

RIOOLWATERZUIVERINGSINRICHTINGEN (RWZI's)

**Werkgroep
Emissies
Servicebedrijven en
Produktgebruik**

**Samenwerkingsproject procesbeschrijvingen consumenten, bouw, handel en dienstverlening.
RIVM (rapportnr. 773003003), RIZA notanr. 93.046/H1), DGM en CBS**

**Auteur(s) : C.J. Peek (RIVM)
Basisjaar : 1991
Datum publikatie : december 1993**

INHOUDSOPGAVE

1. Omvang van de activiteit	H1 - 1
2. Procesbeschrijving en bronnen van emissies	H1 - 1
3. Emissie- en afvalfactoren	H1 - 4
3.1. Water	H1 - 4
3.2. Luchtemissies	H1 - 6
3.3. Afvalstoffen	H1 - 7
3.4. Organische microverontreinigingen	H1 - 7
3.5. Overzicht emissie- en afvalfactoren RWZI's	H1 - 8
4. Energieverbruik en energiefactoren	H1 - 9
5. Maatregelen voor emissiereductie, beperking omvang afvalstoffen en energiebesparing	H1 - 10
5.1. Beperken emissies met effluent naar het oppervlaktewater	H1 - 10
5.2. Beperken emissies naar de lucht	H1 - 14
5.3. Beperken slibvorming	H1 - 15
5.4. Prognose emissie- en afvalfactoren RWZI's	H1 - 15
6. Onderzoek naar schone processen en producten	H1 - 16
7. Normstelling en regelgeving	H1 - 17
8. Referenties	H1 - 18
Bijlage I. Berekeningen emissies vanuit RWZI's naar de lucht	H1 - 20
Bijlage II. Gebruikte gegevens bij berekeningen met het model TIMAS	H1 - 22

1. OMVANG VAN DE ACTIVITEIT

In 1991 werd in totaal ruim 20 miljoen inwonerequivalenten (i.e.) -volume ruim 1.618 miljoen m³- afvalwater gezuiverd op RWZI's (CBS, 1993a). Een i.e. is de hoeveelheid zuurstofbindende stoffen waarvan het zuurstofverbruik bij aërobe afbraak overeenkomt met die van het afvalwater van één inwoner; deze zuurstofbehoefte is vastgesteld op 54 gram biochemisch zuurstofverbruik (BZV) per etmaal (CBS, 1993b). Het afvalwater dat op een RWZI binnenkomt en verwerkt wordt bestaat uit huishoudelijk afvalwater, industrieel afvalwater en eventueel neerslag. Dit afvalwater wordt via de riolering aangevoerd. Op 31 december 1991 waren in Nederland 452 RWZI's aanwezig met een gezamenlijke zuiveringscapaciteit van 23,8 miljoen i.e. (CBS, 1993a).

2. PROCESBESCHRIJVING EN BRONNEN VAN EMISSIES

Het zuiveringsproces op een RWZI bestaat uit een aantal stappen. Hierna wordt beschreven welke stappen dat kunnen zijn (Koot, 1989):

Voorbehandeling

Tijdens deze stap worden de grove delen uit het afvalwater verwijderd. Deze stoffen worden -vaak na ontwateren- verbrand of gestort. Daarna wordt het zand via een zandvang verwijderd en afgevoerd.

Voorbezinking

Onopgeloste deeltjes worden na bezinking en flotatie als primair slib uit het afvalwater verwijderd. Het primaire slib wordt als afval afgevoerd naar de slibverwerking. Met het primaire slib wordt bovendien een deel van de zware-metalen en organische microverontreinigingen uit het afvalwater verwijderd. Het BZV gehalte vermindert tijdens de voorbezinking met 25 á 40 %.

Biologische behandeling

Tijdens deze stap worden opgeloste of colloïdaal aanwezige organische stof met behulp van micro-organismen en via beluchting toegevoerde zuurstof uit het afvalwater verwijderd. Hierdoor groeien de micro-organismen(=slibproductie). Bij de biologische behandeling kan onderscheid gemaakt worden in hoge en lage belasting. Laagbelaste systemen werken meestal zonder een voorbezinkingsstap. Daarnaast onderscheiden laagbelaste systemen zich van hoogbelaste systemen door:

- meer zuurstofgebruik;
- een hoger verwijderingsrendement voor BZV en N-totaal;
- vergaande mineralisatie waardoor minder slib wordt gevormd.

H1 - 2

Tijdens de biologische behandeling ontstaan de volgende emissies naar lucht:

- CO₂;
- N₂O;
- stoffen (waaronder H₂S) die stank veroorzaken;
- organische microverontreinigingen.

Nabezinken

Het nog aanwezige slib wordt in de nabezinktank van het te lozen gezuiverde water (effluent) gescheiden. Een deel van dit afgescheiden slib wordt als retourslib teruggevoerd naar de beluchtings- ruimte. De rest van het slib, secundair slib genoemd, wordt als afvalstof afgevoerd naar de slibverwerking.

Nabehandeling

De nabehandeling kan bestaan uit:

- Extra bezinking, zeping of filtratie wanneer het effluent niet voldoet aan de gestelde eisen;
- Desinfectie. In Nederland vindt op 12 RWZI's desinfectering plaats. Als desinfectans wordt in alle gevallen chloorbleekloog gebruikt (CBS, 1993b). Het effluent van deze RWZI's wordt geloosd op oppervlaktewater met een recreatieve functie. Behalve met chloorbleekloog kan ook er gedesinfecteerd worden met UV-straling of ozon.

P verwijdering

Vanwege de toekomstige strengere eisen voor fosfor in het effluent vindt op steeds meer RWZI's fosfaatverwijdering(defosfatering) plaats. Het aantal RWZI's waar defosfatering plaatsvindt is gestegen van 25 in 1989 tot 41 in 1991 (CBS, 1993b). Bij deze RWZI's vindt simultane defosfatering plaats. Op defosfatering wordt in hoofdstuk 5 nog teruggeko-

N verwijdering

Ook voor de hoeveelheid N in het effluent worden in de toekomst strengere eisen gesteld. Bij een aantal laagbelaste RWZI's wordt hier al op ingespeeld, door toepassing van zuurstofarme zones. In deze zones wordt de benodigde zuurstof onttrokken aan het in de zuurstofrijke zones gevormde nitraat. Hierbij ontstaat stikstofgas (N₂) dat ontwijkt.

Slibverwerking

Slibverwerking bestaat voornamelijk uit stabilisatie en ontwatering. Door stabilisatie wordt het slibvolume verkleind, het stankbezwaar verdwijnt en de slibkwaliteit wordt verbeterd. In tabel 2.1 zijn de stabilisatiemethoden en het aantal RWZI's waar deze toegepast worden weergegeven (CBS, 1993b).

Tabel 2.1 Methoden van slibstabilisatie, aantal RWZI's met bijbehorende capaciteit per methode in 1991

Stabilisatiemethode	RWZI's	
	Aantal	Capaciteit
		1.000 i.e.
Simultaan	281	6.284
Separaat		
-slibgisting	151	15.053
-aëroob	8	340
-thermisch	2	312
Geen stabilisatie	10	1.837

Simultane stabilisatie wil zeggen dat de stabilisatie van het slib niet achteraf, maar tijdens de biologische behandeling plaatsvindt. Bij de separate stabilisatiemethode slibgisting wordt gistingsgas gevormd, bestaande uit CH_4 en CO_2 . Het grootste deel van het gistingsgas wordt benut als energiebron. Het gedeelte dat niet wordt benut wordt gespuid en direct afgafkeld of gespuid zonder dat affakkeling plaatsvindt. Bij spui zonder affakkeling worden CH_4 en CO_2 naar de lucht geëmitteerd en bij spui gevolgd door affakkeling alleen CO_2 . Aërobe slibstabilisatie veroorzaakt CO_2 emissies naar de lucht. Na de stabilisatie kan het slib worden ontwaterd of nat afgevoerd worden. Het slib van 222 RWZI's werd in 1991 nat afgevoerd (CBS, 1993b). Het ontwaterde slib kan nog een nabehandeling ondergaan, zoals thermisch drogen, verbranden of natte oxydatie.

Afhankelijk van welke stappen worden doorlopen, maar vooral naar de aard van de biologische behandeling worden de RWZI's ingedeeld naar type. RWZI's waar alleen de eerste 2 stappen worden doorlopen worden Mechanische inrichtingen genoemd. In tabel 2.2 zijn de RWZI's onderverdeeld naar type en wordt per type de zuiveringscapaciteit en de aangevoerde hoeveelheden i.e. en afvalwater vermeld (CBS, 1993a). Voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende typen RWZI's wordt verwezen naar de literatuur (Koot, 1989).

Tabel 2.2. Aantal en type RWZI met bijbehorende zuiveringscapaciteit in i.e., aanvoer in i.e. en m³ in 1991

Type RWZI	Aantal	Zuiveringscapaciteit	Aanvoer afvalwater	
		1.000 i.e.	1.000 i.e.	1.000 m ³
Mechanische inrichting	12	144	191	18.186
Oxidatiebedden	43	1.654	1.405	110.105
Aeratie tanks	63	10.052	7.870	640.651
Oxidatietanks continu	57	1.247	1.079	91.136
Oxidatietanks discontinu	1	13	9	337
Oxidatiesloten continu	116	1.059	1.005	79.308
Oxidatiesloten discontinu	17	19	30	2.919
Carroussels	96	4.907	4.350	352.572
Compactinrichtingen	3	11	9	1.061
Parallele inrichtingen	11	584	634	52.531
Tweetrapsinrichtingen	33	4.143	3.438	270.051
Totaal	452	23.833	20.019	1.618.856

3. EMISSIE- EN AFVALFACTOREN

3.1. Water

Met het effluent -in 1991 ruim 1.618 miljoen m³- van de RWZI's worden de volgende stoffen naar het oppervlaktewater geëmitteerd:

- Organische verbindingen (uitgedrukt in CZV en/of BZV);
- N-verbindingen;
- P-verbindingen;
- pathogenen;
- zware-metalen(anorganische microverontreinigingen);
- organische microverontreinigingen.

Van deze emissies zijn van de organische, N- en P-verbindingen cijfers per type zuiveringsinrichting bekend. Deze zijn opgenomen in Tabel 3.1 (CBS, 1993a). Van zware-metalen zijn alleen totaalcijfers bekend. In Tabel 3.2 zijn deze terug te vinden (CBS, 1993a). Om een compleet overzicht te verkrijgen van de RWZI's zijn in deze twee tabellen ook de influentgegevens -dus de emissies van de lozers(huishoudens en bedrijven) op de RWZI's- en zuiveringsrendementen opgenomen. De organische microverontreinigingen worden in paragraaf 3.4 behandeld. Het grootste gedeelte van de pathogene micro-organismen komt tijdens de biologische zuivering in het slib terecht.

Tabel 3.1. Vrachten CZV, BZV, N-totaal, P-totaal in influent en effluent, afvoer afvalwater, zuiveringsrendementen in % en gehalten in effluent per type RWZI over 1991

Type RWZI	Aantal	Influent	Effluent	Zuiverings- rendement 1)	Afvoer afvalwater	Gehalte effluent ²⁾
		1.000 kg/jr		%	1.000 m ³	mg/l
Mechanische inrichtingen	12				18.186	
CZV		9.522	6.546	31		359,9
BZV		3.495	2.594	26		142,6
N-totaal		855	796	7		43,8
P-totaal		114	99	13		5,4
Oxidatiebedden	43				110.105	
CZV		62.425	11.558	81		105,0
BZV		22.535	2.388	89		21,7
N-totaal		5.708	3.626	36		32,9
P-totaal		932	535	43		4,9
Aeratietanks	63				640.651	
CZV		387.286	54.234	86		84,7
BZV		145.560	9.532	93		14,9
N-totaal		35.227	19.136	46		29,9
P-totaal		5.715	2.514	56		3,9
Oxidatietanks continu	57				91.136	
CZV		51.645	5.484	89		60,2
BZV		18.110	658	96		7,2
N-totaal		4.445	1.538	65		16,9
P-totaal		817	269	67		3,0
Oxidatietanks discontinu	1				337	
CZV		265	27	90		80,1
BZV		97	2	98		5,9
N-totaal		23	8	65		23,7
P-totaal		3	1	67		3,0
Oxidatiesloten continu	116				79.308	
CZV		52.259	4.796	91		60,5
BZV		20.006	562	97		7,1
N-totaal		4.384	1.261	71		15,9
P-totaal		860	256	70		3,2
Oxidatiesloten discontinu	17				2.919	
CZV		1.551	487	69		166,8
BZV		549	122	78		41,8
N-totaal		149	89	40		30,5
P-totaal		21	9	57		3,1
Carroussels	96				352.572	
CZV		208.980	21.590	90		61,2
BZV		78.186	2.820	96		8,0
N-totaal		17.542	5.468	69		15,5
P-totaal		3.015	1.007	67		2,9
Compactinrichtingen	3				1.061	
CZV		420	82	80		77,3
BZV		150	12	92		11,3
N-totaal		46	25	46		23,6
P-totaal		6	1	83		0,9
Parallele inrichtingen	11				52.531	
CZV		33.030	5.136	84		97,8
BZV		11.993	980	92		18,7
N-totaal		2.774	1.640	41		31,2
P-totaal		478	225	53		4,3
Tweetrapsinrichtingen	33				270.051	
CZV		154.442	18.050	88		66,8
BZV		58.223	2.677	95		9,9
N-totaal		13.404	7.912	41		29,3
P-totaal		2.228	954	57		3,5
TOTAAL	452				1.618.856	
CZV		961.817	127.991	87		79,1
BZV		358.904	22.339	94		13,8
N-totaal		84.556	41.400	51		25,6
P-totaal		14.188	5.868	59		3,6

1) Berekend via [(Influent-/Effluent) / Influent] * 100

2) Berekend via [Effluent/Afvoer afvalwater]

Tabel 3.2. Vrachten zware-metalen in influent, effluent en slib en verwijderingsrendementen over 1991

Zware metalen	Influent ³⁾	Effluent ⁴⁾	Slib ²⁾	Verwijderings- rendement ¹⁾
	1.000 kg			%
Koper	202	61	145	70
Chroom	42	17	26	60
Zink	482	145	342	70
Lood	110	44	69	60
Cadmium	2,0	0,8	1,2	60
Nikkel	40	28	12	30
Kwik	1,0	0,3	0,7	70
Arseen	4,4	2,2	2,2	50

- 1) Dit zijn gemiddelde cijfers, afkomstig uit de literatuur (CUWVO, 1986).
 2) Deze hoeveelheden zijn gemeten (CBS, 1993b).
 3) en 4) Met behulp van ¹⁾ en ²⁾ zijn de vrachten in het influent en het effluent geschat.

Om in de toekomst nauwkeuriger cijfers te verkrijgen over zware-metalen is het wenselijk om de beschikking te krijgen over meer gegevens over concentraties in het influent en/of effluent. Met behulp van dit cijfermateriaal kan eveneens bekeken worden of er relaties bestaan tussen bijvoorbeeld de toename van de slibproductie en de verwijdering van zware-metalen.

3.2 Luchtemissies

Bij het zuiveringsproces ontstaan de volgende emissies naar lucht:

- CO₂;
- CH₄;
- N₂O;
- stoffen (waaronder H₂S) welke stank veroorzaken;
- organische microverontreinigingen.

CO₂ komt voornamelijk vrij bij de aërobe afbraak van organische stof en door het gebruik van energiedragers. De emissie van CH₄ wordt geheel veroorzaakt door gistinggas dat gespuid wordt zonder affakkeling. N₂ wordt gevormd wanneer bij de nitrificatie de oxydatie van NO₂⁻ naar NO₃⁻ niet volledig verloopt. Bij denitrificatie komen zowel N₂ als N₂O vrij. Voor 1991 zijn de emissies van CO₂, CH₄ en N₂O benaderd m.b.v. berekeningen (zie Bijlage I). De uitkomsten hiervan zijn :

- CO₂ 554 kton
- CH₄ 6 kton
- N₂O 4 kton

Voor emissies van organische microverontreinigingen wordt verwezen naar paragraaf 3.4. Over stoffen die stank veroorzaken zijn nauwelijks emissiegegevens voorhanden.

3.3. Afvalstoffen

Naast de water- en luchtemissies komt er tijdens het zuiveringsproces slib als afvalstof vrij. In 1991 werd 3 miljoen m³ zuiveringsslib met 329 kton d.s. gevormd (CBS, 1993b). De hoeveelheden aan zware metalen van dit slib zijn te vinden in tabel 3.2. De hoeveelheden aan meststoffen van dit slib zijn in tabel 3.3 opgenomen (CBS, 1993b).

Tabel 3.3. Meststoffen in zuiveringsslib

Meststof	mln. kg
-Stikstof als N	16,5
-Fosfor als P ₂ O ₅	17,1
-Kalium als K	202,2
-Kalk als CaO	25,8
-Magnesium als MgO	2,1

3.4 Organische microverontreinigingen

In het influent van RWZI's kunnen organische microverontreinigingen voorkomen. Tijdens de zuivering kunnen dit soort verontreinigingen voor een deel (Struijs et al, 1987):

- vervluchtigen;
- worden afgebroken;
- adsorberen aan slib.

Het resterende deel komt in het effluent terecht.

Hoe een verontreiniging zich tijdens het zuiveringsproces zal gedragen is ondermeer afhankelijk van (Struijs et al, 1987):

- de fysisch-chemische eigenschappen van de betreffende stof;
- de influentconcentratie;
- de bedrijfsvoering en belasting van de RWZI.

Wanneer er van een stof betrouwbare meetgegevens, zoals gehalten in influent en effluent, bekend zijn dan wordt er met deze gegevens gewerkt. In WESP verband is afgesproken dat wanneer geen betrouwbare meetgegevens bekend zijn, er met behulp van rekenmodellen een indruk wordt verkregen hoe een stof zich zal gedragen in een RWZI. Als voorbeeld zijn met het rekenmodel TIMAS (Struijs et al, 1987) berekeningen uitgevoerd voor de volgende twee stoffen:

- dichloormethaan (hoge oplosbaarheid en hoge dampdruk);
- anthraceen (lage oplosbaarheid en lage dampdruk).

De bij deze berekeningen gebruikte gegevens zijn in Bijlage II opgenomen.

Er zijn berekeningen gemaakt voor een hoogbelast systeem (met voorbezinking) en een laagbelast systeem (zonder voorbezinking). Uit deze gegevens zijn vervolgens gemiddelde cijfers voor Nederland berekend. Hierbij zijn de volgende aanname's gedaan:

- Oxidatietanks, oxidatiesloten en carroussels zijn als laagbelaste systemen beschouwd;
- In deze systemen werd in 1991 circa 30% van het aangevoerde afvalwater gezuiverd
- Uitwisselend oppervlak water-lucht per tijdseenheid is voor alle type RWZI's gelijk.

De resultaten van de berekeningen zijn in Tabel 3.4 opgenomen.

Tabel 3.4. Resultaten modelberekeningen (TIMAS)dichloormethaan en anthraceen (Hb=Hoogbelast, Lb=Laagbelast systeem, gNed=gemiddelde voor Nederland. $gNed=0.7*Hb+0.3*Lb$).

	Dichloormethaan			Anthraceen		
	Hb	Lb	gNed	Hb	Lb	gNed
%Slib	0	0	0	84	88	86
%Afbraak	10	60	24	0	1	0
%Vervluchting	40	25	36	0	0	0
%Effluent	50	15	40	16	11	14
%Verwijdering	50	85	60	84	89	86

3.5. Overzicht emissie- en afvalfactoren RWZI's

De emissies naar water en lucht worden per aangevoerde i.e. en per m³ gezuiverd afvalwater berekend. Dit zijn de zogenaamde emissiefactoren. In de Tabellen 3.5 en 3.6 zijn deze emissiefactoren weergegeven.

Tabel 3.5. Emissiefactoren water RWZI's in 1991

Stof/Stofgroep	Emissiefactor	
	g/ie	g/m ³
CZV	6.393	79,1
BZV	1.116	13,8
N-tot	2.068	25,6
P-tot	293	3,6
	mg/ie	mg/m ³
Zware metalen:		
-Koper	3.047	37,7
-Chroom	849	10,5
-Zink	7.243	89,6
-Lood	2.198	27,2
-Cadmium	40	0,5
-Nikkel	1.399	17,3
-Kwik	15	0,2
-Arseen	110	1,4

Tabel 3.6. Emissiefactoren lucht RWZI's in 1991

Stof/Stofgroep	Emissiefactor	
	kg/ie	g/m ³
CO ₂	27,4	339,1
CH ₄	0,3	3,7
N ₂ O	0,2	2,5

De hoeveelheden afval worden per aangevoerde i.e. en per m³ gezuiverd afvalwater berekend. Dit zijn de zogenaamde afvalfactoren.

De afvalfactoren RWZI's in 1991 zijn:

Slib:	- Volume	0,15 m ³ /ie; 1,8 liter/m ³
	- Droge stof(ds)	16,7 kg/ie; 0,2 kg/m ³

4. ENERGIEVERBRUIK EN ENERGIEFACTOREN

Tijdens het zuiveringsproces is energie nodig voor beluchten, transport van water en slib (pompen), verwarmen t.b.v. slibgisting, etc. Het grootste deel van de energie -ca .70%- wordt voor de beluchting gebruikt. De benodigde energie en de energie welke tijdens het proces geproduceerd wordt zijn in Tabel 4.1 opgenomen (CBS, 1993b).

Tabel 4.1. Verbruik en productie van energiedragers door RWZI's in 1991

Energiedrager	Eenheid	Hoeveelheid
Electriciteit		
-Aankoop	mln.kWh	400
-Productie	mln.kWh	106,9
Aardgas-inkoop	mln.m ³	12,18
Olie-inkoop	mln.liter	1,58
Gistingsgas-productie	mln.m ³	83,6

Van de totale hoeveelheid geproduceerd gistingsgas is de bestemming als volgt (CBS, 1993b):

- Gebruik t.b.v. PE/TE-installatie	50.8 mln. m ³ ;
- Gebruik t.b.v. slibgisting	9.1 mln. m ³ ;
- Spui met affakkeling	10.7 mln. m ³ ;
- Spui zonder affakkeling	13.1 mln. m ³ .

Het gistingsgas wordt gebruikt als brandstof in verbrandingsmotoren. De arbeid van deze motoren kan omgezet worden in mechanische arbeid, wat plaatsvindt in zogenaamde 'Partial Energy(PE)-installaties'. Wat veel vaker voorkomt is dat de motoren generatoren aandrijven voor het opwekken van elektriciteit. Dit gebeurt in zogenaamde 'Total Energy(TE)-installaties'. De koelwaterwarmte kan nuttig gebruikt worden voor het verwarmen van het gistingproces of voor ruimteverwarming.

Uit de energiecijfers zijn de energiefactoren per aangevoerde i.e. en per 1.000 m³ gezuiverd afvalwater bepaald. In tabel 4.2 zijn deze weergegeven.

Tabel 4.2. Energiefactoren RWZI's in 1991

Energiedrager	Eenheid	Verbruik	
		Per ie	Per 1000 m ³
Electriciteit	kWh	25,3	314
- aankoop	kWh	20,0	248
- eigen produktie	kWh	5,3	66
Aardgas	m ³	0,6	8
Olie	liter	0,1	1
Gistingsgas t.b.v. gisting	m ³	0,5	6

5. MAATREGELEN VOOR EMISSIEREDUCTIE, BEPERKING OMVANG AFVALSTOFFEN EN ENERGIEBESPARING

5.1 Beperken emissies met effluent naar het oppervlaktewater

De landelijk gemiddelde zuiveringsrendementen van RWZI's zijn de laatste jaren gestegen (CBS, 1993b). Hierdoor zijn de emissies met het effluent naar het oppervlaktewater verminderd. De stijging van de landelijke zuiveringsrendementen voor fosfaat wordt veroorzaakt door (CBS, 1993b):

- De invoering van fosfaatvrije wasmiddelen, waardoor de concentratie aan P-totaal in het influent is afgenomen. Omdat fosfor in deze concentraties nog niet groeilimiterend is zal de biologische vastlegging van fosfaat in het slib in absolute zin vrijwel gelijk blijven. Dit resulteert in een hoger verwijderingsrendement;
- Toename van het aantal RWZI's met fosfaatverwijdering (defosfatering).

De stijging van de landelijke zuiveringsrendementen voor CZV, BZV en N-totaal is voornamelijk toe te schrijven aan de afname van hoogbelaste systemen en een toename van laagbelaste systemen. Deze trend zal zich tot zeker het jaar 2000 voortzetten (Coppoolse et al, 1993).

Er zijn internationaal afspraken gemaakt over emissiereductie van N en P-totaal naar het oppervlaktewater (zie Hoofdstuk 7).

Emissiebeperking P-totaal

Het verwijderen van fosfaat uit afvalwater kan op de volgende manieren worden uitgevoerd:

- Chemisch;
- Biologisch;
- Biologisch, gevolg door chemische P-verwijdering in een deelstroom.

In het navolgende wordt kort op deze methoden ingegaan. Voor een uitvoerige beschouwing over defosfatering wordt naar de literatuur verwezen (STORA, 1991 en STOWA, 1993a).

- Chemisch (STOWA, 1993b)

Hierbij wordt het fosfaat door toevoeging van chemicaliën neergeslagen. Het fosfaatslib wordt gelijktijdig met het overige slib gevormd en hiermee gemengd. De meest gebruikte chemicaliën zijn metaalzouten (ijzer en aluminium) en kalkprodukten.

Naast het gebruik van chemicaliën brengt dit proces de volgende nadelen met zich mee:

- Extra vorming van slib ;
- Een deel van de gebruikte zouten komt in het effluent terecht, omdat er nooit een volledige neerslag zal plaatsvinden.

In tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van de chemische defosfateringsmethoden en per methode de toepassingsfase in het zuiveringsproces, de haalbare P-concentraties in het effluent en de extra slibproductie.

Tabel 5.1 Overzicht chemische defosfateringsmethoden en per methode de toepassingsfase in het proces, de haalbare P-concentraties in het effluent en de extra slibproductie

Chemische defosfateringsmethode	Toepassingsfase in zuiveringsproces	Haalbare P-concentratie effluent	Extra slibproductie
- Geïntegreerd in het proces			
= Voorprecipitatie	voorbezinking	< 2,0	10 - 25%
= Simultane precipitatie	biologische beh.	1,0	10 - 30% ¹⁾ 20 - 50% ²⁾
- Als nageschakelde techniek			
= Vlokkingsfiltratie	na nabezinking	0,1 - 0,7	4%
= Naprecipitatie	„	< 1,0	30%
= Magnetische separatie	„	0,5	30 - 60%
= Korrelreactor (inclusief filter)	„	1,0 - 3,0 0,5	20 - 65%

1) Bij gebruik van metaalzouten

2) Bij gebruik van kalkprodukten

Een bijkomend voordeel van chemische defosfatering zou kunnen zijn dat het zuiveringsrendement voor zware-metalen met enkele procenten wordt verbeterd. Dit wordt echter teniet gedaan door toename van de zware metalenvracht door gebruik van ijzer- en aluminiumzouten (Coppoolse et al, 1993).

- Biologisch (STORA, 1991)

Via deze methode wordt er door de aanwezigheid van specifieke bacteriën in het actiefslib meer fosfaat opgenomen. Hierdoor zal het P-gehalte van het slib toenemen van 1-2% naar 3-4%. Met deze methode zijn P-effluent concentraties te halen van < 1,0 mg/liter.

Biologische defosfatering heeft nauwelijks effect op het zuiveringsrendement van zware metalen (Coppoolse et al, 1993).

- Biologisch, gevolgd door chemische P-verwijdering in een deelstroom (STOWA, 1993a).

Ook bij deze methode wordt er door het actiefslib meer fosfaat opgenomen. Het retourslib wordt voor een deel naar een P-afgiftetank geleid, waarin het slib fosfaat afgeeft aan de waterfase. Het fosfaat in de waterfase kan fysisch-chemisch worden verwijderd met één van de nageschakelde technieken, genoemd in Tabel 5.1. Ook bij deze methode wordt er extra slib (circa 10%) gevormd.

Bij een onderzoek op de RWZI in Bergambacht, een zeer laagbelaste actief-slibinrichting is over de gehele onderzoeksperiode een P-totaal gehalte in het effluent van 0,4 mg/l gemeten (Schellen en Draaijer, 1992). Tijdens dit onderzoek is ook een vergelijking gemaakt tussen de kosten van de verschillende defosfateringsmethoden. Deze zijn opgenomen in Tabel 5.2 (Schellen en Draaijer, 1992).

Tabel 5.2. Kostencijfers (in guldens*1.000) defosfateringsonderzoek RWZI Bergambacht bij capaciteiten van 40.000 ie en 100.000 ie

Kosten	Simultaan chemisch		Biologisch		Biologisch/ chemisch in deelstroom	
	40.000 ie	100.000 ie	40.000 ie	100.000 ie	40.000 ie	100.000 ie
Investerings:						
-Civiele werken	556	737	1.298	2.651	715	1.359
-Electromechanisch	146	194	405	535	940	1.555
Totaal	702	921	1.703	3.186	1.655	2.914
Op jaarbasis:						
Kapitaalslasten	107	142	260	468	252	445
Operationele kosten;						
- Personeel	35	70	35	70	35	70
- Energie	1	2	13	33	10	25
- Diversen						
=onderhoud	10	13	24	38	42	61
=chemicaliën	78	195	68	171	82	203
=slibverbranding	148	370	-	-	-	-
=slibstorten	-	-	-	-	53	133
Totaal	379	792	400	780	474	937
Per ie/jaar (in guldens)	9,50	7,90	10,00	8,00	11,90	9,45

Emissiebeperking N-totaal

De mogelijkheden om N-totaal uit het afvalwater te verwijderen zijn:

- Biologisch (nitrificatie/denitrificatie);
- Fysisch-chemisch.

Op de meeste RWZI's vindt momenteel biologische N-verwijdering plaats tijdens de biologische stap in het zuiveringsproces. In Tabel 3.1 is te zien dat in 1991 het verwijderingsrendement voor heel Nederland 51% bedroeg. Dit is echter niet voldoende om aan de eisen die per 1-1-1998 ingaan (<10 of <15 mg/liter, zie ook hoofdstuk 7) te kunnen voldoen. Om wel aan deze eisen te kunnen voldoen dienen de meeste RWZI's aangepast, uitgebreid of vervangen te worden. Voor een uitgebreide beschrijving hierover wordt verwezen naar de literatuur (STOWA, 1993b). Bij het onderzoek op de RWZI Bergambacht werd voor N-totaal een jaargemiddelde gehaald van 8 mg/l (Schellen en Draaijer, 1992).

De uiteindelijke kosten van stikstofverwijdering zullen in 1998 ongeveer 200 miljoen gulden bedragen (Unie van Waterschappen, 1992). Landelijk gezien betekent dit een stijging van circa 11 gulden per ie.

Fysisch-chemische N-verwijdering kan ondermeer plaatsvinden via selectieve ionenwisseling, strippen, breekpuntchlorering of het laten neerslaan als magnesiumammoniumfosfaat (STOWA, 1993b). Deze technieken worden nog niet toegepast op RWZI's.

Een nadeel van meer N-verwijdering is het toenemen van de N₂O emissie naar de lucht.

Emissiebeperking zware-metalen

Enkele veel toegepaste technieken om zware metalen uit afvalwater te verwijderen zijn:

- precipitatie;
- adsorptie (aktief kool);
- ionenwisseling;
- membraanfiltratie;
- magnetische afscheiding.

Door het verwijderen van zware metalen uit het ruwe afvalwater (influent) kunnen de emissies naar het effluent en de gehalten in het slib teruggedrongen worden. Tot nu toe zijn ten aanzien van de verwijdering van zware metalen uit het ruwe afvalwater nog geen bevredigende resultaten behaald.

Door één van de hiervoor genoemde technieken in te zetten als nazuiveringsstap kunnen de zware metalen verwijderd worden uit het effluent. In de volgende paragraaf wordt hier nog op teruggekomen.

Effluentpolijsting

Wanneer er hogere eisen aan het effluent gesteld worden, dan kan het effluent nog nagezuiverd worden via filtratie of microzeving (Koot, 1989). Hierdoor wordt het zwevend stofgehalte en daardoor ook het BZV-, zware-metalen en P-totaal gehalte verlaagd. De emissies van organische microverontreinigingen kunnen verminderd worden door het inzetten van een aktief-kool installatie na de biologische zuivering. Hierdoor ontstaat echter wel een nieuwe afvalstroom. Een andere mogelijkheid is het toepassen van chemische oxydatie met ozon en/of ultraviolet licht (Koot, 1989).

Het Hoogheemraadschap West-Brabant heeft onderzoek gedaan naar effluentpolijsting bij oxidatiebedden (DHV Water BV, 1992). Door toepassing van een combinatie van technieken kon worden voldaan aan de Algemene Milieu Kwaliteit (AMK) eisen. In Tabel 5.4 zijn de belangrijkste resultaten van dit onderzoek samengevat (DHV Water BV, 1992).

Tabel 5.4 Resultaten onderzoek Hoogheemraadschap West-Brabant naar effluentpolijsting

Stof	Eenheid	Gehalte influent ¹⁾	Gehalte effluent ²⁾
P-totaal	mg/l	3	0,15
N-totaal	mg/l	10	2,20
Cadmium	µg/l	0,08-0,32	0,20
Kwik	µg/l	0,04	0,03
Fluorantheen (PAK)	µg/l	0,02-0,08	0,07
Diazinon (organofosforpesticide)	µg/l	0,07-0,22	0,03

1) Dit is het te polijsten effluent

2) Deze gehalten zijn gelijk aan de AMK-normen

Bovenstaande resultaten werden bereikt door achtereenvolgens de volgende technieken toe te passen (DHV Water BV, 1992):

- Compactstelsysteem (extra N-verwijdering);
- Simultane precipitatie + vlokkingsfiltratie (extra P- en zware metalen verwijdering);
- Ozonisatie (verwijderen bacteriën / oxydatie organische verbindingen);
- Aktief kool (ondermeer verwijdering organische microverontreinigingen);
- Cascade beluchting (O₂ inbreng om aan de zuurstofeis te kunnen voldoen).

De kosten van het geheel zijn voor 4 verschillende capaciteiten in Tabel 5.5 te vinden (DHV Water BV, 1992).

Tabel 5.5. Kostenoverzicht effluentpolijsting bij oxydatiebedden voor 4 verschillende capaciteiten

Capaciteit RWZI	Investeringskosten	Exploitatiekosten	Kosten	Kosten
i.e.	mln. guldens		f/m ³	f/i.e.
5.000	3,3	0,63	1,92	127
10.000	6,3	1,2	1,82	120
20.000	11,8	2,25	1,70	112
50.000	28,0	5,2	1,56	103

5.2 Beperken emissies naar de lucht

CH₄ emissies kunnen worden voorkomen door het gistingsgas dat gespuid wordt zonder affakkeling wel af te fakkelen. Verder kunnen de emissies naar de lucht worden voorkomen door de inrichtingen te overdekken en de ventilatielucht te reinigen. Dit gebeurt nu al op een aantal RWZI's.

5.3 Beperken slibvorming

Het beperken van de slibproductie is een vrij moeilijke zaak. Dit kan alleen gerealiseerd worden wanneer het gehele zuiveringsproces ingrijpend gewijzigd wordt. In het volgende hoofdstuk wordt hier nader op ingegaan. In 1990 werd circa 35% van het zuiveringsslib in de landbouw afgezet en circa 10 % geleverd aan compost/zwarte grond bedrijven. Door de strengere normen ten aanzien van de kwaliteit van het slib zal de afzet naar de landbouw en de levering aan compost/zwarte grond bedrijven verminderen. In de toekomst zal naar verwachting veel meer slib(ca. 65%) verbrand gaan worden (Duvoort van Engers, 1991). Probleem hierbij is de rookgasreiniging, omdat er nogal strenge eisen zijn voor onder andere stofemissie. Een andere mogelijkheid is om natte oxydatie toe te passen. Een mogelijkheid om de absolute hoeveelheid zuiveringsslib in m³ terug te brengen is verregaande ontwatering met behulp van droogprocessen. De hoeveelheid slib zal in de toekomst vooral toenemen (20-40 %) door het op grote schaal invoeren van defosfateren (Duvoort van Engers, 1992). Om er voor te zorgen dat het slib weer de status krijgt van een nuttig her te gebruiken afvalstof dient de kwaliteit van het slib verbeterd te worden. Dit zou kunnen door er voor te zorgen dat de aanwezigheid van zware-metalen en organische-microverontreinigingen wordt teruggedrongen. De aanwezige hoeveelheid zware-metalen kan teruggedrongen worden door de zware-metalen uit het ruwe afvalwater (zie paragraaf 5.1) of uit het gevormde slib (na de zuivering) af te scheiden. Met behulp van elektrolyse is het mogelijk om zware metalen voor 50% te verwijderen uit slib (de Jong en Schmal, 1992). Wanneer het slib gebruikt wordt als meststof dan is het verwijderen van zware metalen hieruit pas zinvol als de organische microverontreinigingen ook uit het slib verwijderd kunnen worden. Voor beperking van energieverbruik wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk.

5.4 Prognose emissie- en afvalfactoren RWZI's

Voor een deel van de emissies is een prognose voor het jaar 2000 gemaakt. Hierbij is aangenomen dat het grootste deel van de RWZI's in 2000 zal bestaan uit laagbelaste systemen met de volgende zuiveringsrendementen (zie ook Tabel 3.1 en Hoofdstuk 7):

- CZV 90%
- BZV 96%
- P-totaal 75%
- N-totaal 75%

De prognose van de emissiefactoren naar water(g/ie) en naar lucht(kg/ie) zijn in de Tabellen 5.6 en 5.7 terug te vinden.

Tabel 5.6 Prognose emissiefactoren water RWZI's in 2000

Stof/Stofgroep	Emissiefactor (g/ie)
CZV	4.805
BZV	717
N-tot	1.050
P-tot	179

Tabel 5.7 Prognose emissiefactoren lucht RWZI's in 2000

Stof/Stofgroep	Emissiefactor(kg/ie)
CO ₂	30,2
CH ₄	0,0
N ₂ O	0,36

Voor de berekening van de luchtmissies wordt verwezen naar Bijlage I.

De CO₂- en N₂O-emissies zullen toenemen door een verdere verwijdering van respectievelijk CZV en N-totaal. Daar bij laagbelaste systemen geen slibgisting plaatsvindt, zal de CH₄ emissie in het jaar 2000 nihil zijn.

Tenslotte het onderdeel afvalstoffen. De verwachting is dat de hoeveelheid slib per ie zal toenemen. Deze verandering levert de volgende afvalfactor op: 20-24 kg droge stof/ie in de vorm van slib.

6. ONDERZOEK NAAR SCHONE PROCESSEN EN PRODUCTEN

Bij de huidige methode van zuiveren is tijdens de biologische processtap (aëroob) kunstmatig toegevoerde zuurstof nodig om deze processtap optimaal te laten verlopen. Het kunstmatig toevoeren van zuurstof kost vrij veel energie. Een tweede nadeel van deze processtap is de vorming van zuiveringsslib. Een mogelijkheid om het energieverbruik en de vorming van zuiveringsslib terug te dringen is om de huidige biologische processtap te vervangen door een anaërobe-aërobe processtap. Hierbij wordt minder energie verbruikt en minder zuiveringsslib gevormd. Nadeel hiervan is dat de N en P-verbindingen nauwelijks worden afgebroken/verwijderd. Uit onderzoek is gebleken dat deze methode momenteel nog geen alternatief kan zijn voor de huidige aërobe biologische processtap binnen het totale zuiveringsproces (Lettinga en van Starckenburg, 1992). Wanneer het terugdringen van het broeikas-effect en het besparen van energie een grotere prioriteit krijgen in het milieubeleid dan kan de anaërobe-aërobe zuivering op lange termijn een rol gaan spelen. Het besparen van energie wordt echter door de vereiste verwarming tijdens het winterseizoen voor een deel teniet gedaan. In het kader van het onderzoekprogramma RWZI 2000 en de Stimuleringsregeling Milieutechnologie vinden verschillende onderzoeken plaats met het doel te komen tot procesoptimalisatie, lagere gehalten in het effluent en minder slibvorming. Doorbraken op korte termijn zijn echter niet te verwachten.

7. NORMSTELLING EN REGELGEVING

In de waterbeheersplannen van de waterkwaliteitsbeheerders zijn de eisen, welke gesteld worden aan het effluent van RWZI's binnen hun gebied, opgenomen. Momenteel worden meestal nog de volgende eisen aan het effluent gesteld (mededeling enkele waterkwaliteitsbeheerders):

- BZV ≤ 20 mg/l;
- zwevende stof ≤ 30 mg/l.

In sommige gevallen dienen beiden te voldoen aan ≤ 10 mg/l. Dit is afhankelijk van de kwaliteitseisen van het ontvangende oppervlaktewater.

In internationaal overleg (de Rijn- en Noordzee-ministersconferentie) zijn afspraken gemaakt die moeten leiden tot een emissiereductie van 50% fosfor en stikstof op het oppervlaktewater t.o.v. de emissies in 1985.

Als gevolg hiervan is er in 1989 een bestuursakkoord fosfaatbeperkende maatregelen tussen de Unie van Waterschappen, het Interprovinciaal Overleg en het Rijk gesloten. Hierin is ondermeer overeen gekomen dat uiterlijk in 1995 per beheersgebied het zuiveringsrendement van fosfaat tenminste 75% dient te zijn (Coppoolse en Kersten, 1992). De maximum toegestane effluentgehalten zijn vastgelegd in een Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB), welke op 1 juli 1990 in werking is getreden. De verschillende grenswaarden zijn (STOWA, 1993a):

- RWZI's, capaciteit ≤ 100.000 ie: vanaf 01-01-1995 - 2 mg/liter;
- RWZI's, capaciteit > 100.000 ie: vanaf 01-01-1995 - 1 mg/liter.

Voor nieuwe of uit te breiden RWZI's met een capaciteit > 20.000 ie, zijn deze grenswaarden reeds per 01-07-1990 in werking getreden.

Ook is als gevolg van bovengenoemde afspraken in september 1992 een AMvB van kracht geworden, waarin de volgende grenswaarden voor N-totaal lozingen van RWZI's zijn vastgelegd (STOWA, 1993b):

- RWZI's, capaciteit < 20.000 ie: vanaf 01-01-1998 - 15 mg/liter;
- RWZI's, capaciteit ≥ 20.000 ie: vanaf 01-01-1998 - 10 mg/liter.

Voor nieuwe of uit te breiden RWZI's geldt dit reeds vanaf 01-09-1992.

Verwacht wordt dat op niet al te lange termijn ook eisen ten aanzien van de emissies van zware-metalen en organische microverontreinigingen gesteld gaan worden (Rulkens en van Starckenburg, 1993). In paragraaf 5.3 is al aangegeven dat er in de toekomst door de strengere eisen t.a.v. de kwaliteit van het slib bij het op of in de bodem brengen meer slib verbrand gaat worden. De kwaliteit en het gebruik van zuiveringsslib als meststof is in de AMvB Overige Organische Meststoffen (ingang 1993) geregeld.

8. REFERENTIES

CBS (1993a)

Milieustatistieken, Schriftelijke enquête zuivering van afvalwater 1991,
deel B, bedrijfsgegevens van de RWZI
CBS, Voorburg/Heerlen, 1993

Koot, A.C.J. (1989)

Behandeling van afvalwater
ISBN 90212 30763, 1989

CBS (1993b)

Milieustatistieken, Waterkwaliteitsbeheer, deel A, zuivering van afvalwater 1991
CBS, Voorburg/Heerlen, 1993

Struijs, J. et al. (1987)

Beoordelingssysteem nieuwe stoffen: gedrag van een stof in een RWZI
RIVM rapport nr. 738622001, Bilthoven, juli 1987

CUWVO (1986)

Diffuse bronnen van waterverontreiniging
Hoofddirectie van de waterstaat, september 1986

Coppoolse, J. et al (1993)

SPEED-document Zware metalen in oppervlaktewater, bronnen en maatregelen
RIZA nota 93.012/RIVM nota 773003001, ISBN 90 3690 3424, april 1993

STORA (1991)

Programma PN-1992, Handleiding biologische fosfaatverwijdering
STORA, Den Haag, oktober 1991

STOWA (1993a)

Programma PN-1992, Handboek chemische P-verwijdering
STOWA, Utrecht, september 1993

Schellen, A.A.J.C. en Draaijer, H. (1992)

Vergaande nutriëntenverwijdering op een zeer laagbelaste aktiefslibinstallatie
STOWA, RWZI 2000 92-06, Utrecht, juni 1992

STOWA (1993b)

Programma PN-1992, Handboek stikstofverwijdering
STOWA, Utrecht, september 1993

Unie van Waterschappen (1992)

Brief over invulling fosfaat- en stikstof beperkende maatregelen
aan de voorzitter van de CUWVO
Unie van Waterschappen, Den Haag, juni 1992

DHV Water BV (1992)

Hoogheemraadschap West-Brabant, Effluentpolijsting bij oxidatiesloten tot AM-Kwaliteit
DHV Water BV, Amersfoort, oktober 1992

Duvoort van Engers, L.E. (1991)

Informatiedocument zuiveringsslib
RIVM rapport nr. 738902013, Bilthoven, februari 1991

Jong, A.C.M.P de en Schmal, D. (1992)

Verwijdering van zware metalen uit zuiveringsslib door elektrolyse
STOWA, RWZI 2000 89-04, Utrecht, mei 1992

Lettinga, W. en Starckenburg, W van (1992)

Anaërobe behandeling van stedelijk afvalwater in Nederland,
covernota van het uitgevoerde onderzoek 1976-1991
STOWA, RWZI 2000 92-05, Utrecht, mei 1992

Coppoolse, J. en Kersten, H. (1992)

Emissie Rijn- en Noordzeeactieplan, Tussenstand en prognose
RIZA, nota 92.065, Lelystad, december 1992

Rulkens, W.H. en Starckenburg, W. van (1993)

Voldoet de toekomstige zuivering van stedelijk afvalwater aan duurzame
milieuhygiënische uitgangspunten?
H2O(26) 1993, nr.3, Rijswijk, juni 1993

BKH Adviesbureau (1990)

Emissie van broeikasgassen uit rioolwaterzuiveringsinrichtingen
BKH, Delft, november 1990

Born, G.J. van den et al. (1991)

The emission of greenhouse gases in the Netherlands
RIVM rapport nr. 222901003, Bilthoven, juli 1991

BIJLAGE I. BEREKENINGEN EMISSIES VANUIT RWZI's NAAR DE LUCHT

Bij de berekeningen zijn de volgende omrekenfactoren gebruikt:

Energiebron	Energie-inhoud (MJ/m ³)	CO ₂ -Emissie (g CO ₂ /MJ)
Aardgas	32	56,1
Olie	35.500	74
Gistingsgas	24	57,4

$$1 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 = 1,96 \text{ kg CO}_2$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 = 0,71 \text{ kg CH}_4$$

Daarnaast zijn de volgende aanname's gedaan (BKH, 1990):

- Bij de oxydatie van 1 kg CZV wordt gemiddeld 1 kg CO₂ geëmitteerd. De CO₂-emissie voor aërobe afbraak van organische stof kan sterk variëren vanwege het wisselend koolstofgehalte van het organische substraat. Daardoor kan de geschatte CO₂-emissie uit het zuiveringsproces ca. 20% hoger of lager zijn.
- CZV van slib is 1,35 g/ g organische droge stof
- 1 kg organische droge stof in het slib wordt door slibgisting omgezet in 0,740 m³ gistingsgas
- Samenstelling gistingsgas: CH₄ - 65%; CO₂ - 35%

CO₂-EMISSIES 1991:

Aërobe afbraak (oxydatie):

CZV Gestabiliseerd slib	1,35 * 192 kton (org ds) =	259,2 kton
CZV Geproduceerd Gistingsgas	1,35 * (83,6 mln m ³ /0,740 m ³) =	152,5 kton +

CZV Vers slib: 411,7 kton

- CZV Influent	961,8 kton
- CZV Vers slib	411,7 kton -/-
- CZV Effluent	128,0 kton -/-

- CZV Oxydatie 422,1 kton; Dit geeft een CO₂ emissie van ca. 422 kton

Gebruik van aangekochte brandstoffen:

- Aardgas	12,2 mln m ³	
Dit geeft een CO ₂ -Emissie van :	12,2 mln m ³ * 32 MJ/m ³ * 56,1 g CO ₂ /MJ =	21,9 kton
- Olie	1,6 mln liter	
Dit geeft een CO ₂ -Emissie van :	1,6 mln liter * 35,5 MJ/liter * 74 g CO ₂ /MJ =	4,1 kton

Totaal is dit ca. 26 kton

Gistingsgas:

- Productie:	83,6 mln m ³	
- Gebruik:	59,9 mln m ³	
Dit geeft een CO ₂ -Emissie van	59,9 mln m ³ * 24 MJ/m ³ * 57,4 g CO ₂ /MJ =	82,5 kton
- Spui gevolgd door affakkeling:	10,7 mln m ³	
Dit geeft een CO ₂ -Emissie van	10,7 mln m ³ * 24 MJ/m ³ * 57,4 g CO ₂ /MJ =	14,7 kton
- Spui zonder affakkeling:	13,1 mln m ³	
Dit geeft een CO ₂ -Emissie van	13,1 mln m ³ * 0,35 * 1,96 kg/m ³ =	9,0 kton

Totaal is dit ca. 106 kton

Totale CO₂-Emissie: 554 kton

CH₄-EMISSIES 1991:Spui zonder affakkeling: 13,1 mln m³Dit geeft een CH₄-Emissie van 13,1 mln m³ * 0,65 * 0,71 kg/m³ =**6 kton****N₂O-EMISSIES 1991:**

Aangenomen wordt dat 10 % N₂O wordt gevormd tijdens de nitrificatie/denitrificatie in het zuiveringsproces. Dit is de bovengrens van het in de literatuur (Born et al, 1991) genoemde traject van 5 - 10% N₂O-vorming.

- N-totaal Influent	84.556 ton
- N-totaal Effluent	41.400 ton -/-
- N-totaal Slib	16.700 ton -/-

- N-totaal verwijderd tijdens zuivering	26.456 ton

Hiervan wordt 10 % omgezet in N₂O:Dit is 44/28 * 2.646 ton N = 4.157 ton N₂O =**4 kton****CO₂-EMISSIES 2000:****Aanname's:**

Laagbelaste systemen leveren per i.e. 18,1 kg droge stof (CBS, 1993b)

Dat is 18,1 * 192/329 = 10,6 kg org ds

Dit komt overeen met 10,6 * 1,35 = 14,3 kg CZV per i.e.

Aërobe afbraak (oxydatie):

- CZV influent per i.e.	48,0 kg
- CZV slib per i.e.	14,3 kg -/-
- CZV effluent per i.e.	4,8 kg -/-

- CZV oxydatie per i.e.	28,9 kg

Dit geeft een CO₂ emissie van ca.**28,9 kg**Gebruik van aangekochte brandstoffen emiteert per i.e. aan CO₂:**1,3 kg**Totale CO₂ emissie per i.e.**30,2 kg****N₂O-EMISSIES 2000:**Voor aanname's zie N₂O-emissies 1991.

- N-totaal Influent per i.e.	4,2 kg
- N-totaal Effluent per i.e.	1,1 kg -/-
- N-totaal Slib per i.e.	0,8 kg -/-

- N-totaal verwijderd tijdens zuivering	2,3 kg

Hiervan wordt 10 % omgezet in N₂O:Dit is 44/28 * 0,23 kg N = **0,36 kg N₂O**

BIJLAGE II: GEBRUIKTE GEGEVENS BIJ BEREKENING MET HET MODEL TIMAS

ALGEMENE GEGEVENS:

Lozing continu, in tijdsblokken of piek (c/b/p):	c
Totaalconcentratie (maximaal) in influent (mg/l):	1

INSTALLATIEGEGEVENS:

Installatie met voorbezinking (j/n):	j en n
Hoog- of laagbelaste installatie (h/l):	h en l
Concentratie kool aeratietank (mg/l):	0
Kleine of grote bellen voor beluchting (k/g):	k
Fractie recirculatie naar aeratietank:	0,5
Concentratie zwevende stof effluent (mg/l):	40

INFLUENTGEGEVENS:

Influentdebiet (m ³ /h):	500
Concentratie bzw influent (mg/l):	350
Concentratie zwevende stof influent (mg/l):	600
Bezinkbare fractie (in voorbezinking):	0,66
Fractie organisch materiaal in zwevende stof:	0,66
Duur bekening (h):	200
De tijdstap is 30 s, wilt u dit aanpassen (j/n):	j
Tijdstap (s) (minimaal 15):	120
Berekening met "standaard-influent" (j/n):	j

STOFEIGENSCHAPPEN dichloormethaan:

Molekuulgewicht (g/mol):	85
Oplosbaarheid in water (mg/l):	1,4e4
Dampdruk (Pa):	4,6e4
Octanol-water partitioefficient:	18
Oppervlaktespanning waterige oplossing (N/m):	0,073
Adsorptiecoefficient kool bij pH=7 (voor n=1 in l/kg):	1.300
Coefficient 1/n in Freundlich isotherm:	1,2
Minimale concentratie, waarvoor de isotherm geldt (mg/l):	0,1
Timewindow afbraaktest (dagen):	30
Concentratie, waarbij biologie wordt vernietigd (mg/l):	200
Halfwaardetijd voor afbraak door hydrolyse (uren):	500
Dissociatieconstante zuur (mol/l):	1e-20

STOFEIGENSCHAPPEN anthraceen:

Molekuulgewicht (g/mol):	178
Oplosbaarheid in water (mg/l):	0,073
Dampdruk (Pa):	1,95e-4
ctanol-water partitioefficient:	2,8e4
Oppervlaktespanning waterige oplossing (N/m):	0,073
Adsorptiecoefficient kool bij pH=7 (voor n=1 in l/kg):	3,76e5
Coefficient 1/n in Freundlich isotherm:	0,7
Minimale concentratie, waarvoor de isotherm geldt (mg/l):	1e-4
Timewindow afbraaktest (dagen):	400
Concentratie, waarbij biologie wordt vernietigd (mg/l):	100
Halfwaardetijd voor afbraak door hydrolyse (uren):	5.000
Dissociatieconstante zuur (mol/l):	1e-20