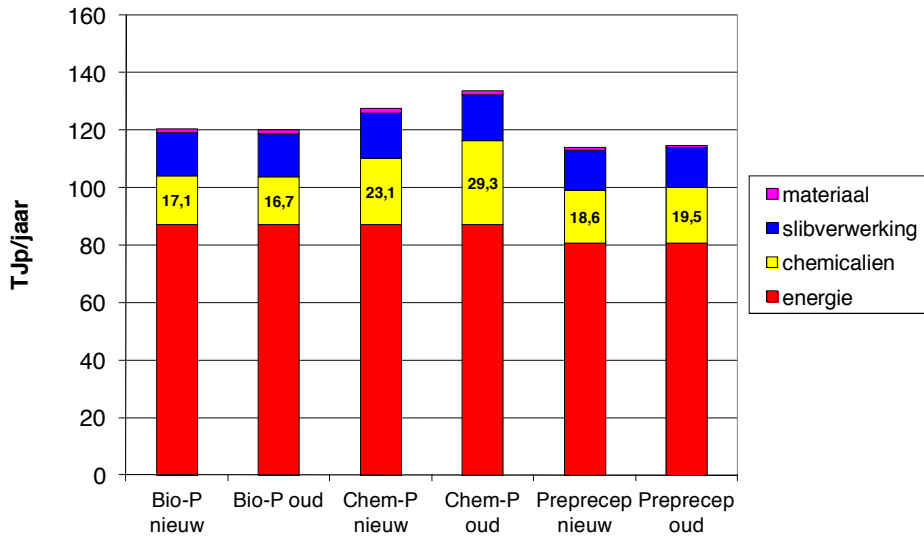
Uit figuur 7 blijkt dat met name hulpstoffen welke gebruikt worden in het afvalwaterzuiveringsproces om fosfaat te binden zoals ijzer- en aluminiumzouten een lagere GER-waarde blijken te hebben dan eerder aangenomen. Methanol en poly-electrolieten hebben een veel hogere GER-waarde dan eerder aangenomen.

Metaalzouten en poly-electrolieten zijn de meest gebruikte hulpstoffen in afvalwaterzuivering, op de voet gevolgd door methanol of andere bio-ethanolen. Uit Hoofdstuk 3 blijkt dat de invloed van een verhoogde dosering van metaalzouten en polymeren op de voorbezinking positief is op het gebied van primaire energiebehoefte en milieumimpact volgens de huidige inzichten in vergelijking met een standaard zuivering met biologische fosfaatverwijdering. Om te bepalen in hoeverre de nieuwe berekeningen invloed hebben op deze uitkomst zijn de cases op het gebied van fosfaatverwijdering ook doorgerekend met de oude aannamen. De verschillen in uitkomsten worden geïllustreerd in figuur 8.

FIGUUR 7 NIEUWE GER-WAARDEN IN VERGELIJKING MET WAARDEN ENERGIEFABRIEK 2009



FIGUUR 8 BEREKENDE NIEUWE PRIMAIRE ENERGIEBEHOEFTE IN VERGELIJKING MET OUDE WAARDE



Uit figuur 8 kan worden afgeleid dat de verschillende aannamen in totaliteit voor de basis-variant met biologische fosfaatverwijdering en preprecipitatie-varianten niet veel wijzigen. Het volledig chemisch defosfateren van fosfaat in de waterlijn is qua primaire energiebehoefte 7% lager dan ingeschat op basis van de eerder ingeschatte waarde.

4.3 AANBEVELING VOOR VERDER GEBRUIK

Tijdens de opstelling van vele business cases voor De Energiefabriek is verschillend omgegaan met het al dan niet meenemen van de dosering van hulpstoffen. In een aantal business cases zijn alle hulpstoffen meegerekend op basis van 17,0 MJ/kg zoals voorgeschreven in het werkrapport van De Energiefabriek (2009). In sommige business cases is dit gedeeltelijk gedaan (methanol en polymeerverbruik bij slibindikking en -ontwatering is bijvoorbeeld vaak niet meegenomen) en in sommige business cases is geen enkele hulpstof meegerekend. Uit het voorgaande blijkt dat de inzet van hulpstoffen voor verschillende cases voor circa 15% bijdraagt aan de totale milieupactscore en primaire energiebehoefte. Deze bijdrage rechtvaardigt een juist gebruik van eenheden, hoeveelheden en berekeningswijzen. Aanbevolen wordt om de berekeningswijze conform het model zoals toegelicht in dit rapport te gebruiken voor het bepalen van de primaire energiebehoefte en milieupact van afvalwaterzuiveringsprocessen.

LITERATUURLIJST

Agentschap NL, 2011. GER-waarden database (MJA)

Online beschikbaar: <http://www.agentschapnl.nl/content/ger-waarden-database-mja>

Ecoinvent, 2010. Swiss Centre of Life Cycle Inventories. Ecoinvent database: versie 2.2

Online beschikbaar: <http://www.ecoinvent.org> en <http://eippcb.jrc.es>

Energiefabriek, 2009, Werkrapport 'De Energiefabriek'

Goedkoop et al, 2008. ReCiPe - A life cycle impact assessment method

which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level -

Report 1: Characterisation

Mulder, M. en Frijns, J., 2011. Afvalwaterzuivering - Energie onder één noemer

STOWA, 2007, 2007-31, Fosfaatterugwinning uit ijzerarm slib van rioolwaterzuiveringsinrichtingen

STOWA, 2008, 2008-17, Op weg naar een klimaatneutrale waterketen

STOWA, 2011, 2011-24, Fosfaatterugwinning in communale afvalwaterzuiveringsinstallaties

STOWA, 2012, 2012-06, GER-waarden en milieupactscores productie van hulpstoffen in de waterketen

STOWA, 2012, 2012-20, Emissie broeikasgassen vanuit rwzi's

STOWA, 2012, 2012-25, Thermische slibontsluiting- Pilot-onderzoek naar de mogelijkheden en randvoorwaarden

VROM, 2005b. Protocol 5414 Procesemissies niet fossiel

VROM, 2007a. Protocol 7138 Afvalwater, 6B: CH4 en N2O uit afvalwater

VROM, 2007b. Protocol 7141 Biomassa, memo-item Emissies uit verbranding van biomassa

Alle links zijn het laatst gecheckt in juni 2012

BIJLAGE A

GER-WAARDEN EN RECIPE-SCORES

HULPSTOFFEN IN AFVALWATERZUIVERING

Voor ieder van de hulpstoffen zijn in STOWA 2012-06 de volgende aspecten uitgewerkt:

- De energie-impact van de productie van de hulpstoffen van de stof, uitgedrukt in de GER-waarde (Gross Energy Requirement, de bruto primaire energie)
- Milieuimpact van de productiestap, uitgedrukt in een indicator volgens de ReCiPe-methodiek;
- Een toelichting van de verkregen resultaten per hulpstof, met een visualisatie van de totstandkoming van de ReCiPe-score met een boomdiagram ('netwerkanalyse').

Een compact overzicht van de berekende GER-waarden en ReCiPe-scores voor hulpstoffen in afvalwaterzuivering inclusief slibeindverwerking is weergegeven in Tabel A. Als uitgangspunt is hiervoor (waar mogelijk) fabrikantspecifieke informatie benut, aangevuld met openbare informatie en LCI-databases. De opgestelde tabelwaarden zijn toegelicht in de genoemde STOWA-rapportage 2012-06.

TABEL A OVERZICHT RESULTATEN STOFFEN

	Bron1	GER-waarde totaal	GER-aandeel niet hernieuwbaar	GER-aandeel hernieuwbaar	ReCiPe-score
		MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	[dPt/kg]
Actieve kool	M	164	163	1,8	9,4
Actieve kool, geregenereerd	M	43,1	42,5	0,6	2,6
Aluminiumchloride, hydraatvorm	N	14,9	14,3	0,6	1,0
Antraciet (filtermateriaal)	M	31,3	31,0	0,2	1,5
Azijnzuur	E	53,4	52,2	1,1	2,8
Bio-ethanol	E	70,7	23,2	47,5	6,4
Diesel, laagzwavelig	E	54,8	54,7	0,1	2,6
Filterzand (NL/BE/DLD) bij leverancier	M	0,4	0,4	0,0	0,03
Glycerine uit epichloorhydrine	E	102	98,5	3,9	5,9
Glycerine uit koolzaadolie	E	100	34,5	65,5	7,7
Granaatzand (Australië), bij leverancier	M	4,1	4,1	0,1	0,32
Hout chips, mixed, u=120%	E	20,7	0,5	20,2	0,26
Houtskool	E	68,9	2,0	66,9	1,6
IJzer(III)chloride, 40% in H2O	E	16,3	15,2	1,2	0,92
IJzerchloridesulfaat	M	12,3	11,5	0,8	0,67
IJzersulfaat	E	3,4	3,2	0,3	0,19
Kalkhydraat	E	4,4	4,2	0,2	0,47
Kalkmelk op basis van gebluste kalk	M	4,3	4,0	0,3	0,31
Kalksteen, krijt en marmer gemalen	E	0,4	0,3	0,1	0,02
Magnesiumchloride	M	2,1	2,0	0,2	0,14
Magnesiumchloride, anhydride	M	23,6	22,1	1,5	1,5
Magnesiumchloride, hydraat, vaste vorm	M	3,3	3,1	0,2	0,20
Magnesiumoxide	E	2,8	2,7	0,1	0,67

	Bron1	GER-waarde totaal	GER-aandeel niet hernieuwbaar	GER-aandeel hernieuwbaar	ReCiPe-score
Melasse uit suikerbieten	E	6,2	1,4	4,8	0,18
Methanol	E	37,6	37,4	0,1	1,9
Natriumaluminaat	M	21,3	20,3	1,1	1,3
Natriumchloride (zout), poedervorm	E	3,3	3,1	0,2	0,20
Natriumhypochloriet	E	17,5	16,4	1,0	1,0
Natronloog, kwikcelproces	E	22,5	21,1	1,4	1,2
Natronloog, membraanproces	E	20,7	19,4	1,3	1,1
Natronloog, productiemix	E	22,8	21,4	1,4	1,2
Polyacrylamide homopolymeer, non-ionisch, poeder, 99% zuiver	M	79,3	78,2	1,1	4,6
Polyacrylamide, anionisch, poeder	M	76,6	75,6	1,0	4,4
Polyacrylamide, anionisch, vloeibaar, emulsie	M	62,2	61,4	0,8	3,4
Polyacrylamide, kationisch, poeder	M	85,6	84,2	1,5	4,9
Polyacrylamide, kationisch, vloeibaar, emulsie	M	66,7	65,7	1,0	3,6
Polyaluminiumchloride	M	19,4	18,7	0,7	1,3
Polyaluminiumsulfaat, poeder	M	17,3	16,4	0,8	1,1
Steenkoolcokes	E	40,2	39,9	0,3	2,1
Waterstofperoxide	E	22,8	22,2	0,6	1,4
Zilverzand (NL/BE/DLD) bij leverancier	M	0,4	0,4	0,0	0,03
Zoutzuur, uit de reactie van propyleen en chloor	E	2,4	2,3	0,1	0,12
Zoutzuur uit de reactie van waterstof en chloor	E	28	26,4	1,7	1,5
Zoutzuur uit het Mannheim proces	E	7,0	6,6	0,3	0,45
Zuurstof (vloeibaar)	E	8,8	8,2	0,5	0,43
Zwavelzuur, vloeibaar	E	2,1	2,0	0,1	0,25

¹ E= EcoInvent-database; M = gemodelleerd o.b.v. literatuur/fabrikant informatie.

N.B. De GER-waarden en ReCiPe-scores in deze bijlage gelden voor het pure product. De GER-waarde en ReCiPe-score van een oplossing kunnen berekend worden door te vermenigvuldigen met het oplossingspercentage.

De GER-waarde en ReCiPe-score van bijvoorbeeld een 30% oplossing is dus 30% van de GER-waarde en ReCiPe-score van de droge stof. Uitzondering hierop vormen de stoffen kalkmelk en polymeren (zie paragraaf 3.4).

BIJLAGE B

SCREENDUMP INVULSCHERMEN CASES

VARIANTEN FOSFAATVERWIJDERING

Onderwerp	Eenheid	Parameter per jaar	Parameter per jaar	Parameter per jaar
		Variant 1	Variant 2	Variant 3
Naam		Bio-P	Chem-P	Preprecep
Hoeveelheden				
Behandelde hoeveelheid afvalwater	m3	16.142.000	16.142.000	16.142.000
Influent CZV	kg	11.862.500	11.862.500	11.862.500
Influent Nkj	kg	1.113.250	1.113.250	1.113.250
Effluent Ntot	kg	161.420	161.420	161.420
Verwijderde i.e. 150 g TZV	i.e.150 g TZV	301.000	301.000	301.000
Behandelde i.e. in influent 150 g TZV	i.e.150 g TZV	309.590	309.590	309.590
Geproduceerd slib	ton ontwaterd slib	18.600	19.600	17.100
Drogestofgehalte slib	%	21,10%	22,60%	22,60%
Geproduceerd slib	ton ds	3.925	4.430	3.865
Transport vloeibaar slib	km	50	50	50
Transport vloeibaar slib	ton	10.000	10.000	10.000
Transport ontwaterd slib	km	100	100	100
Transport ontwaterd slib	ton	18.600	19.600	17.100
Inkoop energie				
<i>Inkoop energie</i>				
Inkoop elektriciteit	kWh	3.700.000	3.700.000	2.686.500
Inkoop aardgas	Nm3	11.500	11.500	11.500
Inkoop warmte	GJ			
<i>Inkoop brandstoffen</i>				
Diesel	kg	50.000	50.000	50.000
Opwekking energie				
<i>Biogas</i>				
Hoeveelheid geproduceerd biogas	Nm3	2.270.000	2.270.000	2.383.500
Afgefactelde hoeveelheid biogas	Nm3	92.000	92.000	96.600
Nuttig ingezette hoeveelheid biogas	Nm3	2.178.000	2.178.000	2.286.900
- voor directe aandrijving	Nm3			
- voor WKK/gasmotor	Nm3	2.178.000	2.178.000	2.286.900
- voor CV-ketel	Nm3			
Elektriciteit opgewekt uit biogas	kWh	4.330.000	4.330.000	4.546.500
<i>Overig hernieuwbaar opgewekte energie</i>				
Elektriciteit				
Wind	kWh			
Water	kWh			
Warmte				
Warmtepomp	GJ			

Onderwerp	Eenheid	Parameter per jaar	Parameter per jaar	Parameter per jaar
<i>Aardgas</i>				
Elektriciteit opgewekt uit aardgas	kWh	0	0	0
Levering van energie aan derden				
Levering van warmte aan derden	GJ			
Levering van elektriciteit aan derden	kWh			
Levering van groen gas aan derden				
Methaanpercentage	%	90	90	90
Hoeveelheid geleverd groen gas	Nm3			
Inkoop hulpstoffen		Oplossing		
Aluminiumchloride, hydraatvorm	kg	100%		
Aluminiumsulfaat, poedervorm	kg	100%		
Antiscalants (polycarboxylaten)	kg	100%		
Azijnzuur	kg	98%		
Bio-ethanol	kg	100%		
Calciumoxide (ongebliste kalk; poeder)	kg	100%		
Glycerine uit epichloorhydrine	kg	100%		
Glycerine uit koolzaadolie	kg	100%		
IJzer(III)chloride	kg	40%	800.000	1.520.000
IJzerchloridesulfaat	kg	100%		952.000
IJzersulfaat	kg	100%		
Kalkhydraat	kg	100%		
Kalkmelk op basis van gebluste kalk	kg	100%		
Koolstofdioxide, vloeibaar	kg	100%		
Magnesiumchloride	kg	54%		
Magnesiumchloride, anhydride	kg	100%		
Magnesiumchloride, hydraat, vaste vorm	kg	100%		
Magnesiumoxide	kg	100%		
Melasse uit suikerbieten	kg	100%		
Methanol	kg	100%		
Natriumaluminaat oplossing	kg	38%		
Natriumchloride (zout), poedervorm	kg	100%		
Natriumhypochloriet	kg	15%		
Natronloog kwikcelproces	kg	50%		
Natronloog, membraanproces	kg	50%		
Natronloog, productiemix	kg	50%		
Polymeer, anionisch, poeder 99% zuiver	kg	100%		
Polymeer, anionisch, vloeibaar, emulsie 50%	kg	100%		7.665
Polymeer, kationisch, poeder 99% zuiver	kg	100%		
Polymeer, kationisch, vloeibaar, emulsie 50%	kg	100%	175.000	194.250
Polyaluminiumchloride	kg	100%	10.000	10.000
Polyaluminiumsulfaat, poeder	kg	100%		
Zoutzuur, reactie propyleen en chloor	kg	36%		
Zoutzuur uit de reactie van waterstof en chloor	kg	100%		
Zoutzuur uit het Mannheim proces	kg	100%		
Zuurstof (vloeibaar)	kg	100%		
Zwavelzuur, vloeibaar	kg	100%		
Materialen				
Gewapend beton	m3	11.440	12.275	7.470
Levensduur gewapend beton	jaar	30	30	30

VARIANTEN THERMISCHE DRUK HYDROLYSE (TDH)

Onderwerp	Eenheid	Parameter per jaar	Parameter per jaar	Parameter per jaar
		Variant 1	Variant 2	Variant 3
Naam		Bio-P	TDH	TDH + WKK
Hoeveelheden				
Behandelde hoeveelheid afvalwater	m3	16.142.000	16.142.000	16.142.000
Influent CZV	kg	11.862.500	11.862.500	11.862.500
Influent Nkj	kg	1.113.250	1.113.250	1.113.250
Effluent Ntot	kg	161.420	161.420	161.420
Verwijderde i.e. 150 g TZV	i.e.150 g TZV	301.000	301.000	301.000
Behandelde i.e. in influent 150 g TZV	i.e.150 g TZV	309.590	309.590	309.590
Geproduceerd slib	ton ontwaterd slib	18.600	13.350	13.350
Drogestofgehalte slib	%	21,10%	27,43%	27,43%
Geproduceerd slib	ton ds	3.925	3.662	3.662
Transport vloeibaar slib	km	50	50	50
Transport vloeibaar slib	ton	10.000	10.000	10.000
Transport ontwaterd slib	km	100	100	100
Transport ontwaterd slib	ton	18.600	13.350	13.350
Inkoop energie				
Inkoop energie				
Inkoop elektriciteit grijs/groen	kWh	3.700.000	2.834.000	1.614.000
Inkoop aardgas	Nm3	11.500	11.500	11.500
Inkoop warmte	GJ			
<i>Inkoop brandstoffen</i>				
Huisbrandolie/stookolie	kg			
Diesel	kg	50.000	50.000	50.000
Opwekking energie				
<i>Biogas</i>				
Hoeveelheid geproduceerd biogas	Nm3	2.270.000	2.724.000	2.724.000
Afgefactelde hoeveelheid biogas	Nm3	92.000	92.000	92.000
Nuttig ingezette hoeveelheid biogas	Nm3	2.178.000	2.632.000	2.632.000
- voor directe aandrijving	Nm3			
- voor WKK/gasmotor	Nm3	2.178.000	2.632.000	2.632.000
- voor CV-ketel	Nm3			
Elektriciteit opgewekt uit biogas	kWh	4.330.000	5.196.000	6.416.000
<i>Overig hernieuwbaar opgewekte energie</i>				
Elektriciteit				
Wind	kWh			
Water	kWh			
Warmte				
Warmtepomp	GJ			

Onderwerp	Eenheid	Parameter per jaar	Parameter per jaar	Parameter per jaar
<i>Aardgas</i>				
Elektriciteit opgewekt uit aardgas	kWh	0	0	0
Levering van energie vanuit rwzi aan derden				
Levering van warmte aan derden	GJ			
Levering van elektriciteit aan derden	kWh			
Levering van groen gas aan derden				
Methaanpercentage	%	90	90	90
Hoeveelheid geleverd groen gas	Nm ³			
Inkoop chemicaliën		Oplossing		
Aluminiumchloride, hydraatvorm	kg	100%		
Aluminiumsulfaat, poedervorm	kg	100%		
Antiscalants (polycarboxylaten)	kg	100%		
Azijnzuur	kg	98%		
Bio-ethanol	kg	100%		
Calciumoxide (ongebuste kalk; poeder)	kg	100%		
Glycerine uit epichloorhydrine	kg	100%		
Glycerine uit koolzaadolie	kg	100%		
IJzer(III)chloride	kg	40%	800.000	800.000
IJzerchloridesulfaat	kg	100%		
IJzersulfaat	kg	100%		
Kalkhydraat	kg	100%		
Kalkmelk op basis van gebuste kalk	kg	100%		
Koolstofdioxide, vloeibaar	kg	100%		
Magnesiumchloride	kg	54%		
Magnesiumchloride, anhydride	kg	100%		
Magnesiumchloride, hydraat, vaste vorm	kg	100%		
Magnesiumoxide	kg	100%		
Melasse uit suikerbieten	kg	100%		
Methanol	kg	100%		
Natriumaluminaat oplossing	kg	38%		
Natriumchloride (zout), poedervorm	kg	100%		
Natriumhypochloriet	kg	15%		
Natronloog kwikcelproces	kg	50%		
Natronloog, membraanproces	kg	50%		
Natronloog, productiemix	kg	50%		
Polymeer, anionisch, poeder 99% zuiver	kg	100%		
Polymeer, anionisch, vloeibaar, emulsie 50%	kg	100%		
Polymeer, kationisch, poeder 99% zuiver	kg	100%		
Polymeer, kationisch, vloeibaar, emulsie 50%	kg	100%	175.000	138.165
Polyaluminiumchloride	kg	100%	10.000	10.000
Polyaluminiumsulfaat, poeder	kg	100%		
Zoutzuur, reactie propyleen en chloor	kg	36%		
Zoutzuur uit de reactie van waterstof en chloor	kg	100%		
Zoutzuur uit het Mannheim proces	kg	100%		

Onderwerp	Eenheid	Parameter per jaar	Parameter per jaar	Parameter per jaar
Zuurstof (vloeibaar)	kg	100%		
Zwavelzuur, vloeibaar	kg	100%		
Materialen				
Gewapend beton	m3	11.440	10.740	10.740
Levensduur gewapen beton	jaar	30	30	30