

1996-15_zuiveren-stedelijk-afvalwater

stowa

**Het zuiveren van stedelijk afvalwater
in het licht van duurzame
milieuhygiënische ontwikkeling**

96-15

Het zuiveren van stedelijk afvalwater in het licht van duurzame milieuhygiënische ontwikkeling



INHOUDSOPGAVE

	blz
TEN GELEIDE	iii
SAMENVATTING	iv
1 INLEIDING	1
1.1 Duurzame zuivering	1
1.2 Levenscyclusanalyse	2
1.3 Doelstelling	3
1.4 DTO-Water	3
1.5 Leeswijzer	5
2 UITGANGSPUNTEN VOOR HET OPSTELLEN VAN DE BASISSCENARIO'S	6
2.1 Het afvalwater	6
2.1.1 Hoeveelheden	6
2.1.2 Samenstelling	6
2.2 De basisscenario's	7
2.3 Effluenteisen en verwijderingspercentages	8
3 PROCESBESCHRIJVING VAN DE BASIS-SCENARIO'S	9
3.1 Procesbeschrijving	9
3.1.1 Scenario 1	9
3.1.2 Scenario 2	12
3.1.3 Scenario 3	13
3.1.4 Scenario 4	14
3.2 Dimensionering	15
4 VERBRUIK VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIEDRAGERS, EMISSIES EN PRODUKTIE VAN AFVALSTOFFEN	18
4.1 Materialenverbruik	18
4.2 Verbruik aan hulpstoffen en energiedragers	18
4.3 Emissies	20
4.3.1 Emissies naar de lucht	20
4.3.2 Emissies naar het water	21
4.4 Afvalstoffen	22
5 BEOORDELING VAN DE MILIEU-EFFECTEN MET DE LCA-METHODE	24
5.1 Inleiding	24
5.2 Doelbepaling	24
5.3 Inventarisatie	26
5.3.1 Materiaalaspecten	26
5.3.2 Influent- en effluentconcentraties	27
5.3.3 Directe milieu-ingrepen	27
5.3.4 Milieu-ingrepen buiten de RWZI	27
5.3.5 Uitwerking van de inventarisatie	28
5.4 Classificatie	28
5.5 Normering	30

6	RESULTATEN	32
6.1	Classificatie	32
6.2	Normering	32
6.3	Beoordeling milieu-effecten	33
6.3.1	Lozing van CZV	34
6.3.2	Vermesting	34
6.3.3	Aquatische ecotoxiciteit	35
6.3.4	Gewone finale afvalstoffen	36
6.3.5	Radioactief finaal afval	37
6.3.6	Broeikaseffect	38
6.3.7	Humane toxiciteit	38
6.3.8	Verzuring	39
6.3.9	Uitputting van fossiele brandstoffen	39
6.3.10	Uitputting van minerale grondstoffen	39
6.3.11	Aantasting van de ozonlaag	39
6.3.12	Chemicaliënverbruik	40
6.4	Gevoeligheidsanalyse voor de aquatische ecotoxiciteit	40
7	DISCUSSIE	42
7.1	LCA-methodiek	42
7.2	Nulscenario	43
7.3	Beoordeling van de duurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater bij een vergaande nutriëntenverwijdering	43
7.3.1	CZV-lozing	44
7.3.2	Vermesting	44
7.3.3	Gewone finale afvalstoffen	45
7.3.4	Aquatische ecotoxiciteit	45
7.3.5	Energieverbruik	46
7.3.6	Gebruik van bouwmaterialen en chemicaliën	46
7.4	Vergelijking met DTO-studie	46
7.5	Toetsing aan de gestelde algemene uitgangspunten	47
7.6	Verbeteranalyse	48
8	CONCLUSIES	49
9	AANBEVELINGEN	51
10	LITERATUUR	52
	BIJLAGEN	
1	Dimensionering van de zuiveringsvarianten volgens scenario 1 tot en met 4	53
2	Berekening van het energieverbruik en grondstoffenverbruik	55
3	Materialenverbruik	57
4	Emissies naar lucht en water	61
5	Jaarlijkse hoeveelheid van gestort, verbrand of hergebruikt materiaal	63
6	Overzicht van de bijdrage van de afzonderlijke systeemonderdelen aan de genormeerde score van elk scenario	67
7	Overzicht van de bijdrage van de afzonderlijke milieu-ingrepen aan de genormeerde score van elk scenario	72

Ten geleide

Zuivering van stedelijk afvalwater heeft tot doel aan de gestelde eisen voor lozing op het oppervlaktewater te voldoen, waardoor de kwaliteit van het oppervlaktewater wordt verbeterd. Door verdergaande eisen, niet alleen aan de lozing op het oppervlaktewater, maar ook aan andere aspecten, zoals slibafvoer en gebruik van energie en hulpstoffen, moet bij het zoeken naar de verwerking van afvalstromen meer dan voorheen gezocht worden naar duurzame milieuhygiënische oplossingen.

Het zoeken naar minimalisering en/of preventie van emissies naar de verschillende milieucompartimenten, van energie en grondstoffenverbruik en van produktie van nieuwe afvalstoffen moet leiden tot zuiveringsprocessen, die minder milieubelasting moeten geven.

In de thans voorliggende studie is het begrip duurzaamheid met betrekking tot het zuiveren van stedelijk afvalwater beoordeeld met de methodiek van de levenscyclusanalyse, die de gehele levenscyclus van een produkt of proces beschouwt. Milieu-ingrepen binnen de levenscyclusanalyse van een rwzi worden daarmee gekwantificeerd en gerelateerd aan binnen de LCA vastgestelde milieu-effecten van het zuiveringsproces beoordeeld in vergelijking met de totale jaarlijkse milieubelasting in Nederland.

De werkzaamheden werden door het bestuur van de STOWA opgedragen aan HASKONING Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau te Nijmegen (projectteam bestaande uit ir. W. van Starkenburg en ir. P.J. Roeleveld). Het bureau HASKONING werkte in dit project samen met de vakgroep Milieutechnologie van de Landbouwuniversiteit Wageningen (prof.dr.ir. W.H. Rulkens en dr.ir. A. Klapwijk) en het instituut TNO-IMET te Apeldoorn (ir. P.G. Eggels en ing. W.G.J.M. van Tongeren).

Het project werd namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit ir. H. van der Honing (voorzitter), mw.dr. M.M.A. Ferdinandy, ir. A.E. van Giffen, ir. P. de Jong, ir. P.C. Stamperius en ir. T.W.M. Wouda.

Utrecht, april 1996

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn vander Kruijff

SAMENVATTING

Doelstelling van de huidige rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's) is het afvalwater zodanig te zuiveren dat het voldoet aan de eisen voor lozing op het oppervlaktewater. In voorliggend rapport wordt getoetst in welke mate deze doelstelling past in het streven naar een duurzame milieuhygiënische ontwikkeling die moet leiden tot een meer duurzame samenleving.

In deze studie is getracht het begrip duurzaamheid met betrekking tot het zuiveren van stedelijk afvalwater te beoordelen met de methodiek van de levenscyclusanalyse (LCA). Het centrale idee van de LCA is dat de milieu-ingrepen in de gehele levenscyclus van een produkt of een proces in beschouwing worden genomen. De milieu-ingrepen binnen de levenscyclus van een RWZI worden gekwantificeerd en omgerekend naar binnen de LCA vastgestelde milieu-effecten. De milieu-effecten ontstaan door onder andere: inzet van fossiele brandstoffen voor elektriciteitsopwekking, verbruik van grondstoffen voor produktie van materialen en chemicaliën en de emissies van verontreinigingen naar lucht en water.

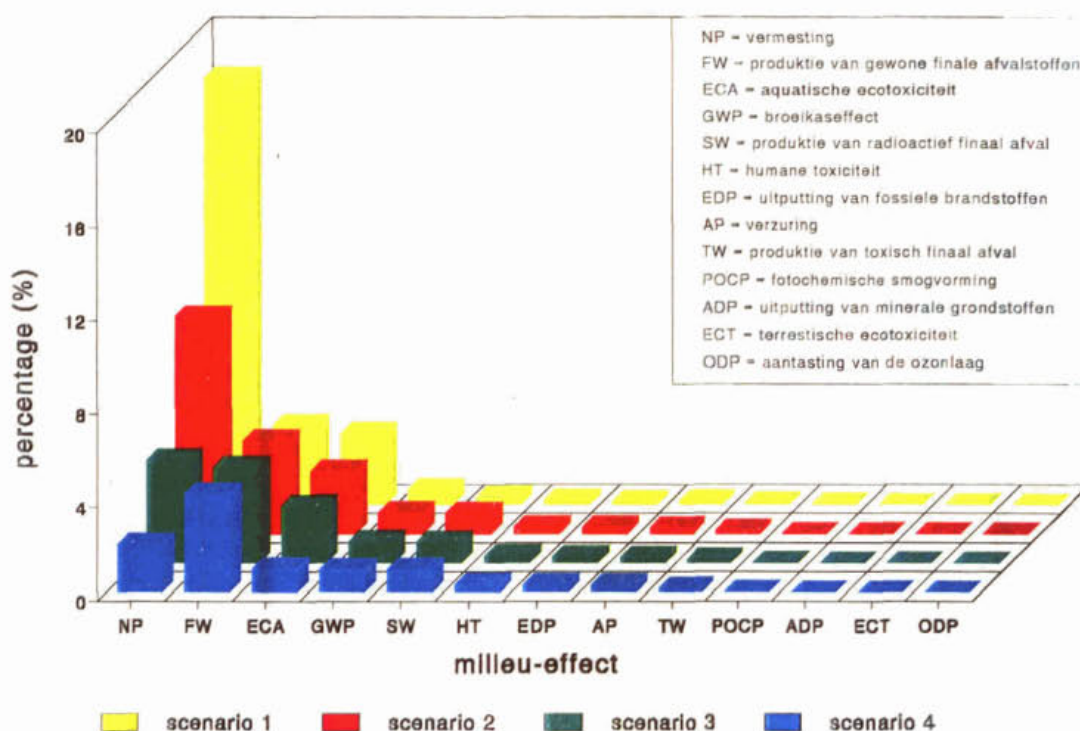
Om het zuiveren van stedelijk afvalwater te kunnen beoordelen op het aspect duurzaamheid zijn voor de LCA-studie scenario's gedefinieerd voor het zuiveringsproces, waarbij is uitgegaan van een RWZI met een capaciteit van 100.000 i.e. De vier scenario's onderscheiden zich in effluentkwaliteit op basis van CZV, BZV, N, P en microverontreinigingen. Daarnaast is een nulscenario meegenomen waarin het afvalwater ongezuiverd op het oppervlaktewater wordt geloosd. Onderstaande tabel geeft weer welke processen zijn opgenomen in de verschillende scenario's.

	verwijdering van organische stof	nitrificatie	denitrificatie	fosfaat-verwijdering	effluent-polijsing
Scenario 1	ja	gedeeltelijk	nee	nee	nee
Scenario 2	ja	ja	ja	nee	nee
Scenario 3	ja	ja	ja	ja	nee
Scenario 4	ja	ja	ja	ja	ja

Met behulp van de LCA-methodiek zijn diverse milieu-effecten geclassificeerd. Er is berekend hoe groot de bijdrage is van het totale Nederlandse zuiveringsproces, volgens de verschillende scenario's, in vergelijking tot de totale jaarlijkse milieubelasting in Nederland. In de figuur op de volgende pagina is dit voor de verschillende scenario's geïllustreerd (exclusief de lozing van CZV naar het oppervlaktewater). De resultaten van de studie geven aan bij welke aspecten van het zuiveringsproces sprake is van onduurzaamheid. Bij deze afweging is de totale jaarlijkse belasting van elk milieu-effect in Nederland als zijnde even belangrijk beoordeeld.

Als wordt uitgegaan van een vergaande verwijdering van stikstof en fosfaat (scenario 3) zal een situatie zijn bereikt waarbij de totale bijdrage door het zuiveren van stedelijk afvalwater aan de onduurzaamheid in Nederland gering is in vergelijking met de bijdragen van onder andere industrie, verkeer en landbouw. De relatief grootste bijdrage wordt dan nog geleverd aan de milieu-effecten vermesing, produktie van gewone finale afvalstoffen en aquatische ecotoxiciteit.

**Procentuele bijdrage van de verschillende scenario's aan de
totale Nederlandse belasting voor de diverse milieu-effecten**



Voor de Nederlandse situatie wordt de vermesting landelijk grotendeels bepaald door andere bronnen dan de RWZI. Bij vergaande fosfaat- en stikstofverwijdering levert de RWZI een aanzienlijk kleinere bijdrage dan de landbouw en de industrie.

De bijdrage van de RWZI aan de aquatische ecotoxiciteit wordt voornamelijk bepaald door de lozing van de zware metalen kwik en cadmium op het oppervlaktewater. Van de organische microverontreinigingen leveren alleen de organofosforverbindingen een significante bijdrage. De bijdrage van de lozing van organische micro-verontreinigingen op het Nederlands totaal is overigens < 1%. De onduurzaamheid hiervan wordt met name bepaald door het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw.

De produktie van gewone finale afvalstoffen van het zuiveringsproces wordt voor 90% veroorzaakt door de produktie van zuiveringsslib. De milieu-effecten die ontstaan door het storten of verbranden van finale afvalstoffen zijn in de huidige LCA-methodiek vooralsnog niet goed beschreven, vandaar dat finale afvalstoffen als separate post is opgenomen.

Een verhoudingsgewijs kleinere bijdrage van de RWZI aan de onduurzaamheid wordt veroorzaakt door het energieverbruik. Minder dan 1% van het totale energieverbruik in Nederland wordt verbruikt bij het zuiveren van stedelijk afvalwater. De bijdragen aan milieu-effecten als broeikaseffect en uitputting van fossiele brandstoffen zijn daardoor gering. De bouw en afbraak van een RWZI hebben een relatief marginale invloed op de onduurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater. Hetzelfde geldt voor het gebruik van chemicaliën.

Bevordering van de duurzaamheid bij het zuiveren van stedelijk afvalwater dient als resultaat van voorliggend onderzoek te bestaan uit de minimalisering van de produktie van zuiveringsslib en de minimalisering van emissies naar oppervlaktewater. Omdat de RWZI's bij elkaar slechts een klein deel van het Nederlands energieverbruik voor rekening nemen heeft de minimalisering van de energiebehoefte in het kader van een duurzame milieu-hygiënische ontwikkeling in vergelijking hiermee een lagere prioriteit. De inzet van diverse materialen voor het bouwen van een RWZI en het gebruik van chemicaliën hebben relatief nauwelijks enige invloed op de onduurzaamheid.

De standaard LCA-methodiek is voor het toetsen van de duurzaamheid van de behandeling van stedelijk afvalwater niet zonder meer geschikt. Een aantal belangrijke effecten die samenhangen met lozing van CZV en met de produktie van finale afvalstoffen is in de LCA-methode niet meegenomen. In deze studie is dit probleem ondervangen door de emissie van CZV en de produktie van finale afvalstoffen separaat mee te nemen in de beoordelingslijst. Bovendien is het indirecte effect van lozing van CZV en van vaste stoffen op respectievelijk CO₂-emissie en vorming van baggerslib berekend. Met aanpassingen op dit gebied, wat betreft beoordelingsaspecten, zal de LCA een meer geschikte methode zijn voor het toetsen van de duurzaamheid.

Belangrijk voor een juiste interpretatie van de resultaten uit de LCA is een goede normering waarbij de bijdrage van het bestudeerde object aan de totale onduurzaamheid wordt vergeleken met de totale Nederlandse belasting.

Functies van oppervlaktewater en onduurzaamheidsfactoren zijn van gebied tot gebied verschillend. Dit kan voor bepaalde gebieden leiden tot een onjuiste interpretatie van de onduurzaamheidsfactoren als vergelijking met het landelijk niveau plaatsvindt. De beoordeling van de duurzaamheid zal dan meer gebiedsgericht moeten worden uitgevoerd.

Voor de bepaling van de duurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater in een breder kader zal tevens een beoordeling moeten plaatsvinden voor inpassing in de infrastructuur, ruimtebeslag, het streven naar maximale betrouwbaarheid en flexibiliteit en voor hinder door stank en geluid. Deze aspecten zijn in deze studie niet aan de orde gekomen.

1 INLEIDING

1.1 Duurzame zuivering

Vrijwel al het stedelijk afvalwater uit gerioleerde gebieden, circa 98 % van de totale in Nederland geproduceerde hoeveelheid afvalwater, wordt momenteel gezuiverd in circa 470 zuiveringsinrichtingen (RWZI's). Doelstelling van de huidige RWZI's is het stedelijk afvalwater zodanig te zuiveren dat het voldoet aan de eisen voor lozing op oppervlaktewater. Van oorsprong richtte deze zuivering zich voornamelijk op de verwijdering van zuurstofbindende stoffen. Tegenwoordig is het beleid naast de verwijdering van zuurstofbindende stoffen tevens gericht op een vergaande nutriëntenverwijdering. In de toekomst zal naar verwachting bovendien aandacht worden besteed aan het terugdringen van de emissie van zware metalen en organische microverontreinigingen naar het water. De zuivering van afvalwater heeft tot een sterke verbetering geleid van de kwaliteit van het oppervlaktewater. Dat het zuiveringsproces gepaard gaat met het vrijkomen van slib als afvalstof, emissies van CO_2 , N_2O en CH_4 , met geurhinder en met het verbruik van energie en niet hernieuwbare grondstoffen, is daarbij in eerste instantie niet als een milieuprobleem ervaren. De afgelopen vijftien jaar is men zich echter gaan realiseren dat bij zuivering van stedelijk afvalwater een deel van het milieuprobleem verschuift naar andere milieucompartmenten. Bovendien betekent de voortdurende aanscherping van de milieu-eisen een verhoging van het energieverbruik en een toename in het chemicaliënverbruik.

De vraag kan worden gesteld of de huidige ontwikkelingen met betrekking tot de rioolwaterzuivering in voldoende mate voldoen aan algemene milieuhygiënische uitgangspunten van duurzaamheid. Het begrip duurzaamheid geeft aan dat zodanig met grondstoffen en productieprocessen moet worden omgegaan dat ook voor de toekomstige generaties voldaan kan worden aan de behoeften van de samenleving. Naast de doelstelling voor het verbeteren van de effluentkwaliteit zal in toenemende mate rekening moeten worden gehouden met aanvullende milieudoelstellingen, die andere milieucompartmenten betreffen. Veel meer dan voorheen zal men bij het zoeken naar oplossingen voor afvalstromen moeten streven naar een duurzame milieuhygiënische ontwikkeling. Daarbij moet niet alleen gekeken worden naar een minimale emissie van verontreinigende stoffen naar de verschillende milieucompartmenten, ook zal aandacht moeten worden besteed aan een minimalisering van het energieverbruik, terugdringen van emissies naar de atmosfeer en een maximale terugwinning van waardevolle componenten voor hergebruik.

De algemene milieu-uitgangspunten in het kader van een duurzame milieuhygiënische ontwikkeling voor het zuiveren van stedelijk afvalwater, zoals ze in deze studie zijn gehanteerd, kunnen als volgt worden samengevat [9]:

- maximale benutting van waardevolle componenten in het afvalwater en slib;
- minimalisering van de energiebehoefte c.q. winning van energie;
- minimalisering van het gebruik van niet hernieuwbare hulpstoffen;
- minimalisering van (directe) luchtmissies bij zuivering en slibverwerking;
- minimalisering van emissies naar oppervlaktewater;
- minimalisering van de hoeveelheid reststof (vaste stoffen).

De duurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater zal op basis van een aangepaste levenscyclusanalyse (LCA) worden beoordeeld. Duurzaamheid is een breed begrip en zal naast bovengenoemde uitgangspunten en de aspecten verwerkt in de LCA-methode tevens worden bepaald door aspecten als maximale betrouwbaarheid en beheersbaarheid, maximale flexibiliteit, inpassing in de infrastructuur, ruimtebeslag, hinder door stank en geluid en maximalisering van het economisch draagvlak. Deze aspecten zijn in de studie niet meegenomen.

1.2 Levenscyclusanalyse

Volgens het Nationaal MilieubeleidsPlan (NMP) is het nationale milieubeleid voor de middellange termijn gericht op het bereiken van een duurzame ontwikkeling. In het NMP zijn hiervoor drie uitgangspunten onderscheiden, te weten: integraal ketenbeheer of het sluiten van stofkringlopen, energie-extensivering en kwaliteitsbevordering. Het nationaal produktbeleid is ook gebaseerd op deze uitgangspunten. Door beïnvloeding van kwaliteit en kwantiteit kan de milieuschade van produkten worden verminderd. Het produktbeleid richt zich daarbij op alle processen in de levenscyclus van produkten, dus van de grondstof tot en met het afdanken waarbij afval wordt geproduceerd.

In het kader van het produktbeleid is de milieugerichte levenscyclusanalyse (LCA) ontwikkeld als methode om de milieu-effecten van materialen, produkten en processen op een kwantitatieve wijze in te schatten [6]. De LCA-methode is in beginsel ontwikkeld voor specifieke produkttoepassingen, zoals voor een produktontwerp of produktvergelijking. In toenemende mate wordt de LCA toegepast voor onderlinge vergelijking van processen en/of procesketens. Het centrale idee van de LCA is dat de gehele levenscyclus van een produkt of een proces in beschouwing wordt genomen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in drie fasen:

- bouwfase (grondstoffen/materialen/energie);
- procesfase (energie/ruimte/emissies);
- afdankfase (afvalstof/hergebruik/verwerking).

In deze studie wordt getracht het begrip duurzaamheid met betrekking tot het zuiveren van stedelijk afvalwater te beoordelen met de LCA-methodiek. De milieu-ingrepen binnen de levenscyclus van een RWZI worden gekwantificeerd en omgerekend naar tien binnen de LCA vastgestelde milieu-effecten. De verschillende milieu-effecten ontstaan door onder andere: inzet van fossiele brandstoffen voor elektriciteitsopwekking, verbruik van grondstoffen voor productie van materialen en de emissies naar lucht en water. De volgende milieu-effecten zijn meegenomen.

- uitputting van minerale grondstoffen;
- uitputting van fossiele energiedragers;
- broeikaseffect;
- aantasting van de ozonlaag;
- humane toxiciteit;
- aquatische ecotoxiciteit;
- terrestrische ecotoxiciteit;
- fotochemische smogvorming;
- vermesting;
- verzuring.

Bij een nadere analyse is duidelijk geworden dat niet alle milieu-effecten van afvalwaterbehandeling in voldoende mate door de standaard LCA-methode worden meegenomen. De effecten van CZV-lozingen worden niet meegenomen. Ook wordt onvoldoende aandacht besteed aan de effecten van verwerking van finale afvalstoffen. In het kader van deze studie is volstaan met het meenemen van de emissie van CZV en de produktie van gewoon finaal afval, toxisch finaal afval en radioactief finaal afval in de LCA-methode.

Om het zuiveren van stedelijk afvalwater te kunnen beoordelen op het aspect duurzaamheid is voor de LCA-studie een aantal scenario's gedefinieerd voor het zuiveren van stedelijk afvalwater waarbij is uitgegaan van een RWZI met een capaciteit van 100.000 i.e. Vier basisscenario's betreffen zuiveringssystemen op basis van gangbare systemen voor het zuiveren van stedelijk afvalwater. De vier scenario's onderscheiden zich in effluentkwaliteit op basis van CZV, BZV, N en P. Daarnaast is een nulscenario meegenomen waarin het afvalwater ongezuiverd wordt geloosd.

1.3 Doelstelling

Doel van de studie is het zuiveren van stedelijk afvalwater via verschillende scenario's te beoordelen op het aspect duurzaamheid. Hierbij is gebruik gemaakt van de LCA-methodiek waarin de diverse milieu-effecten worden geclassificeerd. Voor de verschillende milieu-effecten is beoordeeld hoe groot de bijdrage is van het zuiveringsproces, volgens de verschillende scenario's en omgerekend naar de totale capaciteit van alle RWZI's, in vergelijking tot de jaarlijkse totale milieu-belasting in Nederland. Op basis van de resultaten van de LCA-studie wordt bepaald welke milieu-effecten de eventuele bijdrage aan de onduurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater bepalen.

1.4 DTO-Water

In december 1995 is de verkennende studie DTO-Water gepresenteerd die is uitgevoerd in het kader van het programma Duurzame Technologische Ontwikkeling. Voor deze DTO-studie [3] zijn de onduurzaamheidsfactoren van de waterketen van een stedelijke agglomeratie van 100.000 inwoners in beeld gebracht. Deze factoren hebben betrekking op de drinkwaterbereiding, de drinkwaterdistributie, het watergebruik, de riolering en de zuivering van afvalwater. Bij de uitwerking van de onduurzaamheidsfactoren is er naar gestreefd zoveel mogelijk verschillende onderdelen van de waterketen in de beoordeling te betrekken en de voorkeur te geven aan kwantificeerbare factoren. Voor de onduurzaamheidsfactoren is de volgende ordening aangebracht:

- emissie in water van zuurstofbindende stoffen, vermestende stoffen, zware metalen en organische microverontreinigingen;
- produktie van vast afval, zoals: zuiveringsslib, drinkwaterslib en kolkenslib;
- chemicaliëngebruik bij de afvalwaterbehandeling en drinkwaterbereiding;
- energie benodigd voor het transporteren van de verschillende waterstromen en bij de diverse behandelingsprocessen. In dit kader is mede de emissie uit de waterketen van kooldioxide in beschouwing genomen;
- gebruik van bouwmaterialen voor het tot stand brengen van alle voorzieningen binnen de waterketen;

- ruimte en natuur, waaronder valt het ruimtebeslag dat veroorzaakt wordt door installaties en bassins en de mogelijke (in)directe invloeden op de natuur;
- waterbalans voor het grondwater en oppervlaktewater. Een toekomstig probleem is dat van de verdroging.

Voor de kwantificering van bovengenoemde onduurzaamheidsfactoren is voor een stedelijk gebied van circa 100.000 inwoners de huidige situatie geschetst waarbij is uitgegaan van het jaar 1994. De huidige situatie is aangepast, op basis van lopende ontwikkelingen, voor diverse zaken die op korte termijn (< 5 jaar) gerealiseerd zullen zijn. Hierbij valt te denken aan verbetering van rioolstelsels, sanering van industriële lozingen en realisatie van fosfaat- en stikstofverwijdering op de RWZI's. Voor elk van de onduurzaamheidsfactoren die bij de waterketen een rol spelen, is globaal nagegaan wat het totale niveau is van de bijdragen van andere activiteiten en ketens binnen het stedelijke systeem.

De onduurzaamheid van de huidige situatie is in de DTO-studie getoetst aan een opgestelde gewenste situatie en aan de relatieve bijdrage qua onduurzaamheid van de waterketen ten opzichte van het totale niveau. Bij het opstellen van de gewenste situatie stond centraal het sluiten van kringlopen, het beperken van emissies en afvalstromen en het minimaliseren van het gebruik van hulpstoffen en materialen. Voor bijvoorbeeld de zware metalen is, gezien het gecompliceerde karakter van de dosering van zware metalen in het milieu en het feit dat dit in vele gevallen tot oplading leidt, gesteld dat de emissie aan zware metalen feitelijk nul zou moeten zijn. Hetzelfde is gesteld voor de organische microverontreinigingen, aangezien bij lozing over het algemeen grote negatieve effecten optreden. Voor de produktie van vast afval is gesteld dat zoveel mogelijk moet worden gestreefd naar een zodanige samenstelling van het vast afval dat hergebruik mogelijk is.

Op basis van de uitgevoerde kwantificering zijn de onduurzaamheidsfactoren naar de mate van belangrijkheid gerangschikt waarbij gezien de doelstelling van onderhavige studie de aandacht is gevestigd op aspecten van de afvalwaterbehandeling die naar voren zijn gekomen bij de DTO-studie.

De volgende factoren komen daarbij als zeer belangrijk naar voren:

- lozing in water van zware metalen;
- lozing in water van organische microverontreinigingen;
- produktie van zuiveringsslib.

Als belangrijk worden gekwalificeerd:

- lozing in water van zuurstofbindende stoffen;
- lozing in water van vermestende stoffen;
- elektriciteitsverbruik.

Als betrekkelijk belangrijk worden genoemd:

- het gebruik van chemicaliën;
- het gebruik van bouwmaterialen.

Als minder belangrijk wordt betiteld:

- de CO₂-emissie.

1.5 Leeswijzer

Voor het opstellen van de vier basisscenario's worden in hoofdstuk 2 de uitgangspunten gegeven voor de hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater, de effluenteisen en verwijderingspercentages en voor een globale opzet van de scenario's. In hoofdstuk 3 volgen na een bespreking van de diverse procesonderdelen van de vier basisscenario's de dimensioneringsgrondslagen en dimensionering. Hoofdstuk 4 geeft de kwantificering van verbruikte grondstoffen en energiedragers, de produktie van afvalstoffen en de emissies naar lucht en water van de verschillende scenario's. Hoofdstuk 4 geeft een opsomming van de diverse milieu-ingrepen die worden veroorzaakt door het zuiveren van stedelijk afvalwater. In hoofdstuk 5 wordt een beschrijving van de LCA-methodiek gegeven. Tevens vindt de omrekening plaats naar de bijdrage van het zuiveren van stedelijk afvalwater aan de verschillende milieu-effecten en wordt besproken hoe de normering plaatsvindt naar de totale Nederlandse belasting. In hoofdstuk 6 worden de resultaten besproken die naar voren komen uit de LCA-studie en vervolgens bediscussieerd in hoofdstuk 7. Hoofdstuk 8 geeft de conclusies en in hoofdstuk 9 staan tenslotte de aanbevelingen vermeld.

Een beschouwing van de toekomstige zuivering van stedelijk afvalwater in het licht van de milieuhygiënische uitgangspunten, gericht op duurzame ontwikkeling, kan leiden tot een andere ontwikkelingsrichting van het zuiveringsproces dan de huidige ontwikkeling. Het voorliggende rapport omvat de resultaten van een studie waarin de verschillende aspecten van het zuiveren van stedelijk afvalwater kwantitatief worden onderbouwd.

2 UITGANGSPUNTEN VOOR HET OPSTELLEN VAN DE BASISSCENARIO'S

Voor het vergelijken van de verschillende scenario's bij het zuiveren van stedelijk afvalwater op het aspect duurzaamheid is het van belang dat van dezelfde uitgangspunten wordt uitgegaan. De hoeveelheid afvalwater en de afvalwater-samenstelling dienen bij alle scenario's identiek te zijn. Er is uitgegaan van een zuiveringsinrichting met een capaciteit van 100.000 inwonerequivalenten (i.e.). De uitgangspunten voor de effluentkwaliteit zijn afhankelijk van de keuze of er vergaande N- en/of P-verwijdering wordt toegepast.

2.1 Het afvalwater

2.1.1 Hoeveelheden

De hoeveelheid afvalwater komt overeen met 100.000 i.e. Er is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- hoeveelheid afvalwater van 150 l per i.e. per d;
- debiet van het influent van de scenario's is 1.000 m³/h bij DWA;
- bij DWA is er aanvoer gedurende 15 uur per etmaal;
- bij RWA is het debiet 3.000 m³/h;
- voor de gemiddelde aanvoer per dag, dat wil zeggen de gemiddelde DWA + RWA, is een factor 1,3 x DWA genomen; de gemiddelde aanvoer, ofwel het gemiddelde afvalwaterdebiet, bedraagt dan $1.000 \times 15 \times 1,3 = 19.500 \text{ m}^3/\text{d}$.

2.1.2 Samenstelling

De influentgehalten van het afvalwater zijn voor alle scenario's hetzelfde. Voor de BZV-vracht in het influent is uitgegaan van 54 g BZV/i.e. De overige vrachten aan zuurstofbindende stoffen en nutriënten zijn berekend aan de hand van de gehalte-verhoudingen ten opzichte van het BZV. Deze verhoudingen zijn gebaseerd op de gegevens voor de gehalten aan zuurstofbindende stoffen en nutriënten in het afvalwater zoals vermeld voor 1990 in het CBS-rapport "Waterkwaliteitsbeheer, deel b, zuivering van afvalwater" [1].

De waarden van de zware metalen zijn berekend aan de hand van de verwijderingspercentages voor zware metalen van het CBS-rapport [1] en de effluentgehalten van een interne notitie van het RIZA "Huidige samenstelling effluenten Nederlandse RWZI's, deel a, minimale en maximale waarden tussen 1980 en 1992" [8].

De gehalten van de organische microverontreinigingen zijn ontleend aan de referentiewaarden van het document "Zwarte lijststoffen in communaal afvalwater in Noord-Brabant" [11].

De samenstelling van het afvalwater waar in de studie mee gerekend is, is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Gemiddelde afvalwatersamenstelling

	Gehaltes	Vrachten
Zuurstofbindende stoffen	(mg/l)	(kg/d)
CZV	731	14.250
BZV	277	5.400
N _{Kj}	63	1.236
P _{tot}	10,9	212
Zwevende stof	346	6.738
Anorganische microverontreinigingen	(µg/l)	(kg/d)
Koper	133,3	2,6
Chroom	42,5	0,8
Zink	436,7	8,5
Lood	19,3	0,4
Cadmium	1,25	0,02
Nikkel	15,0	0,3
Kwik	3,33	0,07
Arseen	4,40	0,09
Organische microverontreinigingen	(µg/l)	(g/d)
Chloorhoudende pesticiden	0,15	2,9
PAK	0,75	14,7
PCB	0,046	0,9
Chlooranilines	1,54	30,1
Chloorfenolen	2,74	53,4
4-chloor-3-methylfenol ¹	0,83	16,1
Vluchtige aromaten	24,7	481,2
Organostikstofverbindingen	0,98	19,0
Organofosforverbindingen	0,75	14,7

¹ deze component van de chloorfenolen wordt apart vermeld omdat er hoge gehalten in het influent van RWZI's voorkomen en het zuiveringsrendement van 4-chloor-3-methylfenol veel hoger ligt dan het gemiddelde voor chloorfenolen.

2.2 De basisscenario's

In het volgende wordt aangegeven wat de uitgangspunten zijn voor het nulscenario en de vier opgestelde basisscenario's.

Het nulscenario is het scenario waarbij het afvalwater ongezuiverd op het oppervlaktewater wordt geloosd.

Scenario 1 betreft een zuiveringsinrichting waarin de organische stof wordt geoxideerd tot de lozingseis voor CZV en BZV en waar gedeeltelijke nitrificatie optreedt. In scenario 2 wordt het afvalwater behandeld in een zuiveringsinrichting waarin organische stof wordt geoxydeerd tot de lozingseis voor CZV en BZV, en waarin volledige nitrificatie en denitrificatie tot de lozingseis voor stikstof optreedt. In scenario 3 wordt het afvalwater behandeld in een zuiveringsinrichting waarin organische stof wordt geoxydeerd tot de lozingseis voor CZV en BZV, volledige nitrificatie en denitrificatie tot de lozingseis voor stikstof optreedt en waarin bovendien fosfaat wordt verwijderd tot de lozingseis voor fosfaat.

Scenario 4 is voor de biologische N- en P-verwijdering identiek aan scenario 3. Een effluentpolijstap met vlokfiltratie en een actiefkoolfilter zorgt voor een extra verwijdering van met name zware metalen en organische microverontreinigingen.

Bij de berekening van de zuiveringsinrichtingen is uitgegaan van een ontwerp-temperatuur van 9°C, een gemiddelde temperatuur van 14°C en een maximale temperatuur van 20°C.

2.3 Effluenteisen en verwijderingspercentages

De behandeling van het afvalwater in de verschillende scenario's wordt in belangrijke mate bepaald door de effluenteisen. De effluenteisen zijn bij de verschillende scenario's samengevat in tabel 2. Aan het nulscenario, waarbij geen behandeling van het afvalwater wordt toegepast, zijn vanzelfsprekend geen eisen aan de effluentkwaliteit gesteld.

Tabel 2: Effluenteisen voor de verschillende scenario's

	Effluenteisen in mg/l voor scenario				
	0	1	2	3	4
CZV	–	50	50	50	50
BZV	–	10	10	10	10
zwevende stof	–	10	10	10	10
N _{totaal}	–	–	10	10	10
P _{totaal}	–	–	–	1	1

De verwijderingspercentages voor de zware metalen en organische microverontreinigingen zijn weergegeven in tabel 3 [1].

Tabel 3: Verwijderingspercentages voor zware metalen en organische microverontreinigingen

Zware metalen	Verwijdering (%)	Organische microverontreinigingen	Verwijdering (%)
Koper	70	Chloorhoudende pesticiden	52
Chroom	60	PAK	89
Zink	70	PCB	90
Lood	60	Chlooranalines	80
Cadmium	60	Chloorfenolen 4-chloor-3-methylfenol	50 99
Nikkel	30	Vluchtige aromaten	80
Kwik	70	Organostikstofverbindingen	57
Arseen	50	Organofosforverbindingen	57

3 PROCESBESCHRIJVING VAN DE BASIS-SCENARIO'S

3.1 Procesbeschrijving

De zuiveringssystemen volgens scenario 1 tot en met 4 bestaan uit een aantal procesonderdelen welke in tabel 4 staan vermeld. Bij de slibverwerking wordt uitgegaan van slibverbranding of het storten van slib.

Tabel 4: Procesonderdelen van scenario 1 tot en met 4

Procesonderdelen	Zuiveringssysteem			
	1	2	3	4
roostergoedinstallatie	+	+	+	+
zandvanger	+	+	+	+
voorbezinktank	+	-	-	-
anaërobe ruimte	-	-	+	+
beluchtingstank	+	+	+	+
nabezinktank	+	+	+	+
vlokfiltratie	-	-	-	+
actiefkoolfilter	-	-	-	+
voorindikker	+	+	+	+
slibgisting	+	-	-	-
naindikker	+	-	-	-
centrifuge	-	+	+	+
zeefbandpers	+	-	-	-
slibverwerking	+	+	+	+

+ het proces is een deel van het scenario

- het proces is in het scenario niet opgenomen

In het navolgende worden de scenario's afzonderlijk beschreven. Elementen die gemeenschappelijk zijn voor meerdere scenario's worden alleen bij het eerste scenario vermeld waarbij dat element aan de orde komt.

3.1.1 Scenario 1

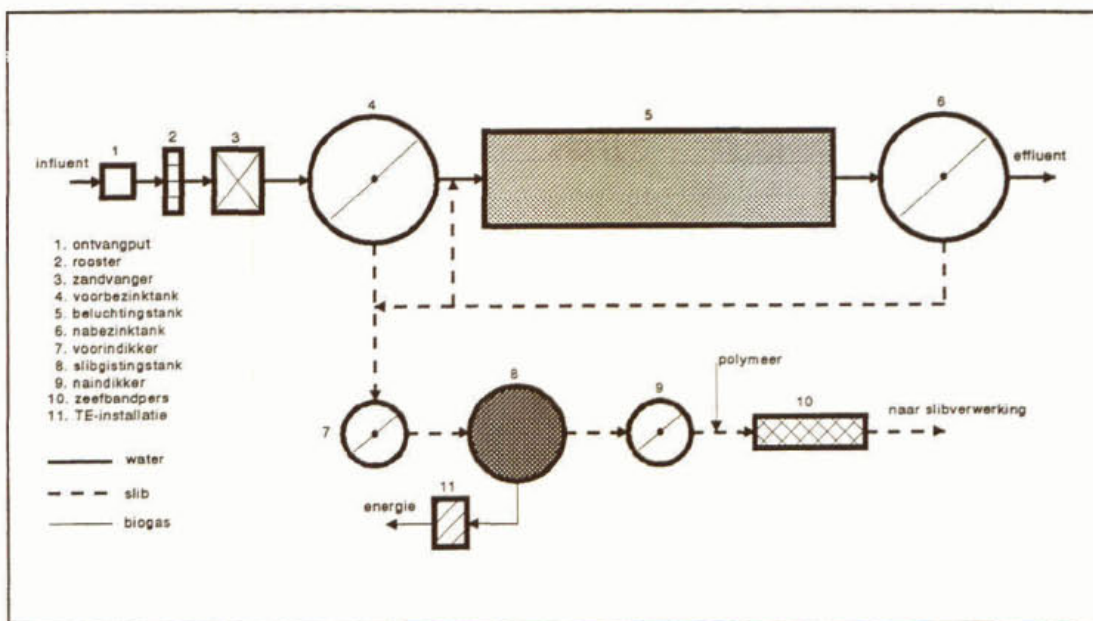
In figuur 1 wordt een processchema van de zuiveringsinrichting volgens scenario 1 gegeven.

Ontvanginrichting en aanvoerpompen

Het afvalwater wordt verzameld in de ontvangput. Met behulp van drie influentpompen, met elk een capaciteit van 1.000 m³/h, wordt het water opgevoerd.

Roostergoedinstallatie

Met behulp van een staafrooster worden kleinere stukken afval, zoals textiel, plastic en dergelijke automatisch verwijderd. Het staafrooster heeft een staaafstand van 25 mm. Het roostergoed wordt samengeperst en via een transporteur in een container gebracht. De inhoud van de container wordt afgevoerd naar een stortplaats of een afvalverbrandingsinstallatie.



Figuur 1. Processchema van scenario 1

Zandvanger

De dimensionering van de zandvanger is gebaseerd op een oppervlaktebelasting van maximaal 30 m/h. Bij een maximale aanvoer van 3.000 m³/h is een oppervlak benodigd van 100 m². Het zand wordt gewassen en afgevoerd naar een stortplaats. Na de zandvanger wordt het afvalwater via een verdeelwerk verdeeld over twee voorbezinktanks.

Voorbezinktanks

De dimensionering van de voorbezinkers is gebaseerd op een oppervlaktebelasting van 2,0 m/h. Het oppervlak van een voorbezinktank is 750 m². Na voorbezinking wordt het slib via een pompput naar de indikker gepompt.

Beluchtingstank

In de beluchtingstank worden organische stoffen door bacteriën omgezet in CO₂, H₂O en slib. Voor deze biologische omzetting is zuurstof nodig. Hierin wordt voorzien door luchtcompressoren die van buiten lucht aanzuigen en in de beluchtingstank blazen. De beluchtingstank is volledig aëroob. Er vindt naast omzetting van afbreekbare organische stoffen ook gedeeltelijke nitrificatie plaats. Er is gekozen voor een propstroomreactor met een lengte-breedte verhouding van 7. De ontwerpslibbelasting bedraagt 0,15 kg BZV/kg d.s.d en er is uitgegaan van een slibgehalte van 4 g/l. De slibproductie bedraagt 0,78 kg d.s./kg BZV_{verw.}.

Nabezinkers

Het slib-watmengsel afkomstig uit het beluchtingssysteem wordt via een verdeelwerk over twee nabezinktanks van gelijke oppervlakte verdeeld. De oppervlaktebelasting is gebaseerd op de STOWA-richtlijn [13]; de kantdiepte bedraagt 1,50 m. Er is uitgegaan van een slibvolume-index (SVI) van 150 ml/g. In de nabezinktanks wordt het gezuiverde water van het actief-slib gescheiden. Het slib wordt met behulp van vizzels naar de beluchtingstank teruggevoerd. Het spuislib heeft een gehalte van 1% en wordt naar de voorindikker gepompt.

Retourslib

Vanuit de nabezinker wordt het slib teruggevoerd naar de beluchtingsruimte. De verhouding retourslib/afvalwater is op 1 gesteld bij maximale aanvoer.

Voorindikker

Het slib naar de voorindikker bestaat uit het primair slib afkomstig van de voorbezinktanks en uit het surplusslib afkomstig van de nabezinktanks. Via twee primair-slibpompen en twee secundair-slibpompen vindt de slibaanvoer zo continu mogelijk plaats om het indikkingsproces optimaal te laten verlopen. De voorindikers zijn ontworpen op een droge-stofbelasting van 30 kg d.s./m².d en hebben een kantdiepte van 3 m. Het overloopwater dat bij de indikking vrijkomt wordt naar het beginpunt van de zuiveringsinstallatie gevoerd. Het slib wordt ingedikt tot een droge-stofgehalte van 3%.

Slibgisting

Vanuit de voorindikker wordt het slib met twee slibpompen naar de slibgistingstank gepompt. Onder anaërobe omstandigheden wordt hier een deel van het slib afgebroken en gestabiliseerd. Organische stof wordt omgezet in methaan, koolstofdioxide en water. Het slib verblijft gedurende 20 dagen in de slibgistingstank. De temperatuur in de tank is 33°C. De gistingstank is geïsoleerd met een dubbelwandige aluminiumlaag waartussen PUR-schuim is gespoten. Door afbraak van organische stof wordt biogas geproduceerd waardoor het slibgehalte daalt van 3 tot 2%.

TE-installatie

Het geproduceerde biogas in de slibgistingstank wordt tijdelijk opgeslagen in een gashouder en vervolgens naar de TE-installatie (Total Energy) geleid. Deze installatie bestaat uit een gasmotor die een generator aandrijft voor de opwekking van elektriciteit. De gebruikte gasmotor heeft een elektrisch rendement van 32%. De energetische waarde van het biogas bedraagt 23,5 MJ/Nm³. Van het opgewekt vermogen wordt 30% gebruikt voor de opwarming van de gistingstank en de rest gaat verloren (uitlaatgassen, straling). Bij de verbranding in de TE-installatie komen CO₂, SO₂ en NO_x vrij. Bovendien wordt ervan uitgegaan dat 2% van het geproduceerde biogas wordt afgefakkeld.

Naindikker

Na de slibgisting gaat het slib naar de naindikker. Het overloopwater uit de naindikker wordt naar het beginpunt van de zuiveringsinstallatie afgevoerd. De naindikker is ontworpen op een droge-stofbelasting van 20 kg d.s./m².d en heeft een kantdiepte van 3 m. Het slib kan, bij een verblijftijd van 3 dagen tot 4% worden ingedikt.

Slibontwatering

Het slib wordt mechanisch ontwaterd met behulp van een zeefbandpers. Voordat het slib de pers in gaat wordt het eerst gemengd met een polymeer (4 kg/ton d.s) waardoor het slib beter uitvlokt. Het water, dat wordt afgescheiden, wordt toegevoegd aan het influent. De slibkoek afkomstig van de zeefbandpers heeft een droge-stofgehalte van 20% en wordt periodiek afgevoerd naar een slibverwerkingsinstallatie voor definitieve verwijdering.

Stankbestrijding

In de water- en de sliblijn zijn de volgende onderdelen afgedekt: roostergoedinstallatie, zandvanger, overstortgoten van de voorbezinktank en de slibindikers. De lucht van de overige afgedekte procesonderdelen wordt afgezogen met behulp van een ventilator van 5000 m³/h. De lucht wordt behandeld in een compostfilter van 50 m³.

3.1.2 Scenario 2

In figuur 2 wordt een processchema van de zuiveringsinrichting volgens scenario 2 gegeven.

Ontvanginrichting en aanvoerpompen, roostergoedinstallatie en zandvanger zijn identiek aan die in scenario 1.

Beluchting

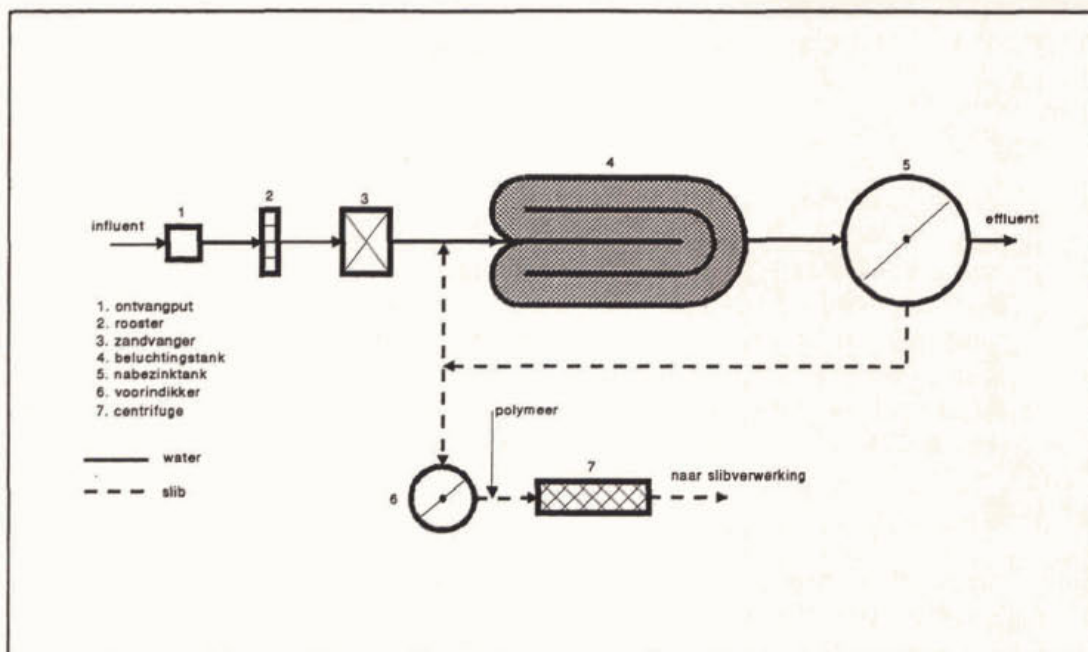
In de beluchtingstank worden organische stoffen door bacteriën omgezet in CO₂, H₂O en slib en wordt NH₄-N omgezet tot NO₃-N. Voor deze omzettingen is zuurstof nodig, waarin wordt voorzien door puntbeluchters. De beluchtingstank is uitgevoerd als een omloopsysteem, waarbij gedeelten van het systeem anoxisch zijn. Hier vindt biologische denitrificatie plaats. Er is uitgegaan van een slibbelasting van 0,06 kg BZV/kg d.s.d en een slibgehalte van 4 g/l. De slibproductie bedraagt 1 kg d.s./kg BZV_{verw.}. Deze waarde is hoger dan de waarde bij scenario 1 doordat geen voorbezinking is opgenomen.

Nabezinking en voorindikking zijn identiek aan scenario 1. *Slibgisting* wordt in scenario 2 niet toegepast, omdat het slib verregaand is geoxideerd.

Slibontwatering

Het slib wordt ontwaterd met behulp van een decanteercentrifuge. Het vrijkomende water wordt teruggevoerd naar het beginpunt van de zuiveringsinstallatie. De slibkoek afkomstig van de centrifuge heeft een drogestofgehalte van 20% en wordt periodiek afgevoerd naar een slibverwerkingsinstallatie voor definitieve verwijdering.

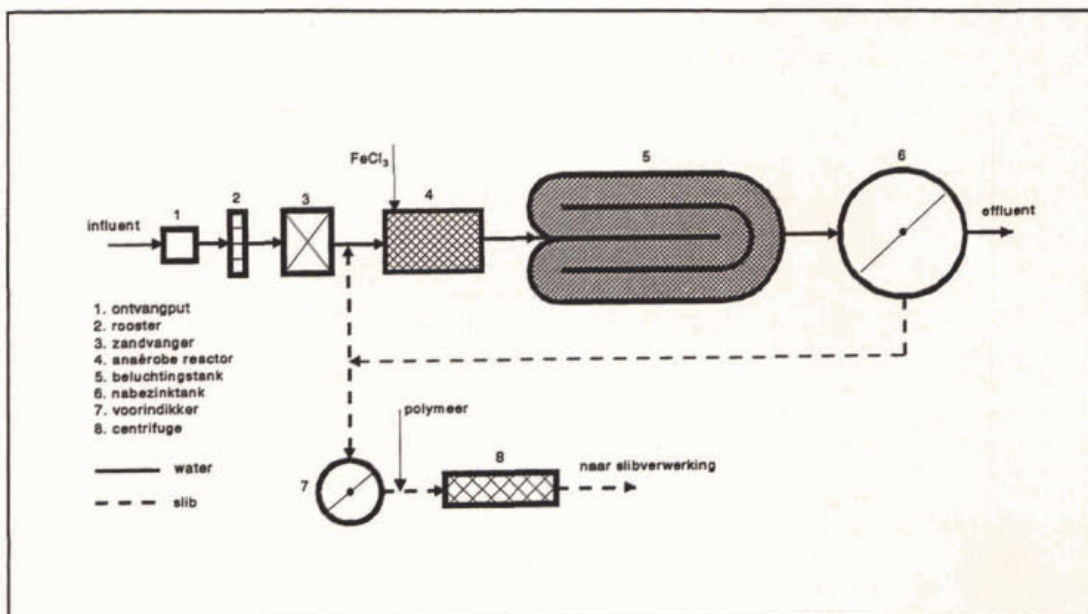
Stankbestrijding is identiek aan die in scenario 1.



Figuur 2. Processchema van scenario 2

3.1.3 Scenario 3

In figuur 3 wordt een processchema van de zuiveringsinrichting volgens scenario 3 gegeven.



Figuur 3. Processchema van scenario 3

Scenario 3 is vrijwel identiek aan scenario 2, zij het dat in scenario 3 biologische fosfaatverwijdering wordt toegepast. Hiertoe zijn twee extra procesonderdelen toegevoegd aan het proces zoals beschreven onder scenario 2.

Anaërobe ruimte

De dimensionering van de anaërobe ruimte is gebaseerd op een contacttijd van 2 uur. Bij een DWA-aanvoer van $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$ en een retourslibdebiet van $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ is de benodigde ruimte 4.000 m^3 .

FeCl_3 -dosering

FeCl_3 wordt in vloeibare vorm (41 %-oplossing) aan het einde van de anaërobe zone toegevoegd. Er wordt uitgegaan van een Me/P-verhouding van 0,25 op basis van het P-gehalte in het influent. Voor de opslag van het FeCl_3 is een tank van glasvezel-versterkt kunststof (GVK) geplaatst. Bij de keuze van de Me/P-verhouding is rekening gehouden met de terugvoer van fosfaat uit de slibindikker en de slibontwatering. De dosering van FeCl_3 in het actief-slibstelsysteem levert een extra slibproductie op van circa 2 x de hoeveelheid Fe.

3.1.4 Scenario 4

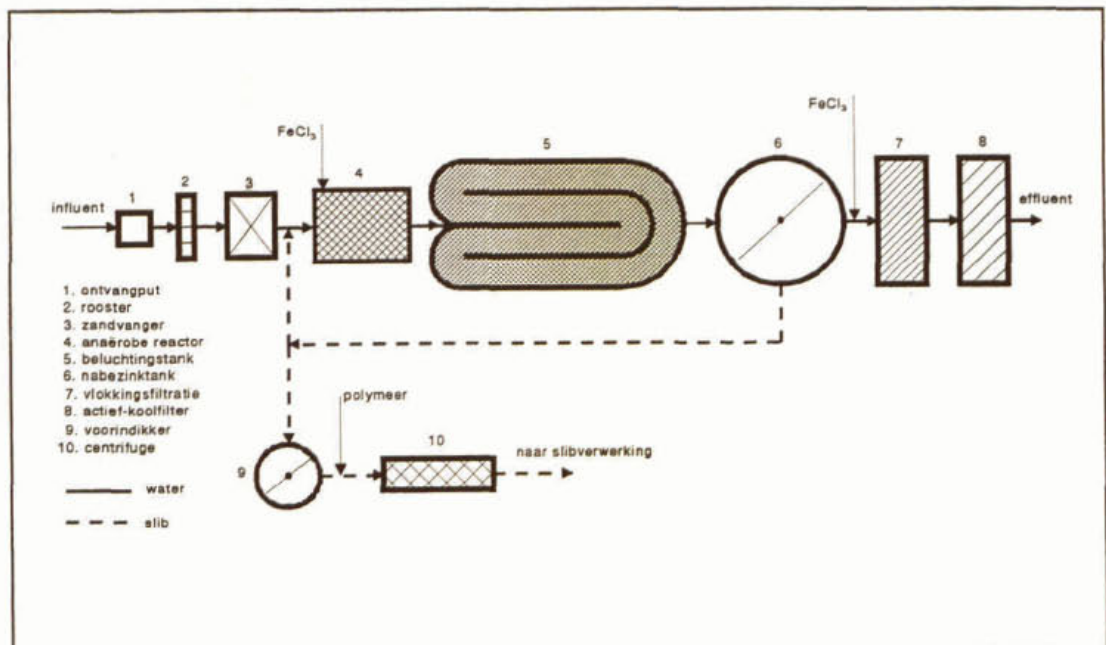
Scenario 4 (figuur 4) is identiek aan scenario 3; voor de effluentpolijsting wordt vlokingsfiltratie en een actiefkoolfilter toegepast.

Vlokkingsfiltratie

Het zandfilter wordt gedimensioneerd op een oppervlaktebelasting van maximaal $15 \text{ m}/\text{h}$; er wordt uitgegaan van een opvoerhoogte van 3 m. Voor vlokkings-filtratie wordt voor het zandfilter een hoeveelheid FeCl_3 gedoseerd van $510 \text{ kg}/\text{d}$.

Actiefkoolfilter

Het actiefkoolfilter wordt gedimensioneerd op een oppervlaktebelasting van $10 \text{ m}/\text{h}$; er wordt uitgegaan van een bedhoogte van 3 m. Bij actiefkoolfiltratie vindt geen filtratie plaats maar worden de te verwijderen stoffen geadsorbeerd aan het actief kool, waardoor deze componenten uit het water worden verwijderd.



Figuur 4. Processchema van scenario 4

3.2 Dimensionering

De dimensioneringsgrondslagen van de verschillende scenario's zijn samengevat in tabel 5 en de dimensionering in tabel 6. De volledige dimensionering is gedetailleerd weergegeven in bijlage 1.

Tabel 5: Belangrijkste dimensioneringsgrondslagen voor de scenario's 1 t/m 4.

Procesonderdeel	Scenario				Eenheid
	1	2	3	4	
Zandvanger - oppervlaktebelasting	30	30	30	30	m/h
Voorbezinker - oppervlaktebelasting	2				m/h
- kantdiepte	2				m
- BZV-verwijdering	31,5				%
- CZV-verwijdering	31,5				%
- N _{KJ} -verwijdering	5				%
- TS-verwijdering	65				%
- droge-stofgehalte	10				g/l
Anaërobe ruimte - contacttijd			2	2	h
- FeCl ₃ -dosering (Fe/P)			0,25	0,25	-
Beluchtingsruimte - slibbelasting	0,15	0,06	0,06	0,06	kg BZV/kg d.s.d
- slibgehalte	4	4	4	4	g/l
- anoxische ruimte	0	25	25	25	%
- aërobe ruimte	100	75	75	75	%
- slibproductie	0,78	1	1	1	kg d.s./kg BZV _{verw.}
- specifieke endogene ademhaling	0,12	0,08	0,08	0,08	kg O ₂ /kg d.s.d
Nabezinktank - oppervlaktebelasting	0,8	0,72	0,72	0,72	m/h
- slibvolume-index	150	150	150	150	ml/g
- droge-stofgehalte	10	10	10	10	g/l
Vloekfiltratie - maximale belasting				15	m/h
Actiefkoolfilter - maximale belasting				10	m/h
Voorindikker - droge-stofbelasting	30	30	30	30	kg d.s./m ² .h
- droge-stofgehalte	3	3	3	3	%
Slibgistingstank - verblijftijd	20				dagen
- temperatuur	33				°C
- organische-stofreductie	50				%
Na-indikker - droge-stofbelasting	20				kg d.s./m ² .h
- droge-stofgehalte	4				%
Slibontwatering - aantal werkdagen	5	5	5	5	d
- draaiuren per dag	8	8	8	8	h
- polymeedosering	4	4	4	4	kg/ton d.s.
- droge-stofgehalte	20	20	20	20	%

Tabel 6: Dimensionering van de procesonderdelen van systeem 1 t/m 4

Procesonderdeel	Scenario				Eenheid
	1	2	3	4	
Zandvanger					
- aantal	1	1	1	1	-
- oppervlakte	100	100	100	100	m ²
- diameter	11,3	11,3	11,3	11,3	m
Voorbezinker					
- aantal	2				-
- oppervlakte	750				m ²
- diameter	31				m
- slibproductie	4.380				kg/d
Anaërobe ruimte					
- aantal			2	2	-
- volume			2.000	2.000	m ³ /stuk
- diepte			4	4	m
- FeCl ₃ -dosering			640	640	kg/d
Beluchtingsruimte					
- aantal	1	2	2	2	-
- totaal volume	6.165	11.073	11.073	11.073	m ³ /stuk
- anoxisch volume	0	2.768	2.768	2.768	m ³
- aëroob volume	6.165	8.305	8.305	8.305	m ³
- diepte	4	4	4	4	m
Nabezinktank					
- aantal	2	4	4	4	-
- oppervlakte	1.875	1.039	1.039	1.039	m ² /stuk
- diameter	48,9	36,4	36,4	36,4	m
- slibproductie	2.733	5.205	5.378	5.387	kg/d
Vloekfiltratie					
- filteroppervlak				300	m ²
- bedhoogte				3	m
- slibproductie				312	kg/d
Actiefkoolfilter					
- totaal filteroppervlak				450	m ²
- bedhoogte				3	m
Voorindikker					
- oppervlakte	237	174	180	180	m ²
- diameter	17,4	14,9	15,1	15,1	m
- kantdiepte	3	3	3	3	m
- slibproductie	7.113	5.205	5.387	5.699	kg/d
- slibvolume	237	174	180	190	m ³ /d
- organisch-stofgehalte	68	68	66	66	%
Slibgistingstank					
- volume	4740				m ³
- diameter	18				m
- hoogte	18				m
- slibproductie	4.658				kg/d
- organisch-stofgehalte	51,6				%
Na-indikker					
- oppervlakte	234				m ²
- diameter	17,3				m
- kantdiepte	3				m
- slibvolume	116				m ³ /d
Slibontwatering					
- capaciteit	20,3	30,4	31,4	33,1	m ³ /h

Het zuurstofverbruik in de verschillende systemen loopt uiteen. Het zuurstofverbruik wordt berekend als gegeven in tabel 7. Een gedetailleerde berekening van het zuurstofverbruik in de verschillende scenario's is gegeven in bijlage 2.

Tabel 7: Berekening van het zuurstofverbruik en zuurstoftoevoerend vermogen

Zuurstofverbruik	Berekening	Dimensie
BZV-afbraak (O_S)	$(BZV\text{-}vracht_{inf} \times (1-\eta_{VBT}) - BZV\text{-}vracht_{eff}) \times 0,5$	kg O_2 /d
Nitrificatie (O_N)	$(N_{Kj}\text{-}vracht_{inf} \times (1-\eta_{VBT}) - N_{slib} - N\text{-}vracht_{eff}^1) \times 4,57$	kg O_2 /d
	$N_{slib} = 0,057 \times (BZV\text{-}vracht_{inf} \times (1-\eta_{VBT}) - BZV\text{-}vracht_{eff})$	kg N/d
Denitrificatie (O_D)	$(N_{Kj}\text{-}vracht_{inf} \times (1-\eta_{VBT}) - N_{slib} - N\text{-}vracht_{eff}) \times 2,86$	kg O_2 /d
Endogeen verbruik (O_E)	Volume x slibgehalte x b^2	kg O_2 /d
Totaal O_2 -verbruik (O_T)	$O_S + O_N - O_D + O_E$	kg O_2 /d

¹ indien uitsluitend nitrificatie optreedt

² b = specifieke endogene ademhaling (zie tabel 5)

η_{VBT} = rendement voorbezinktank

4 VERBRUIK VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIEDRAGERS, EMISSIES EN PRODUKTIE VAN AFVALSTOFFEN

4.1 Materialenverbruik

In tabel 8 zijn de uitgangspunten voor het berekenen van het materialenverbruik weergegeven. De hoeveelheden staal in pompen en compressoren zijn bepaald aan de hand van schattingen. Een gedetailleerde berekening van de verbruikte materialen is gegeven in bijlage 3.

Tabel 8: Uitgangspunten voor de berekening van het materialenverbruik

		Uitgangspunt	Dimensie
Overstorthoogte		0,5	m
Wanddikte	beton	0,3-0,4	m
	staal	8,0	mm
Vloerdikte	beton	0,3-0,5	m
	staal	8,0	mm
Bordes	breedte	1,0	m
	dikte	0,15	m
Overstortrand	hoogte	0,5	m
	dikte	5,0	mm
Betonbescherming	hoogte	1,0	m
	gewicht	0,05	kg/m ²
Afdekking aluminium dikte		6,0	mm
Afdekking PVC	dikte doek	3,0	mm
	gewicht frame	5,3	kg/m ²
Domes	beluchttingsvolume per stuk	5,0	m ³
	gewicht per stuk	1,0	kg
Gewicht trap per m		85	kg/m
Gewicht hekwerk per m		9,7	kg/m
Gewicht wapeningsstaal per m ³ beton		100	kg/m ³ beton
Gewicht ruimer per m		129	kg/m

4.2 Verbruik aan hulpstoffen en energiedragers

De hulpstoffen en energiedragers die worden verbruikt tijdens het zuiveringsproces betreffen polymeer voor de conditionering van het slib, actief kool, FeCl₃ dat gebruikt wordt voor de verwijdering van fosfaat, aardgas voor de opwarming van de inhoud van gistingstanks en elektriciteit.

FeCl₃

Bij scenario 3 en 4 wordt ten behoeve van een volledige fosfaatverwijdering een hoeveelheid FeCl₃ (41 %) gedoseerd. Voor de Fe/P-verhouding is uitgegaan van een waarde van 0,25 op basis van de P-vracht in het influent. Er is ervan uitgegaan dat het FeCl₃ geen hoge gehalten aan zware metalen bevat.

Polymeer

De hoeveelheid polymeer bedraagt 4 kg per ton ontwaterd slib.

Actief kool

Door de adsorptie van stoffen tijdens de actiefkoolfiltratie accumuleren de stoffen aan het kooloppervlak. Na verloop van tijd is het adsorptievermogen volledig benut. De inhoud van het filter moet dan worden vervangen door nieuw of gereactiveerd actief kool waarbij door verlies circa 10% vers materiaal moet worden toegevoegd.

Aardgas

Bij het verbruik van aardgas is uitgegaan van opwarming van de inhoud van de gistingstank van 14 tot 33 °C. De warmte in het koelwater (circa 30% van het opgewekt vermogen) wordt nuttig gebruikt voor de opwarming van de slibgistingstanks. Indien de warmte in het koelwater niet voorziet in de benodigde warmtebehoefte voor de opwarming van de slibgistingstank, moet extra aardgas worden ingekocht.

Elektriciteit

In bijlage 2 is de berekening van het verbruik van elektriciteit gedetailleerd weergegeven voor alle procesonderdelen. Tabel 9 geeft aan hoe de berekening voor het bepalen van de benodigde energie voor de beluchting is uitgevoerd.

Tabel 9: Bepaling van de beluchtingsenergie

	Waarde, berekening	Dimensie
Zuurstofbehoefte		
- O ₂ -setpoint	2	mg O ₂ /l
- deficietfactor	1,25	-
- piekfactor	1,2	-
- zuurstofbehoefte	O _T x piekfactor x deficietfactor	kg O ₂ /d
Bellenbeluchting		
- α-factor	0,7	-
- overbrengfactor	2	kgO ₂ /kWh
- benodigd vermogen	zuurstofbehoefte / overbrengfactor	kWh/d
Puntbeluchting		
- α-factor	0,9	-
- overbrengfactor	2	kgO ₂ /kWh
- benodigd vermogen	zuurstofbehoefte / overbrengfactor	kWh/d

Bij toepassing van slibgisting in scenario 1 wordt energie gewonnen uit biogas in de vorm van elektriciteit en warmte. Voor de gasproductie is uitgegaan van:

- 50% organische-stofreductie;
- 1,42 kg CZV/kg o.d.s.;
- 0,35 m³ CH₄/kg CZV;
- biogas bevat 65% methaangas.

Voor de opwekking van energie uit biogas is uitgegaan van een elektrisch rendement van 32% van de gasmotor van de TE-installatie en een energetische waarde van het biogas van 23,5 MJ/Nm³. Van de totale biogasproduktie wordt gemiddeld 2% afgeakeld.

In tabel 10 zijn de verbruikte hulpstoffen en energiedragers samengevat voor de verschillende scenario's.

Tabel 10: Verbruik van hulpstoffen en energiedragers voor scenario 1 t/m 4

Scenario	1	2	3	4	Eenheid
Polymeer	6.860	7.600	7.865	8.330	kg/j
FeCl ₃			233.400	419.550	kg/j
Actief kool				31.500	kg/j
Olie	3	3	3	3	m ³ /j
Aardgas	80.000				m ³ /j
Elektriciteit					
- verbruik	2.749	3.871	3.906	4.256	MWh/j
- produktie	1.380				MWh/j
- inkoop	1.369	3.871	3.906	4.256	MWh/j

4.3 Emissies

4.3.1 Emissies naar de lucht

Naast de emissie naar de lucht die optreedt bij de opwekking van energie vindt er emissie plaats bij het zuiveringsproces. Emissies naar de lucht zijn het gevolg van de biologische omzetting van organisch materiaal in CO₂, de verbranding van biogas (CH₄, H₂S en NH₃ tot CO₂, SO₂ en NO_x) en van het denitrificatieproces (emissie van N₂O).

CO₂-emissie uit beluchtingsruimte

Er is verondersteld dat het binnenkomend CZV bestaat uit onopgelost CZV met een structuur als van biomassa en opgelost CZV dat voornamelijk uit azijnzuur (CH₃COOH) bestaat. Bij de omzettingsreacties voor beide verbindingen worden evenveel moleculen zuurstof verbruikt als er CO₂-moleculen vrijkomen:



De conversiefactor voor CZV naar CO₂ bedraagt dan: 1,375 kg CO₂ per kg CZV, dat aëroob of anoxisch is omgezet. Deze factor geldt voor het CZV dat in de beluchtingsruimte wordt omgezet; het overige CZV dat de beluchtingstank binnenkomt wordt omgezet in slib. De CO₂-produktie is te berekenen als:

$$CO_2\text{-produktie} = 1,375 \times (CZV\text{-vracht}_{inf} \times (1 - \eta_{VBT}) - CZV_{slib} - CZV\text{-vracht}_{eff})$$

$$\text{waarin: } CZV_{slib} = CZV_{o.d.s} = o.d.s \times 1,42$$

N₂O-emissie

N₂O-emissie treedt voornamelijk op bij het denitrificatieproces. Bij volledige nitrificatie en denitrificatie kan worden uitgegaan van een N₂O-emissie uit de beluchtingstank van 0,006 kg N₂O-N/kg N_{Kj-influent} [15].

Emissie uit biogas

De emissies die ontstaan door het verbranden en affakkelen van biogas zijn berekend aan de hand van de samenstelling van het biogas en dat van de totale biogasproduktie 2% wordt afgefakkeld.

Voor de scenario's 1 tot en met 4 worden de emissie naar de lucht, uit de beluchtingsruimte en door de verbranding/affakkeling van biogas, in tabel 11 en bijlage 4 samengevat. De totale emissie naar de lucht is weergegeven in tabel 12.

Tabel 11: Emissies naar de lucht door beluchting en verbranden en affakkelen van biogas

Zuiveringsvariant	1	2	3	4	Eenheid
Emissies uit beluchting					
CO ₂ door beluchting	8.430	11.280	11.280	11.280	kg CO ₂ /d
N ₂ O uit denitrificatie	0	7,4	7,4	7,4	kg N ₂ O/d
Emissies uit biogas					
CO ₂	3.667				kg/d
SO ₂	5,45				kg/d
NO _x	2,90				kg/d

Tabel 12: Totale emissie naar de lucht

Zuiveringsvariant	1	2	3	4	Eenheid
Totale emissie naar de lucht uit het zuiveringsproces					
CO ₂	4.400	4.140	4.140	4.140	ton/j
SO ₂	1.990	0	0	0	kg/j
NO _x	1.060	0	0	0	kg/j
N ₂ O		2.700	2.700	2.700	kg/j

4.3.2 Emissies naar het water

Voor de berekening van de emissies van zuurstofbindende stoffen naar het water zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- de effluentwaarden voor BZV, CZV en zwevende stof zijn de effluenteisen van de installatie;
- de gegevens voor het effluent van N_{Kj} en P_{tot} zijn voor scenario 1 ontleend aan het CBS-rapport [1], voor scenario 2, 3 en 4 zijn ze ontleend aan de effluenteisen (zie tabel 2).

Voor de emissies van zware metalen is de volgende methodiek gehanteerd. Uitgaande van de gemiddelde concentraties van influent en effluent kan voor een gemiddelde slibproductie (zoals die in scenario 2) worden berekend wat de verwijdering per hoeveelheid slib is. Bij scenario's met een afwijkende slibproductie is de emissie gerelateerd aan de slibproductie, door uit te gaan van de concentraties in het slib.

De organische microverontreinigingen worden verwijderd via adsorptie aan het slib en via biologische afbraak. Daarnaast zullen de vluchtige componenten worden gestript. Vanwege een gebrek aan inzicht in de verwijdering van organische microverontreinigingen in de verschillende systemen is voor alle scenario's hetzelfde verwijderingsrendement aangehouden. De berekende emissies van zuurstofbindende stoffen, nutriënten, zware metalen en organische microverontreinigingen zijn voor scenario 0 tot en met 4 weergegeven in tabel 13 en bijlage 4.

Tabel 13: Emissies naar het water van zuurstofbindende stoffen, zware metalen en organische microverontreinigingen

Parameter	Scenario					Eenheid
	0	1	2	3	4	
CZV	5.201	355	355	355	71	ton/j
BZV	1.971	71	71	71	7	ton/j
N _{ki}	451	127	25	25	7	ton/j
NO ₂ -N, NO ₃ -N	0	228	46	46	46	ton/j
N _t	451	355	71	71	53	ton/j
P _t	77,4	29	29	7	0,7	ton/j
Zwevende stof	2.459	71	71	71	7	ton/j
Koper	949	346	285	269	24	kg/j
Chroom	302	147	131	149	14	kg/j
Zink	3.103	1.132	933	860	232	kg/j
Lood	138	55	47	47	4	kg/j
Cadmium	8,8	5	5	5	1,4	kg/j
Nikkel	107	76	73	95	60	kg/j
Kwik	24	7	6	5	3	kg/j
Arseen	33	18	17	19	1,8	kg/j
Chloorhoudende pesticiden	1,1	0,5	0,5	0,5	0,0	kg/j
PAK	5,4	0,6	0,6	0,6	0,0	kg/j
PCB	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	kg/j
Chlooranilines	11,0	2,2	2,2	2,2	0,6	kg/j
Chloorfenolen	19,5	9,7	9,7	9,7	0,7	kg/j
4-chloor-3-methylfenol	5,9	0,1	0,1	0,1	0,0	kg/j
Vluchtige aromaten	175,6	35,1	35,1	35,1	3,2	kg/j
Organostikstofverbindingen	6,9	3,0	3,0	3,0	0,3	kg/j
Organofosforverbindingen	5,4	2,3	2,3	2,3	0,2	kg/j

4.4 Afvalstoffen

In tabel 14 zijn de jaarlijkse hoeveelheden geproduceerd slib samengevat. Naast de productie van zuiveringsslib wordt bij scenario 4 tevens een reststroom actief kool geproduceerd. Op jaarbasis blijft 10% van de totale hoeveelheid gebruikt actief kool over als restprodukt.

Tabel 14: Hoeveelheid geproduceerde vaste afvalstoffen

Parameter	Scenario				Eenheid
	1	2	3	4	
Slib (totaal)	1.700	1.900	1.966	2.080	ton/j
Actief kool				31.500	ton/j

In het zuiveringsslib bevinden zich anorganische en organische microverontreinigingen. In tabel 15 zijn de hoeveelheden aan microverontreinigingen in het slib weergegeven.

Tabel 15: Jaarlijkse hoeveelheden anorganische en organische micro-verontreinigingen in het zuiveringsslib

Parameter	Scenario				Eenheid
	1	2	3	4	
Koper	603	664	694	925	kg/j
Chroom	155	171	201	288	kg/j
Zink	1.971	2.171	2.249	2.871	kg/j
Lood	83	91	97	134	kg/j
Cadmium	3	4	4	7,4	kg/j
Nikkel	31	35	60	47	kg/j
Kwik	17	18	19	21	kg/j
Arseen	15	16	20	31	kg/j
Chloorhoudende pesticiden	0,5	0,5	0,5	0,5	kg/j
PAK	4,8	4,8	4,8	4,8	kg/j
PCB	0,3	0,3	0,3	0,3	kg/j
Chlooranilines	8,8	8,8	8,8	8,8	kg/j
Chloorfenolen	9,7	9,7	9,7	9,7	kg/j
4-chloor-3-methylfenol	5,8	5,8	5,8	5,8	kg/j
Vluchtige aromaten	140,5	140,5	140,5	140,5	kg/j
Organostikstofverbindingen	4,0	4,0	4,0	4,0	kg/j
Organofosforverbindingen	3,1	3,1	3,1	3,1	kg/j

5 BEOORDELING VAN DE MILIEU-EFFECTEN MET DE LCA-METHODE

5.1 Inleiding

Op basis van een levenscyclusanalyse kunnen de milieu-effecten worden beoordeeld van de verschillende scenario's voor de zuivering van stedelijk afvalwater. Alle processen in de totale levenscyclus van een RWZI worden daarbij betrokken conform de uitgangspunten van de LCA-methode [6]. Dit omvat de winning van grondstoffen voor de bouw van de afzonderlijke onderdelen, het verbruik van hulpstoffen en energie bij het dagelijkse reinigingsproces tot en met de verwerking van de reststoffen die ontstaan ná afdanking van de installatie.

Binnen een milieugerichte LCA worden vier opeenvolgende stappen onderscheiden. Deze stappen zijn:

- doelbepaling;
- inventarisatie;
- classificatie;
- normering.

Het resultaat van de LCA bestaat in deze studie uit een beoordeling van de verschillende scenario's op hun potentiële milieu-effecten.

5.2 Doelbepaling

Het doel van deze studie is om het zuiveren van stedelijk afvalwater via verschillende scenario's te beoordelen op het aspect duurzaamheid. Het aspect duurzaamheid wordt bij deze LCA beoordeling opgevat als een minimalisatie van de kwantificeerbare potentiële milieu-effecten.

Bij de doelbepaling hoort de vaststelling van de functionele eenheid. De functionele eenheid vormt de vergelijkingsbasis voor de beoordeling. De verschillende zuiveringsscenario's, die worden vergeleken, zijn steeds gebaseerd op dezelfde functionele eenheid. De in dit kader gehanteerde functionele eenheid omvat de verwerking van de hoeveelheid influent overeenkomende met een vuilvracht van 100.000 i.e in een RWZI, betrokken op een tijdsperiode van 1 jaar. De grenzen van de functionele eenheid gelden van ontvangwerk tot effluentgemaal.

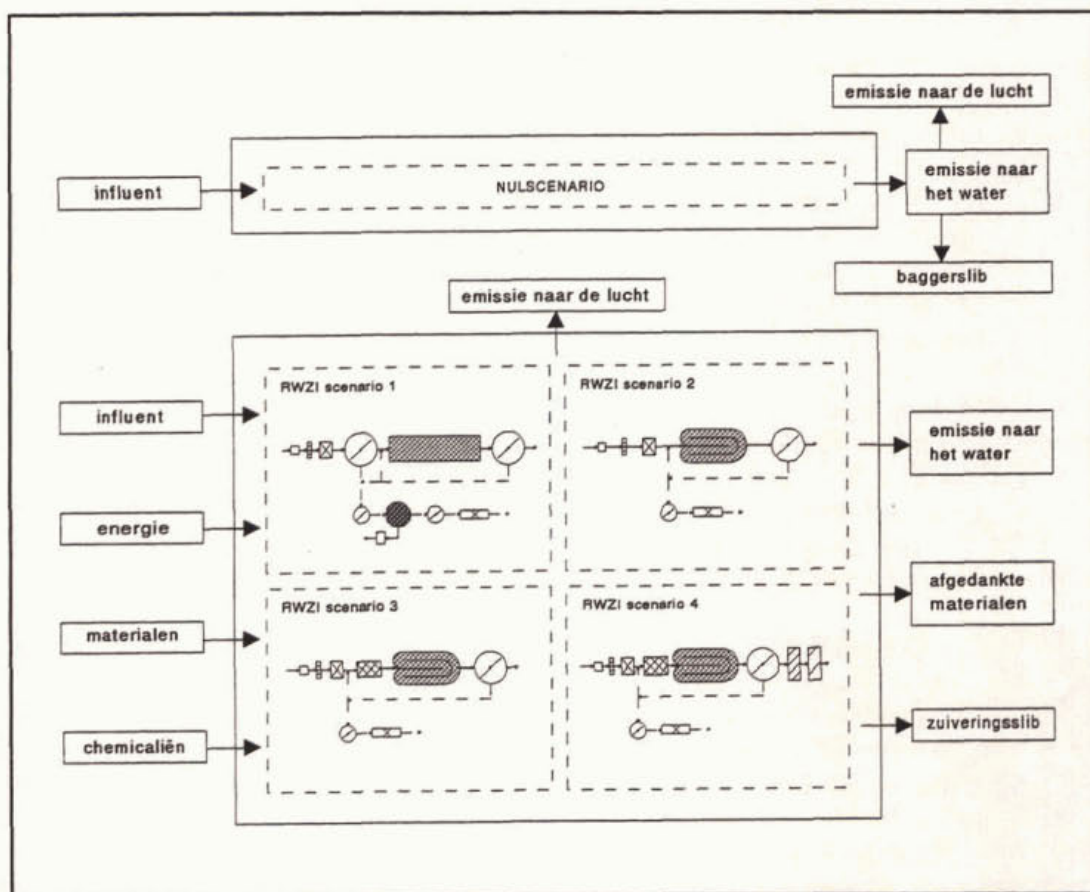
Ook de systeemaafbakening vindt plaats bij de doelbepaling. Uit de afbakening volgt welke processen in de LCA-analyse wel of niet worden opgenomen. Binnen het hier gekozen beoordelingssysteem horen de bouwphase van de RWZI; met name de produktie van de bouwmaterialen, alsmede de afdankings-fase van de installatie met storten, verbranden en hergebruik. Alle milieu-ingrepen gedurende de gebruiksfase van de RWZI worden in rekening gebracht, ondermeer ten gevolge van de beluchting, het energieverbruik, het geloosde effluent en het storten van zuiveringsslib. Milieu-ingrepen ten gevolge van transport van afvalwater, slib, chemicaliën en roostergoed zijn niet meegenomen.

In de standaard LCA-methode worden onder andere de milieu-effecten van de lozing van CZV niet meegenomen. In deze studie wordt daarom in de eerste plaats in de LCA-methode de emissie van CZV meegenomen. Buiten beschouwing zouden

dan blijven de CO₂-emissie die op termijn optreedt ten gevolge van de lozing van zuurstofbindende stoffen met het effluent en de vorming van baggerslib dat op termijn het gevolg is van de lozing van vaste stoffen met het effluent. Besloten is deze indirecte emissies wel in de LCA-beoordeling mee te nemen. Geen aandacht is besteed aan een eventuele emissie van CH₄.

Als geen enkele beperking zou gelden, dan treedt een probleem op dat "eindeloze regressie" wordt genoemd. Een voorbeeld is het cement dat voor een RWZI is gemaakt in een cementoven. De betreffende oven is gemaakt van staal, dat geproduceerd is in hoogovens. Omdat het onmogelijk is om alle opeenvolgende productieprocessen voor kapitaalgoederen en infrastructuur mee te nemen worden die hier voor wat betreft de productie van grondstoffen en brandstoffen buiten beschouwing gelaten omdat ze bij die processen naar verwachting toch niet substantieel bijdragen aan de totale milieubelasting. Dit geldt echter bij voorbaat niet voor de kapitaal-goederen die zelf een onderdeel vormen van de RWZI. Dergelijke kapitaalgoederen zijn direct object in de onderhavige studie en de verschillende scenario's verschillen dienaangaande onderling aanzienlijk. Alle kapitaalgoederen als onderdeel van de RWZI zijn derhalve in de levenscyclus opgenomen.

De LCA beoordeling richt zich uitsluitend op de zuivering van afvalwater conform de gestelde functionele eenheid, uitgaande van een bepaald scenario. In figuur 5 is een visuele weergave gepresenteerd van de systeemafbakening.



Figuur 5: Systeemafbakening van de LCA-beoordeling

5.3 Inventarisatie

In de inventarisatiestap wordt de relatie vastgelegd met de levenscyclus van het betreffende zuiveringsscenario en het milieu. Alle milieu-ingrepen gedurende de levenscyclus worden geïnterpreteerd. Onder milieu-ingrepen worden hier verstaan de direct door menselijk handelen veroorzaakte relevante ingrepen in het milieu. Dit zijn meetbare fysieke grootheden, zoals onttrekking van schaarse grondstoffen en emissies naar lucht en water van verontreinigende stoffen. In de inventarisatie wordt een overzicht gemaakt van alle processen die de levenscyclus vormen en vervolgens van alle milieu-ingrepen die bij die processen optreden. Het resultaat van de inventarisatie is een lijst met alle bij de levenscyclus behorende milieu-ingrepen. In de navolgende paragrafen wordt hierop nader ingegaan.

5.3.1 Materiaalaspecten

A: Materiaalgebruik voor de bouw van de RWZI

Bijlage 3 toont een overzicht van alle materialen benodigd voor de bouw van de systemen 1 tot en met 4. Het betreffende overzicht is betrokken op de functionele eenheid en de benodigde hoeveelheden zijn dus gebaseerd op 1 jaar bedrijfsvoering. Alle voor de RWZI benodigde materiaalhoeveelheden zijn berekend door de feitelijke benodigde hoeveelheid te delen door de levensduur van het betreffende onderdeel. De uiteindelijke per jaar berekende materiaalhoeveelheden zijn per materiaal bij elkaar opgeteld. Het aspect van de verschillende levensduur van de afzonderlijke installatie-onderdelen is bij opstelling van de betreffende tabel in rekening gebracht.

B: Materiaalverwerking (bij de afdanking van de RWZI)

Bij de sloop van de installatie wordt het afgedankte materiaal hergebruikt, nuttig toegepast, verbrand of gestort. De uiteindelijke afdankbestemming en de mate van hergebruik verschillen per materiaal. Schroot wordt bijvoorbeeld grotendeels hergebruikt en afgedankt beton wordt in belangrijke mate nuttig toegepast; afgedankt plaatmateriaal wordt gestort of verbrand met huisvuil.

In deze studie is uitgegaan van een verdeling per materiaal in afdankbestemming, zoals aangegeven in bijlage 5. Op basis van die verdeling resulteert dit in de jaarlijkse hoeveelheid van elk materiaal die wordt gestort, verbrand of hergebruikt. De resultaten van die verdeling voor de systemen 1 t/m 3 zijn opgenomen in bijlage 5. Voor de milieu-ingrepen ten gevolge van de materiaalafdanking (hergebruik, storten of verbranden) is als volgt gerekend:

- bij hergebruik van afgedankt materiaal in een andere toepassing buiten de beschouwde RWZI-keten zijn voor de afdankingsfase hier geen verdere milieu-ingrepen in rekening gebracht. Hergebruik elders van afgedankt RWZI materiaal veroorzaakt geen milieu-ingrepen voor de RWZI. Eventuele navolgende milieu-ingrepen dienen elders in rekening te worden gebracht;
- bij storten en verbranden van afgedankt materiaal treden directe milieu-ingrepen op, bijvoorbeeld door de produktie van percolaat of het optreden van rookgas-emissies. Vaak is voor deze wijze van finale verwerking een bepaalde hoeveel-

heid hulpstof en/of energie nodig. Deze aspecten en de daaruit resulterende milieu-ingrepen zijn per afzonderlijk materiaal berekend op basis van speciale toerekeningsmodellen, die uitgaan van de gemiddelde samenstelling van elk afzonderlijk materiaal [4].

Voor alle materialen is berekend welke milieu-ingrepen plaatsvinden bij de produktie en bij de afdanking. Die berekening is uitgevoerd met behulp van een LCA-database. Deze gegevens zijn min of meer representatief voor Nederland en zijn ontleend aan bronnen zoals RIVM, CBS, VROM-ER, RIZA en aan buitenlandse literatuur.

5.3.2 Influent- en effluentconcentraties

Alle relevante influent- en effluentcomponenten en de respectievelijke totale jaarlijkse vrachten voor de microverontreinigingen staan vermeld in tabel 13.

5.3.3 Directe milieu-ingrepen

Voor de dagelijkse bedrijfsvoering van de RWZI zijn energie, elektriciteit en aardgas nodig. De hiervoor in deze studie in rekening te brengen milieu-ingrepen zijn zowel de verbrandingsemissies als ook de milieu-ingrepen bij winning en transport van brandstoffen. Scenario 1 voorziet zelf in een gedeelte van de elektriciteitsbehoefte door middel van de TE-installatie. De daarbij optredende verbrandingsemissies worden in rekening gebracht. Naast energieverbruik is er ook sprake van gebruik van hulpstoffen, zoals polymeer en FeCl_3 . Deze stoffen worden geproduceerd en de bij die produktieprocessen optredende emissies worden in rekening gebracht.

Bij de aërobe omzetting van organische stof vindt CO_2 -emissie plaats uit de beluchtingsruimte. Bij scenario 2, 3 en 4 waarin nitrificatie en denitrificatie optreden, kan er sprake zijn van N_2O -emissie uit de beluchtingsruimte. Bij alle scenario's wordt een hoeveelheid slib geproduceerd. Het slib moet worden afgevoerd en wordt als milieu-ingreep in rekening gebracht.

5.3.4 Milieu-ingrepen buiten de RWZI

Milieu-ingrepen buiten de RWZI zijn ingrepen die op langere termijn zullen optreden. Een tweetal ingrepen zijn naar verwachting belangrijk. Deze worden hier separaat aangegeven. Het betreft de CO_2 -emissie die op termijn optreedt ten gevolge van de lozing van zuurstofbindende stoffen en het baggerslib dat op termijn het gevolg is van de lozing van vaste stoffen met het effluent. Voor deze posten is uitgegaan van de volgende rekenwijze:

- De CO_2 -emissies die optreden uit het oppervlaktewater ten gevolge van geloosde zuurstofbindende stoffen zijn berekend op basis van het BZV in het effluent.
- Het baggerslib dat resteert als finale afvalstof op de bodem van het oppervlaktewater is het gevolg van de geloosde vaste stoffen. De hoeveelheid is daarom berekend op basis van het gehalte zwevende stof in het effluent.

5.3.5 Uitwerking van de inventarisatie

Voor zowel het nulscenario als voor de scenario's 1 t/m 4 is in deze studie een ingreepstabel opgesteld. Daarbij is de volgende onderverdeling in systeem-onderdelen gehanteerd.

Nulscenario

- Het aandeel van het effluent.
- Het aandeel van de milieu-ingrepen buiten de systeemgrens (ingrepen op langere termijn ten gevolge van het geloosde effluent).

Scenario 1 t/m 4

- Het aandeel van de produktiefase van de materialen voor de bouw van de RWZI.
- Het aandeel van de afdankingsfase inclusief de daarbij benodigde energie en hulpstoffen.
- Het aandeel van het geloosde effluent.
- Het aandeel van de milieu-ingrepen buiten de systeemgrens ten gevolge van het geloosde effluent.
- De bijdrage van de directe milieu-ingrepen, ten gevolge van onder andere het energieverbruik en de slibafvoer.

5.4 **Classificatie**

De classificatie omvat de relatie tussen de milieu-ingrepen en hun mogelijke bijdrage aan milieu-effecten. Het resultaat van de inventarisatie, de geaggregeerde lijst van milieu-ingrepen, omvat een groot aantal verschillende posten en een afgewogen interpretatie is bij een dergelijke hoeveelheid gegevens vaak niet mogelijk. Bij de classificatie wordt voor elke ingreep berekend welke potentiële bijdrage er wordt geleverd aan een aantal specifieke milieu-effecten. Dergelijke milieu-effecten zijn vaak niet eenvoudig aan bepaalde ingrepen toe te schrijven. De relatie tussen milieu-ingrepen en milieu-effecten wordt met behulp van modellen vastgelegd. Op basis van dergelijke modellen volgen voor de diverse milieu-ingrepen verschillende effectscores met betrekking tot elk van de afzonderlijke milieu-effecten. De LCA handleiding [6] geeft een overzicht van deze classificatiefactoren. Het resultaat van de classificatie is een lijst met alle milieu-effecten waar het produkt of proces aan bijdraagt. In tabel 16 is deze lijst weergegeven voor de milieu-effecten veroorzaakt door het zuiveren van stedelijk afvalwater. De posten finale afvalstoffen en lozing van CZV zijn geen directe milieu-effecten. Bij de beoordeling van de duurzaamheid is alleen aandacht besteed aan respectievelijk de totale produktie en de totale emissie en zijn als zodanig opgenomen in de lijst van milieu-effecten. De codering van de verschillende milieu-effecten in de LCA-handleiding is gebaseerd op Engelse termen en in het verdere verloop van het rapport zal daarom worden gewerkt met deze Engelse codering.

Tabel 16: Overzichtslijst van de milieu-effecten

Code	Beschrijving		Dimensie
ADP	Mineral (abiotic) material depletion (potential)	Uitputting van minerale grondstoffen	j ⁻¹
EDP	Fossil energy carrier depletion (potential)	Uitputting van fossiele energiedragers	GJ
GWP	Global warming (potential)	Broeikaseffect	kg aeq. CO ₂
ODP	Ozone layer depletion (potential)	Aantasting van de ozonlaag	kg aeq. R11
HT	Human Toxicity	Humane toxiciteit	kg hta
ECA	Aquatic ecotoxicity	Aquatische ecotoxiciteit	m ³ aeta
ECT	Terrestrial ecotoxicity	Terrestische ecotoxiciteit	kg teta
POCP	Photochemical ozone creation (potential)	Fotochemische smogvorming	kg aeq. C ₂ H ₄
NP	Nutrication (potential)	Vermesting	kg aeq. PO ₄
AP	Acidification (potential)	Verzuring	kg aeq. SO ₂
CZV	-	Lozing van CZV	kg CZV
FW	Normal final waste	Productie van gewoon finaal afval	kg
TW	Toxic final waste	Productie van toxisch finaal afval	kg
SW	Nuclear (specific) final waste	Productie van radioactief finaal afval	kg

De bovengenoemde milieu-effecten zijn merendeels van globale of tenminste van regionale aard. Sommige aspecten van lokale aard zoals bijvoorbeeld verstoring door geluid of stank, landschapsaantasting en ruimtebeslag, ontbreken in dit overzicht. Een goed uitgewerkte classificatiemethode hiervoor is in de LCA handleiding [6] nog niet voorhanden.

De beoordeling van de potentiële milieu-effecten ten gevolge van de emissie van zuurstofbindende stoffen naar oppervlaktewater is niet adequaat opgenomen in de huidige LCA-methodiek. Bij de zuurstofbindende stoffen gaat het om het totaal van CZV en N_{KJ}. De lozing van N_{KJ} komt tot uiting in het milieu-effect 'vermesting'. De lozing van CZV speelt in de LCA-methode maar een relatief bescheiden rol en komt slechts voor een gedeelte tot uiting in de vermesting. Juist in de huidige studie zijn de consequenties van CZV-emissies naar het oppervlaktewater een belangrijk beoordelingscriterium. Als bijvoorbeeld conform het nulsценario het afvalwater ongezuiverd wordt geloosd, zal de lokale kwaliteit van het oppervlaktewater sterk achteruitgaan door de emissie van CZV. De CZV-emissie in deze studie is als separaat milieu-aspect opgenomen en is uitsluitend kwantitatief beoordeeld.

Voor het aspect finale afvalstoffen geldt dat deze in de algemene LCA-methodiek [3] onvolledig is uitgewerkt. In principe zouden alle milieu-ingrepen ten gevolge van het storten van afvalstoffen in de LCA-beoordeling moeten worden opgenomen. Hier ontbreekt het in de praktijk echter aan gegevens, met name voor wat betreft de milieu-ingrepen die mogelijk tengevolge van het huidige finaal afval in de toekomst optreden. Daarom zijn finale afvalstoffen in deze studie ook als separaat aspect opgenomen en worden uitsluitend kwantitatief beoordeeld.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar gewoon finaal afval (FW), toxisch finaal afval (TW) en radioactief finaal afval (SW). De reden hiervan ligt in de potenties van het afval die verschillend moeten worden ingeschat. In deze studie is ervan uitgegaan dat het slib uit de RWZI geclassificeerd wordt als gewoon finaal afval.

Het broeikaseffect wordt veroorzaakt door ingrepen in de lange CO₂-kringloop. Het gaat hierbij om de CO₂-emissie veroorzaakt door de verbranding van fossiele brandstoffen en door veranderingen in het landgebruik (ontbossing). De korte CO₂-kringloop wordt met name bepaald door de voedselketen. De CO₂ die wordt geëmitteerd via de afbraak van organische stof uit het afvalwater is afkomstig van atmosferisch CO₂ die kortgeleden in biomassa (met name landbouwprodukten) is vastgelegd. Deze CO₂ wordt als het ware teruggegeven aan de atmosfeer en kan dus netto niet leiden tot een verhoging van de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer en niet direct bijdragen aan het broeikaseffect.

5.5 Normering

In deze studie gaat het om een vergelijking van verschillende scenario's. In de praktijk is er bij een dergelijke vergelijking zelden sprake van één enkel scenario dat op alle aspecten slechter of beter is dan alle overige scenario's. Er dient daarom een weging plaats te vinden.

De resultaten van de classificatie bieden geen integrale vergelijkingsbasis. De zuiveringssystemen kunnen immers alleen onderling vergeleken worden per afzonderlijk milieu-effect. Een integrale beoordeling van verschillende milieu-effecten vergt nadere weegfactoren. Met de bedoelde weegfactoren moet bijvoorbeeld worden aangegeven hoe een belasting van CO₂-equivalenten voor het broeikaseffect moet worden afgewogen tegen de belasting van C₂H₄-equivalenten voor smogvorming. Het bepalen van weegfactoren wordt gedaan via normering. Een subjectieve weging [6] waarbij weegfactoren worden vastgesteld via maatschappelijke en/of economische parameters blijft hier buiten beschouwing.

In deze studie is een objectieve weging toegepast, waarbij voor elke berekende effectbelasting wordt vastgesteld hoe groot de relatieve bijdrage is van het zuiveringssysteem in vergelijking met een gegeven referentiekader. Als referentiekader is hier uitgegaan van de totale jaarlijkse belasting van de betreffende milieu-effecten in Nederland (peiljaar 1990). Deze totalen van milieu-ingrepen in Nederland zijn gebaseerd op VROM/ER gegevens [14] en CBS gegevens [2] met betrekking tot dit referentiejaar. Om te komen van de classificatie naar de normering hebben de volgende ingrepen plaatsgevonden.

- de beoordeelde RWZI betreft 100.000 i.e., terwijl het totale Nederlandse influent aanbod naar alle RWZI's circa 24 miljoen i.e. bedraagt. De resultaten van de classificatie zijn vermenigvuldigd met een factor 240;
- het geëxtrapoleerde milieuprofiel, dat is gebaseerd op 24 miljoen i.e., wordt gedeeld door het milieuprofiel voor "totaal Nederland" (1990);
- het resulterende genormaliseerde milieuprofiel geeft het potentiële aandeel van alle RWZI's aan de totale Nederlandse milieubelasting, er vanuit gaande dat het influent als geheel wordt geloosd conform het nulsценario of wordt gezuiverd conform de drie beoordeelde zuiveringssystemen.

Tabel 17 geeft de gehanteerde totaalcijfers voor Nederland die zijn gebaseerd op [2] en [14] en in deze studie zijn gebruikt bij de normalisatie.

Tabel 17: Normalisatiedata (totaal Nederland- referentiejaar 1990).

Milieu-effect	Eenheid	Totaalscore
ADP	j ⁻¹	0,016·10 ³
EDP	GJ	3,8·10 ⁹
GWP	kg CO ₂	0,21·10 ¹²
ODP	kg R11	0,006·10 ⁹
HT	kg hta	1,1·10 ⁹
ECA	m ³ aeta	50·10 ¹²
ECT	kg teta	30·10 ¹²
POCP	kg C ₂ H ₄	0,7·10 ⁹
AP	kg SO ₂	1,0·10 ⁹
NP	kg PO ₄	0,33·10 ⁹
CZV	kg CZV	0,23·10 ⁹
FW	kg	13,4·10 ⁹
TW	kg	1,0·10 ⁹
SW	kg	0,6·10 ⁶

6 RESULTATEN

6.1 Classificatie

Het resultaat van de classificatie is een overzicht met de bijdragen aan alle milieu-effecten van de betreffende levenscyclus gebaseerd op de functionele eenheid. Dit overzicht voor de verschillende scenario's voor het behandelen van stedelijk afvalwater is opgenomen in tabel 18. Een dergelijke beoordeling wordt aangeduid als een milieuprofiel.

Tabel 18: Totale belasting per scenario, berekend voor een afvalwater-aanbod met een vuilvracht van 100.000 i.e.

Milieu-aspect	Eenheid	Nulscenario	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
ADP	j ⁻¹	0	2.610	2.170	2.180	2.180
EDP	GJ	0	19.300	43.000	44.000	50.000
GWP	kg CO ₂	2.710.000	5.800.000	8.000.000	8.000.000	8.500.000
ODP	kg R11	0	1,69	0,0127	0,0131	0,0138
HT	kg hta	630	9.100	13.500	13.800	16.100
ECA 10 ⁶	m ³ aeta	20.000	7.000	6.400	5.800	2.100
ECT 10 ⁶	kg teta	0	0,276	0,39	0,39	0,39
POCP	kg C ₂ H ₄	0	123	152	186	231
AP	kg H	0	6.400	10.300	10.500	13.000
NP	kg PO ₄	540.000	251.000	129.000	61.000	28.200
CZV*	kg CZV	5.200.000	360.000	360.000	360.000	71.000
FW*	kg	2.459.000	1.884.000	2.205.000	2.275.000	2.355.000
TW*	kg	0	2.949	5.870	6.470	7.400
SW*	kg	0	7,94	22,17	22,59	24,76

* niet als direct milieu-effect meegenomen maar uitsluitend kwantitatief beoordeeld

6.2 Normering

Aan de hand van een voorbeeld is aangegeven hoe de normering plaatsvindt van de milieu-effecten veroorzaakt door het zuiveren van stedelijk afvalwater. Voor scenario 1 resulteert conform tabel 18 een EDP-score van 19.300 GJ. Dit resultaat van de classificatie is gebaseerd op een installatie met een ingaande vuilvracht van 100.000 i.e. De jaarlijkse vuilvracht in geheel Nederland naar alle RWZI's is echter ruim 24,0 miljoen i.e., hetgeen zou overeen komen met een EDP score van $240 \cdot 19.300 = 4,63 \cdot 10^6$ GJ. In 1990 bedroeg het totale fossiele brandstofverbruik in Nederland ca. $3,8 \cdot 10^9$ GJ [14, 15]. De genormeerde score voor scenario 1 bedraagt aldus $4,63 \cdot 10^6 / 3,8 \cdot 10^9 = 0,122$ %. Indien al het stedelijk afvalwater in Nederland conform scenario 1 zou worden behandeld, zou dit jaarlijks circa 0,122% van alle fossiele brandstofverbruik (EDP) in Nederland vergen.

6.3.12 Chemicaliënverbruik

In tabel 20 is voor scenario 4 de bijdrage aangegeven van het gebruik van chemicaliën en actief kool op een aantal milieu-effecten. Naast de bijdrage van scenario 4 ten opzichte van het Nederlands totaal is voor het gebruik van FeCl_3 , polymeer en actief kool de procentuele bijdrage gegeven voor de afzonderlijke milieu-effecten.

Bij de bepaling van de bijdrage door FeCl_3 is uitgegaan van hergebruik van een bijproduct uit de metaalbewerking. Bij het energieverbruik is uitsluitend gekeken naar de inzet van energie voor de opwerking van FeCl_3 uit afval en niet voor het proces van de metaalbewerking. Voor FeCl_3 is de bijdrage groot bij de produktie van toxisch afval en fotochemische smogvorming. Voor het gebruik van polymeer bij de slibontwatering is de bijdrage groot voor aantasting van de ozonlaag en de fotochemische smogvorming. Bij het vaststellen van de bijdrage van actief kool is uitgegaan van de produktie van cokes en van gegevens voor verbranding van cokes waarbij restafval optreedt. De bijdrage van het gebruik van actief kool is groot voor de produktie van toxisch afval, de humane toxiciteit en de verzuring.

Kenmerkend voor de bijdrage aan de onduurzaamheid door het gebruik van chemicaliën en actief kool is dat de grootste bijdrage wordt geleverd aan milieu-effecten die ten opzichte van het Nederlands totaal klein tot zeer klein zijn. Zodoende levert het gebruik hiervan een geringe bijdrage aan de onduurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater.

Tabel 20: Procentuele bijdrage van het gebruik van chemicaliën en actief kool aan de onduurzaamheid van scenario 4

Milieu-effect	Totaalscore scenario 4	Bijdrage FeCl_3	Bijdrage polymeer	Bijdrage actief kool	Totale bijdrage chemicaliën
FW	4,2	-	-	0,5	0,5
SW	0,99	1,6	-	-	1,6
GWP	0,97	0,5	-	1,2	1,7
HT	0,34	2,9	0,8	8,6	12,3
AP	0,32	2,5	0,5	12	15
EDP	0,313	1,7	1,0	3,0	5,7
TW	0,178	10	-	24	34
POCP	0,0313	24	24	4,5	52,5
ODP	0,000061	-	80	-	80

6.4 Gevoeligheidsanalyse voor de aquatische ecotoxiciteit

Bij de LCA wordt gebruik gemaakt van de bij de inventarisatie opgegeven milieu-ingrepen zoals bijvoorbeeld de emissie van verontreinigende stoffen naar het oppervlaktewater. Bij de berekening van de effluentvrachten (tabel 13) voor de zware metalen en organische microverontreinigingen is uitgegaan van de influentvrachten uit tabel 1 en de verwijderingspercentages voor de verschillende

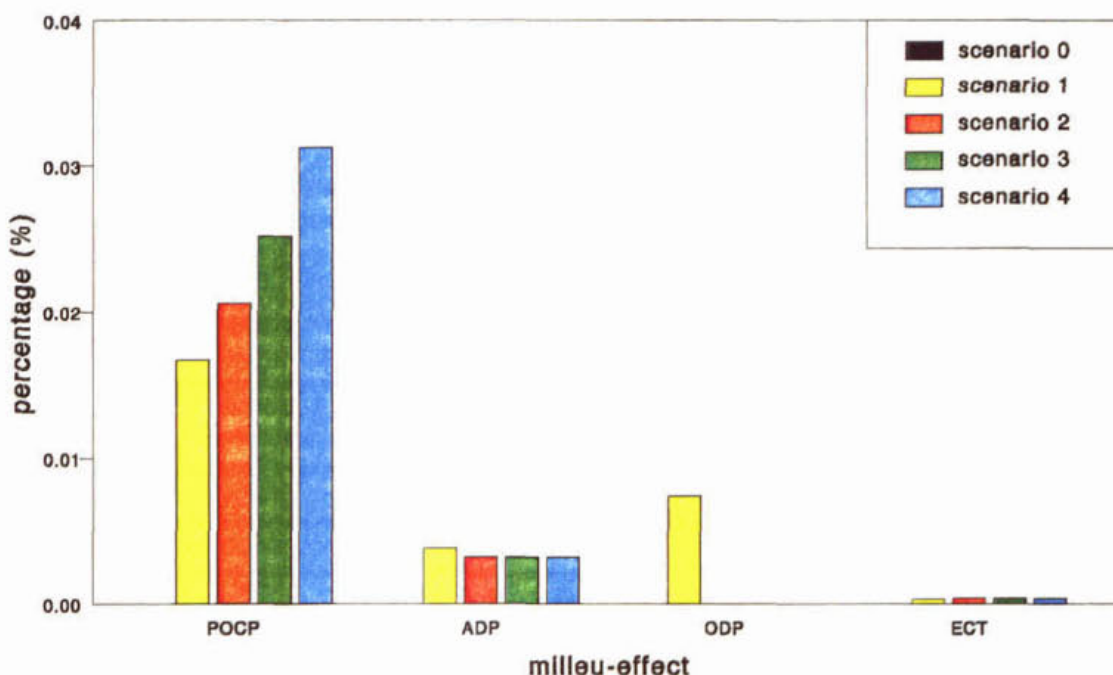
6.3.8 Verzuring

De verzuring (AP) is gerelateerd aan de inzet van fossiele brandstoffen door emissie van NO_x , NO_2 en SO_2 .

6.3.9 Uitputting van fossiele brandstoffen

De uitputting van fossiele brandstoffen (EDP) geldt voor de belasting bij systeem 2, 3 en 4 waarbij circa 45% wordt bepaald door de uitputting van de gasbronnen en circa 40% door de uitputting van kolen.

In figuur 11 staan tenslotte de milieu-effecten weergegeven waarop het zuiveren van stedelijk afvalwater een verwaarloosbare invloed heeft. De potentiële bijdrage is < 0,05% op landelijke basis.



Figuur 11: Milieu-effecten als percentage van de totale Nederlandse belasting in 1990. Gegeven zijn de milieu-effecten waarvan de percentages lager zijn dan 0,05%.

6.3.10 Uitputting van minerale grondstoffen

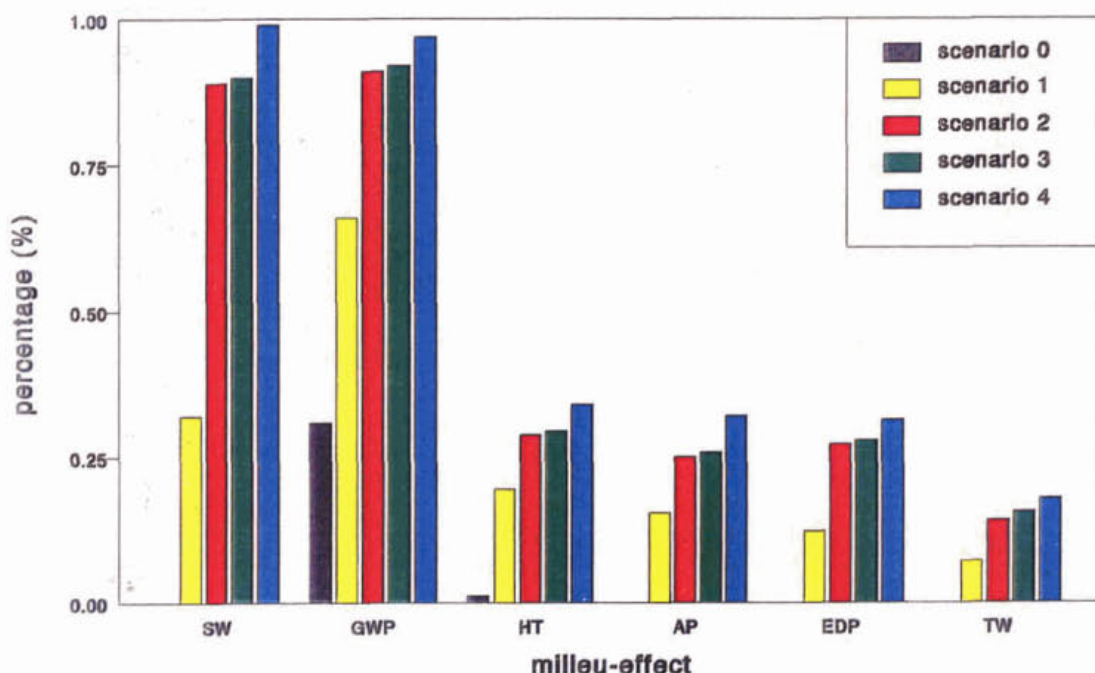
Het blijkt dat de inzet van diverse materialen voor het bouwen van een RWZI geen grote negatieve invloed heeft op de onduurzaamheid.

6.3.11 Aantasting van de ozonlaag

Alleen bij scenario 1 wordt er een bijdrage aan de aantasting van de ozonlaag (ODP) geleverd vanwege het gebruik van PUR-schuim voor isolatie van de slibgistingstank.

6.3.6 Broeikaseffect

Het broeikaseffect (GWP) wordt versterkt door de CO₂-emissie ten gevolge van de inzet van fossiele brandstoffen en door de CO₂ en N₂O-emissie uit de beluchtingsruimte bij systeem 2, 3 en 4.

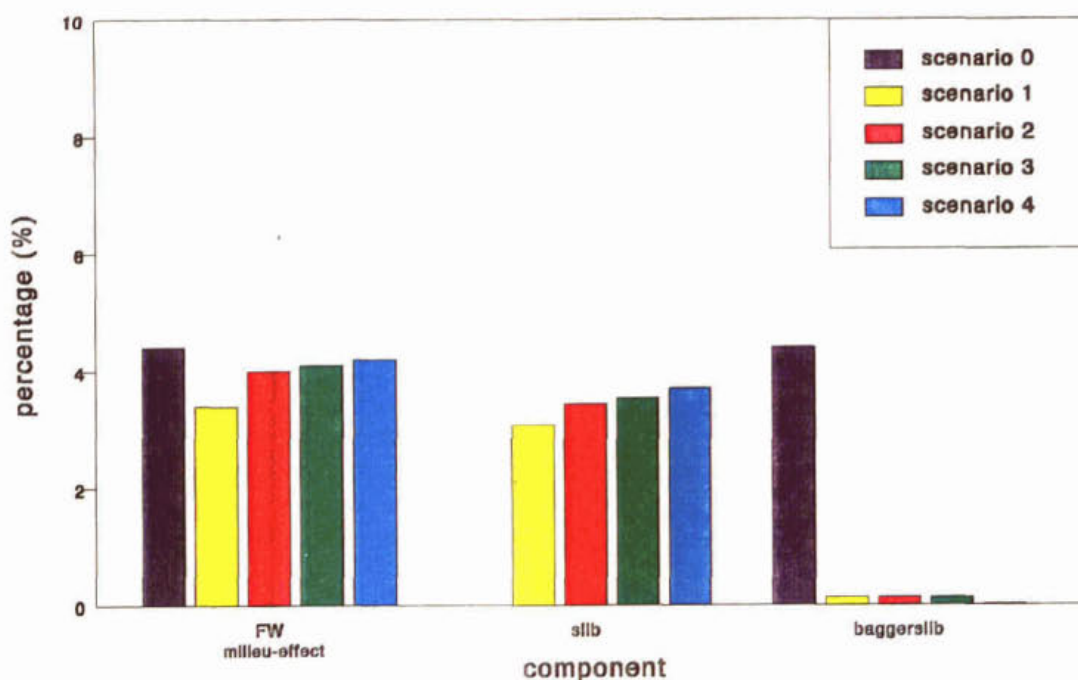


Figuur 10: Milieu-effecten als percentage van de totale Nederlandse belasting in 1990. Gegeven zijn de milieu-effecten waarvan de percentages lager zijn dan 1%.

Bij scenario 1 wordt 99% van de bijdrage aan het broeikaseffect bepaald door de CO₂-emissie. Hiervan is 54% afkomstig uit de beluchtingstank, 23% van verbranding van biogas in de TE-installatie en de rest is afkomstig van de elektriciteitscentrale en het verstoken van aardgas voor het verwarmen van de slibgistingstank. Bij scenario 2, 3 en 4 wordt circa 90% van de bijdrage aan het broeikaseffect bepaald door de emissie van CO₂ en circa 8% door de N₂O-emissie. Van de CO₂-emissie is bijna 60% afkomstig uit de beluchtingstank van de RWZI en circa 40% uit de elektriciteitscentrale. In principe draagt de emissie van CO₂ uit de beluchtingstank en door verbranding van biogas niet bij aan het broeikaseffect omdat dit behoort tot de korte CO₂-kringloop. Vanwege de systeemafbakening is bij de LCA-studie dit aandeel in de CO₂-emissie meegenomen als veroorzaker van het broeikaseffect.

6.3.7 Humane toxiciteit

Bij de humane toxiciteit (HT) leveren scenario 2, 3 en 4 de grootste belasting. Dit is terug te voeren op de emissies naar de lucht van SO₂ (35-40%) en NO_x (30-35%), die vooral gerelateerd zijn aan de inzet van fossiele energie.



Figuur 9: Componenten van invloed op het milieu-effect finale afvalstoffen.

Op een aantal milieu-effecten is het aandeel van de RWZI's op de totale belasting in Nederland relatief klein:

- radio-actief finaal afval (SW);
- broeikaseffect (GWP);
- humane toxiciteit (HT);
- verzuring (AP);
- uitputting van fossiele brandstoffen (EDP);
- toxisch afval (TW).

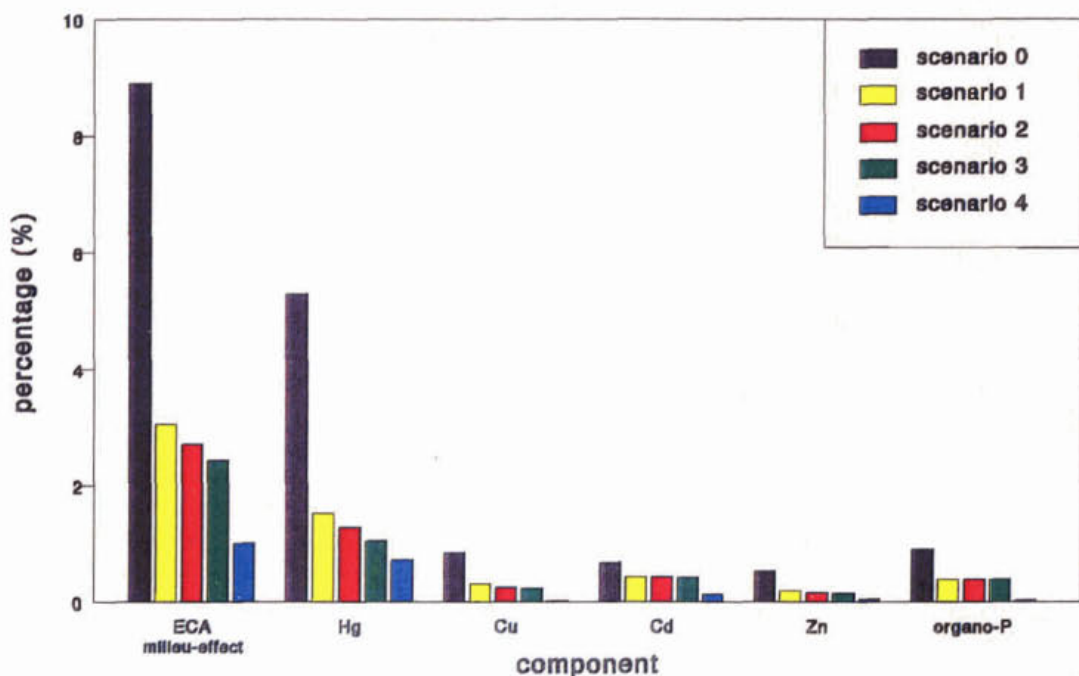
Al de bovengenoemde milieu-effecten nemen door het zuiveren van stedelijk afvalwater toe (figuur 10). Dit is voor bijna alle milieu-effecten terug te voeren op het energieverbruik. De bijdrage aan de totale Nederlandse belasting blijft voor al deze milieu-effecten $< 1\%$. De sterke afwijking van scenario 1 voor de bijdrage aan deze milieu-effecten wordt naast alleen de verwijdering van organische stof veroorzaakt door het gebruik van een slibgistingstank waardoor voor een aanzienlijk deel in de eigen energievraag kan worden voorzien.

6.3.5 Radioactief finaal afval

De productie van radioactief afval (SW) is afkomstig van de opwekking van energie met de twee bestaande kerncentrales in Nederland.

Vanwege een hogere slibproductie neemt de bijdrage aan de aquatische ecotoxiciteit af van scenario 1 tot en met 3 van 3,1 tot 2,4%. Door toepassing van vloekfiltratie en een actiefkoolfilter daalt de bijdrage van de RWZI's tot 1%. Bij scenario 1, 2 en 3 wordt 40 tot 50% van de aquatische ecotoxiciteit veroorzaakt door kwik. Bij scenario 4 wordt 70% van de aquatische ecotoxiciteit bepaald door de lozing van kwik op het oppervlaktewater.

In het nulscenario wordt 1,1 % van de totale Nederlandse belasting aan de aquatische ecotoxiciteit bepaald door de organische microverontreinigingen waarbij het grootste aandeel wordt geleverd door de organofosforverbindingen. Door zuivering van het afvalwater daalt dit tot circa 0,5% en door introductie van een actiefkoolfilter kan het aandeel dalen tot 0,06%.

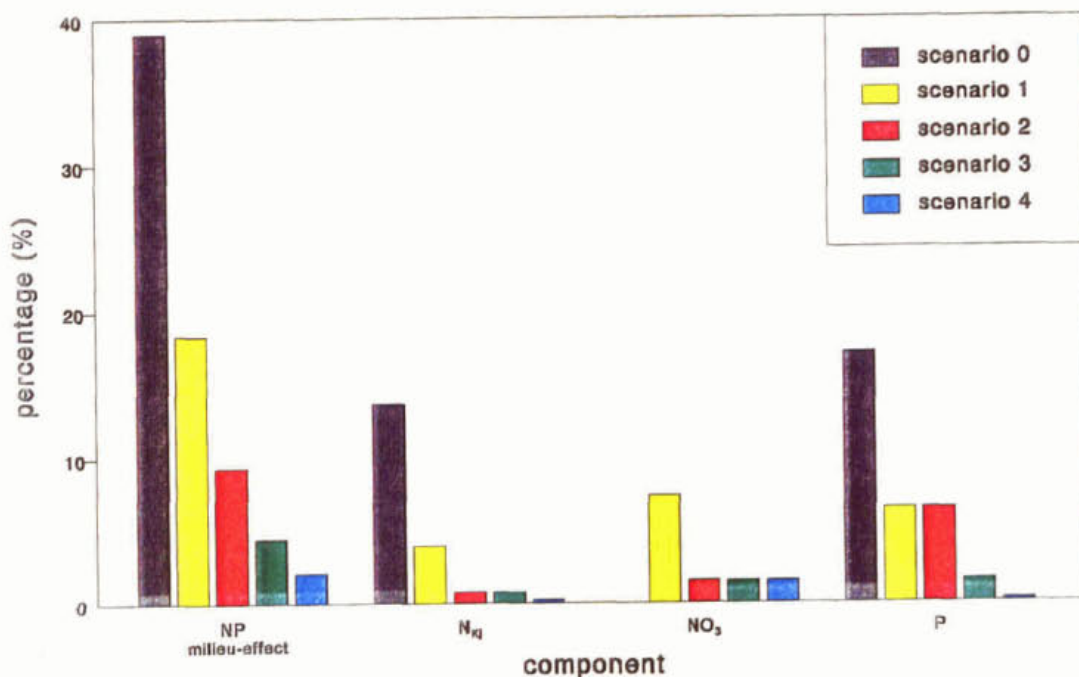


Figuur 8: Componenten van invloed op de aquatische ecotoxiciteit.

6.3.4 Gewone finale afvalstoffen

Deze post is niet als echt milieu-effect meegenomen maar kwantitatief beoordeeld. Bij de finale afvalstoffen (FW), is het opvallend dat het nulscenario een vergelijkbaar grote belasting voor finale afvalstof toont als de vier beoordeelde zuiveringssystemen waar juist aanzienlijke hoeveelheden zuiveringsslib worden afgevoerd als finaal afval (figuur 9). Dit aspect is terug te voeren op de vracht zwevende stof in het effluent van het nulscenario en de daaruit resulterende hoeveelheid baggerslib welke is opgenomen in de milieu-effecten die buiten de systeemgrens optreden. Bij de scenario's 1 tot en met 4 wordt de hoeveelheid finale afvalstoffen voor circa 90% door het zuiveringsslib bepaald.

Bij scenario 2 wordt een vergaande stikstofverwijdering verwezenlijkt tot een lozingseis van 10 mg N_{tot} /l waardoor de bijdrage van de RWZI's wordt verlaagd tot 9,3%. Fosfaat heeft op dat moment een bijdrage van 69% aan de vermessing en totaal-stikstof voor 24%. Door fosfaatverwijdering in scenario 3 neemt de bijdrage aan de vermessing af van 9,3 tot 4,4% en wordt nog voor 35% bepaald door fosfaat en voor 50% door totaal-stikstof.



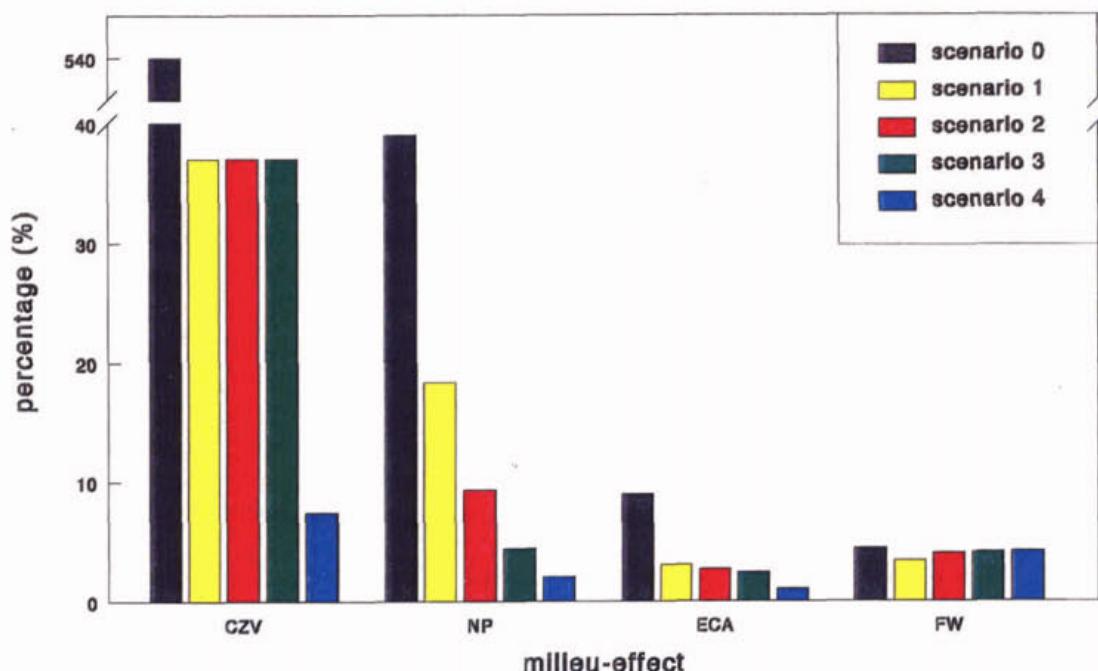
Figuur 7: Componenten van invloed op het milieu-effect vermessing.

Introductie van een effluentpolijsting met vlokfiltratie en een actief-koolfilter verlaagt het P-gehalte van 1 mg P/l tot 0,1 mg P/l waardoor de bijdrage van de RWZI's aan de vermessing wordt verlaagd tot 2,05%. Voor een verdere verbetering is de grootste winst te behalen in een extra denitrificatiestap omdat in de situatie van scenario 4 72% van de vermessing wordt veroorzaakt door het lozen van nitraat.

6.3.3 Aquatische ecotoxiciteit

Bij het nulscenario wordt 8,9% van de totale Nederlandse bijdrage aan de aquatische ecotoxiciteit (ECA) veroorzaakt door de lozing van ongezuiverd stedelijk afvalwater. De grootste bijdrage is afkomstig van de zware metalen (87%) en het overige deel (13%) wordt bepaald door de organische microverontreinigingen. Opvallend hoog is de bijdrage van kwik die voor 60% bepalend is voor de aquatische ecotoxiciteit bij het nulscenario (figuur 8). Ondanks het feit dat de kwikconcentratie laag is, heeft het een groot effect op de aquatische ecotoxiciteit.

Door zuivering van het afvalwater in scenario 1 neemt de bijdrage van de RWZI's aan de aquatische ecotoxiciteit af van 8,9 tot 3,1%. De zware metalen worden opgeslagen in het zuiveringsslib.



Figuur 6: Milieu-effecten als percentage van de totale Nederlandse belasting in 1990. Gegeven zijn de milieu-effecten waarvan de percentages hoger zijn dan 1%.

6.3.1 Lozing van CZV

De lozing van CZV is alleen beoordeeld op basis van de emissie omdat de potentiële effecten ten gevolge van de emissie van zuurstofbindende stoffen nog niet adequaat zijn opgenomen in de huidige LCA-methodiek. Het is duidelijk dat wanneer het afvalwater ongezuiverd wordt geloosd dit een toename in de totale Nederlandse lozing van zuurstofbindende stoffen met een factor 5,4 veroorzaakt ten opzichte van het peiljaar 1990. Als zuivering optreedt tot een CZV van 50 mg/l wordt 37% van de totale Nederlandse CZV-belasting naar het oppervlaktewater bepaald door de lozing van effluent van RWZI's.

6.3.2 Vermesting

Het milieu-effect vermisting (NP) is uitgedrukt in kg PO_4 waarbij de bijdrage van de lozing van stikstof met een bepaalde weegfactor is uitgedrukt in kg PO_4 . Om de bijdrage van de componenten N en P beter inzichtelijk te maken is de afzonderlijke bijdrage van deze componenten aan de vermisting in figuur 7 weergegeven. Bij het nulscenario wordt door het ongezuiverd lozen van afvalwater een bijdrage geleverd aan de totale vermisting in Nederland van 39%. Door toepassing van scenario 1, waarbij organische stof wordt geoxideerd en waarbij gedeeltelijke nitrificatie optreedt, neemt de potentiële bijdrage van de vermisting door het lozen van effluent op het oppervlaktewater af van 39 tot 18,3%. De afname is hierbij met name te danken aan het gebruik van fosfaat voor de aanwas van biomassa.

Tabel 19 toont het berekende genormaliseerde milieuprofiel voor alle milieueffecten voor het nulscenario en de vier zuiveringssystemen bij een totale vuilvracht van 24.000.000 i.e. Tabel 19 geeft procentueel weer wat het potentiële aandeel is van de verschillende milieueffecten van de zuivering van huishoudelijk afvalwater op de totale Nederlandse milieubelasting.

Bij de beoordeling van het nulscenario en de vier basisscenario's is gekeken naar het potentiële aandeel van alle RWZI's in Nederland in de diverse milieueffecten. De belangrijkste milieueffecten en de onderlinge verschillen tussen de diverse scenario's zijn hierbij beoordeeld. In bijlage 6 en 7 staat voor elk systeem aangegeven welke bijdrage aan de totale milieubelasting afkomstig is van de afzonderlijke systeemonderdelen.

Tabel 19: Normalisatie van de berekende belasting per scenario als percentage van de totale Nederlandse belasting (1990)

Milieuaspect	Nulscenario	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
ADP	0	0,0038	0,0032	0,0032	0,0032
EDP	0	0,122	0,272	0,278	0,313
GWP	0,309	0,66	0,91	0,92	0,97
ODP	0	0,0074	0,000056	0,000058	0,000061
HT	0,013	0,195	0,287	0,294	0,34
ECA	8,9	3,06	2,7	2,43	1,01
ECT	0	0,0003	0,0004	0,0004	0,0004
POCP	0	0,0167	0,0206	0,0252	0,0313
AP	0	0,154	0,25	0,257	0,32
NP	39	18,3	9,3	4,4	2,05
CZV	540	37	37	37	7,4
FW	4,4	3,4	4,0	4,1	4,2
TW	0	0,071	0,141	0,155	0,178
SW	0	0,32	0,89	0,9	0,99

6.3 Beoordeling milieueffecten

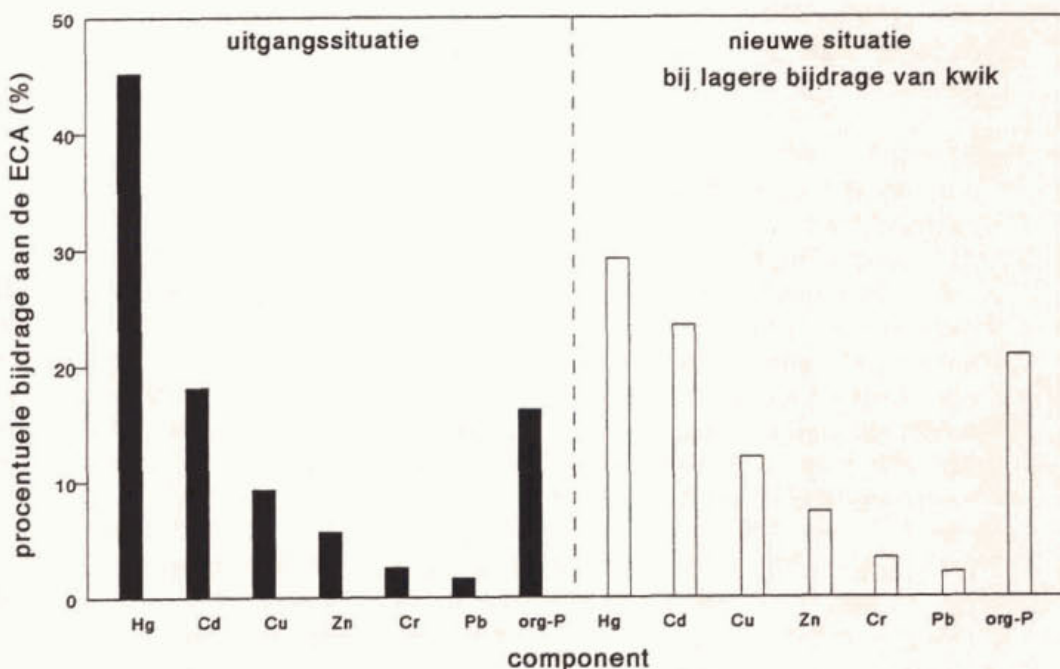
Uit tabel 19 blijkt dat de potentiële bijdrage aan de volgende vier milieueffecten relatief het grootst is (figuur 6):

- lozing CZV (CZV);
- vermesting (NP);
- aquatische ecotoxiciteit (ECA);
- gewone finale afvalstoffen (FW).

Het gaat hierbij om milieueffecten waarbij de potentiële bijdrage aan de totale Nederlandse belasting groot is bij het nulscenario en na zuivering nog > 1 % is.

componenten uit tabel 3. De lozing van zware metalen en organische microverontreinigingen is bepalend voor de genormaliseerde score van de aquatische ecotoxiciteit. De resultaten zijn afhankelijk van aannames in de influentconcentraties en verwijderingspercentages, de gebruikte normalisatiedata en aannames voor weegfactoren in de gehanteerde LCA-methode. Om deze afhankelijkheid te toetsen is voor de aquatische ecotoxiciteit een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

De bijdrage van de verschillende componenten aan de aquatische ecotoxiciteit bij scenario 3, is als uitgangssituatie gekozen. Bij de gevoeligheidsanalyse is de bijdrage van kwik met een factor twee verlaagd. De uitgangssituatie en de nieuwe situatie staan weergegeven in figuur 12. In de uitgangssituatie wordt de aquatische ecotoxiciteit met name bepaald door kwik waarvan de bijdrage circa een factor 2,5 hoger is dan voor cadmium en de organofosforverbindingen. In de nieuwe situatie ligt de bijdrage van kwik, cadmium en de organofosforverbindingen in dezelfde orde van grootte. De bijdrage van koper, zink, chroom en lood stijgt met een aantal procenten. De bijdrage van de componenten die niet staan weergegeven in figuur 12 blijft klein.



Figuur 12. Gevoeligheidsanalyse voor de aquatische ecotoxiciteit.

Er kan worden gesteld dat een verandering in één van de relatief kleine bijdragen zal leiden tot een onderlinge verschuiving in de componenten met een relatief kleine bijdrage en niet in de componenten die doorslaggevend zijn voor de aquatische ecotoxiciteit.

In deze paragraaf is de gevoeligheidsanalyse besproken voor de aquatische ecotoxiciteit. Om tevens voor de andere milieu-effecten nader te beoordelen wat het gevolg is van een wijziging in de aannames, zal een gedetailleerder gevoeligheidsanalyse dienen te worden uitgevoerd.

7 DISCUSSIE

7.1 LCA-methodiek

Met behulp van de LCA-methode zijn de verschillende scenario's voor het zuiveren van stedelijk afvalwater beoordeeld op hun onduurzaamheid voor de Nederlandse samenleving op basis van de potentiële bijdrage van de RWZI's aan de totale Nederlandse belasting voor een aantal milieu-effecten. De standaard LCA-methodiek is voor het toetsen van de duurzaamheid van de behandeling van stedelijk afvalwater niet zonder meer geschikt. Een aantal belangrijke effecten die samenhangen met lozing van CZV en met de produktie van finale afvalstoffen zijn niet meegenomen. In deze studie is dit probleem ondervangen door de emissie van CZV en de produktie van finale afvalstoffen mee te nemen in de beoordelingslijst. Bovendien is het indirecte effect van lozing van CZV en van vaste stoffen op respectievelijk CO₂-emissie en vorming van baggerslib binnen de systeemgrens meegenomen. Met deze aanpassingen wordt de LCA een geschikte methode voor het toetsen van de duurzaamheid in een milieuhygiënisch kader.

Voorts heeft de LCA-methode een aantal andere beperkingen. De regionale aspecten worden onvoldoende gekwantificeerd en in beschouwing genomen. Ook aspecten als stank en geluid en de lozing van pathogenen blijven buiten beschouwing.

Essentieel voor een juiste interpretatie van de resultaten uit de LCA is een goede normering waarbij de bijdrage van het bestudeerde object aan de totale onduurzaamheid wordt vergeleken met de totale Nederlandse belasting.

Als vergelijking zijn naast de hier gebruikte data voor de normering in tabel 21 de waarden gegeven zoals die in 1993 door het Centrum voor Milieukunde (CML) zijn gepresenteerd [5]. Het CML normeringsoverzicht geeft niet voor alle hier aan de orde zijnde milieu-effecten de betreffende data. Belangrijker is evenwel dat er belangrijke onderlinge afwijkingen zijn tussen de beide datasets in tabel 21. Deels wordt dit veroorzaakt door een afwijkende berekeningswijze. Sommige van de CML-data zijn gebaseerd op schattingen van "wereldtotalen", waarbij vervolgens het Nederlandse aandeel als circa 1 % is verondersteld.

Uit tabel 21 blijkt dat wanneer gebruik wordt gemaakt van verschillende literatuur-referenties grote verschillen in de normering kunnen worden veroorzaakt met grote consequenties voor een juiste interpretatie voor het bepalen van de duurzaamheid. Vooral de normeringsdata voor de aquatische ecotoxiciteit wijkt sterk af. Het beschikbaar hebben van betrouwbare normeringsdata is van zeer groot belang voor de toepassing van de LCA. Recent is door VROM/RIZA een omvangrijk onderzoeks-project uitgezet, waarvan de resultaten in 1996 beschikbaar zullen zijn. Dit zal moeten leiden tot een consensus over de toepassing van een juiste normering.

Tabel 21: Normalisatiedata (totaal Nederland- referentiejaar 1990) vergeleken met data van CML.

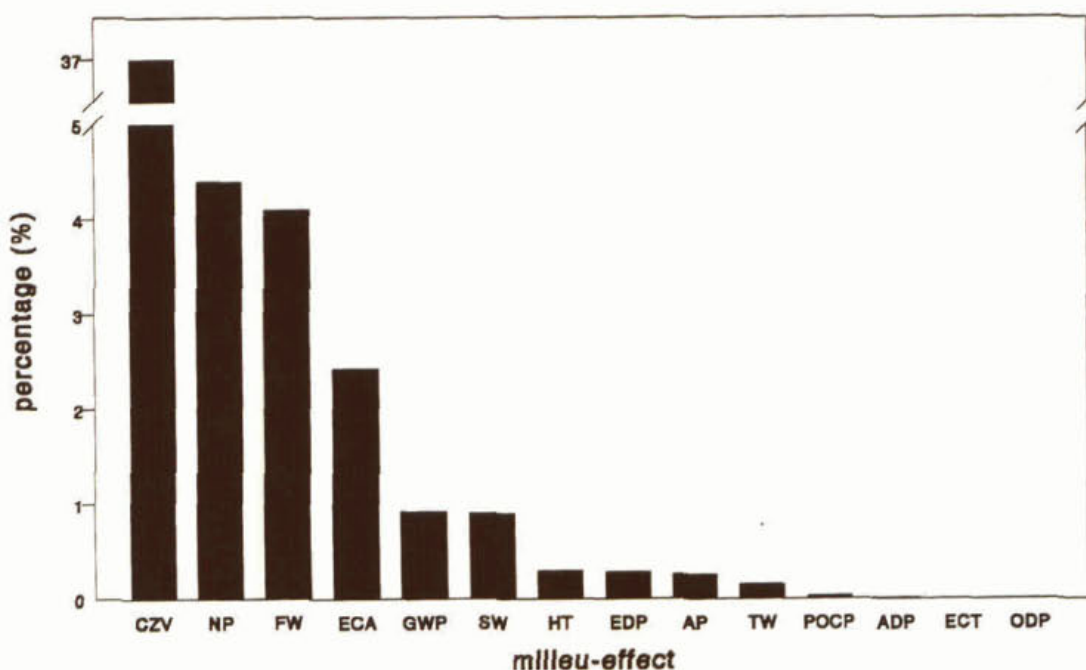
Milieuaspect	Eenheid	Totaalscore Nederland per jaar (1990)	
		In deze studie [2], [14]	CML [5]
ADP	j ⁻¹	$0,016 \cdot 10^{-3}$	NVT
EDP	GJ	$3,8 \cdot 10^9$	$2,4 \cdot 10^9$
GWP	kg CO ₂	$0,21 \cdot 10^{12}$	$0,38 \cdot 10^{12}$
ODP	kg R11	$0,006 \cdot 10^9$	$0,01 \cdot 10^9$
HT	kg hta	$0,33 \cdot 10^9$	$5,8 \cdot 10^9$
ECA	m ³ aeta	$50 \cdot 10^{12}$	$1,1 \cdot 10^{12}$
ECT	kg teta	$30 \cdot 10^{12}$	$12 \cdot 10^{12}$
POCP	kg C ₂ H ₄	$0,7 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^9$
AP	kg SO ₂	$1,0 \cdot 10^9$	$2,9 \cdot 10^9$
NP	kg PO ₄	$0,33 \cdot 10^9$	$0,75 \cdot 10^9$
CZV	kg CZV	$0,23 \cdot 10^9$	NVT
FW	kg	$13,4 \cdot 10^9$	NVT
TW	kg	$1,0 \cdot 10^9$	NVT
SW	kg	$0,6 \cdot 10^6$	NVT

7.2 Nulscenario

Het nulscenario is als referentiekader meegenomen voor de beoordeling van de behandeling van stedelijk afvalwater volgens een viertal scenario's. Aan de hand van het nulscenario is duidelijk geworden dat de standaard LCA-methode niet zonder meer toereikend is om de duurzaamheid van behandeling van stedelijk afvalwater te beoordelen. Toevoeging van een aantal beoordelingsaspecten (CZV, finale afvalstoffen) en verbreding van de systeemgrens (CO₂-emissie ten gevolge van CZV-lozing en de vorming van baggerslib) in samenhang met de vermestingsproblematiek laten de onduurzaamheid van het nulscenario zien.

7.3 Beoordeling van de duurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater bij een vergaande nutriëntenverwijdering

Gezien de huidige en toekomstige effluenteisen voor fosfaat en stikstof kan in 1998 een situatie worden bereikt die vergelijkbaar is met de geschetste situatie zoals in scenario 3. In figuur 13 zijn voor scenario 3 de potentiële bijdragen op de verschillende milieu-effecten weergegeven in volgorde van procentuele bijdrage aan de totale Nederlandse belasting. Scenario 3 is als referentiekader gekozen voor de op korte termijn te realiseren situatie. Uit de onduurzaamheidsscores voor scenario 3 blijkt dat de bijdrage in de onduurzaamheid nog vooral gevonden wordt in het watercompartiment (CZV-lozing, vermesting en aquatische ecotoxiciteit). Voorts vindt er een verschuiving plaats in de richting van de gewone finale afvalstoffen. De overige onduurzaamheidsfactoren hangen vooral samen met energieverbruik.



Figuur 13 Milieu-effecten als percentage van de totale Nederlandse belasting in 1990 bij een vergaande nutriëntenverwijdering (scenario 3).

7.3.1 CZV-lozing

De hoogste bijdrage wordt geleverd door de lozing van CZV. Deze post is echter alleen op basis van de CZV-emissie naar het water meegenomen in de LCA. De milieu-effecten ten gevolge van de lozing van CZV zijn dus buiten beschouwing gebleven. Hierbij moet gedacht worden aan het optreden van zuurstofloosheid en eventueel emissie van CH_4 bij anaërobe omstandigheden in het ontvangende oppervlaktewater.

Door verwijdering van CZV uit het afvalwater is de oppervlaktewaterkwaliteit in de afgelopen decennia sterk verbeterd en zuurstofloosheid treedt nauwelijks op. Door overstort vanuit het rioolstelsel kan wel zuurstofloosheid optreden van het ontvangende oppervlaktewater, echter deze lozingen vallen buiten de systeemgrens. De bijdrage van 37% aan de totale CZV-lozing, na zuivering tot een CZV van 50 mg/l, kan in het kader van een duurzame milieu-hygiënische ontwikkeling met betrekking tot de lozing op het oppervlaktewater niet direct als onduurzaam worden beschouwd. Ten opzichte van het nulscenario is de bijdrage van de RWZI's aan de lozing van CZV verlaagd met een factor 15.

7.3.2 Vermesting

Door een vergaande nutriëntenverwijdering in 1998 zal de potentiële bijdrage aan de vermisting 4,4% bedragen. Bij het nulscenario wordt 39% van de vermisting veroorzaakt door het lozen van ongezuiverd afvalwater zodat een reductie met een factor 9 wordt bereikt. De overige 61% wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door industrie en landbouw. Door zuivering van het afvalwater neemt de totale belasting

aan vermestende stoffen af en vindt een verschuiving plaats in de procentuele bijdrage. Na verwijdering van fosfaat en stikstof uit het afvalwater wordt nog circa 95 % van de totale belasting aan vermestende stoffen veroorzaakt door de industrie en de landbouw.

Een zeer essentieel punt bij het bevorderen van de duurzaamheid voor de vermessing is dat dit milieu-effect eigenlijk gebiedsgericht beoordeeld zou moeten worden, omdat de gebruikersfunctie van het oppervlaktewater per gebied verschillend is en er zodoende verschillende eisen kunnen worden gesteld. In een bepaald gebied kan de totale emissie van nutriënten naar het oppervlaktewater worden bepaald door de lozing van effluent door een RWZI, terwijl dit in een ander gebied kan worden bepaald door emissie uit andere bronnen.

7.3.3 Gewone finale afvalstoffen

Door het zuiveren van stedelijk afvalwater wordt een hoeveelheid zuiveringsslib gevormd, die voor 90% de productie aan finale afvalstoffen bepaalt die in de situatie van scenario 3 4,1% bedraagt van de totale Nederlandse belasting. De finale afvalstoffen worden gestort of verbrand en de milieu-effecten ten gevolge van bijvoorbeeld verschillende emissies of uitloging zijn niet in de LCA-berekening meegenomen. Aan het slib is een groot gedeelte van de zware metalen en de organische microverontreinigingen geadsorbeerd zodat de negatieve invloed van de finale afvalstoffen op het milieu hoog kan zijn. Een oplossing voor het zuiveringsslib kan bestaan uit het zorgen voor een verbetering van de kwaliteit door bronreductie. De verontreiniging bestaat voornamelijk uit zware metalen. Als wordt gekozen voor een verbetering van de kwaliteit van het slib door het verminderen van het gehalte aan zware metalen via een brongerichte aanpak zal tevens de bijdrage aan de aquatische ecotoxiciteit afnemen. Belangrijke elementen hierbij zijn kwik en cadmium.

Anderzijds kan getracht worden het zuiveringsslib of de verbrandingsresten zodanig op te werken dat hergebruik mogelijk is. De behoefte aan afzet van slib in de landbouw is echter twijfelachtig. Bij het opwerken van verbrandingsresten tot een nuttig produkt zal kritisch moeten worden gekeken naar de milieu-effecten van het verbrandingsproces zelf en de milieu-effecten bij toepassing van as.

Ook kan meer aandacht worden besteed aan de toepassing van een zuiveringsproces met een lage slibproductie. Daarbij zal goed moeten worden gekeken naar de milieu-effecten van dat andere proces. Als de zware metalen niet brongericht worden aangepakt, zal in verband met een lager verwijderingsrendement door een lagere slibproductie een zuiveringsproces moeten worden ontwikkeld dat effectief is voor de verwijdering van zware metalen.

7.3.4 Aquatische ecotoxiciteit

Door zuivering van stedelijk afvalwater neemt de potentiële bijdrage aan de aquatische ecotoxiciteit af van 8,9 tot 2,4%. De aquatische ecotoxiciteit wordt overigens voornamelijk veroorzaakt door emissie van bestrijdingsmiddelen uit andere bronnen, waaraan de landbouw een significante bijdrage levert. Een verdere verlaging tot 1 % is mogelijk door toepassing van effluentpolijsting.

Opvallend is dat de aquatische ecotoxiciteit met name wordt bepaald door de lozing van kwik en cadmium met het effluent van de RWZI. Daarnaast hebben van de organische microverontreinigingen alleen de organofosforverbindingen een significante bijdrage. De grootste winst zal worden behaald door de lozing van kwik en cadmium terug te dringen. Als bijvoorbeeld wordt geconcentreerd op een *brongerichte aanpak voor kwik dan kan de bijdrage aan de aquatische ecotoxiciteit worden verlaagd tot 1,4% zonder verdere inspanning op de RWZI zelf.*

7.3.5 Energieverbruik

De RWZI's zijn met een bijdrage van circa 0,6% kleinverbruikers van elektriciteit. Echter door het zuiveren van stedelijk afvalwater wordt de potentiële bijdrage aan een aantal milieu-effecten verhoogd. Voor een vergaande nutriëntenverwijdering is het onder de Nederlandse omstandigheden doorgaans vereist om uit te gaan van een ultralaagbelast actief-slibstelsysteem. Het energieverbruik van een actief-slibstelsysteem voor vergaande nutriëntenverwijdering is hoger vergeleken met een systeem waarin alleen organische stof wordt verwijderd en gedeeltelijke nitrificatie optreedt. Door een hoger energieverbruik neemt de bijdrage aan de milieu-effecten in figuur 10 toe met een factor 1,5 tot 2 maar *blijft voor alle milieu-effecten < 1% en levert voor deze milieu-effecten een relatief kleine bijdrage.*

7.3.6 Gebruik van bouwmaterialen en chemicaliën

De bouw en de afbraak van een RWZI hebben een marginale invloed op de onduurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater. Het gebruik van chemicaliën levert alleen een grote bijdrage aan de fotochemische smogvorming en aantasting van de ozonlaag. De totale bijdrage aan deze milieu-effecten op het Nederlands totaal is zeer klein zodat ook het gebruik van chemicaliën een relatief geringe bijdrage levert aan de onduurzaamheid.

7.4 **Vergelijking met DTO-studie**

Een groot verschil in de aanpak van DTO voor het bepalen van de onduurzaamheid van de stedelijke waterketen is dat naast de kwantitatieve beoordeling ten opzichte van het totaal niveau tevens een beoordeling ten opzichte van een gewenst niveau heeft plaatsgevonden. Er is onder andere gesteld dat de emissie van zware metalen en organische microverontreinigingen feitelijk nul zou moeten zijn. Daarom wordt de lozing van zware metalen en organische microverontreinigingen als een zeer belangrijke onduurzaamheidsfactor gezien. Bij de LCA-methodiek komt de onduurzaamheid van het lozen van zware metalen en organische microverontreinigingen tot uiting in de aquatische ecotoxiciteit. Voor de verschillende verontreinigingen zijn weegfactoren ingevoerd voor het effect op de aquatische ecotoxiciteit. Hieruit blijkt dat de grootste bijdrage wordt geleverd door kwik en daarna door cadmium. Van de organische microverontreinigingen hebben alleen de organofosforverbindingen een relatief grote bijdrage. Een gerichte aanpak voor specifiek deze verontreinigingen levert de grootste vooruitgang in een duurzame ontwikkeling.

Bij de beoordeling van de onduurzaamheid van de produktie van vaste afvalstoffen is in beide studies een identieke aanpak gehanteerd door dit uitsluitend kwantitatief te benaderen. Bij de produktie van gewone finale afvalstoffen ten gevolge van de zuivering van stedelijk afvalwater wordt circa 90% bepaald door het zuiveringsslib.

In de stedelijke waterketen van de DTO-studie wordt 60 tot 70% van de productie van vast afval bepaald door het zuiveringsslib.

Voor het milieu-effect vermisting komt uit de LCA-studie naar voren dat bij een vergaande nutriëntenverwijdering op de RWZI door andere bronnen uiteindelijk een bijdrage wordt geleverd van 95%. In de DTO-studie komt eveneens naar voren dat de waterketen een relatief kleine bijdrage levert aan de totale emissie van vermistende stoffen naar het oppervlaktewater. De vermistende stoffen zullen voor de stedelijke waterketen problematischer worden als de invloed van de afspoeling van de landbouwgronden verder gereduceerd kan worden.

Voor het energieverbruik is in de DTO-studie een gewenste situatie geschetst die ervan uitgaat dat altijd een besparing moet worden nagestreefd voor een duurzame ontwikkeling. Echter uit beide studies blijkt dat het energieverbruik van respectievelijk de waterketen en de RWZI een relatief beperkte bijdrage levert aan de totale onduurzaamheid. Ten aanzien van het chemicaliënverbruik en het gebruik van bouwmaterialen wordt in beide studies gevonden dat deze in mindere mate de onduurzaamheid bepalen.

7.5 Toetsing aan de gestelde algemene uitgangspunten

Op basis van de LCA-studie kan samenvattend worden gesteld dat de bijdrage van het zuiveren van stedelijk afvalwater aan de totale onduurzaamheid in Nederland relatief klein is als in 1998 een situatie is bereikt zoals geschetst in scenario 3, waarbij is uitgegaan van een vergaande nutriëntenverwijdering.

In deze studie is de duurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater getoetst op het totaal voor Nederland. Als de duurzaamheid echter wordt getoetst op regionaal niveau of kleiner, kan dit tot andere conclusies leiden. Voor bepaalde oppervlaktewateren zou eventueel een meer gebiedsgerichte normalisering moeten plaatsvinden om de bijdrage van de RWZI aan de onduurzaamheid in het betreffende gebied beter te kunnen beoordelen. Dit kan eventueel leiden tot de conclusie dat stikstof en fosfaat verdergaand moeten worden verwijderd op de RWZI in gebieden die gevoeliger zijn voor nutriënten.

Ten opzichte van de in hoofdstuk 1 geformuleerde algemene milieu-uitgangspunten in het kader van een duurzame milieuhygiënische ontwikkeling kan worden aangegeven dat voor het bevorderen van de duurzaamheid voornamelijk aandacht dient te worden besteed aan minimalisering van de hoeveelheid vaste afvalstoffen en de minimalisering van emissies naar het oppervlaktewater. Om hergebruik van bijvoorbeeld zuiveringsslib te bevorderen zal aandacht moeten worden besteed aan de maximale benutting van waardevolle componenten in het afvalwater en slib. Een lagere prioriteit hebben de minimalisering van luchtmissies bij zuivering en slibverwerking en de minimalisering van de energiebehoefte vanwege de relatief kleine bijdrage aan de onduurzaamheid. Een minimalisering van het gebruik van niet-hernieuwbare hulpstoffen verdient minder aandacht gezien de verwaarloosbare bijdrage aan de onduurzaamheid van het gebruik hiervan bij het zuiveren van stedelijk afvalwater. Met de genoemde milieu-uitgangspunten is overigens niet het volledige begrip duurzaamheid getoetst. Niet meegenomen zijn de aspecten van maximale betrouwbaarheid en flexibiliteit, inpassing in de infrastructuur, ruimtebeslag en hinder door stank en geluid.

7.6 Verbeteranalyse

Met kennis van de processen, milieu-ingrepen en milieu-effecten, die gemoeid zijn met de functionele eenheid, is het mogelijk aan te geven wat uit milieukundig oogpunt verbeteringen zijn. Als startpunt van deze verbeteranalyse kan gekozen worden voor de situatie in scenario 3 omdat in 1998 het overgrote deel van de RWZI's zodanig zal zijn ingericht dat voldaan kan worden aan de gestelde eisen voor stikstof en fosfaat. Omdat een algehele minimalisering van alle milieu-effecten moeilijk te realiseren zal zijn, kan bij de gestelde milieu-uitgangspunten beter worden gesproken van een optimalisering. Bij de optimalisering zullen weegfactoren moeten worden toegepast om de mate van urgentie voor de optimalisering van een bepaald milieuthema te kunnen bepalen. Naast de RWZI zijn er immers meerdere bronnen die bijdragen aan een bepaald milieu-effect. Als de bijdrage aan een milieu-effect verminderd moet worden, moet worden nagegaan via welke bron een gerichte aanpak op de meest eenvoudige manier kan worden gerealiseerd, waarbij eenvoudig kan betekenen: sneller, goedkoper of effectiever.

LCA-methodiek voor de beoordeling van de duurzaamheid

- De standaard LCA-methodiek is voor het toetsen van de duurzaamheid van de behandeling van stedelijk afvalwater niet zonder meer geschikt, omdat een aantal belangrijke effecten, die samenhangen met lozing van CZV en met de produktie van finale afvalstoffen, niet standaard worden meegenomen. Verder blijven aspecten als stank en geluid en de lozing van pathogenen buiten beschouwing.
- Na aanpassing van de standaard LCA-methodiek met de opname van de emissie van CZV en de produktie van finale afvalstoffen in de beoordelingslijst lijkt de LCA een geschikte methode voor het toetsen van de duurzaamheid in een milieuhygiënisch kader.
- Een juiste normering ten opzichte van de totale Nederlandse bijdrage aan de onduurzaamheid is essentieel bij het uitvoeren van een LCA.
- Om de bijdrage van de RWZI aan de onduurzaamheid in relatie tot andere bronnen op lokaal niveau te kunnen beoordelen, moet de LCA-methodiek meer gebiedsgericht worden uitgevoerd.

Vergelijking van de diverse zuiveringsscenario's

- Bij een vergaande zuivering neemt de onduurzaamheid af voor de vermestende stoffen, voor de aquatische ecotoxiciteit en voor de lozing van CZV naar het oppervlaktewater.
- De bijdrage aan de produktie van gewone finale afvalstoffen ligt voor alle scenario's in dezelfde orde van grootte. Bij het nulscenario wordt dit bepaald door de produktie van baggerslib en bij de andere vier scenario's door de produktie van zuiveringsslib.
- De bijdrage aan de milieu-effecten, direct of indirect veroorzaakt door het energieverbruik, neemt toe naarmate er verdergaand wordt gezuiverd. Hierbij moet gedacht worden aan een grotere uitputting van fossiele brandstoffen en een toename van de emissie van verontreinigende stoffen naar de atmosfeer.

Duurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater

- Bij een vergaande nutriëntenverwijdering is de totale bijdrage van het zuiveren van stedelijk afvalwater aan de onduurzaamheid in Nederland relatief gering vergeleken met de bijdrage van overige bronnen.
- De grootste bijdrage wordt geleverd aan de milieu-effecten vermesting en aquatische ecotoxiciteit en de produktie van gewone finale afvalstoffen.

- De totale vermesting conform de LCA-methode wordt landelijk bepaald door lozingen van landbouw, industrie en RWZI's. Verhoudingsgewijs levert de RWZI bij vergaande nutriëntenverwijdering de kleinste bijdrage. Omdat het milieu-effect vermesting zich echter ook op lokaal niveau afspeelt, zal een meer gebiedsgerichte classificatie en normalisering moeten plaatsvinden om vast te stellen welke bron moet worden aangepakt.
- De bijdrage van de RWZI aan de aquatische ecotoxiciteit wordt vooral bepaald door de lozing van de zware metalen kwik en cadmium op het oppervlaktewater. Van de organische microverontreinigingen hebben alleen de organofosforverbindingen een significante bijdrage. Overigens is deze bijdrage nog altijd minder dan 1% van de bijdrage veroorzaakt door alle overige bronnen voor organische microverontreinigingen.
- De produktie van gewone finale afvalstoffen wordt voor 90% veroorzaakt door de produktie van zuiveringsslib. De milieu-effecten die ontstaan door verwerking van finale afvalstoffen zijn in de aangepaste LCA-methodiek niet beschreven.
- Een relatief kleinere bijdrage van de RWZI aan de onduurzaamheid wordt geleverd door milieu-effecten die direct of indirect worden veroorzaakt door energieverbruik. De bijdrage aan milieu-effecten als broeikaseffect en uitputting van fossiele brandstoffen is daardoor gering.
- Het gebruik van chemicaliën bij het zuiveren van stedelijk afvalwater levert een relatief geringe bijdrage aan de onduurzaamheid.
- De bouw en de afbraak van een RWZI hebben relatief een marginale invloed op de onduurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater.

Duurzame ontwikkeling bij de zuivering van stedelijk afvalwater

- Voor het bevorderen van de duurzaamheid dient ten eerste aandacht te worden besteed aan minimalisering van de hoeveelheid vaste afvalstoffen en minimalisering van emissies naar het oppervlaktewater. Dit op basis van het uitgangspunt dat de jaarlijkse totale belasting in Nederland als zijnde even belangrijk wordt gesteld voor elk milieu-effect.
- Een lagere prioriteit hebben de minimalisering van luchtmissies bij zuivering en slibverwerking en de minimalisering van de energiebehoefte vanwege de relatief kleine bijdrage aan de onduurzaamheid.
- Een minimalisering van het gebruik van niet hernieuwbare hulpstoffen verdient minder aandacht gezien de relatief verwaarloosbare bijdrage aan de onduurzaamheid van het gebruik hiervan bij het zuiveren van stedelijk afvalwater.

- Om de onduurzaamheid van de zuivering van stedelijk afvalwater goed te kunnen beoordelen met de LCA-methode, zal een goede beschrijving moeten worden opgesteld voor de milieu-effecten, die worden veroorzaakt door de verwerking van geproduceerde gewone finale afvalstoffen en door de lozing van CZV en pathogene organismen.
- Functies van oppervlaktewater en onduurzaamheidsfactoren zijn van gebied tot gebied verschillend. Dit kan voor bepaalde gebieden leiden tot een onjuiste interpretatie van de onduurzaamheidsfactoren, indien vergelijking op basis van de landelijke cijfers plaatsvindt. De beoordeling van de duurzaamheid zal voor specifieke locaties meer gebiedsgericht moeten worden uitgevoerd.
- Om inzicht te verkrijgen in het belang van aannames bij de inventarisatie en uitvoering van de LCA voor de beoordeling van de onduurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater zal een gedetailleerde gevoeligheidsanalyse moeten worden uitgevoerd.
- Verdere ontwikkeling van de verbeteranalyse zal moeten aangeven hoe een duurzamer technologie voor het zuiveren van stedelijk afvalwater meer in concreto zal moeten worden gerealiseerd.
- Voor de bepaling van de duurzaamheid van het zuiveren van stedelijk afvalwater in een breder kader zal tevens een beoordeling moeten plaatsvinden voor inpassing in de infrastructuur, ruimtebeslag, het streven naar maximale betrouwbaarheid en flexibiliteit en hinder, veroorzaakt door stank en geluid.
- Omdat een algehele minimalisering van alle milieu-effecten moeilijk te realiseren zal zijn, kan bij de gestelde milieu-uitgangspunten beter worden gesproken van een optimalisering. Bij de optimalisering zullen weegfactoren moeten worden toegepast om de mate van urgentie voor de optimalisering van een bepaald milieuthema te kunnen bepalen. Behalve de RWZI zijn er op landelijk niveau meerdere bronnen die bijdragen aan een bepaald milieu-effect. Als de bijdrage aan een milieu-effect verminderd moet worden, moet worden nagegaan via welke bron een effectieve aanpak het eenvoudigst kan worden gerealiseerd.

- [1] CBS (1990), Waterkwaliteitsbeheer, deel b, zuivering van afvalwater, milieustatistieken.
- [2] CBS (1995), Milieustatistieken voor Nederland 1994.
- [3] DTO, Duurzame Technologische Ontwikkeling (1994), Duurzame Stedelijke Waterkringloop, Verkennende studie DTO-water, RIZA en Witteveen + Bos.
- [4] Eggels, P.G., Ven van der, B.L. (1994), TNO ME rapport 94-241.
- [5] Guinée, J.B. (1993), Data for the normalisationstep within life cycle assessment of products, CML paper nr. 14.
- [6] Heijungs, R., Guinée, J.B., Huppes, G., Lankreyer, R.M., Udo de Haes, H.A., Wegener Sleeswijk, A., Ansems, A.M.M., Eggels, P.G., Duin van, R. en Goede de, H.P. (1992), Milieugerichte levenscyclusanalyses van produkten, handleiding en achtergronden.
- [7] Koot, A.C.J. (1980), Behandeling van afvalwater, Technische Universiteit Delft.
- [8] RIZA (1995), Huidige samenstelling effluënten Nederlandse RWZI's, deel a, minimale en maximale waarden tussen 1980 en 1992.
- [9] Rulkens, W.H., Starkenburg van, W. (1993), Voldoet de toekomstige zuivering van stedelijk afvalwater aan duurzame milieuhygiënische ontwikkelingen?, *H₂O*, 26, 3, pp. 77-81.
- [10] Sas, H. (1994), Verwijdering van huishoudelijk kunststofafval, CE-rapport.
- [11] Somers, J.B.M., Loo van der, H., Schotel, F.M. (1994), Zwarte lijststoffen in communaal afvalwater in Noord-Brabant.
- [12] Spoel van der, H., Schutte, A.J.H., Harmsen, G.H., Pols, H.B. (1990), Zwarte-lijststoffen in Noord-Brabant, Zuiveringsrendementen van rioolwaterzuiveringsinstallaties, RIZA-Werkdocument 90.048 X-I.
- [13] Stofkoper, J.A., Trentelman, C.C.M. (1982), Richtlijnen voor het dimensioneren van ronde nabezinktanks voor actief-slibinstallaties, *H₂O*, 15, 14, pp. 344-353.
- [14] VROM (1993), Industriële emissies in Nederland, Bedrijfs groepen, individuele stoffen en verdeling over regio's, data 1990, Publikatiereeks ER nr. 14.
- [15] Wicht, H., Beier, M. (1995), N₂O-Emissionen aus Nitrifizierenden und Denitrifizierenden Kläranlagen, *Kor. Abw.*, 42, 3, pp. 404-413.

BIJLAGE 1

DIMENSIONERING VAN DE ZUIVERINGSVARIANTEN VOLGENS SCENARIO 1 TOT EN MET 4

Tabel 22: Dimensionering van de zuiveringsvarianten volgens de scenario's 1 t/m 4

Element	Scenario				Eenheid
	1	2	3	4	
Zandvanger					
oppervlaktebelasting	30	30	30	30	m/h
oppervlakte	100	100	100	100	m ²
binnendiameter	11,3	11,3	11,3	11,3	m
Voorbezinker					
aantal	2				-
oppervlaktebelasting	2				m/h
oppervlakte	750				m ²
diameter	30,9				m
kantdiepte	2				m
BZV-verwijdering	31,5				%
CZV-verwijdering	31,5				%
N _K -verwijdering	5				%
TS-verwijdering	65				%
slibproductie	4.380				kg/d
slibgehalte	10				g/l
slibvolume	438				m ³ /d
Anaërobe ruimte					
aantal			2	2	-
contacttijd			2	2	h
volume			2.000	2.000	m ³
Beluchtingstank					
aantal	1	2	2	2	-
slibbelasting	0,15	0,06	0,06	0,06	kg BZV/kg d.s.d
slibgehalte	4	4	4	4	g d.s./l
volume	6.165	11.073	11.073	11.073	m ³
aërobe zone	100	75	75	75	%
aëroob volume	6.165	8.305	8.305	8.305	m ³
anoxische zone	0	2.768	2.768	2.768	m ³
diepte	4	4	4	4	m
oppervlakte	1.541	2.768	2.768	2.768	m ²
L/B-verhouding	7	7	7	7	-
lengte	104	140	140	140	m
breedte	14,8	20	20	20	m
verblijftijd	4,74	8,65	8,65	8,65	h
SVI	150	150	150	150	ml/g
slibproductie	0,78	1	1	1	kg d.s./kg BZVA
slibproductie	2.733	5.205	5.205	5.205	kg/d
asgehalte (%)	32	32	32	32	%
Nabezinktank					
aantal	2	4	4	4	-
oppervlaktebelasting	0,8	0,72	0,72	0,72	m/h
oppervlakte	1.875	1.039	1.039	1.039	m ²
kantdiepte	1,5	1,5	1,5	1,5	m
diameter	48,9	36,4	35,9	35,9	m
slibproductie	2.781	5.205	5.387	5.387	kg/d
d.s.-gehalte	10	10	10	10	g/l
slibvolume	278	521	539	539	m ³ /d

Element	Scenario				Eenheid
	1	2	3	4	
Vlokkingsfilter					
aantal				1	-
oppervlaktebelasting				15	m/h
oppervlak				300	m ²
bedhoogte				3	m
slibproductie				312	kg/d
Actiefkoolfilter					
aantal				4	-
oppervlaktebelasting				10	m/h
totaal oppervlak				450	m ²
bedhoogte				3	m
Voorindikker					
drogestofbelasting	30	30	30	30	kg/m ² .d
oppervlakte	237	174	180	190	m ²
diameter	17,4	14,9	15,1	15,6	m
kantdiepte	3	3	3	3	m
verblijftijd	1	1	1	1	h
FeCl ₃ -dosering					
slibproductie	7.113	5.205	5.387	5.699	kg/d
slibgehalte	30	30	30	30	g/l
slibvolume	237	174	180	190	m ³ /d
organisch-stofgehalte	68	68	66	66	%
Slibgisting					
temperatuur	33				°C
verblijftijd	20				d
nat volume	4.740				m ³
H/D-verhouding	1				-
diameter	18,2				m
hoogte	18,2				m
kophoogte	1				m
organische-stofreductie	50				%
droge-stofreductie	34				%
slibproductie	4.658				kg/d
slibgehalte	20				g/l
slibvolume	233				m ³ /d
organisch-stofgehalte	51,6				%
Naïndikker					
drogestofbelasting	20				kg/m ² .d
oppervlakte	234				m ²
diameter	17,3				m
kantdiepte	3				m
verblijftijd	3				d
slibproductie	4.685				kg/d
slibgehalte	40				g/l
slibvolume	116				m ³ /d
Slibverwerking					
slibproductie	4.658	5.205	5.387	5.699	kg/d
slibproductie	117	174	180	190	m ³ /d
aantal werkdagen	5	5	5	5	-
draaiuren per dag	8	8	8	8	-
capaciteit	20,5	30,4	31,4	33,3	m ³ /h
chemicaliën	4	4	4	4	g PE/kg d.s.
slibgehalte afvoer	200	200	200	200	g/l
slibproductie	23,3	26	26,9	28,5	m ³ /d

BIJLAGE 2

BEREKENING VAN HET ENERGIEVERBRUIK EN GRONDSTOFFENVERBRUIK

Tabel 23: Berekening van de beluchtingsenergie voor scenario 1 t/m 4

Zuiveringsvariant	1	2	3	4	Eenheid
BELUCHTING					
BZV-afbraak	1.752	2.603	2.603	2.603	kg O ₂ /d
nitrificatie	2.867	4.293	4.293	4.293	kg O ₂ /d
denitrificatie	0	- 2.129	- 2.129	- 2.129	kg O ₂ /d
endogeen-factor	0,12	0,08	0,08	0,08	kg O ₂ /kgd.s.d
endogeen	2.959	7.087	7.087	7.087	kg O ₂ /d
SOM	7.578	11.855	11.855	11.855	kg O ₂ /d
piekfactor	1,2	1,2	1,2	1,2	-
setpoint	2	2	2	2	mg/l
deficiet	1,25	1,25	1,25	1,25	-
zuurstof	11.370	17.782	17.782	17.782	kg/d
benutting	5	5	5	5	%/m
α -factor	0,7	0,9	0,9	0,9	-
lucht	12.085	14.700	14.700	14.700	m ³ /h
beluchtingsenergie	2.075	3.245	3.245	3.245	MWh/j

Tabel 24: Berekening van de benodigde hoeveelheid energie per procesonderdeel voor scenario 1 t/m 4.

Zuiveringsvariant	1	2	3	4	Eenheid
ENERGIE					
roostermechanisme	21	21	21	21	MWh/j
zandvanger	10	10	10	10	MWh/j
zandwasser	12	12	12	12	MWh/j
voorbezinktank	35				MWh/j
verzursingsreactor					MWh/j
beluchting	2.075	3.245	3.245	3.245	MWh/j
anoxische ruimte		45	45	45	MWh/j
anaërobe ruimte			35	35	MWh/j
tussenbezinktank					MWh/j
oxydatiebed					MWh/j
post-deN-filter					MWh/j
nabezinktank	35	35	35	35	MWh/j
effluentpolijsting				350	MWh/j
voorindikker	14	14	14	14	MWh/j
gisting	98				MWh/j
centrifuge		220	220	220	MWh/j
naindikker	14				MWh/j
zeefbandpers	96				MWh/j
stankbestrijding	2	2	2	2	MWh/j
rest (pompen, vijzels e.d.)	337	267	267	267	MWh/j
totaal	2.749	3.871	3.906	4.256	MWh/j

Tabel 25: Berekening van de gasproductie en benutting voor de opwekking van elektriciteit en warmtebehoefte.

Zuiveringsvariant	1	2	3	4	Eenheid
GASPRODUKTIE					
biogas	1.850				m ³ /d
affakkelen	2				%
aardgaseq/h	52,8				m ³ /h
gasbenutting					
elektrische energie	32				%
opwarming	30				%
elektrische energie	149				kW
elektrische energie	1.380				MWh/j
beschikbaar opwarming	12.100				MJ/d
opwarming 14 -> 33 øC	19.050				MJ/d
inkopen aardgas	80.000				m ³ /j

Tabel 26: Benodigde hulpstoffen en energiedragers voor scenario 1 t/m 4.

Zuiveringsvariant	1	2	3	4	Eenheid
HULPSTOFFEN/ ENERGIEDRAGERS					
polymeer	6.860	7.600	7.865	8.330	kg/j
FeCl ₃			233.400	419.550	kg/j
actief kool				31.500	kg/j
olie	3	3	3	3	m ³ /j
aardgas	80.000				m ³ /j
elektriciteit					
verbruik	2.749	3.871	3.906	4.256	MWh/j
productie	1.380				MWh/j

BIJLAGE 3

MATERIALENVERBRUIK

Tabel 27: Verbruik van materialen bij de constructie van de procesonderdelen voor scenario 1, 2 en 3.

Onderdeel	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3		Eenheid	Materiaal
		Hoef.		Hoef.		Hoef.		
Roostergoedinstallatie en zandvanger								
rooster	1	2000	1	2000	1	2000	kg	RVS
transporteur								
frame	1	170	1	170	1	170	kg	staal
band	1	0,275	1	0,275	1	0,275	m ³	rubber
zandvanger	1	92	1	92	1	92	m ³	beton
wapening	-	9180	-	9180	-	9180	kg	WS
brug, arm + motor	1	5000	1	5000	1	5000	kg	staal
stroomverdelers	-	515	-	515	-	515	kg	staal
vijzel	1	120	1	120	1	120	kg	staal
bedekking	1	0,6	1	0,6	1	0,6	m ³	Al
wandbekleding	1	1,6	1	1,6	1	1,6	kg	PVC
zandwasinstallatie	1	1700	1	1700	1	1700	kg	staal
trap	2	1190	2	1190	2	1190	kg	RVS
Voorbezinktank								
voorbezinktank	2	850					m ³	beton
bordes	2	30					m ³	beton
wapening	-	87850					kg	WS
bekleding	2	9					kg	PVC
arm, ruimer, motor	2	7975					kg	staal
overstortrand	2	3885					kg	RVS
afdekking	2	0,15					m ³	Al
leuningen	-	1910					kg	RVS
trap	4	850					kg	RVS
Anaërobe ruimte								
anaërobe tank			2	614,6			m ³	beton
wapening			-	61466			kg	WS
Beluchtingstank								
beluchtingstank	1	1123	2	4416	2	4416	m ³	beton
wapening	-	112300		441600		441600	kg	WS
leuningen	-	1000					kg	RVS
trap	1	340					kg	RVS
puntbeluchters	-		6	3900	6	3900	kg	staal
domes	-	3000					m ³	keramiek
toevoerleidingen	-	5,3					m ³	GVK
beluchtungsleidingen	-	103					kg	PVC
Nabezinker	-							
nabezinker	2	1765	4	1994	4	1994	m ³	beton
wapening	-	176255	-	199400	-	199400	kg	WS
arm, ruimer + motor	2	12600		18768		18768	kg	staal
overstortrand	2	6140		9140		9140	kg	RVS
Voorindikker								
indikker	1	160	1	125	1	135	m ³	beton
wapening	-	16000	-	12500	-	13740	kg	WS
afdekking	1	0,7	1	0,52	1	57	m ³	PVC
ondersteuning	1	1239	1	918	1	1005	kg	RVS
bekleding	1	2,5	1	2,2	1	2,3	m ³	PVC
arm, ruimer + motor	1	2242	1	1917	1	2011	kg	staal
overstortrand	1	1092	1	934	1	979	kg	RVS
trap	2	850	2	850	2	850	kg	RVS

Onderdeel	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3		Eenheid	Materiaal
		Hoef.		Hoef.		Hoef.		
Slibgistingstank								
gistingstank	1	502					m ³	beton
wapening	-	50212					kg	WS
isolatie	1	66					m ³	PUR
isolatie	1	6153					kg	Al
trap	1	1870					kg	RVS
Gashouder								
kap	1	3					m ³	beton
vloer	1	30					m ³	beton
wapening	-	3010					kg	WS
Naindikker								
naindikker	1	159					m ³	beton
wapening	-	15860					kg	WS
afdekking	1	0,7					m ³	PVC
ondersteuning	1	1227					kg	RVS
bekleding	1	2,5					m ³	PVC
arm, ruimer + motor	1	2231					kg	staal
overstortrand	1	1086					kg	RVS
Zeefbandpers								
pers	1	3000					kg	staal
Centrifuge								
staal			1	4200	1	4200	kg	staal
gietijzer			1	1800	1	1800	kg	gietijzer
Stankbestrijding								
ventilator	1	200	1	100	1	100	kg	kunststof
ventilator	1	50	1	30	1	30	kg	staal
compostbak	1	0,25	1	0,05	1	0,05	m ³	GVK
compost	-	50	-	10	-	10	m ³	compost
Leidingen								
leidingen	-	109	-	198	-	198	m ³	beton
leidingen	-	5454	-	9892	-	9892	kg	WS
leidingen	-	0,1	-	0,1	-	0,1	m ³	PVC
leidingen	-	0,1					m ³	gietijzer
leidingen	-	0,3					m ³	HDPE
leidingen	-	0,015					m ³	staal
ELEKTRISCHE EN MECHANISCHE ONDERDELEN								
Pompen en vijzels								
influentpomp	3	11100	3	11100	3	11100	kg	staal
primaair-slibpomp	6	200	3	300		300	kg	staal
surplus-slibpomp	2	200	2	4000	3	4000	kg	staal
slibretourvijzel	2	4000	3	300	2	300	kg	staal
ingedikt-slibpomp	2	200			3		kg	staal
uitgegist-slibpomp	2	200					kg	staal
Compressoren, motoren, generatoren								
compressoren	3	2000					kg	staal
compressorfilters	4	600					kg	kunststof
gasmotor/generator	1	2500					kg	staal
Elektriciteit								
elektriciteitsdraden	-	20	-	20			kg	koper
GEBOUWEN								
Zandvangergebouw								
gebouw	1	175	1	175	1	175	m ³	beton
gebouw	1	17415	1	17415	1	17415	kg	WS
deuren	2	36,7	2	36,7	2	36,7	kg	Al

Onderdeel	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3		Eenheid	Materiaal
		Hoef.		Hoef.		Hoef.		
Compressoreengebouw								
gebouw	1	50					m ³	beton
gebouw	1	50000					kg	staal
deuren	3	0,005					m ³	plastisol
deuren	3	0,08					m ³	V-board
deuren	3	0,007					m ³	VZ-staal
deuren	3	0,6					m ³	steenwol
isolatie	-	5,5					m ³	h.kostiek
Zeefbandpersgebouw								
gebouw	1	45,2					m ³	baksteen
gebouw	1	13,8					m ³	mortel
deuren	1	70					kg	Al
ramen	1	50					kg	Al
fundering	3	55					kg	Al
ramen	3	0,005					m ³	glas
fundering	-	15,2					m ³	beton
fundering		1524					kg	WS
Centrifugegebouw								
gebouw			1	45,2	1	45,2	m ³	baksteen
gebouw			1	13,8	1	13,8	m ³	mortel
deuren			1	70	1	70	kg	Al
ramen			1	50	1	50	kg	Al
fundering			3	55	3	55	kg	Al
ramen			3	0,005	3	0,005	m ³	glas
fundering			-	15,2	-	15,2	m ³	beton
fundering				1524		1524	kg	WS

Tabel 28: Het totale materialenverbruik bij de scenario's 1, 2 en 3

Materiaal	Scenario			Eenheid
	1	2	3	
beton	5.013	7.630	7.025	m ³
staal	60.203	43.920	44.014	kg
WS	495.060	752.977	692.751	kg
RVS	24.679	15.032	15.164	kg
VZ-staal	0,007	0	0	m ³
kunststof	800	100	100	kg
PUR-schuim	66	0	0	m ³
GVK	5,55	0,05	0,05	m ³
koper	20	20	0	kg
baksteen	45,2	45,2	45,2	m ³
mortel	13,8	13,8	13,8	m ³
aluminium	6.365	212	212	kg
glas	0,005	0,005	0,005	m ³
HDPE	0,3	0	0	m ³
compost	50	10	10	m ³
plastisol	0,005	0	0	m ³
vezelboard	0,08	0	0	m ³
steenwol	0,6	0	0	m ³
herakostiek	5,5	0	0	m ³

BIJLAGE 4

EMISSIONS NAAR LUCHT EN WATER

Tabel 29: Emissies uit beluchting, emissies uit biogas en totale emissie naar de lucht voor scenario 1 t/m 4.

Zuiveringsvariant	1	2	3	4	Eenheid
EMISSION UIT BELUCHTING					
CO ₂ per CZV	1,38	1,38	1,38	1,38	kg CO ₂ /kg CZV
delta CZV	8.786	13.280	13.280	13.280	kg/d
slibproductie AT	2.685	5.026	5.026	5.026	kg CZV/d
CO ₂ AT	8.389	11.340	11.340	11.340	kg CO ₂ /d
N ₂ O		7,4	7,4	7,4	kg/d
SAMENSTELLING BIOGAS					
biogassamenstelling					
H ₂ S	0,1				%
NH ₃	0,2				%
N ₂	0,2				%
CH ₄	64,8				%
CO ₂	34,7				%
EMISSIONS UIT BIOGAS					
CO ₂	1.852				m ³ /d
SO ₂	1,86				m ³ /d
NO _x	2,9				kg/d
TOTALE EMISSION					
CO ₂	4.400	4.140	4.140	4.140	ton/j
SO ₂	1.990				kg/j
NO _x	1.060				kg/j
N ₂ O		2.700	2.700	2.700	kg/j

Tabel 30: Emissies naar het oppervlaktewater van scenario 1 t/m 4.

Zuiveringsvariant	1	2	3	4	Eenheid
EMISSIONS VAN EFFLUENT					
CZV	355	355	355	71	ton/j
BZV	71	71	71	7	ton/j
N _{Kj}	127	25	25	7	ton/j
NO _{2,3} -N	228	46	46	46	ton/j
N _{tot}	355	71	71	53	ton/j
P _{tot}	29	29	28,5	0,7	ton/j
Zwevende stof	71	71	71	7	ton/j
Koper	346	285	269	24	kg/j
Chroom	147	131	149	14	kg/j
Zink	1132	933	860	232	kg/j
Lood	55	47	47	4	kg/j
Cadmium	5	5	5	1,4	kg/j
Nikkel	76	73	95	60	kg/j
Kwik	7	6	5	3	kg/j
Arseen	18	17	19	1,8	kg/j
Chloorhoudende pesticiden	0,5	0,5	0,5	0,0	kg/j
PAK	0,6	0,6	0,6	0,0	kg/j
PCB	0	0	0	0,0	kg/j
Chlooranilines	2,2	2,2	2,2	0,6	kg/j
Chloorfenolen	9,7	9,7	9,7	0,7	kg/j
4-chloor-3-methylfenol	0,1	0,1	0,1	0,0	kg/j
Vluchtige aromaten	35,1	35,1	35,1	3,2	kg/j
Organostikstofverbindingen	3	3	3	0,3	kg/j
Organofosforverbindingen	2,3	2,3	2,3	0,2	kg/j

BIJLAGE 5

**JAARLIJKSE HOEVEELHEID VAN GESTORT,
VERBRAND OF HERGEBRUIKT MATERIAAL**

Tabel 31: Bestemming van afgedankt materiaal (verdeling naar hergebruik, stort en verbranden)

Bestemming	Hergebruik	Storten	Verbranden
wapen.staal	90,0%	6,7%	3,3%
staal	95,0%	3,4%	1,7%
RVS	99,0%	0,7%	0,3%
rubber	0,0%	67,0%	33,0%
PVC	50,0%	33,5%	16,5%
beton	90,0%	6,7%	3,3%
aluminium	95,0%	3,4%	1,7%
polystyreen	0,0%	67,0%	33,0%
keramiek	0,0%	67,0%	33,0%
glasvezel-kunststof	0,0%	67,0%	33,0%
PUR-schuim	0,0%	67,0%	33,0%
gietijzer	95,0%	3,4%	1,7%
kunststof nnb	0,0%	67,0%	33,0%
HDPE	0,0%	67,0%	33,0%
plastisol	0,0%	67,0%	33,0%
vezelboard	0,0%	67,0%	33,0%
VZ.staal	95,0%	3,4%	1,7%
steenwol	0,0%	67,0%	33,0%
herakostiek	0,0%	67,0%	33,0%
baksteen	90,0%	6,7%	3,3%
mortel	90,0%	6,7%	3,3%
glas	50,0%	33,5%	16,5%
koper	90,0%	6,7%	3,3%
compost	100,0%	0,0%	0,0%

Tabel 32: Materiaalgebruik bij systeem 1 en bestemming na afdanking
(hoeveelheden betrokken op 1 jaar levensduur van de installatie)

Materiaal	Productie kg/jaar	Hergebruik kg/jaar	Storten kg/jaar	Verbranden
wapen.staal	1,80e+04	1,62e+04	1,21e+03	5,94e+02
staal	7,82e+03	7,43e+03	2,62e+02	1,29e+02
RVS	9,51e+02	9,42e+02	6,37e+00	3,14e+00
rubber	1,24e+01	0,00	8,29e+00	4,08e+00
PVC	3,83e+03	1,92e+03	1,28e+03	6,32e+02
beton	4,61e+05	4,15e+05	3,09e+04	1,52e+04
aluminium	2,80e+02	2,66e+02	9,37e+00	4,61e+00
polystyreen	0,00	0,00	0,00	0,00
keramiek	1,00e+02	0,00	6,70e+01	3,30e+01
glasvezel-kunststof	1,85e+02	0,00	1,24e+02	6,11e+01
PURschuim	8,80e+02	0,00	5,90e+02	2,90e+02
gietijzer	2,63e+01	2,50e+01	8,82e-01	4,35e-01
kunststof nnb	4,67e+01	0,00	3,13e+01	1,54e+01
HDPE	7,00e+00	0,00	4,69e+00	2,31e+00
plastisol	1,67e-01	0,00	1,12e-01	5,50e-02
vezelboard	6,67e-01	0,00	4,47e-01	2,20e-01
VZ.staal	1,87e+00	1,77e+00	6,25e-02	3,08e-02
steenwol	4,00e+01	0,00	2,68e+01	1,32e+01
herakostiek	2,75e+02	0,00	1,84e+02	9,08e+01
baksteen	2,71e+03	2,44e+03	1,82e+02	8,95e+01
mortel	1,38e+03	1,24e+03	9,25e+01	4,55e+01
glas	4,33e-01	2,17e-01	1,45e-01	7,15e-02
koper	5,93e+03	5,34e+03	3,98e+02	1,96e+02
compost	5,00e+04	5,00e+04	0,00	0,00

Tabel 33: Materiaalgebruik bij systeem 2 en bestemming na afdanking
(hoeveelheden betrokken op 1 jaar levensduur van de installatie)

Materiaal	Productie kg/jaar	Hergebruik kg/jaar	Storten kg/jaar	Verbranden kg/jaar
wapen.staal	2,46e+04	2,21e+04	1,65e+03	8,11e+02
staal	5,05e+03	4,80e+03	1,69e+02	8,33e+01
RVS	6,34e+02	6,28e+02	4,25e+00	2,09e+00
rubber	1,24e+01	0,00	8,29e+00	4,08e+00
PVC	2,29e+01	1,14e+01	7,66e+00	3,77e+00
beton	6,24e+05	5,61e+05	4,18e+04	2,06e+04
aluminium	6,11e+01	5,80e+01	2,05e+00	1,01e+00
polystyreen	0,00	0,00	0,00	0,00
keramiek	0,00	0,00	0,00	0,00
glasvezel-kunststof	1,67e+00	0,00	1,12e+00	5,50e-01
PURschuim	0,00	0,00	0,00	0,00
gietijzer	6,00e+01	5,70e+01	2,01e+00	9,90e-01
kunststof nnb	3,33e+00	0,00	2,23e+00	1,10e+00
HDPE	0,00	0,00	0,00	0,00
plastisol	0,00	0,00	0,00	0,00
vezelboard	0,00	0,00	0,00	0,00
VZ.staal	0,00	0,00	0,00	0,00
steenwol	0,00	0,00	0,00	0,00
herakostiek	0,00	0,00	0,00	0,00
baksteen	2,71e+03	2,44e+03	1,82e+02	8,95e+01
mortel	1,38e+03	1,24e+03	9,25e+01	4,55e+01
glas	4,33e-01	2,17e-01	1,45e-01	7,15e-02
koper	5,93e+03	5,34e+03	3,98e+02	1,96e+02
compost	1,00e+04	1,00e+04	0,00	0,00

Tabel 34: Materiaalgebruik bij systeem 3 en bestemming na afdanking (hoeveelheden betrokken op 1 jaar levensduur van de installatie)

Materiaal	Produktie kg/jaar	Hergebruik kg/jaar	Storten kg/jaar	Verbranden kg/jaar
wapen.staal	2,66e+04	2,40e+04	1,78e+03	8,78e+02
staal	5,29e+03	5,02e+03	1,77e+02	8,73e+01
RVS	6,39e+02	6,32e+02	4,28e+00	2,11e+00
rubber	1,24e+01	0,00	8,29e+00	4,08e+00
PVC	2,47e+01	1,23e+01	8,27e+00	4,07e+00
beton	6,76e+05	6,08e+05	4,53e+04	2,23e+04
aluminium	6,11e+01	5,80e+01	2,05e+00	1,01e+00
polystyreen	0,00	0,00	0,00	0,00
keramiek	0,00	0,00	0,00	0,00
glasvezel-kunststof	1,67e+00	0,00	1,12e+00	5,50e-01
PURschuim	0,00	0,00	0,00	0,00
gietijzer	1,60e+02	1,52e+02	5,36e+00	2,64e+00
kunststof nnb	3,33e+00	0,00	2,23e+00	1,10e+00
HDPE	0,00	0,00	0,00	0,00
plastisol	0,00	0,00	0,00	0,00
vezelboard	0,00	0,00	0,00	0,00
VZ.staal	0,00	0,00	0,00	0,00
steenwol	0,00	0,00	0,00	0,00
herakostiek	0,00	0,00	0,00	0,00
baksteen	2,71e+03	2,44e+03	1,82e+02	8,95e+01
mortel	1,38e+03	1,24e+03	9,25e+01	4,55e+01
glas	4,33e-01	2,17e-01	1,45e-01	7,15e-02
koper	5,93e+03	5,34e+03	3,98e+02	1,96e+02
compost	1,00e+04	1,00e+04	0,00	0,00

BIJLAGE 6

OVERZICHT VAN DE BIJDRAGEN VAN DE AFZONDERLIJKE SYSTEEMONDERDELEN AAN DE GENORMEERDE SCORE VAN ELK SCENARIO

Tabel 35: Bijdrage onderdelen aan de milieubelasting van het nulscenario

Scenario nul	Totale genormeerde belasting	Procentueel aandeel	
		Bijdrage buiten systeemgrens	Bijdrage effluent
ADP	0		
EDP	0		
GWP	0,309	100,00%	
ODP	0		
HT	0,013		100,00%
ECA	8,9		100,00%
ECT	0		
POCP	0		
AP	0		
NP	39		
COD	540		100,00%
FW	4,4	100,00%	
TW	0		
SW	0		

Tabel 36: Bijdrage onderdelen aan de milieubelasting van scenario 1

Scenario 1	Totale genormeerde belasting	Procentueel aandeel					
		Bijdrage materiaalverbruik			Bijdrage effluent	Bijdrage direct & utilities	Bijdrage buiten systeemgrens
		Productie fase	Afval storten	Afval verbranden			
ADP	0,0038	97,58%		2,19%		0,23%	
EDP	0,122	8,20%	0,03%	0,04%		91,72%	
GWP	0,66	1,77%	0,01%	0,04%		96,50%	1,68%
ODP	0,0074	99,44%				0,56%	
HT	0,195	10,87%	0,10%	0,53%	11,22%	77,28%	
ECA	3,06	0,01%			99,95%	0,04%	
ECT	0,0003	0,03%	99,97%				
POCP	0,0167	39,27%	0,26%	0,08%		60,39%	
AP	0,154	8,66%	0,08%	0,14%		91,12%	
NP	18,3	0,02%			99,81%	0,17%	
COD	37				100,00%		
FW	3,4	0,52%	1,70%	0,78%		93,22%	3,77%
TW	0,071	7,89%	4,04%	22,14%		65,93%	
SW	0,32	2,05%	0,00%	-0,01%		97,95%	

Tabel 37: Bijdrage onderdelen aan de milieubelasting van scenario 2

Scenario 2		Totale genormeerde belasting		Procentueel aandeel											
				Bijdrage materiaalverbruik				Bijdrage buiten systeemgrens		Bijdrage direct & utilities		Bijdrage effluent			
				Afval storten		Afval verbranden									
	ADP	0,0032		99,36%		0,01%	0,07%			0,57%					
	EDP	0,272		3,44%		0,01%	0,05%			96,50%					
	GWP	0,91		1,24%		0,02%	0,02%	1,22%		97,51%					
	ODP	5,60e-05		17,32%		0,01%	0,01%			82,67%					
	HT	0,287		8,24%	0,04%	0,05%				88,90%		2,78%			
	ECA	2,7		0,02%						0,08%		99,90%			
	ECT	0,0004			100,00%										
	POCP	0,0206		21,07%	0,19%	0,03%				78,71%					
	AP	0,25		5,58%	0,03%	0,04%				94,35%					
	NP	9,3		0,04%						0,83%		99,12%			
	COD	37										100,00%			
	FW	4													
	TW	0,141		5,11%	0,50%	1,18%				93,21%					
	SW	0,89		0,67%		0,06%				99,27%					

Tabel 38: Bijdrage onderdelen aan de milieubelasting van scenario 3

Scenario 3	Totale genormeerde belasting	Procentueel aandeel					
		Bijdrage materiaalverbruik			Bijdrage effluent	Bijdrage direct & utilities	Bijdrage buiten systeemgrens
		Productie fase	Afval storten	Afval verbranden			
ADP	0,0032	99,35%		0,07%		0,57%	
EDP	0,278	3,37%	0,01%	0,05%		96,57%	
GWP	0,92	1,24%		0,02%		97,52%	1,21%
ODP	5,80e-05	16,95%		0,01%		83,05%	
HT	0,294	8,04%	0,03%	0,05%	2,77%	89,11%	
ECA	2,43	0,02%			99,85%	0,13%	
ECT	0,0004		100,00%				
POCP	0,0252	17,28%	0,16%	0,02%		82,54%	
AP	0,257	5,45%	0,03%	0,04%		94,48%	
NP	4,4	0,08%			98,14%	1,78%	
COD	37				100,00%		
FW	4,1	0,45%	1,97%	0,95%		93,51%	3,12%
TW	0,155	4,64%	0,45%	1,09%		93,81%	
SW	0,9	0,66%		0,05%		99,29%	

Tabel 39: Bijdrage onderdelen aan de milieubelasting van scenario 4

Scenario 4	Totale genormeerde belasting	Procentueel aandeel						
		Bijdrage materiaalverbruik			Bijdrage effluent	Bijdrage direct & utilities	Bijdrage buiten systeemgrens	
		Productie fase	Afval storten	Afval verbranden				
ADP	0,0032	99,29%		0,07%		0,63%		
EDP	0,313	2,99%	0,01%	0,05%		96,96%		
GWP	0,97	1,17%		0,02%		98,69%	0,11%	
ODP	6,10e-05	16,15%		0,01%		83,84%		
HT	0,34	6,90%	0,03%	0,04%	1,25%	91,77%		
ECA	1,01	0,04%			99,53%	0,42%		
ECT	0,0004		100,00%					
POCP	0,0313	13,94%	0,13%	0,02%		85,92%		
AP	0,32	4,42%	0,02%	0,03%		95,53%		
NP	2,05	0,18%			95,69%	4,13%		
COD	7,4	0,01%			99,98%	0,01%		
FW	4,2	0,44%	1,90%	0,92%		96,45%	0,30%	
TW	0,178	4,06%	0,40%	0,95%		94,59%		
SW	0,99	0,60%		0,05%		99,35%		

BIJLAGE 7

**OVERZICHT VAN DE BIJDRAGEN VAN
AFZONDERLIJKE MILIEU-INGREPEN AAN DE
GENORMEERDE SCORE VAN ELK SCENARIO** ☐

		hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
Scenario 0															
EMISSIONS TO AIR															
CO2	kg	2.7E+06		100.00%											
EMISSIONS TO WATER															
As	kg	3.3E+01					7.58%	0.03%							
avg-chloropesticides	kg	1.1E+00					1.87%	0.13%							
avg-organo N	kg	6.9E+00					1.26%	0.11%							
avg-organo P	kg	5.5E+00					0.79%	10.40%							
avg-PAH	kg	5.4E+00					0.16%	0.56%							
avg-VOC	kg	1.8E+02					6.48%	0.05%							
BOD	kg	2.0E+06													
Br	kg	4.8E+03													
Cd	kg	8.8E+00					4.18%	8.93%							
chloroaniline	kg	1.1E+01					1.81%	0.00%							
chlorophenol	kg	2.5E+01					3.95%	0.13%							
COD	kg	5.2E+06											21.11%		
Cr	kg	3.0E+02					28.23%	1.53%							
Cu	kg	9.5E+02					3.12%	9.64%							
Hg	kg	2.4E+01					18.54%	60.86%							
Kjeld N	kg	4.5E+05											35.00%		
Ni	kg	1.1E+02					1.00%	0.18%							
P	kg	7.7E+04											43.89%		
Pb	kg	1.4E+02					17.89%	1.40%							
PCB	kg	3.2E-01					1.66%	0.08%							
suspended solids	kg	2.5E+06													
Zn	kg	3.1E+03					1.48%	5.98%							
FINALE AFVALSTOFFEN															
undefined	kg	2.5E+06											100.00%		

Scenario 1

		hoeveelheid	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
		emissie													
GRONDSTOFFEN															
barrage water	kg	1.1E+06													
Cromite ore	kg	4.2E+02	1.33%												
crude oil	kg	2.2E+04		4.83%											
Cu ore	kg	4.2E+01	0.28%												
Fe ore	kg	3.0E+04	18.61%												
natural gas	m3	3.1E+05		51.11%											
Ni ore	kg	6.7E+02	57.83%												
raw bauxite	kg	9.7E+02	4.98%												
raw coal	kg	2.2E+05		32.84%											
raw dolomite	kg	2.1E-02													
raw feldspar	kg	1.1E-02													
raw lignite	kg	8.8E+02		0.07%											
raw limestone	kg	7.1E+03	16.24%												
raw rock salt	kg	7.9E+03	0.02%												
unspecified energy	MJ	1.3E+06		6.75%											
uranium ore	kg	5.1E+00		4.41%											
Zn ore	kg	5.4E+00	0.71%												
EMISSIONS NAAR LUCHT															
12 dichloroethane	kg	9.1E-03					0.00%						0.00%		
aerosols	kg	7.6E+01					1.32%								
Al	kg	2.8E-02					0.00%								
aldehydes	kg	5.2E-01					0.00%						0.19%		
As	kg	5.3E-02					2.72%								
Be	kg	2.5E-03					0.11%								
benzene	kg	2.8E-08					0.00%						0.00%		
benzo-a-pyrene	kg	3.6E-03					0.00%								
Cd	kg	3.7E-02					0.24%								
CFC-12	kg	7.5E-05			0.00%	0.00%	0.00%								
CFC-hard	kg	5.0E-04			0.00%	0.03%									
chlorobenzene	kg	4.1E-02					0.00%						0.00%		
Cl	kg	1.3E+02													
Cl2	kg	3.5E-01					0.01%								
CN	kg	4.6E-01					0.01%								
CO	kg	6.4E+02					0.08%								
CO2	kg	5.8E+06			99.02%										
Cr	kg	1.2E-01					0.01%								
Cu	kg	2.3E-02					0.00%								
dioctylphthalate	kg	2.7E+00					0.04%						0.49%		
dust coarse	kg	1.5E+03													
dust fine	kg	1.5E+02					1.29%								
ethene	kg	6.7E-04					0.00%						0.00%		
ethyleneglycol	kg	5.4E-03					0.00%						0.00%		
ethyleneoxide	kg	1.7E-02					0.00%						0.01%		

Vervolg scenario 1

hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GMP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
F	1.1E+01				0.06%								
Fe	7.5E+00				0.00%								
fluoranthene	9.6E-03				0.00%								
formaldehyde	1.2E-03				0.00%			0.00%					
H2	2.1E-01												
H2S	1.9E+00				0.02%				0.03%				
H2SO4	1.9E-05				0.00%				0.00%				
halogenated alkanes	1.3E+00				0.01%								
HCFC-141b	1.5E+01		0.15%	98.26%									
HCl	9.5E+00												
heavy metals	1.5E-05				0.11%				0.13%				
HF	7.5E-01				0.00%				0.02%				
Hg	4.9E-02				0.06%								
hydrocarb.che	5.3E+00			1.70%	0.04%			1.93%					
hydrocarb.che arom	3.0E-02				0.00%			0.02%					
hydrocarb.fer	1.2E+01		0.00%		0.02%			3.75%					
hydrocarb.inc	5.2E+01		0.00%		0.12%			11.42%					
hydrocarb.inc coal	4.2E+00		0.00%		0.00%			0.91%					
hydrocarb.inc dies	1.0E+01		0.00%		0.10%			5.01%					
hydrocarb.inc gas	6.9E+01		0.01%		0.04%			3.02%					
hydrocarb.inc msw	1.1E-01				0.00%			0.04%					
hydrocarb.inc oil	1.3E+02		0.01%		0.49%			41.73%					
hydrocarb.land arom	1.4E-01				0.00%			0.07%					
hydrocarb.land halo	7.8E-03				0.00%			0.00%					
hydrocarb.land msw	5.6E-02		0.00%		0.00%			0.00%					
hydrocarb.met melt	8.3E-02		0.00%		0.00%			0.02%					
hydrocarb.ref	5.9E+00				0.03%			2.39%					
hydrocarb.ref crack	4.8E-01				0.00%			0.22%					
hydrocarbm. inc gas	5.0E+00				0.04%			2.63%					
metals diesel	3.0E-02				0.05%								
metals oil	9.2E-03				0.05%								
methane	2.5E+03		0.47%					14.02%					
methanol	6.7E-01				0.00%			0.07%					
methylacetate	2.7E-01				0.00%			0.01%					
methylformiate	2.4E+00				0.00%			0.43%					
methylmercaptane	1.0E-04				0.00%			0.00%					
Mn	6.8E-02				0.01%								
N2O	0.0E+00												
NH3	5.7E-02				0.00%				0.00%	0.00%			
Ni	5.6E-02				0.29%								
NOx	3.6E+03		0.34%		30.91%				39.99%	0.19%			
olefines	4.5E-04				0.00%			0.00%					
PAH	6.3E-02				0.00%								
Pb	2.9E-01				0.51%								
phenol	4.8E-03				0.00%			0.00%					

hoeveelheid emissie			ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
Vervolg scenario 1															
phtalicanhydride	kg	2.7E+00					0.04%			1.67%					
propane	kg	9.9E+00					0.00%			3.35%					
propene	kg	7.9E+00					0.00%			6.59%					
Sb	kg	3.2E-03					0.00%								
Se	kg	8.5E-03					0.00%								
Sn	kg	1.1E-04					0.00%								
SO2	kg	3.8E+03					49.81%				59.83%				
tar	kg	1.3E-02					0.01%								
TEQ	two	1.0E-09					0.00%								
tetrachloromethane	kg	5.5E-05			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%					
toluene	kg	2.1E-08					0.00%			0.00%					
toluenediisocyanate	kg	4.4E-02					0.03%			0.02%					
trichloromethane	kg	1.5E-03			0.00%		0.00%			0.00%					
vinylchloride	kg	1.2E-03					0.00%			0.00%					
xylene	kg	2.2E-08					0.00%			0.00%					
Zn	kg	2.0E+01					0.01%								
EMISSIONS NAAR WATER															
12 dichloroethane	kg	7.5E-05					0.00%	0.00%							
acid	kg	6.1E+00					0.01%								
Al	kg	1.6E-02					0.00%								
As	kg	1.8E+01					0.28%	0.05%							
asbest	kg	1.9E-04													
avg-chloropesticides	kg	4.8E-01					0.06%	0.17%							
avg-organo N	kg	3.0E+00					0.04%	0.13%							
avg-organo P	kg	2.3E+00					0.02%	12.90%							
avg-PAH	kg	5.9E-01					0.00%	0.18%							
avg-VOC	kg	3.5E+01					0.09%	0.03%							
benzene	kg	4.2E-03					0.00%	0.00%							
BOD	kg	7.1E+04													
Cd	kg	5.0E+00					0.16%	14.62%							
chloroaniline	kg	2.2E+00					0.02%	0.00%							
chlorophenol	kg	9.8E+00					0.10%	0.14%							
CN	kg	1.6E+00					0.00%	0.01%							
Co	kg	1.2E-08					0.00%	0.00%							
COD	kg	3.6E+05													
Cr	kg	1.5E+02					0.92%	2.15%							
crude oil	kg	1.2E+00													
Cu	kg	3.5E+02					0.08%	10.12%							
dissolved solids	kg	3.5E+02													
ethyleneoxide	kg	2.6E-02					0.00%	0.00%							
F	kg	3.0E+00					0.00%								
Fe	kg	1.0E+01					0.00%								
formaldehyde	kg	8.0E-05					0.00%	0.00%							

Vervolg scenario 1

	hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GMP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FU	TW	SW
H2	kg	8.8E-03												
heavy metals	kg	9.1E-07				0.00%	0.00%							
Hg	kg	7.0E+00				0.36%	51.18%							
hydrocarb.chc arom	kg	3.2E-03				0.00%	0.00%							
hydrocarb.land arom	kg	4.4E-04				0.00%	0.00%							
hydrocarb.land halo	kg	2.8E-07				0.00%	0.00%							
Kjeld N	kg	1.3E+05									21.21%			
metals	kg	6.5E-01				0.00%	0.02%							
Mg	kg	1.3E-02				0.00%	0.00%				0.00%			
Mo	kg	9.3E-10												
N-total	kg	1.8E-06									0.00%			
Na	kg	2.8E+00									0.00%			
NH4	kg	1.3E+00				0.00%								
N1	kg	7.6E+01				0.05%	0.37%							
NO3	kg	1.0E+06				8.61%					40.19%			
oil	kg	8.2E+00				0.00%	0.01%							
P	kg	2.9E+04									35.30%			
PAH	kg	1.5E-04				0.00%	0.00%							
Pb	kg	5.5E+01				0.48%	1.61%							
PCB	kg	3.2E-02				0.01%	0.02%							
S	kg	8.8E-04												
Sb	kg	3.1E-07				0.00%	0.00%							
Sn	kg	5.4E-09				0.00%	0.00%							
solids undefined	kg	8.5E+00												
suspended solids	kg	7.1E+04												
tar	kg	6.4E-02				0.00%	0.01%							
TOC	kg	1.4E-01												
toluene	kg	7.4E-03				0.00%	0.00%							
total solids	kg	3.7E-03				0.04%	6.29%							
Zn	kg	1.1E+03												
EMISSIONS NAAR BODEM														
As	kg	7.0E-09				0.00%		0.00%						
BOD	kg	2.6E-05												
Cd	kg	1.1E-05				0.00%		0.05%						
Cl	kg	8.1E-01												
CN	kg	1.3E-05				0.00%		0.00%						
COO	kg	4.2E-05												
Cr	kg	2.5E-08				0.00%		0.00%						
Cu	kg	1.1E-08				0.00%		0.00%						
Fe	kg	1.5E-01				0.00%		99.54%						
heavy metals	kg	2.1E-06				0.00%		0.00%						
Hg	kg	1.5E-08				0.00%		0.00%						
hydrocarb.land arom	kg	9.0E-06				0.00%		0.00%						
hydrocarb.land halo	kg	5.7E-09				0.00%		0.00%						

			hoeveelheid	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW				
			emissie																	
Vervolg scenario 1																				
N-total	kg	3.3E-06																		
Na	kg	7.2E-04																		
NH4	kg	1.8E-06					0.00%					0.00%								
PAH	kg	1.3E-06					0.00%					0.00%								
Pb	kg	4.8E-05					0.00%					0.01%								
phenol	kg	1.9E-04					0.00%					0.37%								
SO4	kg	2.1E-03																		
Zn	kg	3.2E-05					0.00%					0.03%								
FINALE AFVALSTOFFEN																				
bottom ash (ns)	kg	5.4E+02												0.03%						
bottom ash (ns-H)	kg	2.1E+03												0.76%	71.28%					
bottom ash inc.	kg	1.4E+04													0.00%					
elec.asbest.waste (H)	kg	1.8E-02												0.00%						
fly ash coal	kg	2.1E-04													6.58%					
fly ash inc.(H)	kg	1.9E+02													0.00%					
hal.waste plast.(H)	kg	5.3E-03													0.01%					
Hg.sludge gas pur.(H)	kg	2.4E-01																		
mining waste (ns)	kg	6.4E+04												3.41%						
nucl. waste (ns-HH)	kg	7.9E+00													0.12%	100.00%				
oil s.waste ref.(H)	kg	3.5E+00																		
plastic fillings	kg	1.7E-04												0.00%						
process waste (ns)	kg	3.6E+01												0.00%						
sol.g.t.inc.(H)	kg	4.6E+02													15.54%					
sol.l.t.waste lf.(H)	kg	1.2E+02													4.04%					
tar waste o.c.	kg	3.0E-02												0.00%						
undefined	kg	1.1E+05												5.57%						
undefined (H)	kg	7.2E+01													2.43%					
water tr.waste (ns)	kg	1.7E+06												90.22%						

Scenario 2

		hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GMP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
GRONDSTOFFEN															
barrage water	kg	1.5E+06													
Cromite ore	kg	2.8E+02	1.06%												
crude oil	kg	4.3E+04		4.14%											
Cu ore	kg	4.2E+01	0.34%												
Fe ore	kg	3.9E+04	28.94%												
natural gas	m3	6.3E+05		46.31%											
Ni ore	kg	4.4E+02	46.15%												
raw bauxite	kg	2.9E+02	1.81%												
raw coal	kg	5.9E+05		39.33%											
raw dolomite	kg	2.1E-02													
raw feldspar	kg	1.1E-02													
raw lignite	kg	1.3E+03		0.04%											
raw limestone	kg	7.9E+03	21.69%												
raw rock salt	kg	3.2E+03	0.01%												
unspecified energy	MJ	2.1E+06		4.82%											
uranium ore	kg	1.4E+01		5.35%											
EMISSIONS NAAR LUCHT															
aerosols	kg	1.8E+02					2.14%								
Al	kg	3.6E-02					0.00%								
aldehydes	kg	2.2E-01					0.00%			0.06%					
As	kg	9.8E-02					3.41%								
Be	kg	7.0E-03					0.21%								
benzene	kg	6.2E-10					0.00%			0.00%					
benzo-a-pyrene	kg	4.6E-03					0.00%								
Cd	kg	1.1E-02					0.05%								
CFC-hard	kg	7.6E-07			0.00%	0.01%									
chlorobenzene	kg	1.4E-02					0.00%			0.00%					
Cl	kg	3.7E+02													
Cl2	kg	7.7E-02					0.00%								
CN	kg	5.1E-01					0.00%								
CO	kg	8.8E+02					0.08%								
CO2	kg	7.2E+06			89.64%										
Cr	kg	1.7E-01					0.01%								
Cu	kg	5.8E-02					0.00%								
dioctylphthalate	kg	8.1E-01					0.01%			0.12%					
dust coarse	kg	4.0E+03													
dust fine	kg	3.0E+02					1.77%								
ethyleneglycol	kg	1.8E-03					0.00%			0.00%					
ethyleneoxide	kg	5.6E-03					0.00%			0.00%					
F	kg	3.0E+01					0.11%								
Fe	kg	4.3E+00					0.00%								
fluoranthene	kg	1.2E-02					0.00%								

Vervolg scenario 2

		hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
H2	kg	2.3E-01													
H2S	kg	2.5E+00					0.01%				0.02%				
halogenated alkanes	kg	5.3E-01					0.00%			0.01%					
HCl	kg	8.9E+00					0.07%				0.08%				
heavy metals	kg	3.0E-07					0.00%								
HF	kg	8.2E-01					0.00%				0.01%				
Hg	kg	1.3E-01					0.11%								
hydrocarb.che	kg	2.4E+00		0.00%	99.99%		0.01%			0.70%					
hydrocarb.che arom	kg	3.0E-02					0.00%			0.01%					
hydrocarb.fer	kg	1.8E+01		0.00%			0.02%			4.68%					
hydrocarb.inc	kg	8.7E+01		0.01%			0.14%			15.42%					
hydrocarb.inc coal	kg	9.0E+00		0.00%			0.00%			1.59%					
hydrocarb.inc dies	kg	1.5E+01		0.00%			0.10%			5.96%					
hydrocarb.inc gas	kg	8.6E+01		0.01%			0.03%			3.06%					
hydrocarb.inc msw	kg	2.4E-03					0.00%			0.00%					
hydrocarb.inc oil	kg	9.2E+01		0.00%			0.23%			23.17%					
hydrocarb.land arom	kg	1.3E-02					0.00%			0.01%					
hydrocarb.land halo	kg	4.3E-03					0.00%			0.00%					
hydrocarb.met melt	kg	1.3E-01					0.00%			0.02%					
hydrocarb.ref	kg	1.2E+01		0.00%			0.04%			3.79%					
hydrocarb.ref crack	kg	3.7E-01					0.00%			0.13%					
hydrocarbnm.inc gas	kg	1.0E+01					0.05%			4.31%					
metals diesel	kg	4.4E-02					0.04%								
metals oil	kg	1.6E-02					0.06%								
methane	kg	6.0E+03		0.82%						27.50%					
methanol	kg	2.2E-01					0.00%			0.02%					
methylacetate	kg	9.0E-02					0.00%			0.00%					
methylformiate	kg	7.9E-01					0.00%			0.12%					
Mn	kg	1.6E-01					0.01%								
N2O	kg	2.7E+03		9.11%			15.65%				18.36%	0.27%			
NH3	kg	2.2E-02					0.00%				0.00%	0.00%			
Ni	kg	1.0E-01					0.36%								
NOx	kg	5.9E+03		0.40%			34.27%				40.32%	0.60%			
PAH	kg	8.1E-02					0.00%								
Pb	kg	2.9E-01					0.35%								
phthalicanhydride	kg	9.1E-01					0.01%			0.45%					
propane	kg	1.1E+01					0.00%			2.99%					
propene	kg	8.7E+00					0.00%			5.87%					
Sb	kg	8.6E-03					0.00%								
Se	kg	2.4E-02					0.01%								
Sn	kg	2.2E-06					0.00%								
SO2	kg	4.2E+03					37.76%				41.20%				
tar	kg	3.0E-03					0.00%								
TEQ	twe	2.5E-11					0.00%								

		hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
Vervolg scenario 2															
tetrachloromethane	kg	8.3E-08			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%					
toluene	kg	4.6E-10					0.00%			0.00%					
xylene	kg	4.9E-10					0.00%			0.00%					
Zn	kg	1.2E+01					0.00%								
EMISSIONS NAAR WATER															
acid	kg	1.4E+01					0.01%								
Al	kg	1.0E-06					0.00%								
As	kg	1.7E+01					0.18%	0.06%							
asbest	kg	2.9E-07													
avg-chloropesticides	kg	4.8E-01					0.04%	0.19%							
avg-organo N	kg	3.0E+00					0.02%	0.15%							
avg-organo P	kg	2.3E+00					0.02%	14.44%							
avg-PAH	kg	5.9E-01					0.00%	0.20%							
avg-VOC	kg	3.5E+01					0.06%	0.03%							
benzene	kg	8.3E-03					0.00%	0.00%							
BOD	kg	7.1E+04													
Cd	kg	5.0E+00					0.11%	16.37%							
chloroaniline	kg	2.2E+00					0.02%	0.00%							
chlorophenol	kg	9.8E+00					0.07%	0.16%							
Cl	kg	5.0E+05													
CN	kg	1.7E+00					0.00%	0.01%							
COD	kg	3.6E+05										6.08%			
Cr	kg	1.3E+02					0.55%	2.14%							
crude oil	kg	4.9E-01													
Cu	kg	2.9E+02					0.04%	9.33%							
dissolved solids	kg	2.2E+02													
ethyleneoxide	kg	5.0E-02					0.00%	0.00%							
F	kg	8.1E+00					0.00%								
Fe	kg	2.6E+01					0.00%								
H2	kg	9.7E-03													
heavy metals	kg	1.8E-08					0.00%	0.00%							
Hg	kg	6.0E+00					0.21%	49.10%							
hydrocarb.che arom	kg	1.1E-03					0.00%	0.00%							
hydrocarb.land arom	kg	4.1E-05					0.00%	0.00%							
hydrocarb.land halo	kg	1.6E-07					0.00%	0.00%							
Kjeld N	kg	2.5E+04										8.17%			
metals	kg	1.2E+00					0.01%	0.03%							
Mg	kg	1.0E-06													
N-total	kg	1.8E-10										0.00%			
Na	kg	2.3E+00													
NH4	kg	3.7E+00					0.00%					0.00%			
Ni	kg	7.3E+01					0.03%	0.40%							
NO3	kg	2.0E+05					1.18%					15.87%			

Vervolg scenario 2

	hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
oil	kg													
P	kg					0.01%	0.01%							
PAH	kg					0.00%	0.00%							
Pb	kg					0.28%	1.54%							
PCB	kg					0.01%	0.03%							
S	kg										69.01%			
solids undefined	kg													
suspended solids	kg													
tar	kg					0.00%	0.01%							
TOC	kg													
toluene	kg					0.00%	0.00%							
total solids	kg					0.02%	5.81%							
Zn	kg													
EMISSIONS NAAR BODEM														
As	kg					0.00%		0.00%						
Cd	kg					0.00%		0.00%						
Cl	kg					0.00%		0.00%						
CN	kg					0.00%		0.00%						
Cr	kg					0.00%		0.00%						
Cu	kg					0.00%		99.63%						
Fe	kg					0.00%		0.00%						
heavy metals	kg					0.00%		0.00%						
Hg	kg					0.00%		0.00%						
hydrocarb. land arom	kg					0.00%		0.00%						
hydrocarb. land halo	kg					0.00%		0.00%						
Na	kg					0.00%		0.00%						
PAH	kg					0.00%		0.00%						
Pb	kg					0.00%		0.37%						
phenol	kg					0.00%		0.00%						
SO4	kg													
Zn	kg					0.00%		0.00%						

		hoeveelheid	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
		emissie													
Vervolg scenario 2															
FINALE AFVALSTOFFEN															
bottom ash (ns)	kg	7.7E+02											0.03%		
bottom ash (ns-H)	kg	5.7E+03												96.67%	
bottom ash inc.	kg	2.1E+04											0.97%		
elec.asbest.waste (H)	kg	2.7E-05												0.00%	
fly ash coal	kg	2.1E-04											0.00%		
fly ash inc.(H)	kg	5.4E+01												0.93%	
hal.waste plast.(H)	kg	4.3E-05												0.00%	
Hg.sludge gas pur.(H)	kg	4.9E-01												0.01%	
mining waste (ns)	kg	1.7E+05											7.57%		
nucl. waste (ns-HH)	kg	2.2E+01													100.00%
oil s.waste ref.(H)	kg	7.1E+00												0.12%	
process waste (ns)	kg	4.0E+01											0.00%		
sol.g.t.inc.(H)	kg	1.2E+01												0.21%	
sol.l.t.waste lf.(H)	kg	2.9E+01												0.50%	
undefined	kg	1.2E+05											5.30%		
undefined (H)	kg	9.2E+01												1.57%	
water tr.waste (ns)	kg	1.9E+06											86.12%		

Scenario 3

		hoeveelheid	ADP	EDP	GMP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
		emissie													
GRONDSTOFFEN															
barrage water	kg	5.9E+06													
Cromite ore	kg	2.8E+02	1.07%												
crude oil	kg	4.4E+04		4.23%											
Cu ore	kg	4.2E+01	0.34%												
Fe ore	kg	3.9E+04	28.78%												
natural gas	m3	6.4E+05		45.94%											
Ni ore	kg	4.5E+02	46.37%												
raw bauxite	kg	2.9E+02	1.81%												
raw coal	kg	6.0E+05		39.12%											
raw dolomite	kg	2.1E-02													
raw feldspar	kg	1.1E-02													
raw lignite	kg	4.8E+03		0.16%											
raw limestone	kg	7.9E+03	21.62%												
raw rock salt	kg	3.3E+03	0.01%												
unspecified energy	MJ	2.1E+06		4.78%											
uranium ore	kg	1.5E+01		5.78%											
EMISSIONS NAAR LUCHT															
aerosols	kg	1.9E+02					2.23%								
Al	kg	3.6E-02					0.00%								
aldehydes	kg	3.6E-01					0.00%			0.09%					
As	kg	9.8E-02					3.35%								
Be	kg	7.0E-03					0.20%								
benzene	kg	6.3E-10					0.00%			0.00%					
benzo-a-pyrene	kg	4.6E-03					0.00%								
Cd	kg	1.1E-02					0.05%								
CFC-hard	kg	7.9E-07			0.00%	0.01%									
chlorobenzene	kg	1.4E-02					0.00%			0.00%					
Cl	kg	3.7E+02													
Cl2	kg	7.7E-02					0.00%								
CN	kg	5.2E-01					0.00%								
CO	kg	9.1E+02					0.08%								
CO2	kg	7.2E+06			89.69%										
Cr	kg	1.7E-01					0.01%								
Cu	kg	5.9E-02					0.00%								
diethylphthalate	kg	8.4E-01					0.01%			0.10%					
dust coarse	kg	4.1E+03													
dust fine	kg	3.0E+02					1.73%								
ethyleneglycol	kg	1.8E-03					0.00%			0.00%					
ethyleneoxide	kg	5.6E-03					0.00%			0.00%					
F	kg	3.0E+01					0.11%								
Fe	kg	4.3E+00					0.00%								
fluoranthene	kg	1.2E-02					0.00%								

Vervolg scenario 3

hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GMP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
H2	2.4E-01				0.01%								
H2S	2.5E+00				0.00%			0.01%	0.02%				
halogenated alkanes	5.5E-01				0.00%								
HCl	8.9E+00				0.00%				0.07%				
heavy metals	3.1E-07				0.00%								
HF	8.2E-01				0.00%				0.01%				
Hg	1.3E-01				0.11%								
hydrocarb.che	2.4E+00	0.00%	99.99%		0.01%			0.59%					
hydrocarb.che arom	3.1E-02				0.00%			0.01%					
hydrocarb.fer	1.8E+01	0.00%			0.02%			3.85%					
hydrocarb.inc	2.0E+02	0.01%			0.31%			29.55%					
hydrocarb.inc coal	9.7E+00	0.00%			0.00%			1.31%					
hydrocarb.inc dies	1.5E+01	0.00%			0.09%			4.89%					
hydrocarb.inc gas	8.7E+01	0.01%			0.03%			2.52%					
hydrocarb.inc msw	2.4E-03				0.00%			0.00%					
hydrocarb.inc oil	9.5E+01	0.00%			0.23%			19.61%					
hydrocarb.land arom	1.3E-02				0.00%			0.00%					
hydrocarb.land halo	4.4E-03				0.00%			0.00%					
hydrocarb.met melt	1.3E-01				0.00%			0.02%					
hydrocarb.ref	1.2E+01	0.00%			0.04%			3.13%					
hydrocarb.ref crack	3.8E-01				0.00%			0.11%					
hydrocarbnm.inc gas	1.0E+01				0.05%			3.56%					
metals diesel	4.4E-02				0.04%								
metals oil	1.7E-02				0.06%								
methane	6.0E+03	0.82%						22.67%					
methanol	2.2E-01				0.00%			0.01%					
methylacetate	9.1E-02				0.00%			0.00%					
methylformiate	7.9E-01				0.01%			0.09%					
Mn	1.7E-01				0.01%								
N2O	2.7E+03	9.06%			15.25%				17.91%	0.57%			
NH3	4.9E-02				0.00%				0.00%	0.00%			
Ni	1.0E-01				0.36%								
NOx	6.0E+03	0.40%			34.03%				40.09%	1.28%			
PAH	8.1E-02				0.00%								
Pb	2.9E-01				0.34%								
ptalicanhydride	9.1E-01				0.01%								
propene	1.1E+01				0.00%			0.37%					
propene	9.0E+00				0.00%			2.54%					
Sb	8.7E-03				0.00%			4.97%					
Se	2.4E-02				0.01%								
Sn	2.3E-06				0.00%								
S02	4.4E+03				38.29%				41.89%				

Vervolg scenario 3

Vervolg scenario 3

	ADP	EDP	GMP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FV	TW	SW
hoeveelheid emissie													
tar	kg				0.00%								
TEQ	twe				0.00%								
tetrachloromethane	kg		0.00%	0.00%	0.00%			0.00%					
toluene	kg				0.00%			0.00%					
xylene	kg				0.00%			0.00%					
Zn	kg				0.00%								
EMISSIONS NAAR WATER													
acid	kg				0.01%								
Al	kg				0.00%								
As	kg				0.19%	0.07%							
asbest	kg												
avg-chloropesticides	kg				0.04%	0.20%							
avg-chloroorgano N	kg				0.02%	0.16%							
avg-organo P	kg				0.01%	15.81%							
avg-PAH	kg				0.00%	0.22%							
avg-VOC	kg				0.06%	0.04%							
benzene	kg				0.00%	0.00%							
BOD	kg												
Cd	kg				0.10%	17.93%							
chlorophenol	kg				0.07%	0.18%							
Cl	kg												
CN	kg				0.00%	0.01%							
COD	kg												
Cr	kg				0.61%	2.67%			12.75%				
crude oil	kg												
Cu	kg				0.04%	9.65%							
dissolved solids	kg												
ethyleneoxide	kg				0.00%	0.00%							
F	kg				0.00%								
Fe	kg				0.00%								
H2	kg												
heavy metals	kg				0.00%	0.00%							
Hg	kg				0.17%	44.82%							
hydrocarb.chc arom	kg				0.00%	0.00%							
hydrocarb.land arom	kg				0.00%	0.00%							
hydrocarb.land halo	kg				0.00%	0.00%							
Kjeld N	kg									17.14%			
metals	kg				0.01%	0.04%							
Mg	kg												
N-total	kg									0.00%			
Na	kg												
NH4	kg				0.00%					0.00%			

			hoeveelheid	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
			emissie													
Vervolg scenario 3																
Ni	kg	9.6E+01						0.04%	0.56%							
NO3	kg	2.0E+05						1.15%					33.31%			
oil	kg	1.6E+01						0.01%	0.01%							
P	kg	7.0E+03											34.94%			
PAH	kg	1.9E-04						0.00%	0.00%							
Pb	kg	4.7E+01						0.27%	1.69%							
PCB	kg	3.2E-02						0.01%	0.03%							
S	kg	1.4E-06														
solids undefined	kg	1.7E+01														
suspended solids	kg	7.1E+04														
tar	kg	3.5E-01						0.01%	0.05%							
TOC	kg	7.2E-02														
toluene	kg	1.5E-02						0.00%	0.00%							
total solids	kg	4.8E-03														
Zn	kg	8.6E+02						0.02%	5.86%							
EMISSIONS NAAR BODEM																
As	kg	1.4E-10						0.00%		0.00%						
Cd	kg	3.0E-07						0.00%		0.00%						
Cl	kg	2.2E-02														
CN	kg	1.8E-05						0.00%		0.00%						
Cr	kg	5.2E-10						0.00%		0.00%						
Cu	kg	7.3E-09						0.00%		0.00%						
Fe	kg	2.1E-01						0.00%		99.63%						
heavy metals	kg	4.4E-08						0.00%		0.00%						
Hg	kg	3.1E-10						0.00%		0.00%						
hydrocarb.(and arom	kg	8.5E-07						0.00%		0.00%						
hydrocarb.(and halo	kg	3.2E-09						0.00%		0.00%						
Na	kg	1.5E-05														
PAH	kg	1.8E-06						0.00%		0.00%						
Pb	kg	1.3E-06						0.00%		0.00%						
phenol	kg	2.7E-04						0.00%		0.37%						
SO4	kg	8.3E-05														
Zn	kg	6.1E-08						0.00%		0.00%						

		hoeveelheid	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
		emissie													
Vervolg scenario 3															
FINALE AFVALSTOFFEN															
bottom ash (ns)	kg	3.0E+03											0.13%		
bottom ash (ns-H)	kg	6.3E+03												96.96%	
bottom ash inc.	kg	2.2E+04											0.94%		
elec.asbest.waste (H)	kg	2.8E-05												0.00%	
fly ash coal	kg	2.1E-04											0.00%		
fly ash inc.(H)	kg	5.5E+01												0.84%	
hal.waste plast.(H)	kg	4.5E-05												0.00%	
Hg.sludge gas pur.(H)	kg	4.9E-01												0.01%	
mining waste (ns)	kg	1.7E+05											7.37%		
nucl. waste (ns-HH)	kg	2.3E+01													100.00%
oil s.waste ref.(H)	kg	7.1E+00												0.11%	
process waste (ns)	kg	4.1E+01											0.00%		
sol.g.t.inc.(H)	kg	1.3E+01												0.20%	
sol.l.t.waste lf.(H)	kg	2.9E+01												0.45%	
undefined	kg	1.2E+05											5.13%		
undefined (H)	kg	9.2E+01												1.43%	
water tr.waste (ns)	kg	2.0E+06											86.42%		

Scenario 4

		hoeveelheid	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
		emissie													
GRONDSTOFFEN															
barrage water	kg	9.3E+06													
Cromite ore	kg	2.8E+02	1.06%												
crude oil	kg	5.0E+04		4.26%											
Cu ore	kg	4.2E+01	0.34%												
Fe ore	kg	3.9E+04	28.77%												
natural gas	m3	6.9E+05		44.37%											
Ni ore	kg	4.5E+02	46.35%												
raw bauxite	kg	3.0E+02	1.85%												
raw coal	kg	7.0E+05		40.54%											
raw dolomite	kg	2.1E-02													
raw feldspar	kg	1.1E-02													
raw lignite	kg	7.7E+03		0.23%											
raw limestone	kg	7.9E+03	21.61%												
raw rock salt	kg	3.5E+03	0.01%												
unspecified energy	MJ	2.3E+06		4.72%											
uranium ore	kg	1.7E+01		5.89%											
EMISSIONS NAAR LUCHT															
aerosols	kg	2.2E+02					2.20%								
Al	kg	3.6E-02					0.00%								
aldehydes	kg	4.7E-01					0.00%			0.09%					
As	kg	1.0E-01					2.98%								
Be	kg	7.7E-03					0.19%								
benzene	kg	6.3E-10					0.00%			0.00%					
benzo-a-pyrene	kg	4.6E-03					0.00%								
Cd	kg	1.1E-02					0.04%								
CFC-hard	kg	7.9E-07			0.00%	0.01%									
chlorobenzene	kg	1.4E-02					0.00%			0.00%					
Cl	kg	4.1E+02													
Cl2	kg	7.7E-02					0.00%								
CN	kg	5.5E-01					0.00%								
CO	kg	9.8E+02					0.07%								
CO2	kg	7.7E+06			90.17%										
Cr	kg	1.8E-01					0.01%								
Cu	kg	6.4E-02					0.00%								
dioctylphthalate	kg	8.9E-01					0.01%			0.09%					
dust coarse	kg	4.7E+03													
dust fine	kg	3.7E+02					1.86%								
ethyleneglycol	kg	1.8E-03					0.00%			0.00%					
ethyleneoxide	kg	5.6E-03					0.00%			0.00%					
F	kg	3.3E+01					0.10%								
Fe	kg	4.3E+00					0.00%								
fluoranthene	kg	1.2E-02					0.00%								

Vervolg scenario 4

		hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GWP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
H2	kg	2.5E-01													
H2S	kg	1.5E+03					7.32%				11.60%				
halogenated alkanes	kg	5.8E-01					0.00%			0.01%					
HCl	kg	9.0E+00					0.06%				0.06%				
heavy metals	kg	3.1E-07					0.00%								
HF	kg	8.5E-01					0.00%				0.01%				
Hg	kg	1.4E-01					0.10%								
hydrocarb.che	kg	2.5E+00			0.00%	99.99%	0.01%			0.49%					
hydrocarb.che arom	kg	3.2E-02					0.00%			0.01%					
hydrocarb.fer	kg	1.8E+01			0.00%		0.02%			3.18%					
hydrocarb.inc	kg	3.0E+02			0.02%		0.39%			35.39%					
hydrocarb.inc coal	kg	3.5E+01			0.00%		0.01%			4.05%					
hydrocarb.inc dies	kg	1.5E+01			0.00%		0.08%			3.95%					
hydrocarb.inc gas	kg	9.7E+01			0.01%		0.03%			2.27%					
hydrocarb.inc msw	kg	2.4E-03					0.00%			0.00%					
hydrocarb.inc oil	kg	1.0E+02			0.00%		0.21%			16.72%					
hydrocarb.land arom	kg	1.3E-02					0.00%			0.00%					
hydrocarb.land halo	kg	4.4E-03					0.00%			0.00%					
hydrocarb.met melt	kg	1.3E-01					0.00%			0.01%					
hydrocarb.ref	kg	1.3E+01			0.00%		0.04%			2.83%					
hydrocarb.ref crack	kg	4.0E-01					0.00%			0.10%					
hydrocarbnm.inc gas	kg	1.1E+01					0.05%			3.12%					
metals diesel	kg	4.4E-02					0.04%								
metals oil	kg	1.8E-02					0.06%								
methane	kg	6.9E+03			0.88%					20.88%					
methanol	kg	2.2E-01					0.00%			0.01%					
methylacetate	kg	9.1E-02					0.00%			0.00%					
methylformiate	kg	7.9E-01					0.00%			0.08%					
Mn	kg	1.8E-01					0.01%								
N2O	kg	2.7E+03			8.49%		13.10%				14.52%	1.24%			
NH3	kg	7.1E-02					0.00%				0.00%	0.00%			
Ni	kg	1.1E-01					0.32%								
NOx	kg	6.6E+03			0.42%		32.09%				35.64%	3.05%			
PAH	kg	8.1E-02					0.00%								
Pb	kg	3.0E-01					0.30%								
phthalicanhydride	kg	9.1E-01					0.01%			0.30%					
propane	kg	1.2E+01					0.00%			2.17%					
propene	kg	9.5E+00					0.00%			4.25%					
Sb	kg	9.5E-03					0.00%								
Se	kg	2.6E-02					0.01%								
Sn	kg	2.3E-06					0.00%								
SO2	kg	5.0E+03					36.99%				38.17%				
tar	kg	3.0E-03					0.00%								
TEQ	twe	2.5E-11					0.00%								
tetrachloromethane	kg	8.7E-08			0.00%	0.00%	0.00%			0.00%					

Vervolg scenario 4

	hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GMP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TV	SW
toluene	kg													
xylene	kg					0.00%			0.00%					
Zn	kg					0.00%			0.00%					
EMISSIONS NAAR WATER														
acid	kg					0.01%								
Al	kg	1.5E+01				0.00%								
As	kg	1.1E-06				0.02%	0.02%							
asbest	kg	1.8E+00												
avg-organo N	kg	3.0E-07				0.00%	0.04%							
avg-organo P	kg	3.0E-01				0.00%	3.70%							
avg-chloropesticides	kg	2.0E-01				0.01%	0.02%							
avg-PAH	kg	1.5E-02				0.00%	0.02%							
avg-VOC	kg	1.8E-02				0.00%	0.01%							
benzene	kg	3.2E+00				0.00%	0.00%							
BOD	kg	9.4E-03				0.00%	0.00%							
Cd	kg	7.1E+03												
chloroaniline	kg	1.4E+00				0.03%	13.66%							
chlorophenol	kg	6.0E-01				0.00%	0.00%							
CN	kg	7.0E-01				0.00%	0.03%							
COD	kg	1.9E+00				0.00%	0.03%							
Cr	kg	7.1E+04									5.55%			
crude oil	kg	2.0E+01				0.07%	0.95%							
Cu	kg	5.3E-01												
dissolved solids	kg	2.4E+01				0.00%	2.34%							
ethyleneoxide	kg	2.7E+02												
F	kg	5.7E-02				0.00%	0.00%							
Fe	kg	9.0E+00				0.00%								
H2	kg	3.0E+01				0.00%								
heavy metals	kg	1.1E-02												
Hg	kg	1.9E-08				0.00%	0.00%							
hydrocarb.che arom	kg	3.0E+00				0.09%	73.17%							
hydrocarb.land arom	kg	1.1E-03				0.00%	0.00%							
hydrocarb.land halo	kg	4.1E-05				0.00%	0.00%							
Kjeld N	kg	1.6E-07				0.00%	0.00%							
metals	kg	7.0E+03									10.40%			
Mg	kg	1.4E+00				0.01%	0.11%							
N-total	kg	1.1E-06												
Na	kg	1.8E-10									0.00%			
NH4	kg	2.5E+00												
Ni	kg	4.2E+00				0.00%					0.00%			
NO3	kg	6.1E+01				0.02%	0.98%							
	kg	2.0E+05				0.99%					72.18%			

			hoeveelheid emissie	ADP	EDP	GMP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
Vervolg scenario 4																
oil	kg		1.7E+01					0.01%	0.04%							
P	kg		7.0E+02										7.57%			
PAH	kg		1.9E-04					0.00%	0.00%							
Pb	kg		4.0E+00					0.02%	0.39%							
S	kg		1.4E-06													
solids undefined	kg		1.9E+01													
suspended solids	kg		7.1E+03													
tar	kg		5.6E-01					0.01%	0.22%							
TOC	kg		7.6E-02													
toluene	kg		1.6E-02					0.00%	0.00%							
total solids	kg		4.8E-03													
Zn	kg		2.3E+02					0.00%	4.31%							
EMISSIONS NAAR BODEM																
As	kg		1.4E-10					0.00%		0.00%						
Cd	kg		3.0E-07					0.00%		0.00%						
Cl	kg		2.2E-02													
CN	kg		1.8E-05					0.00%		0.00%						
Cr	kg		5.2E-10					0.00%		0.00%						
Cu	kg		7.3E-09					0.00%		0.00%						
Fe	kg		2.1E-01					0.00%		99.63%						
heavy metals	kg		4.4E-08					0.00%		0.00%						
Hg	kg		3.1E-10					0.00%		0.00%						
hydrocarb.land arom	kg		8.5E-07					0.00%		0.00%						
hydrocarb.land halo	kg		3.2E-09					0.00%		0.00%						
Na	kg		1.5E-05													
PAH	kg		1.8E-06					0.00%		0.00%						
Pb	kg		1.3E-06					0.00%		0.00%						
phenol	kg		2.7E-04					0.00%		0.37%						
SO4	kg		8.3E-05													
Zn	kg		6.1E-08					0.00%		0.00%						

Vervolg scenario 4

	ADP	EDP	GMP	ODP	HT	ECA	ECT	POCP	AP	NP	FW	TW	SW
hoeveelheid emissie													
FINALE AFVALSTOFFEN													
bottom ash (ns)	kg	4.7E+03									0.20%	73.77%	
bottom ash (ns-H)	kg	7.2E+03									0.91%	0.00%	
bottom ash inc.	kg	2.2E+04									0.00%	16.70%	
elec.asbest.waste (H)	kg	2.8E-05									0.00%	0.00%	
fly ash coal	kg	2.1E-04									0.01%	0.08%	
fly ash inc.(H)	kg	1.6E+03									8.32%	100.00%	
hal.waste plast.(H)	kg	4.8E-05									0.00%	8.20%	
Hg.sludge gas pur.(H)	kg	5.4E-01									0.30%	0.95%	
mining waste (ns)	kg	2.0E+05											
nucl. waste (ns-HH)	kg	2.5E+01											
oil s.waste ref.(H)	kg	7.8E+00											
process waste (ns)	kg	4.5E+01											
sol.g.t.inc.(H)	kg	8.0E+02											
sol.l.t.waste lf.(H)	kg	2.9E+01											
undefined	kg	5.3E+04											
undefined (H)	kg	9.2E+01											
water tr.waste (ns)	kg	2.1E+06											

